

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Михаило М. Станић

ПОВЕЋАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ
МЕШОВИТЕ ТЕЛЕФОНСКЕ МРЕЖЕ
ЕЛЕКТРОПРИВРЕДЕ НАДГЛЕДАЊЕМ
ПРЕДАЛАРМНИХ СТАЊА

Докторска дисертација

Београд 2013.

UNIVERSITY OF BELGRADE
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

Mihailo M. Stanić

AN IMPROVEMENT OF AVAILABILITY
IN MIXED TELEPHONE NETWORK
OF ELECTRIC POWER UTILITY USING
PRE-ALARM STATES MONITORING

Doctoral Dissertation

Belgrade 2013

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ И ЧЛАНОВИМА КОМИСИЈЕ

Ментор:

Проф. др Мирослав Л. Дукић, редовни професор, Универзитет у Београду,
Електротехнички факултет

Чланови комисије:

Др Жарко Марков, научни саветник, Институт „Ирител“ Београд

Проф. др Јован Ђорђевић, редовни професор, Универзитет у Београду ,
Електротехнички факултет

Проф. др Никола Рајаковић, редовни професор, Универзитет у Београду,
Електротехнички факултет

Датум одбране:

Дисертацију посвећујем мајци Зорки и оцу Момчилу

ПОВЕЋАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ МЕШОВИТЕ ТЕЛЕФОНСКЕ МРЕЖЕ ЕЛЕКТРОПРИВРЕДЕ НАДГЛЕДАЊЕМ ПРЕДАЛАРМНИХ СТАЊА

Резиме:

Телекомуникациона мрежа у електропривреди намењена је размени информација између особља. У овој мрежи разликују се две врсте телефонског саобраћаја: оперативни (диспечерски) који има предност приликом остваривања и пословни. Основни разлог изградње корпорацијске телефонске мреже електропривреде је да се обезбеди висока расположивост диспечерског саобраћаја којим се преносе информације везане за рад и одржавање електроенергетских постројења. Ради остваривања овог захтева у телефонској мрежи електропривреде користе се сва средства везе изграђена у различитим технологијама, као и једнослојна мрежа.

Као општи случај, посматрана је мешовита телефонска мрежа у којој је вршен еволуциони редизајн, односно у којој су ради осавремењавања додаване нове технологије, без одбацивања постојећих. Између делова мреже изграђених у различитим технологијама врши се претварање корисничког сигнала, сигнализације и нумерације. У овом раду показано је да се различитост технологија у системима за пренос телефонског сигнала у електропривредној мрежи може искористити и за надгледање рада мреже.

Ради постизања високе расположивости, од посебног значаја је својство једнослојне, нехијерархијске мреже, да се позиви обилазно упућују у случају кварова и загушења на правцима са првенством избора. Када мрежа исправно ради, остваривање везе обавља се на основу плана упућивања преко директних или најкраћих путева, и везама најбољег квалитета. Када у мрежи постоји отказ на неким преносним путевима, на деоницама на којима се појавио квар користе се путеви са нижим првенством избора. Описано стање у мрежи у раду се назива предалармним стањем. Индикација о предаларму не шаље се диспечерима, нити се приликом коришћења мреже може приметити јер се саобраћај и даље несметано обавља.

За откривање предалармног стања, предложена су два решења – опште, засновано на мерењу и анализи телефонског саобраћаја, и решење које важи под одређеним условима, засновано на управљању телекомуникационом мрежом. Следи разматрање доприноса општег решења.

Један од основних доприноса је доказ да се неисправност у мрежи може открити током предалармног стања, односно пре настанка хаваријског квара који утиче на смањење расположивости мреже.

Допринос је и предлог решења детектора неисправности, који представља једноставни склоп или софтвер, којим се може открити предалармно стање само на основу статистике телефонског саобраћаја на преносним путевима. Предложено решење детектора размотрено је када се детекција врши у једном, два или више корака. Први корак детекције састоји се од препознавања доласка првог позива на пут са нижим степеном првенства, а сваки следећи састоји се у чекању завршетка разговора из претходног корака након чега се у току задатог времена (интервала детекције) чека нови позив. Уколико позив стигне током времена детекције, корак се проглашава успешним. Иначе долази до прекида детекције, и сматрају се да се није појавио предаларм. Након успешног корака, прелази се на следећи корак, а у случају да је последњи у низу проглашава се предалармно стање.

Остали доприноси односе се на дефинисање, израчунавање и проверу мерила веродостојности и делотворности спроведеног поступка: вероватноћу лажног предаларма, вероватноћу промашаја у детекцији и средње време до откривања предаларма. Треба нагласити да је од основне важности поступак откривања неисправних ресурса, али да вредности показатеља веродостојности нису од таквог значаја као код хаваријских кварова. Разлог је то што је током предалармног стања мрежа још увек расположива, односно извршава своју основну функцију.

Лажни предаларм представља препознавање на детектору непостојећег алармног стања, а до њега долази када је исправно стање на преносном путу с првенством избора препознато као неисправно. У раду је показано да са растом телефонског саобраћаја расте и вероватноћа лажног предаларма, као и да зависи од броја канала на преносним путевима. Као мера смањења вероватноће лажног предаларма предложени су детектори са већим бројем корака. За детектор са више од једног корака, вероватноћа лажног предаларма расте са продужењем дужине интервала детекције.

До промашаја у детекцији долази приликом непознавања предаларма, односно када је неисправно стање на преносном путу са првенством избора препознато као исправно. Показано је да за детектор са

једним кораком није могућ промашај, док за детекторе са више корака вероватноћа промашаја опада са продужењем интервала детекције, а расте са бројем корака детекције.

Средње време до откривања предаларма представља средње време од појављивања кvara на преносном путу са првенством избора, до тумачења предаларма на детектору. Показано је да за детектор са једним кораком откривање предаларма зависи само од средњег времена које протекне између два позива, док за детекторе са више од једног корака средње време до откривања предаларма не зависи од дужине времена детекције, већ од средњег времена између позива и средњег времена трајања разговора. Утврђено је да средње време до откривања предаларма расте са порастом корака детекције.

На основу разматрања мерила веродостојности, предложено је да детектор са два корака буде оптимално решење проблема откривања предаларма коришћењем мерења и анализе телефонског саобраћаја.

Следећи допринос у раду је предлог поступка који треба да омогући да се за детекторе са више корака, при познатим вредностима телефонског саобраћаја, пронађе оптимална дужина времена детекције коришћењем минималног збира вероватноће лажног предаларма и вероватноће промашаја. Установљено је да у општем случају не постоји јединствени минимални збир, већ да зависи од броја канала у систему. Предложено је да се избор интервала детекције врши из табела добијених прорачуном тако што се приликом пројектовања детектора одабере интервал детекције за вредност понуђеног саобраћаја током повећаног оптерећења у систему.

Допринос представљају оригинални програми за симулацију израђени за проверу рачунски добијених једначина за вероватноћу промашаја, вероватноћу лажног предаларма и средњег времена протеклог до откривања предаларма за детектор са два корака. Програми су израђени на основу симулационог поступка "Монте Карло", који је често коришћен у симулацијама саобраћаја и услуживања у телефонској техници.

У предлогу другог решења проблема откривање предалармног стања представљено је решење за откривање неправилности, које омогућава и обједињавање тих података у оквиру система управљања. Друго решење има ограничену примену: у интеграцију управљања могу се укључити само системи управљања мрежом који имају интерфејс за интеграцију, и који имају

приступ потребним подацима на елементима мреже. Последице су смањење броја система који се могу обухватити интеграцијом, али и то што нема потребе да се било шта мења у оквиру постојећих система за управљање.

Да би се утврдило стање неисправности, могу се користити подаци из система управљања за пренос или за комутационе чворове. Допринос представља доказ да се предаларм може утврдити на основу података из табеле позивања комутационог чвора, као и предлог оригиналног поступка за детекцију предаларма из система за управљање.

Допринос је и предложени нови модел управљања, добијен након анализе постојећих модела. Доприносе рада представљају и предложена архитектура реализације модела заснована на мобилним агентима, као и њена верификација у коју је био укључен доступни комерцијални софтверски систем за управљање системима преноса.

Закључено је да је могуће применити решења у телефонским мрежама електропривреде заснованим на системима новије генерације који су заменили постојећу опрему, или у мрежама које тек треба да се пројектују.

На основу резултата овога рада, постоји више тема које би могле да буду предмет даљих истраживања. Начело овог рада, да расподела саобраћаја различита од очекиване може да укаже на неке неисправности, могла би да нађе примену и у другим системима услуживања са приоритетом. Предмет истраживања може бити и даље усавршавање детектора неисправности заснованог на мерењу и анализи телефонског саобраћаја. Одступање у резултатима прорачуна и симулације за вероватноћу лажног предаларма на ВФ преносном путу може бити предмет даљих истраживања. Предложени модел и архитектура за интеграцију управљања могли би да буду размотрени и за друге намене у управљању мрежом.

Кључне речи: предалармно стање, детектор неисправности, расположивост, електропривредна телефонска мрежа, модел саобраћаја, симулација, интеграција управљања мрежом, модел управљања, мобилни агенти

Научна област: техничке науке, електротехника

Ужа научна област: телекомуникације

УДК број: 621.3

AN IMPROVEMENT OF AVAILABILITY IN MIXED TELEPHONE NETWORK OF ELECTRIC POWER UTILITY USING PRE-ALARM STATES MONITORING

Abstract:

The purpose of Telecommunications network in an Electric Power Utility is to enable information exchange between its employees. There are two types of telephone traffic: operational (also called dispatcher, and used with priority) and business. The main reason for a building corporate telephone network for an Electric Power Utility is to ensure the high availability of operational traffic, which is used for the transmission of information important for the functioning and maintenance of the power facilities. That is why for a telephone network of an Electric Power Utility all available resources use built in mixed-mode technologies, as well as a non-hierarchical network.

As a general case, this thesis is considers mixed telephone network in which evolutionary redesign has been completed: modernisation of the network is provided using new technologies, without discarding existing ones. To enable functioning such a complex network, built in mixed technologies, it is necessary to convert speech signal forms, signalling and numbering. In this paper it is demonstrated that various technologies in mixed telephone network of an Electric Power Utility can be used for network monitoring.

To achieve high availability, an important consideration is the characteristic of non-hierarchical (single-layer) networks to use alternate routing in event of failure and congestion on priority links. When the network is working correctly, calls are established according to the routing plan, using direct or shortest paths, and best quality links. After failure, lower priority links are used instead of failed ones. In this paper, this state is called the pre-alarm state. Operators are not informed of a pre-alarm state, neither can users recognize it because traffic is still performed. This is considered a bad characteristic of alternate routing.

Two solutions are proposed for the detection of a pre-alarm state: a general solution, based on measurement and analysis of telephone traffic, and a specific solution, based on network management. The general solution discussion follows.

One of the main findings of this thesis is the proof that network failure can be detected during the pre-alarm state; i.e. before an emergency failure which decreases network availability.

Another thesis contribution is a proposal of a pre-alarm state detector, this is a simple hardware or software system, that can detect a pre-alarm state based on telephone traffic link statistics. The proposed solution is discussed when the detection is made in one, two or more steps. In the first step, the seizure of a link with lower priority is detected. In following steps the end of a call from previous step is used as a trigger to wait for a new call in a predefined detection interval. If a new call arrives during that interval, the step is declared successful, otherwise detection is considered unsuccessful, and it ends. After a successful step the next one is invoked. If this was the last step, pre-alarm state is declared.

Other findings include defining, calculation and verification of basic properties and adequacy of the performed procedure: the probability of a false pre-alarm, the probability of a detection miss, and the mean time to detection. It should be noted that the procedure of failed resource detection is of great importance, but that values of basic properties in this case are not of such importance as in an emergency failure. The reason for this is that during a pre-alarm state, the network is still available, i.e. it performs its primary function.

A false pre-alarm is a detection state when non-existing pre-alarm is detected, i.e. a higher priority link is working properly, but its state is recognised as failed. It is demonstrated that when telephone traffic increases, the probability of a false pre-alarm is also increased, and that it is dependent on the number of channels on a link. Multi-step detectors are proposed as solution for reducing false pre-alarm probability as false pre-alarm probability increases when detection interval is increased.

A detection miss is a detector state when an existing pre-alarm is not detected, i.e. when there is a failure on higher priority link, which is recognised as working properly. It is concluded that a miss is not possible when an one-step detector is used. Using multi-step detectors, the probability of miss is decreased when detection interval is increased, and increased when the number of detection steps is increased.

The mean time to detection is the mean time that elapses from the occurrence of a failure at the priority link to the pre-alarm detection. It is

demonstrated that using one-step detector, it depends only on inter-arrival time between two calls, whilst using multi-step detectors the time to detection is not dependant on the detection interval, but on mean inter-arrival time between two calls and the mean duration of call. The mean time to detection increases when number of step is increased.

It is proposed in this thesis, based on a discussion of detector basic properties, that a two-step detector is the optimal solution for detection of a pre-alarm state using the measurement and analysis of telephone traffic.

The next thesis contribution is proposition of a procedure designed to determine the optimal detection interval for multi-step detectors by determining the minimal sum of the probability of a false pre-alarm and the probability of detection miss. It is used when the value of telephone traffic is known. It is found that in general there is no single optimal length of detection interval, but rather that it is dependent on the number of channels in the system. It is proposed that during detector design, the selection of interval length should be with values obtained by the calculation (found in provided tables), and using the value of the offered traffic of the system calculated for the increased load.

Additional thesis contributions are original simulation programs developed for the validation of basic properties of two-step detector: probability of miss in detection, probability of false pre-alarm and mean time to detection. The Monte Carlo simulation method is applied and upgraded, which is often used for simulation of traffic and serving models in telephone techniques.

The second proposed solution for the detection of pre-alarms proposed in this thesis consists of a method for the detection of a pre-alarm state and a method for integration of collected data in the management system.

This solution has the following limitations: only management systems with an integration (northbound) interface can be integrated, and of those systems only those that can access the necessary data on network elements. The consequences of these limitations are a reduced number of systems that can be integrated, but there is no need to change anything in the existing solutions in the network.

Data collected from the management systems of a transmission system and the switching nodes can be used to determine network failure. Thesis contributions are evidence that pre-alarm state can be determined from the data

in a Call Detailed Record table on the switching node, and the proposed original procedure for the detection of pre-alarm states in a telecommunications network management system.

The next thesis contribution is to propose new management architecture, based upon a comparison of existing ones. Contributions are also proposed covering the implementation framework for the architecture, based upon mobile agents, as well as a demonstrated of its application using commercially available network management system, used for management of telecommunications transmission systems.

It is concluded that this solution can be used in the telephone network of an Electric Power Utility which are based upon new generation systems that replaced previous equipment, or in networks yet to be designed.

Based on the results of this study, there are several issues that could be the subject of further research. The main principle of this research, that traffic distribution that differs from the expected one can indicate some information about a failure, could find application in other priority queuing systems. The research topic may be the further improvement of pre-alarm detectors based on measurement and analysis of telephone traffic. A difference in the results of calculation and simulation of the probability of false pre-alarm states on Power Line Carriers could also be a topic of further research. Finally, the proposed architecture for management integration and framework that implements it, could be considered as topics in network management.

Keywords: pre-alarm state, failure detector, availability, telephone network of electric power utility, traffic model, simulation, network management integration, management model, mobile agents

Scientific area: technical sciences, electrical engineering

Scientific subarea: telecommunications

UDK number: 621.3

САДРЖАЈ

<u>1</u>	<u>УВОД.....</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА</u>	<u>7</u>
<u>3</u>	<u>ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ</u>	<u>8</u>
3.1	НАМЕНА ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНИХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈА	8
3.2	ОСОБИНЕ ЈАВНЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНЕ МРЕЖЕ	8
3.3	ОСОБИНЕ КОРПОРАЦИЈСКЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНЕ МРЕЖЕ	9
<u>4</u>	<u>ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНА ТЕЛЕФОНСКА МРЕЖА (ЕТМ), ИСТОРИЈА И ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ.....</u>	<u>11</u>
4.1	ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ (ЕПС).....	11
4.2	ИСТОРИЈА РАЗВОЈА ЕТМ ЕПС-А.....	11
4.3	ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ЕТМ У ЕПС-У.....	13
4.4	ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ЕТМ У СВЕТУ	15
<u>5</u>	<u>ВРСТЕ САОБРАЋАЈА У ЕТМ</u>	<u>17</u>
<u>6</u>	<u>ЦЕНТРАЛЕ И ПРЕНОСНИ СИСТЕМИ У ЕТМ.....</u>	<u>18</u>
6.1	ВРСТЕ ТЕЛЕФОНСКОГ СИГНАЛА	18
6.1.1	АНАЛОГНИ СИГНАЛ	18
6.1.2	ДИГИТАЛНИ СИГНАЛ	18
6.1.3	ПАКЕТИЗОВАНИ СИГНАЛ	18
6.2	ТЕХНИКЕ ПРЕНОСА ГОВОРНОГ СИГНАЛА	19
6.2.1	АНАЛОГНА ТЕХНИКА.....	20
6.2.2	ДИГИТАЛНА ТЕХНИКА.....	20
6.2.3	ПАКЕТСКА ТЕХНИКА.....	20
6.3	ЦЕНТРАЛЕ И ПРЕНОСНИ ПУТЕВИ У МЕШОВИТОЈ МРЕЖИ.....	21
6.3.1	АНАЛОГНЕ ЦЕНТРАЛЕ	22
6.3.2	ДИГИТАЛНЕ ЦЕНТРАЛЕ	22
6.3.3	ПАКЕТСКЕ ЦЕНТРАЛЕ	23

<u>7</u>	<u>ОСНОВНА СВОЈСТВА ЕТМ И ЊЕНИХ ДЕЛОВА.....</u>	<u>24</u>
7.1	ОКОСНИЦА	24
7.2	ИВИЧНА МРЕЖА.....	25
<u>8</u>	<u>НАЧЕЛА РАСПОЛОЖИВОСТИ У ЕТМ.....</u>	<u>27</u>
8.1	ПОДЕЛА КВАРОВА ПО ОЗБИЉНОСТИ	27
8.2	РАСПОЛОЖИВОСТ СИСТЕМА И СРЕДЊА ВРЕМЕНА ОТКРИВАЊА И ОТКЛАЊАЊА КВАРА.....	27
8.3	РАСПОЛОЖИВОСТ МРЕЖЕ	28
<u>9</u>	<u>ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ У ЕТМ – ЗА РАСПОЛОЖИВОСТ И ОСТАЛИ</u>	<u>30</u>
9.1	ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА РАСПОЛОЖИВОСТ У ЕТМ.....	30
9.1.1	РАСПОЛОЖИВОСТ ОКОСНИЦЕ	31
9.1.2	РАСПОЛОЖИВОСТ ИВИЧНЕ МРЕЖЕ	31
9.2	ОСТАЛИ ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ.....	31
<u>10</u>	<u>МЕРЕ ЗА ПОВЕЋАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ У ЕТМ</u>	<u>33</u>
10.1	ОБИЛАЗНО УПУЋИВАЊЕ	33
10.2	РАСПОЛОЖИВОСТ ЕЛЕМЕНАТА МРЕЖЕ И ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА.....	34
<u>11</u>	<u>ПРОБЛЕМ ПОВЕЋАЊА РАСПОЛОЖИВОСТИ У МЕШОВИТОЈ ЕТМ И ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА</u>	<u>37</u>
11.1	ОПИС ПРОБЛЕМА	37
11.1.1	КОРИШЋЕЊЕ РЕДУНДАНТНИХ ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА	37
11.1.2	КОРИШЋЕЊЕ ОБИЛАЗНОГ УПУЋИВАЊА	38
11.1.3	ОЗБИЉНОСТ ПРОБЛЕМА.....	38
11.1.4	СЛОЖЕНОСТ ЕТМ.....	39
11.1.5	УЧЕСТАНОСТ КВАРОВА НА ПРЕНОСНОМ ПУТУ СА ПРВЕНСТВОМ ИЗБОРА	39
11.1.6	ПОЈМОВИ ПРЕДАЛАРМ И АЛАРМ	39
11.1.7	КРАТКА ДЕФИНИЦИЈА ПРОБЛЕМА	39
11.2	РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА – ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ	40
11.2.1	ОСОБИНЕ УПРАВЉАЊА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНОМ МРЕЖОМ У ЕТМ	40

11.2.2	УПРАВЉАЊЕ ЕЛЕМЕНТОМ МРЕЖЕ У ЕТМ.....	42
11.2.3	СИСТЕМИ УПРАВЉАЊА МРЕЖОМ У ЕТМ	43
11.2.4	РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА КОРИШЋЕЊЕМ ПОСТОЈЕЋИХ СВОЈСТАВА УПРАВЉАЊА У ЕТМ	43
11.3	ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА	44
11.3.1	ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ЗАСНОВАНОГ НА АНАЛИЗИ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА	45
11.3.2	ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ЗАСНОВАНОГ НА ИНТЕГРАЦИЈИ УПРАВЉАЊА	46

12 САОБРАЋАЈНИ МОДЕЛ ГРУПЕ ТЕЛЕФОНСКИХ КАНАЛА, ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА И ФОРМУЛЕ.....48

12.1	ПОЈМОВИ У ТЕОРИЈИ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА	48
12.1.1	УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ	49
12.1.2	ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ	49
12.1.3	ИЗГУЂЕНИ САОБРАЋАЈ	50
12.2	САОБРАЋАЈНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ	50
12.2.1	ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ СИСТЕМА	50
12.2.2	ЧАС ГЛАВНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА.....	51
12.2.3	ВРСТЕ САОБРАЋАЈНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА.....	51
12.2.4	ОДРЕЂИВАЊЕ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА.....	52
12.3	МОДЕЛ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА	52
12.3.1	МОДЕЛ ДОЛАСКА ПОЗИВА.....	53
12.3.2	МОДЕЛ УСЛУЖИВАЊА ПОЗИВА	54
12.3.3	ОДСУСТВО ПАМЋЕЊА У МОДЕЛИМА У КОЈИМА ЈЕ ВРЕМЕ ОПИСАНО НЕГАТИВНО-ЕКСПОНЕНЦИЈАЛНОМ ЗАВИСНОШЋУ	55
12.4	ЕРЛАНГОВА ГРУПА СА ГУБИЦИМА.....	56
12.4.1	ХОМОГЕНА ГРУПА	56
12.4.2	КЕНДЕЛОВА НОТАЦИЈА.....	57
12.4.3	ДЕФИНИЦИЈА ЕРЛАНГОВЕ ГРУПЕ СА ГУБИЦИМА.....	57
12.5	ПРОЦЕС У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА И ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА.....	57
12.5.1	ОПИС ПРОЦЕСА	58
12.5.2	ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА	58
12.5.3	СТАТИСТИЧКА РАВНОТЕЖА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА.....	58
12.5.4	ОСОБИНА <i>PASTA</i>	60
12.5.5	ЗДРУЖИВАЊЕ И РАЗДВАЈАЊЕ ТОКОВА.....	60
12.6	МОДЕЛ САОБРАЋАЈА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА	61

12.6.1	ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ	61
12.6.2	РАСПОДЕЛА ВЕРОВАТНОЋА СТАЊА	61
12.6.3	ВЕРОВАТНОЋА ГУБИТАКА	62
12.6.4	ВЕРОВАТНОЋА ГУБИТАКА ПО ВРЕМЕНУ	62
12.6.5	УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ	62
12.6.6	ПРОСЕЧНИ УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ	63
12.7	РЕДОСЛЕД ЗАУЗИМАЊА ОРГАНА УСЛУГЕ У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА.....	63
12.7.1	УЗАСТОПНО ЗАУЗИМАЊЕ.....	63
12.7.2	ЗАУЗИМАЊА ПО СЛУЧАЈНОМ И ПО ЦИКЛИЧНОМ РЕДОСЛЕДУ	65
12.8	ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА.....	65
12.8.1	СРЕДЊА ВРЕМЕНА ВЕЗАНА ЗА ДОЛАЗАК ПОЗИВА	66
12.8.2	ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У СИСТЕМ	66
12.8.3	ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У ПРЕЛИВНУ ГРУПУ	66
13	<u>ПРОЦЕС У ГРУПИ ИСПРАВНИХ КАНАЛА ЕТМ.....</u>	71
13.1	ГРУПА КАНАЛА ИЗМЕЂУ ДВЕ ЦЕНТРАЛЕ — ЕРЛАНГОВА ГРУПА СА ГУБИЦИМА	71
13.2	ТОК ПРОЦЕСА	72
13.3	ПРИМЕР ПРОЦЕСА	73
14	<u>ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗИМАЊА ВФ-А АКО СУ СВИ КАНАЛИ ИСПРАВНИ, СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ УЗАСТОПНИХ ЗАУЗИМАЊА.....</u>	75
14.1	ЗАУЗИМАЊЕ ВФ КАНАЛА	75
14.2	САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ	76
14.2.1	ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗИМАЊА ВФ КАНАЛА.....	76
14.2.2	ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ ЛИНКУ	76
14.2.3	ПРЕЛИВЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ	77
14.2.4	УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ.....	77
14.2.5	СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ	77
14.2.6	ИНТЕНЗИТЕТ ПОЗИВАЊА НА ВФ КАНАЛУ	77
14.2.7	ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДВА ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ.....	77
15	<u>ПРОЦЕС У ГРУПИ СА НЕИСПРАВНИМ <i>ISDN</i> ИЛИ <i>IP</i> ЛИНКОМ.....</u>	79
15.1	ГРУПА КАНАЛА ИЗМЕЂУ ДВЕ ЦЕНТРАЛЕ СА НЕИСПРАВНИМ <i>ISDN</i> ИЛИ <i>IP</i> ЛИНКОМ	79

15.2	ТОК ПРОЦЕСА	80
15.3	ПРИМЕР ПРОЦЕСА	80
16	<u>ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗЕТОСТИ ВФ ЛИНКА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ, СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ УЗАСТОПНИХ ЗАУЗИМАЊА</u>	82
16.1	ЗАУЗИМАЊЕ ВФ КАНАЛА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ	82
16.2	САОБРАЋАЈ У СИСТЕМУ КАДА ЈЕ САМО ВФ КАНАЛ ИСПРАВАН	82
16.2.1	ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗЕТОСТИ ВФ КАНАЛА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ.....	83
16.2.2	ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ ЛИНКУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ	83
16.2.3	ПРЕЛИВЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ	83
16.2.4	УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ.....	83
16.2.5	СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ.....	84
16.2.6	ИНТЕНЗИТЕТ ПОЗИВАЊА НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ	84
16.2.7	ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДВА ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ	84
17	<u>ОСНОВНО НАЧЕЛО ДЕТЕКТОРА</u>	85
17.1	РАД СИСТЕМА ПРИЛИКОМ ОТКАЗА.....	85
17.2	ОПИС ДЕТЕКТОРА	86
18	<u>ПОКАЗАТЕЉИ ВЕРОДОСТОЈНОСТИ РАДА ДЕТЕКТОРА</u>	88
18.1	ВЕЛИЧИНЕ КОЈЕ ОПИСУЈУ ВЕРОДОСТОЈНОСТ РАДА ДЕТЕКТОРА	88
18.2	ДИЈАГРАМ ПРОЦЕСА ДЕТЕКЦИЈЕ.....	89
19	<u>ДЕТЕКТОР СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ</u>	91
19.1	ПРАВИЛО РАДА ДЕТЕКТОРА	91
19.2	ПОКАЗАТЕЉИ ВЕРОДОСТОЈНОСТИ РАДА ДЕТЕКТОРА	92
19.3	ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ВРЕМЕНА ДЕТЕКЦИЈЕ	94
19.4	ОСОБИНЕ ДЕТЕКТОРА СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ	95
20	<u>ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА</u>	97

20.1	ПРИНЦИПИ РАДА.....	97
20.2	ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ	98
20.2.1	ПРОЦЕС НА ВФ КАНАЛУ ПРИЛИКОМ ТАЧНОГ ТУМАЧЕЊА ПРЕДАЛАРМА	98
20.2.2	ПРОЦЕС НА ВФ КАНАЛУ ПРИЛИКОМ НЕТАЧНОГ ТУМАЧЕЊА ПРЕДАЛАРМА.....	100
<u>21</u>	<u>ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА</u>	<u>102</u>
<u>22</u>	<u>ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА.....</u>	<u>104</u>
<u>23</u>	<u>СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА</u>	<u>106</u>
<u>24</u>	<u>ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА</u>	<u>107</u>
24.1	ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА <i>ISDN</i> ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА	107
24.2	ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА <i>IP</i> ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА СА	
	ВЕЋИМ БРОЈЕМ КАНАЛА	108
24.3	ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ОД ДУЖИНЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ	110
<u>25</u>	<u>ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА.....</u>	<u>112</u>
<u>26</u>	<u>ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА</u>	<u>113</u>
26.1	МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА	113
26.2	МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА.....	114
26.3	КРИТЕРИЈУМИ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ	115
26.3.1	ТАБЕЛЕ СА ПОДАЦИМА ЗА ИЗБОР ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ	118
26.4	ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА.....	124
<u>27</u>	<u>ДЕТЕКТОРИ СА ВИШЕ КОРАКА</u>	<u>125</u>
27.1	ПРИНЦИП РАДА	125
27.2	ПРОЦЕС У СИСТЕМУ.....	126
27.2.1	ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРИЛИКОМ ИСПРАВНОГ РАДА СИСТЕМА	127
27.2.2	ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРИЛИКОМ ОТКАЗА <i>ISDN/IP</i> ПРЕНОСНОГ ПУТА	128

<u>28</u>	<u>УТИЦАЈ ПОВЕЋАЊА БРОЈА КОРАКА ДЕТЕКЦИЈЕ НА ВЕРОВАТНОЋУ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ВЕРОВАТНОЋУ ПРОМАШАЈА</u>	<u>130</u>
28.1	ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА	130
28.2	ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА	131
<u>29</u>	<u>УТИЦАЈ ВИШЕ КОРАКА ДЕТЕКЦИЈЕ НА СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ</u>	<u>134</u>
<u>30</u>	<u>ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА ДЕТЕКТОРА СА ВИШЕ КОРАКА</u>	<u>137</u>
<u>31</u>	<u>МОДЕЛ СА ВИШЕ ВФ ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА</u>	<u>140</u>
<u>32</u>	<u>ОСНОВЕ СИМУЛАЦИЈЕ МЕТОДОМ МОНТЕ КАРЛО</u>	<u>143</u>
32.1	ОСОБИНЕ СИМУЛАЦИОНЕ МЕТОДЕ МОНТЕ КАРЛО	143
32.2	ЕЛЕМЕНТИ СИМУЛАЦИЈЕ	144
32.2.1	КОМПОНЕНТЕ ПРОГРАМА	144
32.2.2	ИЗАЗИВАЊЕ ДОГАЂАЈА	145
<u>33</u>	<u>ПРОВЕРА ТЕОРИЈСКИХ РЕЗУЛТАТА ПОМОЋУ РЕЗУЛТАТА СИМУЛАЦИЈЕ</u>	<u>146</u>
33.1	СТУДЕНТОВА РАСПОДЕЛА	146
33.2	ИНТЕРВАЛ ПОВЕРЕЊА	147
<u>34</u>	<u>МОДЕЛ СИМУЛАЦИЈЕ</u>	<u>148</u>
34.1	ПРИНЦИПИ РАДА	148
34.2	СТРУКТУРА ПРОГРАМА ЗА СИМУЛАЦИЈУ	150
34.3	ПАРАМЕТРИ РАДА МОДЕЛА	152
<u>35</u>	<u>РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ ОРГАНА</u>	<u>153</u>
35.1	ОПИС СИСТЕМА ЗА СИМУЛАЦИЈУ	153
35.2	ОПИС ТОКА СИМУЛАЦИЈЕ	153
35.3	РЕЗУЛТАТИ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРЕДНОСТИ УСЛУЖЕНОГ САОБРАЋАЈА	154
35.3.1	РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 20 ЕРЛАНГА	155
35.3.2	РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 26 ЕРЛАНГА	157

35.3.3	РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 30 ЕРЛАНГА	159
35.4	УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРЕДНОСТИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА ..	161
35.5	РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ ТОКОМ ЗАДАТОГ ВРЕМЕНСКОГ ИНТЕРВАЛА.....	162
35.6	ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА.....	163
36	<u>РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ ИСПРАВНИХ ОРГАНА СА ДЕТЕКТОРОМ, ЛАЖНИ ПРЕДАЛАРМИ</u>	164
36.1	ДЕТЕКТОР СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ	164
36.2	ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА.....	164
36.2.1	РЕЗУЛТАТИ ЗА ВЕРОВАТНОЋУ ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛУ ТОКОМ ЗАДАТОГ ИНТЕРВАЛА НАКОН ЗАВРШЕТКА РАЗГОВОРА.....	165
36.2.2	РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА	168
36.3	ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА.....	169
37	<u>РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ НЕИСПРАВНИХ ОРГАНА СА ДЕТЕКТОРОМ, ПРОМАШАЈ И ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ</u>	171
37.1	ОПИС ТОКА СИМУЛАЦИЈЕ	171
37.1.1	ТОК ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ	171
37.1.2	ТОК СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ	172
37.2	РЕЗУЛТАТИ ЗА ВЕРОВАТНОЋУ ПРОМАШАЈА	173
37.3	РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ЗА ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ.....	176
37.4	ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА.....	180
38	<u>ИНТЕГРАЦИЈА УПРАВЉАЊА</u>	181
38.1	АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА	181
38.1.1	ПРИСТУП ПОДАЦИМА.....	181
38.1.2	КОРИШЋЕЊЕ ТАБЕЛЕ ПОЗИВАЊА.....	182
38.1.3	КОРИШЋЕЊЕ ИНТЕГРАЦИЈЕ УПРАВЉАЊА	183
38.2	ДЕТЕКЦИЈА ПРЕДАЛАРМА ИЗ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА	184
38.2.1	ПРИНЦИПИ РАДА.....	185
38.2.2	ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ	186
38.2.3	ИЗБОР ПЕРИОДА ДЕТЕКЦИЈЕ	187

38.3	МОДЕЛ ИНТЕГРАЦИЈЕ УПРАВЉАЊА	189
38.3.1	ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ МОДЕЛА.....	189
38.3.1.1	Централизовани модел	189
38.3.1.2	Менаџер-менаџера	190
38.3.1.3	Децентрализовани модел	191
38.3.2	СЛОЈЕВИТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ	191
38.4	АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА	192
38.4.1	МОБИЛНИ АГЕНТИ.....	193
38.4.2	ПОСТУПАК УВОЂЕЊА АРХИТЕКТУРЕ У ЕТМ	193
38.4.3	АРХИТЕКТУРА РЕШЕЊА.....	194
38.4.4	КЛАСА АГЕНАТА <i>PROVIDER</i>	196
38.4.5	КЛАСА АГЕНАТА <i>INTEGRATION</i>	196
38.4.5.1	Изведена класа <i>Wrapper</i>	196
38.4.5.2	Изведена класа <i>Information</i>	197
38.4.5.3	Изведена класа <i>Service</i>	198
38.4.6	КЛАСА АГЕНАТА <i>CONTROL</i>	198
38.5	ВЕРИФИКАЦИЈА РЕШЕЊА	199
38.5.1	ОПИС МОБИЛНЕ ПЛАТФОРМЕ	199
38.5.2	ПОСТАВЉЕНИ ЦИЉЕВИ ВЕРИФИКАЦИЈЕ	199
38.5.3	СИСТЕМ УПРАВЉАЊА НА ЦМ КОРИШЋЕН ПРИЛИКОМ ВЕРИФИКАЦИЈЕ	200
38.5.4	ОПИС КЛАСА У СИСТЕМУ.....	201
38.5.5	ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ВЕРИФИКАЦИЈЕ	203
39	<u>ЗАКЉУЧАК.....</u>	205
40	<u>РЕФЕРЕНЦЕ</u>	209
41	<u>СПИСАК СЛИКА И ТАБЕЛА.....</u>	215
41.1	ТАБЕЛЕ.....	215
41.2	СЛИКЕ	217

1 УВОД

Електрична енергија је покретач развоја технике у последњих сто година. У том раздобљу, као резултат истраживачких сила и творачке активности човекове, коришћењем технике стварана је нова природна стварност [1]: преобликовани су производња и стваралаштво, навике и обичаји, а човековим животним простором овладали су оруђа и поступци који раније нису ни постојали.

Електропривредна организација (или краће – *електропривреда*) обезбеђује снабдевање корисника електричном енергијом. Приликом спровођења одлука везаних за рад и одржавање електропривредних постројења од највећег је значаја коришћење телефонске мреже преко које ће се те одлуке преносити. Телефонске мреже електропривреде граде се да би се у електропривредној организацији обезбедио високи степен расположивости оперативног телефонског саобраћаја.

Једнослојна организација мреже и коришћење свих расположивих средстава за остварење веза представљају превасходне механизме за постизање високог степена расположивости. У оквиру једнослојне организације мреже користи се обилазно упућивање позива када дође до немогућности коришћења предвиђеног преносног пута, чиме се повећава вероватноћа остварења веза. Сва расположива средства за остварење везе подразумевају коришћење ресурса мешовите мреже, састављене из различитих система преноса (оптички каблови, енергетски каблови, радио везе) и типова централа (аналогне, дигиталне, пакетске), као и претварача сигнализације и врста говорног сигнала које рад овако сложене мреже изискује.

Основни циљ овог истраживања је да се открију делимичне неисправности у раду телефонске мреже електропривреде, када се везе и даље могу остваривати, али у смањеном обиму, као и провера веродостојности закључака о неисправности појединих делова мреже. Такође, циљ је да се покаже како се различитост опреме у мрежи може искористити за унапређење мреже у односу на мрежу изграђену у једној технологији.

Истраживање је представљено у оквиру четрдесет и једног поглавља, која се могу описати следећим целинама:

- прво поглавље је уводно
- од другог до десетог поглавља омогућено је упознавање са телефонском мрежом електропривреде и њеном расположивошћу
- опис проблема и начела решења приказани су у поглављу 11
- особине телефонског саобраћаја и анализа модела који се користи у истраживању описани су у поглављима 12 до 16
- у поглављима 17 и 18 описано је начелно решење проблема коришћењем детектора неисправности и начин провере његове веродостојности
- у поглављу 19 описано је решење детектора са једним коракком, и провера његове веродостојности
- у поглављима 20 до 26 приказано је решење детектора са два корака и извршена је провера његове веродостојности
- у поглављима 27 до 31 приказане су особине решења приликом увећавања броја корака детектора, односно броја преносних путева
- у поглављима 32 до 37 представљена је провера добијених резултата симулацијом
- у поглављу 38 представљено је друго могуће решење проблема коришћењем интеграције управљања у мрежи
- поглавље 39 је закључак
- у поглављима 40 и 41 као прилози приказане су референце и спискови табела и слика из истраживања

Приликом истраживања написани су програми у програмском језику *Java*. За обраду података и исцртавање дијаграма коришћена је апликација *Microsoft Excel*. Приликом представљања софтверских система коришћени су *UML* дијаграми.

Следи детаљнији преглед истраживања дат по поглављима, са тим што је прво поглавље уводно.

У другом поглављу представљена је делатност и организација електропривредних организација које треба да омогуће снабдевање електричном енергијом.

У трећем поглављу објашњена је намена телекомуникационе мреже у електропривреди. Упореджени су начини којима се може остварити висока расположивост коришћењем јавне или изградњом корпорацијске мреже.

У четвртом поглављу, електропривредна телефонска мрежа размотрена је кроз решења примењена у Електропривреди Србије. Размотрени су историја коришћења и постојеће стање, које је упоређено са оним у свету.

У петом поглављу представљено је коришћење две врсте саобраћаја у телефонској мрежи електропривреде, насталих због специфичности организације електропривредних организација.

У шестом поглављу представљене су врсте телефонског сигнала. Размотрене су технике преноса говорног сигнала и њихова примена у телефонској мрежи електропривреде, као и типови централа и преносних путева који је сачињавају.

У седмом поглављу приказана су основна својства телефонске мреже електропривреде. Описана су својства делова мреже, на основу најчешће поделе на окосницу (магистралну раван, *core network*) и ивичну (приступну, корисничку, *edge*) мрежу.

У осмом поглављу приказана су начела расположивости у телефонској мрежи електропривреде. Извршена је подела кварова по озбиљности, односно према степену утицаја на смањење расположивости. Описано је како се у прорачуну расположивости мреже користе подаци о расположивости елемената из којих је састављена.

У деветом поглављу представљени су технички услови на основу којих је изграђена телефонска мрежа електропривреде, са нагласком на услове који се тичу расположивости.

У десетом поглављу размотрене су мере које су предузете за повећање расположивости у телефонској мрежи електропривреде. Размотрено је обилазно упућивање, као мера која омогућава успостављање телефонске везе и када директан преносни пут није доступан. Представљене су и мере за повећање расположивости које су примењене на елементима мреже и преносним путевима између њих.

У 11. поглављу разматра се основни проблем овог истраживања. Описано је како на решавање овог проблема утичу системи управљања телекомуникационом мрежом који се користе у мешовитој телефонској мрежи електропривреде. У склопу овог поглавља предложена су два решења

представљеног проблема. Особине првог решења представљене су у поглављима од 12. до 37., а друго решење представљено је у 38. поглављу.

У 12. поглављу размотрен је саобраћајни модел на преносним путевима на основу поставки из теорије телефонског саобраћаја.

У 13. поглављу посматра се исправан систем ради представљања тока процеса на преносним путевима.

У 14. поглављу су, ради утврђивања утицаја спрезања различитих технологија, у исправном систему размотрене су саобраћајне карактеристике система када долази до заузимања преносног пута последњег избора.

У 15. поглављу посматра се процес на преносним путевима када је неисправан пут са првенством избора.

У 16. поглављу разматрају се саобраћајне карактеристике система у коме долази до заузимања преносног пута са нижим првенством избора, услед неисправности на путу вишег првенства.

У 17. поглављу представљени су принципи рада детектора неисправности, који треба да омогући откривање отказа на преносном путу са првенством избора.

У 18. поглављу представљене су величине које описују веродостојност рада детектора и описан је начин на који може доћи до грешке у његовом раду. Потом су представљени дијаграми који коришћени у наставку рада за описивање процеса у систему.

У 19. поглављу описано је правило рада детектора са једним кораком и представљени су показатељи који описују веродостојност његовог рада, као и дијаграми процеса детекције.

У 20. поглављу представљени су принципи рада детектора са два корака, који представља решење којим треба да се побољшају особине које има детектор са једним кораком. Потом је спроведена анализа процеса у систему приликом исправних и неисправних тумачења детектора са два корака.

У поглављима 21, 22 и 23 описан је начин утврђивања веродостојности рада детектора: вероватноћа лажне детекције, вероватноћа промашаја у детекцији и средње време које протекне од квара до његове детекције. У поглављима 24 и 25 приказани су дијаграми зависности вероватноћа лажне

детекције и промашаја у детекцији од различитих саобраћајних карактеристика система.

У поглављу 26 предложен је начин одређивања оптималног трајања другог корака детекције за детектор са два корака.

У поглављу 27 размотрен је утицај повећања корака детекције на рад детектора, са описом процеса на преносним путевима приликом исправног и неисправног рада система.

У поглављу 28 представљене су вероватноћа лажне детекције и вероватноћа промашаја у детекцији за детектор са произвољним бројем корака детекције, како би се утврдило како промена броја корака утиче на ове величине. У поглављу 29 размотрен је утицај повећања корака детекције на средње време које протекне од квара до његове детекције. У поглављу 30 предложен је начин одређивања оптималног трајања корака детекције за детектор са више корака.

У поглављу 31 размотрени су показатељи веродостојности различитих детектора у систему са више преносних путева другог приоритета.

У поглављу 32 представљене су особине симулационе методе Монте Карло, и елементи који треба да буду садржани приликом њене реализације.

У поглављу 33 представљено је како се врши процена резултата симулације коришћењем Студентове расподеле.

У поглављу 34 представљени су принципи на којима се извршава симулација, описана је структура програма за симулацију као и параметри којима се задаје начин његовог рада.

У поглављу 35 упоређени су резултати симулације и прорачуна за исправан систем, да би се утврдила исправност модела и његове имплементације. У поглављу 36 верификовани симулациони модел коришћен је да би се упоредиле са резултатима прорачуна вероватноћа лажне детекције. У поглављу 37 упоређени су резултати симулације и прорачуна за вероватноћу промашаја у детекцији.

У поглављу 38 приказани су детаљи другог решења проблема описаног у поглављу 11, које је засновано на интеграцији управљања. Размотрена су потребна прилагођавања постојећих система за управљање у мрежи, потребна за њихово укључење у интеграцију. Извршена је анализа особина познатих

модела управљања, и на основу њих предложен је нови модел решења. Описано је једно могуће решење за интеграцију са архитектуром заснованом на технологији мобилних агената, и представљени су структура и понашање система. Приказане су особине реализованог прототипа коришћеног приликом верификације описаног решења.

Поглавље 39, условно, представља закључак целокупног истраживања.

У поглављу 40 приказане су референце коришћене у раду, а у поглављу 41 набројане су слике и табеле из рада.

2 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА

Употреба електричне енергије данас је предуслов за све људске активности. У савременом свету право на коришћење електричне енергије представља јавно добро. Да би свима била доступна, неопходно је да се обезбеди снабдевање корисника електричном енергијом. Управо то представља основни задатак електропривредних организација (или краће – *електропривреде*).

Уобичајено је да се делатност електропривреде сагледава у остварењу следећих функција [2]:

- производња – електрична енергија генерише се у електроенергетским централама, тако што се уз коришћење техничких средстава други видови енергије преображавају у електричну
- пренос – остварује се пренос од централе до трансформаторских станица, које се налазе у близини потрошача
- дистрибуција – служи за локално повезивање трансформаторских станица са објектима крајњих корисника
- малопродаја – остварује се испорука електричне енергије до крајњих корисника

Испоручена електрична енергија најчешће се обрачунава на месечном нивоу.

У највећем броју земаља ове четири функције врши једно електропривредно предузеће, које је у власништву матичне државе. Чињеница да је електрична енергија јавно добро за последицу има да јој је цена контролисана. У државама у којима је покренута дерегулација електропривреде, самостални привредни субјекти врше једну или више од описаних функција, док инфраструктура најчешће остаје у државном власништву.

Да би се омогућило несметано снабдевање електричном енергијом, електропривредне мреже појединих држава међусобно се повезују. На тај начин, могуће је вршити размену и продају електричне енергије, што за циљ има поузданост у снабдевању појединачних електропривреда и у ситуацијама када није могуће задовољити тренутне потребе потрошача.

3 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈЕ

У овом поглављу објашњена је намена телекомуникационе мреже у електропривреди. Представљен је основни захтев који треба да се задовољи у електропривредној телекомуникационој мрежи, и упоређени су начини његовог решавања коришћењем јавне или корпорацијске мреже.

3.1 НАМЕНА ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНИХ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИЈА

Основна намена телекомуникационе мреже, укључујући и електропривредну, је пружање телекомуникационих услуга ради размене информација између корисника. Прва услуга која је коришћена у електропривредним телекомуникацијама је телефонска услуга. И данас је од посебног значаја, јер омогућава обављање радних задатака запосленог особља које се налази у географски разуђеним објектима.

Телефонска услуга може се обезбедити коришћењем јавне мреже (фиксне или мобилне) или мреже посебне намене (тзв. корпорацијска мрежа, односно приватна мрежа). Најважнија захтев који се поставља приликом избора телекомуникационе мреже која се користи у електропривреди је да се телефонски позиви безусловно остварују.

3.2 ОСОБИНЕ ЈАВНЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНЕ МРЕЖЕ

Јавна телефонска мрежа омогућава обављање разговора, али због својих особина није добро решење за телефонску мрежу електропривреде. Основни проблем је што се не гарантује остваривање телефонских позива, већ је дефинисан унапред дозвољени проценат позива који се не морају остварити.

У јавној телефонској мрежи, на основу интензитета позивања, направљена је подела на рад у нормалном и у повећаном оптерећењу. (детаљније у поглављу 12.2.3). У нормалном оптерећењу дозвољен је губитак 2% локалних, 3% транзитних и 5% међународних позива [3] услед загушења која настају од позивајућег до позваног корисника. У повећаном оптерећењу, услед загушења дозвољен је губитак 3% локалних, 4,5% транзитних и 7,5% међународних позива.

У мрежи електропривреде у време повећане активности на одржавању електроенергетског система очекује се и повећање оптерећења у телефонској мрежи. У овим, критичним периодима за рад електроенергетског система, време за доношење и спровођење одлука је ограничено и кратко, па је стога недопустиво нарушавање квалитета телефонске услуге. Дакле, ово је још једна особина јавне мреже која није прихватљива у мрежи електропривреде, где вероватноћа остварења телефонске везе, њена брзина успостављања и време преноса сигнала треба да буду увек у унапред дефинисаном опсегу.

3.3 ОСОБИНЕ КОРПОРАЦИЈСКЕ ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНЕ МРЕЖЕ

Коришћење јавне мреже представљало би економски знатно повољније решење за електропривреду, јер су послови пројектовања, прављења и одржавања мреже препуштени оператору. Због описаних техничких недостатака оваквог решења, пружање телекомуникационих услуга врши се у корпорацијској мрежи.

Избором да телекомуникациона мрежа електропривреде буде корпорацијска омогућава јој се независност од јавне или било које друге мреже. Приликом пројектовања, предност се пружа испуњавању основног циља — безусловног остваривања позива. То, даље, значи да се могу искористити сва потребна техничка решења, па и она која не морају да буду усклађена са прописима који важе за јавну мрежу (на пример посебна нумерација, синхронизација унутар мреже и слично). Корисници ове мреже су овлашћени и познати, и зато не постоји озбиљнија опасност од злоупотреба у коришћењу, па није неопходно уводити мере заштите које постоје у јавној мрежи. Још једна значајна разлика у односу на јавну мрежу је да се телефонски сигнал преноси и по водовима високог напона (ВФ везе). Коришћење водова у преносу говора олакшава изградњу телефонске мреже електропривреде, премда су они дизајнирани за пренос електричне енергије, и самим тим подложни различитим типовима шума [4]. Међу циљевима није постављена продаја телефонских услуга — што је главни извор прихода у јавној мрежи, а уколико би била остварена представљала би само додатни добитак.

Телефонска мрежа матичне електропривреде повезана је са телефонским мрежама других електропривреда, као и са јавним телефонским мрежама (фиксним и мобилним). Повезивање електропривреда суседних држава (поглавље 2) узроковало је и повезивање електропривредних телекомуникационих мрежа, да би се брзо и ефикасно договорила размена и трговина електричном енергијом. Веза са јавним мрежама омогућава размену телефонског саобраћаја између њих и корпорацијске мреже, а може да се искористи и као последњи обилазни пут за телефонски саобраћај, односно као додатна могућност за упућивање разговора између два корисника у електропривреди.

С обзиром на то да се потребе корпорације могу мењати током времена, потребно је тако пројектовати мрежу да буде отворена за увођење нових услуга и надоградњу постојећих.

4 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДНА ТЕЛЕФОНСКА МРЕЖА (ЕТМ), ИСТОРИЈА И ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ

Електропривредна телефонска мрежа (ЕТМ) у овом и наредним поглављима биће разматрана кроз решења примењена у Електропривреди Србије. У овом поглављу представљен је овај систем, и размотрена је историја коришћења ЕТМ и постојеће стање ЕТМ у Електропривреди Србије. Коначно, постојеће стање ЕТМ упоређено је са оним у свету.

4.1 ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА СРБИЈЕ (ЕПС)

Електропривреда Србије (ЕПС) представља сложени систем, састављен из већег броја привредних друштава. Установљен је као јавно предузеће које је основала Влада Републике Србије. По производњи електричне енергије ЕПС је у 2010. години заузео 59. место, међу електропривредама 211 земаља [5].

Чланство у Унији за координацију преноса електричне енергије [6] (*UCTE - Union for the Coordination of the Transmission of Electricity*) омогућава енергетско повезивање са још 23 електропривреде из Европе.

Значајна је и чланство у Удружењу за велике електроенергетске системе [7] (*CIGRE - Conseil International des Grands Réseaux Électriques*). Ова организација има чланове у 90 земаља света, а у 58 њих постоје национални комитети, међу којима је и српски национални комитет *CIGRE* [8]. У току свог постојања постала је важан фактор у доношењу одлука везаних за електропривреду, остварујући активности и унапређења у области планирања, израде и експлоатације електроенергетских система. У саставу организације налази се 16 студијских комитета, а рад једног од њих посвећен је информационим системима и телекомуникацијама у електропривреди.

4.2 ИСТОРИЈА РАЗВОЈА ЕТМ ЕПС-А

ЕПС је до распада СФРЈ био део већег привредног субјекта – ЈУГЕЛ-а (Заједнице Југословенске Електропривреде), па је и телефонска мрежа била део корпорацијске мреже ЈУГЕЛ-а [9]. Било је неопходно обезбедити високу расположивост у оквиру ове мреже, што је остварено коришћењем сопствених

преносних путева, везом са јавном мрежом и коришћењем посебних својстава телефонских централа и мреже.

Користили су се искључиво преносни путеви у власништву ЈУГЕЛ-а. Постојала је и могућност грађења телекомуникационе инфраструктуре преко често неприступачних предела до електроенергетских објеката који се налазе ван насељених места. Овакво решење имало би превисоку цену, поготову зато што су се могли искористити као средство преноса телекомуникационих сигнала постојећи водови високог напона (далеководи). Веза са јавном мрежом користила се као последњи алтернативни пут приликом упућивања позива. На местима где је било могуће да се преко више линија изврши повезивање на јавну мрежу, бирале су претплатничке линије са различитих централа. На тај начин повећавао се број алтернативних путања кроз јавну мрежу.

Ради повећања расположивости следећа својства имплементирана су на централама и у мрежи ЈУГЕЛ-а [9,10,11]:

- Топологија мреже била је једнослојна, без постојања хијерархије. Хијерархија се уводи у мрежу да би се извршила подела на логички раздвојене елементе, где зависност постоји само између суседних слојева, и то тако да виши слој зависи од нижег. Хијерархија се користи у јавној телефонској мрежи, и условила је поделу функционалности телефонских централа на крајње, чворне, главне и транзитне [10]. Једнослојна мрежа омогућава обилазно упућивање позива (*alternate routing*), односно поступак који се одиграва у централама којим се тражи пут до биране централе који се разликује од најкраћег
- У мрежи ЈУГЕЛ-а све централе, осим крајњих, понашале су се и као транзитне и као крајње, односно омогућавале су размену саобраћаја других централа у мрежи, као и саобраћај својих корисника
- Користи се затворени систем нумерације (позивни број не зависи од положаја позивајућег)
- Везе према суседним енергетским објектима дежурном лицу приказују се на уређају КТП (командно телефонском посредничком уређају). Његовим коришћењем могу се заузимати слободне и прекидати постојеће везе

- Уведене су функције које не постоје у јавној мрежи – могућност бирања након сигнала заузећа, везу су могли прекинути и позвани и позивајући корисник ради ефикаснијег коришћења ресурса итд.
- Сви канали били су и одлазни и долазни, а централа је имала могућност рада и у испаду. Под тим се подразумева остваривање одабраних (важних) веза чак и када је део централе у квару. Ово важи и уколико везе излазе у јавну мрежу. Да би се ови захтеви задовољили одабрана је одговарајућа сигнализација
- Да би се искористила постојећа инфраструктура за пренос електричне енергије, као преносни путеви коришћене су искључиво ВФ везе по далеководима. Везе су коришћене за пренос телефонског саобраћаја и за пренос података, на основу поделе доступног опсега
- Говорни сигнал преношен је са компримованом динамиком, а сигнализација је преношена са учестаношћу изван говорног опсега. Када би се на пријему ВФ канала појавила промена нивоа сигнала већа од предвиђене, долазило би до сигнализације аларма, а ова веза више није могла да се користи за упућивање
- Према техничким условима [11], средње време између кварова централе требало је да износи бар 1000 сати, док је средње време отклањања квара требало да буде краће од једног сата. Због коришћења ВФ водова, од посебног значаја била је пренапонска заштита, па је захтевано да без отказа или грешке у раду централа може да издржи три позитивна и негативна пренапонска импулса напона 2000V, а телефонска централа која се напајала наизменичним напоном требало је да између улазних уземљених проводника да издржи без пробоја и прескока напон од 1000V, учестаности 50Hz у трајању од једног минута

4.3 ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ЕТМ У ЕПС-У

У ЕТМ ЕПС-а извршено је обједињавање класичне (аналогне и дигиталне) и пакетске телефонске мреже, ради додавања нових услуга у постојећу мрежу. Ово је могло да се изведе потпуном заменом постојеће опреме новом или додавањем нове опреме у постојећу мрежу. Примењено је друго решење, тзв. еволуциони редизајн, чиме се нису одбацила решења која су била у употреби, већ су постала део крајњег решење. Овакав начин развоја мреже сматра се

најповољнијим за власнике опреме и представља начин да се заштите постојеће инвестиције [12]. С друге стране, сложеније је постићи складан рад овакве мреже него када је мрежа изграђена у истој технологији.

У ЕТМ користе се решења заснована на прихваћеним стандардима, да би се омогућио рад опреме различитих произвођача [13]. Зависност од једног произвођача опреме може довести до постављања неповољних услова приликом пословања, али и до немогућности одговарања на захтеве за набавку или поправку опреме. Стога се опрема набавља од већег броја различитих произвођача. И приликом коришћења овог решења јављају се технички проблеми – нпр. како „упарити“ уређаје различитих произвођача, али и организациони, нпр. обука особља на сродној, али различитој опреми.

Пројектовање мреже засновано је на два основна начела [14]:

- мрежа је јединствена, без обзира на број и организацију привредних друштава која сачињавају ЕПС
- уведена је пакетска телефонска услуга, која се остварује унутар корпорацијске телефонске мреже. Поред телефонске, у њој су омогућене и услуге које нуде мреже нове генерације (преноса података и покретних слика – поглавље 4.4)

Пројектовање ЕТМ олакшано је коришћењем особина *IP* архитектуре, дизајниране са циљем повезивања постојећих подмрежа. Особине ове архитектуре су настављање комуникације без обзира на отказивање мрежног чвора, подршка различитим врстама услуге, повезивање мрежа начињених у различитим технологијама, могућност дистрибуираног управљања ресурсима мреже, повољна цена опреме, једноставно додавање новог елемента у мрежу и могућност тарифирања [15].

Данас је ЕТМ ЕПС-а заснована на следећим техничким условима [14]:

1. Мрежа ЕПС-а данас је изграђена на истим начелима на којима су биле грађене мреже претходних технолошких генерација. То значи и да су општи технички услови који су важили у мрежи ЈУГЕЛ-а остали на снази.
2. У мрежи ЕПС-а ниједан енергетски објект не сме да остане без телефонске услуге. Задовољавање овог захтева утицало је на читав низ поступака и техника, везаних за организовање мреже, поступке предвиђања кварова и загушења, решења са коришћењем вишеструких ресурса, начин упућивања саобраћаја унутар мреже, увођење

редундантних протокола и сигнализација, различите врсте заштите, систем управљања, организацију набавке и коришћења резервних делова, одржавање система и обуку људства.

3. Приликом пројектовања мреже водило се рачуна о томе да се у току експлоатације могу по потреби додавати за сада непостојеће или услуге које тренутно имају високу цену. То је захтевало пажљив прорачун ресурса, условило коришћење стандардних решења за протоколе или сигнализацију и сл.
4. ЕТМ је пројектована као мешовита мрежа [16], чији пакетски део ради у пуној сагласности са претходно постојећом класичном (аналогном и дигиталном) телефонском мрежом. У тако дизајнираној ЕТМ постоји јединствени именик, претварачи говорног сигнала и сигнализације, претварачи протокола, упућивање које узима у обзир број прелазака из ове у другу мрежу итд. При томе је захтевани квалитет говорног сигнала на пријему изнад границе професионалног нивоа квалитета (*Rating factor* [17,18] има вредност већу од 80).
5. Приликом пројектовања узете су у обзир особине суседних мрежа, са којима корисници ЕТМ ЕПС-а остварују везе. То су фиксна јавна телефонска мрежа Телекома Србија, мобилне јавне мреже и мреже суседних електропривреда. Од важности су следећа решења из ових мрежа: сигнализације и протоколи, избор кодера и компресора говорног сигнала, употребљени мрежни интерфејси.

4.4 ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ ЕТМ У СВЕТУ

Поређење техничких решења примењених у ЕПС-а [13,14,19] са решењима у другим електропривредама [20,21,22] показује да нема битнијих одступања приликом реализације ЕТМ. Нема разлика на нивоу постављених циљева и употребљене технологије приликом њиховог испуњавања, а до разлика у појединостима долази због специфичности потреба појединих електропривреда.

Решење проблема телефонске комуникације решавано је увођењем корпорацијске телефонске мреже (поглавље 3.3). Коришћење посебне мреже најчешће је узроковано потребама приоритетног саобраћаја [14,20,21]. Увођење издвојене мреже посебне намене која у себи укључује и ЕТМ у

појединим земљама поставља се и као захтев од значаја за националну безбедност [21].

Појава нових сервиса у јавној телефонској мрежи везана је нарочито за *IP* технологију. Стога је актуелно њено увођење у ЕТМ, и прилагођавање решења специфичним потребама електропривреде [13,20,21,22]. Увођењем ове технологије гради се мрежа која треба да обједини све услуге које се нуде корисницима у мрежи (пренос гласа, покретних слике и података), и све врсте мрежа (фиксне и мобилне). Градња овакве мреже заправо представља корак ка мрежама нове генерације (*NGN – Next Generation Network*). Циљ представља успостављање мреже која омогућава висок квалитет услуге, уз додавање нових врста услуга које у постојећим мрежама нису могле да постоје.

Премда је током времена све више решења из јавне мреже коришћено у ЕТМ, иновације су посебно изражене у корпорацијским мрежама, због слободе која постоји у коришћењу техничких решења (поглавље 3.3). Њиховим коришћењем тежи се омогућавању мобилности услуга и њиховог коришћења на даљину (*tele-workers*), односно да радници буду у могућности да на било којој локацији могу да користе све услуге у мрежи као на свом радном месту. При томе проток података мора да буде такав да се не осети разлика у квалитету услуге. Да би се то омогућило, мреже нове генерације засноване су на пакетском преносу који обједињује све врсте корисничких услуга.

5 ВРСТЕ САОБРАЋАЈА У ЕТМ

У раду телефонске мреже ЕПС-а најважније је да се у критичним тренуцима обезбеди пренос одлука везаних за рад и одржавање електроенергетског система. Ове одлуке доносе диспечери, чији је задатак да имају сталан увид у стање електроенергетске мреже, да брзо доносе одлуке везане за њено одржавање и да на основу релевантних података могу да планирају њен будући развој. Стога су разговори које обављају у критичним тренуцима од највећег значаја, због чега се поставља захтев да у било ком тренутку може да се оствари веза између диспечера у различитим објектима. Да би се овакав захтев испунио, није задовољавајуће решење које се уобичајено користи у јавној мрежи, са међусобно равноправним позивима.

У мрежи ЕПС-а уведена су два типа саобраћаја: диспечерски (оперативни) и пословни [10]. Они се не обрађују равноправно. Сматра се да мрежа треба да буде прилагођена захтевима за диспечере, а да ће потребе осталих служби мрежи бити задовољене у највећој могућој мери.

Саобраћај између диспечера има предност и треба да се увек оствари. Диспечерима су омогућене и друге посебне услуге, тако могу да резервишу канале или да прекидају везе које су у току.

Пословни саобраћај обављају све остале службе, и за њега важи да се остварује у највећој мери коју преостали ресурси то дозвољавају. Овај саобраћај се не разликује од оног у јавној мрежи, због чега не захтева увођење посебних услуга.

6 ЦЕНТРАЛЕ И ПРЕНОСНИ СИСТЕМИ У ЕТМ

У овом поглављу представљене су врсте телефонског сигнала. Размотрене су технике преноса говорног сигнала и њихова примена у ЕТМ. Приказани су типови централа и преносних путева који сачињавају ЕТМ.

6.1 ВРСТЕ ТЕЛЕФОНСКОГ СИГНАЛА

Основна намена телефонске мреже је пренос говорног сигнала, који се претвара у телефонски сигнал. Говорни сигнал сачињен је из промена ваздушног притиска које изазива људски глас [23]. Превођењем у електрични облик говорни сигнал постаје промена електричне струје која одговара овим променама притиска. Да би се у говорном сигналу сачувала разумљивост говора од нарочитог значаја је фреквенцијски опсег од 300 *Hz* до 3400 *Hz*. Када се из говорног сигнала издвоје компоненте у овом фреквенцијском опсегу добија се телефонски сигнал.

Три су облика преноса телефонског сигнала: аналогни, дигитални и пакетски [10].

6.1.1 АНАЛОГНИ СИГНАЛ

Аналогни телефонски сигнал омогућава пренос континуалног електричног сигнала. Након што се реч изговори у микрофон, врши се конверзија у континуални сигнал, који се преноси кроз целу мрежу, све до слушалице.

6.1.2 ДИГИТАЛНИ СИГНАЛ

Дигитални телефонски сигнал омогућава пренос низа дискретних вредности, које се добијају поступком дигитализације, односно аналого-дигиталном конверзијом континуалног електричног сигнала. На овај начин преноси се говор, као и паузе у говору. Стандардни дигитални сигнал има проток од 64kb/s.

6.1.3 ПАКЕТИЗОВАНИ СИГНАЛ

Пакетизовани телефонски сигнал представљен је скупом пакета који носе делове дигиталног телефонског сигнала трајања 10 *ms* до 50 *ms*. Сваки

пакет представља основну јединицу у преносу пакетског сигнала, и у зависности од технике преноса назива се сегмент, оквир, датаграм итд. Пакетизовани говорни сигнал може бити у некомпримованом, компримованом и квазикомпримованом облику.

Некомпримовани сигнал добија се дигитализацијом континуалног сигнала, а затим дели на пакете. Може се обновити изворни сигнал на пријему.

Поступак добијања компримованог сигнала састоји се у подели на интервале, у којима се врши компримовање ради смањивања битског протока. Коришћењем ове технике, на пријему се не може обновити полазни сигнал. Основна намена поступка је уштеда протока.

Квазикомпримовани пакетски сигнал је модификација некомпримованог сигнала у којој се не преносе паузе у говору. Приликом обнављања могуће је потпуно реконструисати изворно изговорено, док се паузе вештачки умећу.

6.2 ТЕХНИКЕ ПРЕНОСА ГОВОРНОГ СИГНАЛА

У телефонској мрежи могу се разликовати три типа елемената [23]: преносни путеви, централе и кориснички уређаји.

Комутација или проспајање је техника која омогућава спајање корисничких уређаја ради размене информација. Уређаји који врше проспајање називају се централе (мрежни чворови). Повезане су међусобно преносним путевима (у раду ће се равноправно користити термин *преносни пут* или *линк*).

У општем случају, централу сачињавају њени делови, од којих су најважнији комутациони орган, који обезбеђује проспајање, и управљачки орган, који обезбеђује управљање у реалном времену – од откривања активних прикључака, до тарифирања.

У аналогној техници коришћено је просторно комутирање (*SDM – space division multiplex*), док се у дигиталној техници користи временско мултиплексирање (*TDM – time division multiplex*). У пакетској техници улогу чворова мреже имају рутери који омогућавају упућивање (рутирање) пакета. Да би класична и пакетска мрежа радиле истовремено, неопходно је

обезбедити да се на граници ова два типа мреже користе претварачи говорних сигнала, сигнализације и нумерације.

У садашњој мешовитој телефонској мрежи ЕПС-а заступљена су техничка средства која омогућавају пренос и проспајање (комутацију) сва три облика телефонског сигнала. За сваки облик представљени су преносни путеви, централе и кориснички терминали.

6.2.1 АНАЛОГНА ТЕХНИКА

Преносни путеви су аналогни: корисничке линије, везе према јавној мрежи и ВФ везе по далеководима (*PLC – Power Line Carrier*). Ради смањења шума, ВФ везе имају смањену динамику која се остварује компресорима, а враћа експандорима (тзв. компандори, од *compressor-expandor*), док су остале врсте везе са природном динамиком.

У центрالي овог типа комутациони орган врши аналогно проспајање.

У аналогној техници користе се као кориснички терминали аналогни телефонски апарати.

6.2.2 ДИГИТАЛНА ТЕХНИКА

Преносни путеви који могу бити дигитализовани су: корисничке линије (*E1*), везе према јавној мрежи, ВФ везе по далеководима и оптички пренос. Приликом коришћења дигиталне технике, преузета су решења која су у широкој употреби у савременој јавној телефонској мрежи. Ова решења укључују и коришћење *ISDN* преносних путева, упркос томе што капацитет од 30 канала на сваком путу надмашује потребе ЕТМ. Разлог за ову одлуку је што у дигиталној техници не постоји мањи број канала по преносном путу који би се могао користити.

Комутациони орган мрежне централе врши дигитално проспајање

У дигиталној техници користе се као кориснички терминали *ISDN* кориснички апарати, а на дигиталну централу могу се повезати и аналогни телефонски апарати.

6.2.3 ПАКЕТСКА ТЕХНИКА

Преносне путеве представљају Етернет корисничке линије, везе према јавној мрежи, оптички пренос.

Када су у питању пакетске централе, функције комутационог органа имају рутери, а функције управљачког органа врше други уређај. Проспајање код рутера је пакетско. Управљачки органи врше управљање свим везама (успостављање и раскидање), користе централни план упућивања, обезбеђују базу података о корисничким прикључцима и сл. На граници пакетске и *TDM* мреже налази се управљачки орган софтсвич (*softswitch*), док се у пакетским мрежама налазе управљачки органи прокси сервери (*proxy server*) и гејткипери (*gatekeeper*).

У пакетској техници користе се *IP* телефони као кориснички терминали.

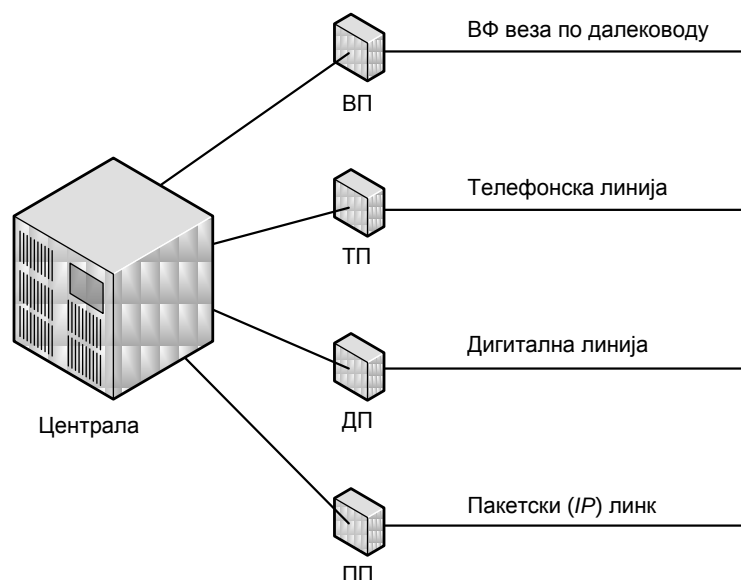
6.3 ЦЕНТРАЛЕ И ПРЕНОСНИ ПУТЕВИ У МЕШОВИТОЈ МРЕЖИ

У мешовитој мрежи истовремено се користе различите технике преноса. На слици Сл. 6.1 приказане су могуће везе до једне централе. Да би се пренос могао извршити преко различитих типова преносних путева, морају постојати претварачи сигнала према сваком од њих [23].

У ЕТМ користе се следећи типови претварача сигнала:

- ВП – од централе до ВФ веза по далеководу
- ТП – од централе до телефонске линије
- ДП – од централе до дигиталне линије
- ПП – од централе до пакетског линка

Све везе омогућавају и пријем и предају. Ради једноставности, посматра се само једна – пријемна страна, док се на предајној страни исте операције понављају обрнутим редоследом. У зависности од типа централе, разликују се три случаја коришћења претварача сигнала.



Сл. 6.1 МОГУЋЕ ВЕЗЕ ДО ЈЕДНЕ ЦЕНТРАЛЕ СА ПРЕТВАРАЧИМА СИГНАЛА

6.3.1 АНАЛОГНЕ ЦЕНТРАЛЕ

Код централе са аналогним проспајањем потребно је да се сигнали са ВФ везе, дигиталне линије и пакетске линије претварају у аналогни облик, и за то су потребни претварачи. Телефонска линија већ преноси аналогни сигнал па претварач ТП није потребан. Сигнали преко ВФ веза по далеководу преносе се са компримованом динамиком. Уколико постоји проспајање на други тип везе неопходно је да се на ВП изврши претварање у нормалну (природну) динамику телефонског сигнала. Уколико се ВФ веза проспаја на другу ВФ везу сигнал остаје у компримованом облику. Претварач ДП врши конверзију дигиталног у аналогни сигнал. Претварач ПП у пријемном смеру врши претварање из пакетског у дигитални, па у аналогни облик.

6.3.2 ДИГИТАЛНЕ ЦЕНТРАЛЕ

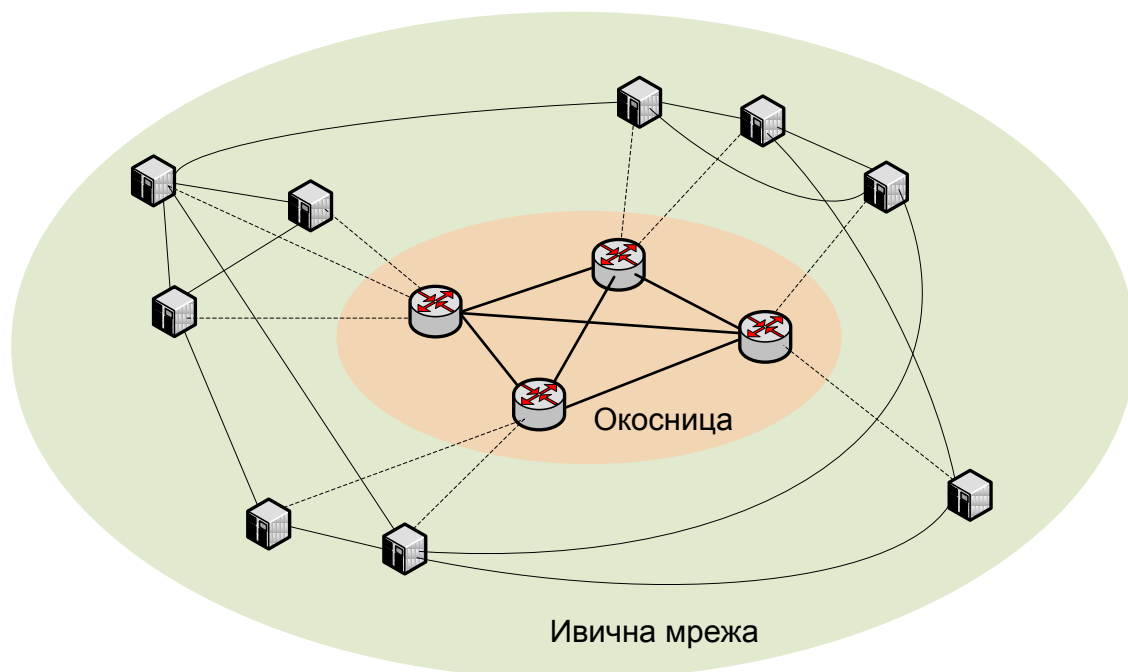
Код централе на којој се врши проспајање у дигиталном облику потребно је да сигнали са ВФ везе, телефонске линије и пакетске линије буду претворени у дигитални облик, док су непотребни ДП претварачи за дигиталне линије. Претварачи ВП прво понављају функцију описану код аналогне централе, а затим претварају сигнал у дигитални облик. Претварач ТП врши претварање аналогног у дигитални сигнал. Претварач ПП конвертује пакетски у дигитални сигнал.

6.3.3 ПАКЕТСКЕ ЦЕНТРАЛЕ

Централе код којих се врши пакетско проспајање користе претвараче у пакетски облик на ВФ везама, телефонским линијама и дигиталним линијама, док је претварач ПП за пакетске линије непотребан. Претварач ВП прво понавља функције на начин као код дигиталне централе, а затим врши претварање дигиталног сигнала у пакетски. Претварач ТП врши прво аналогно дигитално претварање (као код дигиталне централе), а затим пакетизацију сигнала. Претварач ДП врши пакетизацију дигиталног сигнала.

7 ОСНОВНА СВОЈСТВА ЕТМ И ЊЕНИХ ДЕЛОВА

У овом поглављу описана су својства делова мреже, на основу поделе на окосницу (магистралну раван, *core network*) и ивичну мрежу (приступну, корисничку, *edge*). Овој структури одговара и ЕТМ ЕПС-а (Сл. 7.1).



Сл. 7.1 НАЧЕЛНА СТРУКТУРА МРЕЖЕ ЕПС-А

Као што је приказано и на слици (Сл. 7.1), у средишту ЕТМ је окосница која омогућава пакетски пренос сигнала. На њу се ослања ивична мрежа, у којој се користе све три технике преноса говорног сигнала. Кориснички уређаји везани су за централе у ивичној мрежи. Додавање пакетске технике обично се врши на највишем слоју хијерархије у јавној мрежи, где извршава функције транзита. Својства мреже у овом поглављу описана су на основу пројекта иновације ЕТМ ЕПС-а [14].

7.1 ОКОСНИЦА

Окосница представља део мреже на коме се преноси највећи део телефонског саобраћаја, и на њој се остварују три основне функције: пренос, управљање и пружање корисничке функције. Окосница ЕТМ у ЕПС-а је искључиво пакетска, а сачињавају је рутери као мрежни чворови, и преносни

путеви између њих. Рутери на окосници омогућавају пренос сигнала великих протока.

С обзиром на то да пакетске мреже омогућавају пренос како телефонског саобраћаја тако и услуга заснованих на преносу података, различити типови пакета обрађују се по унапред задатом приоритету. На тај начин обезбеђује се правовремено извршавање услуга осетљивих на кашњење, међу којима је телефонски саобраћај. Уколико се и појави кашњење у преносу, корисници мреже то не смеју да осете. Зато је дефинисано да на окосници не сме постојати губитак пакета и да се позиви не смеју изгубити. Најдуже време преноса кроз окосницу ограничено је на 10 ms [14].

Потребно је да се на окосници не угрожавају саобраћајна својства, и стога постоје механизми за упућивање по најкраћем путу, спречавање петљи, рано откривање загушења, пребацивање на алтернативне путеве у случају отказа итд.

Савремена опрема састављена је од електронских компоненти високе густине, које су осетљиве на пренапонске сметње које могу бити присутне у близини електроенергетских постројења [9]. Зато је од значаја да се, приликом смештања опреме за окосницу, бирају објекти у којима ће сметње бити без утицаја.

7.2 ИВИЧНА МРЕЖА

Ивична мрежа омогућава корисницима повезивање на окосницу коришћењем стандардизованих приступних тачака. Приликом повезивања система који се користе за различите врсте телефонских сигнала важи правило да се на окосницу директно могу везивати једино рутери који преносе пакетски саобраћај. Централне које су аналогне или дигиталне морају бити спојене на гејтвеје преко којих се везују за рутере окоснице. Улога гејтвеја је конверзија сигнала између две мреже. С једне стране гејтвеја то је пакетска мрежа, а с друге непакетска (*TDM*) или аналогна мрежа.

Приликом смештања опреме за ивичну мрежу није могуће бирати објекте, јер опрема мора бити у сваком објекту у коме се мрежа користи. С обзиром на то да електроенергетска постројења могу узроковати сметње, важно је да се обезбеди квалитетна пренапонска заштита.

Услуге које се нуде преко ивичне мреже по квалитету не смеју заостајати од услуга у јавној мрежи. Капацитет мреже треба да онемогући да кашњење буде дуже од неколико милисекунди, а компресија телефонског сигнала није дозвољена. Уколико дође до губитка, за све типове пакета, изузев говорних, важи да се користе поступци њиховог надокнађивања. И овде се, као код окоснице, користи приоритетно услуживање, у зависности од врсте пакета.

8 НАЧЕЛА РАСПОЛОЖИВОСТИ У ЕТМ

Да би се размотрила начела расположивости у ЕТМ, прво је извршена подела кварова по озбиљности, то јест према степену утицаја на смањење расположивости. Приказано је како се рачуна расположивост система коришћењем средњих времена откривања и отклањања квара. Потом је размотрено како се у прорачуну расположивости мреже користе подаци о расположивости елемената из којих је састављена.

8.1 ПОДЕЛА КВАРОВА ПО ОЗБИЉНОСТИ

По озбиљности, кварови су подељени према томе како њихова појава делује на одвијање телекомуникационог саобраћаја [10]. Не сматрају се критичним уколико их је могуће смањити или елиминисати аутоматским укључивањем додатних или резервних елемената система, или коришћењем обилазног упућивања. Локални кварови, који утичу да мали број телефонских прикључака буде ван функције, такође не спадају у критичне кварове.

Критични (битни) кварови утичу на одвијање саобраћаја већег дела мреже, и то су кварови који ван функције доводе централе или све канале преносних путева између њих. Од ова два квара битнији је први, јер испад централе ставља ван функције и све преносне путеве везане за њу, док обрнуто не важи. Управо зато посебну пажњу треба посветити деловима централе чије испадање из функције угрожава њен рад (нпр. напајање централе)

8.2 РАСПОЛОЖИВОСТ СИСТЕМА И СРЕДЊА ВРЕМЕНА ОТКРИВАЊА И ОТКЛАЊАЊА КВАРА

Расположивост система у једном тренутку t представља вероватноћу да ће у том тренутку систем радити исправно (да ће се понашати у складу са спецификацијом) [24].

Да би се израчунала расположивост једног система уводе се средња времена током његове исправности и неисправности:

- средње време између кварова (*mean time between failures* - MTBF) представља средњу вредност дужине временских интервала који протекну између два узастопна квара

- средње време отклањања квара (*mean time to repair* - *MTTR*) рачуна се као средња вредност дужине временских интервала од настанка квара до његовог отклањања, и састоји се од времена које је протекло док је елемент био у квару, као и времена које је протекло док су спровођене акције ради отклањања квара

Вероватноћа да ће систем радити исправно у случајно изабраном тренутку представља расположивост система (*Av* - *Availability*), и рачуна се као део времена током кога уређај ради исправно:

$$Av = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (8.1)$$

Смањењем средњег времена отклањања квара *MTTR* повећаће се расположивост, као и економичност система. Систем у коме се грешке брзо откривају пожељнији је од оног са мање грешака које се дуго лоцирају па је укупно време отклањања квара дуже.

Вероватноћа да систем неће радити исправно у случајно изабраном тренутку представља нерасположивост система (*Un* - *Unavailability*), и рачуна се као део времена током кога је систем изван функције:

$$Un = \frac{MTTR}{MTBF + MTTR} \quad (8.2)$$

На основу уведених дефиниција важи једнакост:

$$Av = 1 - Un \quad (8.3)$$

8.3 РАСПОЛОЖИВОСТ МРЕЖЕ

Прорачун расположивости једне мреже добија се на основу расположивости елемената од којих је сачињена. У зависности од начина на који су елементи повезани, користи се прорачун за редно и паралелно везане елементе [10].

Када постоји редна веза елемената, квар једног од њих изазива да изван функције буде цела редно везана група. Будући да представља вероватноћу, расположивост се рачуна као производ расположивости (вероватноћа) појединачних елемената у редној вези:

$$Av = \prod_i Av_i \quad (8.4)$$

Када постоји паралелна веза елемената, група ће бити ван функције тек када дође до квара на свим елементима. У овом случају се нерасположивост, која такође представља вероватноћу, рачуна као производ нерасположивости (вероватноћа) сваког појединачног елемената:

$$Un = \prod_i Un_i \quad (8.5)$$

На основу (8.4), за паралелно везане елементе рачуна се расположивост на основу једначине:

$$Av = 1 - \prod_i (1 - Av_i) \quad (8.6)$$

С обзиром на то да се телефонски позив остварује преко редно везаних централа, преносних путева и корисничких терминала, његова расположивост била би једнака производу расположивости сваког елемента на преносном путу. На основу (8.6), закључује се да додавање алтернативног пута, односно обилазног упућивања, знатно повећава расположивост.

На пример, уколико се посматра преносни пут између две централе, и расположивост једног линка између њих износи 99% (односно, веза је ван функције 3,65 дана годишње), додавање другог линка подиже расположивост на 99,99% (односно, 52 минута годишње веза између централа је ван функције).

Дакле, додавањем паралелних преносних путева расте расположивост и смањује се утицај преносног медијума. Слично важи и за остале елементе система – додавање редундантних, односно резервних елемената постављених у паралели, за последицу има повећање расположивости система.

9 ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ У ЕТМ – ЗА РАСПОЛОЖИВОСТ И ОСТАЛИ

У овом поглављу представљени су технички услови на основу којих је изграђена ЕТМ [14]. С обзиром на то да је најзначајнији разлог због кога је уведена ЕТМ потпуна расположивост, издвојени су технички услови који се тичу расположивости у ЕТМ, а представљени су и остали технички услови.

9.1 ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА РАСПОЛОЖИВОСТ У ЕТМ

Као што је већ наведено (поглавље 8.2), расположивост мреже представља вероватноћу да мрежа или њен део буду потпуно исправни у случајно изабраном тренутку.

Основни циљ који ЕТМ треба да задовољи је висока расположивост, односно могућност успостављања везе између два електроенергетска објекта. Код јавне мреже дозвољена нерасположивост може износити неколико процената. Код електропривредне мреже, за диспечерски саобраћај, практично је недозвољена, јер у преносу диспечерских одлука не сме доћи до кашњења, због чега сваки позив треба да се реализује већ у првом покушају.

У ЕТМ не сме доћи до недостатка ресурса. У пакетском делу мреже недостатак ресурса доводи до загушења, које може довести до одбацивања пакета, што за телефонске везе узрокује њихово неостваривање. Загушење може довести и до прекида позива у току његовог успостављања, јер се услед повећаног кашњења у мрежи споро враћају сигнализационе поруке са потврдом.

Да би расположивост била највећа могућа топологија мреже треба да омогући обилазно упућивање. Тако се обезбеђује више путева за остваривање једног позива, а сваки од њих мора бити истог квалитета за корисника услуга.

Захтев да се сваки позив реализује значи да се користе функције које не постоје у јавној мрежи – прекид везе нижег приоритета, додатно бирање после неуспелог позива, рад у ванредним околностима...

Под ванредним околностима подразумевају се рад током саобраћајних преоптерећења, ванредни догађаји (невреме, пожар...) и кварови. У ванредним условима, везе треба да могу да се остварују са међумесним прикључцима, са

макар једним прикључком јавне мреже, и макар једним прикључком посебне важности [11].

9.1.1 РАСПОЛОЖИВОСТ ОКОСНИЦЕ

На расположивост окоснице утиче исправност елемената окоснице – рутера, преносних путева и управљачких органа, као и механизми који треба да онемогуће конфликтне ситуације (сударе, петље). Циљ изградње окоснице је да без прекида омогућава обављање телекомуникационог саобраћаја.

Географска расподела саобраћаја разликује се од оне у јавној мрежи, где доминирају локални разговори. У ЕТМ очекује се доминантан међумесни саобраћај између диспечера, а нарочито је битан између електроенергетског објекта и центра за управљање мрежом. Услуге у мрежи су доступне и када је окосница ван функције, јер тада саобраћај функционише коришћењем ивичне мреже, преко директних веза којима су повезани чворови.

9.1.2 РАСПОЛОЖИВОСТ ИВИЧНЕ МРЕЖЕ

По значају, разликују се три врсте уређаја у ивичној мрежи:

- Ивични рутер и линкови према окосници, опрема за надзор и управљање. Овде квар не сме да утиче на услуге или њихов квалитет
- Телефонске централе и линкови према другим централама и ивичном рутеру. Квар не сме да изазове прекид са мрежом, нити да омета функције КТП-а, али дозвољено је смањење могућности у локалном саобраћају на самом објекту
- Опрема која није у функцији оперативног саобраћаја: видеоконференције, даљинско надгледање, рачунари. Дозвољено је да квар привремено изазове немогућност у коришћењу опреме

Према техничким условима за ивичну мрежу [11], средње време између кварова мора да буде веће од 1000 сати, а средње време отклањања квара треба да буде мање од једног сата. Овај захтев пооштрен је у важећим техничким условима [14], тако да жељена расположивост износи 99,999%.

9.2 ОСТАЛИ ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ

Омогућавање рада мешовите мреже као да је јединствена (*seamless*) од нарочитог је значаја за пренос телефонског сигнала. То изискује да су сви

аналогно/дигитални и дигитално/аналогни претварачи у мрежи исте врсте, односно да се компримовање и декомпримовање дигиталног говорног сигнала (не због протока) врши по истом закону у целој мрежи. За ово се користе компресори и експандори динамике телефонског сигнала на ВФ везама. У мрежи ЕПС-а ВФ везе омогућавају повезивање са рубним електроенергетским објектима, а за остале објекте увек представљају алтернативне путеве. У мрежи је обезбеђен несметан рад КТП уређаја, првобитно намењеног раду са ВФ везама, проширеног и на остале типове веза.

У *TDM* делу мреже користи се сигнализација *QSIG* [10], која се не користи у јавним мрежама, а намењена је повезивању *ISDN* централа у корпорацијским мрежама. Због тога сигнализација која се користи у класичним и пакетским централама не мора бити иста, па на интерфејсу између ових централа мора да се одвија превођење сигнализације.

Пројектовање пренапонске заштите у електроенергетским објектима разликује се од оног у јавној мрежи, јер се појављују много учесталије и снажније пренапонске сметње.

Кашњење телефонског сигнала, које је занемарљиво у *TDM* техници, у пакетској техници може бити важан чинилац. Састоји се од кашњења на полазу, мрежи и долазу, кашњења на преносним путевима, као и оног насталог услед обраде на рутерима. Према техничким захтевима [14], укупно кашњење од микрофона говорника до слушалице слушаоца (*mouth to ear*) у мрежи не сме прелазити 70 ms , с варијацијом од највише 10 ms

10 МЕРЕ ЗА ПОВЕЋАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ У ЕТМ

У овом поглављу размотрене су мере које су предузете за повећање расположивости у ЕТМ ЕПС-а на основу пројектне документације за иновацију мреже [14]. Размотрено је обилазно упућивање, као мера која омогућава успостављање телефонске везе и када директан преносни пут није доступан. Представљене су и мере за повећање расположивости које су примењене на елементима мреже и преносним путевима између њих.

10.1 ОБИЛАЗНО УПУЋИВАЊЕ

Нехијерархијска архитектура мреже омогућава коришћење обилазног упућивања. Остваривања телефонске везе врши се од једне до друге тачке (деоница по деоница, *link by link*). Упућивање позива у једном чвору врши се на основу његове табеле (плана) упућивања. У њој је за сваки позвани број дефинисан пут првог, другог, до n -тог избора. Пут првог избора даје најбржи начин остваривања најквалитетније везе. Уколико из било ког разлога овај пут није доступан (ван функције је, или је заузет), користе се путеви другог избора. По истом принципу користе се путеви следећег избора, све до n -тог. Једнослојну мрежу са обилазним упућивањем одликује висока ефикасност [25], али и могућност да при већем саобраћају дође до нежељеног и неефикасног кретања позива у петљама.

Петљом се назива пут који пређе сигнална порука (или пакет) када се појављује на чвору на коме је већ боравила. Последица је губитак сигнализационе поруке (пакета). Развијена су два поступка управљања петљама [25]. Први поступак заснован је на смањивању вероватноће појављивања петљи. То се постиже у телефонским мрежама пажљивим пројектовањем табела упућивања, а у пакетским употребом одговарајућих протокола (један од њих је *Spanning Tree*). Други поступак управљања петљама тежи да смањи трајање петљи након њиховог појављивања. Тако се тежи да се ограничи кружење сигналних порука (пакета) по успостављеној путањи петље. На тај начин се, међутим, не спречава губљење сигналне поруке (пакета). У телефонским мрежама, у сигнализацији *QSIG* и техници *ISDN*, користи се механизам смањивања вредности параметра када сигнална порука пролази кроз чвор. У пакетским мрежама, у интернет заглављу постоји поље *TTL (time*

to live) којим се ограничава број чворова кроз које пакет може проћи, чиме се онемогућавају бескрајне петље. У верзији 6 интернет протокола, ова техника назива се *hop limit*.

ЕТМ је сложена мрежа, тако да приликом њеног пројектовања није могуће узети у обзир све комбинације заузетости и отказивања веза на чвору, чиме се повећава вероватноћа појављивања петљи. Вероватноћу ове појаве додатно увећава то што је мрежа мешовита, односно што су табеле упућивања израђене у различитим техникама. Због тога су у употреби оба описана поступка управљања петљама.

10.2 РАСПОЛОЖИВОСТ ЕЛЕМЕНАТА МРЕЖЕ И ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА

У ЕТМ примењено је начело да се ограничење капацитета елемената решава предимензионисањем тих капацитета, док се проблем рада критичних делова система, на основу разматрања у поглављима 8.2 и 8.3, решава њиховим увишестручењем (редундансом).

Квар на мрежном чвору (рутеру) окоснице довео би до нерасположивости дела мреже. Стога је број мрежних чворова на окосници већи од неопходног, а сваки од њих повезан је са бар два друга мрежна чвора. Њихов капацитет мора значајно премашити потребе телефонског саобраћаја. У овако дизајнираној мрежи, испад из рада било ког од њих не утиче на рад диспечерске телефоније. Као мера за повећање расположивости користи се редунданса, па је тако напајање увишестручено, и састоји се од више укључених јединица. Квар једне од њих не утиче на рад система. Преносни путеви на окосници такође су увишестручени, а они по којима се користи више канала не користе један, већ више физичких медијума, због опасности од њиховог прекида.

У пакетском делу мреже задата су правила за давање преимућства пакетима диспечерског телефонског саобраћаја. оптимизовање путева кроз мрежу и што бржег опоравка мреже након непредвиђених ситуација.

Ради повећања расположивости, пренос на окосници реализован је у *SDH* технологији [13]. Ова технологија искоришћена је ради повећања расположивости, јер у односу на *IP* пренос омогућава краће време откривања

прекида линка, а примена прстенасте структуре омогућава коришћење метода заштите саобраћаја које нуде краће време опоравка.

Пренос између ивичне мреже и окоснице реализован је коришћењем Етернет технологије. Повећање расположивости постигнуто је увођењем редундантних линкова према окосници. Поред њих дефинисано је да увек постоји бар један линк према другом мрежном чвору у ивичној мрежи коришћењем ВФ канала. Тако је постигнуто да између два комутациона чвора постоје бар три пута – два коришћењем *IP/ISDN* мреже (од којих је један обилазни) и један коришћењем ВФ канала [13].

Капацитет преносних путева у ивичној мрежи мора бити предимензионисан, да не би долазило до губитака. Како квар на неком од система преноса узрокује да везе које се преко њега реализују не могу да буду остварене, на нивоу окоснице користе се удвостручени преносни путеви, а њихови капацитети су толики да отказивање једног не утиче на расположивост.

Квар на мрежном чвору који омогућава приступ окосници из ивичне мреже може да прекине саобраћај са тим делом мреже, уколико представља једину тачку везивања на окосницу. Стога мрежни чворови који повезују окосницу и ивичну мрежу морају бити макар удвостручени, као и преносни путеви ка окосници, хардвер који је везан за њих и извори напајања. Може се рећи да је удвостручивање поступак који звездасту структуру ЕТМ претвара у петљасту.

Да би се остварила услуга без чекања, захтева се одговарајући капацитет обраде мрежних чворова. Чворови преко којих се обавља диспечерски саобраћај су бар удвостручени. Исто важи за управљачке органе на окосници, чији капацитет је тако одабран да квар на једном од њих не узрокује пад квалитета у мрежи.

Мрежни чворови преко којих се одвија диспечерски саобраћај не смеју бити спојени с мрежом само преко једног телефонског или пакетског преносног пута. Додатно, чворови између којих има више преносних путева не повезују се преко једног претварача.

Када је у питању заштита ресурса, користи се пренапонска заштита прилагођена постројењима у којима је опрема. Уводи се редунданса и за

изворе синхронизације, па их има више у мрежи. Опрема је отпорна на веће осцилације климатских услова него у јавној мрежи.

Делови система надгледања и управљања у мрежи су бар удвостручени, почевши од управљачких јединица на уређајима, до рачунарског система. Отказ једне од управљачких јединица на елементу мреже не сме се приметити у раду, већ преостале преузимају њен саобраћај без утицаја на квалитет услуге. Пренос управљачких информација остварује се по квалитетним и брзим каналима.

Приликом набавке елемената мреже води се рачуна да радови на одржавању система и његово унапређење не захтевају искључивање инсталиране опреме, да би се омогућило да се телефонска услуга неометано одвија.

11 ПРОБЛЕМ ПОВЕЋАЊА РАСПОЛОЖИВОСТИ У МЕШОВИТОЈ ЕТМ И ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА

У овом поглављу разматра се проблем расположивости у мешовитој ЕТМ, који се јавља при немогућности коришћења преносног пута за телефонски саобраћај. Описани су систему управљања телекомуникационом мрежом који се користе ЕТМ, и који би требало да утичу на решавање овог проблема. У склопу овог поглавља предложена су два решења представљеног проблема.

11.1 ОПИС ПРОБЛЕМА

Приликом пројектовања ЕТМ основни циљ је да се телефонски позив оствари у првом покушају (поглавље 9.1), односно да се увек обаве приоритетни (диспечерски) разговори. Због тога се не сме се дозволити да рад ЕТМ буде угрожен једним кваром у мрежи, без обзира на његову озбиљност. Да би се овај циљ остварио, од значаја су сва решења која утичу на повећање расположивости.

Као мере за повећање расположивости, размотрени су:

- редундантни елементи и преносни путеви у мрежи (поглавље 10.2)
- обилазно упућивање, које за последицу има постојање плана упућивања у целокупној мрежи (поглавље 10.1)

11.1.1 КОРИШЋЕЊЕ РЕДУНДАНТНИХ ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА

Према описаном пројекту ЕТМ ЕПС-а (поглавље 4.3), између две централе у ЕТМ постоје вишеструки преносни путеви. Свакоме од њих додељују се различити степени првенства у одвијању саобраћаја.

Термини *преносни пут са правом првенства* и *ISDN/IP преносни пут* равноправно ће се користити у наставку, јер је преносни пут са првенством избора у ЕТМ увек *ISDN/IP* типа, а преносни тип последњег избора приоритета је увек ВФ типа. Основни разлози за то су: брже остваривање везе, капацитет преносног пута по дигиталној (пакетској) вези значајно је већи, а пренос гласа по ВФ вези лошијег је квалитета него везама које се уобичајено користе за пренос телефонског сигнала [4].

Могуће су две ситуације када долази до коришћења преносних путева нижег приоритета:

1. Када су преносни путеви у функцији, саобраћај се усмерава на преносни пут нижег приоритета након што прерасте капацитет линка највишег приоритета. Уколико је саобраћај који треба да се пренесе између централа већи од укупног капацитета линкова између њих, користи се обилазно упућивање
2. Када дође до отказа преносног пута највишег степена првенства, усмерава се саобраћај на линкове нижег права првенства. Као и у исправном раду, уколико је саобраћај већег интензитета него што је укупна пропусност исправних линкова између две централе, долази до обилазног упућивања.

11.1.2 КОРИШЋЕЊЕ ОБИЛАЗНОГ УПУЋИВАЊА

У теорији телефонског саобраћаја сматра се да је увек боља веза која се остварује у једном кораку од везе у два или више корака [10]. Повећаним коришћењем обилазног упућивања између два чвора заузимају се преносни путеви који би могли да се користе за директан саобраћај између чворова, тако да се смањује укупан остварени саобраћај у мрежи, односно расположивост мреже као целине је мања. Обилазни пут треба да буде само начин да се пренесе повећани саобраћај, а у случају квара његово коришћење треба да буде што је краће могуће.

Телефонска услуга се одвија несметано приликом обилазног упућивања, па крајњи корисник не може да препозна било какву неправилност у раду мреже. Проблем је што у јавној мрежи не постоји процедура за откривање и приказивање овог стања. С обзиром на то да су у ЕТМ преузета решења из јавне мреже, оператору ЕТМ нису доступни подаци о обилазном упућивању.

11.1.3 ОЗБИЉНОСТ ПРОБЛЕМА

Уколико квар на преносном путу са правом првенства остане препознат, током времена може да се појави квар и на обилазном путу. Тако долази до немогућности успостављања везе између два корисника, што је недопустиво у ЕТМ. Због тога квар на преносном путу спада у критичне кварове у ЕТМ.

11.1.4 СЛОЖЕНОСТ ЕТМ

Препознавање квара на преносном путу додатно је отежано због описане сложености ЕТМ, односно због свих могућих случајева повезивања опреме која у њој постоји. У ЕТМ користи се мешовита технологија за пренос гласа: аналогна, дигитална и пакетска, као и уређаји који омогућавају повезивање ове опреме унутар исте мреже (поглавље 6). При томе, у ЕТМ присутна је опрема више различитих произвођача.

11.1.5 УЧЕСТАНОСТ КВАРОВА НА ПРЕНОСНОМ ПУТУ СА ПРВЕНСТВОМ ИЗБОРА

У ЕТМ је прво коришћена аналогна техника, а дигитална и пакетска техника уведене су накнадно. Тако су у мрежу унета сложенија решења, која омогућавају рад са већом тачношћу. Нова техника је, међутим, подложнија електромагнетским сметњама, која су посебно честа у ивичној мрежи, где опрема мора да буде смештена у објектима у којима се налазе електромагнетска постројења (поглавље 9.1.2). Због свега овога, очекују се чешћи кварови на преносном путу са правом првенства, преко кога се саобраћај преноси дигиталном и пакетском техником, него на ВФ преносном путу, на коме се саобраћај преноси аналогном техником.

11.1.6 ПОЈМОВИ ПРЕДАЛАРМ И АЛАРМ

Под појмом *предаларм* сматраће се стање делимичне неисправности у ЕТМ када је неисправан линк са правом првенства између два комутациона чвора. Распоживост мреже још увек није нарушена, зато што постоји кориснички саобраћај који се у смањеном обиму обавља преко другог линка.

За разлику од предаларма, под појмом *аларм* сматраће се стање потпуне неисправности у ЕТМ које настаје када су сви преносни путеви између два комутациона чвора ван функције, односно када не постоји директан кориснички саобраћај између чворова.

11.1.7 КРАТКА ДЕФИНИЦИЈА ПРОБЛЕМА

Проблем се, дакле, састоји у препознавању предалармног стања између два чвора. Потребно је да се проблем установи у кратком времену, да се не би десило да прекидом и преосталог линка чвор буде потпуно одсечен. Добијањем информације о постојању предаларма, диспечер је у могућности да линк који је остао у функцији заузме искључиво за приоритетне позиве, све

док се линк са правом првенства не врати у функцију. Решење треба да омогући препознавање предаларма без обзира на врсту употребљене опреме и на произвођача технологије која је примењена на линку.

11.2 РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА – ПОСТОЈЕЋЕ СТАЊЕ

Да би се пратио рад ЕТМ користе се решења која омогућавају надзор и управљање мрежом (у даљем тексту – *системи управљања мрежом*). У овом поглављу описане су њихове особине, уз разматрање значаја за расположивост и за решавање описаног проблема. Затим је приказано на који начин се врши управљање на појединачном елементу, као и на системима управљања мрежом. На крају је размотрено у којој мери се постојећа својства управљања мрежом могу искористити као решење описаног проблема.

11.2.1 ОСОБИНЕ УПРАВЉАЊА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОНОМ МРЕЖОМ У ЕТМ

Захтеви за увођење нових сервиса, раст сложености опреме и захтеви за смањивањем трошкова власништва над мрежом представљају сталне изазове које пред произвођаче постављају власници телекомуникационе опреме. Увођење система управљања треба да омогући увид у стање мреже, доношење исправних одлука везаних за њено одржавање и планирање развоја мреже на основу релевантних података. Особине управљања описане су према литератури [26,27,28].

Управљање телекомуникационом мрежом (*Telecommunications Management Network - TMN*) засновано је на М.3000 серији ИТУ-Т препорука (*International Telecommunications Union*). Препоруке не дефинишу потпуну спецификацију система управљања која би била захтевана, већ сами произвођачи наводе у техничким карактеристикама у којој мери су своје системе усагласили са препорукама.

Посебна мрежа за пренос управљачких сигнала (*DCN – Data Communication Network*) користи се за пренос података везаних за управљање. Ради повећања расположивости, избегава се коришћење преносних путева из ЕТМ, премда се могу користити и уграђени канали резервисани за управљање.

Основни ентитет којим се управља је елемент мреже (*NE - Network Element*). Зависно од сложености, може да представља телекомуникациони уређај, његов део, али и групу уређаја.

Остваривање услуга у ЕТМ обезбеђује се функцијама управљања. Извршавају се међусобном интеракцијом софтверског система на систему управљања и софтверских апликација на елементима мреже. У складу са препорукама, функције управљања подељене су на управљање грешком, управљање конфигурацијом, управљање перформансама, управљање сигурношћу и управљање тарифирањем. У току извршавања, функције из једне категорије могу да позивају функције из других категорија.

Представљена је свака од наведених функција управљања, уз разматрање утицаја на расположивост ЕТМ и значаја за решавање описаног проблема.

Управљање грешком омогућава детекцију, изоловање и исправљање неправилности у раду на елементима мреже. У управљање грешком спадају: надзор аларма, тестирање, локализација грешке, њено исправљање, одржавање квалитета и администрирање проблема. Надзор аларма омогућава да се утврде природа и озбиљност поремећаја насталих на елементу мреже. Операције тестирања пружају могућност провере исправности рада – од провере склопова на појединачном елементу, све до провере исправности групе елемената. Могу се спровести физичким изменама (на пример прављење веза на конекторима) или операцијама из система за управљање (затварање и отварање петљи, убацивање контролних секвенци у сигнал који се преноси и сл.). Локализација грешке представља одређивање позиције грешке обрадом пристиглих аларма. Одржавање квалитета и администрирање проблема представљају део послова у одржавању. Управљање грешком је од значаја за расположивост мреже. У оквиру проблема који се решава може бити од значаја, јер омогућава откривање неправилности насталих у целокупној мрежи, како у оквиру комутационих, тако и преносних система.

Управљање конфигурацијом обухвата операције за прикупљање и обраду података о стању сваког појединачног ентитета којим се управља на елементу мреже. Такође, омогућено је и слање података из система управљања ради измене ових стања. Коришћењем ове функције врши се пуштање у рад елемента мреже, док се у току експлоатације обавља његово конфигурисање према важећим потребама. Недостаци откривени из система управљања могу се из њега и отклонити управо коришћењем функције управљања конфигурацијом, а у случајевима када то није могуће неопходна је замена опреме у мрежи. Коришћење ове функција од значаја је за повећање

расположивости, а може бити од значаја у оквиру решавања описаног проблема.

Управљање перформансама обухвата провере и извештаје о понашању ентитета на елементима мреже, уз поређење добијених са жељеним резултатима. У оквиру ове функције прикупљају се статистички подаци о квалитету услуга (*QOS – Quality of Service*) ради анализе понашања мреже. Управљање перформансама користи се за превентивно одржавање, што утиче на повећање расположивости мреже. С обзиром на то да немогућност коришћења преносног пута с правом првенства нарушава перформансе система, може бити од значаја за проблем који се решава.

Управљање сигурношћу обухвата заштиту података, комуникације у мрежи, као и саме опреме. Утиче на повећање расположивости с обзиром на то да треба да се сачува њен рад од нежељених активности. Не омогућава побољшање достигнутих саобраћајних карактеристика мреже, већ само њихов рад на већ достигнутом нивоу, па не би требало да буде од значаја у решавању описаног проблема.

Управљање тарифирањем обухвата операције за мерење остварених услуга у мрежи и одређивање њихове цене. Због намене ЕТМ, ова функција није од значаја за ЕТМ, нити утиче на расположивост. Упркос томе, с обзиром на то да је посредством ње омогућен приступ подацима о обављању појединачног позива, може бити од значаја за проблем који се решава.

11.2.2 УПРАВЉАЊЕ ЕЛЕМЕНТОМ МРЕЖЕ У ЕТМ

Систем управљања који се користе на елементу мреже не постоји као готов производ, нити постоји потпуна спецификације које се произвођачи придржавају [26].

Коришћење опреме већег броја произвођача, уз поступно увођење услуга у ЕТМ, довело је до коришћења елемената мреже различитих технолошких генерација, у мешовитој техници за пренос телефонског сигнала (аналогна, дигитална и пакетска).

Проблем представља и нејединственост информационог модела, па производи исте намене различитих произвођача могу да различито представљају информације.

Произвођачи нуде различита решења и за протоколе комуникације који се користе за управљање, тако да се у општем случају у ЕТМ може користити више протокола за приступ елементима. Приступ елементима мреже новије генерације врши се најчешће по стандардним протоколима, али за приступ опреми старије генерације коришћени су често нестандартни протоколи.

11.2.3 СИСТЕМИ УПРАВЉАЊА МРЕЖОМ У ЕТМ

Употреба система управљања мрежом представља још једно средство за повећање расположивости ЕТМ. Њихово коришћење омогућава праћење рада мреже, тренутну детекцију и локализацију кварова уз могућност промене начина рада мреже ради отклањања уочених неправилности. У ситуацијама када неправилности није могуће отклонити акцијом из система управљања, ради замене неисправне опреме шаље се особље за одржавање (поглавље 11.2.1).

Разноликост протокола приступа и информационих модела које се користе на елементу мреже, довеле су до тога да не постоји јединствени систем управљања мрежом у ЕТМ. Најчешће, произвођач примењује сопствени систем управљања за опрему коју производи. Одвојени системи за управљање комутационим чворовима и за управљање опремом за пренос користе се чак и у оквиру решења која нуде произвођачи обе врсте опреме. Такође, за сваку од три технике преноса телефонског сигнала употребљавају се различити системи управљања.

Ово су разлози због којих у ЕТМ постоји већи број система управљања, различитих генерација, произвођача и намена. Да би се открила неправилност у раду система, потребно је имати увид у све њих истовремено, што усложњава рад на одржавању ЕТМ.

11.2.4 РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА КОРИШЋЕЊЕМ ПОСТОЈЕЋИХ СВОЈСТАВА УПРАВЉАЊА У ЕТМ

Технологија која се користи у јавној телефонској мрежи не обрађује као проблем појаву да се преносни путеви са правом првенства не користе за успостављање позива између два корисника. Истоветно је и у ЕТМ, упркос томе што немогућност коришћења преносног пута спада у критичне проблеме у раду ЕТМ (поглавље 11.1). Ипак, коришћењем система управљања мрежом могуће је делимично препознавање описане појаве, и то само за поједине

типове кварова, а разликује се и могућност препознавања квара приликом управљања преносом и комутацијом.

Функције за управљање грешком омогућавају препознавање неправилности у раду система за пренос. Ово значи да ће све грешке које се тичу преноса по једном линку, или на системима преноса који се налазе на његовим крајевима, бити препознате и представљене оператеру мреже. Проблем представља чињеница да је то само подскуп грешака које могу да се јаве на преносном путу, тако да њихово откривање не представља потпуно решење проблема, већ само његов подскуп. Прецизирање места појаве грешке додатно је отежано постојањем више система управљања мрежом за пренос – за сваког произвођача опреме по један.

Грешке настале у техници комутације остају непрепознате. До овога долази јер у скуп података за управљање грешком за комутационе системе не спадају информације да је дошло до отказа неког од директних преносних путева између два чвора, нити да је дошло до обилазног упућивања тј. прекида свих преносних путева између два чвора.

11.3 ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА

Основни циљ пројектовања ЕТМ је висока расположивост, нарочито за диспечера. Упркос свим предузетим мерама за повећање расположивости (поглавље 10), на основу приказане анализе (поглавље 11.1), утврђено је да постоји могућност настанка предалармног стања које утиче на смањење расположивости ЕТМ, приликом престанка коришћења преносног пута по коме се обавља телефонски саобраћај са вишим правом првенства. Овај проблем може да остане незапажен, јер када се позиви прослеђују обилазним упућивањем крајњи корисник не уочава разлику у обављању телефонског саобраћаја.

Основни циљ у решавању овог проблема је рано откривање квара, чиме се утиче и на брзину његовог отклањања. Након препознавања да се не користи један преносни пут, треба да се изврше два задатка:

1. саобраћај с правом првенства одвија се по преносном путу нижег приоритета, тако што диспечер посредством КТП уређаја раскине постојећу везу и заузме за себе преносни пут, односно да се само приоритетни саобраћај обавља по директним преносним путевима.

Тиме се повећава расположивост за диспечера, јер се омогућава да се приоритетни позиви остваре у првом покушају

2. шаље се екипа за одржавање ради замене неисправне опреме, чиме би се проблем отклања, и у мрежа се саобраћај поново одвија на предвиђени начин

Да би се омогућило рано проглашење предаларма, биће предложена два могућа решења – прво засновано на анализи телефонског саобраћаја, и друго на интеграцији управљања у ЕТМ.

11.3.1 ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ЗАСНОВАНОГ НА АНАЛИЗИ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА

Предлог решења за надгледање предаларма у ЕТМ треба дати на основу анализе телефонског саобраћаја на делу мреже који се налази између два комутациона чвора повезаних преносним путевима. Прво треба поставити модел дела мреже који је у стању потпуне исправности.

Потребно је представити понашање модела приликом појављивања предаларма, тј када су делимично неисправне везе између чворова, односно када се саобраћај у знатно мањем обиму одвија само преко ВФ преносног пута. Треба размотрити мере ради правовременог откривања овог стања анализом телефонског саобраћаја. На основу спроведене анализе, потребно је проверити да ли се може открити делимична неисправност у мрежи, на основу чије детекције ће се омогућити смањени, односно диспечерски саобраћај на угроженом делу мреже. Потребно је утврдити трајање времена откривања кvara, и – да би било што краће – предложити поступке за његово смањење.

Да би се установила веродостојност закључака из претходне анализе, треба размотрити следеће појаве:

1. лажни закључак о појави делимичне неисправности у мрежи, премда мрежа ради исправно. Уколико је то случај, треба установити вероватноћу овог догађаја
2. промашај у анализи, односно појава да се постојећа неисправност не установи. Потребно је израчунати вероватноћу овог догађаја. У случајевима када долази до промашаја треба установити како се систем опоравља од њега, односно колико времена треба да протекне да би се

неисправност установила. Треба утврдити од чега ово време зависи, и на који начин се може смањити

На основу ових разматрања потребно је дати предлог начелног решења за откривање неисправности путем надгледања предалармних стања на преносним путевима између два чвора. Потребно је утврдити да ли рад предложеног решења може да буде заснован само на математичким својствима модела, а не и на карактеристикама употребљене опреме. Предлог решења треба испитати симулационим моделом.

Сprovedеним разматрањем треба утврдити да ли постојање разнорodne опреме у мрежи може да се искористи за унапређење њене расположивости.

11.3.2 ПРЕДЛОГ РЕШЕЊА ЗАСНОВАНОГ НА ИНТЕГРАЦИЈИ УПРАВЉАЊА

Предлог решења за надгледање предаларма у ЕТМ коришћењем система управљања треба да буде плод разматрања о могућностима проширења постојећих решења који се користе за управљање. Да би се омогућило проширење, треба размотрити постојање потребних података на елементима мреже и у системима управљања, узимајући у обзир да се користе системи различитих произвођача и генерација опреме. Потом треба утврдити на који начин је могуће извршити приступање потребним подацима. На основу спроведене анализе, треба образложити који су предуслови да би решење било применљиво у ЕТМ.

Потребно је представити начин решавања проблема коришћењем података са појединачног елемента мреже, и дати дискусију особина решења. Потом треба утврдити начин интеграције података прикупљених на више система управљања. Треба упоредити различите могућности: коришћење комерцијалног решења или развој новог система управљања.

Уколико би се закључило да је потребан развој новог система управљања, потребно је на основу поређења постојећих предложити модел који ће бити примењен. Детаљно треба представити структуру и понашање решења. Ради верификације предложеног решења треба реализовати прототип софтвера за управљање. Потребно је описати коришћену платформу као и особине компоненти из којих се систем састоји.

Треба утврдити у којим случајевима може да се изврши интеграција без промене постојећих система управљања и мрежних елемената, односно треба установити предуслове за коришћење овог решења.

12 САОБРАЋАЈНИ МОДЕЛ ГРУПЕ ТЕЛЕФОНСКИХ КАНАЛА, ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА И ФОРМУЛЕ

У овом поглављу приказане су теоретске поставке које се користе приликом решавања проблема анализом телефонског саобраћаја (поглавље 11.3.1). На почетку, представљени су основни појмови из теорије телефонског саобраћаја: услужени, понуђени и изгубљени саобраћај. Потом је описан значај саобраћајног оптерећења приликом пројектовања вредности саобраћаја у мрежи. Представљен је модел телефонског саобраћаја за долазак и обраду позива. Као модел који описује проблем који је решаван, размотрене су особине Ерлангове групе са губицима: процес који се у њој одвија, саобраћај у њој, редослед по коме се заузимају органи услуге у групи, као и време између долазака позива у њој.

У наставку овог поглавља, изложене су изложене према литератури [10,29,30,31,32] поставке теорије телефонског саобраћаја које се користе приликом разматрања саобраћајног модела.

12.1 ПОЈМОВИ У ТЕОРИЈИ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА

Телефонски саобраћај представља заузимање делова телефонске мреже ради размене информација пренетих говором. Може се обављати између делова мреже, уређаја или телефонских апарата корисника. Пропусност представља моћ проспајања телефонске мреже, а основни циљ је да пропусност прати и задовољава потребе корисника.

Моделовање телефонског саобраћаја омогућава да се реалан систем изрази коришћењем математичких величина, са циљем да се на основу анализе телефонског саобраћаја изврши процена потребних ресурса.

Јединица за представљање телефонског саобраћаја је Ерланг (*Erlang*), по оснивачу теорије телефонског саобраћаја.

Под интензитетом телефонског саобраћаја подразумева се његова количина у јединици времена, односно број заузетих ресурса у изабраном тренутку [29]. Један ресурс назива се орган услуге (*server*) – на пример преносни пут између две централе. Једначина за рачунање интензитета саобраћаја Y је:

$$Y(T) = \frac{1}{T} \int_0^T n(t) dt \quad (12.1)$$

У овој једначини су:

T – период у оквиру кога се посматра систем

$n(t)$ – број заузетих органа услуге у тренутку t

12.1.1 УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ

Услужени саобраћај (A_c - *carried traffic; served traffic; handled traffic*) – саобраћај који је обављен на скупу органа услуге у току неког временског интервала T . Идентичан је са интензитетом саобраћаја, односно:

$$A_c = Y \quad (12.2)$$

Највећа вредност коју може имати (изражена у Ерланзима) једнака је броју јединица услуживања, односно броју преносних путева.

12.1.2 ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ

Понуђени саобраћај представља саобраћај који би био пренет уколико би број органа услуге био неограничен. Представља само теоретску вредност, и не може се измерити. Процена му се врши на основу услуженог саобраћаја. Када систем нема губитке, понуђени саобраћај једнак је услуженом. Понуђени саобраћај A рачуна се на основу следеће једначине:

$$A = \lambda t_m \quad (12.3)$$

У овој једначини су:

λ - интензитет позивања; представља средњи број позива у јединици времена

t_m - средња вредност дужине трајања разговора (средње време услуживања)

Уместо средњег времена услуживања користи се и реципрочна вредност – учестаност услуживања μ :

$$\mu = \frac{1}{t_m} \quad (12.4)$$

12.1.3 ИЗГУБЉЕНИ САОБРАЋАЈ

Изгубљени саобраћај R рачуна се као разлика између понуђеног и услуженог саобраћаја:

$$R = A - Y \quad (12.5)$$

Изгубљени саобраћај смањује се са повећањем броја органа услуге.

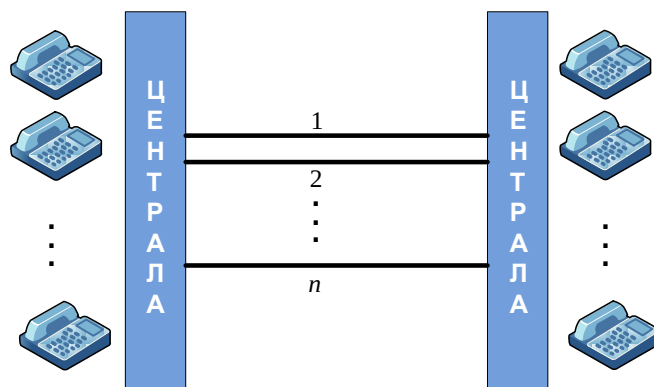
12.2 САОБРАЋАЈНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

Да би се објаснили појмови везани за саобраћајно оптерећење, разматра се димензионисање система, затим се дефинише час главног оптерећења, а потом су приказане врсте саобраћајног оптерећења и начин на који се одређује понуђени саобраћај.

12.2.1 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ СИСТЕМА

Телефонски систем димензионише се тако да је у једном тренутку могућ само ограничен број веза између корисника, а не тако да истовремено сви могу да буду услужени. Стога је унапред прихваћено да одређени број претплатника неће моћи да успостави везу, односно да је дошло до загушења. То значи да опрему у систему треба тако одабрати да различити интензитети захтева корисника могу бити услужени без приметног нарушавања услуге. Ефикасност искоришћења тако изабране опреме треба да буде највиша, а цена најнижа могућа.

Као илустрација, на слици (Сл. 12.1) приказан је упрошћени модел групе канала између две централе. Број преносних путева је n , док је број корисничких уређаја на свакој од централа знатно је већи од n .



Сл. 12.1 ВЕЗА ИЗМЕЂУ ДВЕ ЦЕНТРАЛЕ У ТЕЛЕФОНСКОЈ МРЕЖИ

12.2.2 ЧАС ГЛАВНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА

Ради успешног пројектовања система важна је информација о периоду током кога је обављен највећи саобраћај. Прихваћено је да је дужине 60 минута, и назива се час главног оптерећења или главни сат (*Busy Hour*) (Марков, Класична телефонска техника и теорија телефонског саобраћаја (600 питања и одговора), 2010). Одређивање часа главног оптерећења врши се на основу мерења саобраћаја, и то тако што дан подели на 96 интервала дужине 15 минута. На основу дуготрајних мерења, за час највећег оптерећења прогласи се период дужине четири узастопна интервала која имају највећи збир саобраћаја.

У јавној мрежи, очекује се да је систем тако пројектован да у току часа главног оптерећења локалне позиве обавља пет до осам процената корисника, а један проценат њих међународне позиве (Iversen V. B., Revised May 2008).

12.2.3 ВРСТЕ САОБРАЋАЈНОГ ОПТЕРЕЋЕЊА

Саобраћајно оптерећење изражава се у Ерланзима или у виду понуђеног броја позива (*BHCA – Busy Hour Call Attempts*). Могу се издвојити три случаја саобраћајног оптерећења у раду телефонске мреже:

- нормално оптерећење – рачуна се на основу мерења саобраћаја у току једне године, као средња вредност 10 највећих дневних оптерећења у току часу главног оптерећења; потребно је да га органи услуге савладају да услуга делује идеално, јер су му често изложени
- повећано оптерећење – рачуна се на основу мерења саобраћаја у току једне године, као средња вредност пет највећих дневних оптерећења у току часа главног оптерећења; појављује се ретко, а настаје као последица кварова или непредвиђених догађаја које изазивају повећану понуду. У овом случају дозвољена је мања пропусност, тј. услуга не мора да буде идеална. У раду су дозвољени већи губици позива и веће кашњење (поглавље 3.2).
- преоптерећење – појављује се када поновљени захтеви за услугом и сувише закаснили позиви стварају ефекат лавине, повећавајући једни друге, а смањујући услужени саобраћај

12.2.4 ОДРЕЂИВАЊЕ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА

Телефонски саобраћај је случајан процес, па је случајно и време које протекне између два доласка позива. Будући случајан, телефонски саобраћај не може се унапред одредити.

Уколико је позив дошао у тренутку t_1 , а следећи у тренутку t_2 онда разлика ова два времена зависи од:

- тренутка t_1 , који зависи од периода дана, дана у седници, доба године, друштвених догађаја итд.
- позива који су стигли пре t_1 , јер уколико је био велики број позива то може да смањи вероватноћу доласка позива после овог тренутка
- броја тренутно остварених позива (разговора) – њихов велики број може утицати на смањење вероватноће доласка позива после t_1
- од момента завршетка позива (разговора) који су постојали у тренутку t_1 . Уколико већи број њих заврши, то може утицати на повећање вероватноће доласка следећег позива.

Уводи се претпоставка да интензитет понуђеног саобраћаја има сталну (стационарну) вредност, да би се одстранио утицај почетног тренутка t_1 . Приликом прорачуна понуђеног саобраћаја, могу се користити вредности из часа главног оптерећења, и то како током нормалног, тако и током повећаног оптерећења (према особинама наведеним у поглављу 3.2).

Усваја се да се прорачун понуђеног саобраћаја узима вредност у односу на нормално оптерећење. На тај начин прорачун се обавља са једном величином, а прорачунате вредности ће одговарати и за мање интензитете саобраћаја. Подразумевано је да извори позива морају бити слободни да би до позива дошло. Позиви се остварују по потреби, и – уводи се још једна претпоставка – независни су једни од других.

12.3 МОДЕЛ ТЕЛЕФОНСКОГ САОБРАЋАЈА

Ради постављања математичког модела телефонског саобраћаја извршено је моделовање доласка и услуживања (трајања) позива, а затим је размотрена особина одсуства памћења, која се јавља код негативне експоненцијалне расподеле којом су описани ови модели.

12.3.1 МОДЕЛ ДОЛАСКА ПОЗИВА

Да би се поставио математички модел доласка позива сматра се да је долазак позива случајан процес, током кога важе следеће претпоставке (Н. Akimaru, 1999):

1. Посматра се интервал $(t, t + \Delta t]$, када $\Delta t \rightarrow 0$. Вероватноћа да позив стигне је p_{ar} , а да не стигне је $(1-p_{ar})$. Уколико је средњи број доласка позива у јединици времена λ , онда ће вероватноћа доласка позива износити:

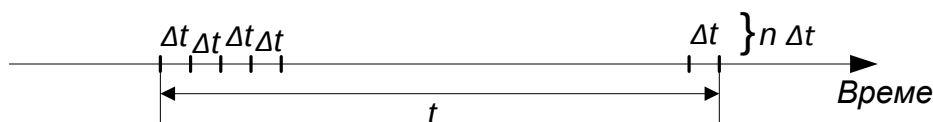
$$p_{ar} = \lambda \Delta t \quad (12.6)$$

2. с обзиром на то да интервал $\Delta t \rightarrow 0$, вероватноћа да два или више позива стигну у овом интервалу приближно је једнака нули (особина ординарности)

3. позиви су међусобно независни (неусловљени)

У моделу за који важе наведене претпоставке рачуна се вероватноћа $p_k(t)$ да у интервалу $(0, t]$ долази k позива. Посматрани интервал подељен је на интервале дужине Δt , којих има n . Као што је приказано на слици (Сл. 12.2), важи да:

$$\Delta t = \frac{t}{n} \quad (12.7)$$



Сл. 12.2 ПОДЕЛА ВРЕМЕНСКОГ ИНТЕРВАЛА

Вероватноћа да ће k позива настати у n интервала рачуна се тако да ће се у k интервала појавити позив, док их неће бити у $n - k$ интервала. Пошто позиви долазе у произвољних k од произвољних n интервала, за рачунање вероватноће користи се биномна расподела:

$$p_k(t) = \binom{n}{k} p_{ar}^k (1 - p_{ar})^{n-k} \quad (12.8)$$

Када $\Delta t \rightarrow 0$ на основу једначине (12.7) важи да $n \rightarrow \infty$. Заменом (12.6) и (12.7) у (12.8) добија се:

$$p_k(t) = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\binom{n}{k} \left(\frac{\lambda t}{n} \right)^k \left(1 - \frac{\lambda t}{n} \right)^{n-k} \right) \quad (12.9)$$

Даљим развојем ове једначине добија се:

$$\begin{aligned} p_k(t) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n(n-1) \dots (n-k+1)}{k!} \frac{(\lambda t)^k}{n^k} \left(1 - \frac{\lambda t}{n} \right)^{n-k} \right) \\ p_k(t) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n}{n} \frac{n-1}{n} \dots \frac{n-k+1}{n} \frac{(\lambda t)^k}{k!} \left(1 - \frac{\lambda t}{n} \right)^n \left(1 - \frac{\lambda t}{n} \right)^{-k} \right) \\ p_k(t) &= \frac{(\lambda t)^k}{k!} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\lambda t}{n} \right)^n \\ p_k(t) &= \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \end{aligned} \quad (12.10)$$

Вероватноћа појављивања k позива унутар интервала t рачуна се према једначини (12.10), и одговара дефиницији Пуасоновог процеса.

12.3.2 МОДЕЛ УСЛУЖИВАЊА ПОЗИВА

Математички модел трајања услуживања, односно завршетка разговора, поставља се на основу сличних претпоставки као за долазак позива:

1. Посматра се интервал $(t, t + \Delta t]$, уз услов да $\Delta t \rightarrow 0$. Вероватноћа да се заврши услуживање, односно да се разговор заврши, износи p_t , а да се не заврши износи $(1-p_t)$. Уколико је средњи број услужених позива у јединици времена μ , вероватноћа да је завршено услуживање позива износи:

$$p_t = \mu \Delta t \quad (12.11)$$

2. када важи да интервал $\Delta t \rightarrow 0$, на основу једначине (12.11) следи да је вероватноћа да се два или више разговора заврше у том интервалу приближно једнака нули (особина ординарности)
3. позиви су међусобно независни (неусловљени)

У моделу за који важе наведене претпоставке рачуна се вероватноћа $H_n(t)$ да је време услуживања дуже од t . С обзиром на то да и овде важи биномна расподела, на основу једначине (12.8), вероватноћа да је време услуживања дуже од посматраног интервала одговара услову да у том интервалу неће бити завршен ни један разговор, односно важи:

$$H_n(t) = (1 - p_t)^n \quad (12.12)$$

Посматрани интервал $(0, t]$ подељен је и овде на интервале дужине Δt , којих има n . Када $\Delta t \rightarrow 0$ на основу једначине (12.7) важи да $n \rightarrow \infty$. Заменом у (12.12) добија се:

$$\begin{aligned} H_n(t) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{\mu t}{n}\right)^n \\ H_n(t) &= e^{-\mu t} \end{aligned} \quad (12.13)$$

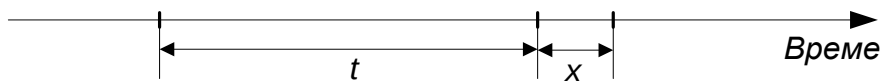
На основу (12.13) закључује се да се време услуживања позива одвија по негативно- експоненцијалној зависности.

12.3.3 ОДСУСТВО ПАМЋЕЊА У МОДЕЛИМА У КОЈИМА ЈЕ ВРЕМЕ ОПИСАНО НЕГАТИВНО-ЕКСПОНЕНЦИЈАЛНОМ ЗАВИСНОШЋУ

Најважнија особина негативно експоненцијалне зависности је одсуство памћења (*memoryless*), јер претходни догађаји не утичу на будуће. Следеће разматрање показује да нема потребе познавати историју рада система, већ је приликом рачунања вероватноће довољно да се посматра само текући интервал.

Посматра се период $(0, t]$, према слици (Сл. 12.3), у току кога је учестаност појављивања догађаја α . Уколико током интервала није било ни једног догађаја, то јест на појаву догађаја чекало се дуже од посматраног интервала t , саобразно са (12.13) важи следећа једначина:

$$P(X > t) = e^{-\alpha t} \quad (12.14)$$



Сл. 12.3 Продужени ИНТЕРВАЛ ПРОЦЕСА У КОМЕ ПОСТОЈИ НЕГАТИВНО-ЕКСПОНЕНЦИЈАЛНА ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ

Вероватноћа да се појава наставља након времена t , и да ће до догађаја доћи у току временског периода x износи:

$$\begin{aligned} P\{X > t + x \mid X > t\} &= \frac{P\{X > t + x\}}{P\{X > t\}} \\ P\{X > t + x \mid X > t\} &= \frac{e^{-\alpha(t+x)}}{e^{-\alpha t}} \\ P\{X > t + x \mid X > t\} &= e^{-\alpha x} \end{aligned} \quad (12.15)$$

$$P\{X > t + x \mid X > t\} = P\{X > x\}$$

Закључује се да променљива X након периода t зависно само од стања у тренутку t , а да није зависно од догађаја током периода $(0, t]$. Односно, да вероватноћа зависи искључиво од додатног периода x . Особина да систем не поседује памћење назива се и Марковљевом особином.

На основу овог разматрања, закључује се да постоји ординарност тока позива, односно да је вероватноћа доласка два или више позива занемарљива у односу на вероватноћу доласка једног или ни једног позива.

12.4 ЕРЛАНГОВА ГРУПА СА ГУБИЦИМА

У наставку, представљају се особине хомогених група, као и стандардни начини њиховог описа коришћењем Кенделове нотације. На основу ових разматрања дефинисана је Ерлангова група са губицима.

12.4.1 ХОМОГЕНА ГРУПА

Посматра се систем од n идентичних органа услуге који раде у паралели. Сваки орган услуге омогућава обраду позива који долазе у систем. Овакав систем назива се хомогена група. Разликују се два случаја, у зависности од тога да ли било који слободан орган услуге обрађује пристигли позив:

- група потпуне доступности (савршени сноп) – у овом систему позив је услужен уколико је било који орган услуге слободан
- група ограничене доступности (несавршени сноп) – у овом систему сваки позив не може да заузме сваки слободан орган услуге

До загушења приликом доласка позива у групи потпуне доступности долази када су сви органи услуге заузети. На основу понашања система у овом случају извршена је подела на:

- систем са губицима (систем без кашњења; систем без реда за чекање – *loss, blocking system*) - уколико долази до одбацивања позива приликом загушења
- систем са чекањем (систем са кашњењем или систем са редом за чекање – *waiting system*) - уколико се чека на услуживање приликом загушења, све док се не ослободи орган услуге

12.4.2 КЕНДЕЛОВА НОТАЦИЈА

Групе потпуне доступности описују се коришћењем Кенделове нотације (Н. Akimaru, 1999). Запис је у облику $A/B/s$, где су:

- A – улазни процес – описује број извора и расподелу по којој долазе позиви
- B – механизам услуживања – описује расподелу времена обраде
- s – број органа услуге, а уколико је услуживање са чекањем и број места у реду за чекање, из кога се захтеви услужују по унапред дефинисаном алгоритму

За расподеле у A и B користе се и следећи симболи: M (*memoryless*) – негативна експоненцијална, D (*deterministic*) – детерминистичка, G (*general*) – произвољна, итд.

Уколико се, ради илустрације, посматра систем са негативним експоненцијалним временом услуживања на улазу и обради и са s органа услуге: за систем са бесконачним редом за чекање опис је $M/M/s$, за систем са губицима опис је $M/M/s(0)$, уколико је систем са коначним бројем извора k и s органа услуге опис је $M(k)/M/s$, уколико је систем са редом за чекање од q позиција опис је $M/M/s(q)$, итд.

12.4.3 ДЕФИНИЦИЈА ЕРЛАНГОВЕ ГРУПЕ СА ГУБИЦИМА

Ерлангова група представља хомогену групу потпуне доступности са губицима, у којој је интензитет доласка позива константан $\lambda_j = \lambda$, и није зависан од стања снопа, односно броја заузетих органа услуге у групи.

Број слободних извора саобраћаја који могу да производе позиве значајно је већи од броја заузетих органа услуге. Да би ово било испуњено, број органа услуге бар десет пута је мањи од броја извора саобраћаја. Број органа услуге у групи је n , па је опис Ерлангове групе са губицима по Кенделовој нотацији $M/M/n(0)$.

12.5 ПРОЦЕС У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА И ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА

Описан је процеса у Ерланговој групи са губицима. Приказане су вероватноће стања које показују број заузетих органа услуге, као и

статистичка равнотежа која важи у групи. Приказане су и особине од значаја Пуасонове расподеле.

12.5.1 ОПИС ПРОЦЕСА

Процес је описан од тренутка доласка позива:

1. Позив долази у групу у случајном тренутку, по Пуасоновој расподели
2. Уколико су сви канали заузети, позив се одбацује, без додатних ефеката
3. Уколико се пронађе слободан канал, позив га заузима. Сваки разговор одвија се у тачно једном каналу
4. Након завршетка разговора ослобађа се канал, и постаје слободан за нови позив. Време трајања разговора (услуживања) има негативно-експоненцијалну зависност

12.5.2 ВЕРОВАТНОЋЕ СТАЊА

Под стањем групе подразумева се број истовремено заузетих органа услуге, што се означава са $\{j\}$. Вероватноћа стања $P(j)$ показује вероватноћу да се група налази у стању $\{j\}$. Коришћењем вероватноће стања могу се израчунати сва остала својства модела.

Уколико је број органа услуге n , важи:

$$\sum_{i=0}^n P(j) = 1 \quad (12.16)$$

12.5.3 СТАТИСТИЧКА РАВНОТЕЖА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА

Описани процес приказан је на дијаграму стања у облику Марковљевог ланца (Сл. 12.4). Стања Ерлангове групе са губицима приказана су као нумерисани чворови, док су могући прелази између стања приказани стрелицама. Систем се посматра током временског интервала Δt , када $\Delta t \rightarrow 0$, а број могућих стања је $n+1$ (постоји n органа услуге, а у нултом стању ни један од њих није заузет). Због особина ординарности доласка позива и њиховог услуживања, могућ је једино прелазак између суседних стања. За овако описан систем каже се да се налази у статичкој равнотежи (*statistical equilibrium*).

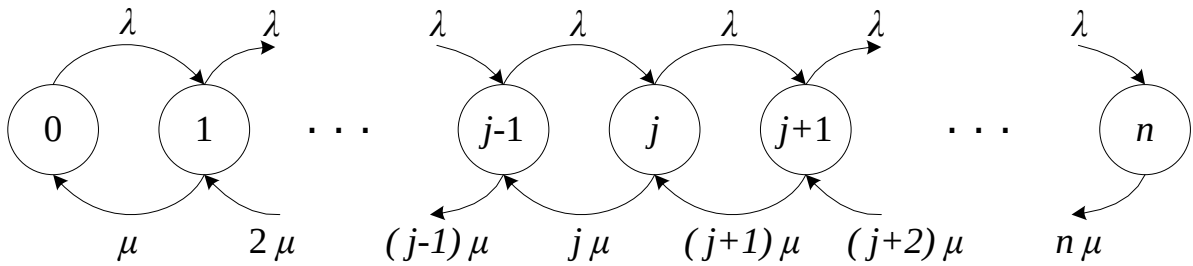
Уколико се систем налази у стању $\{j\}$, у следећем временском интервалу може да буде у једном од три стања:

1. Систем остаје у стању $\{j\}$ – није било нових позива, нити је неки позив завршен
2. Прелазак у стање $\{j+1\}$ врши се уколико у систем дође позив. Учестаност доласка позива је $\lambda_{j+1}=\lambda$, па број прелаза $N(\{j\} \rightarrow \{j+1\})$ из стања $\{j\}$ у стање $\{j+1\}$ износи:

$$N(\{j\} \rightarrow \{j+1\}) = \lambda P(j) \quad (12.17)$$

3. Прелазак у стање $\{j-1\}$ врши се уколико се заврши услуживање једног позива. Ово ће се десити уколико се оконча било који од активних j позива, а сваки од њих услужује се са учестаношћу μ , дакле $\mu_j = j \mu$. Број прелазака $N(\{j\} \rightarrow \{j-1\})$ из стања $\{j\}$ у стање $\{j-1\}$ износи:

$$N(\{j\} \rightarrow \{j-1\}) = j \mu P(j) \quad (12.18)$$



Сл. 12.4 Стање СТАТИСТИЧКЕ РАВНОТЕЖЕ У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА

Из статистичке равнотеже изводе се две групе једначина: глобалне равнотеже (*global balance; node equations*) и локалне равнотеже (*local balance; cut equations*).

Једначине глобалне равнотеже добијају се пресеком око једног чвора, и показују да је укупан број прелазака из неког стања $\{j\}$ у суседна стања једнак укупном броју прелазака у то стање. Односно:

$$(\lambda + j \mu) P(j) = \lambda P(j-1) + (j+1) \mu P(j+1) \quad (12.19)$$

У описаном систему постоји и локална равнотежа, односно важи за два суседна чвора да је у јединичном времену број прелазака између њих у једном смеру једнак броју прелазака у супротном смеру. Једначине локалне равнотеже добијају се за систем у статистичкој равнотежи, пресеком између

два суседна чвора за које постоји прелазак стања у оба смера, и показују да је број прелазака од $\{j\}$ до $\{j+1\}$ једнак броју прелазака од $\{j+1\}$ до $\{j\}$.

$$\lambda P(j) = (j + 1) \mu P(j + 1) \quad (12.20)$$

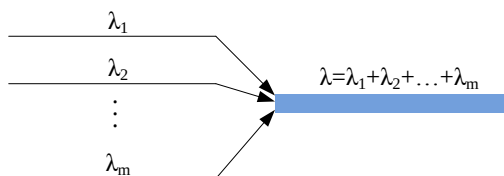
Случајан процес у коме је прелазак могућ само између суседних стања и описан је једначином (12.20), и назива се процес рађања и умирања (*birth and death process*).

12.5.4 Особина PASTA

Од значаја за процес у Ерланговој групи са губицима је особина PASTA (*Poisson Arrival See Time Averages*) (Wolff, 1982; François Baccelli, Sridhar Machiraju, Darryl Veitch, Jean C. Bolot, Sept. 11-15, 2006). Група органа услуге посматра се (континуално) током неког временског периода. Вероватноћа стања $P(j)$ тумачи се као део времена који систем проведе у стању $\{j\}$, а рачуна као средње време боравака у том стању. Позиви који долазе у овакав систем (дискретно) током посматраног времена виде га (затичу) у стању $\{j\}$ у коме се систем тада налази. Према особини PASTA, услед Марковљеве особине одсуства памћења, важи да је за позиве који долазе по Пуасоновој расподели средњи број позива који затичу систем у стању $\{j\}$ једнак израчунатој вероватноћи $P(j)$ да се група налази у том стању.

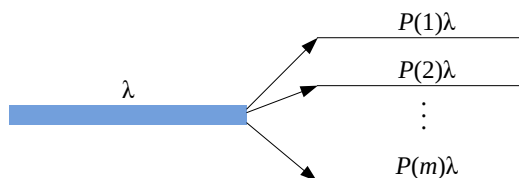
12.5.5 ЗДРУЖИВАЊЕ И РАЗДВАЈАЊЕ ТОКОВА

Уколико долази до здруживања више токова са Пуасоновом расподелом (Сл. 12.5), резултујући ток има интензитет позивања једнак збиру интензитета долазних токова.



Сл. 12.5 ЗДРУЖИВАЊЕ ПУАСОНОВИХ ТОКОВА

Слично, уколико се један Пуасонов ток раздељује у више њих (Сл. 12.6), резултујући токови имају вредност умношка вероватноће да је саобраћај послат баш у тај ток са интензитетом долазећег тока (при томе укупан збир ових вероватноћа износи један).



Сл. 12.6 РАЗДЕЉИВАЊЕ ПУАСОНОВОГ ТОКА

12.6 МОДЕЛ САОБРАЋАЈА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА

Формуле које омогућавају представљање саобраћаја у Ерланговој групи добијају се извођењем из формула за статистичку равнотежу (Марков, Класична телефонска техника и теорија телефонског саобраћаја (600 питања и одговора), 2010; Iversen V. B., Revised May 2008 ; Н. Akimaru, 1999).

12.6.1 ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ

Понуђени саобраћај A рачуна се као збир саобраћаја на сваком од n органа услуге, сабран са изгубљеним саобраћајем. На основу особина Пуасоновог тока (поглавље 12.5.5) и (12.16), важи да се услужени саобраћај за j -ти орган услуге рачуна као производ интензитета позивања λ_j , вероватноће $P(j)$ да ће се у том тренутку бити заузето j органа услуге и средње дужине трајања разговора t_m . Изгубљени саобраћај представља овај производ за $j=n$, тако да понуђени саобраћај A износи:

$$\begin{aligned}
 A &= \sum_{j=0}^n \lambda_j P(j) t_m \\
 A &= \lambda t_m \sum_{j=0}^n P(j) \\
 A &= \lambda t_m
 \end{aligned}
 \tag{12.21}$$

12.6.2 РАСПОДЕЛА ВЕРОВАТНОЋА СТАЊА

Расподела вероватноћа стања $P(j)$ да је заузето j органа услуге, за систем са понуђеним саобраћајем A и бројем органа услуге n износи:

$$P(j) = \frac{\frac{A^j}{j!}}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{A^k}{k!}\right)} = E_j(A) = ERL(A, j, n) \quad (12.22)$$

Као што је приказано у горњој једначини, означава се и са $E_j(A)$ или $ERL(A, j, n)$.

12.6.3 ВЕРОВАТНОЋА ГУБИТАКА

Вероватноћа губитака (B) представља вероватноћу да прispели позив неће бити услужен, и да ће зато напустити орган услуге. Рачуна се као вероватноћа да су сви органи у групи заузети:

$$B = E_n(A) = P(n) = \frac{\frac{A^n}{n!}}{\sum_{k=0}^n \left(\frac{A^k}{k!}\right)} \quad (12.23)$$

Вероватноћа губитака назива се још и Ерлангова формула за губитке, Ерлангова B формула или Ерлангова формула прве врсте. Означава се са $E_n(A)$, $ERL(A, n, n)$ или E_n . Даје зависност заузетости свих органа (губитака) од понуђеног саобраћаја и броја органа услуге у групи, па се може користити за прорачун било ког од ових елемената када су било која два позната.

12.6.4 ВЕРОВАТНОЋА ГУБИТАКА ПО ВРЕМЕНУ

Губици по времену E представљају део времена током кога се није могао примити позив, без обзира на то да ли је дошао у систем. Због особине *PASTA* Ерлангове групе са губицима, једнаки су вероватноћи губитака да позив неће бити услужен, и рачунају се као вероватноћа стања када су сви органи услуге заузети према (12.23):

$$E = P(n) = B = E_n(A) \quad (12.24)$$

12.6.5 УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ

Услужени саобраћај (Y) једнак је средњем броју заузетих органа услуге:

$$Y = \sum_{i=1}^n iP(i) \quad (12.25)$$

Коришћењем једначина локалне равнотеже (12.20) добија се:

$$Y = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda}{\mu} P(i-1) = A(1 - P(n)) \quad (12.26)$$

12.6.6 ПРОСЕЧНИ УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ

Да би се повећала искоришћеност групе органа услуге посматра се просечни услужени саобраћај по једном органу Y/n . Својство групе је да, уколико губици остају на истом процентуалном нивоу, са порастом њене величине расте и искоришћеност. Уколико се посматрају три групе органа, чија својства су нумерисана бројевима од један до три, важи:

$$\frac{Y_1}{n_1} < \frac{Y_2}{n_2} < \frac{Y_3}{n_3} \quad \text{ако је: } B_1 = B_2 = B_3 \text{ и } n_1 < n_2 < n_3 \quad (12.27)$$

Закључује се да обједињавањем саобраћајних токова искоришћење расте, а опада приликом дељења групе на више подгрупа. С повећањем саобраћаја порашће и количина изгубљеног саобраћаја, али веће је и искоришћење снопа.

12.7 РЕДОСЛЕД ЗАУЗИМАЊА ОРГАНА УСЛУГЕ У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА

Услуживање, односно редослед заузимања органа услуге, унапред је дефинисано и не може се мењати у току рада система. Бира се једна од три врсте услуживања (Iversen V. B., Revised May 2008):

- узастопно заузимање
- случајно заузимање
- циклично заузимање

12.7.1 УЗАСТОПНО ЗАУЗИМАЊЕ

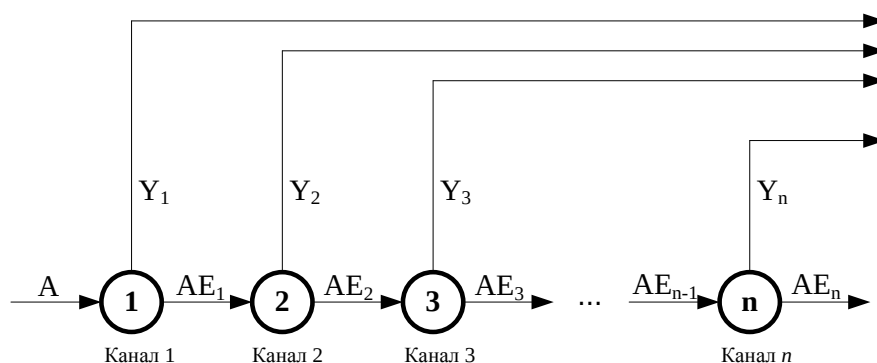
Када се примењује узастопно заузимање, приликом доласка позива претрага слободног органа услуге врши се од првог, по растућем редоследу. Након проналаска, врши се његово заузимање. Са доласком следећег позива, претрага се врши на исти начин, увек почевши од првог органа услуге. Алгоритам према коме се врши заузимање назива се и секвенцијалним (*ordered hunting, sequential hunting*).

Будући да се увек користи исти редослед, користе се чешће органи услуге који претходе по редоследу претраживања, па се по њима преноси више саобраћаја него по онима који се претражују после њих.

Овај алгоритам примењује се на преносном путу између две централе. На првој се обавља узастопно заузимање, а на другој по инверзном алгоритму: по опадајућем редоследу, почевши од највећег редног броја канала. Тако је вероватноћа судара минимална (Markov Ž. , Calculation of collision probability on both-way circuits, 1993).

На слици (Сл. 12.7) приказан је систем са n органа услуге.

Понуђени саобраћај целог система је A . На првом органу услуге услужени саобраћај је Y_1 , а преливени саобраћај је $AE_1(A)$, где је $E_1(A)$ Ерлангова формула за губитке на првом каналу. Понуђени саобраћај који стиже до другог органа услуге представља неуслужени саобраћај са првог органа. Слично као на првом органу, услужени саобраћај на другом органу услуге је Y_2 , а преливени саобраћај је $AE_2(A)$. На последњем, n -том органу услуге, понуђени саобраћај представља преливени саобраћај са органа услуге чији на позицији $n-1$ и износи $AE_{n-1}(A)$, услужени саобраћај износи Y_n , а преливени саобраћај је $AE_n(A)$.



Сл. 12.7 ДИЈАГРАМ СТАЊА ПРИЛИКОМ ЗАУЗИМАЊА КАНАЛА ПО РЕДОСЛЕДУ

За произвољни орган услуге на позицији i услужени саобраћај Y_i рачуна се као:

$$Y_i = A(E_{i-1}(A) - E_i(A)) \quad (12.28)$$

Преливени саобраћај R на последњем органу услуге представља изгубљени саобраћај.

$$R = AE_n(A) \quad (12.29)$$

Укупан услужени Y саобраћај на основу (12.26) износи:

$$Y = A(1 - E_n(A)) \quad (12.30)$$

12.7.2 ЗАУЗИМАЊА ПО СЛУЧАЈНОМ И ПО ЦИКЛИЧНОМ РЕДОСЛЕДУ

Уколико се примењује заузимање по случајном редоследу (*random hunting*), када у систем састављен од n органа услуге буде дошао нови позив, проверава се стање случајно одабраног органа услуге. Први пронађен слободан орган се заузима. Следећи позив, по истом поступку, заузима случајно одабрани орган услуге међу тренутно слободним.

Заузимање канала по цикличном редоследу (*cyclic hunting*) одвија се слично узастопном заузимању, али без повратка на први орган услуге. На почетку рада алгоритма, врши се провера заузетости органа услуге почевши од првог, и заузима се први слободан. Приликом доласка следећег позива, провера слободних органа услуге почиње од последњег заузетог, а након последњег по редном броју, врши се повратак на први орган услуге.

Коришћењем оба описана редоследа заузимања вероватноћа судара на преносном путу између две централе је значајно већа него када се примењује узастопно заузимање (Markov Ž. , Calculation of collision probability on both-way circuits, 1993).

У оба алгоритма, услужи се иста количина саобраћаја на сваком органу услуге. Важи да је за произвољни канал i услужени саобраћај Y_i једнак просечном услуженом саобраћају по једном органу:

$$Y_i = \frac{Y}{n} = \frac{A(1 - E_n(A))}{n} \quad (12.31)$$

На исти начин као за узастопно заузимање рачунају се укупни услужени саобраћај (12.30) и укупни преливени саобраћај (12.29).

12.8 ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У ЕРЛАНГОВОЈ ГРУПИ СА ГУБИЦИМА

Приликом посматрања Ерлангове групе са губицима, од интереса су и средње време између позива, као и вероватноћа да ће време које протекне

између два доласка позива у систем, односно у преливну групу, имати предвиђено трајање.

12.8.1 СРЕДЊА ВРЕМЕНА ВЕЗАНА ЗА ДОЛАЗАК ПОЗИВА

Посматра се Ерлангова група са губицима за коју важи да има константан интензитет позивања λ у случајном тренутку t . Средње време између доласка два позива T_{ia} (*inter arrival time*) једнако је:

$$T_{ia} = \frac{1}{\lambda} \quad (12.32)$$

Због особине одсуства памћења Пуасонове расподеле (поглавље 12.3.3), средње време чекања на долазак позива t_w (Georgii, February 27, 2008) такође је једнако реципрочној вредности интензитета доласка позива. Због исте ове особине, и средње време од последњег позива t_l (Olofsson, March 22, 2010) има вредност реципрочног интензитета доласка позива.

$$t_w = t_l = T_{ia} \quad (12.33)$$

12.8.2 ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У СИСТЕМ

Вероватноћа да време између два позива буде t једнака је вероватноћи да се током тог периода не јави ни један позив, тако да према (12.10) износи:

$$p_0(t) = e^{-\lambda t} \quad (12.34)$$

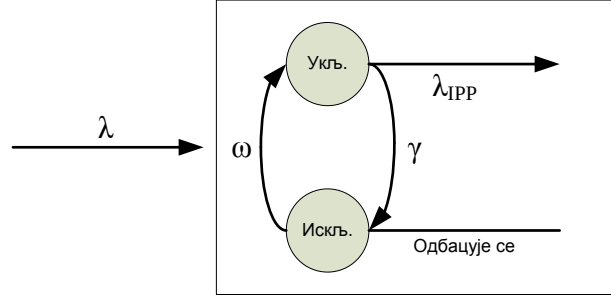
Једначина показује да је време између долазака позива представљено негативно-експоненцијалном зависношћу.

12.8.3 ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА У ПРЕЛИВНУ ГРУПУ

Преливна група представља апстрактну групу у коју се улива преливени саобраћај система. Како не може бити заузета, на њој позиви увек могу да се прихвате, али немају трајање.

За описивање модела саобраћаја у преливној групи не може се користити Пуасонов процес. Уместо њега, користи се Испрекидани Пуасонов процес (*IPP – Interrupted Poisson Process*) (Kuczura, 1973; A. Kuczura and D. Вајај, 1977; Beyer J. E., Nielsen B. F., 1996; Iversen V. , 1998), који описује систем у коме Пуасонов процес бива укључен и искључен у времену представљеном негативно-експоненцијалном зависношћу. Као што је на слици (Сл. 12.8) приказано, модел се представља са два стања – у једном се не врши

прихватање позива, а у другом се одвија по Пуасоновом процесу интензитета позивања $\lambda_{\text{ИРР}}$. Средње време боравка у стању у коме је систем искључен је $1/\omega$, а средње време боравка у стању када је укључен је $1/\gamma$.



Сл. 12.8 ИСПРЕКИДАНИ ПУАСОНОВ ПРОЦЕС

Приликом прорачуна времена између долазака позива, прво се представљају прва три момента у систему. Први момент M_1 рачуна се:

$$M_1 = A \frac{\sigma_0(N)}{\sigma_1(N)} \quad (12.35)$$

Други момент M_2 рачуна се према једначини

$$M_2 = A^2 \frac{\sigma_0(N)}{\sigma_2(N)} + M_1 \quad (12.36)$$

Трећи момент M_3 рачуна се према једначини:

$$M_3 = A^3 \frac{\sigma_0(N)}{\sigma_3(N)} + 3M_2 - 2M_1 \quad (12.37)$$

Прорачун чланова $\sigma_j(N)$ раздваја се у два случаја. Када је $j=0$, $\sigma_0(N)$ има вредност:

$$\sigma_0(N) = \frac{A^N}{N!} \quad (12.38)$$

за позитивне j , члан $\sigma_j(N)$ има вредност:

$$\sigma_j(N) = \sum_{i=0}^N \binom{j+i-1}{i} \frac{A^{N-i}}{(N-i)!} \quad j = 1, 2, \dots \quad (12.39)$$

Интензитет позивања Испрекиданог Пуасоновог процеса λ_{IPP} има вредност:

$$\lambda_{IPP} = \frac{\delta_2(\delta_1 - \delta_0) - \delta_0(\delta_2 - \delta_1)}{(\delta_1 - \delta_0) - (\delta_2 - \delta_1)} \quad (12.40)$$

Вредности чланова $\delta_0, \delta_1, \delta_2$ представљени су формулама (12.43), (12.44) и (12.45)

Интензитет прелазака из искљученог у укључено стање ω код Испрекиданог Пуасоновог процеса има вредност:

$$\omega = \frac{\delta_0}{\lambda_{IPP}} \left[\frac{\lambda_{IPP} - \delta_1}{\delta_1 - \delta_0} \right] \quad (12.41)$$

Интензитет прелазака из укљученог у искључено стање γ код Испрекиданог Пуасоновог процеса има вредност:

$$\gamma = \omega \left[\frac{\lambda_{IPP} - \delta_0}{\delta_0} \right] \quad (12.42)$$

Члан δ_0 добија се као:

$$\delta_0 = M_1 \quad (12.43)$$

Члан δ_1 добија се као:

$$\delta_1 = \frac{M_2}{M_1} - 1 \quad (12.44)$$

Члан δ_2 добија се као:

$$\delta_2 = \frac{M_3 - 3M_2 + 2M_1}{M_2 - M_1} \quad (12.45)$$

Део времена које систем проведе у искљученом стању π_0 износи:

$$\pi_0 = \frac{\gamma}{\omega + \gamma} \quad (12.46)$$

Део времена које систем проведе у укљученом стању π_1 износи:

$$\pi_1 = \frac{\omega}{\omega + \gamma} \quad (12.47)$$

Функција расподеле, или кумулативна расподела вероватноће (*CDF - cumulative distribution function*) има облик хиперекспоненцијалне расподеле, и важи да је:

$$F(t) = pe^{-\alpha_1 \frac{t}{t_m}} + (1-p)e^{-\alpha_2 \frac{t}{t_m}} \quad (12.48)$$

Коефицијент прве негативно-експоненцијалне зависности из једначине (12.48) рачуна се као:

$$\alpha_1 = \frac{1}{2} \left[\lambda_{IPP} + \omega + \gamma + \sqrt{(\lambda_{IPP} + \omega + \gamma)^2 - 4\omega\lambda_{IPP}} \right] \quad (12.49)$$

Коефицијент друге негативно-експоненцијалне зависности из једначине (12.48) рачуна се као:

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \left[\lambda_{IPP} + \omega + \gamma - \sqrt{(\lambda_{IPP} + \omega + \gamma)^2 - 4\omega\lambda_{IPP}} \right] \quad (12.50)$$

Коефицијент којим се множи прва негативно-експоненцијална зависност из једначине (12.48) рачуна се као:

$$p = \frac{\lambda_{IPP} - \alpha_2}{\alpha_1 - \alpha_2} \quad (12.51)$$

Вероватноћа да у току временског интервала t неће доћи позив када је систем укључен износи:

$$p_0(1, t) = F(t) = pe^{-\alpha_1 \frac{t}{t_m}} + (1-p)e^{-\alpha_2 \frac{t}{t_m}} \quad (12.52)$$

Вероватноћа да у току временског интервала t неће доћи позив када је систем искључен износи:

$$p_0(0, t) = \frac{\alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} e^{-\alpha_1 \frac{t}{t_m}} + \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} e^{-\alpha_2 \frac{t}{t_m}} \quad (12.53)$$

Уколико је у току посматраног временског интервала понашање система непознато (систем је случајно укључен или искључен), вероватноћа да време између позива износи t , тј. вероватноћа да у току временског интервала t неће доћи позив, износи:

$$\begin{aligned} p(0, t) &= \pi_0 p_0(0, t) + \pi_1 p_0(1, t) \\ &= \left[\frac{\frac{p}{\alpha_1}}{\frac{p}{\alpha_1} + \frac{1-p}{\alpha_2}} \right] e^{-\alpha_1 \frac{t}{t_m}} + \left[\frac{\frac{1-p}{\alpha_2}}{\frac{p}{\alpha_1} + \frac{1-p}{\alpha_2}} \right] e^{-\alpha_2 \frac{t}{t_m}} \end{aligned} \quad (12.54)$$

Важно је уочити да хиперекспоненцијална расподела поседује памћење, за разлику од негативне експоненцијалне расподеле. То значи да постоји

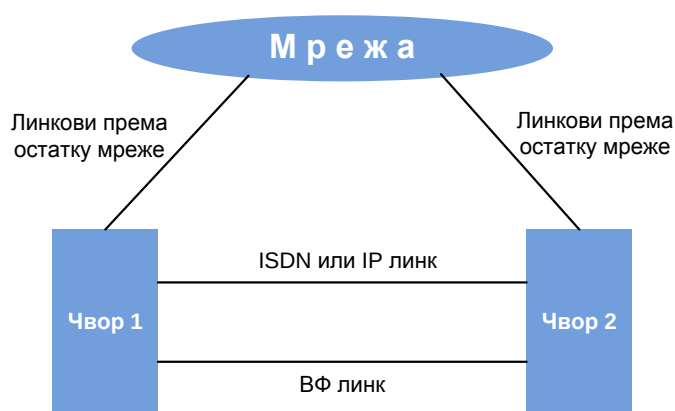
зависност појављивања догађаја у одређеном тренутку од следа догађаја који су му претходили.

13 ПРОЦЕС У ГРУПИ ИСПРАВНИХ КАНАЛА ЕТМ

Ради представљања процеса у групи исправних канала ЕТМ посматра се систем сачињен од два комутациона чвора и преносних путева између њих. Описан је ток процеса на преносним путевима, уз детаљан пример процеса.

13.1 ГРУПА КАНАЛА ИЗМЕЂУ ДВЕ ЦЕНТРАЛЕ – ЕРЛАНГОВА ГРУПА СА ГУБИЦИМА

Посматра се скуп веза између два чвора. Према пројекту ЕТМ у ЕПС-у, везе између њих остварују се преко два директна и једног заобилазног преносног пута (поглавље 10.2). У структури мреже ЈУГЕЛ-а постојала је тачно једна ВФ веза између чворова (поглавље 4.1), што је задржано и у садашњој мрежи. По ВФ вези могућ је пренос тачно једног канала. Остале везе су дигиталног или пакетског типа, и свака од њих омогућава пренос већег броја канала. На слици (Сл. 13.1) приказане су везе између два чвора.



Сл. 13.1 ВЕЗЕ ИЗМЕЂУ ДВА ЧВОРА

Усвојено је да ВФ веза има најниже првенство избора, односно да се ВФ канал бира као последњи у низу (поглавље 11.1.1).

У описаном систему један канал на преносном путу представља један орган услуге Ерлангове групе са губицима. Група је сачињена од свих канала на дигиталном (пакетском линку) и ВФ канала. Уколико би постојала више од два преносна пута они би и даље сачињавали једну Ерлангову групу са губицима, уз увећан број канала.

Уколико у групи канала између две централе постоји бар један слободан канал заузеће га следећи позив. Уколико нема слободног канала, позив се преусмерава из оваквог система, а покушаће се пренос преко обилазног пута (који води преко других чворова у мрежи). Дакле, према поглављу 12.4.1, описани систем представља групу потпуне доступности са губицима.

Долазак позива врши се по Пуасоновој расподели, са константним интензитетом позивања λ . Услуживање, тј. трајање разговора, описује се негативно-експоненцијалном зависношћу. Број корисничких уређаја, односно извора саобраћаја, значајно је већи од броја канала, односно органа услуге.

Дакле, на основу дефиниција у поглављу 12.4.3, група канала на преносним путевима између две телефонске централе у ЕТМ представља Ерлангову групу са губицима.

13.2 ТОК ПРОЦЕСА

Ради општости, посматра се ток процес за конфигурацију у којој постоји произвољан број линкова између два чвора. Тачно један је ВФ типа, и увек се заузима последњи (поглавље 11.1.1).

Предуслови су:

- позиви су међусобно независни
- позиви долазе случајно, по Пуасоновој расподели
- средњи број позива је константан
- дужина услуживања (трајања разговора) има негативно-експоненцијалну зависност
- редни број линка представља његово место у редоследу избора преносних путева

Процес је заснован на узастопном заузимању канала и може се описати на следећи начин:

1. У систем долази нови позив
 2. Први линк проглашава се за текући линк по коме се тражи слободан канал
 3. На текућем линку тражи се слободан канал
 4. Уколико је пронађен слободан канал, заузима га пристигли позив.
- Увек се заузима тачно један канал. Прелази се на корак 7.

5. Уколико није пронађен слободан канал унутар текућег линка, за текући линк проглашава се први наредни линк по редоследу
6. Уколико су испитани сви линкови између два чвора, прелази се на корак 8, иначе се прелази на корак 3
7. Након завршетка разговора канал се ослобађа, и постаје слободан да прими нови позив. Завршава се процес.
8. Заузети су сви канали по свим преносним путевима и позив не остаје у овом систему, већ се преусмерава на обилазни пут, без додатних ефеката. Завршава се процес.

Редослед заузимања линкова понавља за сваки нови позив на описани начин.

13.3 ПРИМЕР ПРОЦЕСА

Ради илустровања процеса, посматра се систем са једним дигиталним и једним ВФ преносним путем. У овом примеру, унутар дигиталног линка налазе се четири канала, и један унутар ВФ линка. Процес је представљен на слици (Сл. 13.2), а редослед доласка позива одговара броју уз симбол „#“.

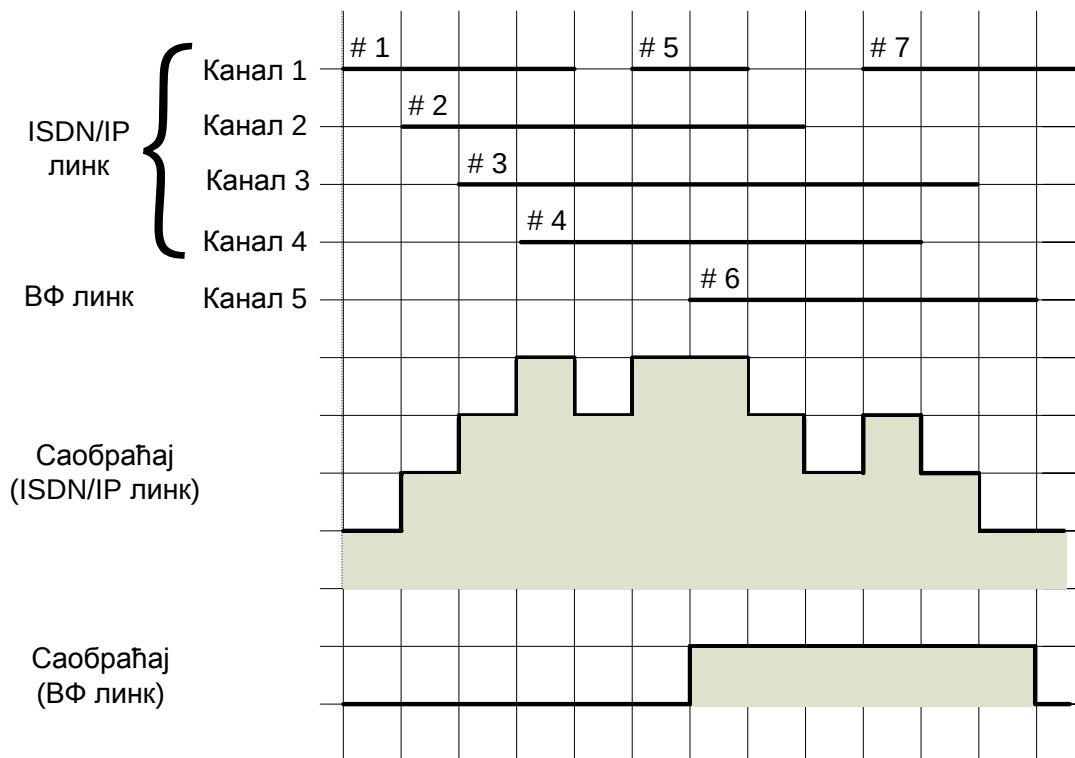
Дужина временских интервала тако је одабрана да у једном интервалу може да се или појави један позив или да се прекине један разговор. Систем је у раду и пре и после посматраног времена, и налази се у стању статичке равнотеже.

У почетном тренутку посматрања, сви канали у систему су слободни. Позиви се редом смештају у први слободни канал, с тим што се у описаном процесу тражење слободног канала спроводи по редном броју, почевши од првог. Тако се у канале од један до четири смештају позиви #1, #2, #3 и #4.

Након доласка позива #4 заузима се и четврти слободни канал, па је искоришћен пун капацитет линка. Након једног временског интервала, завршава се разговор #1, и први канал се ослобађа. Након пристизања, позив #5 смешта се у слободни први канал.

Долазак позива #6 затиче заузете све канале на првом линку, па се смешта у слободни канал на ВФ вези. Уколико би у наредном интервалу дошао још један позив, не би могао да се обради, већ би се преусмерио, јер су сви канали у систему искоришћени.

Након завршетка разговора #2 и #5 може да се види да је ВФ веза и даље искоришћена, док су први и други канал слободни. Уколико би се пре краја разговора #6 завршили разговори #3 и #4 по главном линку не би било телефонског саобраћаја, а ВФ линк би и даље био заузет.



Сл. 13.2 ПРОЦЕС У СИСТЕМУ СА ЧЕТИРИ ДИГИТАЛНА И ЈЕДНИМ ВФ КАНАЛОМ

Пристиже позив #7 и смешта се у слободан канал, овога пута први на првом линку.

Завршетак разговора #4 ослобађа четврти, а завршетак разговора #3 и трећи канал на првом линку.

Након окончања разговора #6 ослобађа се ВФ линк. Као што се на слици види, у систему остаје само позив #7, у првом каналу првог линка.

14 ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗИМАЊА ВФ-А АКО СУ СВИ КАНАЛИ ИСПРАВНИ, СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ УЗАСТОПНИХ ЗАУЗИМАЊА

Да би се утврдило какав је утицај у спрезању различитих технологија, потребно је установити када ће доћи до заузимања ВФ канала уколико преносни пут с правом првенства ради исправно. Затим су представљена различита саобраћајна својства ВФ канала.

14.1 ЗАУЗИМАЊЕ ВФ КАНАЛА

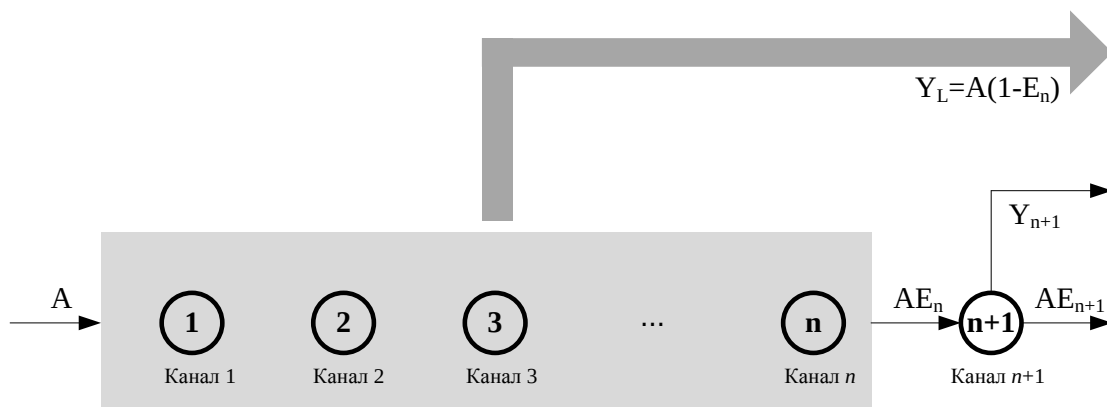
На дијаграму на слици (Сл. 14.1) представљено је заузимање ВФ канала у систему са n канала на дигиталном (или пакетском) каналу и ВФ каналу ($n+1$ у низу).

Представљен је систем са два стања:

- прво стање представља групу свих канала у систему, изузев на ВФ линку (затамњених n канала)
- друго стање моделује заузимање канала на ВФ линку (последњи, $n+1$. канал)

На основу анализе у поглављима 12.7.1 и 12.7.2, може се закључити да су истоветне саобраћајне карактеристике система као целине за сваки од три редоследа заузимања канала (поглавље 12.7). Услужени саобраћај на појединачном каналу дигиталног, односно пакетског линка није од значаја у овако дефинисаном моделу. Закључује се да организација процеса у групи канала представљених првим стањем не утиче на понашање ВФ канала.

Заузимање ВФ канала последње је у низу, односно доћи ће до њега једино уколико су сви остали канали у систему заузети (поглавље 11.1.1). Дакле, узимајући у обзир остатак система, заузимање ВФ канала је узастопно (поглавље 12.7.1).



Сл. 14.1 Дијаграм стања приликом заузимања ВФ канала

Уколико би број преносних путева између централа порастао, једино својство модела које би било измењено је повећање броја канала представљених првим стањем.

14.2 САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ

Понуђени саобраћај у систему је A , интензитет позивања је λ , а средње време трајања разговора је t_m , а број канала на преносном путу са правом првенства је n . Ерлангова формула за губитке на n -том каналу користи се у облику $E_n(A)$.

14.2.1 ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗИМАЊА ВФ КАНАЛА

До заузимања ВФ канала долази када су сви канали у систему заузети. Вероватноћа заузимања ВФ канала $P(n+1)$ рачуна се на основу (12.22) као:

$$P(n+1) = \frac{\frac{A^{n+1}}{(n+1)!}}{\sum_{k=0}^{n+1} \left(\frac{A^k}{k!}\right)} = E_{n+1}(A) \quad (14.1)$$

14.2.2 ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ ЛИНКУ

Понуђени саобраћај на ВФ линку A_{n+1} једнак је укупном преливеном саобраћају осталих канала:

$$A_{n+1} = AE_n(A) \quad (14.2)$$

14.2.3 ПРЕЛИВЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ

Преливени саобраћај на ВФ каналу представља укупан изгубљени саобраћај R у систему.

$$R = AE_{n+1}(A) \quad (14.3)$$

14.2.4 УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ

На основу (12.28) важи да је услужени саобраћај Y_{n+1} на ВФ каналу:

$$Y_{n+1} = A(E_n(A) - E_{n+1}(A)) \quad (14.4)$$

14.2.5 СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ

Да би се израчунало средње време између узастопних долазака позива ВФ канала $T_{ia(n+1)}$ посматра се његов понуђени саобраћај A_{n+1} , који једнак производу учестаности доласка позива и средње дужине трајања разговора (на основу поглавља 14.2.1, 12.1.2, 12.8.1 и 12.5.5):

$$A_{n+1} = AP(n) = \frac{1}{T_{ia}} t_m \quad (14.5)$$

На основу дефиниције понуђеног саобраћаја (12.3) важи:

$$AP(n) = \frac{1}{T_{ia}} \frac{A}{\lambda} \quad (14.6)$$

Дакле, када су све везе у систему исправне, средње време између узастопних долазака позива на ВФ канал $T_{ia(n+1)}$ износи:

$$T_{ia(n+1)} = \frac{1}{P(n)} \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{E_n(A)} \frac{1}{\lambda} \quad (14.7)$$

14.2.6 ИНТЕНЗИТЕТ ПОЗИВАЊА НА ВФ КАНАЛУ

Средњи интензитет позивања на ВФ каналу λ_{n+1} на основу (14.7) износи:

$$\lambda_{n+1} = \frac{1}{T_{ia(n+1)}} = \lambda E_n(A) = \frac{E_n(A)}{T_{ia}} \quad (14.8)$$

14.2.7 ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДВА ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ

Долазак позива на први канал преносног линка првог приоритета врши се по Пуасоновом процесу. На следећем каналу појављује се само преливени саобраћај са првог канала. Даље, на i -том каналу појављује се само преливени

саобраћај са канала $i-1$. Тако се на свим каналима изузев првог, укључујући и ВФ канал, позиви одвијају по Испрекиданом Пуасоновом процесу.

Стога се од тренутка последњег позива $p_0(t)$ вероватноћа да време које протекне између два доласка позива износи t , рачуна према једначини (12.52) као:

$$p_0(t) = pe^{-\alpha_1 \frac{t}{t_m}} + (1-p)e^{-\alpha_2 \frac{t}{t_m}} \quad (14.9)$$

Опис свих параметара у овој једначини и начин њиховог израчунавања приказани су у поглављу 12.8.3.

Ради процене вероватноће, уводи се апроксимација којом се процес представља негативно-експоненцијалном зависношћу, у којој се користи интензитет позивања на ВФ каналу. Прорачун је знатно олакшан на овај начин, а из литературе је познат и други начин доласка до ове апроксимације [42]. Слично објашњењу у поглављу 12.8.2, вероватноћа да је t време које протекне између два позива износи:

$$p_0(t) = e^{-\lambda_{VF} t} = e^{-\left(\frac{t}{T_{ia}} E_n(A)\right)} \quad (14.10)$$

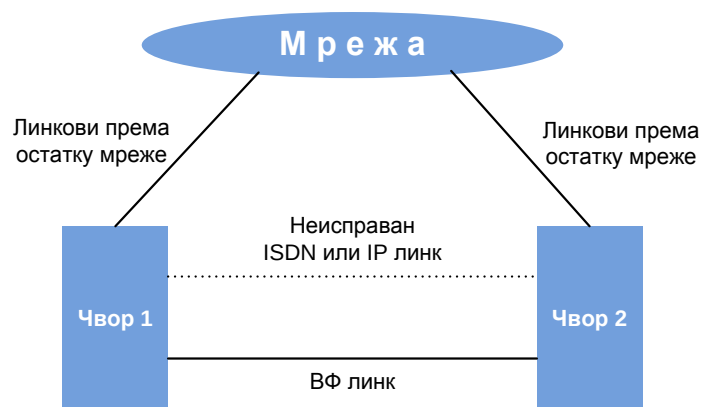
где је λ_{VF} интензитет позивања на ВФ каналу, представљен једначином (14.8).

15 ПРОЦЕС У ГРУПИ СА НЕИСПРАВНИМ *ISDN* ИЛИ *IP* ЛИНКОМ

У овом поглављу представљен је процес у групи канала са неисправним преносним путем са првенством избора. Као и када је размотрен исправан рад система (поглавље 13), посматра се у систем од два комутациона чвора и преносних путева међу њима. Размотрен је ток саобраћајног процеса, и ради илустрације приказан пример процеса.

15.1 ГРУПА КАНАЛА ИЗМЕЂУ ДВЕ ЦЕНТРАЛЕ СА НЕИСПРАВНИМ *ISDN* ИЛИ *IP* ЛИНКОМ

Посматрају се везе између два чвора, на примеру представљеном у поглављу 12.7. Уколико дође до неисправности дигиталног (пакетског) линка, комплетан саобраћај ће бити усмерен на ВФ везу. С обзиром на то да преко ње може бити услужен само мали део долазног саобраћаја, највећи део биће одбачен, односно усмерен на обилазни пут кроз мрежу. Систем са неисправним дигиталним (или пакетским), а исправним ВФ линком приказан је на слици (Сл. 15.1).



Сл. 15.1 ВЕЗЕ ИЗМЕЂУ ДВА ЧВОРА КАДА ЈЕ НЕИСПРАВАН ДИГИТАЛНИ ИЛИ ПАКЕТСКИ ЛИНК

Прекид линка спада у критичне кварове, па је баш тада значајно да се пренесе најважнији, диспечерски саобраћај (поглавље 9.1). Да би се омогућило да се преко ВФ везе обавља диспечерски саобраћај потребно је да буде раздвојен од пословног и да се само он преноси по ВФ линку, док се

пословни саобраћај може упутити обилазно кроз мрежу, па чак и изгубити уколико постоји ограниченост ресурса.

15.2 ТОК ПРОЦЕСА

Посматра се група канала, за коју важе претпоставке из поглавља 13.2. Процес се одвија на начин описан у овом поглављу, све до тренутка у коме долази до прекида на дигиталном (пакетском) линку. Од тог тренутка, одвија се следећи процес:

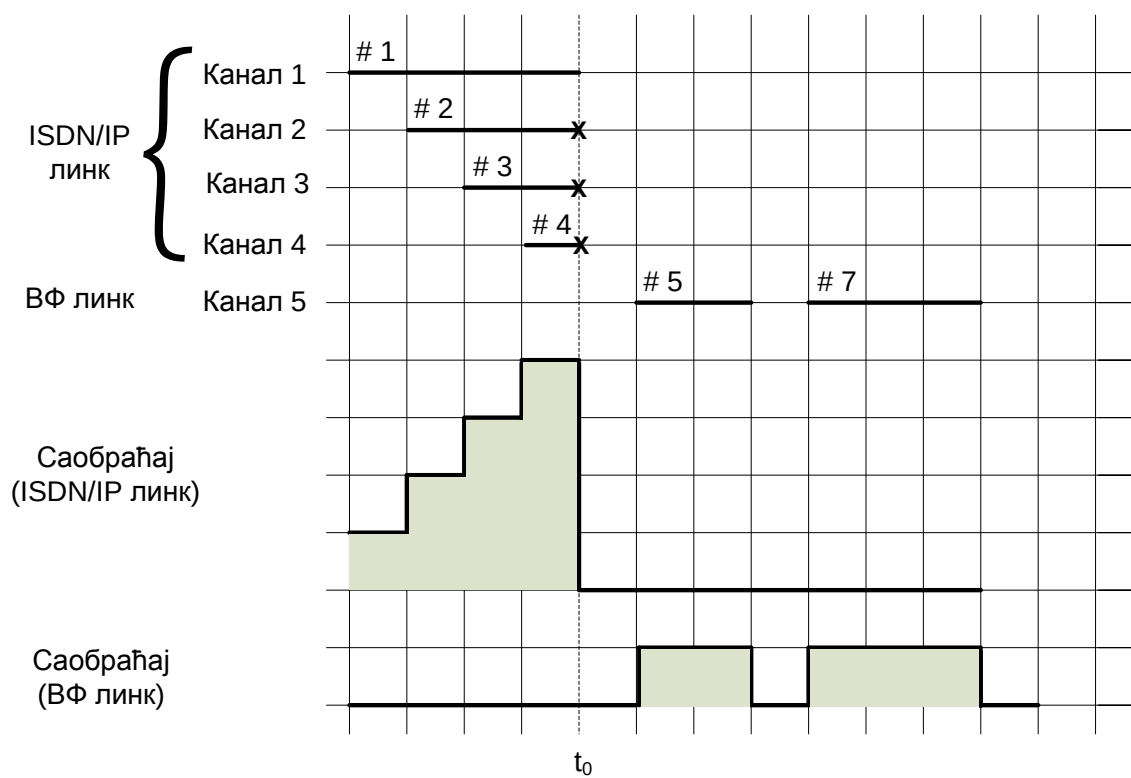
1. У систем долази нови позив
2. Проверава се да ли је слободан канал на ВФ линку
3. Уколико је ВФ канал слободан, пристигли позив га заузима.
Прелази се на корак 5
4. Уколико ВФ канал није слободан позив се преусмерава на обилазни пут, без додатних ефеката. Завршава се процес.
5. Након завршетка позива, ВФ канал се ослобађа, и постаје слободан за примање новог позива. Процес се завршава.

15.3 ПРИМЕР ПРОЦЕСА

Ради поређења понашања система са исправним и неисправним дигиталним (пакетским) линком, посматра се долазак позива у систем описан у поглављу 13.3, са том разликом што током рада система долази до неисправности на дигиталном линку (Сл. 15.2).

Након пристизања у систем, позиви од #1 до #4 заузимају канале истог броја. Један интервал након доласка последњег позива долази до завршетка разговора #1, а преносни пут постаје неисправан. На слици је то приказано као прекид позива #2, #3 и #4, односно прекид саобраћаја на дигиталном линку у тренутку t_0 .

Позив #5 долази у систем и заузима слободни ВФ канал. Пре завршетка овог разговора долази позив #6, који се не услужује, с обзиром на то да нема слободних канала, односно покушаће се његово остварење обилазним путем. Након завршетка разговора #5 ослобађа се ВФ канал. Поново га заузима позив #7, након чијег завршетка ВФ канал постаје слободан за пријем новог позива.



Сл. 15.2 Процес у систему са неисправним дигиталним линком

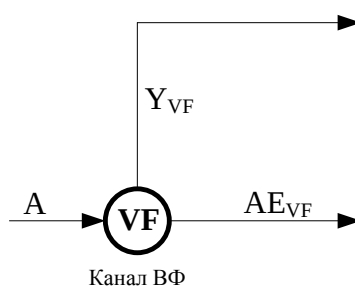
16 ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗЕТОСТИ ВФ ЛИНКА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ, СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ УЗАСТОПНИХ ЗАУЗИМАЊА

У овом поглављу разматра се када долази до заузимања ВФ канала у систему у коме је дошло до неисправности на преносном путу са првенством избора. Затим су приказана различита саобраћајна својства ВФ канала, аналогно својствима за исправан систем (поглавље 14).

16.1 ЗАУЗИМАЊЕ ВФ КАНАЛА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ

Систем који ради исправно поседује n канала на дигиталном (пакетском) линку који могу да пренесу саобраћај, а ВФ канал је био на позицији $n+1$, што је описано у поглављу 14.1.

Неисправност на преносном путу већег капацитета доводи до промене модела система. Првих n канала није у функцији, па се систем састоји само од једног канала у Ерланоговој групи. Дијаграм стања система представљен је на слици (Сл. 16.1).



Сл. 16.1 Дијаграм стања када је једино ВФ канал исправан

16.2 САОБРАЋАЈ У СИСТЕМУ КАДА ЈЕ САМО ВФ КАНАЛ ИСПРАВАН

Биће приказане саобраћајне карактеристике система у коме је само ВФ канал исправан. Представљене карактеристике одговарају онима у исправном систему, представљеним у поглављу 14.2. Користе се следеће величине: понуђени саобраћај у систему је A , а интензитет позивања је λ , а средње време

трајања разговора је t_m , а број канала на преносном путу са правом првенства је n . Ерлангова формула за губитке на првом каналу користи се у облику $E_1(A)$.

16.2.1 ВЕРОВАТНОЋА ЗАУЗЕТОСТИ ВФ КАНАЛА КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ

НЕИСПРАВНИ

Вероватноћа заузетости ВФ канала рачуна се на основу (12.22) као вероватноћа да је заузет први орган Ерлангове групе $P(1)$:

$$P(1) = \frac{A}{1+A} = E_1(A) \quad (16.1)$$

16.2.2 ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ ЛИНКУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ

НЕИСПРАВНИ

Понуђени саобраћај на ВФ линку A_{VF} једнак је укупном понуђеном саобраћају у систему A .

$$A_{VF} = A \quad (16.2)$$

16.2.3 ПРЕЛИВЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ

НЕИСПРАВНИ

Преливени саобраћају на ВФ каналу представља изгубљени саобраћај на њему R_{VF} . Рачуна се као производ понуђеног саобраћаја и вероватноће губитака на првом каналу Ерлангове групе са губицима. На основу (16.1) важи:

$$R_{VF} = AE_1(A) = \frac{A^2}{1+A} \quad (16.3)$$

16.2.4 УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ

НЕИСПРАВНИ

Услужени саобраћај на ВФ каналу Y_{VF} рачуна се као разлика понуђеног и изгубљеног саобраћаја на ВФ каналу, па према (16.3) важи:

$$Y_{VF} = A_{VF} - R_{VF} = \frac{A}{1+A} \quad (16.4)$$

16.2.5 СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДОЛАЗАКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ

Средње време између узастопних долазака позива на ВФ канала T_{iaVF} , обрнуто је сразмерно интензитету позивања у целом систему:

$$T_{iaVF} = \frac{1}{\lambda} \quad (16.5)$$

16.2.6 ИНТЕНЗИТЕТ ПОЗИВАЊА НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ

С обзиром на то да је целокупни саобраћај усмерен на ВФ канал, интензитет позивања на ВФ каналу λ_{VF} биће једнак интензитету позивања целог система:

$$\lambda_{VF} = \lambda \quad (16.6)$$

16.2.7 ВРЕМЕ ИЗМЕЂУ ДВА ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛУ КАДА СУ ОСТАЛИ КАНАЛИ НЕИСПРАВНИ

Долазак позива у систем је Пуасонов процес, како је остао у раду само ВФ канал, онда то важи за долазак позива на њега. Вероватноћа да време које протекне између два позива износи t , има негативно-експоненцијалну зависност, па на основу једначина (12.34) и (16.6) износи:

$$p_0(t) = e^{-\lambda t} \quad (16.7)$$

17 ОСНОВНО НАЧЕЛО ДЕТЕКТОРА

Да би се омогућило тумачење неисправности у систему насталих отказом преносног пута са првенством избора, прво је описан рад система приликом отказа, а затим је предложено решење у облику детектора предаларма и представљени су принципи његовог рада.

17.1 РАД СИСТЕМА ПРИЛИКОМ ОТКАЗА

До отказа може доћи на преносном путу са или без првенства избора. Неисправност на *ISDN* или *IP* преносном путу између два комутациона чвора оставља активан једино ВФ линк. На основу претходне анализе (поглавље 16.2.2) установљено је да се понуђени саобраћај у оваквом систему није променио. Приликом пројектовања ЕТМ практично комплетан саобраћај између чворова треба да се пренесе *ISDN* и *IP* путевима, док је ВФ пут присутан као пут другог избора. С обзиром на његове саобраћајне карактеристике, само мали део саобраћаја ће бити услужен, док ће се за значајно већи саобраћај изгубљен на ВФ линку покушати услуживање коришћењем обилазног упућивања.

Пренос по аналогном ВФ линку веома је поуздан чак и у случају кварова електроенергетских постројења [22]. Отказ ВФ преносног пута неће озбиљније нарушити рад система, због тога што је пут другог избора и може да услужи значајно мање саобраћаја од оног на линку са правом првенства. За проверу исправности ВФ линка може да се користи провера дужине његовог заузимања [43]. У класичној телефонској техници развијено је више алгоритама [44,45,46] који омогућавају да се на основу интензитета краткотрајних заузимања установи стање линка на коме је један канал, што може бити искоришћено и у овом случају.

Као што је описано у поглављу 11.1, проблем који се решава у раду је критичан проблем у ЕТМ, али је то ипак предаларм, а до аларма долази тек након отказа оба преносна пута. У ЕТМ ЕПС-а постојала је обавеза да се једном дневно врши провера рада ВФ линка позивањем корисника на другом крају мреже. Због лошијег квалитета веза по ВФ линку, диспечер је могао да претпостави да постоји проблем на преносном путу са правом првенства на основу дужег времена потребног да се чује сигнал звона након позива. На

основу провера, са великом вероватноћом могло је да се тврди да је ВФ линк у функцији, а вероватноћа да су истовремено неисправна оба линка у нормалном раду била је практично искључена (проблем би наступио у екстремним случајевима, нпр. услед пада далековода и сл.). Треба још једном поновити (11.1.5) да електромагнетне сметње знатно више долазе до изражаја код новије опреме, тако да се могу очекивати чешћи кварови на *ISDN* или *IP* линку.

Предлог који ће бити представљен треба да омогући локално разрешење проблема, коришћењем преносних путева између два суседна чвора. У литератури постоје још два предлога: у једном се користи централизовано препознавање кварова на основу времена одзива [47], а у другом се закључак да је дошло до прекида на линку доноси када на њему нема саобраћаја, док саобраћај у остатку система расте [48].

17.2 ОПИС ДЕТЕКТОРА

Са појавом предалармног стања (поглавље 11.1), односно неисправности преносног пута првог приоритета, још увек није угрожена расположивост ЕТМ јер се и даље одвија директан телефонски саобраћај између два чвора, али знатно мањег обима. Уколико дође до прекида и другог преносног пута, биће угрожена расположивост, односно доћи ће до алармног стања (поглавље 11.1).

Детектор је софтвер или склоп, у коме треба да се на основу неуобичајено честог заузимања ВФ канала прогласи постојање предалармног стања у систему.

Детектор треба да буде тако конструисан да се предалармно стање проглашава на основу надгледања ВФ преносног пута, користећи статистику заузимања. Потребно је, на основу броја и дужине заузетости у предвиђеном временском периоду, донети закључак о постојању предалармног стања, односно неисправности преносног пута првог избора. Граничне вредности показатеља предалармног стања рачунају се на основу статистичке анализе саобраћаја.

Приликом рада детектора не узима се у обзир целокупна веза с краја на крај (*End to End*), већ се врши анализа само дела путање између два чвора. Тако је омогућено локално решавање проблема.

Након проглашења предалармног стања диспечер може да обавести екипу за одржавање, а ВФ преносни пут, који има улогу вруће резерве, може да користи за одвијање само приоритетног (диспечерског) саобраћаја (поглавље 11.3).

18 ПОКАЗАТЕЉИ ВЕРОДОСТОЈНОСТИ РАДА ДЕТЕКТОРА

У овом поглављу представљене су величине које описују веродостојност рада детектора и описано је на који начин може доћи до грешке у његовом раду. Потом су представљени дијаграми који ће бити коришћени у наставку рада приликом описивања процеса у систему.

18.1 ВЕЛИЧИНЕ КОЈЕ ОПИСУЈУ ВЕРОДОСТОЈНОСТ РАДА ДЕТЕКТОРА

Препознавање предалармних стања на преносном путу засновано је на статистици позива. С обзиром на то да се користи статистика, потребно је установити могућност грешке, и установити величине које показују веродостојност рада детектора.

У табели (Таб. 18.1) приказана су могућа стања у систему и њихова читавања на детектору, као и подаци везани за нетачна тумачења детектора. Стварно стање преносног пута, односно предаларма, приказани су у колонама „стање линка“ и „стање предаларма“, у оквиру колоне *ISDN/IP* линк. У оквиру колоне „детектор“, приказано је читавање стања предаларма (колона „стање предаларма“). Приказана су сва читавања која се могу добити на излазу детектора. Стање предаларма може бити препознато као активно или неактивно, без обзира на стварно стање. У колони „резултат“ приказана је тачност рада детектора. За случајеве нетачног рада приказани су назив (колона „назив“) и ознака вероватноће (колона „ознака“):

- уколико је препознат предаларм који не постоји појава се назива *лажни ѡредаларм*, а његова вероватноћа означена је са P_{fra} (*false pre-alarm probability*) [49]
- уколико није препознат постојећи предаларм назив појаве је *ѡромашај*, а његова вероватноћа означена је са P_m (*missed pre-alarm probability*) [49]

ТАБ. 18.1 МОГУЋА ТУМАЧЕЊА СТАЊА ДЕТЕКТОРА

ISDN/IP линк		Детектор			
стање линка	стање предаларма	стање предаларма	резултат	назив	ознака
исправно	неактиван	неактиван	тачан	-	-
		активан	нетијачан	лажни предаларм	P_{fa}
неисправно	активан	неактиван	нетијачан	промашај	P_m
		активан	тачан	-	-

Поред ових вероватноћа, за рад детектора важно је и време *детекције*, односно време које протекне од квара до проглашења предаларма. Величина која га описује је *средње време детекције*, и биће означена са T_{dpa} (*detection of pre-alarm state mean time*) [49].

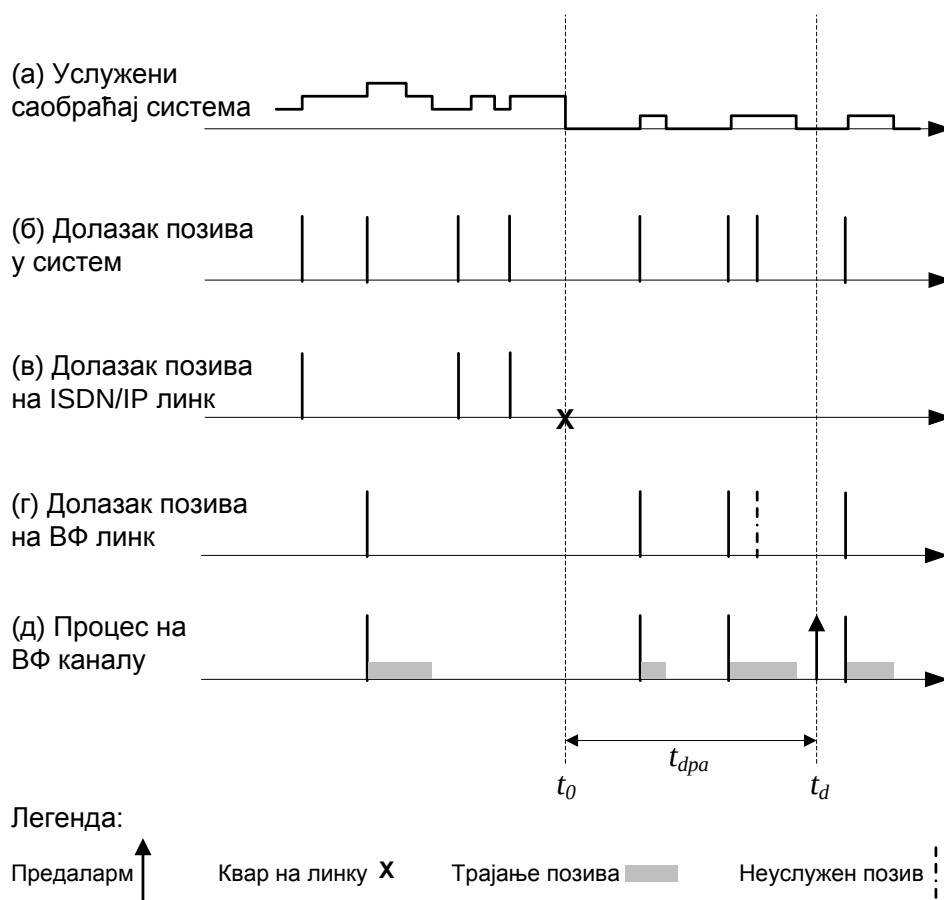
18.2 ДИЈАГРАМ ПРОЦЕСА ДЕТЕКЦИЈЕ

Уводе се дијаграми који омогућавају да се прати процес детекције (Сл. 18.1). Водоравна оса представља време, које је исто у свим дијаграмима. Уведено је следећих пет дијаграма:

- дијаграм (а) приказује услужени саобраћај у систему у облику степенасте криве која има случајну вредност у произвољном тренутку
- дијаграм (б) приказује доласке свих позива у систем који одговарају услуженом саобраћају. Представљени су доласци позива, јер њихово трајање није од значаја
- на дијаграму (в) представљен је долазак позива на ISDN/IP преносни пут. С обзиром на то да је од значаја ситуација тренутак отказа, обележен је одговарајућим симболом (X).
- на дијаграму (г) приказан је долазак позива на ВФ преносни пут
- на дијаграму (д) приказан је процес на ВФ каналу. Сенчењем је приказано трајање разговора, а стрелицом тренутак препознавања предаларма

Тренутак отказа ISDN/IP преносног пута означен је са t_0 , и обележен је испрекиданом линијом на свим дијаграмима. Тренутак препознавања предаларма обележен је са t_d , и такође је обележен испрекиданом линијом.

Време протекло до проглашења предаларма, односно од t_0 до t_d , означено је са t_{dra} .



Сл. 18.1 ПРИМЕР ПРОЦЕСА КОЈИ ВОДИ ДО ПРОГЛАШЕЊА ПРЕДАЛАРМА

Као илустрација коришћења дијаграма приказан је пример на слици (Сл. 18.1). Два нова позива стигла су на ВФ канал у периоду између појављивања кvara и његовог откривања помоћу детектора. Позив који је стигао у току трајања другог позива, није могао да буде услужен. Од особина пројектованог детектора зависи потребан број позива након отказа до проглашења предаларма, а самим тим и дужина времена детекције.

19 ДЕТЕКТОР СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ

У овом поглављу описано је правило рада детектора са једним кораком. Приказани су показатељи који описују веродостојност његовог рада као и дијаграми процеса детекције.

У овом и наредним поглављима, приликом генерисања дијаграма коришћени су резултати програма написани у програмском језику *Java*. За исцртавање дијаграма коришћена је апликација *Microsoft Excel*.

19.1 ПРАВИЛО РАДА ДЕТЕКТОРА

У систему са два преносна пута између два комутациона чвора, до заузимања ВФ линка долази у једном у два случаја (поглавље 11.1.1):

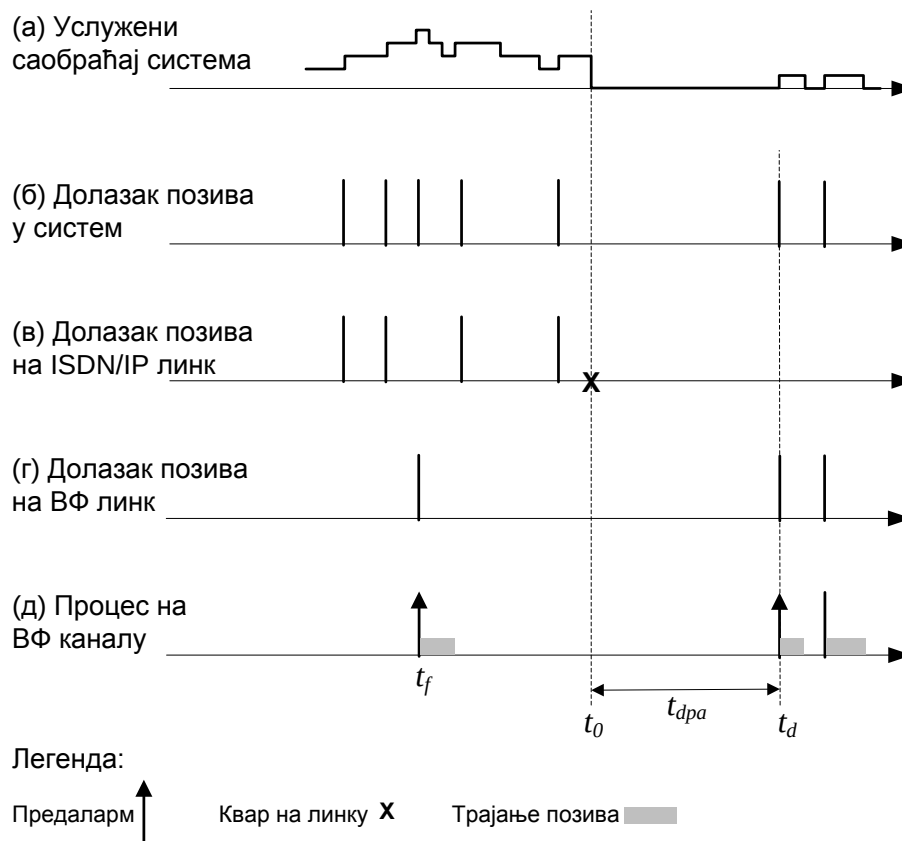
- уколико саобраћај нарасте на путу првог избора толико да дође до преливања саобраћаја на ВФ линк
- уколико дође до отказа на преносном путу првог избора, па први следећи позив доводи до заузећа ВФ линка

Дакле, код детектора са једним кораком свако заузимање ВФ линка представља предалармно стање [49].

На слици (Сл. 19.1) илустровано је понашање система, а представљени дијаграми одговарају опису из поглавља 18.

У примеру на слици два пута је детектор показао предалармно стање:

- у тренутку t_f прочитан је предаларм, али дошло је до нетачног тумачења на детектору, односно до лажног предаларма. До њега долази због пораста саобраћаја у систему (дијаграм (а)) који доводи до преливања саобраћаја на ВФ линк (дијаграм (g))
- у тренутку t_d прочитан је предаларм, што представља тачно тумачење на детектору. У тренутку t_o дошло је до отказа на *ISDN/IP* преносном путу (дијаграм (в)), и долазак првог позива (дијаграми (i) и (g)) на ВФ линк узроковао је ово тумачење



Сл. 19.1 ПРОЦЕС У ТОКУ КОГА ДОЛАЗИ ДО ПРОГЛАШЕЊА ПРЕДАЛАРМА ПРИМЕНОМ ДЕТЕКТОРА СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ

19.2 ПОКАЗАТЕЉИ ВЕРОДОСТОЈНОСТИ РАДА ДЕТЕКТОРА

Приликом коришћења величина које показују веродостојност рада детектора, у овом и наредним поглављима, број корака детекције биће написан у њиховом индексу.

Понашање система у исправном стању одговара моделу Ерлангове групе са губицима у којој има $n+1$ канала, описаном у поглављу 14.1, а прорачун заузимања ВФ канала одговара једначинама из поглавља 14.2. Када је у систему исправан једино ВФ канал, описују га једначине из поглавља 16.2.

Код детектора са једним кораком не постоји могућност промашаја, јер ВФ линк сигурно бива заузет у случају отказа пута првог избора. Дакле, вероватноћа промашаја P_{m1} једнака је нули:

$$P_{m1} = 0 \quad (19.1)$$

Тумачење лажног предаларма наступа када је систем у исправном стању, а саобраћај толико нарасте да долази до његовог преливања на ВФ линк.

Вероватноћа P_{fpa1} да дође до овог догађаја једнака је вероватноћи да је свих $n+1$ канала у систему заузето, што је описано једначином (14.1), односно важи да је једнака Ерланговој формули за губитке када је понуђени саобраћај у систему A и број канала у систему $n+1$:

$$P_{fpa1} = P(n+1) = \frac{\frac{A^{n+1}}{(n+1)!}}{\sum_{k=0}^{n+1} \left(\frac{A^k}{k!}\right)} = E_{n+1}(A) \quad (19.2)$$

На основу ове једначине важи да је вероватноћа лажног предаларма зависна од понуђеног саобраћаја. Дакле, са порастом саобраћаја долазиће до чешћег погрешног тумачења.

Средње време детекције T_{dpa1} једнако је средњем времену које протекне од два случајна догађаја – од отказа до доласка новог позива. На основу једначина (12.32) и (12.33) једнако је средњем времену између два доласка позива:

$$T_{dpa1} = T_{ia} = \frac{1}{\lambda} \quad (19.3)$$

На основу једначине (12.3) важи да је средње време детекције једнако количнику средње вредности дужине трајања разговора и понуђеног саобраћаја:

$$T_{dpa1} = \frac{t_m}{A} \quad (19.4)$$

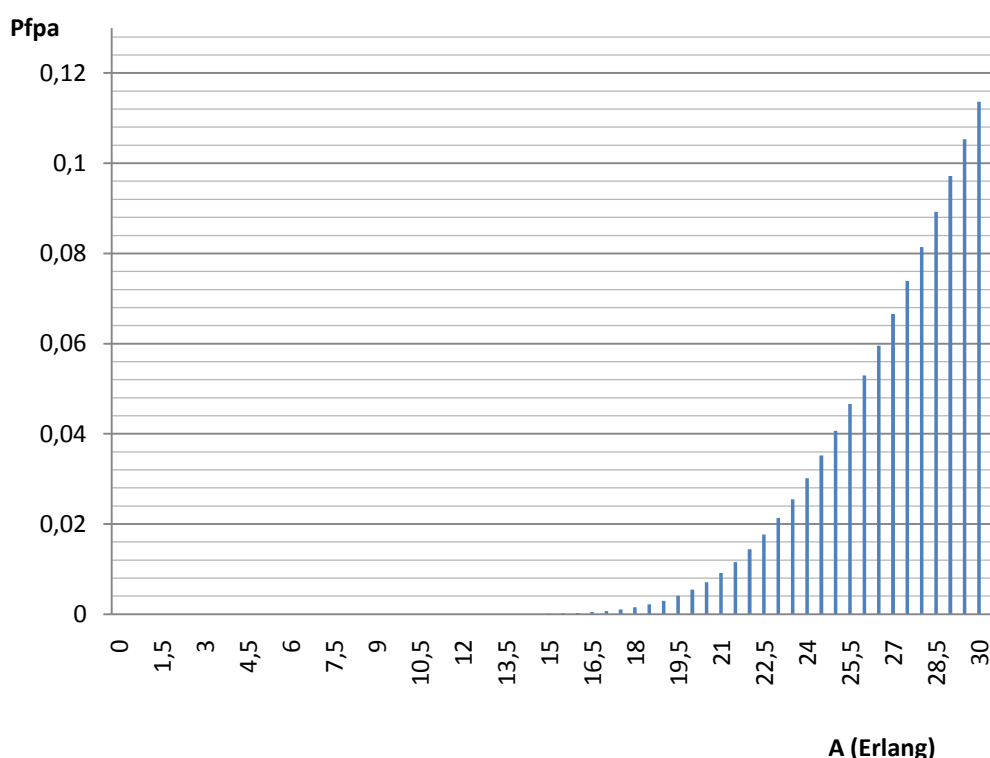
Како се средње време трајања разговора не мења, на основу ове једначине произилази да ће средње време детекције опадати са порастом понуђеног саобраћаја. Ово је узроковано бржим доласком нових позива у систем, што скраћује време од квара до првог позива.

На основу претходног разматрања закључује се да ово решење може да се примени у системима са малим саобраћајем. Када саобраћај порасте смањује се време детекције, али вероватноћа лажног предаларма толико порасте да се више не може о њој говорити као о ретком догађају, и резултат рада детектора постаје непоуздан.

19.3 ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ВРЕМЕНА ДЕТЕКЦИЈЕ

Ради илустрације коришћења детектора са једним кораком, посматраће се систем са једним *ISDN* и једним ВФ преносним путем. У раду ће се приликом анализа у којима се користи *ISDN* посматрати примарни *ISDN* са 30 канала ($n=30$).

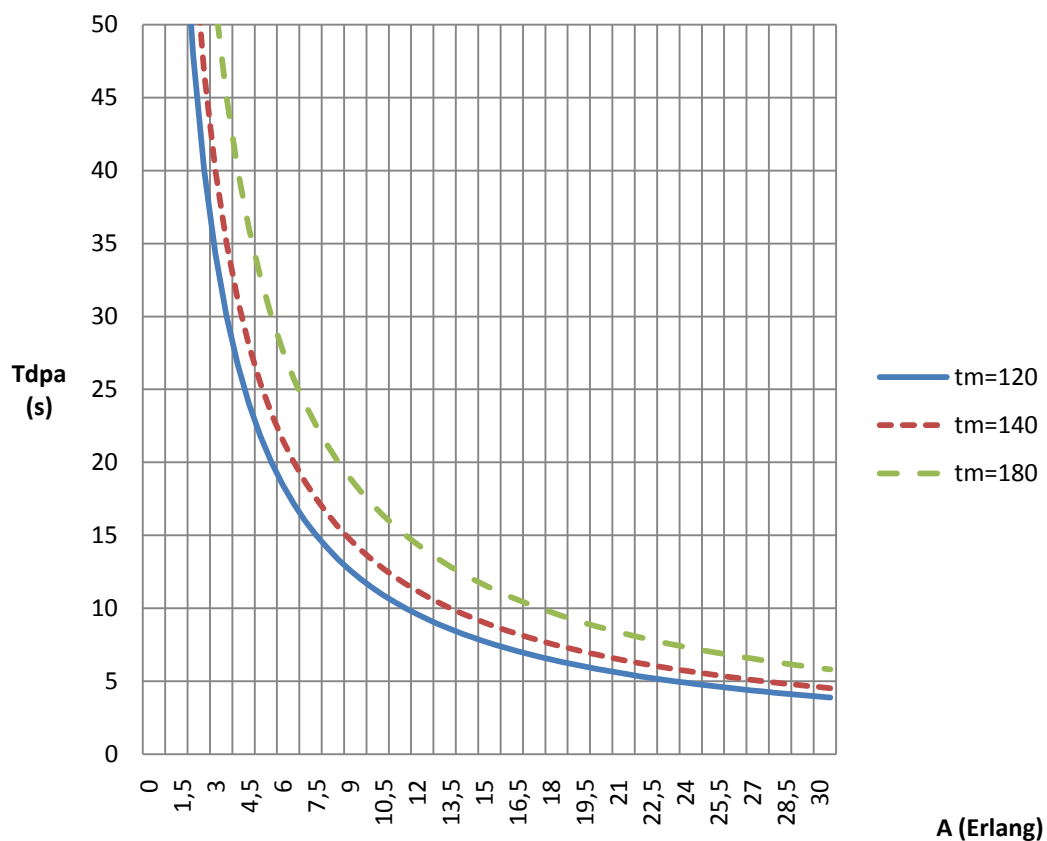
На првом дијаграму (Сл. 19.2), посматра се зависност вероватноће лажног предаларма од понуђеног саобраћаја. Са порастом понуђеног саобраћаја изнад 13 Ерланга, грешка прелази вредност од 10^{-5} , након 18 Ерланга достиже 10^{-3} , а када прелази 21 Ерланг достиже један проценат. За понуђени саобраћај од 26 Ерланга, вероватноћа грешке је шест посто, а за вредности преко 28 Ерланга прелази 10 посто. Дакле, као што је и закључено из анализе у поглављу 19.1, вероватноћа лажног предаларма није занемарљива за велике вредности понуђеног саобраћаја.



Сл. 19.2 ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ОД ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА ЗА ДЕТЕКТОР СА
ЈЕДНИМ КОРАКОМ

На другом дијаграму (Сл. 19.3), приказана је зависност времена проглашења предаларма од понуђеног саобраћаја. На дијаграму су приказане три криве, у зависности од средњег времена трајања разговора, које за прву

износи 120, другу 140 и трећу 180 секунди. Време детекције прелази 200 секунди само за понуђени саобраћај испод једног Ерланга, што није приказано да дијаграму. Већ при понуђеном саобраћају од девет Ерланга, у најнеповољнијем од три приказана случаја, дужина времена пада на 20 секунди, док за 16 Ерланга има вредност од око 10 секунди у најнеповољнијем случају. За 26 Ерланга, време детекције је испод 7 секунди, у најнеповољнијем случају.



Сл. 19.3 ЗАВИСНОСТ ВРЕМЕНА ДЕТЕКЦИЈЕ ОД ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА ЗА ДЕТЕКТОР СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ

19.4 ОСОБИНЕ ДЕТЕКТОРА СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ

На основу анализе спроведене у овом поглављу, закључује се да показатељи веродостојности рада детектора са једним кораком имају следеће особине:

1. Промашај у детекцији не постоји, па је вероватноћа промашаја нула
2. Вероватноћа лажног предаларма значајно зависи од понуђеног саобраћаја, па за вредности понуђеног саобраћаја које имају вредност

блиску капацитету линка вероватноћа предаларма има високе вредности.

3. Време детекције је кратко, и траје од појављивања квара на линку првог приоритета до доласка првог позива на ВФ линк. Време детекције смањује се са растом понуђеног саобраћаја.

Детектор са једним кораком има примену у системима са малим понуђеним саобраћајем, јер је тада вероватноћа лажног предаларма довољно мала да коришћење детектора неће доводити до честих погрешних детекција. Време детекције се за овакве системе продужава, али важно је поновити да детекција увек наступа са првим позивом који долази након прекида линка са правом првенства.

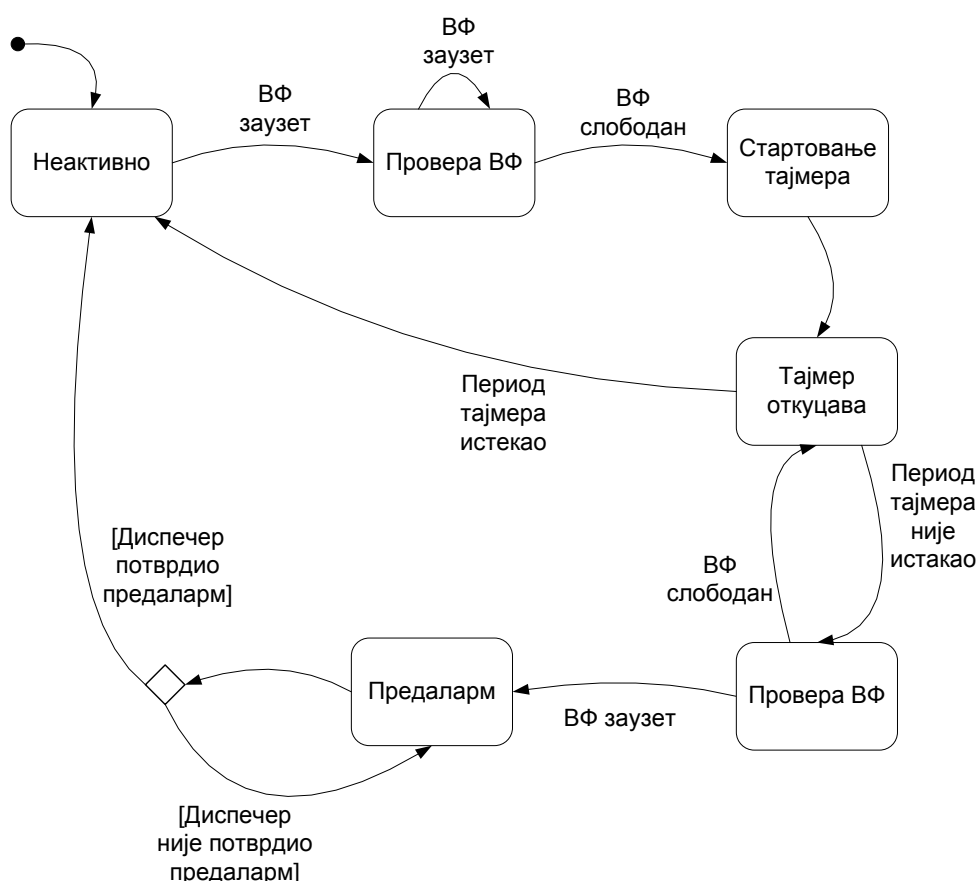
20 ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА

У овом поглављу представљени су принципи рада детектора са два корака, који представља решење којим треба да се побољшају особине које има детектор са једним кораком. Потом је спроведена анализа процеса у систему приликом исправних и неисправних тумачења детектора са два корака.

20.1 ПРИНЦИПИ РАДА

Непоуздан рад детектора са једним кораком приликом појачаног саобраћаја узрокује потребу за његовом изменом ради добијања решења са бољим особинама. Такво решење названо је детектор са два корака, јер се у два корака врши провера стања на ВФ каналу.

На слици (Сл. 20.1) представљен је дијаграм стања рада детектора.



Сл. 20.1 Дијаграм стања за детектор са два корака

Први корак и активација детектора наступа приликом заузећа ВФ канала, односно са појавом позива на њему. Други корак почиње чекањем на

завршетак разговора, а ограничен је трајањем интервала детекције T_2 који се мери коришћењем тајмера. Стање предаларма препознаје се на основу стања ВФ линка током другог корака рада детектора:

- уколико ВФ линк није поново заузет у току периода T_2 , сматра се да је заузео линк било последица повећаног саобраћаја, односно да се није појавио предаларм. Тада се детектор враћа у неактивно стање
- уколико се појави позив на ВФ линку у току периода T_2 , детектор прелази у стање предаларма. Све док диспечер не потврди обавештење о предаларму, детектор остаје у овом стању, након чега прелази у неактивно стање

Детектор остаје у неактивном стању све до појаве новог заузећа ВФ линка, чиме поново започиње први корак детекције.

20.2 ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ

Да би се представио процес на ВФ преносном путу разматрају се могућности исправних и неисправних препознавања предалармних стања у процесу на ВФ каналу. Током разматрања, користе се дијаграми чији опис је приказан у поглављу 18.

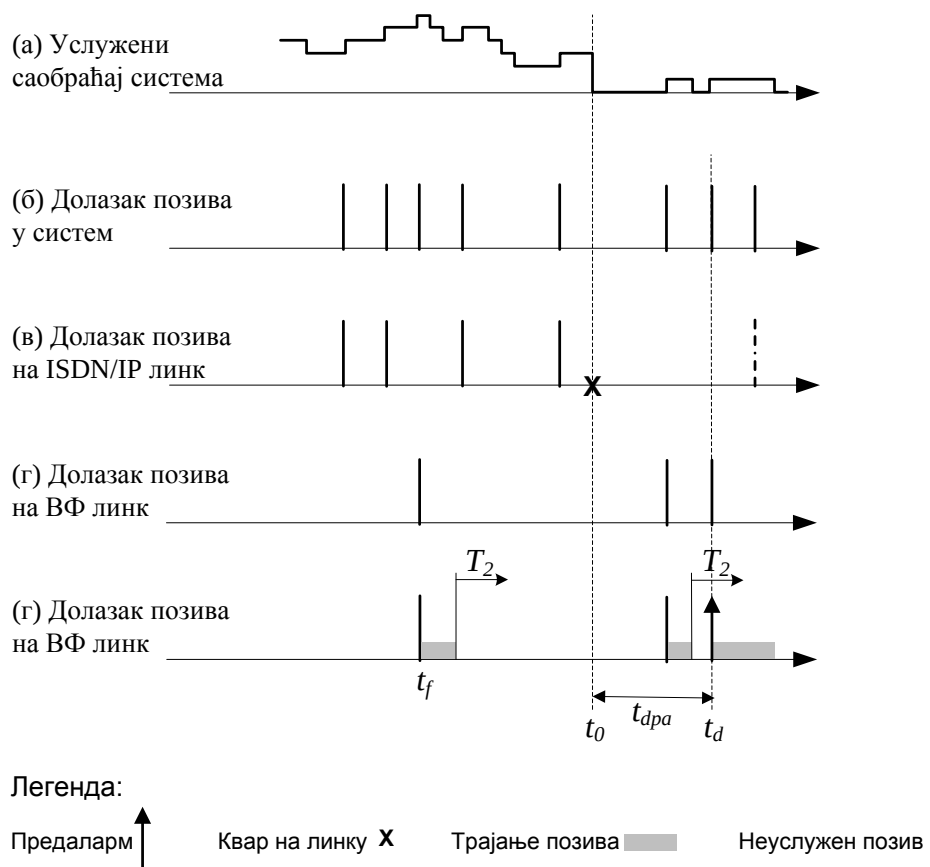
20.2.1 ПРОЦЕС НА ВФ КАНАЛУ ПРИЛИКОМ ТАЧНОГ ТУМАЧЕЊА ПРЕДАЛАРМА

Да би се илустровао процес на ВФ преносном путу и рад детектора са два корака приликом исправног тумачења аларма приказани су дијаграми на слици (Сл. 20.2).

У тренутку t_f саобраћај у систему толико порасте да долази до усмеравања позива на ВФ линк, и започиње рад детектора. Након окончања разговора, почиње рад тајмера T_2 . С обзиром на то да у току интервала детекције T_2 није стигао ни један нови позив на ВФ линк, закључено је да не постоји предалармно стање. С обзиром на то да се са слике види да *ISDN/IP* преносни пут у исправном раду, закључује се да је тачан резултат на детектору.

У тренутку t_0 долази до отказа на преносном путу са правом првенства. Детектор не започиње са радом, јер је стање на ВФ линку неактивно. Тек са пристизањем позива, у тренутку t_1 , долази до почетка рада детектора. Од завршетка разговора на ВФ преносном путу, током периода T_2 проверава се

стање на ВФ линку. Са доласком новог позива – у тренутку t_d – долази до проглашења предаларма. Време до проглашења предаларма представља време које протекне од тренутка t_0 до t_d . Као што се и на слици види, резултат детекције је тачан.

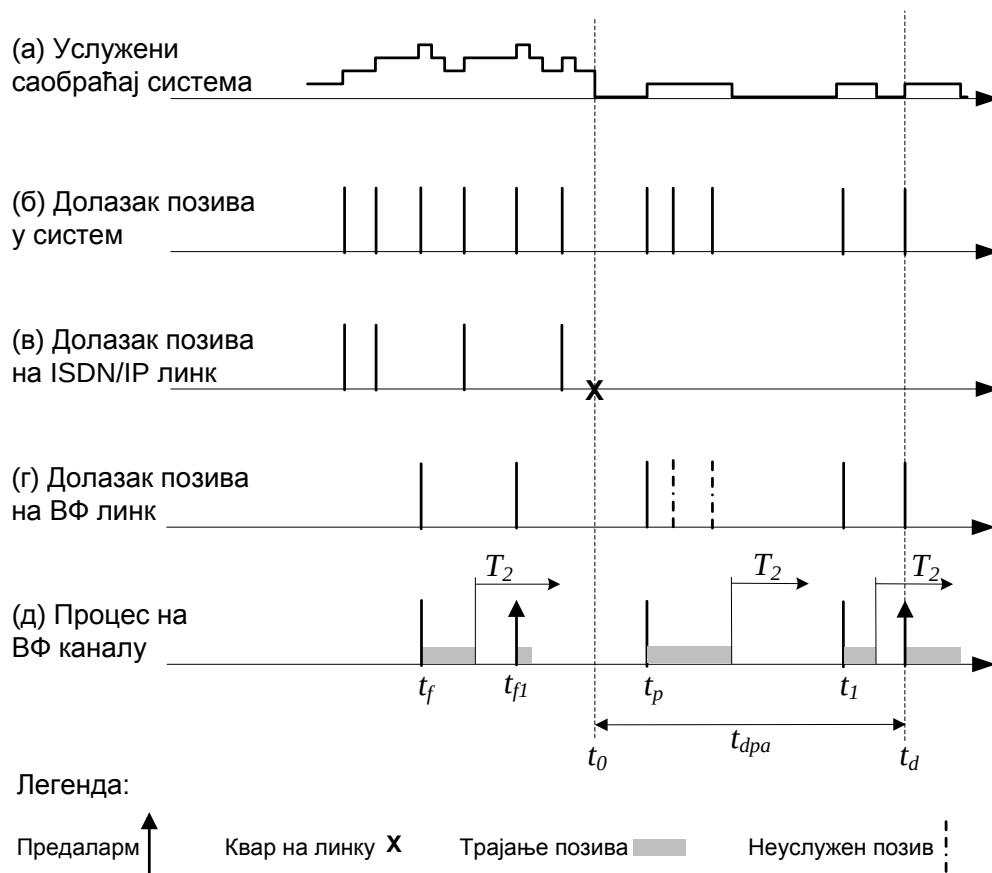


Сл. 20.2 ПРОЦЕС У ТОКУ КОГА ДОЛАЗИ ДО ТАЧНОГ ПРОГЛАШЕЊА ПРЕДАЛАРМА КОРИШЋЕЊЕМ ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА СА ПРВИМ УСПЕЛИМ ТУМАЧЕЊЕМ

Ради поређења, за овај пример искоришћен је исти процес доласка позива као приликом илустровања рада детектора у једном кораку (Сл. 19.1). У овом случају, коришћење детектора са два корака успешно је разрешење ситуације приликом појаве лажног предаларма која је описана за детектор са једним кораком (поглавље 19.1). И код једног и код другог детектора успешно је протумачена појава предаларма. Коришћењем детектора са два корака продужено је време детекције, за дужину средњег вредности трајања разговора и времена протеклог до појаве новог позива на ВФ каналу.

20.2.2 ПРОЦЕС НА ВФ КАНАЛУ ПРИЛИКО НЕТАЧНОГ ТУМАЧЕЊА ПРЕДАЛАРМА

Процес на ВФ преносном путу за различита нетачна тумачења на детектору приказан је на дијаграмима на слици (Сл. 20.3).



Сл. 20.3 ПРОЦЕС У ТОКУ КОГА ДОЛАЗИ ДО ПРОГЛАШЕЊА ПРЕДАЛАРМА КОРИШЋЕЊЕМ ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА СА ЈЕДНИМ НЕУСПЕЛИМ ТУМАЧЕЊЕМ И ЈЕДНИМ УСПЕЛИМ ТУМАЧЕЊЕМ

У тренутку t_f појављује се позив на ВФ линку услед преливања нараслог саобраћаја са ISDN/IP линка, што је тренутак активације детектора. Са завршетком овог разговора почиње други корак, и проверава се стање ВФ канала током периода T_2 . У приказаном случају саобраћај се поново прелива на ВФ линк, и појављује се позив у тренутку t_{f1} , на основу чега се у детектору закључује да је дошло до појаве предаларма. С обзиром на то да систем ради исправно, ово је лажни предаларм.

У тренутку t_0 долази до отказа на преносном путу вишег приоритета, услед чега се следећи позив упућује на ВФ линк у тренутку t_p . У току трајања овог разговора, остала два позива преусмерена су на обилазно упућивање. С обзиром на то да се не користи ISDN/IP линк сваки нови позив у систему биће упућен у ВФ канал, али у току трајања овог разговора, остала су неуслужена

два позива. Након завршетка разговора стартује се тајмер. Током периода T_2 није дошло до појављивања новог позива, тако да на детектору није препознато стање предаларма. С обзиром на стање система, у овом случају дошло је до промашаја на детектору.

Следећи позив појављује се на ВФ линку у тренутку t_1 , што поново изазива извршење првог корака детектора. Окончање разговора изазива други корак, односно активира се тајмер. Приказано је на дијаграму да се пре завршетка периода T_2 појављује нови позив. У тренутку појављивања позива t_d долази до препознавања предаларма на детектору. Прво укључивање детектора након промашаја довело је до проглашења предаларма, али је услед промашаја време детекције продужено.

21 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА

Лажни предаларм код детектора са два корака, као што је објашњено у поглављу 20.2.2, јавља се уколико током исправног рада система дође до два узастопна заузећа ВФ линка, уз услов да је појава другог позива унутар интервала детекције T_2 након окончања првог разговора. Због тога се вероватноћа појаве лажног предаларма P_{fpa2} рачуна као производ вероватноће P_{onVF} појаве позива на ВФ каналу и вероватноће $P_{call}(T_2)$ да се након завршетка претходног позива током интервала T_2 на ВФ каналу појави бар један позив.

$$P_{fpa2} = P_{onVF}P_{call}(T_2) \quad (21.1)$$

Као што је описано у поглављу 19.2, вероватноћа појаве позива на ВФ каналу када сви канали омогућавају пренос телефонског сигнала, једнака је вероватноћи да је заузето свих $n+1$ канала који постоје у систему. Вероватноћа P_{onVF} одговара вероватноћи појаве лажног предаларма код детектора са једним кораком и једнака је Ерланговој формули за губитке, у систему са понуђеним саобраћајем A и бројем канала $n+1$:

$$P_{onVF} = P_{fpa1} = E_{n+1}(A) \quad (21.2)$$

На основу разматрања у поглављу 14.2.7, процес на ВФ каналу одговара Испрекиданом Пуасоновом процесу. Једначине Испрекиданог Пуасоновог процеса важе за преливну групу, у којој увек могу да се прихвате позиви (поглавље 12.8.3). Током процеса број долазака позива варира током времена, а саобраћај је груписан (*burst*).

За разлику од преливне групе, на ВФ каналу одвијају се позиви, па самим тим се на њему не прихвата ни један позив док је ВФ канал заузет. Ти позиви прелазе у преливени саобраћај, тако да се информације о њима губе. Познавање тренутака доласка ових позива довело би до промене у моделу, због особине памћења искоришћене хиперекспоненцијалне зависности, односно због постојања зависности будућих од претходних догађаја.

Приликом одређивања вероватноће $P_{call}(T_2)$ да се бар један позив појави на ВФ каналу, треба поновити да интервал T_2 у коме се врши провера доласка позива почиње са завршетком разговора. Будући да се информације о

позивима губе током трајања разговора, сматраће се да се прорачуном добијају само приближни резултати. Ради процене вероватноће, биће примењена апроксимација (поглавље 14.2.6) којом се вероватноћа представља негативно-експоненцијалном зависношћу [49].

Вероватноћа $P_{call}(T_2)$ да дође до појаве макар једног позива током периода T_2 искључује једино вероватноћу да се не појави ни један позив. На основу (14.10):

$$P_{call}(T_2) = 1 - p_0(T_2) = 1 - e^{-\lambda_{VF}T_2} = 1 - e^{-\left(\frac{T_2}{T_{ia}}E_n(A)\right)} \quad (21.3)$$

У овој једначини λ_{VF} представља интензитет позивања на ВФ линку.

На основу једначина (21.2) и (21.3) вероватноћа лажног предаларма P_{fpa2} износи:

$$P_{fpa2} = P_{fpa1} \left(1 - e^{-\left(\frac{T_2}{T_{ia}}E_n(A)\right)} \right) = E_{n+1}(A) \left(1 - e^{-\left(\frac{T_2}{T_{ia}}E_n(A)\right)} \right) \quad (21.4)$$

22 ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА

Промашај приликом рада детектора са два корака јавља се уколико након исправно препознатог стања у првом кораку, до краја трајања другог корака не стигне нови позив. С обзиром на то да је дошло до отказивања *ISDN/IP* преносног пута, важе дискусија и једначине из поглавља 16.2

Као што је приказано у поглављу 20.2.2, да би дошло до промашаја прво треба да дође позив у систем у коме је отказао *ISDN/IP* преносни пут. Вероватноћа доласка позива на ВФ линк P_{arcall} , када је то једини активни преносни пут, приказана је формулом (16.1):

$$P_{arcall} = \frac{A}{A + 1} \quad (22.1)$$

Да би дошло до промашаја, током интервала T_2 након завршетка првог разговора не сме да стигне ни један позив. Услед особине одсуства памћења, тренутак почетка рада тајмера, односно завршетка првог разговора, не утиче на вероватноћу овог догађаја, који према (16.7) износи:

$$p_0(T_2) = e^{-\lambda T_2} \quad (22.2)$$

Вероватноћа промашаја P_{m2} једнака је производу вероватноћа два описана независна догађаја, и користећи (22.1), (22.2) и (16.5) добија се:

$$P_{m2} = \left(\frac{A}{A + 1} \right) e^{-\lambda T_2} = \left(\frac{A}{A + 1} \right) e^{-\frac{T_2}{T_{ia}}} \quad (22.3)$$

На основу ове једначине, закључује се да на већим вредностима понуђеног саобраћаја, први члан има вредност приближно једнаку један, па вероватноћа зависи само од дужине интервала детекције T_2 , односно важи:

$$P_{m2} \approx e^{-\frac{T_2}{T_{ia}}} \quad (22.4)$$

Вероватноћа промашаја одговара негативно-експоненцијалној зависности за количник интервала детекције и средњег времена између два позива. Интервал детекције је величина која се током пројектовања задаје, и

не мења током употребе детектора, па се закључује да је вероватноћа промашаја константна за једном пројектовани детектор.

23 СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ КОД ДЕТЕКТОРА СА ДВА КОРАКА

Време до проглашења предаларма, односно време детекције, рачуна се од тренутка када се десио квар на *ISDN/IP* преносном путу, до тренутка његовог откривања у другом кораку рада детектора. Састоји се из три временска периода (Сл. 20.2):

1. времена које протекне од тренутка отказа до пристизања првог позива
2. трајања разговора
3. времена које протекне од завршетка првог разговора до пристизања следећег позива

Да би се израчунало средње време детекције, потребно је установити колико износе средње вредности ових величина.

Средње време од тренутка отказа до доласка првог позива, због особине одсуства памћења случајних догађаја по Пуасоновој расподели (поглавље 12.8.1), једнако је средњем времену између два доласка позива T_{ia} . Из истог разлога, средње време од завршетка првог разговора до доласка следећег једнако је средњем времену између два доласка позива T_{ia} . Средње време трајања разговора унапред је познато, и износи t_m .

На основу ове анализе, закључује се да средње време детекције предаларма T_{dpa2} износи:

$$T_{dpa2} = T_{ia} + t_m + T_{ia} = 2 T_{ia} + t_m = 2 \frac{t_m}{A} + t_m \quad (23.1)$$

Важи да је средње време трајања разговора знатно дуже од средњег времена које протекне између два позива (очекивано за ред величине), па оно преовлађујуће утиче на средње време детекције. Преко средњег времена између два позива ова величина зависи од понуђеног саобраћаја, али због описане сразмере ова зависност није од значаја.

У односу на рад детектора са једним кораком, продужено је време детекције за трајање другог корака: $T_{ia} + t_m$

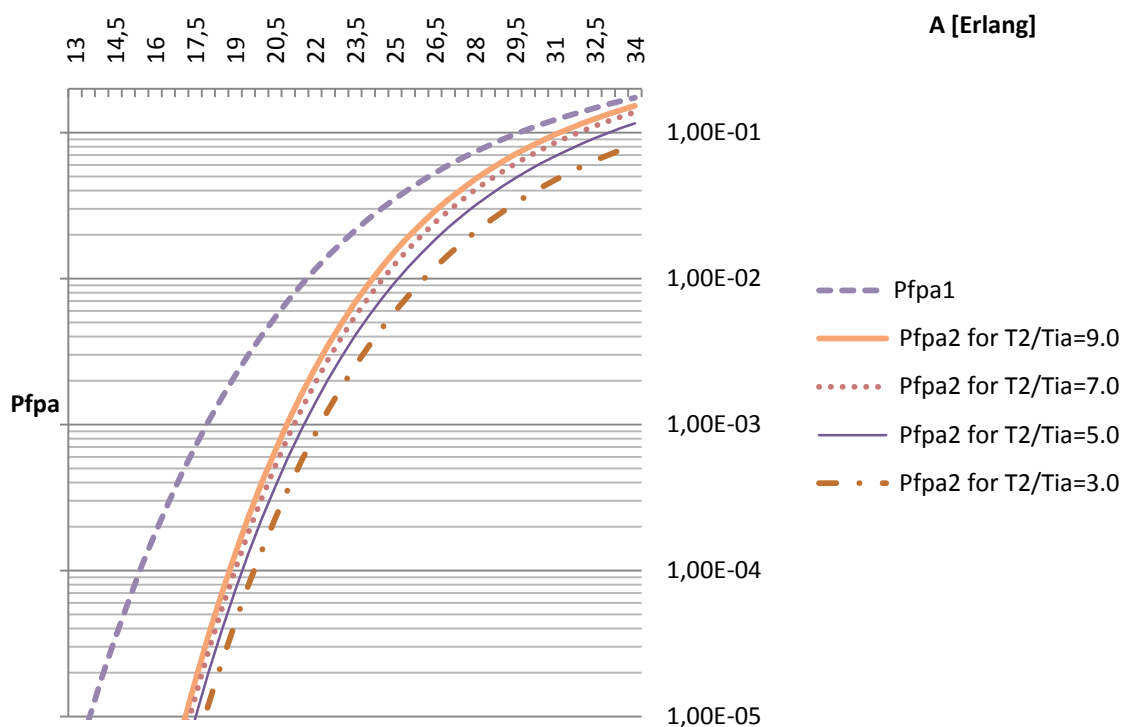
24 ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА

У овом поглављу приказани су дијаграми зависности вероватноће лажног предаларма од понуђеног саобраћаја, за различити број канала на преносном путу првог приоритета. Такође, представљена је и зависност вероватноће лажног предаларма од дужине интервала детекције.

24.1 ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА *ISDN* ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА

На основу једначине (21.4) закључено је да постоји зависност вероватноће лажног предаларма од понуђеног саобраћаја. Као што је наведено у поглављу 21, са порастом броја позива расте вероватноћа да ће на ВФ линку један завршити, а други започети у оквиру интервала детекције, када је попуњен капацитет *ISDN/IP* преносног пута.

Дијаграм зависности вероватноће лажног предаларма за *ISDN* преносни пут првог приоритета приказан је на слици (Сл. 24.1). Приликом представљања вероватноће на дијаграмима коришћена је логаритамска скала. Криве представљају вероватноће лажног предаларма за различите дужине интервала детекције, који је приказан као умножак средњег времена које протекне између два позива. Приказане су три криве за вероватноћу лажног предаларма P_{fra2} за детектор са два корака: за интервале детекције 3, 6 и 9 средњих времена између два позива. Ради поређења, на дијаграму је приказана и вероватноћа лажног предаларма за детектор са једним кораком P_{fra1} .



Сл. 24.1 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА У ЗАВИСНОСТИ ОД ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА, ЗА РАЗЛИЧИТЕ ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, ISDN ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $N=30+1$ КАНАЛ

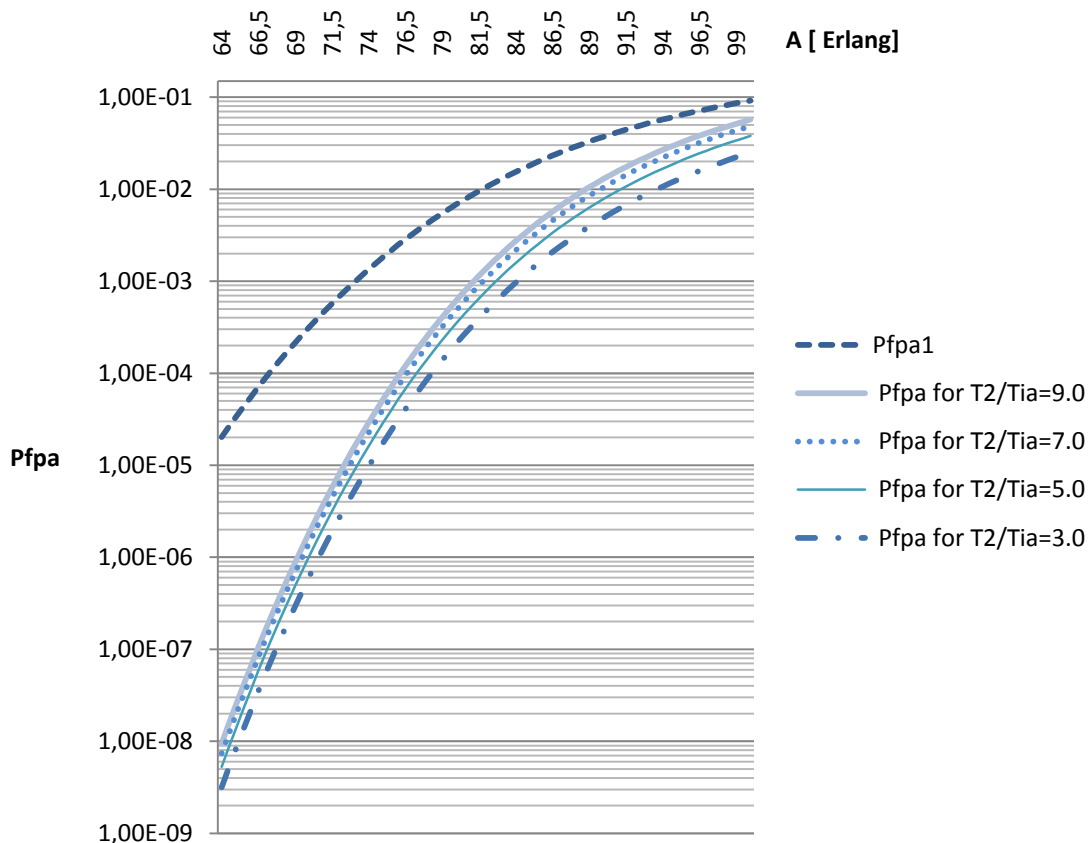
Уколико се као преносни пут са правом првенства користи *IP* линк, приликом пројектовања ЕТМ предвиђа се унапред број канала на њему сагласно захтеву купца. Није познато да се у ЕТМ ЕПС-а користи више од 30 канала на *IP* линку, тако да се могу користити резултати представљени за *ISDN* преносни пут (Сл. 24.1).

24.2 ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА *IP* ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА СА ВЕЋИМ БРОЈЕМ КАНАЛА

За детектор са два корака следи теоријско разматрање резултата уколико би дошло до повећања броја канала на *IP* линку. Овај прорачун врши се само као илустрација понашања система са великим бројем канала, а без значаја је за садашњу ЕТМ. На дијаграмима приказана је зависност вероватноће лажног предаларма (на логаритамској скали) на преносном путу првог приоритета *IP* типа од понуђеног саобраћаја за:

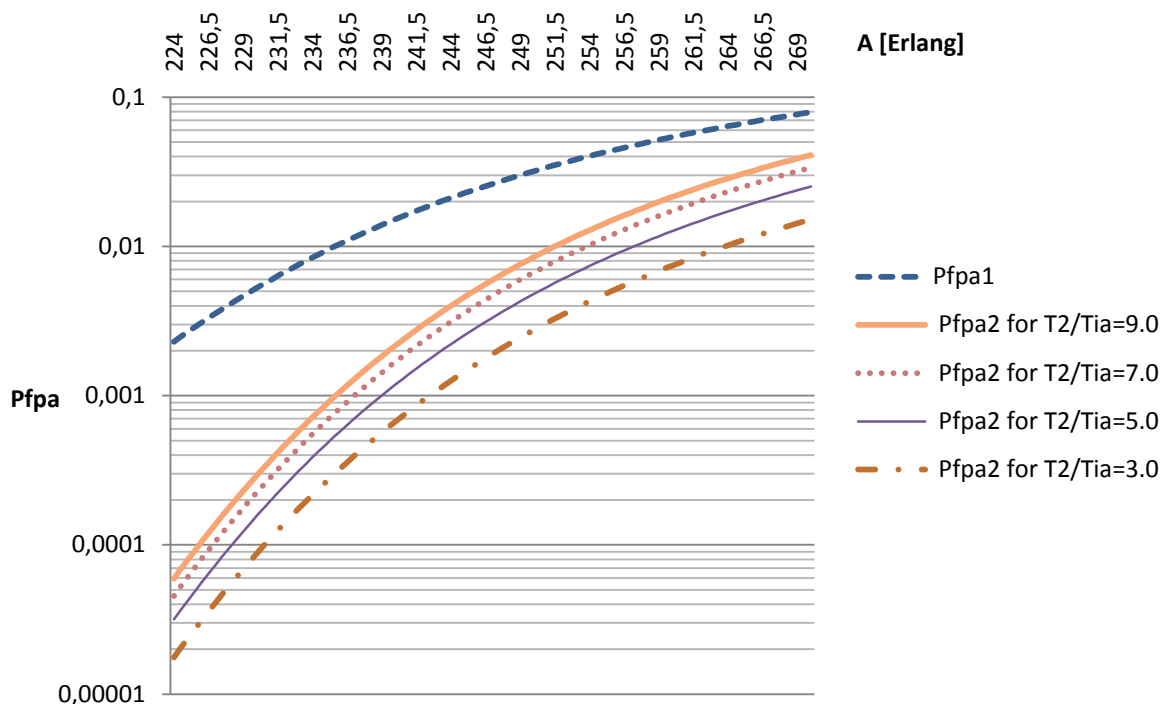
- *IP* преносни пут са 96 канала (Сл. 24.2)
- *IP* преносни пут са 256 канала (Сл. 24.3)

За оба преносна пута приказано је пет кривих: четири су за вероватноћу лажног предаларма за детектор са два корака P_{fpa2} , за интервале детекције дужине 3, 5, 7 и 9 средњих времена између два позива, као и једна за вероватноћу лажног предаларма за детектор са једним кораком P_{fpa1} .



Сл. 24.2 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА У ЗАВИСНОСТИ ОД ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА, ЗА РАЗЛИЧИТЕ ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, ДЕТЕКТОРИ СА ЈЕДНИМ И ДВА КОРАКА, IP ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $N=96+1$ КАНАЛ

Као што је приказано на дијаграмима, код линкова са великом бројем канала значајно је смањена вероватноћа лажног предаларма P_{fpa2} у односу на детектор са једним кораком P_{fpa1} . Са порастом интервала детекције, при високим вредностима понуђеног саобраћаја, вероватноћа лажног предаларма P_{fpa2} приближава се вероватноћи код детектора са једним кораком P_{fpa1} , али је увек мања, јер други члан у једначини (21.1) не може имати вредност један.



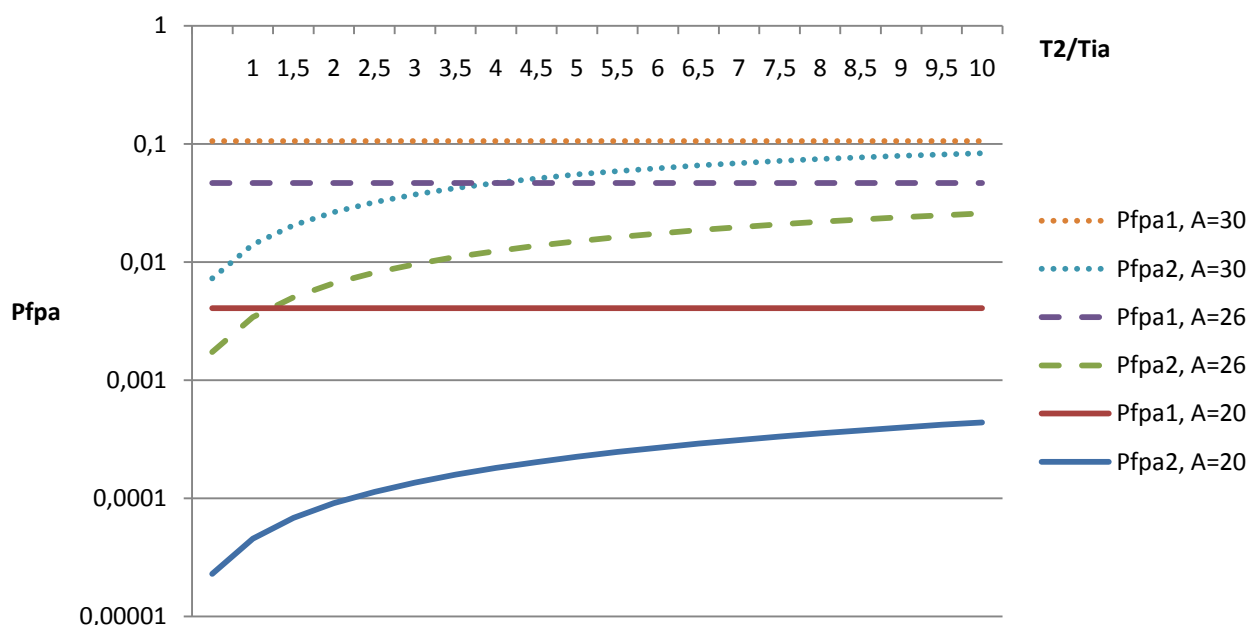
Сл. 24.3 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА У ЗАВИСНОСТИ ОД ПОНУЋЕНОГ САОБРАЋАЈА, ЗА РАЗЛИЧИТЕ ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, ДЕТЕКТОРИ СА ЈЕДНИМ И ДВА КОРАКА, *IP* ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $N=256+1$ КАНАЛ

24.3 ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ОД ДУЖИНЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ

На основу једначине (21.4) закључује се да поред зависности од понућеног саобраћаја, приказане у поглављу 24.1 и 24.2, постоји зависност вероватноћа лажног предаларма од дужине интервала детекције. Ово се може потврдити на основу слике (Сл. 20.2), јер са растом интервала детекције расте вероватноћа да ће сви канали на *ISDN/IP* преносном путу бити заузети, и да ће позив током тог интервала завршити на ВФ линку.

На дијаграму (Сл. 24.4) приказана је зависност вероватноће лажног предаларма од интервала детекције, за три вредности понућеног саобраћаја: 20, 26 и 30 Ерланга. Изабране вредности понућеног саобраћаја знатно надмашују типичне пројектантске вредности у ЕТМ, а поготову очекиване вредности у ЕТМ (као што је поменуто у 6.2.2, капацитет *ISDN* преносног пута премашује потребе ЕТМ), због чега се могу сматрати најнеповољнијим случајем.

На дијаграмима су за сваку од три вредности понуђеног саобраћаја приказане по две криве: за вероватноћу лажног предаларма за детектор са једним кораком P_{fpa1} и за вероватноћу лажног предаларма за детектор са два корака P_{fpa2} . Криве за ове две вероватноће при истој вредности понуђеног саобраћаја приказане су линијама исте попуњености.



Сл. 24.4 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРЕДНОСТИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА, ДЕТЕКТОРИ СА ЈЕДНИМ И ДВА КОРАКА, *ISDN* ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $N=30+1$ КАНАЛ

Вероватноћа лажног предаларма за детектор са једним кораком на дијаграму има константну вредност за изабрани понуђени саобраћај, без обзира на дужину интервала детекције, што се могло закључити и на основу једначине (19.2). Вероватноћа лажног предаларма за детектор са два корака увек је мања него за детектор са једним кораком, али јој се приближава са порастом интервала детекције.

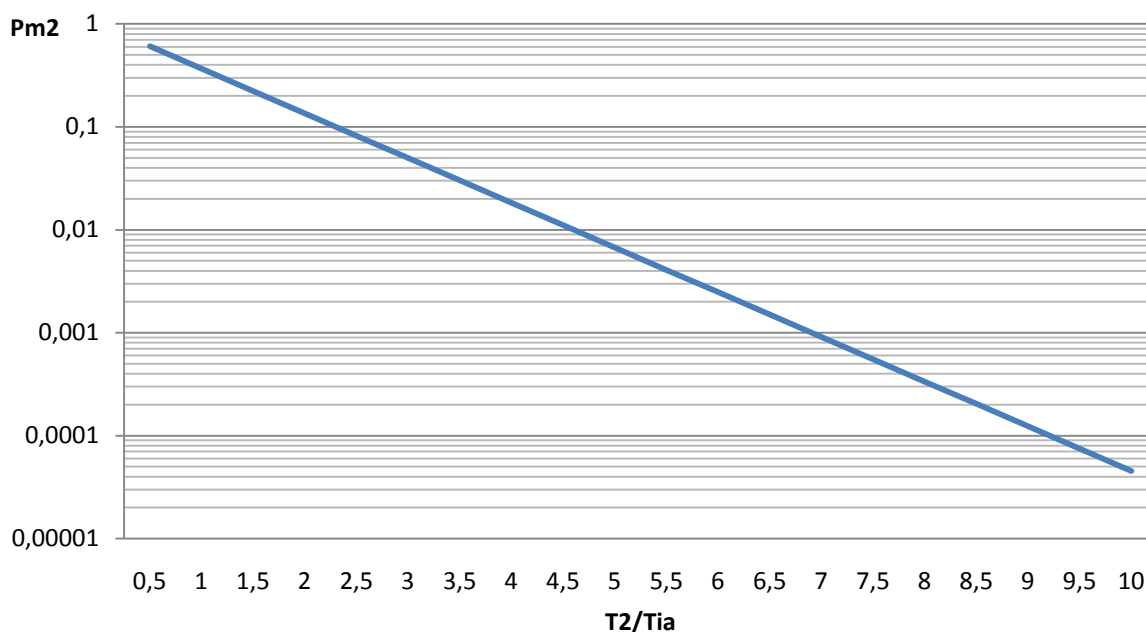
Приказане криве показују да је вероватноћа појављивања лажног предаларма мања што је понуђени саобраћај мањи, без обзира да ли се користи детектор са једним или са два корака.

25 ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА

На основу разматрања у поглављу 22, закључено је да вероватноћа промашаја зависи једино од интервала детекције.

Зависност вероватноће промашаја P_{m2} од интервала детекције приказана је на дијаграму на слици (Сл. 25.1). Вероватноћа има негативно-експоненцијалну зависност, па има облик опадајуће линеарне функције када је приказана на логаритамској скали у зависности од интервала детекције. Интервали детекције приказани су у односу на средње време између доласка два позива.

Зависност приказана на дијаграму важи за све системе у којима се примењује детектор са два корака, без обзира на остале саобраћајне карактеристике система.



Сл. 25.1 ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА *ISDN* ПРЕНОСНИ ПУТ
ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $N=30+1$ КАНАЛ

Дијаграм се може користити тако што се на графику пронађе одговарајућа вредност вероватноће за унапред познати интервал детекције, или тако што се пре пројектовања за унапред задату вероватноћу промашаја проналази одговарајућа вредност интервала детекције.

26 ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА

Дужина интервала детекције представља једину величину чијом променом приликом пројектовања детектора може да се утиче на његов рад. Да би се одредило оптимално трајање интервала детекције, прво је извршена анализа његовог утицаја на вероватноћу лажног предаларма и вероватноћу промашаја, на основу чега је предложен критеријум избора. Као посебан део овог поглавља приложене су табеле са прорачунима.

26.1 МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА

На основу анализе спроведене у поглављу 24.1, вероватноћа лажног предаларма расте са повећањем понуђеног саобраћаја, као и са порастом интервала детекције – јединим параметром рада детектора на који се може утицати приликом његовог пројектовања.

У табели (Таб. 26.1) приказане су вредности вероватноће лажног предаларма детектора са два корака P_{fpa2} у зависности од понуђеног саобраћаја. Једна врста приказује вредности за различите интервале детекције, изражене коришћењем времена између два доласка позива (ознака tt замењује T_2/T_{ia}). Ради поређења, у последњој колони приказана је вероватноћа лажног предаларма за детектор са једним кораком P_{fpa1} . Приказане вредности односе се на *ISDN* преносни пут са првим приоритетом (са 30 канала за пренос говора) и једним ВФ каналом (због чега је укупан број канала у табели представљен са $N=30+1$).

ТАБ. 26.1 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА - *ISDN* ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА

	$P_{fpa2} \{tt=T_2/T_{ia}, N=30+1\}$											
A	tt = 0,5	tt = 1	tt = 2	tt = 3	tt = 4	tt = 5	tt = 6	tt = 7	tt = 8	tt = 9	tt = 10	P_{fpa1}
13	1,1E-10	2,1E-10	4,2E-10	6,3E-10	8,4E-10	1,1E-09	1,3E-09	1,5E-09	1,7E-09	2,0E-09	2,1E-09	9,4E-06
26	0,00173	0,00341	0,00660	0,00958	0,01238	0,01499	0,01743	0,01972	0,02186	0,02386	0,02573	0,066
32	0,01188	0,02280	0,04208	0,05838	0,07217	0,08382	0,09368	0,10201	0,10905	0,11501	0,12005	0,1476
34	0,01754	0,03339	0,06065	0,08291	0,10108	0,11592	0,12803	0,13793	0,14600	0,15260	0,15798	0,1819

Поређењем резултата, закључује се да са растом интервала детекције вредност вероватноће лажног предаларма постаје све ближа вероватноћи код детектора са једним кораком. Са порастом понуђеног саобраћаја ове вредности још више се приближавају.

26.2 МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА

Приликом отказа преносног пута са правом првенства, његов интензитет позивања једнак је интензитету позивања целог система (једначина (16.6)), па се на основу (21.3) вероватноћа да дође до позива током интервала детекције $P_{call}(T_2)$ рачуна као:

$$P_{call}(T_2) = 1 - p_0(T_2) = 1 - e^{-\frac{T_2}{T_{ia}}} \quad (26.1)$$

На основу (22.4) важи да је умањилац у претходној једначини једнак вероватноћи промашаја P_{m2} :

$$P_{call}(T_2) = 1 - P_{m2} \quad (26.2)$$

Ова једначина показује да повећање дужине другог корака детекције, односно интервала детекције T_2 , утиче истовремено на повећање вероватноће појаве позива и смањење вероватноће промашаја. У табели (Таб. 26.2) представљене су зависности од интервала детекције вероватноће промашаја P_{m2} и вероватноће доласка позива током интервала детекције $P_{call}(T_2)$. Интервал детекције представљен је коришћењем времена између два доласка позива T_2/T_{ia} .

ТАБ. 26.2 ЗАВИСНОСТ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА И ВЕРОВАТНОЋЕ ПОЈАВЕ ПОЗИВА ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ - ISDN ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА

T_2/T_{ia}	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_{m2}	0,60653	0,36788	0,13534	0,04979	0,01832	0,00674	0,00248	0,00091	0,00034	0,00012	0,00005
$P_{call}(T_2)$	0,39347	0,63212	0,86466	0,95021	0,98168	0,99326	0,99752	0,99909	0,99966	0,99988	0,99995

Са продужењем интервала детекције долази до повећања вероватноће да ће доћи позив $P_{call}(T_2)$, односно смањује се вероватноћа промашаја P_{m2} .

26.3 КРИТЕРИЈУМИ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ

На основу разматрања у поглављима 21 и 22, показано је да пораст интервала детекције утиче на раст вероватноће лажног предаларма, и опадање вероватноће промашаја. Да би се пронашла оптимална вредност интервала детекције, извршено је сабирање ових величина, након чега је тражен минимум њиховог збира. Сматрано је да су обе од подједнаког значаја, а уколико то не би био случај приликом сабирања би се уз сваку од њих нашао тежински коефицијент. За тај случај требало би извршити прорачуне који следе.

За изабрани интервал детекције израчунати су зборови вероватноћа лажног предаларма и промашаја при различитим вредностима понуђеног саобраћаја. Ово је поновљено за различите дужине интервала детекције. Табеле (приказане у поглављу 26.3.1) су попуњене овим вредностима за различите дужине интервала детекције. Поређењем вредности из табела, за сваку вредности понуђеног саобраћаја из табеле, пронађен је интервал детекције са минималним збиром вероватноћа. На дијаграмима је приказано у којим опсезима понуђеног саобраћаја су минималне вредности збира вероватноће лажног предаларма и вероватноће промашаја, зависно од интервала детекције.

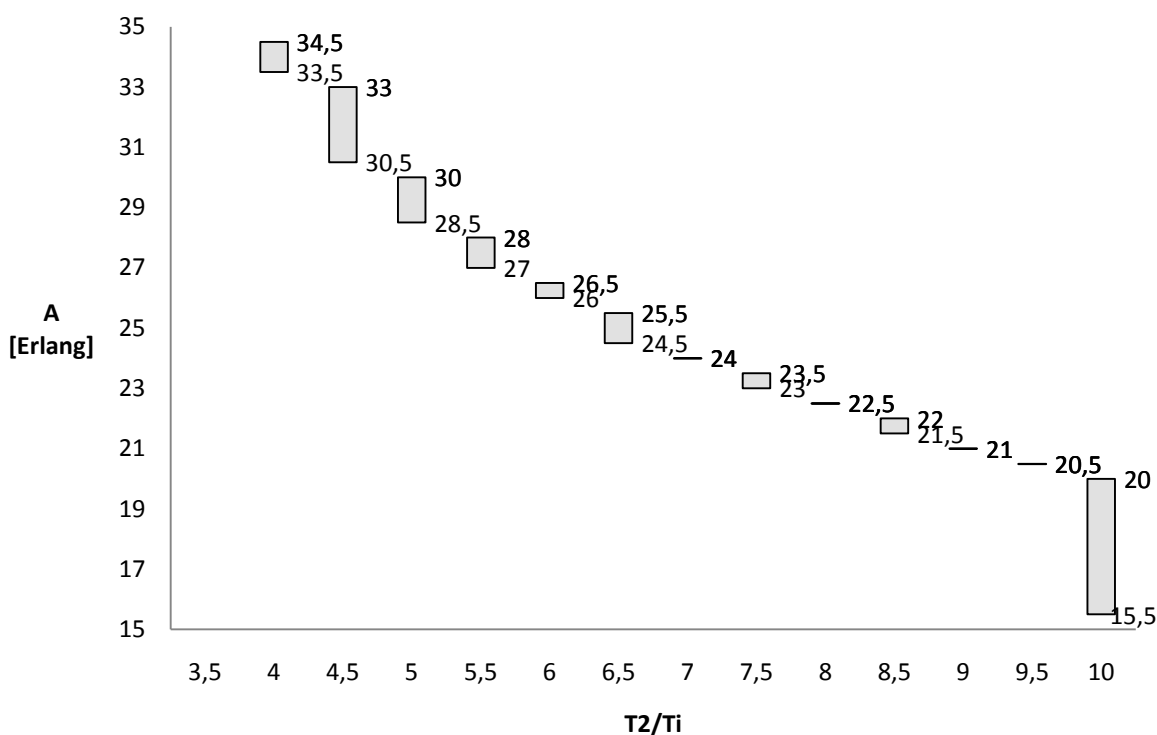
Разматран је случај када је на преносном путу другог приоритета један ВФ канал, а на путу првог приоритета случајеви из поглавља 24:

- *ISDN* преносни пут са 30 канала (Сл. 26.1)
- *IP* преносни пут са 96 канала (Сл. 26.2)
- *IP* преносни пут са 256 канала (Сл. 26.3)

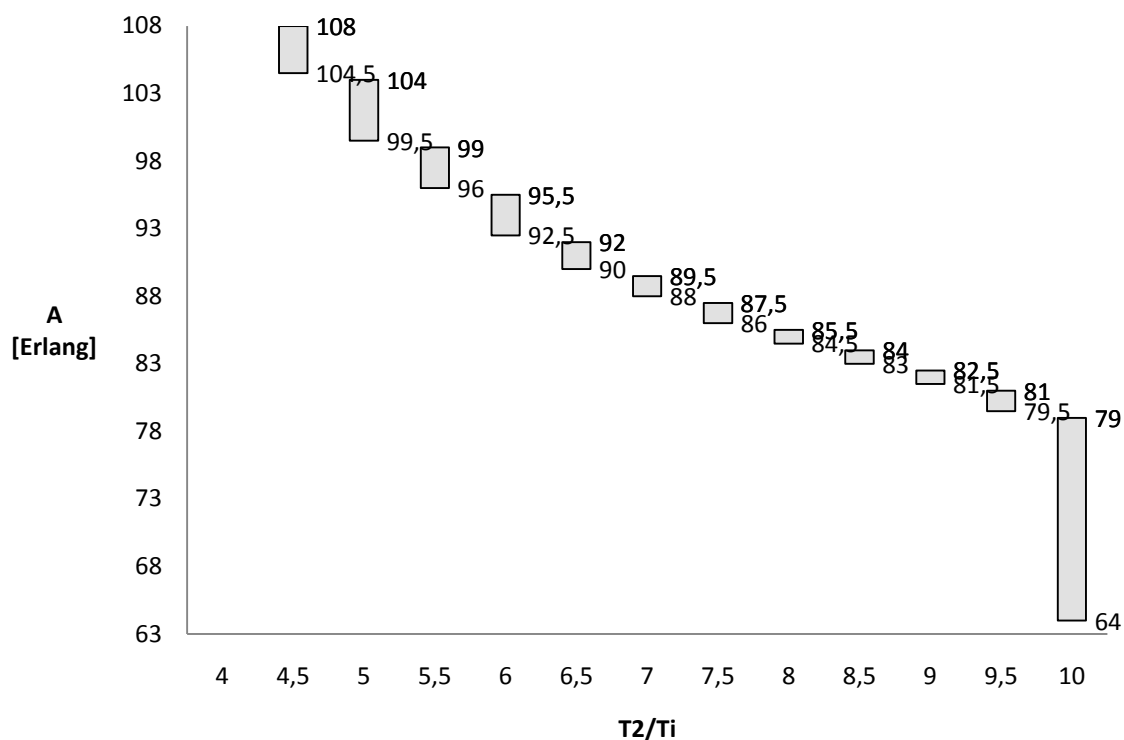
Дијаграм за *ISDN* преносни пут (Сл. 26.1) добијен је сабирањем вероватноћа лажног предаларма и промашаја за различите вредности понуђеног саобраћаја, од 0,5 до 34 Ерланга. Овај прорачун поновљен је 20 пута, за вредности интервала детекције од $T_2/T_{ia}=0,5$ до $T_2/T_{ia}=10$ са кораком 0,5. За сваку вредност понуђеног саобраћаја, пронађено је која од 20 вредности збира вероватноћа за различите интервале детекције има минималну вредност. Приказане су на дијаграму само вредности интервала детекције за које је збир вероватноћа минималан, у зависности од понуђеног саобраћаја.

Као илустрација, на дијаграму (Сл. 26.1) понуђени саобраћај до 20 Ерланга има минималан збир вероватноћа када је интервал детекције дужине $T_2/T_{ia}=10$. Са порастом понуђеног саобраћаја, минимални збир вероватноћа помера се према мањим вредностима интервала детекције, па је – на пример – за саобраћај између 26 и 26,5 Ерланга збир најмањи за интервал детекције $T_2/T_{ia}=6$, а између 30,5 и 33 Ерланга за интервал детекције дужине $T_2/T_{ia}=4,5$. Коначно, за вредности понуђеног саобраћаја преко 33,5 Ерланга минимални збир вероватноћа је за интервал детекције $T_2/T_{ia}=4$.

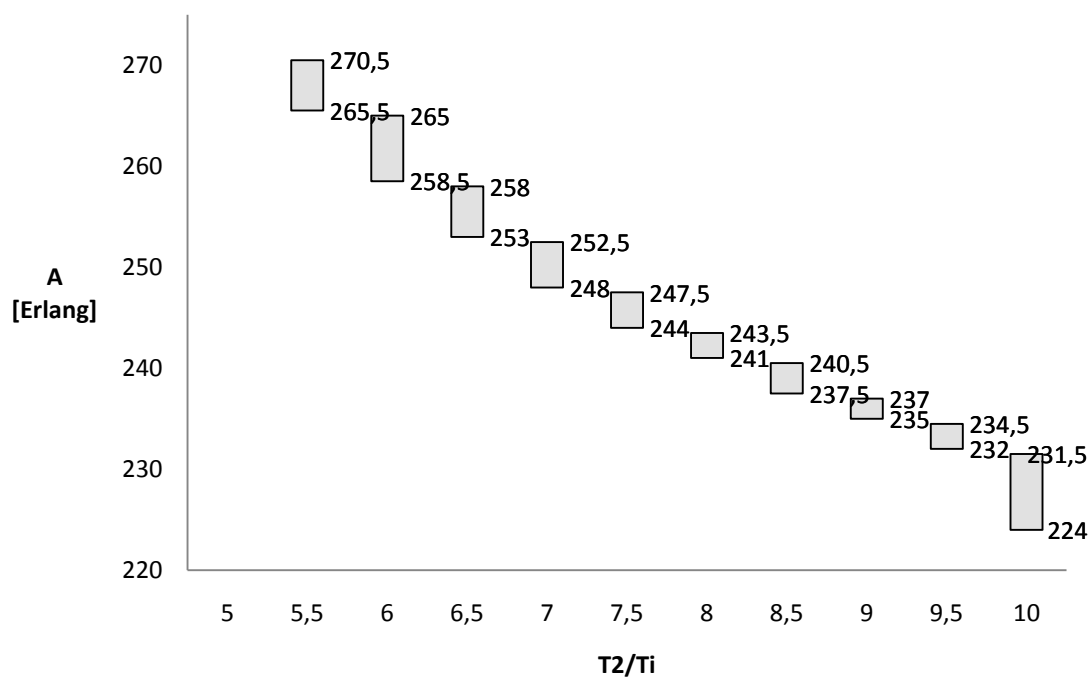
Кратки интервали детекције искључени су из приказивања оптималних резултата, с обзиром на то да су тада велике вредности вероватноће промашаја, односно да су мале вероватноће појављивања позива у току овог интервала. Дуги интервали детекције могу се користити приликом малих вредности саобраћаја, али када саобраћај добија вредности које су у Ерланзима блиске броју канала који се користе за пренос, ови интервали постају лоше решење због велике вероватноће појаве лажног предаларма. Као што је наведено у поглављу 21, са порастом броја позива у систему расте и вероватноћа појављивања другог позива убрзо након завршетка разговора на ВФ линку током исправног рада система.



Сл. 26.1 ОПСЕЗИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА У КОЈИМА СУ МИНИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ЗБИРА ВЕРОВАТНОЋА ЗАВИСНО ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, ЗА $N=30+1$ КАНАЛ



Сл. 26.2 ОПСЕЗИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА У КОЈИМА СУ МИНИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ЗБИРА ВЕРОВАТНОЋА
ЗАВИСНО ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, $N=96+1$ КАНАЛ



Сл. 26.3 ОПСЕЗИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА У КОЈИМА СУ МИНИМАЛНЕ ВРЕДНОСТИ ЗБИРА ВЕРОВАТНОЋА
ЗАВИСНО ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, $N=256+1$ КАНАЛ

Из претходне анализе и приказаних дијаграма закључује се да не постоји јединствена оптимална дужина интервала детекције, већ да зависи од броја канала у систему. Оптимално решење могло би да се добије када би детектор имао могућност да прилагођава интервал детекције понуђеном саобраћају. Како ова могућност не постоји, предлаже се да критеријум избора буде оптимални интервал детекције, али не у односу на понуђени саобраћај (који се рачуна у односу на нормално оптерећење - поглавље 12.2.4). Предлаже се да се, због веће вредности, користи понуђени саобраћај који се рачуна у односу на повећано оптерећење. С обзиром на то да интервал детекције опада са порастом понуђеног саобраћаја, то значи да ће бити изабран најмањи могући интервал.

Због краткоће интервала детекције вероватноћа лажног предаларма имаће најмању могућу вредност, али ће се повећати вероватноћа промашаја. Њено повећање неће утицати на тачност рада детектора, јер ће у некој од следећих детекција доћи до успешног тумачења. Чак и за најмању приказану вредност на дијаграму (на *ISDN* преносном путу када је велики саобраћај оптимална вредност интервала детекције је $T_2/T_{ia}=4$) вероватноћа промашаја има вредност испод 2%. Промашај ипак доводи до продужења времена детекције, што је мањкавост предложеног решења.

26.3.1 ТАБЕЛЕ СА ПОДАЦИМА ЗА ИЗБОР ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ

Вредности у табелама представљају збир вероватноћа лажног предаларма и промашаја, за различите вредности понуђеног саобраћаја у врстама табеле. Да би се ови подаци упоредили, у колонама су представљене вредности за различите дужине интервала детекције, изражене умношком времена између два доласка позива. У свакој врсти (за дату вредност понуђеног саобраћаја) засенчени су минимални зборови вероватноћа.

Подаци су представљени за један ВФ канал на преносном путу другог приоритета и следеће случајеве на путу првог приоритета:

- За *ISDN* преносни пут који има са 30 канала (Таб. 26.3), за понуђени саобраћај од 20 до 34,5 Ерланга
- За *IP* преносни пут који има 96 канала (Таб. 26.4), за понуђени саобраћај од 65 до 105 Ерланга

За *IP* преносни пут који има 256 канала (

- Таб. 26.5), за понуђени саобраћај од 225 до 270 Ерланга

Прорачун је извршен за интервале детекције од 0,5 до 10 средњих времена између два позива, са кораком од 0,5. Колоне у којима нема минималних вредности интервала детекције нису приказане у табелама.

ТАБ. 26.3 МИНИМАЛНИ ЗБИР ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ПРОМАШАЈА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ДУЖИНЕ ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, $ISDN$ ПРЕНОСНИ ПУТ $N=30+1$ КАНАЛ

$P_{\text{паз}} \{tt=T_2/T_{ia}, N=30+1\}$													
A	tt=4	tt=4,5	tt=5	tt=5,5	tt=6	tt=6,5	tt=7	tt=7,5	tt=8	tt=8,5	tt=9	tt=9,5	tt=10
20	0,0185	0,0113	0,0070	0,0043	0,0027	0,0018	0,0012	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
,5	0,0186	0,0114	0,0071	0,0045	0,0029	0,0020	0,0014	0,0011	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008
21	0,0188	0,0117	0,0073	0,0047	0,0032	0,0023	0,0017	0,0014	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
,5	0,0191	0,0120	0,0077	0,0051	0,0036	0,0027	0,0022	0,0019	0,0018	0,0017	0,0017	0,0018	0,0018
22	0,0194	0,0124	0,0081	0,0056	0,0041	0,0033	0,0028	0,0026	0,0025	0,0025	0,0025	0,0026	0,0027
,5	0,0200	0,0130	0,0088	0,0063	0,0049	0,0041	0,0037	0,0035	0,0035	0,0035	0,0036	0,0038	0,0039
23	0,0207	0,0138	0,0097	0,0073	0,0059	0,0052	0,0049	0,0048	0,0048	0,0049	0,0051	0,0053	0,0055
,5	0,0216	0,0148	0,0108	0,0085	0,0073	0,0066	0,0064	0,0064	0,0065	0,0067	0,0069	0,0072	0,0075
24	0,0228	0,0161	0,0122	0,0101	0,0089	0,0084	0,0083	0,0084	0,0086	0,0089	0,0093	0,0096	0,0100
,5	0,0242	0,0177	0,0140	0,0120	0,0110	0,0106	0,0106	0,0109	0,0112	0,0116	0,0121	0,0126	0,0131
25	0,0260	0,0197	0,0161	0,0143	0,0135	0,0133	0,0134	0,0138	0,0143	0,0149	0,0155	0,0161	0,0167
,5	0,0282	0,0220	0,0187	0,0171	0,0165	0,0164	0,0168	0,0173	0,0180	0,0187	0,0194	0,0202	0,0209
26	0,0307	0,0248	0,0217	0,0203	0,0199	0,0201	0,0206	0,0214	0,0222	0,0231	0,0240	0,0249	0,0258
,5	0,0336	0,0280	0,0252	0,0240	0,0239	0,0243	0,0250	0,0260	0,0270	0,0280	0,0291	0,0302	0,0312
27	0,0369	0,0316	0,0291	0,0282	0,0283	0,0290	0,0300	0,0311	0,0323	0,0336	0,0348	0,0361	0,0373
,5	0,0406	0,0357	0,0335	0,0329	0,0333	0,0342	0,0354	0,0368	0,0382	0,0397	0,0411	0,0425	0,0438
28	0,0447	0,0402	0,0383	0,0380	0,0387	0,0399	0,0414	0,0430	0,0446	0,0463	0,0479	0,0494	0,0509
,5	0,0493	0,0451	0,0436	0,0436	0,0446	0,0461	0,0478	0,0496	0,0515	0,0533	0,0551	0,0568	0,0585
29	0,0542	0,0504	0,0493	0,0497	0,0509	0,0527	0,0547	0,0567	0,0588	0,0608	0,0628	0,0647	0,0665
,5	0,0594	0,0561	0,0553	0,0561	0,0577	0,0597	0,0619	0,0642	0,0665	0,0687	0,0709	0,0729	0,0748
30	0,0650	0,0621	0,0618	0,0629	0,0648	0,0671	0,0696	0,0721	0,0746	0,0770	0,0793	0,0814	0,0835
,5	0,0710	0,0685	0,0685	0,0700	0,0722	0,0748	0,0775	0,0803	0,0829	0,0855	0,0879	0,0902	0,0924
31	0,0772	0,0752	0,0756	0,0774	0,0800	0,0828	0,0858	0,0887	0,0916	0,0943	0,0968	0,0992	0,1015
,5	0,0837	0,0821	0,0830	0,0851	0,0879	0,0911	0,0942	0,0974	0,1004	0,1032	0,1059	0,1084	0,1107
32	0,0905	0,0893	0,0906	0,0930	0,0962	0,0995	0,1029	0,1062	0,1094	0,1124	0,1151	0,1177	0,1201
,5	0,0975	0,0968	0,0984	0,1012	0,1045	0,1082	0,1117	0,1152	0,1185	0,1216	0,1245	0,1271	0,1295
33	0,1046	0,1044	0,1063	0,1094	0,1131	0,1169	0,1207	0,1243	0,1277	0,1309	0,1339	0,1366	0,1390
,5	0,1119	0,1121	0,1144	0,1179	0,1218	0,1258	0,1297	0,1335	0,1370	0,1403	0,1433	0,1460	0,1485
34	0,1194	0,1200	0,1227	0,1264	0,1305	0,1347	0,1388	0,1427	0,1463	0,1497	0,1527	0,1555	0,1580
,5	0,1270	0,1280	0,1310	0,1350	0,1393	0,1437	0,1480	0,1520	0,1557	0,1590	0,1621	0,1649	0,1675

ТАБ. 26.4 МИНИМАЛНИ ЗБИР ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ПРОМАШАЈА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ДУЖИНЕ
ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, $N=96+1$ КАНАЛ

	$P_{\text{фа2}} \{tt=T_2/T_{\text{ia}}, N=96+1\}$											
	tt=4,5	tt=5	tt=5,5	tt=6	tt=6,5	tt=7	tt=7,5	tt=8	tt=8,5	tt=9	tt=9,5	tt=10
65	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
65,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
66	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
66,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
67	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
67,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
68	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
68,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
69	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
69,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
70	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
70,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
71	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
71,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
72	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
72,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
73	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
73,5	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
74	0,0111	0,0067	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001
74,5	0,0111	0,0068	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
75	0,0111	0,0068	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
75,5	0,0111	0,0068	0,0041	0,0025	0,0015	0,0009	0,0006	0,0004	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001
76	0,0111	0,0068	0,0041	0,0025	0,0015	0,0010	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001	0,0001
76,5	0,0111	0,0068	0,0041	0,0025	0,0016	0,0010	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001
77	0,0112	0,0068	0,0042	0,0026	0,0016	0,0010	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
77,5	0,0112	0,0068	0,0042	0,0026	0,0016	0,0010	0,0007	0,0005	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002
78	0,0112	0,0068	0,0042	0,0026	0,0016	0,0011	0,0007	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0003
78,5	0,0112	0,0069	0,0042	0,0026	0,0017	0,0011	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0003
79	0,0113	0,0069	0,0043	0,0027	0,0017	0,0011	0,0008	0,0006	0,0005	0,0004	0,0004	0,0004
79,5	0,0113	0,0069	0,0043	0,0027	0,0018	0,0012	0,0009	0,0007	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
80	0,0113	0,0070	0,0044	0,0028	0,0018	0,0013	0,0009	0,0008	0,0007	0,0006	0,0006	0,0006
80,5	0,0114	0,0071	0,0044	0,0029	0,0019	0,0014	0,0010	0,0009	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007
81	0,0115	0,0071	0,0045	0,0030	0,0020	0,0015	0,0012	0,0010	0,0009	0,0008	0,0008	0,0009
81,5	0,0115	0,0072	0,0046	0,0031	0,0021	0,0016	0,0013	0,0011	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
82	0,0116	0,0073	0,0047	0,0032	0,0023	0,0017	0,0014	0,0013	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
82,5	0,0117	0,0074	0,0049	0,0033	0,0024	0,0019	0,0016	0,0015	0,0014	0,0014	0,0014	0,0015
83	0,0119	0,0076	0,0050	0,0035	0,0026	0,0021	0,0018	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0018
83,5	0,0120	0,0078	0,0052	0,0037	0,0028	0,0024	0,0021	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020	0,0021
84	0,0122	0,0079	0,0054	0,0039	0,0031	0,0026	0,0024	0,0023	0,0023	0,0023	0,0024	0,0025
84,5	0,0124	0,0082	0,0057	0,0042	0,0034	0,0029	0,0027	0,0026	0,0026	0,0027	0,0028	0,0029
85	0,0126	0,0084	0,0059	0,0045	0,0037	0,0033	0,0031	0,0030	0,0031	0,0031	0,0033	0,0034

85,5	0,0129	0,0087	0,0062	0,0048	0,0041	0,0037	0,0035	0,0035	0,0035	0,0036	0,0038	0,0039
86	0,0131	0,0090	0,0066	0,0052	0,0045	0,0041	0,0040	0,0040	0,0041	0,0042	0,0044	0,0045
86,5	0,0135	0,0094	0,0070	0,0056	0,0049	0,0046	0,0045	0,0045	0,0047	0,0048	0,0050	0,0052
87	0,0138	0,0098	0,0074	0,0061	0,0054	0,0051	0,0051	0,0052	0,0053	0,0055	0,0057	0,0060
87,5	0,0142	0,0102	0,0079	0,0066	0,0060	0,0057	0,0057	0,0058	0,0060	0,0063	0,0065	0,0068
88	0,0146	0,0107	0,0084	0,0072	0,0066	0,0064	0,0064	0,0066	0,0068	0,0071	0,0074	0,0077
88,5	0,0151	0,0112	0,0090	0,0078	0,0073	0,0071	0,0072	0,0074	0,0077	0,0080	0,0084	0,0087
89	0,0156	0,0118	0,0096	0,0085	0,0081	0,0079	0,0081	0,0083	0,0086	0,0090	0,0094	0,0098
89,5	0,0162	0,0124	0,0103	0,0093	0,0089	0,0088	0,0090	0,0093	0,0097	0,0101	0,0105	0,0110
90	0,0168	0,0131	0,0111	0,0101	0,0097	0,0097	0,0100	0,0103	0,0108	0,0112	0,0117	0,0122
90,5	0,0175	0,0139	0,0119	0,0110	0,0107	0,0108	0,0110	0,0115	0,0120	0,0125	0,0130	0,0136
91	0,0182	0,0147	0,0128	0,0119	0,0117	0,0118	0,0122	0,0127	0,0132	0,0138	0,0144	0,0150
91,5	0,0190	0,0155	0,0137	0,0130	0,0128	0,0130	0,0134	0,0140	0,0146	0,0152	0,0159	0,0165
92	0,0198	0,0164	0,0147	0,0140	0,0140	0,0142	0,0147	0,0154	0,0160	0,0167	0,0175	0,0182
92,5	0,0207	0,0174	0,0158	0,0152	0,0152	0,0156	0,0161	0,0168	0,0176	0,0183	0,0191	0,0199
93	0,0217	0,0185	0,0169	0,0164	0,0165	0,0170	0,0176	0,0184	0,0192	0,0200	0,0209	0,0217
93,5	0,0227	0,0196	0,0181	0,0177	0,0179	0,0184	0,0192	0,0200	0,0209	0,0218	0,0227	0,0236
94	0,0238	0,0207	0,0194	0,0191	0,0194	0,0200	0,0208	0,0217	0,0227	0,0237	0,0247	0,0256
94,5	0,0249	0,0220	0,0208	0,0205	0,0209	0,0216	0,0225	0,0235	0,0246	0,0256	0,0267	0,0277
95	0,0261	0,0233	0,0222	0,0221	0,0225	0,0233	0,0243	0,0254	0,0265	0,0277	0,0288	0,0299
95,5	0,0273	0,0246	0,0237	0,0236	0,0242	0,0251	0,0262	0,0274	0,0286	0,0298	0,0310	0,0321
96	0,0286	0,0261	0,0252	0,0253	0,0260	0,0270	0,0281	0,0294	0,0307	0,0320	0,0333	0,0345
96,5	0,0300	0,0276	0,0268	0,0270	0,0278	0,0289	0,0302	0,0315	0,0329	0,0343	0,0356	0,0369
97	0,0314	0,0291	0,0285	0,0288	0,0297	0,0309	0,0323	0,0337	0,0352	0,0366	0,0380	0,0394
97,5	0,0328	0,0307	0,0302	0,0307	0,0317	0,0330	0,0345	0,0360	0,0375	0,0391	0,0406	0,0420
98	0,0344	0,0324	0,0320	0,0326	0,0337	0,0351	0,0367	0,0383	0,0400	0,0416	0,0431	0,0447
98,5	0,0360	0,0341	0,0339	0,0346	0,0358	0,0374	0,0390	0,0407	0,0424	0,0441	0,0458	0,0474
99	0,0376	0,0359	0,0358	0,0366	0,0380	0,0396	0,0414	0,0432	0,0450	0,0468	0,0485	0,0502
99,5	0,0393	0,0378	0,0378	0,0388	0,0402	0,0420	0,0438	0,0457	0,0476	0,0495	0,0513	0,0530
100	0,0410	0,0397	0,0398	0,0409	0,0425	0,0444	0,0463	0,0483	0,0503	0,0523	0,0541	0,0559
100,5	0,0428	0,0416	0,0419	0,0432	0,0449	0,0468	0,0489	0,0510	0,0531	0,0551	0,0570	0,0589
101	0,0447	0,0436	0,0441	0,0454	0,0473	0,0494	0,0515	0,0537	0,0559	0,0580	0,0600	0,0619
101,5	0,0466	0,0457	0,0463	0,0478	0,0497	0,0519	0,0542	0,0565	0,0587	0,0609	0,0630	0,0649
102	0,0485	0,0478	0,0486	0,0502	0,0523	0,0546	0,0569	0,0593	0,0616	0,0639	0,0660	0,0680
102,5	0,0505	0,0499	0,0509	0,0526	0,0548	0,0572	0,0597	0,0622	0,0646	0,0669	0,0691	0,0712
103	0,0526	0,0521	0,0532	0,0551	0,0574	0,0600	0,0625	0,0651	0,0676	0,0700	0,0722	0,0744
103,5	0,0546	0,0544	0,0556	0,0576	0,0601	0,0627	0,0654	0,0680	0,0706	0,0731	0,0754	0,0776
104	0,0568	0,0567	0,0580	0,0602	0,0628	0,0655	0,0683	0,0710	0,0737	0,0762	0,0786	0,0809
104,5	0,0589	0,0590	0,0605	0,0628	0,0655	0,0684	0,0712	0,0741	0,0768	0,0794	0,0818	0,0842
105	0,0611	0,0614	0,0630	0,0655	0,0683	0,0713	0,0742	0,0771	0,0799	0,0826	0,0851	0,0875

ТАБ. 26.5 МИНИМАЛНИ ЗБИР ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ПРОМАШАЈА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ДУЖИНЕ
ИНТЕРВАЛЕ ДЕТЕКЦИЈЕ, $N=256+1$ КАНАЛ

$P_{\text{жа2}} \{tt=T_2/T_{ia}, N=256+1\}$											
A	tt=5	tt=5,5	tt=6	tt=6,5	tt=7	tt=7,5	tt=8	tt=8,5	tt=9	tt=9,5	tt=10
225	0,00678	0,00414	0,00253	0,00156	0,00098	0,00062	0,00041	0,00028	0,00021	0,00016	0,00014
225,5	0,00679	0,00415	0,00254	0,00157	0,00099	0,00063	0,00042	0,00029	0,00022	0,00018	0,00015
226	0,00680	0,00416	0,00255	0,00158	0,00100	0,00065	0,00043	0,00031	0,00023	0,00019	0,00017
226,5	0,00681	0,00417	0,00256	0,00160	0,00101	0,00066	0,00045	0,00032	0,00025	0,00021	0,00019
227	0,00682	0,00418	0,00258	0,00161	0,00103	0,00067	0,00047	0,00034	0,00027	0,00023	0,00021
227,5	0,00683	0,00419	0,00259	0,00162	0,00104	0,00069	0,00048	0,00036	0,00029	0,00025	0,00023
228	0,00684	0,00420	0,00261	0,00164	0,00106	0,00071	0,00050	0,00038	0,00031	0,00027	0,00025
228,5	0,00686	0,00422	0,00262	0,00166	0,00108	0,00073	0,00053	0,00041	0,00034	0,00030	0,00028
229	0,00687	0,00424	0,00264	0,00168	0,00110	0,00076	0,00055	0,00043	0,00037	0,00033	0,00031
229,5	0,00689	0,00426	0,00266	0,00170	0,00113	0,00078	0,00058	0,00046	0,00040	0,00036	0,00035
230	0,00691	0,00428	0,00269	0,00173	0,00115	0,00081	0,00061	0,00050	0,00043	0,00040	0,00039
230,5	0,00693	0,00430	0,00271	0,00176	0,00118	0,00085	0,00065	0,00053	0,00047	0,00044	0,00043
231	0,00696	0,00433	0,00274	0,00179	0,00122	0,00088	0,00068	0,00057	0,00052	0,00049	0,00048
231,5	0,00699	0,00436	0,00277	0,00182	0,00126	0,00092	0,00073	0,00062	0,00056	0,00054	0,00053
232	0,00702	0,00439	0,00281	0,00186	0,00130	0,00097	0,00077	0,00067	0,00061	0,00059	0,00059
232,5	0,00705	0,00443	0,00285	0,00190	0,00134	0,00101	0,00083	0,00072	0,00067	0,00065	0,00065
233	0,00708	0,00447	0,00289	0,00195	0,00139	0,00107	0,00088	0,00078	0,00073	0,00072	0,00072
233,5	0,00712	0,00451	0,00294	0,00200	0,00145	0,00112	0,00094	0,00085	0,00080	0,00079	0,00080
234	0,00717	0,00456	0,00299	0,00205	0,00150	0,00119	0,00101	0,00092	0,00088	0,00087	0,00088
234,5	0,00721	0,00461	0,00304	0,00211	0,00157	0,00125	0,00108	0,00099	0,00096	0,00095	0,00097
235	0,00726	0,00466	0,00310	0,00218	0,00164	0,00133	0,00116	0,00108	0,00105	0,00105	0,00107
235,5	0,00732	0,00472	0,00317	0,00225	0,00171	0,00141	0,00125	0,00117	0,00114	0,00115	0,00117
236	0,00738	0,00479	0,00324	0,00233	0,00180	0,00150	0,00134	0,00127	0,00125	0,00126	0,00129
236,5	0,00744	0,00486	0,00332	0,00241	0,00188	0,00159	0,00144	0,00137	0,00136	0,00137	0,00141
237	0,00751	0,00493	0,00340	0,00250	0,00198	0,00169	0,00155	0,00149	0,00148	0,00150	0,00154
237,5	0,00759	0,00502	0,00349	0,00259	0,00208	0,00180	0,00166	0,00161	0,00161	0,00164	0,00168
238	0,00767	0,00510	0,00358	0,00270	0,00219	0,00192	0,00179	0,00174	0,00175	0,00178	0,00184
238,5	0,00775	0,00520	0,00369	0,00281	0,00231	0,00205	0,00192	0,00188	0,00190	0,00194	0,00200
239	0,00785	0,00530	0,00380	0,00293	0,00244	0,00218	0,00207	0,00204	0,00206	0,00211	0,00218
239,5	0,00795	0,00541	0,00392	0,00305	0,00257	0,00233	0,00222	0,00220	0,00223	0,00229	0,00236
240	0,00805	0,00553	0,00404	0,00319	0,00272	0,00248	0,00238	0,00237	0,00241	0,00248	0,00256
240,5	0,00816	0,00565	0,00418	0,00333	0,00287	0,00265	0,00256	0,00256	0,00260	0,00268	0,00278
241	0,00829	0,00578	0,00432	0,00349	0,00304	0,00282	0,00274	0,00275	0,00281	0,00290	0,00300
241,5	0,00841	0,00592	0,00447	0,00365	0,00321	0,00301	0,00294	0,00296	0,00303	0,00313	0,00324
242	0,00855	0,00607	0,00463	0,00382	0,00340	0,00320	0,00315	0,00318	0,00326	0,00337	0,00350
242,5	0,00870	0,00623	0,00480	0,00401	0,00360	0,00341	0,00337	0,00341	0,00350	0,00363	0,00376
243	0,00885	0,00640	0,00498	0,00420	0,00380	0,00363	0,00361	0,00366	0,00376	0,00390	0,00405
243,5	0,00901	0,00657	0,00518	0,00441	0,00402	0,00387	0,00385	0,00392	0,00404	0,00418	0,00435
244	0,00918	0,00676	0,00538	0,00463	0,00425	0,00411	0,00411	0,00419	0,00432	0,00448	0,00466
244,5	0,00936	0,00696	0,00559	0,00485	0,00450	0,00437	0,00439	0,00448	0,00463	0,00480	0,00499
245	0,00955	0,00716	0,00581	0,00509	0,00475	0,00465	0,00467	0,00478	0,00494	0,00513	0,00534

245,5	0,00975	0,00738	0,00605	0,00535	0,00502	0,00493	0,00498	0,00510	0,00528	0,00548	0,00570
246	0,00996	0,00761	0,00630	0,00561	0,00531	0,00523	0,00529	0,00544	0,00563	0,00585	0,00608
246,5	0,01018	0,00785	0,00655	0,00589	0,00560	0,00555	0,00562	0,00579	0,00599	0,00623	0,00648
247	0,01041	0,00810	0,00683	0,00618	0,00591	0,00587	0,00597	0,00615	0,00638	0,00663	0,00690
247,5	0,01065	0,00836	0,00711	0,00648	0,00624	0,00622	0,00633	0,00653	0,00678	0,00705	0,00733
248	0,01091	0,00864	0,00741	0,00680	0,00657	0,00658	0,00671	0,00693	0,00719	0,00748	0,00778
248,5	0,01117	0,00892	0,00772	0,00713	0,00693	0,00695	0,00711	0,00734	0,00762	0,00793	0,00825
249	0,01144	0,00922	0,00804	0,00748	0,00729	0,00734	0,00752	0,00777	0,00808	0,00840	0,00874
249,5	0,01173	0,00953	0,00837	0,00784	0,00768	0,00774	0,00794	0,00822	0,00854	0,00889	0,00925
250	0,01203	0,00986	0,00872	0,00821	0,00807	0,00816	0,00838	0,00868	0,00903	0,00940	0,00978
250,5	0,01234	0,01020	0,00908	0,00860	0,00849	0,00860	0,00884	0,00917	0,00953	0,00992	0,01032
251	0,01266	0,01054	0,00946	0,00900	0,00891	0,00905	0,00932	0,00967	0,01006	0,01047	0,01089
251,5	0,01300	0,01091	0,00985	0,00942	0,00936	0,00952	0,00981	0,01018	0,01060	0,01103	0,01147
252	0,01334	0,01128	0,01026	0,00985	0,00982	0,01000	0,01032	0,01072	0,01115	0,01161	0,01208
252,5	0,01370	0,01167	0,01067	0,01030	0,01029	0,01051	0,01085	0,01127	0,01173	0,01221	0,01270
253	0,01407	0,01207	0,01111	0,01076	0,01078	0,01102	0,01139	0,01184	0,01232	0,01283	0,01334
253,5	0,01446	0,01249	0,01155	0,01124	0,01129	0,01156	0,01196	0,01243	0,01294	0,01347	0,01400
254	0,01485	0,01292	0,01201	0,01173	0,01181	0,01211	0,01253	0,01303	0,01357	0,01412	0,01468
254,5	0,01526	0,01336	0,01249	0,01223	0,01235	0,01268	0,01313	0,01366	0,01422	0,01480	0,01538
255	0,01568	0,01382	0,01298	0,01276	0,01290	0,01326	0,01374	0,01430	0,01489	0,01549	0,01610
255,5	0,01612	0,01429	0,01349	0,01329	0,01347	0,01386	0,01437	0,01495	0,01557	0,01620	0,01684
256	0,01657	0,01477	0,01401	0,01385	0,01406	0,01448	0,01502	0,01563	0,01628	0,01694	0,01760
256,5	0,01703	0,01527	0,01454	0,01442	0,01466	0,01511	0,01568	0,01632	0,01700	0,01768	0,01837
257	0,01750	0,01578	0,01509	0,01500	0,01527	0,01576	0,01637	0,01704	0,01774	0,01845	0,01917
257,5	0,01799	0,01631	0,01565	0,01560	0,01591	0,01643	0,01706	0,01776	0,01850	0,01924	0,01998
258	0,01849	0,01685	0,01623	0,01621	0,01656	0,01711	0,01778	0,01851	0,01927	0,02004	0,02081
258,5	0,01900	0,01740	0,01682	0,01684	0,01722	0,01781	0,01851	0,01927	0,02006	0,02086	0,02166
259	0,01953	0,01797	0,01743	0,01749	0,01790	0,01852	0,01926	0,02005	0,02087	0,02170	0,02253
259,5	0,02006	0,01855	0,01805	0,01814	0,01860	0,01925	0,02002	0,02085	0,02170	0,02256	0,02341
260	0,02061	0,01914	0,01868	0,01882	0,01931	0,02000	0,02080	0,02166	0,02255	0,02343	0,02431
260,5	0,02118	0,01975	0,01933	0,01951	0,02003	0,02076	0,02160	0,02249	0,02341	0,02433	0,02523
261	0,02175	0,02037	0,01999	0,02021	0,02078	0,02154	0,02241	0,02334	0,02429	0,02523	0,02617
261,5	0,02234	0,02100	0,02067	0,02093	0,02153	0,02234	0,02324	0,02420	0,02518	0,02616	0,02712
262	0,02295	0,02165	0,02136	0,02166	0,02230	0,02314	0,02409	0,02508	0,02609	0,02710	0,02809
262,5	0,02356	0,02231	0,02206	0,02241	0,02309	0,02397	0,02495	0,02597	0,02702	0,02806	0,02908
263	0,02419	0,02299	0,02278	0,02317	0,02389	0,02481	0,02582	0,02688	0,02796	0,02903	0,03008
263,5	0,02482	0,02367	0,02352	0,02394	0,02471	0,02566	0,02671	0,02781	0,02892	0,03002	0,03110
264	0,02548	0,02437	0,02426	0,02473	0,02554	0,02653	0,02762	0,02875	0,02989	0,03102	0,03213
264,5	0,02614	0,02508	0,02502	0,02553	0,02638	0,02741	0,02854	0,02970	0,03088	0,03204	0,03318
265	0,02681	0,02581	0,02579	0,02635	0,02724	0,02831	0,02947	0,03067	0,03188	0,03307	0,03424
265,5	0,02750	0,02655	0,02657	0,02718	0,02811	0,02922	0,03042	0,03166	0,03290	0,03412	0,03532
266	0,02820	0,02730	0,02737	0,02802	0,02899	0,03015	0,03138	0,03265	0,03393	0,03518	0,03641
266,5	0,02891	0,02806	0,02818	0,02888	0,02989	0,03108	0,03236	0,03367	0,03497	0,03626	0,03752
267	0,02963	0,02883	0,02900	0,02974	0,03080	0,03203	0,03335	0,03469	0,03603	0,03735	0,03863
267,5	0,03037	0,02962	0,02984	0,03062	0,03173	0,03300	0,03435	0,03573	0,03710	0,03845	0,03977

268	0,03111	0,03042	0,03069	0,03152	0,03266	0,03398	0,03537	0,03678	0,03819	0,03957	0,04091
268,5	0,03187	0,03122	0,03155	0,03242	0,03361	0,03497	0,03639	0,03784	0,03928	0,04069	0,04207
269	0,03264	0,03205	0,03242	0,03334	0,03457	0,03597	0,03743	0,03892	0,04039	0,04183	0,04324
269,5	0,03341	0,03288	0,03330	0,03427	0,03555	0,03698	0,03849	0,04001	0,04151	0,04299	0,04442
270	0,03420	0,03372	0,03419	0,03521	0,03653	0,03801	0,03955	0,04111	0,04265	0,04415	0,04561

26.4 ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

У овом поглављу предложен је поступак који треба да омогући да се, за задату вредност понуђеног саобраћаја у систему, пронађе интервал детекције са минималном вероватноћом промашаја и лажног предаларма. При истим вредностима понуђеног саобраћаја, интервали детекције имају различите дужине за различите вредности броја канала у систему. Предложено је да се избор интервала детекције врши из табела добијених прорачуном тако што се приликом пројектовања детектора одабере интервал детекције за максималну очекивану вредност саобраћаја у систему, уз коришћење понуђеног саобраћаја који се рачуна према повећаном оптерећењу.

Скраћење интервала детекције смањује вероватноћу лажног предаларма, а повећава вероватноћу промашаја. Боље је изабрати већу вероватноћу промашаја него већу вероватноћу лажног предаларма: приликом промашаја у тумачењу, с обзиром на то да у систем настављају да долазе позиви истим интензитетом, до успешног тумачења ће доћи у неком од накнадних укључења детектора. Закаснило откривање предаларма нема озбиљне последице, јер његова појава не доводи до нерасположивости дела мреже.

27 ДЕТЕКТОРИ СА ВИШЕ КОРАКА

У досадашњем разматрању представљени су детектори са једним и два корака. Следи разматрање које описује утицај даљег повећања корака детекције на рад детектора. Опис процеса на ВФ преносном путу приликом исправног и неисправног рада система омогућава да се испита како повећање броја корака утиче на рад детектора.

27.1 ПРИНЦИП РАДА

Код детектора са више корака, сваки корак након првог представља понављање другог корака као код детектора са два корака, а сви интервали детекције су исте дужине T_k , где је K број корака детекције.

Дијаграм прелаза стања једног детектора представљен је на слици (Сл. 27.1)

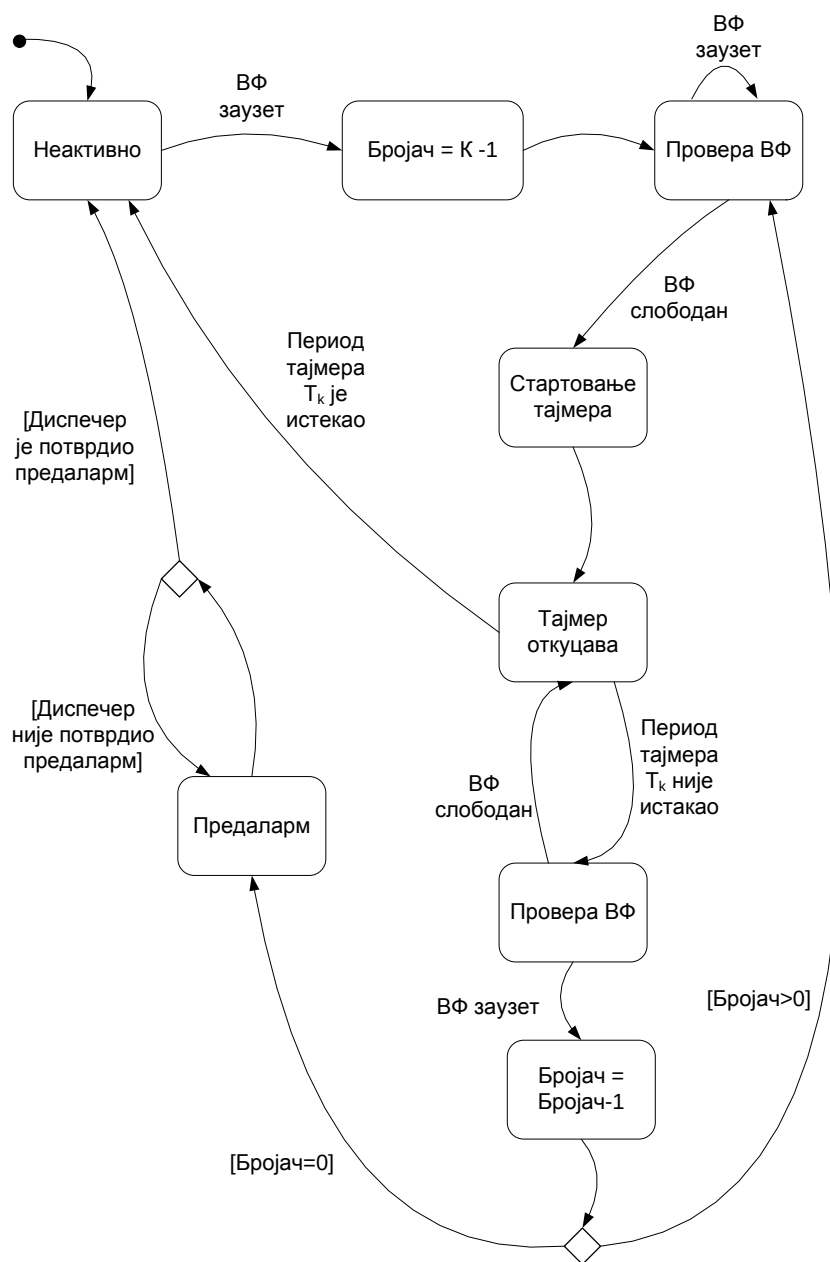
Заузеће ВФ преносног пута доводи до изласка из неактивног стања. Бројач корака добија вредност за један мању од K – броја корака детектора. Овим се завршава први корак детектора. У следећем кораку, а тако ће почети и сваки наредни, врши се прелазак у стање провере ВФ преносног пута, све док се он не ослободи. На тај начин се препознаје завршетак разговора, након чега се стартује тајмер који треба да измери интервал детекције T_k .

Уколико током периода T_k није дошло до заузимања ВФ преносног пута, сматра се да су претходни позиви били условљени појачаним саобраћајем, а детектор се враћа у неактивно стање.

Уколико је током T_k дошло до заузимања ВФ преносног пута, умањује се за један вредност бројача. Разликују се два случаја:

- Када бројач има вредност већу од нуле, односно ако нису извршени сви кораци, детектор прелази на следећи корак, који почиње чекањем на завршетак разговора. На дијаграму стања то се приказује преласком у стање провере ВФ линка, чиме се проверава да ли је завршен започети разговор, а то претходи новом стартовању тајмера
- Када бројач има вредност нула извршени су сви кораци, па детектор пријављује предаларм. У овом стању остаје све до потврде диспечера, што га води у неактивно стање

Када се детектор нађе у неактивном стању, спреман је за почетак нове детекције.



Сл. 27.1 ДИЈАГРАМ ПРЕЛАЗА СТАЊА ЗА ДЕТЕКТОР СА ВИШЕ КОРАКА

27.2 ПРОЦЕС У СИСТЕМУ

Посматрајући процес у систему, биће представљен начин на који долази до могућих тумачења детектора са више корака, чији резултати су: исправно тумачење, лажни предаларм и промашај. Приказан је рад детектора са три

корака детекције, и дато објашњење о понашању детектора са више корака. Током разматрања, користе се дијаграми описани у поглављу 18.

27.2.1 ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРИЛИКОМ ИСПРАВНОГ РАДА

СИСТЕМА

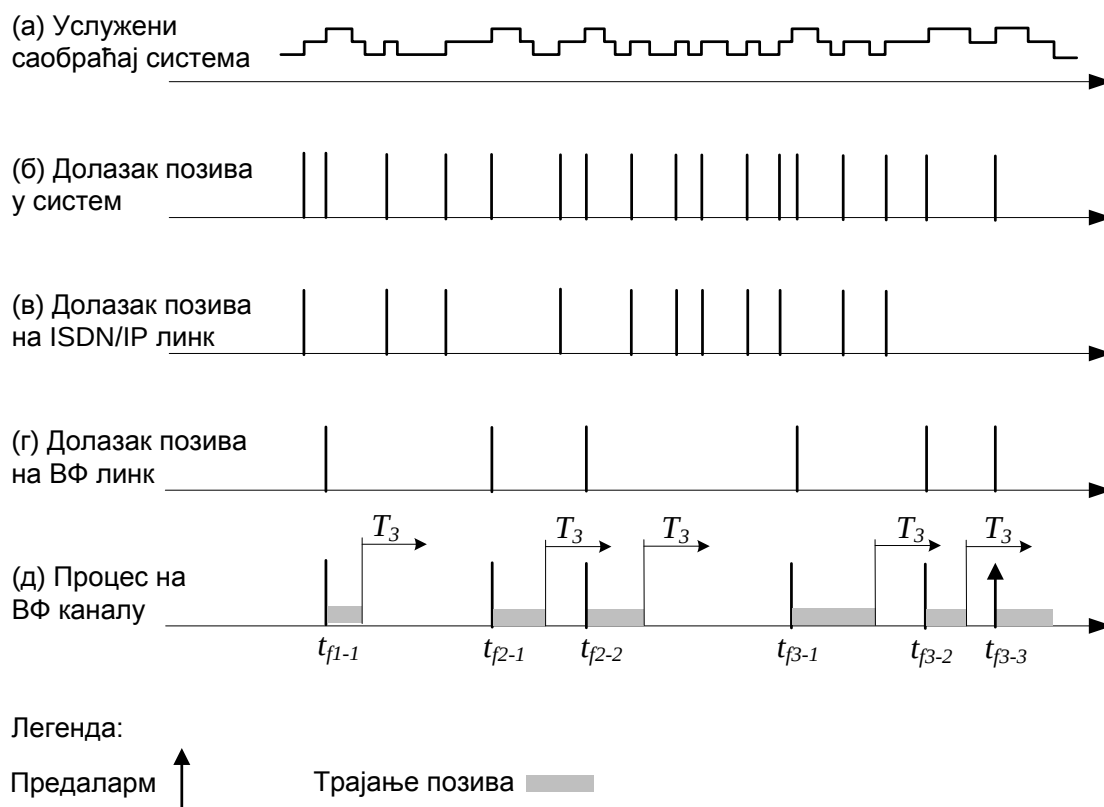
На слици (Сл. 27.2) представљен је процес на ВФ преносном путу приликом исправног рада *ISDN/IP* преносног пута, када долазак позива на ВФ линк не би требало да буде препознат као предаларм.

У тренутку t_{f1-1} исправно је препознато да је систем у исправном стању, а овај случај одговара опису у поглављу 20.2.1 за позив који долази у тренутку t_f . У овом случају, детекција је завршена на истеку другог корака.

У тренутку t_{f2-1} долази до другог активирања детектора. Након завршетка разговора укључује се тајмер. У тренутку t_{f2-2} , пре истека предвиђеног интервала детекције T_3 долази нови позив на ВФ преносни пут, чиме се завршава други корак детекције. Након завршетка овог разговора, у трећем кораку поново се стартује тајмер. До краја интервала детекције T_3 не долази до новог позива на ВФ преносном путу, па је на детектору протумачено да систем исправно ради. У овом случају, детекција је завршена на истеку трећег корака.

Треће активирање детектора је у тренутку t_{f3-1} , са појавом новог позива на ВФ преносном путу. Након окончања разговора стартује се тајмер. Следећи позив наступа пре истека интервала детекције, у тренутку t_{f3-2} . Чека се његов завршетак, након чега се по трећи пут стартује тајмер. До препознавања овог стања као предаларма долази у трећем кораку, услед појављивања новог позива на ВФ линку, у тренутку t_{f3-3} који наступа у току периода T_3 . Дакле, у тренутку t_{f3-3} дошло је до проглашења предаларма на детектору, што не одговара стварном стању.

Уколико би број корака детектора био већи од три поступак би се наставио. Појављивања позива у тренутку t_{f3-3} условило би почетак четвртог корака детекције. Треба запазити да би се са сваким новим кораком јављала могућност да не дође нови позив на ВФ линк, односно да се тачно препозна стање система који је у исправном раду, чиме се смањује вероватноћа тумачења лажног предаларма.



Сл. 27.2 ПРОЦЕС ТОКОМ РЕДОВНОГ РАДА СИСТЕМА ЗА ДЕТЕКТОР СА ТРИ КОРАКА

27.2.2 ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРИЛИКОМ ОТКАЗА ISDN/IP ПРЕНОСНОГ ПУТА

Посматра се процес на ВФ линку од тренутка t_0 , након квара на преносном путу са правом првенства (Сл. 27.3).

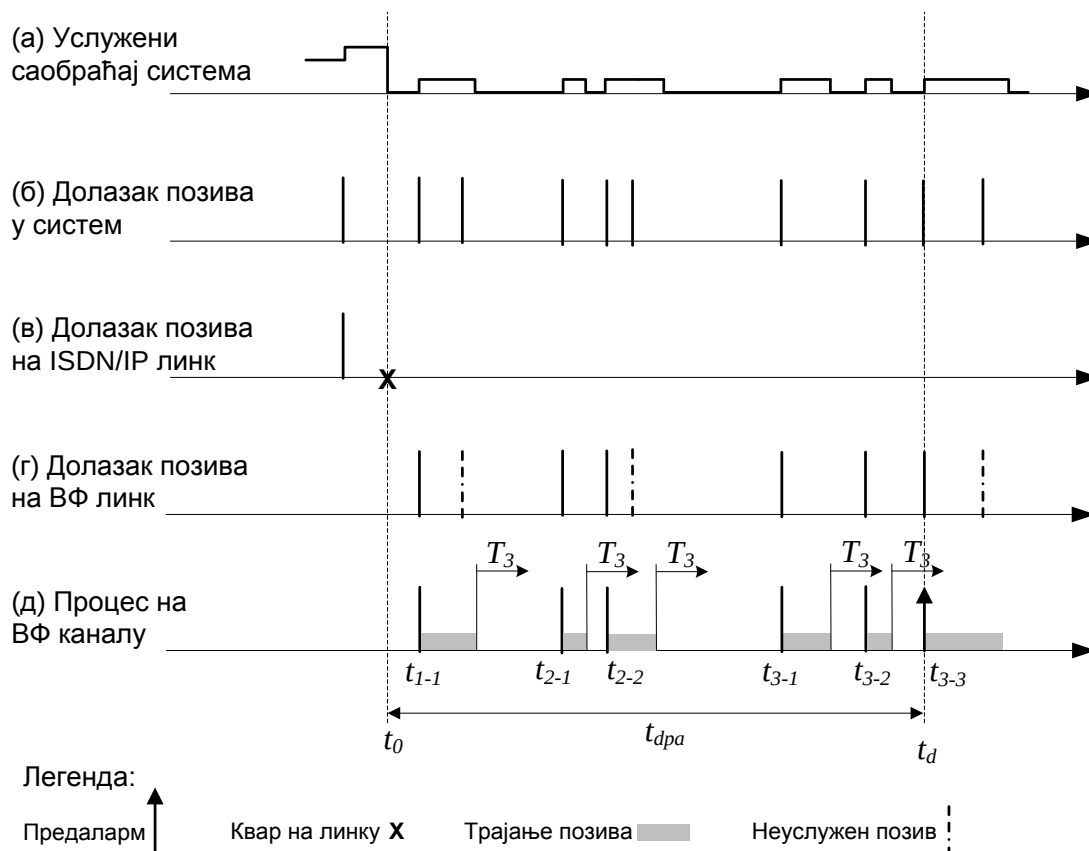
У тренутку t_{1-1} долази позив који доводи до промашаја у тумачењу детектора, што одговара случају описаном у поглављу 20.2.2 за тренутак t_m . Током трајања овог и наредних разговора, сваки позив који долази у систем остаје неуслужен, као што је приказано на слици.

Детектор се активира други пут у тренутку t_{2-1} , са доласком новог позива. Прелази се на други корак у детекцији, а након окончања разговора стартује се тајмер. Пре истека интервала детекције, у тренутку t_{2-2} долази нови позив. Тиме започиње трећи корак детекције, а након завршетка разговора стартује се тајмер. До истека интервала детекције не стиже нови позив, тако да и овог пута долази до промашаја у детекцији.

По трећи пут детектор се активира са доласком позива у тренутку t_{3-1} . Завршетком овог разговора стартује се тајмер. Следећи позив пристиже пре

истека задатог интервала детекције T_3 , у тренутку t_{3-2} . Тада почиње трећи корак детекције, који се завршава проглашењем предаларма, у тренутку доласка позива t_{3-3} .

У случају да је коришћен детектор са бројем већим од три, долазак позива не би означио крај детекције, већ би започео четврти корак. У њему би се чекао завршетак разговора, па би се стартовао тајмер, и извршила провера доласка позива током интервала детекције. Кораци би се наставили на исти начин. Из ове дискусије следи да се повећањем броја корака повећава могућност да у неком кораку не дође нови позив у систем, односно повећава се вероватноћа промашаја.



Сл. 27.3 ПРОЦЕС НАКОН ОТКАЗА НА ПРЕНОСНОМ ПУТУ СА ПРАВОМ ПРВЕНСТВА ЗА ДЕТЕКТОР СА ТРИ КОРАКА

Време детекције траје од тренутка квара t_0 , све до успешног препознавања у последњем кораку рада детектора. У примеру са слике (Сл. 27.3), тренутак детекције t_d поклапа се са тренутком појаве позива t_{3-3} .

28 УТИЦАЈ ПОВЕЋАЊА БРОЈА КОРАКА ДЕТЕКЦИЈЕ НА ВЕРОВАТНОЋУ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА И ВЕРОВАТНОЋУ ПРОМАШАЈА

У овом поглављу прорачун вероватноће лажног предаларма и вероватноће промашаја биће извршен за произвољан број корака детекције, како би се установио утицај промене броја корака на ове вероватноће.

28.1 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА

Лажни предаларм јавља се уколико приликом редовног одвијања саобраћаја у сваком кораку детекције долази до заузимања ВФ преносног пута. Вероватноћа да ће доћи до препознавања лажног предаларма $P_{fpa k}$ за детектор са k корака, рачуна се као производ вероватноћа да ће се позив појавити на ВФ линку P_{onVF} , и да ће на њега стићи макар по један позив у другом, трећем, све до k -тог корака. За кораке од другог до последњег важи да их је $k-1$, а вероватноћа да се појави макар један позив на ВФ каналу током периода T_k је $P_{call}(T_k)$, тако да важи:

$$P_{fpa k} = P_{onVF} P_{call}(T_k) P_{call}(T_k) \dots P_{call}(T_k) = P_{onVF} P_{call}^{k-1}(T_k) \quad (28.1)$$

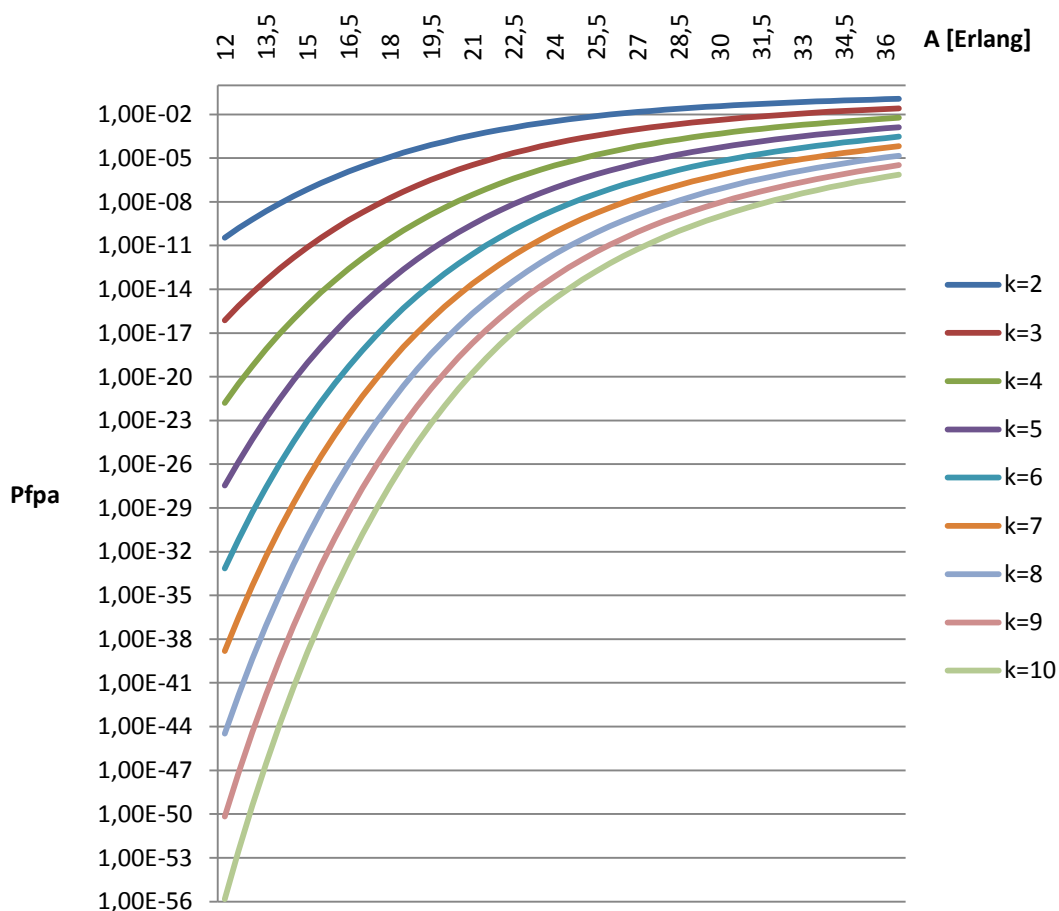
Вероватноћа да ће се позив појавити на ВФ линку P_{onVF} рачуна се према једначини (21.2), а вероватноћа $P_{call}(T_k)$ да ће се појавити позив током корака дужине T_k добија се коришћењем апроксимације из једначине (21.3), тако да важи:

$$P_{fpa k} = P_{fpa 1} \left(1 - e^{-\left(\frac{T_2}{T_{ia}} E_n(A)\right)} \right)^{k-1} \quad (28.2)$$

Као илустрација, на слици (Сл. 28.1) приказана је промена вероватноће лажног предаларма у зависности од понуђеног саобраћаја на ISDN преносном путу, за интервал детекције $T_k = 4T_{ia}$. Свака крива представља вероватноћу лажног предаларма за различити број корака детекције, који има вредност од два па до десет.

Као што је приказано на дијаграмима, вероватноћа лажног предаларма највећа за детектор са два корака, а најмања за детектор са 10 корака. До овога долази јер је члан који се степенује у једначини (28.2) мањи од један, због чега

вероватноћа лажног предаларма опада са порастом броја корака детектора. То је очекивано, јер у сваком следећем кораку постоји могућност да не дође до преливања саобраћаја на ВФ линк.



Сл. 28.1 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА ЗА РАЗЛИЧИТИ БРОЈ КОРАКА ДЕТЕКЦИЈЕ, ISDN линк првог ИЗБОРА, ПРИ $T_k/T_{IA}=4$

28.2 ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА

Када дође до неисправности на преносном путу првог приоритета, детектор се активира са првим доласком позива на ВФ канал. Промашај у детекцији јавља се услед недоласка позива у неком од корака детекције. Тачније, с обзиром на то да први корак наступа доласком позива, до промашаја може доћи у било ком од следећих $k-1$ корака. Тако је једначина за вероватноћу промашаја P_{mk} који се дешава у неком од корака k детекције:

$$P_{mk} = P_{Miss2} + P_{Miss3} + \dots + P_{Missk} \quad (28.3)$$

Где P_{Missj} представља вероватноћу да је до промашаја дошло управо у j -том кораку. Вероватноћа промашаја у другом кораку P_{Miss2} једнака је оној за детектор са два корака P_{m2} , и дата је једначином (22.4). Вероватноћа промашаја у трећем кораку, P_{Miss3} рачуна се као вероватноћа да је бар један позив дошао у другом кораку, а ниједан током трећег корака дужине T_k . На основу (22.2) и (22.4) добија се:

$$P_{Miss3} = (1 - p_0(T_k)) p_0(T_k) = (1 - P_{m2}) P_{m2} \quad (28.4)$$

За рачунање вероватноће промашаја у k -том кораку P_{Missk} важи да је бар један позив стизао у корацима од другог до $k-1$ корака, и ни један у k -том кораку, односно:

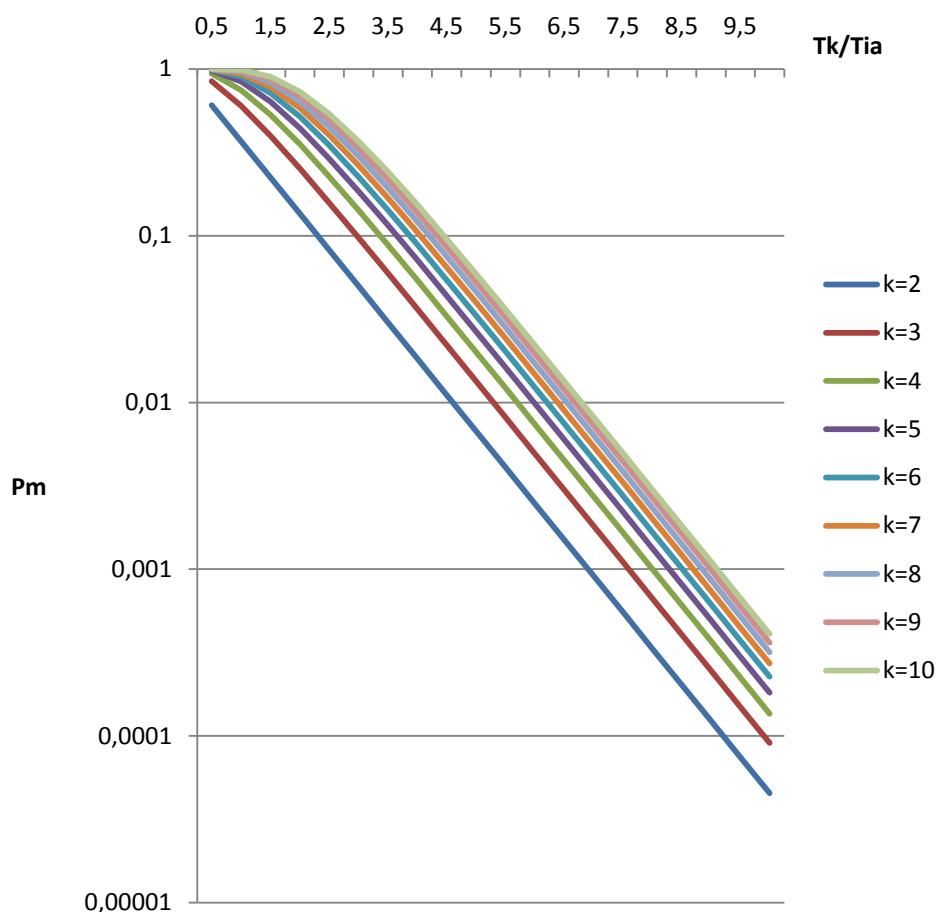
$$P_{Missk} = (1 - p_0(T_k))^{k-2} p_0(T_k) = (1 - P_{m2})^{k-2} P_{m2} \quad (28.5)$$

Када се израчунати изрази замене у једначину (28.3), добија се:

$$\begin{aligned} P_{mk} &= P_{m2} + (1 - P_{m2}) P_{m2} + \dots + (1 - P_{m2})^{k-2} P_{m2} \\ &= P_{m2} \sum_{i=0}^{k-2} (1 - P_{m2})^i \end{aligned} \quad (28.6)$$

Када $k \rightarrow \infty$, на основу једначине (28.6), важи да је $P_{mk} \rightarrow 1$. Ни код детектора са више корака вероватноћа промашаја није зависна од саобраћаја, односно броја канала у систему.

Зависност вероватноће промашаја од дужине интервала детекције приказана је на дијаграму (Сл. 28.2). Свака крива представља вероватноћу за различити број корака, од два до десет.



Сл. 28.2 ВЕРОВАТНОЋА ПРОМАШАЈА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, *ISDN* ЛИНК ПРВОГ ИЗБОРА,
ЗА ДЕТЕКТОРЕ СА РАЗЛИЧИТИМ БРОЈЕМ КОРАКА

На дијаграмима је приказано да је највећа вероватноћа промашаја за 10 корака детекције, а најмања за два корака. Овакво понашање је очекивано, јер са порастом броја корака расте вероватноћа да у било ком може доћи до промашаја у детекцији.

29 УТИЦАЈ ВИШЕ КОРАКА ДЕТЕКЦИЈЕ НА СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ

Средње време детекције, и за детектор са више корака $T_{\text{драк}}$, рачуна се од тренутка појављивања квара на преносном путу са правом првенства до тренутка када је откривен предаларм. Трајање првог корака састоји се из времена протеклог од прекида до појављивања позива. Сваки следећи корак састоји се из два периода: трајања разговора пристиглог у претходном кораку и времена протеклог до следећег позива. С обзиром на то да се за прорачун узимају средња времена (средње време трајања разговора t_m и средње време између доласка два позива T_{ia}), важи:

$$T_{\text{драк}} = T_{ia} + (t_m + T_{ia})(k - 1) = k T_{ia} + (k - 1) t_m \quad (29.1)$$

Ова једначина показује да са порастом броја корака k средња дужина времена детекције има значајно већу вредност, услед множења са средњом дужином трајања разговора.

Као илустрација, приказана је табела (Таб. 29.1) која показује вредности средњих времена детекције у зависности од броја корака који иде од два до десет, за три вредности средње дужине трајања разговора, и при понуђеном саобраћају од 26 Ерланга. Све вредности су у секундима.

ТАБ. 29.1 СРЕДЊЕ ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА $A=26$ ЗА $ISDN$ ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ИЗБОРА, $N=30+1$ КАНАЛА

t_m [s]	120	140	180
T_{ia} [s]	4,6154	5,3846	6,9231
$T_{\text{дра}2}$ [s]	129,2308	150,7692	193,8462
$T_{\text{дра}3}$ [s]	253,8462	296,1538	380,7692
$T_{\text{дра}4}$ [s]	378,4615	441,5385	567,6923
$T_{\text{дра}5}$ [s]	503,0769	586,9231	754,6154
$T_{\text{дра}6}$ [s]	627,6923	732,3077	941,5385
$T_{\text{дра}7}$ [s]	752,3077	877,6923	1128,462
$T_{\text{дра}8}$ [s]	876,9231	1023,077	1315,385
$T_{\text{дра}9}$ [s]	1001,538	1168,462	1502,308
$T_{\text{дра}10}$ [s]	1126,154	1313,846	1689,231

За детекторе са већим бројем корака повећава се вероватноћа промашаја (поглавље 28.2). Након појаве квара на преносном путу првог избора, пре или касније биће установљено постојање предаларма, па повећана вероватноћа

промашаја не мора представљати проблем (поглавље 26.4). Уз то, због смањења вероватноће лажног предаларма, детектори са више корака дају поузданије показатеље да је до предаларма заиста дошло. Долази до значајног продужења времена детекције, а један од захтева је да оно буде што краће (поглавље 11.3.1). Водећи рачуна само о времену детекције, у предложеном моделу са једним ВФ преносним путем, најбоље је коришћење детектора са два корака детекције.

Биће посматран систем који се састоји од једног ВФ и једног *ISDN* преносног пута, а понуђени саобраћај износи 26 Ерланга. Ово је висока вредност понуђеног саобраћаја, за коју се не очекује да се појави у ЕТМ, а узета је у прорачун као илустрација најнеповољнијег случаја (на основу разматрања у поглављу 24.3).

У табели (Таб. 29.2) приказана је највећа густина кварова приликом коришћења детектора са два и више корака, да би систем био расположив 99,999% времена [50].

С обзиром на то да је систем још увек у раду када се деси предаларм, не може се говорити о угроженој расположивости система, па је ова појава названа *условна расположивост* система.

ТАБ. 29.2 БРОЈ МЕСЕЦИ ИЗМЕЂУ ДВА КВАРА ДА БИ УСЛОВНА РАСПОЛОЖИВОСТ БИЛА 99,999%, *ISDN*
ПРЕНОСНИ ПУТ ПРВОГ ПРИОРИТЕТА, $A=26$

бр. корака	$t_m = 120 \text{ s}$	$t_m = 140 \text{ s}$	$t_m = 180 \text{ s}$
2	4,986	5,817	7,479
3	9,793	11,426	14,690
4	14,601	17,035	21,902
5	19,409	22,644	29,113
6	24,217	28,253	36,325
7	29,024	33,862	43,536
8	33,832	39,471	50,748
9	38,640	45,080	57,959
10	43,447	50,689	65,171

Прва колона у табели Таб. 29.2 представља број корака детектора. У преостале три колоне, за различите дужине средњег времена разговора (од 120, 140 и 180 секунди), приказана су времена која треба да протекну између два кварова да условна расположивост система не би пала испод 99,999%. Тако,

за детектор са 3 корака, за средње време трајања разговора од 140 секунди, време између два квара треба да износи бар 11,426 месеци да би условна расположивост система била 99,999%.

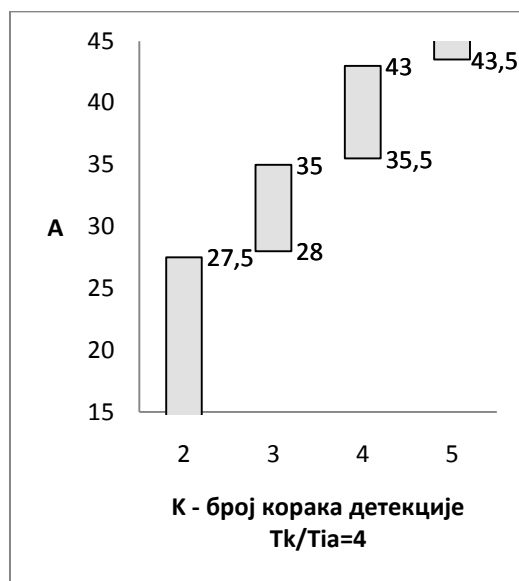
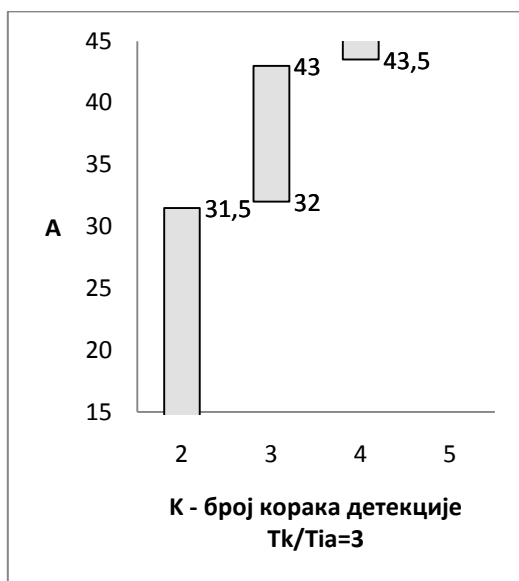
У прорачуну није узето у обзир средње време отклањања квара, јер податак о њему није доступан. Како су величине између два квара представљене у месецима, може се претпоставити да она не би озбиљније утицала на прорачун. Још једном треба нагласити да пошто се систем налази у стању предаларма, време детекције није подједнаког од значаја као када се појави аларм (поглавље 11.1).

30 ОДРЕЂИВАЊЕ ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА ДЕТЕКТОРА СА ВИШЕ КОРАКА

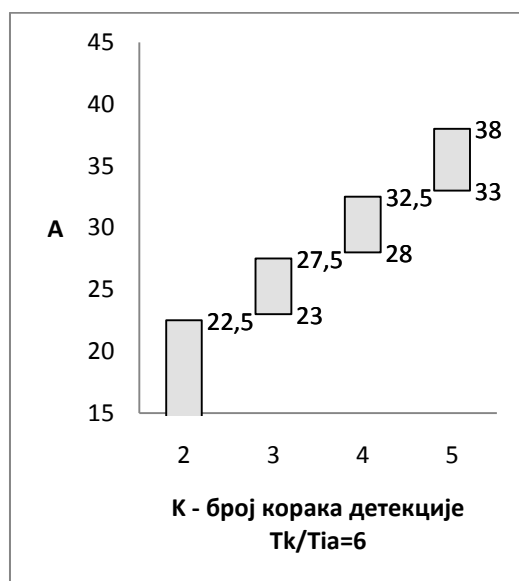
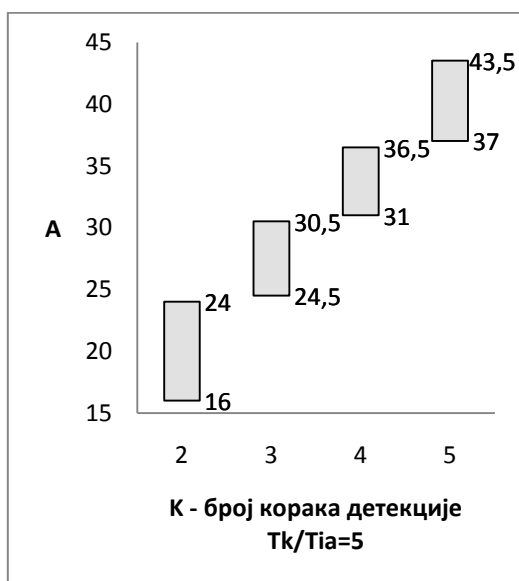
Ради добијања оптималне дужине интервала детекције за детекторе са више корака, примењен је поступак приказан у поглављу 26.3. Уколико се користи детектор са K корака, дужина интервала детекције треба да буде усклађена са минималним збиром вероватноћа предаларма и промашаја, као што је размотрено за детектор са два корака у 26.3. Табеле са минималним збиром вероватноћа због обима нису приложене, а добијене су на основу једначина у поглављу 28.

На основу израчунатих вероватноћа лажног предаларма и промашаја за детекторе са већим бројем корака, добијени су дијаграми на којима су представљени опсези понуђеног саобраћаја у којима је збир ове две вероватноће минималан (дијаграми: Сл. 30.1, Сл. 30.2, Сл. 30.3, Сл. 30.4).

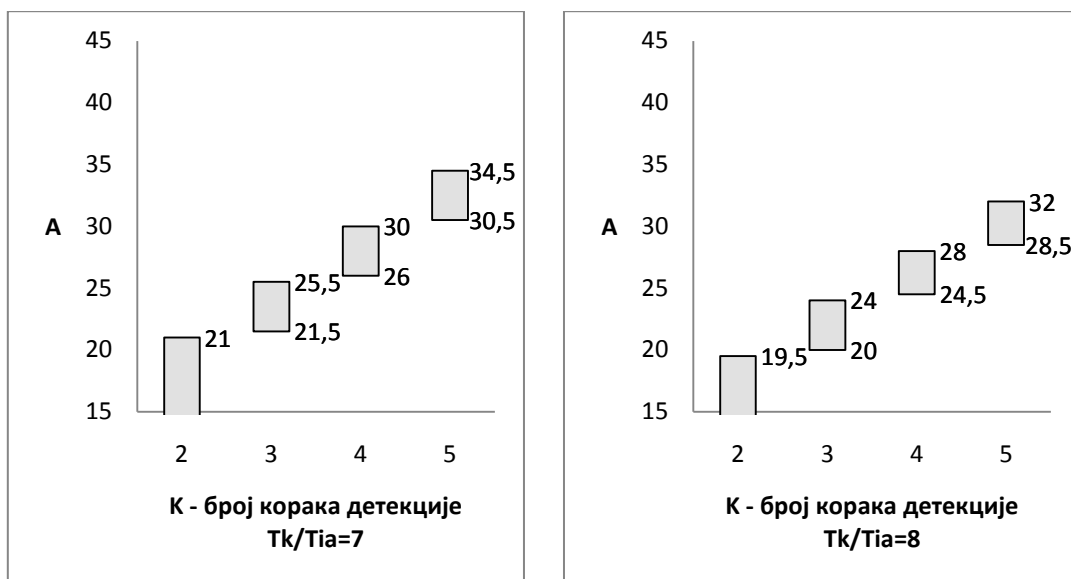
Прорачуни су извршени за *ISDN* преносни пут са 30 канала и један ВФ линк са ВФ каналом. Минималне вредности збира вероватноћа приказане су за различите вредности саобраћаја, у зависности од броја корака детекције. На појединачном дијаграму приказана је једна вредност дужине интервала детекције, у распону од три до десет умножака средњег времена (T_k/T_{ia}) између два узастопна позива.



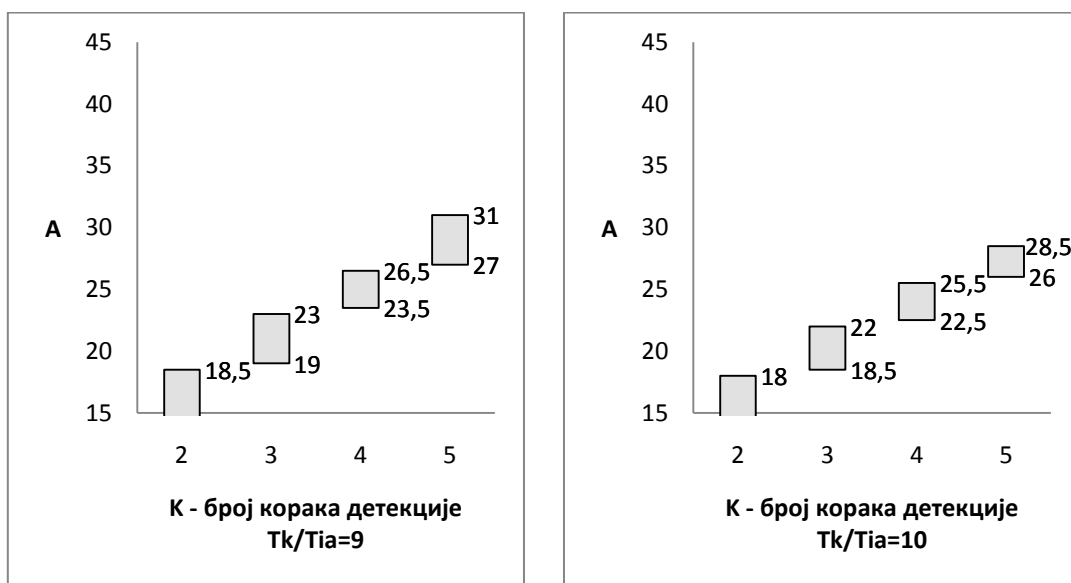
Сл. 30.1 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, *ISDN* линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 3 и 4



Сл. 30.2 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, *ISDN* линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 5 и 6



Сл. 30.3 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, *ISDN* линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 7 и 8



Сл. 30.4 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, *ISDN* линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 9 и 10

Дијаграми показују да са порастом дужине интервала детекције оптималан број корака детекције расте. За дужину интервала детекције $T_k/T_{ia}=3$ нема разлога да се користи детектор са више од два корака. Када је $T_k/T_{ia}=4$, детектор са три корака је скоро увек оптимално решење. За интервале дуже од $T_k/T_{ia}=4$, до изражаја долазе детектори са већим бројем корака.

31 МОДЕЛ СА ВИШЕ ВФ ПРЕНОСНИХ ПУТЕВА

Приликом описа модела сачињеног од једног ВФ и једног *ISDN/IP* преносног пута, показано је да повећање броја преносних путева који нису ВФ типа не утиче на опис система (поглавље 14.1). Једина разлика је у повећању укупног броја канала у систему, последњи канал на који се усмерава саобраћај остаје ВФ, тако да читав прорачун остаје исти. Следи разматрање модела који такође може постојати у ЕТМ, када поред *ISDN/IP* преносног пута два или три ВФ преносна пута спајају два комутациона чвора.

У случају коришћења детектора са једним кораком позив који се појављује на једном од ВФ преносних путева бива препознат као предаларм. Нема разлика у понашању система, нити у прорачуну за показатеље веродостојности рада система, описаним у поглављу 19.

Приликом коришћења детектора са два корака, први корак наступа са доласком позива на један од ВФ преносних путева. Разлика је у томе што не мора да се чека да се оконча започети разговор да би се стартовао тајмер, већ то може да се изврши одмах, и да се проверава слободни ВФ преносни пут. Долазак следећег позива на други ВФ преносни пут током интервала детекције ће у овом случају довести до препознавања аларма на детектору.

Прорачуни за вероватноћу лажног предаларма и промашаја имају опис као у поглављима 21 и 22, али се средње време детекције T_{dpa2}^{∞} састоји само између два средња интервала између позива, односно:

$$T_{dpa2}^{\infty} = T_{ia} + T_{ia} = 2 T_{ia} \quad (31.1)$$

Уколико се користи детектор са три корака, поново вишеструкост ВФ путева може да се искористи ради скраћивања средњег времена детекције. Тако први корак почиње са првим позивом, и одмах започиње други укључивањем тајмера и проверавањем другог ВФ линка. Долазак другог позива у предвиђеном интервалу детекције започиње трећи корак. Уколико се користе два преносна пута, да би се очекивао позив у овом кораку морао би да се сачека завршетак једног од започетих разговора пре укључивања тајмера, али када се користе три ВФ преносна пута то није потребно – одмах се може стартовати тајмер трећег корака и очекивати позив на слободном ВФ путу. Средње време детекције T_{dpa3}^{∞} износиће:

$$T_{\text{драз}}^{\alpha} = T_{ia} + T_{ia} + T_{ia} = 3 T_{ia} \quad (31.2)$$

Закључује се да се предност коришћења више ВФ веза састоји у смањењу времена детекције, док вероватноћа лажног предаларма и вероватноћа промашаја остају у складу са прорачуном код детектора са више корака. Када број корака детекције почне да премашује број преносних путева у систему, ова предност све мање долази до изражаја.

Уколико се користе детектори са више корака него што има ВФ линкова између два комутациона чвора, у време детекције би поново ушло време разговора, па у општем случају за k корака детекције и v ВФ преносних путева у систему важи да средње време детекције $T_{\text{драк}}^{\alpha}$ израчунава на основу следеће једначине:

$$T_{\text{драк}}^{\alpha} = v T_{ia} + (k - v)(T_{ia} + t_m) , \quad k \geq v \quad (31.3)$$

Уколико постоји више преносних путева, могу се консултовати дијаграми из поглавља 30 ради одлучивања о оптималном броју корака, детектора. Повећање броја корака доводи до смањења могућности да се стање заузетости свих канала у систему погрешно прогласи за предаларм (мања вероватноћа лажног предаларма), али и до ређег (повећање вероватноће промашаја) и споријег (раст времена детекције) проглашења предаларма.

Приказане су две табеле у којима је наведена највећа густина кварова да би систем био условно расположив 99,999% времена (према поглављу 29). Прва табела (Таб. 31.1) приказује густину кварова за систем са два ВФ и једним *ISDN* преносним путем, док друга (Таб. 31.2) приказује густину кварова за систем са три ВФ и једним *ISDN* преносним путем. У оба случаја време је приказано у месецима, а понуђени саобраћај износи 26 Ерланга. И овде је узета у разматрање изузетно висока вредност понуђеног саобраћаја за ЕТМ, као илустрација неповољног случаја.

На основу једначина за рачунање средњег времена детекције (31.3) и приказаних вредности у табелама (Таб. 31.1 и Таб. 31.2) закључује се да је време детекције најкраће када је број корака детектора мањи или једнак броју ВФ преносних путева.

ТАБ. 31.1 СИСТЕМ СА ДВА ВФ ЛИНКА, БРОЈ МЕСЕЦИ ИЗМЕЂУ ДВА КВАРА НА *ISDN* ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРВОГ ИЗБОРА, ЗА УСЛОВНУ РАСПОЛОЖИВОСТ ОД 99,999%, ПРИ $A=26$

бр. корака	$t_m = 120 \text{ s}$	$t_m = 140 \text{ s}$	$t_m = 180 \text{ s}$
2	0,356	0,415	0,534
3	5,164	6,024	7,746
4	9,972	11,633	14,957
5	14,779	17,242	22,169
6	19,587	22,851	29,380
7	24,395	28,460	36,592
8	29,202	34,069	43,803
9	34,010	39,678	51,015
10	38,818	45,287	58,226

ТАБ. 31.2 СИСТЕМ СА ТРИ ВФ ЛИНКА, БРОЈ МЕСЕЦИ ИЗМЕЂУ ДВА КВАРА НА *ISDN* ПРЕНОСНОМ ПУТУ ПРВОГ ИЗБОРА, ЗА УСЛОВНУ РАСПОЛОЖИВОСТ ОД 99,999%, ПРИ $A=26$

бр. корака	$t_m = 120 \text{ s}$	$t_m = 140 \text{ s}$	$t_m = 180 \text{ s}$
2	0,356	0,415	0,534
3	0,534	0,623	0,801
4	5,342	6,232	8,013
5	10,150	11,841	15,224
6	14,957	17,450	22,436
7	19,765	23,059	29,647
8	24,573	28,668	36,859
9	29,380	34,277	44,071
10	34,188	39,886	51,282

Узимајући у обзир само време детекције, може се донети следећи закључак о коришћењу детектора са више корака детекције:

- Детектори са два корака погодни су за коришћење када постоји један, два или три преносна пута ВФ типа
- Детектори са три корака детекције погодни су за коришћење када постоје два или три преносна пута ВФ типа
- Детектори са четири корака детекције погодни су за коришћење када постоје три преносна пута ВФ типа (време детекције приближно је времену код два корака на једном преносном путу)
- Детекторе са пет и више корака детекције не треба користити

32 ОСНОВЕ СИМУЛАЦИЈЕ МЕТОДОМ МОНТЕ КАРЛО

У овом поглављу представљене су особине симулационог метода Монте Карло, и елементи који треба да буду садржани приликом његове реализације. У наредним поглављима, применом овог метода у програму за симулацију врши се провера показатеља веродостојности рада детектора са два корака, представљеним у поглављима 21, 22 и 23.

32.1 ОСОБИНЕ СИМУЛАЦИОНЕ МЕТОДЕ МОНТЕ КАРЛО

Коришћење симулације треба да омогући да се уочени стварни проблем посматра и решава путем његовог понављања у експерименталном окружењу [51]. У рачунарској симулацији коришћењем постављеног модела опонашају се потребне особине стварног система, уз захтев да за једнаке промене стања улаза у стварном систему и симулацији долази до истоветних резултата на њиховим излазима [52].

Случајни процеси описани су расподелама вероватноће, а ради њиховог представљања у симулацијама користе се генератори случајних бројева. Тачније, бројеви који се добијају су псеудослучајни, јер се постојећи генератори омогућавају једино добијање бројева који се понашају слично случајним, у смислу униформе распоређености и међусобне независности.

Симулација телефонског саобраћаја представља опонашање долазака позива и њиховог услуживања. Њеним коришћењем омогућени су [10]:

- Провера теоријских резултата, који се сматрају доказаним уколико су потврђени симулацијом. Тако се избегавају дуготрајна мерења у стварном систему
- Испитивање сложених система услуживања, чија својства се тешко израчунавају
- Испитивање различитих утицаја на модел (нпр поновљени позиви)

Симулација методом Монте Карло (*Monte Carlo*), позната и као „рулет“ (*roulette*), превасходно се користи приликом моделовања телефонских система са губицима [53]. Побуде моделованог система добијају се из скупа псеудослучајних бројева, а вероватноћа појављивања било ког од њих је подједнака. На основу ових случајно изабраних података, добијају се излази

система који су различити за сваки нови скуп улазних података. Овако дефинисан систем побуђује се многоструко, а резултат рада симулације добија се као средња вредност свих извршених понављања.

Приликом коришћења Монте Карло метода треба извршити што већи број понављања процеса у систему, јер се тако добијају прецизнији резултати симулације [51]. Овакво коришћење резултата представља статистички симулациони метод, и разликује се од решавања проблема нумеричким методима који на излазу имају увек исти резултат за исте улазне податке.

32.2 ЕЛЕМЕНТИ СИМУЛАЦИЈЕ

Приликом извршавања симулације телекомуникационог саобраћаја [10], потребно је да програм садржи компоненте описане у овом поглављу, односно да се изазивају догађаји описани у њему.

Приликом обраде података добијених мерењем користе се резултати добијени када је систем био у равнотежном стању, односно одбацују се резултати с почетка симулације.

32.2.1 КОМПОНЕНТЕ ПРОГРАМА

Генератор псеудослучајних бројева треба да обезбеди случајност изазивања позива и трајања њиховог услуживања. Генератор псеудослучајних бројева треба да задовољава следеће собине:

- генерисани бројеви су независни један од другог
- у генерисаним бројевима не долази до периодичног понављања истоветног низа бројева или појединачног броја
- генерисани бројеви униформно су распоређени
- вероватноћа појављивања сваког генерисаног броја је истоветна

У рачунарској симулацији користи се дискретно представљање времена, за шта се користи тзв. интерни часовник. Служи за мерење времена у симулацији у дискретним јединицама времена, а у једној јединици најчешће се генерише један случајни број.

Због дискретног представљања времена коришћењем интерног часовника, вероватноћа трајања интервала између узастопних догађаја не може да се представи негативно-експоненцијалном зависношћу, јер она важи једино за континуално време. За представљање дужине трајања времена у

дискретном домену користи се геометријска расподела. Она једина има особину одсуства памћења међу расподелама које се користе приликом представљања дужине трајања интервала у дискретном времену. Управо због ове особине могуће је коришћење Монте Карло метода приликом симулације телефонског саобраћаја.

32.2.2 ИЗАЗИВАЊЕ ДОГАЂАЈА

Однос вероватноћа рађања и умирања (поглавље 12.5.3) стварног процеса у симулацији треба да одговара односу вероватноћа изазивања новог позива и прекида постојећег.

Изазивање новог позива у моделу Ерлангове групе са губицима не зависи од стања групе, док у другим моделима то може да буде случај. У симулацији до генерисања нових позива долази независно од претходних догађаја.

Догађај изазивања прекида одређује трајање позива. У моделу Ерлангове групе са губицима не зависи од броја заузетих органа, већ се прекид позива генерише независно од било ког од претходних прекида или започетих разговора.

33 ПРОВЕРА ТЕОРИЈСКИХ РЕЗУЛТАТА ПОМОЋУ РЕЗУЛТАТА СИМУЛАЦИЈЕ

Процена резултата симулације олакшана је, јер се према њима треба односити као према резултатима мерења [10]. Развијене су бројне статистичке методе за процену резултата мерења, а у овом поглављу представљена је Студентова расподела на тзв. интервалима поверења, који показују са задатом вероватноћом колико се разликују резултати добијени прорачуном од резултата добијених симулацијом [54,55].

33.1 СТУДЕНТОВА РАСПОДЕЛА

Студентова расподела $t(n)$ (или Студентова једнопараметарска расподела) користи се приликом процене резултата симулације методом Монте Карло. Представља се функцијом густине вероватноће:

$$f(t) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{-\frac{\nu+1}{2}} \quad (33.1)$$

где је $\Gamma(z)$ гама функција, а степен слободе ν представља број понављања симулације n умањен за један:

$$\nu = n - 1 \quad (33.2)$$

Аргументи гама функције у изразу (33.1) могу бити или целобројне величине, или целобројне величине увећане за једну половину. За целобројно z , гама функција дефинише се као:

$$\Gamma(z) = (z-1)! \\ \Gamma\left(z + \frac{1}{2}\right) = \sqrt{\pi} \left[\left(\begin{matrix} z - \frac{1}{2} \\ y \end{matrix} \right) z! \right] \quad (33.3)$$

Променљива t рачуна се из једначине:

$$t = \frac{\overline{x_n} - \mu}{S_n} \sqrt{n} \quad (33.4)$$

где је μ очекивана средња вредност, $\overline{x_n}$ средња вредност добијених резултата, S_n њихова дисперзија. $\overline{x_n}$ и S_n рачунају се као:

$$\begin{aligned}\bar{x}_n &= \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \\ S_n &= \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_n)^2}\end{aligned}\tag{33.5}$$

где x_i представља резултат i -те од n извршених симулација.

33.2 ИНТЕРВАЛ ПОВЕРЕЊА

Интервал поверења означава интервал између две вредности $[\tau - \xi, \tau + \xi]$ у коме је вероватноћа P_r да се променљива t налази у оквиру њега са вероватноћом θ :

$$P_r(\tau - \xi < t < \tau + \xi) = \theta \tag{33.6}$$

Вероватноћа θ назива се и ниво поверења, и показује веродостојност резултата симулације.

Вероватноћа P_r да се променљива t налази у оквиру једне стране интервала поверења, $[\tau - \xi, \infty)$ или $(-\infty, \tau + \xi]$, износи:

$$P_r(\tau - \xi < t) = P_r(t < \tau + \xi) = \theta + \frac{1 - \theta}{2} \tag{33.7}$$

Према једначинама (33.6) и (33.4) важи:

$$P_r(\tau - \xi < \frac{\bar{x}_n - \mu}{S_n} \sqrt{n} < \tau + \xi) = \theta \tag{33.8}$$

што је еквивалентно са:

$$P_r\left(\bar{x}_n - \frac{(\tau + \xi)S_n}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{x}_n - \frac{(\tau - \xi)S_n}{\sqrt{n}}\right) = \theta \tag{33.9}$$

Провера да ли се у оквиру интервала поверења добијеног симулацијом налази очекивана средња вредност μ добијена прорачуном врши се на следећи начин: прво је потребно за више понављања симулације израчунати средњу вредност $\bar{x}_n$ и варијансу резултата S_n . Вредност параметра $\tau - \xi$ и $\tau + \xi$ добија се на основу података из табеле за број степена слободе и ниво поверења θ . Уколико је очекивана средња вредност унутар интервала поверења (једначина (33.9)) сматра се да су резултати симулације унутар интервала поверења за задати ниво поверења.

34 МОДЕЛ СИМУЛАЦИЈЕ

У овом поглављу представљени су принципи на којима се извршава симулација Ерлангове групе канала са губицима. Описана је структура програма за симулацију као и параметри којима се задаје начин његовог рада.

34.1 ПРИНЦИПИ РАДА

Рад симулације заснован је на коришћењу Монте Карло метода (поглавље 32). Сматра се да постоји ординарност догађаја у систему, односно да највише један догађај може да се догоди у кратком временском интервалу представљеним једном дискретном јединицом времена. Сматра се да није могућа појава ни једног догађаја у систему између два дискретна тренутка. Под догађајем овде се подразумева изазивање новог позива или завршетак постојећег разговора.

Да би се установило да ли се у дискретном интервалу десио догађај, врши се тумачење генерисаног псеудослучајног броја. Опсег коме може да припада генерисани број подељен је на три интервала (Сл. 34.1).



Сл. 34.1 ИНТЕРВАЛИ У ОПСЕГУ ГЕНЕРИСАНИХ ПСЕУДОСЛУЧАЈНИХ БРОЈЕВА

На генерисани псеудослучајни број примењују се следећа правила, у зависности од интервала коме припада:

- I изазива се нови позив у систему. Сразмерна дужина интервала је A (вредност очекиваног саобраћаја). С обзиром на то да примењује узастопно заузимање (поглавље 63) – позив заузима први слободан канал. Уколико су сви канали заузети позив бива одбачен тј. прелази у преливени саобраћај, односно нема изазивања догађаја.
- II изазива се завршетак разговора. Сразмерна дужина интервала је $N+VF$ (где је N број канала на преносном путу првог приоритета, увећан за број ВФ канала). Број канала у коме треба да се изврши завршетак разговора рачуна се тако што се овај интервал подели на

$N+VF$ подинтервала, па се прекида позив који је на каналу који одговара подинтервалу у коме се налази вредност генерисаног броја. Уколико канал није заузет, у овом дискретном тренутку не врши се ни један догађај.

III нема изазивања ни једног догађаја. Сразмерна дужина интервала је NOP (дужина интервала у коме нема догађаја). У стварном систему, NOP је много веће од $A+(N+VF)$, јер је појава догађаја у континуалном времену дискретан феномен (самим тим и редак). Због скраћивања времена симулације ово време може да има и вредност нула без последица по веродостојност резултата, изузев у случају када је за опис битно верно моделовање времена. Интервал NOP примењује се када је потребно подешавање временских односа у симулацији.

Опис рада генератора биће приказиван са три вредности у витичастим заградама, које представљају дужине три интервала $\{A, N+VF, NOP\}$.

Време у посматраном процесу може да се процењује на основу симулације Монте Карло методом, а средње време трајања разговора у дискретном времену t_{mD} добија се као збир три интервала на које је подељен опсег [56]:

$$t_{mD} = A + (N + VF) + NOP \quad (34.1)$$

Дужина јединице дискретног времена d може се изразити преко континуалног времена као однос средње дужине разговора у континуалном и дискретном времену:

$$d = \frac{t_m}{t_{mD}} = \frac{t_m}{A + (N + VF) + NOP} \quad (34.2)$$

На пример, уколико је средње време трајања разговора $t_m=120$ секунди, очекивани саобраћај $A=26$ Ерланга, за $ISDN$ линк са једним ВФ каналом је $N+VF=30+1$, у систему у коме је ради скраћивања извршавања симулације $NOP=0$, односно када се посматра систем описан са $\{26, 30+1, 0\}$, једна јединица дискретног времена износи 2,1053 секунди.

Средње време између долазака позива у дискретном времену изражава се као:

$$T_{iaD} = \frac{A + (N + VF) + NOP}{A} \quad (34.3)$$

34.2 СТРУКТУРА ПРОГРАМА ЗА СИМУЛАЦИЈУ

Рачунарски програм за симулацију реализован је коришћењем програмског језика *Java*. Псеудослучајни бројеви генерисани су помоћу стандардне *Java* библиотеке *java.util.Random*, у којој се користи линеарни конгруентни генератор псеудослучајних бројева, са периодом понављања дужине 2^{48} [57].

Структура програма описана је коришћењем дијаграма класа (Сл. 34.2).

Извршавање симулације омогућава класа *SimulationProcess*. У објекту ове класе обавља се генерисање псеудослучајних бројева, који се упућују у објекат класе *FullGroup*. Правила по којима се врши обрада генерисаног броја у објекту класе *FullGroup* описана су у поглављу 34.1

Објекат класе *FullGroup* садржи колекцију објеката класе *Channel* који описују понашање канала на преносним путевима првог и другог реда. Такође, садржи и објекат класе *Overflow* којим је описано понашање у преливној групи.

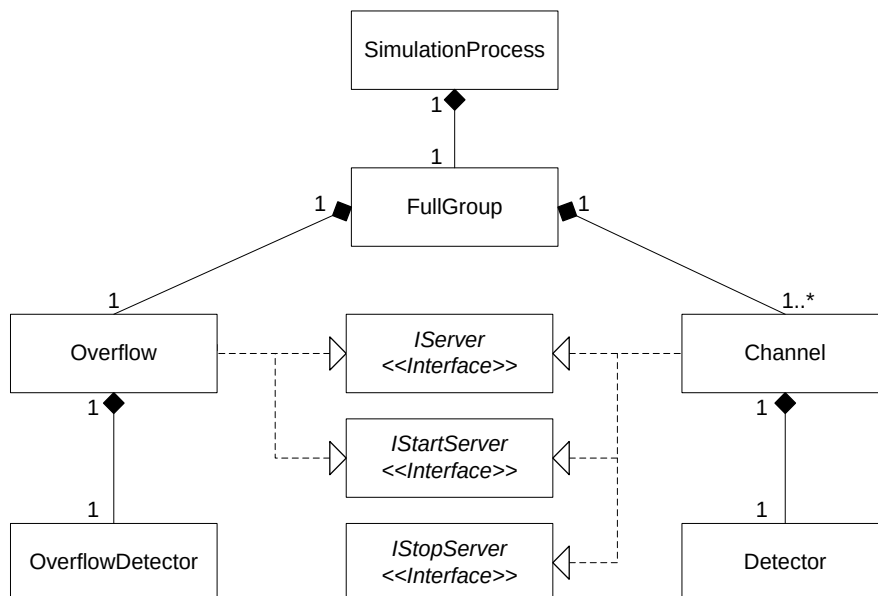
Дефинисана су три интерфејса:

- *IServer* – намењен је да се имплементира у класама у којима треба да се врши праћење стања заузетости канала. Предвиђена су три могућа стања канала: *заузет*, *слободан* или *ван функције*.
- *IStartServer* – намењен је да се имплементира у класама у којима постоји догађај изазивање позива
- *IStopServer* – намењен је да се имплементира у класама које могу да изазову догађај прекида позива

У класи *Channel* имплементирана су сва три интерфејса:

- *IServer* – имплементација интерфејса омогућава праћење и промену стања појединачног канала
- *IStartServer* – имплементација метода овог интерфејса треба да омогући започињање позива. Промена стања канала у *заузет* врши се искључиво када је канал у стању *слободан*

- *IStopServer* – имплементација метода овог интерфејса треба да омогући завршетак разговора. Промена стања канала у *слободан* врши искључиво када је канал у стању *заузет*



Сл. 34.2 ДИЈАГРАМ КЛАСА ПРОГРАМА ЗА СИМУЛАЦИЈУ

Ради тестирања рада система, сваки објекат класе *Channel* садржи један објекат класе *Detector*, која омогућава остваривање функције детектора са два или више корака детекције. Од значаја је објекат ове класе на ВФ каналу.

У класи *Overflow* имплементирана су два од три описана интерфејса, што одговара особинама преливне групе (поглавље 12.8.3) у коју позиви могу увек да пређу, али су без трајања:

- *IServer* – преливна група је уведен појам и не састоји се из канала, самим тим имплементација овог интерфејса не користи се за праћење стања, већ ради једноставнијег приступа објектима из класе *FullGroup*
- *IStartServer* – у имплементацији користи се метод за започињање разговора, на основу кога се установљује да је позив прешао у преливени саобраћај

У класи *Overflow* користи се један објекат класе *OverflowDetector*. Приликом позива метода интерфејса *IStartServer* за започињање разговора у класи *Overflow*, у класи *OverflowDetector* врши се детекција пристиглих позива у преливени саобраћај, а уграђен је и механизам који омогућава да се

установи да ли је време између позива у преливеном саобраћају дуже од предвиђеног.

34.3 ПАРАМЕТРИ РАДА МОДЕЛА

Промена параметара рада програма за симулацију за последицу има промену начина његовог извршавања. Задају се пре почетка извршавања, и с њима су представљени:

- број дискретних временских јединица које треба да прођу пре него што се прогласи да је систем прешао у равнотежно стање, односно пре него што почне мерење
- број дискретних временских јединица током извршавања симулације у равнотежном стању, односно док траје мерење
- број понављања симулације
- индикатор који показује да ли пут првог избора треба да буде стављен ван функције, или се симулација извршава током исправног рада
- индикатор који показује да ли се симулација прекида након првог пронађеног предаларма на ВФ каналу
- број канала на преносном путу првог приоритета
- број канала на ВФ преносном путу
- број дискретних временских јединица током којих нема догађаја (*NOP* – поглавље 34.1)
- понуђени саобраћај (у Ерланзима)
- за детектор, број корака
- за детектор, трајање интервала детекције у дискретним временским јединицама

Коришћењем ових параметара могућа је промена рада симулације, и прилагођавање ради мерења у следећим ситуацијама:

- током исправног извршавања система
- ради утврђивања појаве лажних предаларма када се извршава симулација исправног система
- ради утврђивања времена детекције након стављања ван функције преносног пута првог приоритета
- ради утврђивања појаве промашаја у детекцији након стављања ван функције преносног пута првог приоритета

35 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ ОРГАНА

Да би се утврдила исправност модела и његове имплементације, извршена је симулација на групи исправних органа, и добијени резултати упоређени су са резултатима из прорачуна. У овом поглављу, описан је ток симулације када су сви органи исправни, и упоређени су резултати добијени прорачуном и симулацијом.

35.1 ОПИС СИСТЕМА ЗА СИМУЛАЦИЈУ

Симулације у овом и наредним поглављима врше се на систему са два преносна пута. На преносном путу са правом првенства је *ISDN* линк са 30 канала, а преносни пут следећег првенства је ВФ линк са једним ВФ каналом.

Симулације се извршавају за три вредности понуђеног саобраћаја: 20, 26 и 30 Ерланга, како би вредности које се добијају прорачуном биле довољно велике да би резултати симулације могли да их потврде. Ове вредности су изнад пројектованих у ЕТМ и њиховим коришћењем сагледава се најнеповољнији случај (према поглављу 24.3).

35.2 ОПИС ТОКА СИМУЛАЦИЈЕ

Симулација је извршена на групи у којој су сви канали исправни, ради провере исправности постављеног модела (поглавље 34). Одвија се према следећим корацима:

1. у почетном тренутку слободни су сви канали у систему
2. у свакој дискретној јединици времена, систем може генерисати нови позив, прекинути разговор или бити без догађаја, по принципима описаним у поглављу 34.1
3. извршавање симулације у прелазном режиму траје унапред задати број јединица (један од параметара рада система, поглавље 34.3), након чега систем прелази у равнотежно стање. У току прелазног режима не бележе се добијени резултати.
4. Извршавање симулације у равнотежном стању траје унапред предвиђени број дискретних јединица (параметар рада система, поглавље 34.3). Бележе се: број и трајање разговора на сваком каналу

у систему, број прелазака позива на преливну групу, број успешних и неуспешних стартовања детектора.

35.3 РЕЗУЛТАТИ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРЕДНОСТИ УСЛУЖЕНОГ САОБРАЋАЈА

Провера рада програма за симулацију групе канала састојала се у поређењу саобраћајних карактеристика које су израчунате када група канала ради у редовном саобраћају и њихових вредности добијених симулацијом.

Да би се установила тачност рада програма за симулацију, биће посматрани резултати за три вредности понуђеног саобраћаја: 20, 26 и 30 Ерланга, као што је наведено у поглављу 35.1. Да би се утврдило како се резултати мењају у зависности од трајања симулације, за сваку вредност понуђеног саобраћаја биће извршено пет симулација, трајања од 10 хиљада до 100 милиона дискретних јединица (свака следећа је десет пута дужа).

Упоређене су следеће карактеристике:

- понуђени саобраћај
- услужени саобраћај
- просечна дужине трајања разговора
- вероватноћа губитака

Вредност понуђеног саобраћаја не добија се прорачуном, већ је један од параметара рада симулације (поглавље 34.3). У сваком стартовању симулације понуђени саобраћај који се генерише у њој има другу вредност, а рачуна се дељењем вредности услуженог саобраћаја са вредношћу која представља део позива који нису отишли у преливени саобраћај, односно дељењем броја разговора укупним бројем позива.

Прорачун вредности услуженог саобраћаја добија се једначином (12.26). У симулацији, добија се дељењем збира дискретних временских јединица током кога су заузети сви канали у систему са бројем јединица током којих се систем посматра.

Средња дужина трајања разговора у дискретним јединицама рачуна се према једначини (34.1). У симулацији, добија се дељењем збира дискретних јединица током којих су сви канали у систему заузети (дакле, трајања остварених позива) са бројем остварених позива.

Вероватноћа губитака рачуна се према једначини (12.23), а у симулацији се рачуна дељењем броја позива доспелих у преливени саобраћај са укупним бројем генерисаних позива.

35.3.1 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 20 ЕРЛАНГА

У табелама Таб. 35.1, Таб. 35.2, Таб. 35.3, Таб. 35.4 и Таб. 35.5 приказане су вредности очекиване прорачуном и вредности добијене у симулацијама за понуђени саобраћај од 20 Ерланга. Симулације су трајања 10 000, 100 000, 1 000 000, 10 000 000 и 100 000 000 дискретних јединица (д.ј.), за систем чији интервали (поглавље 34.1) за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$ износе $\{20, 30+1, 0\}$.

Једна врста табеле садржи следеће податке:

- Информацију одакле потичу представљени подаци у врсти (*извор података*)
- Понуђени саобраћај изражен у Ерланзима (A (*Erlang*))
- Услужени саобраћај изражен у Ерланзима (Y (*Erlang*))
- Средње време дужине разговора представљено у дискретним јединицама (колона t_m (д.ј.)) и секундама (колона t_m (s))
- Вероватноћу губитака ($P(B)$)

На основу приказаних резултата може се закључити да са продужењем симулације вредности све више теже очекиваним, што представља жељени резултат.

ТАБ. 35.1 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10 000 Д.Ј. ЗА $\{20, 30+1, 0\}$

Извор података	A (<i>Erlang</i>)	Y (<i>Erlang</i>)	t_m (д.ј.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	20	19,8915	51	120	0,005427
Симулација 1	19,762	19,696	51,038	120,0894	0,003357
Симулација 2	19,391	19,346	50,106	117,8965	0,002326
Симулација 3	20,201	20,028	50,859	119,6682	0,008560
Симулација 4	19,772	19,742	50,479	118,7741	0,001532
Симулација 5	19,952	19,803	51,223	120,5247	0,007445
Симулација - просек	19,8156	19,723	50,741	119,3906	0,004644

ТАБ. 35.2 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 Д.Ј. ЗА {20, 30+1, 0}

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	20	19,8915	51	120	0,005427
Симулација 1	19,998	19,914	51,014	120,0329	0,004209
Симулација 2	20,524	20,114	51,412	120,9694	0,006930
Симулација 3	20,048	20,187	51,441	121,0376	0,006880
Симулација 4	20,111	19,967	51,262	120,6165	0,007163
Симулација 5	19,837	19,713	50,73	119,3647	0,006266
Симулација - просек	20,1036	19,979	51,1718	120,4042	0,006289

ТАБ. 35.3 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 1 000 000 Д.Ј. ЗА {20, 30+1, 0}

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	20	19,8915	51	120	0,005427
Симулација 1	20,045	19,934	51,075	120,1765	0,005517
Симулација 2	19,93	19,826	50,932	119,8400	0,005226
Симулација 3	20,008	19,899	51,031	120,0729	0,005463
Симулација 4	19,971	19,859	50,952	119,8871	0,005603
Симулација 5	20,015	19,911	51,02	120,0471	0,005180
Симулација - просек	19,9938	19,8858	51,002	120,0047	0,005398

ТАБ. 35.4 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10 000 000 Д.Ј. ЗА {20, 30+1, 0}

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	20	19,8915	51	120	0,005427
Симулација 1	19,98	19,871	50,984	119,9624	0,005448
Симулација 2	20,021	19,912	51,035	120,0824	0,005427
Симулација 3	20,012	19,903	51,021	120,0494	0,005433
Симулација 4	19,993	19,887	51,011	120,0259	0,005322
Симулација 5	20,01	19,9	51,016	120,0376	0,005473
Симулација - просек	20,0032	19,8946	51,0134	120,0315	0,005421

ТАБ. 35.5 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 000 Д.Ј. ЗА {20, 30+1, 0}

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	20	19,8915	51	120	0,005427
Симулација 1	19,992	19,884	50,985	119,9647	0,005403
Симулација 2	20,008	19,9	51,011	120,0259	0,005414
Симулација 3	20,007	19,898	51,007	120,0165	0,005424
Симулација 4	20,01	19,901	51,014	120,0329	0,005441
Симулација 5	20,004	19,895	51,006	120,0141	0,005427
Симулација - просек	20,0042	19,8956	51,0046	120,0108	0,005422

Применом Студентове расподеле на резултате добијене симулацијом за вероватноћу губитака ($P(B)$) извршена је провера њихове веродостојности. Провера је извршена за ниво поверења од 95%, са симетричним интервалом поверења. Резултати су приказани у табели Таб. 35.6. У првој колони (Трајање

у д.ј.) дато је трајање симулације у д.ј. Следеће две колоне (Доња граница и Горња граница, у оквиру колоне Интервал поверења) одређују доњу и горњу границу интервала поверења. У последњој, четвртој колони (Очекивано $P(B)$) налазе се очекиване вредности за вероватноћу губитака.

ТАБ. 35.6 ПРИМЕНА СТУДЕНТОВЕ РАСПОДЕЛЕ НА ВЕРОВАТНОЋУ ГУБИТАКА ЗА НИВО ПОВЕРЕЊА ОД 95%, ЗА $\{20, 30+1, 0\}$

Трајање у д.ј.	Интервал поверења		Очекивано $P(B)$
	Доња граница	Горња граница	
10 000	0,000723	0,008565	0,005427
100 000	0,004788	0,007791	0,005427
1 000 000	0,005168	0,005628	0,005427
10 000 000	0,005349	0,005492	0,005427
100 000 000	0,005404	0,00544	0,005427

Као што се из табеле Таб. 35.6 види, очекиване вредности вероватноће губитака налазе се унутар израчунатих интервала поверења, па се закључује да су добијени резултати веродостојни.

35.3.2 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 26 ЕРЛАНГА

У табелама Таб. 35.7, Таб. 35.8, Таб. 35.9, Таб. 35.10 и Таб. 35.11 приказане су очекивана вредност добијена прорачуном и вредности добијене симулацијом за систем чији интервали (поглавље 34.1) за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$ износе $\{26, 30+1, 0\}$. Понуђени саобраћај је 26 Ерланга, а трајање симулације по редоследу табела износи 10 000, 100 000, 1 000 000, 10 000 000 и 100 000 000 д.ј. Поља у врсти одговарају опису из поглавља 35.3.1.

Са растом трајања симулације добијени резултати постају све ближи очекиваним, што представља жељени резултат.

ТАБ. 35.7 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10 000 Д.Ј. ЗА $\{26, 30+1, 0\}$

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	26	24,6243	57	120	0,052912
Симулација 1	26,65	24,978	57,805	121,6947	0,0623
Симулација 2	25,20	24,222	56,013	117,9221	0,03869
Симулација 3	25,07	23,976	55,590	117,0316	0,043681
Симулација 4	25,67	24,388	56,415	118,7684	0,0499
Симулација 5	26,06	24,656	56,642	119,2463	0,053901
Симулација - просек	25,73	24,444	56,493	118,9326	0,049694

ТАБ. 35.8 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 Д.Ј. ЗА {26, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	26	24,6243	57	120	0,052912
Симулација 1	26,02	24,670	57,106	120,2232	0,051821
Симулација 2	26,03	24,611	56,975	119,9474	0,054378
Симулација 3	25,91	23,547	56,894	119,7768	0,052902
Симулација 4	26,07	24,668	57,097	120,2042	0,05369
Симулација 5	26,25	24,681	57,216	120,4547	0,05962
Симулација - просек	26,056	24,4354	57,0576	120,1213	0,054482

ТАБ. 35.9 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 1 000 000 Д.Ј. ЗА {26, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	26	24,6243	57	120	0,052912
Симулација 1	25,99	24,578	57,001	120,0021	0,05423
Симулација 2	25,95	24,607	56,955	119,9053	0,05182
Симулација 3	25,99	23,631	57,005	120,0105	0,05244
Симулација 4	26,08	24,675	57,092	120,1937	0,05392
Симулација 5	25,94	24,573	56,908	119,8063	0,05270
Симулација - просек	25,99	24,4128	56,9922	119,9836	0,053022

ТАБ. 35.10 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10 000 000 Д.Ј. ЗА {26, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	26	24,6243	57	120	0,052912
Симулација 1	25,99	24,623	57,002	120,0042	0,05275
Симулација 2	25,98	24,618	56,993	119,9853	0,05264
Симулација 3	26,01	23,633	57,007	120,0147	0,05291
Симулација 4	25,99	24,619	57,004	120,0084	0,05301
Симулација 5	25,97	24,604	56,967	119,9305	0,05254
Симулација - просек	25,988	24,4194	56,9946	119,9886	0,05277

ТАБ. 35.11 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 000 Д.Ј. ЗА {26, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	26	24,6243	57	120	0,052912
Симулација 1	26,00	24,624	56,997	119,9937	0,05292
Симулација 2	25,99	24,620	56,990	119,9789	0,05281
Симулација 3	25,99	24,617	56,984	119,9663	0,05277
Симулација 4	26,01	24,628	57,007	120,0147	0,05298
Симулација 5	26,00	24,627	57,001	120,0021	0,05285
Симулација - просек	25,998	24,6232	56,9958	119,9911	0,052866

Провера веродостојности добијених резултата за вероватноћу губитака и овде је извршена применом Студентове расподеле, за ниво поверења од 95%

са симетричним интервалом поверења. Резултати су приказани у табели Таб. 35.12, а опис поља у врсти одговара оном из поглавља 35.3.2.

ТАБ. 35.12 ПРИМЕНА СТУДЕНТОВЕ РАСПОДЕЛЕ НА ВЕРОВАТНОЋУ ГУБИТАКА ЗА НИВО ПОВЕРЕЊА ОД 95%,
ЗА $\{26, 30+1, 0\}$

Трајање у д.ј.	Интервал поверења		Очекивано $P(B)$
	Доња граница	Горња граница	
10 000	0,038351	0,061037	0,052912
100 000	0,050726	0,058238	0,052912
1 000 000	0,051757	0,054287	0,052912
10 000 000	0,052532	0,053008	0,052912
100 000 000	0,052761	0,052971	0,052912

И у овом случају закључује се да су резултати веродостојни, јер се очекиване вредности вероватноће губитака налазе унутар интервала поверења.

35.3.3 РЕЗУЛТАТИ ЗА ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ ОД 30 ЕРЛАНГА

У табелама Таб. 35.13, Таб. 35.14, Таб. 35.15, Таб. 35.16 и Таб. 35.17 приказане су прорачуном очекиване и вредности добијене симулацијом за систем чији интервали (поглавље 34.1) за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$ износе $\{30, 30+1, 0\}$. Понуђени саобраћај је 30 Ерланга, док трајање симулације износи: 10 000, 100 000, 1 000 000, 10 000 000 и 100 000 000 д.ј. по редоследу табела. Врсте у табели одговарају опису из поглавља 35.3.1.

Продужењем трајања симулације добијене вредности све више теже очекиваним, што представља жељени резултат.

ТАБ. 35.13 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10000 Д.Ј. ЗА $\{30, 30+1, 0\}$

Извор података	A (Erlang)	Y (Erlang)	t_m (d.j.)	t_m (s)	$P(B)$
Очекивано	30	26,59134	61	120	0,113622
Симулација 1	31,26	26,932	62,415	122,7836	0,13855
Симулација 2	30,41	26,704	61,290	120,5705	0,12175
Симулација 3	30,28	26,962	61,014	120,0275	0,10961
Симулација 4	29,84	26,504	60,581	119,1757	0,11186
Симулација 5	29,86	26,537	60,780	119,5672	0,11115
Симулација - просек	30,33	26,7278	61,216	120,4249	0,118584

ТАБ. 35.14 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 Д.Ј. ЗА {30, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	30	26,59134	61	120	0,113622
Симулација 1	29,88	26,563	60,838	119,6813	0,11086
Симулација 2	29,85	26,483	60,896	119,7954	0,11285
Симулација 3	29,77	26,516	60,822	119,6498	0,10938
Симулација 4	29,82	26,526	60,739	119,4866	0,11055
Симулација 5	30,08	26,588	60,990	119,9803	0,11621
Симулација - просек	29,88	26,5352	60,857	119,7187	0,11197

ТАБ. 35.15 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 1 000 000 Д.Ј. ЗА {30, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	30	26,59134	61	120	0,113622
Симулација 1	29,96	26,589	60,945	119,8918	0,11243
Симулација 2	29,97	26,575	60,983	119,9666	0,11322
Симулација 3	29,97	26,587	60,964	119,9292	0,11276
Симулација 4	29,95	26,580	60,930	119,8623	0,11257
Симулација 5	30,05	26,589	61,066	120,1298	0,11506
Симулација - просек	29,98	26,584	60,9776	119,9559	0,113208

ТАБ. 35.16 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 10 000 000 Д.Ј. ЗА {30, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	30	26,59134	61	120	0,113622
Симулација 1	30,02	26,589	61,029	120,0570	0,11427
Симулација 2	29,99	26,581	60,996	119,9921	0,11374
Симулација 3	30,02	26,599	61,026	120,0511	0,11405
Симулација 4	30,02	26,600	61,014	120,0275	0,11388
Симулација 5	29,99	26,582	60,987	119,9744	0,11364
Симулација - просек	30,008	26,5902	61,0104	120,0204	0,113916

ТАБ. 35.17 РЕЗУЛТАТИ ИЗВРШАВАЊА ЗА ТРАЈАЊЕ СИМУЛАЦИЈА ОД 100 000 000 Д.Ј. ЗА {30, 30+1, 0}

Извор података	<i>A (Erlang)</i>	<i>Y (Erlang)</i>	<i>t_m (d.j.)</i>	<i>t_m (s)</i>	<i>P(B)</i>
Очекивано	30	26,59134	61	120	0,113622
Симулација 1	30,00	26,590	60,994	119,9882	0,11356
Симулација 2	29,99	26,590	60,996	119,9921	0,11353
Симулација 3	29,99	26,589	60,994	119,9882	0,11356
Симулација 4	29,99	26,589	60,993	119,9862	0,11357
Симулација 5	30,00	26,594	61,003	120,0059	0,11364
Симулација - просек	29,994	26,5904	60,996	119,9921	0,113572

Применом Студентове расподеле извршена је провера резултата добијених симулацијом за вероватноћу губитака, за ниво поверења од 95% са симетричним интервалом поверења. У табели Таб. 35.18 приказани резултати овог прорачуна, а њен опис одговара опису из поглавља 35.3.2.

ТАБ. 35.18 ПРИМЕНА СТУДЕНТОВЕ РАСПОДЕЛЕ НА ВЕРОВАТНОЋУ ГУБИТАКА ЗА НИВО ПОВЕРЕЊА ОД 95%, ЗА $\{30, 30+1, 0\}$

Трајање у д.ј.	Интервал поверења		Очекивано $P(B)$
	Доња граница	Горња граница	
10 000	0,103511	0,133657	0,113622
100 000	0,108644	0,115296	0,113622
1 000 000	0,111870	0,114546	0,113622
10 000 000	0,113605	0,114227	0,113622
100 000 000	0,113521	0,113623	0,113622

На основу табеле Таб. 35.18 закључује се да су резултати веродостојни, зато што се очекиване вредности за вероватноћу губитака налазе унутар добијених интервала поверења.

35.4 УСЛУЖЕНИ САОБРАЋАЈ НА ВФ КАНАЛУ ЗА РАЗЛИЧИТЕ ВРЕДНОСТИ ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА

Услужени саобраћај на ВФ каналу добија се дељењем укупног броја дискретних временских јединица током кога је заузет ВФ канал, са бројем јединица током којих се посматра систем.

Услужени саобраћај на ВФ каналу представљен је у табели Таб. 35.19. У свакој врсти табеле налазе се следећа поља:

- Понуђени саобраћај изражен у Ерланзима (A (Erlang))
- Очекивана вредност услуженог саобраћаја, изражена у Ерланзима, добијена прорачуном (Y_{vf} (Erlang) – очекивано)
- Вредност услуженог саобраћаја изражена у Ерланзима, добијена симулацијом (Y_{vf} (Erlang) – симулација)

ТАБ. 35.19 СРЕДЊЕ ВРЕДНОСТИ УСЛУЖЕНОГ САОБРАЋАЈА НА ВФ КАНАЛУ ЗА РАЗЛИЧИТИ ПОНУЂЕНИ САОБРАЋАЈ

A (Erlang)	Y_{vf} (Erlang) – очекивано	Y_{vf} (Erlang) – симулација
20	0,003030659	0,00304
26	0,013700038	0,013775
30	0,018837753	0,01882

Када се посматра услужени саобраћај на ВФ каналу, добијене вредности блиске су очекиваним, што потврђује веродостојност резултата.

35.5 РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ ТОКОМ ЗАДАТОГ ВРЕМЕНСКОГ ИНТЕРВАЛА

Вероватноћа појаве позива на ВФ каналу у временском интервалу који почиње са доласком позива на њега, може се моделовати као вероватноћа доласка позива у преливени саобраћај за групу канала са правом првенства. Дакле, посматраће се преливени саобраћај групе сачињене од 30 канала преносног пута са правом првенства.

У току задатог периода који почиње након доласка позива у преливени саобраћај, врши се провера доласка новог позива. Уколико дође до њега, увећава се бројач пристиглих позива, а уколико нема новог позива увећава се бројач интервала без позива. Вероватноћа да ће доћи до појаве позива током задатог интервала T_2 , добија се дељењем укупног броја пристиглих позива током интервала са укупним бројем интервала.

У једној табели приказани су системи чији понуђени саобраћај износи 20, 26 и 30 Ерланга, односно чији интервали (поглавље 34.1) за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$ износе $\{20, 30+0, 450\}$, $\{26, 30+0, 594\}$ и $\{30, 30+0, 690\}$. Вредности су тако одабране да у сва три случаја средње време између два доласка позива у систем износи 25 дискретних јединица. За одабране вредности, средња дужина трајања разговора износи 500, 650, односно 750 дискретних јединица.

Подаци су приказани у табели Таб. 35.20. Прва колона (*Период*) представља дужину трајања периода изражену као број просечних времена између два доласка позива (умножак T_i), или средњу дужину трајања разговора (t_m). За сваку од три вредности понуђеног саобраћаја (колоне $A=20$, $A=26$, $A=30$) приказане су две колоне за вероватноћу доласка позива унутар периода: у првој су вредности добијене симулацијом (колона *симулација*), у другој очекиване вредности према једначини (14.9) (колона *очекивано*).

ТАБ. 35.20 ВЕРОВАТНОЋА ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛ У ТОКУ РАЗЛИЧИТИХ ИНТЕРВАЛА НАКОН
ДОЛАСКА ПОЗИВА

	A = 20		A = 26		A = 30	
Период	Симулација	Очекивано	Симулација	Очекивано	Симулација	Очекивано
2 T_i	0,545	0,4926	0,5883	0,5484	0,6162	0,5904
4 T_i	0,596	0,6267	0,6872	0,7173	0,7267	0,7618
6 T_i	0,6249	0,6642	0,7324	0,7727	0,7827	0,816881
10 T_i	0,657	0,6799	0,777	0,8047	0,8342	0,8524
t_m	0,692	0,6897	0,8588	0,8518	0,9282	0,9227

Резултати добијени симулацијом за времена долазака позива у преливеном саобраћају блиски су очекиваним, чиме је потврђено да је процес долазака позива на ВФ каналу Испрекидани Пуасонов процес.

35.6 ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

У овом поглављу извршена је верификација програма за симулацију за три врсте резултата:

1. За систем као целину проверени су: понуђени саобраћај, услужени саобраћај, просечна дужина трајања разговора и вероватноћа губитака. Закључено је да се добијају резултати блиски очекиваним и да са повећањем трајања симулације долази до њихове конвергенције. За вероватноћу губитака приликом вишеструко поновљених симулација примењена је Студентова расподела, и закључено је да су резултати веродостојни ако се усвоји ниво поверења од 95%, што је уобичајено у овој техници
2. Проверени су резултати услуженог саобраћаја на ВФ каналу. Вредности добијене у симулацији блиске су очекиваним.
3. За различите дужина интервала након доласка позива добијени су резултати за вероватноћу доласка позива на ВФ канал. Закључено је да процес доласка позива ВФ каналу одговара Испрекиданом Пуасоновом процесу.

На основу представљених резултата, закључује да су веродостојни постављени модел и реализовани програм за симулацију.

36 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ ИСПРАВНИХ ОРГАНА СА ДЕТЕКТОРОМ, ЛАЖНИ ПРЕДАЛАРМИ

Верификовани симулациони модел коришћен је да би се утврдила вероватноћа појаве лажног предаларма код детектора са једним и код детектора са два корака. Извршене су симулације на групи исправних органа приликом коришћења детектора предаларма, и добијени резултати упоређени су са резултатима добијеним прорачуном [49]. Симулација су извршене у систему са по једним *ISDN* и ВФ преносним путем, за понуђени саобраћај од 20, 26 и 30 Ерланга, чиме је обрађен најнеповољнији случај (поглавље 35.1).

Треба поновити да је коришћена приближна вредност за један члан производа приликом прорачуна за вероватноћу лажног предаларма код детектора са два корака (поглавље 21). Због тога је очекивано одступање између резултата симулације и резултата прорачуна.

36.1 ДЕТЕКТОР СА ЈЕДНИМ КОРАКОМ

За детектор са једним кораком вероватноћа лажног предаларма представља вероватноћу да су сви канали у систему заузети, укључујући и ВФ канал, што представља вероватноћу губитака. Рачуна се на основу једначине (12.23), а у симулацији се добија дељењем броја позива у преливеном саобраћају са укупним бројем генерисаних позива. Симулација се извршава при исправном раду система, током задатог броја дискретних јединица (поглавље 34.3). Резултати, дакле, представљају вероватноће губитака у табелама: Таб. 35.5, Таб. 35.11 и Таб. 35.17.

36.2 ДЕТЕКТОР СА ДВА КОРАКА

У симулацији треба добити две вероватноће чијим производом се рачуна вероватноћа лажног предаларма за детектор са два корака (поглавље 21):

1. вероватноћа да су сви канали у систему заузети једнака је вероватноћи губитака. Поступак у симулацији одговара начину на који је добијена вероватноћа губитака (поглавље 35.3), што је истоветно начину добијања вероватноће лажног предаларма за детектор са једним кораком (поглавље 36.1)

2. вероватноћа да ће позив на ВФ каналу стићи након постојећег разговора на њему током задатог интервала детекције T_2 рачуна се дељењем броја успешних детектовања са укупним бројем стартовања детектора. Симулација се извршава приликом исправног рада система, који се након предвиђеног времена проглашава да је у равнотежном стању, а онда се врши анализа заузетости ВФ канала. Долазак позива у оквиру интервала детекције увећава бројач успешних стартовања детектора, а недолазак увећава бројач неуспешних стартовања детектора.

36.2.1 РЕЗУЛТАТИ ЗА ВЕРОВАТНОЋУ ДОЛАСКА ПОЗИВА НА ВФ КАНАЛУ ТОКОМ ЗАДАТОГ ИНТЕРВАЛА НАКОН ЗАВРШЕТКА РАЗГОВОРА

Број остварених позива на ВФ каналу релативно је мали и при дуготрајном извршавању симулације. Због тога се ради добијања прецизнијих резултата користи такозвана скраћена симулација.

Један циклус скраћене симулације састоји се из следећа три корака:

1. у почетном тренутку сви канали у систему су заузети (укључујући и ВФ) и сматра се да је систем у равнотежном стању
2. у свакој дискретној јединици времена, систем може генерисати нови позив, прекинути разговор или бити без догађаја, по принципима описаним у поглављу 34.1
3. када дође до завршетка разговора на ВФ, уколико у предвиђеном времену T_2 дође до генерисања новог позива на ВФ каналу увећава се бројач успешних стартовања детектора, а уколико не дође увећава се бројач неуспешних стартовања детектора

У односу на опис у поглављу 35, разликују се почетна претпоставка симулације да би се убрзао прелазак ВФ канала из заузетог у слободно стање, као и то што извршавање једне скраћене симулација траје најдуже задати период T_2 након завршетка првог разговора на ВФ линку.

Овако описан циклус покреће се већи број пута током једне симулације. Вероватноћа да ће позив на ВФ каналу стићи након постојећег разговора на њему током задатог периода T_2 добија се дељењем броја успешних детектовања са бројем извршених циклуса током симулације.

Једно извршавање скраћене симулације састојало се из понављања милион циклуса. Извршене су за три вредности понуђеног саобраћаја: 20, 26 и 30 Ерланга. Приказани су резултати за следеће интервале за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$: {20, 30+1, 149} у табели Таб. 36.1, {26, 30+1, 203} у табели Таб. 36.2, {30, 30+1, 239} у табели Таб. 36.3. Вредности за интервал без догађаја NOP тако су изабране да је средње време између долазака позива T_{iAD} дужине 10 дискретних јединица.

У првој колони (T_2/T_{ia}) приказан је интервал детекције изражен у односу према средњем времену између долазака позива, у другој колони (P_{call}) приказана је вредност вероватноће доласка позива на ВФ канал током интервала детекције, а у трећој (*Очекивано*) вредност ове вероватноће добијена прорачуном.

ТАБ. 36.1 РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ДОЛАСКА ПОЗИВА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, КАДА ЈЕ {20, 30+1, 149}

T_2/T_{ia}	P_{call}	Очекивано
1	0,054337	0,008422
2	0,081038	0,016773
3	0,098992	0,025053
4	0,11332	0,033264
5	0,12453	0,041406
6	0,134165	0,049479
7	0,141911	0,057484
8	0,149416	0,065422
9	0,15677	0,073293
10	0,162552	0,081097

ТАБ. 36.2 РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ДОЛАСКА ПОЗИВА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, КАДА ЈЕ {26, 30+1, 203}

T2/Tia	Pcall	Очекивано
1	0,098367	0,064442
2	0,152797	0,124731
3	0,191674	0,181136
4	0,224451	0,233905
5	0,251068	0,283274
6	0,275173	0,329461
7	0,295077	0,372672
8	0,315593	0,413099
9	0,332906	0,45092
10	0,349235	0,486304

ТАБ. 36.3 РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ДОЛАСКА ПОЗИВА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, КАДА ЈЕ {30, 30+1, 239}

T2/Tia	Pcall	Очекивано
1	0,136212	0,124062
2	0,211828	0,232732
3	0,267989	0,327921
4	0,312074	0,4113
5	0,350464	0,484336
6	0,383147	0,54831
7	0,412444	0,604347
8	0,439017	0,653433
9	0,462273	0,696429
10	0,485128	0,73409

Одступања која постоје између резултата прорачуна и симулације приметнија су при нижим вредностима понуђеног саобраћаја. Одступања би могла бити објашњена немогућношћу да се приликом прорачуна узима у обзир време долазака позива на ВФ канал током трајања разговора на њему (тада би понашање одговарало преливној групи), односно због употребљене апроксимације у прорачуну вероватноће доласка бар једног позива након завршетка претходног разговора на ВФ каналу (поглавље 21). То је разлог због кога се резултати симулације у овом раду сматрају приближнијим решењем од резултата добијених прорачуном.

36.2.2 РЕЗУЛТАТИ ВЕРОВАТНОЋЕ ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА

Вероватноћа лажног предаларма добија се као производ вероватноће губитака и вероватноће доласка позива на ВФ канал током задатог периода након завршетка разговора. Добијање ових вероватноћа симулацијом описано је у поглављима 36.1 и 36.2.1. У табели Таб. 36.4 у облику производа ових вероватноћа приказана је вероватноћа лажног предаларма.

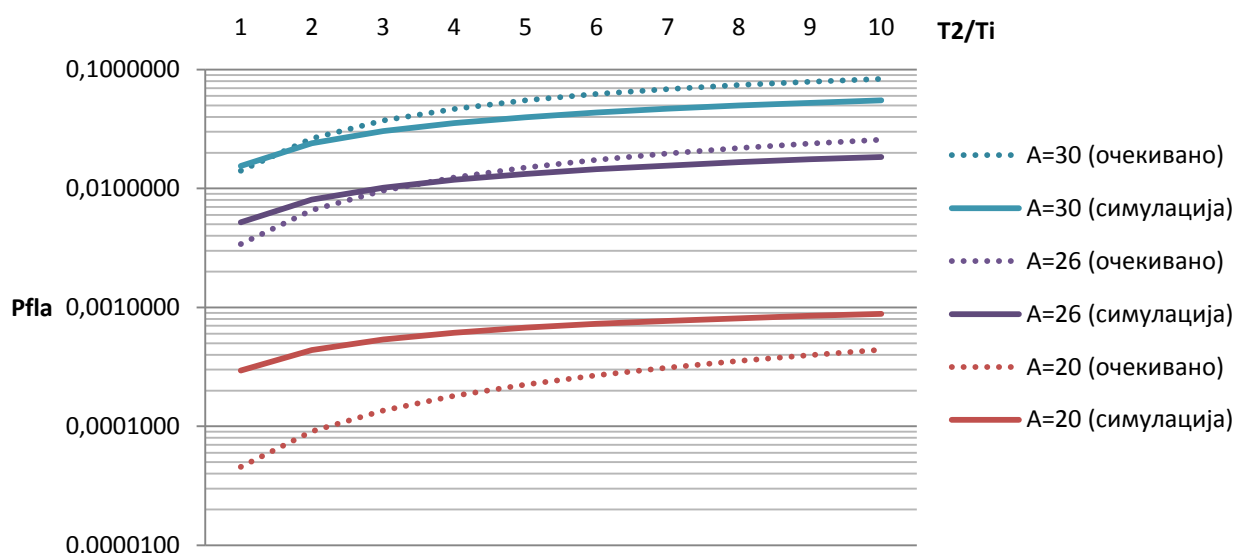
У табелама је у првој колони (T_2/T_{ia}) приказан интервал детекције изражен у односу према средњем времену између долазака позива. За сваку од три понуђене вредности понуђеног саобраћаја ($A=20$, $A=26$, $A=30$) приказане су по две колоне са вредностима вероватноћа лажног предаларма за одговарајуће интервале детекције – у првој (*Симулација*) су резултати добијени симулацијом, а у другој (*Очекивано*) су очекивани резултати добијени прорачуном.

ТАБ. 36.4 ВЕРОВАТНОЋА ЛАЖНОГ ПРЕДАЛАРМА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, ПРИ
РАЗЛИЧИТОМ ПОНУЂЕНОМ САОБРАЋАЈУ

	A=20		A=26		A=30	
T ₂ /T _i	Симулација	Очекивано	Симулација	Очекивано	Симулација	Очекивано
1	0,0002946	0,0000457	0,0052003	0,0034068	0,0154693	0,0140895
2	0,0004394	0,0000909	0,0080778	0,0065941	0,0240569	0,0264309
3	0,0005367	0,0001358	0,0101330	0,0095759	0,0304350	0,0372413
4	0,0006144	0,0001804	0,0118658	0,0123656	0,0354416	0,0467106
5	0,0006752	0,0002245	0,0132730	0,0149756	0,0398015	0,0550050
6	0,0007274	0,0002683	0,0145473	0,0174173	0,0435132	0,0622704
7	0,0007694	0,0003117	0,0155995	0,0197017	0,0468404	0,0686345
8	0,0008101	0,0003547	0,0166841	0,0218389	0,0498583	0,0742090
9	0,0008500	0,0003974	0,0175994	0,0238383	0,0524994	0,0790920
10	0,0008814	0,0004397	0,0184627	0,0257089	0,0550950	0,0833691

На дијаграму (Сл. 36.1) приказана је зависност вероватноће лажног предаларма од интервала детекције, изражених преко броја средњих времена између доласка два позива.

Вероватноћа лажног предаларма приказана је на логаритамској скали. Шест кривих приказују вероватноћу лажног предаларма у симулацији и њену очекивану вредност за сваку од три вредности понуђеног саобраћаја. Пуним линијама представљене су вредности добијене симулацијом, а испрекиданим очекиване вредности добијене прорачуном.



Сл. 36.1 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од интервала детекције при различитом понућеном саобраћају — вредности добијене симулацијом и очекиване вредности

36.3 ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Вероватноћа лажног предаларма за детектор са једним кораком једнака је вероватноћи губитака. На основу детаљне анализе у поглављу 35.3, верификоване су вредности ове вероватноће, чиме су верификовани и резултати за вероватноћу лажног предаларма код детектора са једним кораком.

Симулације су извршене за вероватноћу лажног предаларма код детектора са два корака. Вероватноћа лажног предаларма добија се као производ две вероватноће:

1. Вероватноће губитака: на основу детаљне анализе у поглављу 35.3, верификоване су вредности за вероватноћу губитака, које одговарају вероватноћи да су сви канали заузети.
2. Вероватноће да ће након завршетка разговора на ВФ каналу током задатог интервала стићи нови позива на њега: на основу резултата из поглавља 35.5 потврђено је да процес долазака позива на ВФ канал током задатог временског интервала одговара Испрекиданом Пуасоновом процесу. Одступања која постоје у резултатима прорачуна и симулације могла би бити објашњена апроксимацијом примењеном у прорачуну (поглавље 21). Због тога је у овом раду

усвојено да су резултати добијени симулацијом приближнији стварним од оних који су добијени прорачуном.

Приказано је поређење резултата за вероватноћу лажног предаларма са резултатима добијеним приближним прорачуном. Одступања која постоје у резултатима настала су услед разлика у резултатима симулације и прорачуна за вероватноћу да ће након завршетка разговора на ВФ каналу током задатог интервала стићи нови позива на њега.

37 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ГРУПЕ НЕИСПРАВНИХ ОРГАНА СА ДЕТЕКТОРОМ, ПРОМАШАЈ И ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ

Вероватноћа промашаја и време детекције верификовани су коришћењем описаног програма за симулацију (поглавље 34.2). Извршена је симулација система са детектором предаларма након настанка грешке на путу са правом првенства, чији резултати су упоређени са онима добијеним прорачуном [49].

Симулација је вршена за детектор предаларма са два корака, јер не постоји могућност погрешног тумачења код детектора са једним кораком (поглавље 19.2). Као и у претходним поглављима, систем се састоји из *ISDN* линка и ВФ преносног пута, а симулације су вршене за понуђени саобраћај од 20, 26 и 30 Ерланга, чиме је обрађен најмање повољан случај (поглавље 35.1)

37.1 ОПИС ТОКА СИМУЛАЦИЈЕ

Представљен је опис тока симулације приликом њеног извршавања у пуном обиму, и симулације која се скраћено извршава.

37.1.1 ТОК ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ

Један циклус симулације приликом провере вероватноће промашаја код детектора са два корака описан је на следећи начин:

1. након стартовања, чека се унапред задати број јединица (један од параметара рада система, поглавље 34.3) да систем пређе у равнотежно стање
2. генерише се прекид саобраћаја на преносном путу првог приоритета (у питању је симулација са генерисањем прекида, параметар из поглавља 34.3)
3. чека се долазак првог позива на ВФ канал, након чега се у оквиру предвиђеног времена детекције очекује нови позив
4. уколико стигне позив у оквиру периода детекције, увећава се бројач успешних стартовања детектора, а уколико не стигне увећава се бројач неуспешних стартовања детектора

5. уколико је дошло до детекције предаларма, време детекције добија се као број дискретних јединица који протекне од прекида разговора до доласка другог позива

Након извршавања задатог броја циклуса, вероватноћа промашаја рачуна се као количник броја неуспешних стартовања детектора и укупног броја извршених циклуса. Средње време детекције рачуна се у дискретним јединицама као количник збира добијених времена детекције и броја успешних стартовања детектора.

Овако дефинисана правила захтевају дуготрајно извршавање симулације, и њима се могу проверити само релативно мале очекиване вероватноће промашаја.

37.1.2 ТОК СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ

Скраћена симулација омогућава добијање прецизних резултата и за релативно мале вредности вероватноће, зато што је време трајања сваког циклуса краће, па извршавање њиховог већег броја не траје предуго. То се изводи тако што се уместо прва два описана корака, сматра да је систем у равнотежном стању и да се прекид догађа у почетном тренутку посматрања.

Увођење ове претпоставке омогућено је на основу непостојања памћења за долазак позива. С обзиром на то да се посматра само мали број параметара у односу на описани систем (поглавље 34.2), број потребних променљивих за прорачун може бити смањен, чиме се симулација додатно убрзава. Скраћени програм за симулацију верификован је поређењем резултата са пуном симулацијом за исте почетне услове.

Један циклус скраћене симулације састоји се из следећих корака:

1. након стартовања симулације сматра се да је систем био у равнотежном стању и да је то тренутак када је дошло до прекида. Чека се долазак првог позива на ВФ канал, након чега се у оквиру предвиђеног времена детекције очекује нови позив
2. уколико стигне позив у оквиру периода детекције, увећава се број успешних стартовања детектора, а уколико не стигне увећава се број неуспешних стартовања детектора

3. уколико је дошло до детекције предаларма, време детекције рачуна се као број дискретних јединица протекао од прекида разговора до доласка другог позива

Вероватноћа промашаја и средње време детекције рачунају се на исти начин као приликом извршавања пуне симулације (поглавље 37.1.1).

37.2 РЕЗУЛТАТИ ЗА ВЕРОВАТНОЋУ ПРОМАШАЈА

Да би се добила вероватноћа промашаја, приликом дефинисања интервала у опсегу генерисаних догађаја (поглавље 34.1), интервал без догађаја (*NOP*) не сме имати вредност нула. Уколико би то ипак био случај, дошао би до изражаја прелазак из континуалног у дискретно време, и трајање интервала детекције (T_2) износило би мали број дискретних јединица (мање од пет), што би довело до тога да вероватноћа промашаја одговара степену вероватноће доласка позива у систем. На пример, када интервал за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$ износи $\{10, 19+1, 0\}$, симулацијом се добијају следеће вредности за вероватноћу промашаја: $P_m=0,112$ за $T_2=2$ д.ј., $P_m=0,012$ за $T_2=4$ д.ј., $P_m=0,014$ за $T_2=6$ д.ј. Овакви резултати добијају се јер вероватноћа да ће доћи до новог позива износи $10/(20+10)$, односно $1/3$, па за претходне три дужине времена детекције очекиване вредности износе $(1/3)^2=0,111$, $(1/3)^4=0,01234$ и $(1/3)^6=0,00137$. Објашњење оваквих резултата је прелазак из континуалног у дискретно време, и решава се повећањем интервала без догађаја, чиме представљање времена бива блиско континуалном.

Закључује се да интервал без догађаја *NOP* треба тако да буде тако изабран да је време између долазака позива износи што већи број дискретних јединица. На тај начин време у систему приближава се континуалном времену. Ово међутим, утиче на продужење трајања симулације.

Извршене су симулације за три вредности понуђеног саобраћаја: 20, 26 и 30 Ерланга. Описују их следећи интервали за генерисање догађаја $\{A, N+VF, NOP\}$: $\{20, 30+1, 949\}$, $\{26, 30+1, 1243\}$, $\{30, 30+1, 1439\}$. Након прекида број канала на преносном путу првог приоритета постаје нула, па интервали имају вредности: $\{20, 0+1, 949+30\}$, $\{26, 0+1, 1243+30\}$, $\{30, 0+1, 1439+30\}$. Вредности за интервал без догађаја тако су изабрани да је средње време између долазака позива T_{iaD} дужине 50 дискретних јединица.

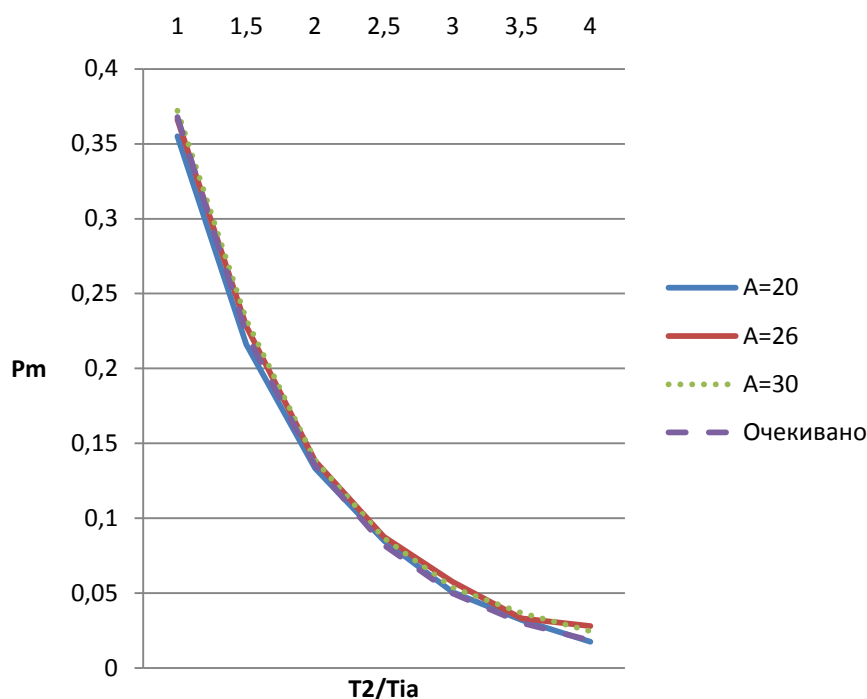
Извршавање једне пуна симулација састојало се из 10 000 циклуса. У табели Таб. 37.1 у свакој врсти представљени су:

- интервал детекције T_2 , изражен у односу према средњем времену између долазака позива (колона T_2/T_{ia})
- вероватноће промашаја за све три вредности понуђеног саобраћаја добијеног симулацијом (колоне $P_{m2}(A=20)$, $P_{m2}(A=26)$ и $P_{m2}(A=30)$)
- вероватноће промашаја добијене аналитичким прорачуном (колона *Очекивано*). У табелама се налази само једна очекивана вредност, јер она не би требало да зависи од понуђеног саобраћаја, већ само од интервала детекције (поглавље 22)

ТАБ. 37.1 РЕЗУЛТАТИ ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, ПРИ РАЗЛИЧИТОМ ПОНУЂЕНОМ САОБРАЋАЈУ

T_2/T_i	$P_{m2} (A=20)$	$P_{m2} (A=26)$	$P_{m2} (A=30)$	Очекивано
1	0,355	0,3662	0,3722	0,3678794
1,5	0,216	0,2283	0,2326	0,2231300
2	0,1334	0,1383	0,1387	0,1353353
2,5	0,0851	0,0876	0,0867	0,0820850
3	0,0506	0,0574	0,0536	0,0497871
3,5	0,032	0,0332	0,0368	0,0301974
4	0,0176	0,028	0,0245	0,0183156

На дијаграму (Сл. 37.1) приказана је вероватноћа промашаја у зависности од интервала детекције, приказаног као број средњих времена између два доласка позива. Три криве приказују вероватноћу промашаја за три вредности понуђеног саобраћаја у пуној симулацији, а четврта очекивану вредност вероватноће промашаја добијену прорачуном. Између кривих постоји занемарљиво одступање.



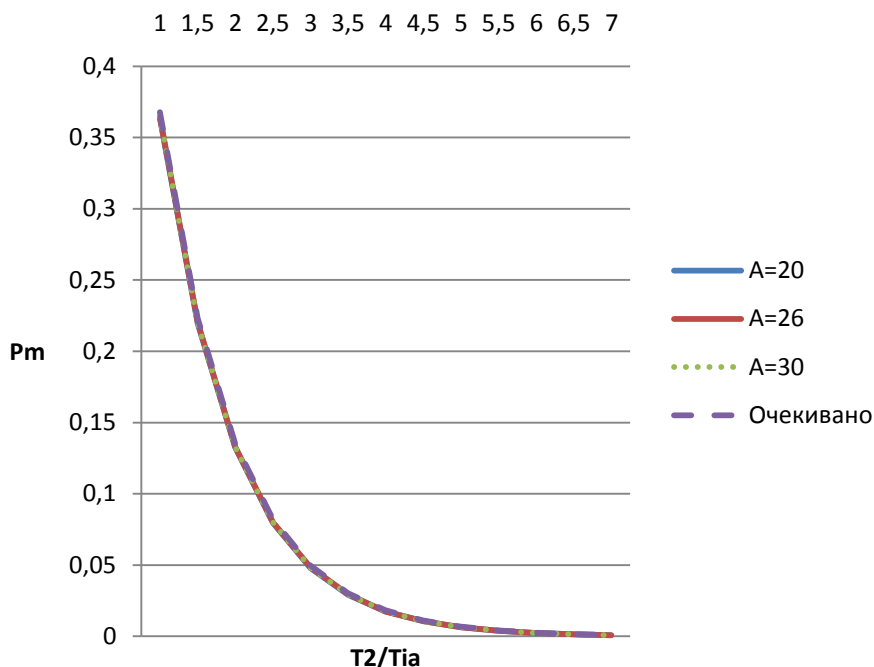
Сл. 37.1 ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА ЗА ПУНУ СИМУЛАЦИЈУ ЗАВИСНО ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ

Резултати добијени скраћеном симулацијом приказани су у табели Таб. 37.2. Додатна колона у односу на табелу Таб. 37.1 приказује број циклуса у току једне симулације (колона *Бр. цикл.* у којој је број циклуса представљен у милионима - M). Остала поља у табелама су идентична.

ТАБ. 37.2 РЕЗУЛТАТИ СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ ЗА ВЕРОВАТНОЋУ ПРОМАШАЈА У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ, ПРИ РАЗЛИЧИТИМ ВРЕДНОСТИМА ПОНУЂЕНОГ САОБРАЋАЈА

T_2/T_i	Бр. цикл.	$P_{m2} (A=20)$	$P_{m2} (A=26)$	$P_{m2} (A=30)$	Очекивано
1	1M	0,363552	0,364448	0,364847	0,3678794
1,5	1M	0,219579	0,220346	0,219888	0,2231300
2	1M	0,132636	0,133038	0,13278	0,1353353
2,5	1M	0,079696	0,079958	0,080067	0,0820850
3	1M	0,047933	0,048532	0,048121	0,0497871
3,5	1M	0,029126	0,029452	0,029358	0,0301974
4	1M	0,017348	0,017501	0,01759	0,0183156
4,5	1M	0,01064	0,010607	0,010699	0,0111090
5	1M	0,006393	0,006481	0,006292	0,0067379
5,5	10M	0,0038555	0,0038943	0,0038713	0,0040860
6	10M	0,0023356	0,0023249	0,0023367	0,0024788
6,5	10M	0,0014085	0,0014178	0,0013875	0,0015000
7	10M	0,0008529	0,0008649	0,0008608	0,0009119

На дијаграму (Сл. 37.2) приказане су три криве вероватноће промашаја за три вредности понуђеног саобраћаја у скраћеној симулацији, као и крива вероватноће промашаја добијена прорачуном. Као што је очекивано, криве се практично поклапају.



Сл. 37.2 ДИЈАГРАМИ ВЕРОВАТНОЋЕ ПРОМАШАЈА ЗА СКРАЋЕНУ СИМУЛАЦИЈУ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ

Резултати у табелама (Таб. 37.1 и Таб. 37.2) као и дијаграми на сликама (Сл. 37.1 и Сл. 37.2), потврђују претпоставку добијену прорачуном да вероватноћа промашаја зависи од дужине интервала детекције, док је утицај понуђеног саобраћаја занемарљив.

37.3 РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ ЗА ВРЕМЕ ДЕТЕКЦИЈЕ

У извршеним пуним симулацијама, време детекције за вредности понуђеног саобраћаја од 20, 26 и 30 Ерланга приказано је у табелама Таб. 37.3, Таб. 37.4 и Таб. 37.5.

Симулација се, према опису из поглавља 37.1.1, извршава 10 000 циклуса, а број успешних детекција током којих је вршено мерење дужине времена детекције, приказан је у табели. Параметри рада симулације идентични су онима из поглавља 37.2 за пуну симулацију. У свакој врсти табеле приказани су:

- интервал детекције T_2 , изражен у односу према средњем времену између долазака позива (колона T_2/T_{ia})
- дужине времена детекције изражена у дискретним јединицама и у секундама (поља $T_{драD}$ и $T_{дра}$)
- број успешних детекција приликом којих се вршио прорачун (поље *Бр. усп.*)

Прва врста у свакој од табела приказује очекиване резултате добијене прорачуном, за средње време трајања разговора од 120 секунди. Да би се јасно истакла разлика у односу на остале врсте, уместо нумеричке вредности у прве две колоне написано је *Очекивано* Трајање времена детекције добија се на основу једначина (23.1), (34.1) и (34.3).

ТАБ. 37.3 РЕЗУЛТАТИ ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА {20, 30+1, 949}

T_2/T_i	Бр. усп.	$T_{драD}$ (д.ј)	$T_{дра}[s]$
<i>Очекивано</i>		<i>1100,00</i>	<i>132,00</i>
1	6450	1052,54	126,30
1,5	7840	1080,15	129,62
2	8666	1072,87	128,74
2,5	9149	1090,14	130,82
3	9494	1073,95	128,87
3,5	9680	1094,21	131,31
4	9824	1081,78	129,81

ТАБ. 37.4 РЕЗУЛТАТИ ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА {26, 30+1, 1243}

T_2/T_i	Бр. усп.	$T_{драD}$ (д.ј)	$T_{дра}[s]$
<i>Очекивано</i>		<i>1400,00</i>	<i>129,23</i>
1	6338	1345,03	124,16
1,5	7717	1357,88	125,34
2	8617	1347,13	124,35
2,5	9124	1322,89	122,11
3	9426	1368,07	126,28
3,5	9668	1347,74	124,41
4	9720	1345,43	124,19

ТАБ. 37.5 РЕЗУЛТАТИ ПУНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА {30, 30+1, 1439}

T_2/T_i	Бр. усп.	$T_{драD}$ (Д-ј)	$T_{дра}[s]$
<i>Очекивано</i>		1600,00	128,00
1	6278	1555,35	124,43
1,5	7674	1530,81	122,46
2	8613	1523,07	121,85
2,5	9133	1532,75	122,62
3	9464	1563,56	125,08
3,5	9632	1535,41	122,83
4	9755	1517,27	121,38

Табеле Таб. 37.6, Таб. 37.7, Таб. 37.8 приказују резултате скраћене симулације (поглавље 37.1.2), за вредности понуђеног саобраћаја од 20, 26 и 30 Ерланга. У њима се налази додатна колона у односу на претходне табеле у овом поглављу. У њој је приказан број циклуса током једне симулације (колона *Бр. цикл.*), који се увећава приликом повећања дужине интервала детекције да би се добили резултати за очекиване мале вредности вероватноће промашаја. Остали параметри рада симулације исти су као код пуне симулације, према опису из поглавља 37.2 за скраћену симулацију.

ТАБ. 37.6 РЕЗУЛТАТИ СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ ЗА {20, 30+1, 949}

T_2/T_i	Бр.цикл.	Бр. усп.	$T_{драD}$ (Д-ј)	$T_{дра}[s]$
<i>Очекивано</i>			1100	132
1	1M	636448	1071,06	128,53
1,5	1M	780421	1079,09	129,49
2	1M	867364	1084,60	130,15
2,5	1M	920304	1089,53	130,74
3	1M	952067	1091,14	130,94
3,5	1M	970874	1094,26	131,31
4	1M	982652	1095,70	131,48
4,5	1M	989360	1097,53	131,70
5	1M	993607	1098,18	131,78
5,5	10M	9961445	1099,09	131,89
6	10M	9976644	1099,30	131,92
6,5	10M	9985915	1099,03	131,88
7	10M	9991471	1099,14	131,90

ТАБ. 37.7 РЕЗУЛТАТИ СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ
ЗА {26, 30+1, 1243}

T_2/T_1	Бр.цик.	Бр. усп.	$T_{драD}$ (Д.ј)	$T_{дра}[s]$
Очекивано			1400,00	129,23
1	1М	635552	1375,13	126,94
1,5	1М	779654	1378,71	127,27
2	1М	866962	1384,61	127,81
2,5	1М	920042	1389,95	128,30
3	1М	951468	1391,21	128,42
3,5	1М	970548	1394,16	128,69
4	1М	982499	1400,68	129,29
4,5	1М	989393	1397,57	129,01
5	1М	993519	1399,38	129,17
5,5	10М	9961057	1399,40	129,18
6	10М	9976751	1399,29	129,17
6,5	10М	9985822	1400,35	129,26
7	10М	9991351	1399,20	129,16

ТАБ. 37.8 РЕЗУЛТАТИ СКРАЋЕНЕ СИМУЛАЦИЈЕ У ЗАВИСНОСТИ ОД ИНТЕРВАЛА ДЕТЕКЦИЈЕ
ЗА {30, 30+1, 1439}

T_2/T_1	Бр.цик.	Бр. усп.	$T_{драD}$ (Д.ј)	$T_{дра}[s]$
Очекивано			1600,00	128,00
1	1М	635153	1573,77	125,90
1,5	1М	780112	1576,56	126,12
2	1М	867220	1584,59	126,77
2,5	1М	919933	1588,96	127,12
3	1М	951879	1591,28	127,30
3,5	1М	970642	1595,56	127,64
4	1М	982410	1595,02	127,60
4,5	1М	989301	1597,14	127,77
5	1М	993708	1599,06	127,92
5,5	10М	9961287	1599,13	127,93
6	10М	9976633	1599,15	127,93
6,5	10М	9986125	1599,68	127,97
7	10М	9991392	1599,72	127,98

Резултати приказани у табелама Таб. 37.3, Таб. 37.4, Таб. 37.5, Таб. 37.6, Таб. 37.7 и Таб. 37.8 показују да су вредности добијене симулацијом за трајање времена детекције приближне очекиваним вредностима.

37.4 ДИСКУСИЈА ДОБИЈЕНИХ РЕЗУЛТАТА

Симулације су извршене за детектор два корака, с обзиром на то да не постоји могућност промашаја код детектора са једним кораком.

Резултати симулације потврђују прорачуном установљену зависност вероватноће промашаја од дужине трајања интервала детекције. Добијени и очекивани резултати за вероватноћу промашаја веома су блиски, чиме је прорачун потврђен у симулацији.

Резултати симулације за дужину времена детекције показују да не постоји зависност од дужине трајања интервала детекције, већ само од дужине трајања разговора и времена између два доласка позива, што одговара закључку добијеном на основу прорачуна. Блискост добијених и очекиваних резултата показује да су у симулацији потврђене израчунате вредности.

38 ИНТЕГРАЦИЈА УПРАВЉАЊА

У овом поглављу приказани су детаљи другог решења проблема који је описан у поглављу 11.1, а које је засновано на интеграцији управљања. Размотрена су потребна прилагођавања постојећих система за управљање у мрежи, потребна за њихово укључење у интеграцију. Извршена је анализа особина познатих модела управљања, и на основу њих предложен је нови модел решења. Описано је једно могуће решење за интеграцију са архитектуром заснованом на технологији мобилних агената, и представљени су структура и понашање система. Приказане су особине реализованог прототипа коришћеног приликом верификације описаног решења.

38.1 АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА

Решења треба да омогући одређивање стања преносних путева у систему на основу обраде прикупљених података са подређених система управљања. Стања преносних путева представљена су кроз податке са система управљања опреме за пренос и система управљања комутационих система. Према анализи у поглављу 11.2.4, из система управљања са опреме за пренос добијају се информације да ли је дошло до појаве грешака на линку или до прекида саобраћаја, што је само подскуп могућих проблема у телефонском саобраћају, па је неопходно да се обраде и подаци са комутационих система којима се добија потпун увид у саобраћај на преносном путу. Представљен је начин приступа подацима на елементима мреже и системима управљања. Размотрено је како се на основу обраде података из табеле позивања комутационог система може закључити којим преносним путевима се упућују позиви у мрежи.

38.1.1 Приступ подацима

Да би систем управљања могао да обради неки податак, прво треба да га прими са елемента мреже. Дакле, први проблем је да ли тај податак постоји на њему, а затим и да ли је предвиђен за размену са системом управљања [26]. Уколико неки од ова два услова није испуњен, потребна је измена софтверског система на елементу мреже.

На систему управљања може, али и не мора бити имплементиран приступ потребним подацима са елемента мреже. Уколико то није случај, неопходна је измена ма софтверском систему за управљање мрежом.

Измене у софтверским системима на елементима мреже и у оквиру система управљања који се већ налазе у ЕТМ у пракси нису остварљива. Ово су затворена решења о којима произвођачи, из разумљивих разлога, нису вољни да дају информације, па зато овакву измену може да начини једино произвођач опреме, што доводи до додатног трошка за њеног власника [26]. Понекад произвођач није уопште у стању да испуни овај захтев (нпр. услед застарелости опреме или када произвођач више не постоји). Додатни проблем представљају нестандартни протоколи приступа елементима мреже, различита организација информационог модела у различитим верзијама софтвера и хардвера итд.

38.1.2 КОРИШЋЕЊЕ ТАБЕЛЕ ПОЗИВАЊА

У јавној телефонској мрежи на основу података из табеле позивања врши се наплата услуга, употребом одвојеног система за наплату (*Business Support System*). У ЕТМ наплата услуга није била међу циљевима увођења (поглавље 4), па функција управљања тарифирањем није обавезно присутна на комутационим чворовима у ЕТМ.

У оквиру података за управљање тарифирањем, на комутационом чвору постоји табела позивања (*Call Detailed Record* [58]). Формат и структура записа нису детаљно спецификовани, па их је сваки произвођач самостално дефинисао (пример је дат у табели Таб. 38.1). Познато је да се за сваки позив бележи по један запис у табели, и предвиђено је да може да садржи путање којима је позив дошао и напустио чвор.

Прикупљање и обрада ових података на појединачном елементу мреже треба да пружи информацију о каналима на преносним путевима на којима је дошло до позива. Уколико има више елемената мреже са којима постоји веза од једног чвора, једноставно је груписање података о преносним путевима између свака два елемента мреже, јер је унапред позната топологија мреже

Дакле, у овај предлог решења могу да буду укључени само они комутациони системи на којима постоји табела позивања у којима се налазе подаци о путањи по којој позив долази, односно напушта чвор.

ТАБ. 38.1 ПРИМЕР ТАБЕЛЕ ПОЗИВАЊА [59]

Поље	Вредност	Објашњење
accountcode	12345	Идентификатор извештаја
src	12565551212	Идентификатор позиваоца
dst	102	Екстензија одредишта позива
dcontext	PublicExtensions	Одредишни контекст позива
clid	"Big Bird" <12565551212>	Потпуни идентификатор позива, укључујући име
channel	SIP/0004F2040808- a1bc23ef	Канал позиваоца
dstchannel	SIP/0004F2046969- 9786b0b0	Канал позваног
lastapp	Dial	Последња извршена апликација
lastdata	SIP/0004F2046969,30,tT	Аргументи послати у последњу извршену апликацију
start	2010-10-26 12:00:00	Време почетка позива
answer	2010-10-26 12:00:15	Време када је одговорено на позив
end	2010-10-26 12:03:15	Време завршетка разговора
duration	195	Трајање разговора (време од почетка до завршетка позива)
billsec	180	Трајање времена за наплату (време од када је одговорено до краја разговора)
disposition	ANSWERED	Како је позив обрађен
amaflags	DOCUMENTATION	Аутоматска порука додељена позиву
userfield	PerMinuteCharge:0.02	Поље генералне намене
uniqueid	1288112400.1	Идентификатор поља <i>src</i>

38.1.3 КОРИШЋЕЊЕ ИНТЕГРАЦИЈЕ УПРАВЉАЊА

На основу анализе спроведене у поглављу 38.1.1, не постоји један систем управљања који може да обухвати сву постојећу опрему у ЕТМ, а измене на елементима мреже или системима управљања нису прихватљиве. Као решење биће размотрена интеграција система управљања, без директног обраћања елементима мреже. Циљ ове интеграције на вишем нивоу управљања је да се заобиђе коришћење протокола ниског нивоа који се користе за елементе мреже, односно да се избегне познавање структуре информационог модела на елементима мреже. Њеним коришћењем омогућава се обједињавање података са система управљања и комутационих система, тачније података о стању преносног пута и садржаја табеле позивања. Подаци из табеле позивања

омогућавају да се установи проблем квара на линку са правом првенства, док подаци о стању преносног пута могу да се користе као додатни показатељ о стању у мрежи.

Да би се један систем за управљање интегрисао, неопходно је да су жељени подаци доступни преко интерфејса за интеграцију (*Northbound Interface*) [60]. Уколико не постоји, да би се извршила интеграција морала би се извршити његова имплементација у систем управљања. Како измене на систему управљања нису остварљиве у пракси (поглавље 38.1.1), то није прихватљиво. У највећем броју система управљања новије генерације произвођачи омогућавају приступ подацима путем неког од стандардних интерфејса за интеграцију, али то није нужно случај са старијим системима управљања. На тај начин добијено је још једно ограничење у коришћењу решења.

Није познато да постоји решење које би омогућило да се на основу података из табеле позивања утврди да ли су позиви у мрежи упућени најкраћим или обилазним путем. Зато куповина од специјализованих произвођача није могућа, већ је неопходан развој новог система за интеграцију управљања. Због тога је укључен као део решења систем за обједињавање управљања у мрежи, чијим коришћењем треба да се установи да ли преносни пут може да се користи за телефонски саобраћај.

Дакле, у општем случају, не може се тврдити да ће коришћењем интегрисаног система управљања моћи да се интегрише сва опрема у мрежи, тако да ово није свеобухватно решење у ЕТМ, већ је ограничено техничким могућностима присутне опреме.

38.2 ДЕТЕКЦИЈА ПРЕДАЛАРМА ИЗ СИСТЕМА УПРАВЉАЊА

У овом поглављу приказан је алгоритам по коме се врши проглашење предаларма у систему управљања обрадом података са једног елемента мреже. Потом је приказано тумачење процеса на ВФ преносном путу, и размотрене су особине предложеног решења.

Две основне разлике у односу на предложене детекторе је што се у овом решењу провере врше периодично, и што се његовом применом посматра саобраћај на свим преносним путевима, а не само на ВФ линку.

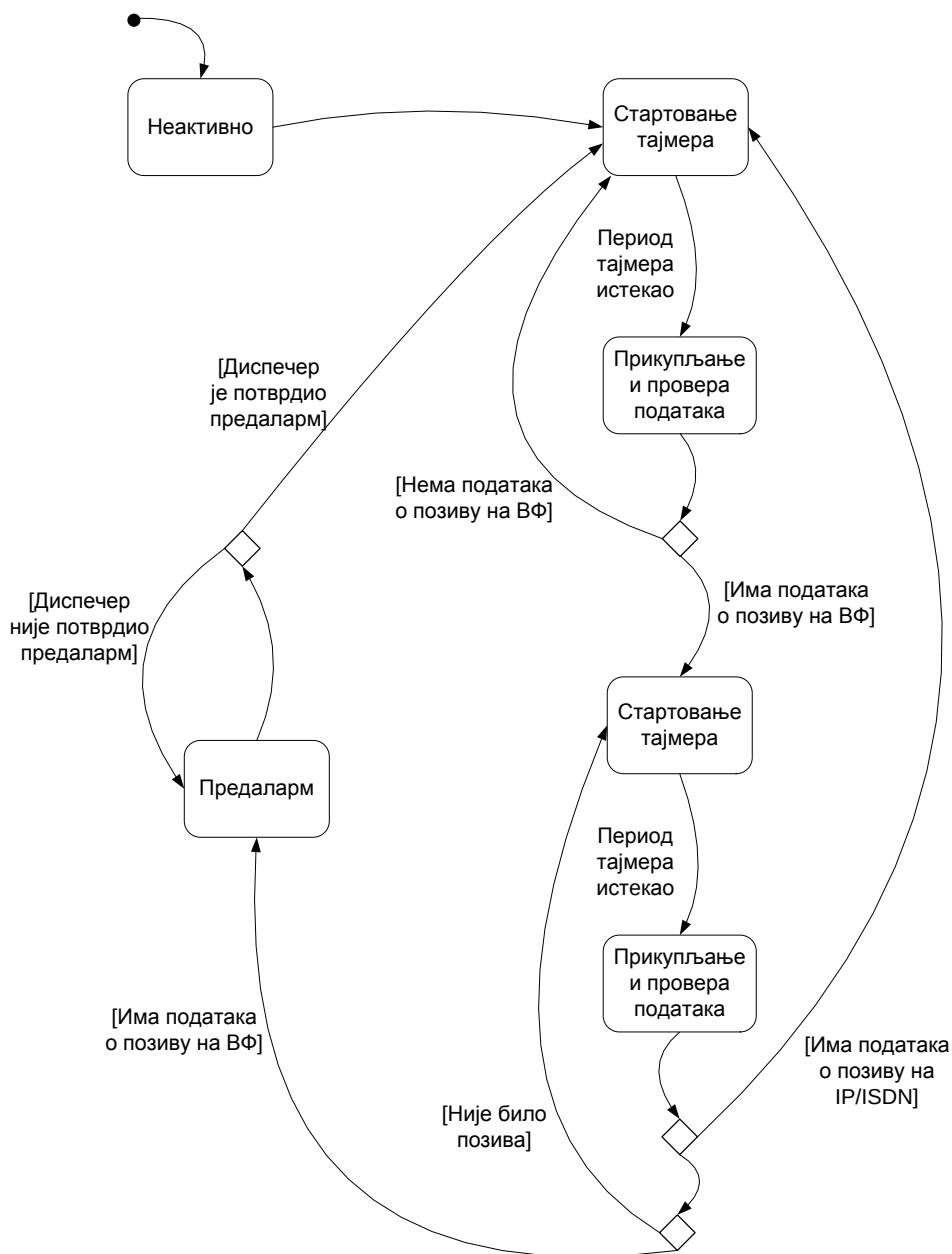
38.2.1 Принципи рада

Прикупљање података о каналима по којима се одвијају разговори може да се изведе на један од три начина: изазвано догађајем на елементу мреже, на захтев диспечера или прозивком у периодичним интервалима. На елементу мреже не постоји уграђен механизам за изазивање догађаја приликом појављивања позива на неком преносном путу, тако да би за ово решење била неопходна измена на софтверу елемента мреже. Ово није прихватљиво, тако да се ово решење одбацује. Прикупљање података на захтев није аутоматизована процедура, већ зависи од људског фактора, док прозивка у периодичним интервалима представља аутоматизацију тог поступка, па је зато и изабрана.

Врши се обрада према дијаграму стања на слици (Сл. 38.1), која омогућава да се на основу прикупљених података установи да ли је дошло до прекида саобраћаја на *ISDN/IP* преносном путу. У току обраде користи се софтверски тајмер, чији откуцај изазива догађај у софтверу након унапред задатог времена.

На почетку рада систем је у неактивном стању, након чега започиње са радом тајмер. Након истека периода рада тајмера, врши се прикупљање података који су попунили табелу позивања на елементу мреже између два откуцаја тајмера. Уколико се не пронађу подаци о позивима на ВФ преносном путу, систем се враћа у стање стартовања тајмера.

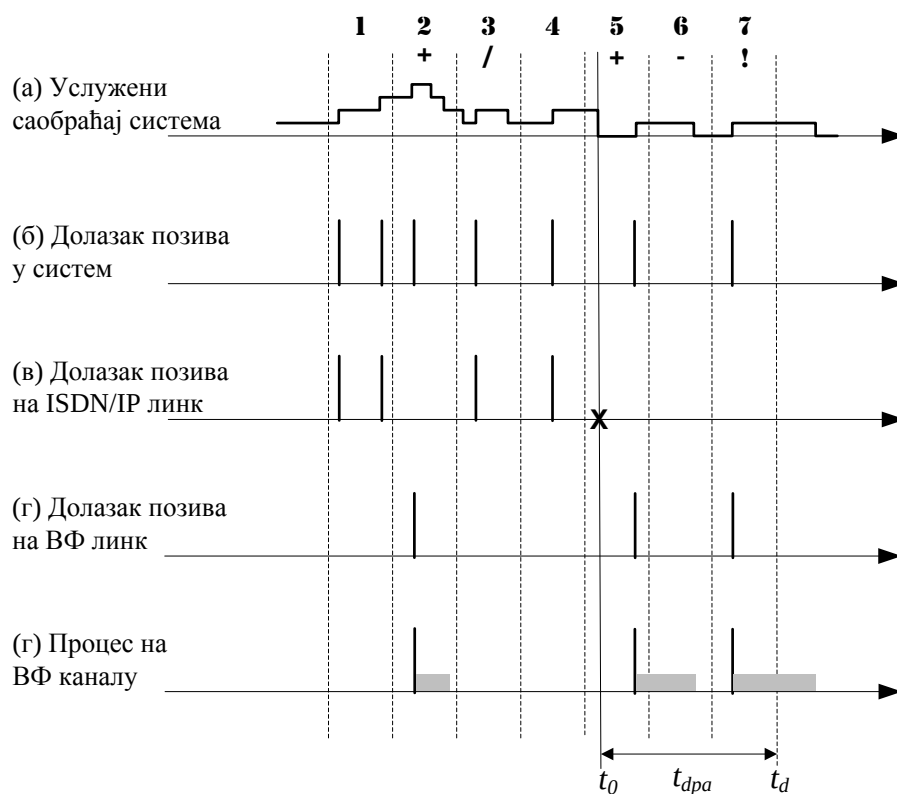
Уколико се подаци пронађу, прелази се на следећи корак, који започиње стартовањем тајмера. Након откуцаја, врши се прикупљање података, и провера да ли је било позива на *ISDN/IP* преносном путу. Уколико је било, враћа се на стартовање тајмера у првом кораку, и сматра се да је позив на ВФ путу дошао као последица преливеног саобраћаја. Уколико није било никаквих позива, систем се враћа у стање стартовања другог тајмера, да би се извршила провера у следећем периоду. Коначно, уколико је било позива само на ВФ преносном путу, појавио се предаларм. Из стања предаларма систем излази тек након потврде диспечера.



Сл. 38.1 ДИЈАГРАМ СТАЊА ПРИКУПЉАЊА И ОБРАДЕ ПОДАТАКА НА ЕЛЕМЕНТУ МРЕЖЕ

38.2.2 ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ

Рад детектора приказан је на слици процеса на ВФ каналу (Сл. 38.2). Користе се дијаграми описани у поглављу 18, уз то што су откуцаји тајмера приказани испрекиданим линијама, а временски интервали између откуцаја обележени су бројевима. Уколико се у интервалима вршила детекција, испод бројева исписани су подаци о њеном стању.



Легенда: Квар на линку **X** Трајање позива

Први корак **+** Без позива **-**

Одбачен **/** Предаларм **!**

Сл. 38.2 ПРОЦЕС НА ВФ ПРЕНОСНОМ ПУТУ — КОРИШЋЕЊЕ ДЕТЕКТОРА У СИСТЕМУ УПРАВЉАЊА

У првом периоду позиви долазе само на пут са правом првенства, тако да је процес у неактивном стању. У другом периоду са доласком позива на ВФ линк почиње процес детекције. У трећем периоду долази до доласка позива на линк са правом првенства, што прекида детекцију, јер се сматра се да је појава позива на ВФ путу последица преливеног саобраћаја. У тренутку t_0 , током петог интервала, долази до квара на *ISDN/IP* преносном путу. У истом интервалу, прослеђује се позив на ВФ линк, чиме започиње детекција. У шестом интервалу не појављује се ни један позив, тако да се откуцаји тајмера настављају до доласка првог позива. У седмом интервалу долази позив на ВФ линк, и закључује се да се појавио предаларм.

38.2.3 ИЗБОР ПЕРИОДА ДЕТЕКЦИЈЕ

Период рада тајмера T_T треба подесити тако да се систем не оптерећује учесталим захтевима, али и да буде довољно чест да период детекције не би био дугачак.

Минимална дужина времена детекције износи два периода тајмера (уколико се разговор заврши и стигне нови у току следећег интервала), а ограничење дужине детекције не постоји.

Описано решење не може довести до промашаја у детекцији, зато што се други корак продужује све до доласка позива.

До лажног предаларма би могло да дође уколико се током периода тајмера не би завршио ни један започети разговор, па би први следећи поново завршио на ВФ преносном путу. Ово је мало вероватно у нормалном раду система, а да би се та могућност искључила треба одабрати период детекције тако да се током њега стигну бар два позива у систем. Вероватноћа да стигну макар два позива у систем P_T према (12.10) износи:

$$P_T = 1 - (p_0(T_T) + p_1(T_T)) = 1 - \left(1 + \frac{T_T}{T_{ia}}\right) e^{-\frac{T_T}{T_{ia}}} \quad (38.1)$$

где су $p_0(T_T)$ и $p_1(T_T)$ вероватноће да током интервала детекције T_T неће доћи ни један позив, односно да ће доћи тачно један позив. На основу података из табеле (Таб. 38.2), да би вероватноћа доласка позива била изнад 99%, трајање периода треба да буде дужине бар 7 интервала између два позива.

ТАБ. 38.2 ВЕРОВАТНОЋА ДОЛАСКА ПОЗИВА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ДУЖИНЕ ВРЕМЕНА ДЕТЕКЦИЈЕ

T_T/T_{ia}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_T	0,264	0,594	0,8009	0,9084	0,9596	0,9827	0,9927	0,99698	0,9988	0,9995	0,9998	0,99992

За израчунавање средњег времена детекције $T_{драг}$ од превасходног значаја је трајање разговора, а једначина има облик:

$$T_{драг} = T_T + t_m + T_T = 2 T_T + t_m \quad (38.2)$$

С обзиром на то да се детекција врши на ивицама периодичних интервала, ово време ће представљати цео број интервала T_T . Зато у коначној једначини време трајања разговора бива представљено као цео број количника средњег времена трајања разговора и времена детекције увећано за један:

$$T_{драг} = 2 T_T + \left(\left\lceil \frac{t_m}{T_T} \right\rceil + 1\right) T_T = \left(\left\lceil \frac{t_m}{T_T} \right\rceil + 3\right) T_T \quad (38.3)$$

38.3 МОДЕЛ ИНТЕГРАЦИЈЕ УПРАВЉАЊА

Моделовање управљања треба да прикаже концепт примењен у систему за управљање. Упоредјена су својства постојећих модела који описују управљање, са нагласком на могућности коришћења приликом интеграције, и на основу њих предложен је модел управљања на основу кога треба да буде пројектована архитектура решења.

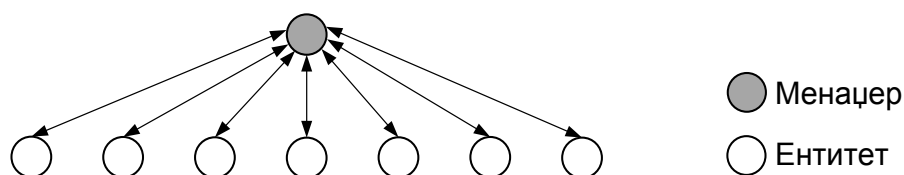
38.3.1 ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ МОДЕЛА

Стандардни модели који описује управљање [61] засновани су на парадигми менаџер-ентитет управљања (у литератури се много чешће користи термин „агент“, али ће овде бити у употреби *енџиџеџи уџрављања*, односно само *енџиџеџи* да не би било забуне са мобилним агентима који ће бити накнадно представљени). Да би извршио управљање, менаџер извршава функције управљања на ентитету, позивом условљеним логиком апликације или акцијом корисника. Ентитет приступа информацијама на физичком слоју и шаље одговор менаџеру. Сваки менаџер може да приступа једном или више ентитета. Размена информација између њих обавља се прозивком или самосталним слањем података са ентитета (тзв. догађај). Уколико један менаџер позива функције управљања на другом, овај други има и улогу менаџера и улогу ентитета.

У наставку, представљени су модели описани у литератури [61,62].

38.3.1.1 ЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

У централизованом моделу постоји један менаџер који управља свим ентитетима у мрежи (Сл. 38.3).



Сл. 38.3 ЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

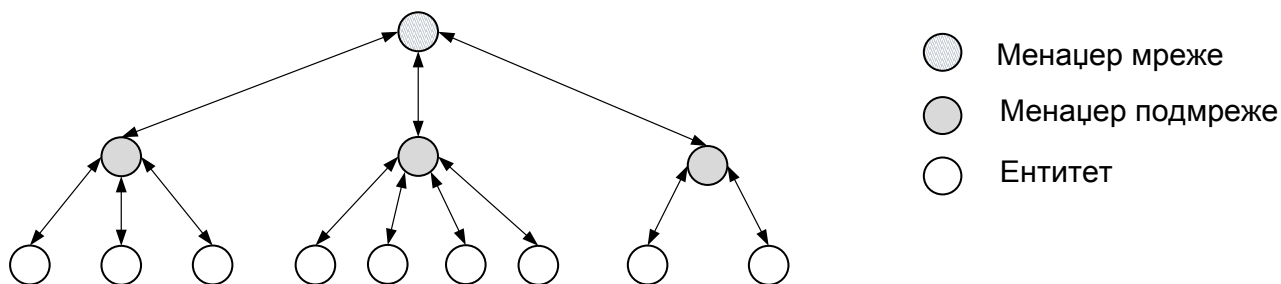
Основна предност овог решења је једноставност имплементације. Слабост овог модела је што менаџер представља уско грло приликом пораста количине података које се са њим размењује, што се дешава са увећањем мреже. Може се закључити да ово решење није скалабилно, нити робусно, јер

постоји критична тачка у систему – менаџер, чијим отказом је цео систем управљања ван функције.

Уз описане слабости, ово решење није применљиво у ЕТМ, јер је већ показано у поглављу 38.1 да због немогућности уједињења система различитих произвођача није могуће коришћење једног система управљања који би директно приступао свим елементима мреже.

38.3.1.2 МЕНАЏЕР-МЕНАЏЕРА

Модел менаџер-менаџера уводи хијерархију у управљање, што је приказано на слици (Сл. 38.4). На најнижем слоју су ентитети, на следећем су менаџери који управљају групом ентитета, и називају се менаџерима подмрежа, док је на највишем слоју менаџер који управља менаџерима подмреже, назван менаџер мреже.



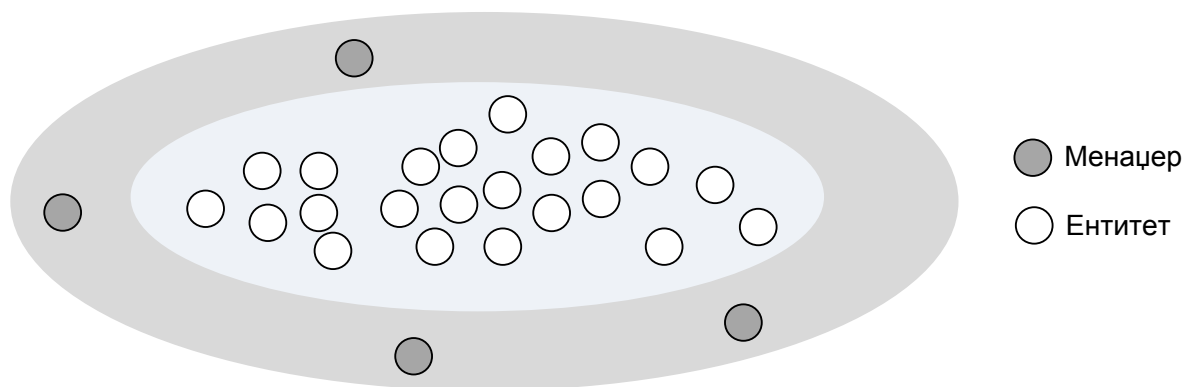
Сл. 38.4 МОДЕЛ МЕНАЏЕР-МЕНАЏЕРА

Решење је релативно лако за имплементацију, зато што у постојећи систем уводи слој менаџера мреже. Није робусно, јер је критична тачка за целу мрежу менаџер мреже, док је критична тачка за сваку подмрежу њен менаџер. Скалабилност се добија на нивоу подмреже, тако што се приликом пораста броја елемената мреже у једној мрежи изврши њена подела, и дода се нови менаџер подмреже. Проблем са скалабилношћу настаје уколико број менаџера подмреже толико нарасте да менаџер мреже не може да обрађује податке са њих.

Овај модел јесте погодан за интеграцију управљања, па је кандидат и за интеграцију у ЕТМ, али његовим коришћењем постоји проблем централизације управљачких података.

38.3.1.3 ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

У децентрализованом моделу приступ ентитетима омогућен је са већег броја менаџера, а одлука који менаџери приступају којим ентитетима врши се по географском и функционалном принципу (Сл. 38.5)



Сл. 38.5 ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

Модел је скалабилан, јер је са порастом броја агената могуће придружити их менаџерима који нису исувише оптерећени, а уколико су сви оптерећени може се додати и нови менаџер. Систем је робустан јер нема критичне тачке, па у случају отказа једног од менаџера, ентитети којима је управљао могу да се прерасподеле осталим менаџерима.

Примена овог модела није предвиђена за интеграцију постојећих мрежа, што представља разлог што његово коришћење у ЕТМ није прихватљиво.

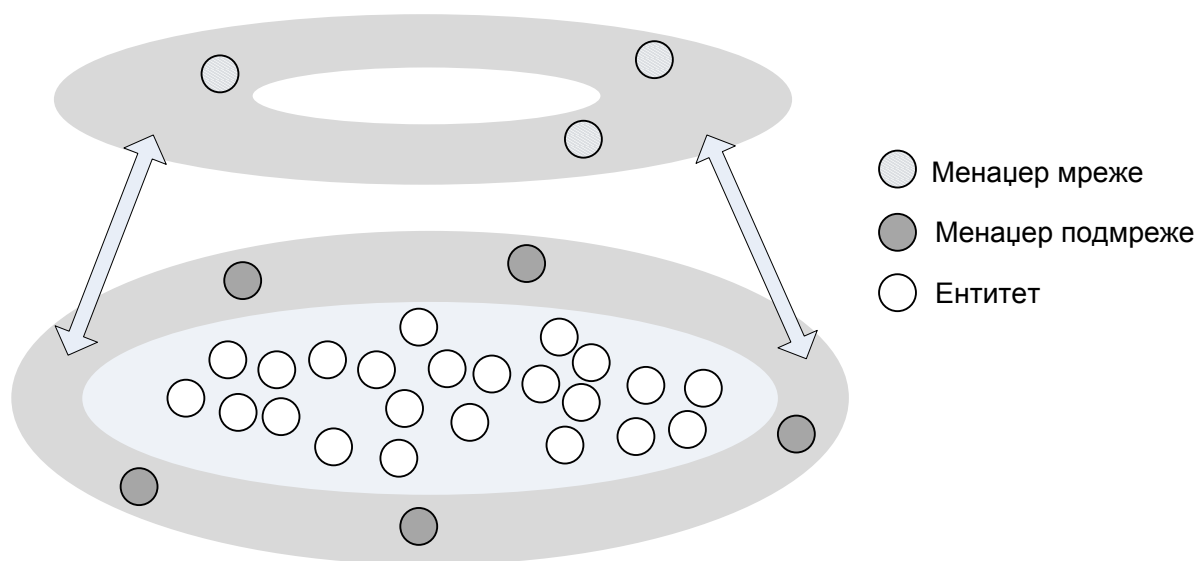
38.3.2 СЛОЈЕВИТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

Слојевити децентрализован модел [60,62] настао је додавањем једног слоја управљања у децентрализовану архитектуру. Управљање на додатом слоју је такође децентрализовано. Баш као и у моделу менаџер-менаџера, и овде постоје три улоге: ентитети, менаџери подмреже и менаџери мреже, као што је приказано на слици (Сл. 38.6)

Менаџери подмреже имају директан приступ ентитетима, док менаџери мреже не могу да размењују податке са ентитетима, већ само са менаџерима подмреже.

С обзиром на то да је за основу узет децентрализован модел, и ово решење је скалабилно, и то како између менаџера мреже и подмреже, тако и између менаџера подмреже и ентитета. Робусно је, јер се прерасподелом придруживања ентитета може решити отказивање менаџера подмреже, док се

перасподелом придруживања менаџера подмреже решава проблем отказивања менаџера мреже.



Сл. 38.6 СЛОЈЕВИТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАНИ МОДЕЛ

Према овом моделу, сваки од постојећих система управљања представља менаџера подмреже, а ентитете представљају елементи мреже. Примена модела у ЕТМ могућа је уз прилагођавање дистрибуираној архитектури постојећег стања у мрежи, које одговара нижем слоју у моделу. Чвор на коме се извршава системи за управљање мрежом, односно менаџер подмреже, назива се *Центар за управљање мрежом* (ЦМ).

У постојећу ЕТМ, да би у потпуности одговарала описаном моделу, требало би додати слој са менаџерима мреже, на коме ће се извршавати систем за интеграцију управљања. Чвор на коме се извршава систем за интеграцију управљања мрежом, односно менаџер мреже, назива се *Сервисни центар* (СЦ).

38.4 АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА

У овом поглављу описан је је предлог архитектуре решења, за чију основу је послужио слојевити децентрализовани модел управљања. Архитектура је пројектована уз коришћење мобилних агената, па је на почетку описана ова технологија.

38.4.1 МОБИЛНИ АГЕНТИ

Технологија мобилних агената (равноправно ће се користити термини *мобилни ајенти* и *ајенти*) превасходно је изабрана због дистрибуираних особина, које долазе до изражаја приликом поређења са другим технологијама које се могу користити за интеграцију управљања [63]: отворених протокола (*SNMP*, *CMIP*), дистрибуираног *Middleware*-а и управљањем делегацијом (*MdB - Management by Delegation*).

Мобилни агент представља рачунарски процес који се креће од чвора до чвора, преносећи не само своје податке и код, већ и стање током извршавања [62]. Мобилни агенти извршавају се у оквиру софтверске Окружење за извршавање агената (*AEE – Agent Execution Environment*), која омогућава прихватање, као и слање мобилних агената на друге чворове у мрежи.

Своје понашање прилагођавају променама у систему, тако да током извршавања могу самостално да одлучују о преласку на други чвор. Нови мобилни агенти стварају се на захтев, а уништавају се или на захтев или самостално, након извршеног задатка. Извршавање им је независно од процеса који их је створио, и од других агената на чвору, али са њима могу да размењује поруке.

У описаном моделу могу да се користе за надзирање и обраду података са система управљања који се извршава на истом ЦМ чвору, чиме се локализује и убрзава процес одлучивања. Могу да се користе ради ослушкивања појаве неког догађаја или за пренос података између чворова.

38.4.2 ПОСТУПАК УВОЂЕЊА АРХИТЕКТУРЕ У ЕТМ

Увођење овог решења у ЕТМ извело би у две етапе – у првој се додају *AEE* на ЦМ чворове. Мобилни агенти који ће се на њима извршавати окогућиће увођење елемената дистрибуираних система у постојеће окружење. Тако се добијају менаџери подмреже и ствара дистрибуираност која недостаје између система управљања на ЦМ чворовима.

С обзиром на постојеће стање, неће постојати пуна дистрибуираност између менаџера подмреже и ентитета, зато што не постоји могућност да се управљање елементима мреже једног произвођача прерасподели систему управљања другог. Ово утиче на смањење робусности и скалабилности између

ЦМ и елемената мреже. Елементи дистрибуираности биће присутни, јер ће се омогућити извршавање једне операције на већем броју менаџера подмреже.

У другом кораку додају се СЦ чворови, на којима се извршава АЕЕ са потребним агентима, чиме се добијају менаџери мреже из описаног модела.

Безбедност података спада у најслабије особине технологије мобилних агената па, премда мрежа за пренос управљачких података није јавна, приликом избора мобилне платформе увек треба размотрити и критеријум безбедности.

38.4.3 АРХИТЕКТУРА РЕШЕЊА

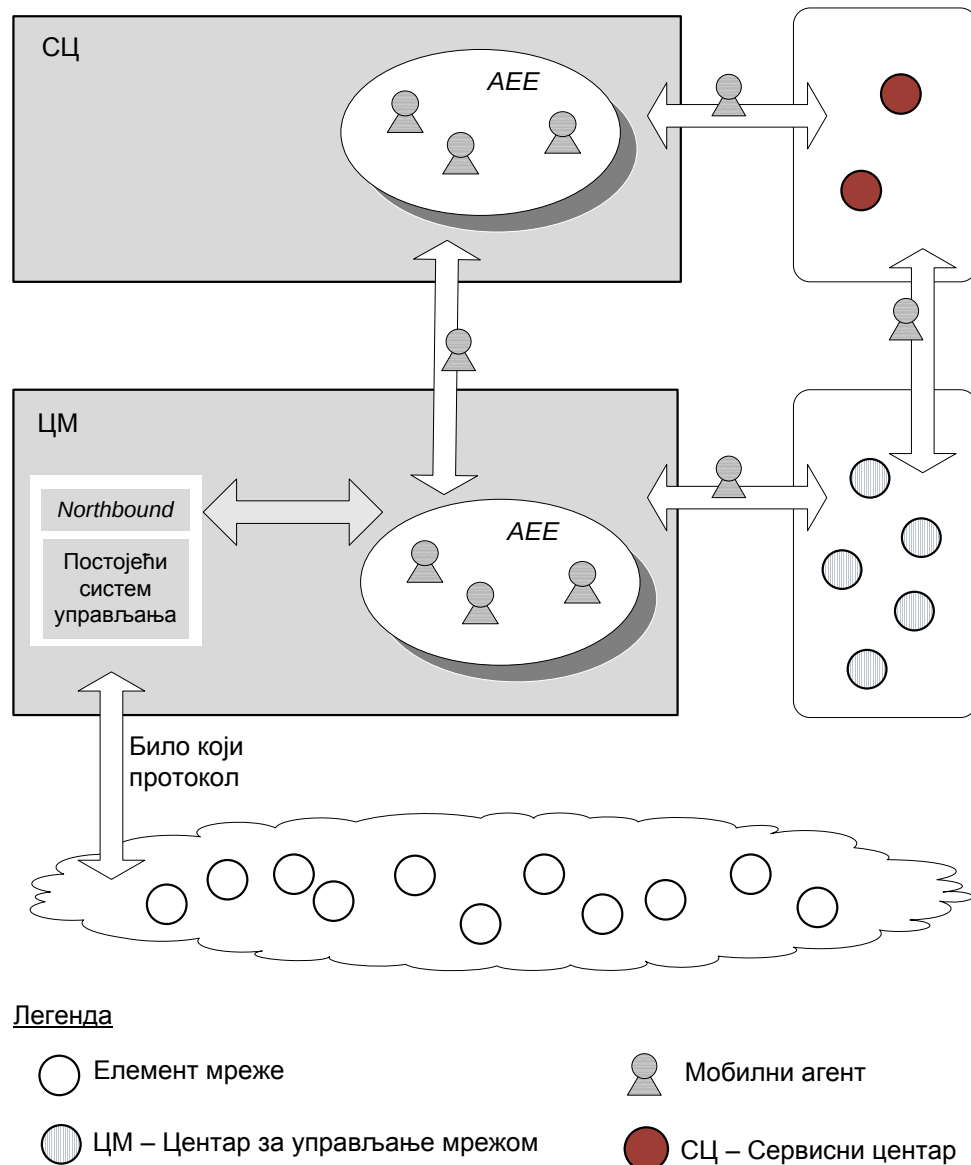
Архитектура софтвера представља увид у структуру и понашање софтверског система. Приликом представљања архитектуре, за описивање понашања мобилних агената коришћени су модификовани *UML* дијаграми [64].

Предложене архитектура треба да омогући имплементацију слојевитог децентрализованог модела за интеграцију управљања коришћењем мобилних агената. Приликом коришћења овог решења не захтевају се измене на елементима мреже, нити на софтверским системима управљања на ЦМ, већ се само додају нове компоненте у постојећи систем. С обзиром на то да се софтверски систем на СЦ чворовима пројектује од почетка, нема никаквих ограничења да буде заснован на мобилним агентима и да на овом слоју, као и приликом остварења везе са ЦМ.

Кретање агента у систему представљено је на слици (Сл. 38.7). Околина за извршавање агената (АЕЕ) треба да постоји на сваком ЦМ и СЦ. Обезбеђује се да ЦМ буде укључен у решење са мобилним агентима тако што преко свог интерфејса за интеграцију управљања (*Northbound Interface*) размењује податке са за то намењеним агентом у локалној АЕЕ. Дакле, нема потребе за изменом на систему управљања на ЦМ, тако да они користећи постојећи протокол приступају подацима елементима мреже, док им мобилни агенти не приступају. Мобилни агенти извршавају се на ЦМ и по СЦ чворовима, и крећу се између њих.

Софтверски систем на СЦ чвору одлучује о креирању свих предвиђених типова агената у овом решењу. Скуп могућих стања и задаци мобилних агенти унапред су дефинисани већ приликом њихове иницијализације. Од СЦ чвора

на коме су креирани, мобилни агенти могу да пређу на други СЦ или ЦМ чвор. Након извршавања крећу се до следећег СЦ или ЦМ чвора. Након што испуне предвиђене задатке враћају се до СЦ чвора који их је послао у мрежу.



Сл. 38.7 КРЕТАЊЕ АГЕНАТА У СИСТЕМУ

Мобилни агенти могу да се крећу кроз мрежу или тако што уче њену топологију, или према унапред утврђеном плану, што би значило да познају топологију мреже. У овом решењу користи се друга могућност, јер с обзиром на природу ЕТМ неовлашћена промена топологије мреже не сме да се дозволи.

Предложене су три класе мобилних агената, за које је описана функционалност, начин кретања од чвора до чвора, а истакнута су и ограничења у броју агената одређеног типа који могу постојати на чвору.

38.4.4 КЛАСА АГЕНАТА *PROVIDER*

Класа агената *Provider* извршава се искључиво на СЦ чвору. Намена агената ове класе је креирање свих типова агената који постоје у систему, и прихватање њихових резултата након извршења предвиђених задатака. Након почетка извршавања остају на истом чвору (тзв. статички агенти).

Предвиђено је постојање четири изведене класе, од којих свака обезбеђује креирање по једне класе мобилних агената. Три (*Wrapper Provider*, *Information Provider*, *Service Provider*) треба да обезбеде креирање изведених класа агената основне класе *Integration* и прихватање њихових резултата. Четврта (*Control Provider*) обезбеђује креирање изведених агената основне класе *Control*, и прихватање њихових резултата.

38.4.5 КЛАСА АГЕНАТА *INTEGRATION*

Мобилне агенте типа *Integration* креира агент одговарајуће изведене класе типа *Provider*. Прелази пут до једног или више ЦМ чворова и извршава се на сваком посећеном чвору. Зависно од намене, може да се врати на чвор са кога је кренуо, где предаје резултат агенту који га је креирао. Предвиђено је постојање три изведене класе.

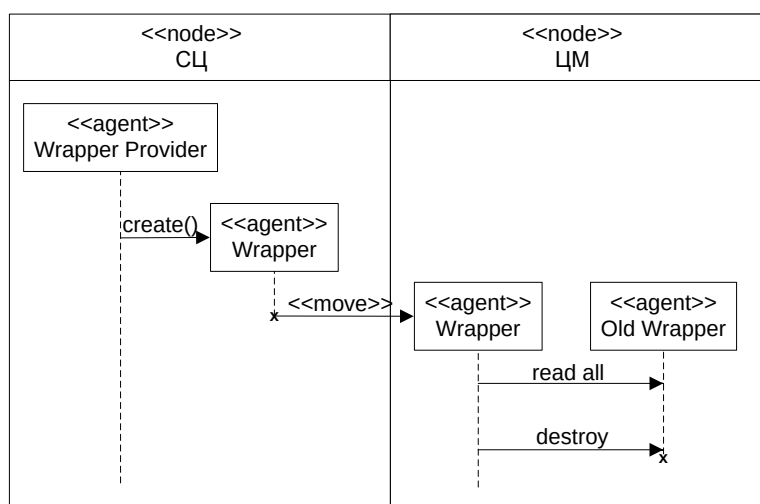
38.4.5.1 ИЗВЕДЕНА КЛАСА *WRAPPER*

Мобилни агент овог типа понаша се као омотач око система за управљање, и намена му је да у платформу са агентима укључи систем за управљање мрежом на ЦМ чвору. Коришћење ових агената може да прошири функционалност постојећег система за управљање додатном обрадом постојећих података и чувањем додатних информација. Процес извршавања агента ове класе приказан је на слици (Сл. 38.8).

Агент класе *Wrapper Provider* креира овај тип агената, и шаље га до чвора на коме ће се извршавати. Након пристизања на одредишни чвор, агент ове класе проверава типове свих присутних агената. Уколико постоји други агент класе *Wrapper* потребно је да га придошли агент замени. Прво преузима све

прикупљене податке са постојећег агента, а затим га одстрањује, поставши једини омотач на ЦМ чвору.

Током извршавања, *Wrapper* агент не напушта ЦМ чвор, приступа локалном систему управљања, и агентима који се на истом чвору извршавају омогућава приступ сакупљеним подацима.



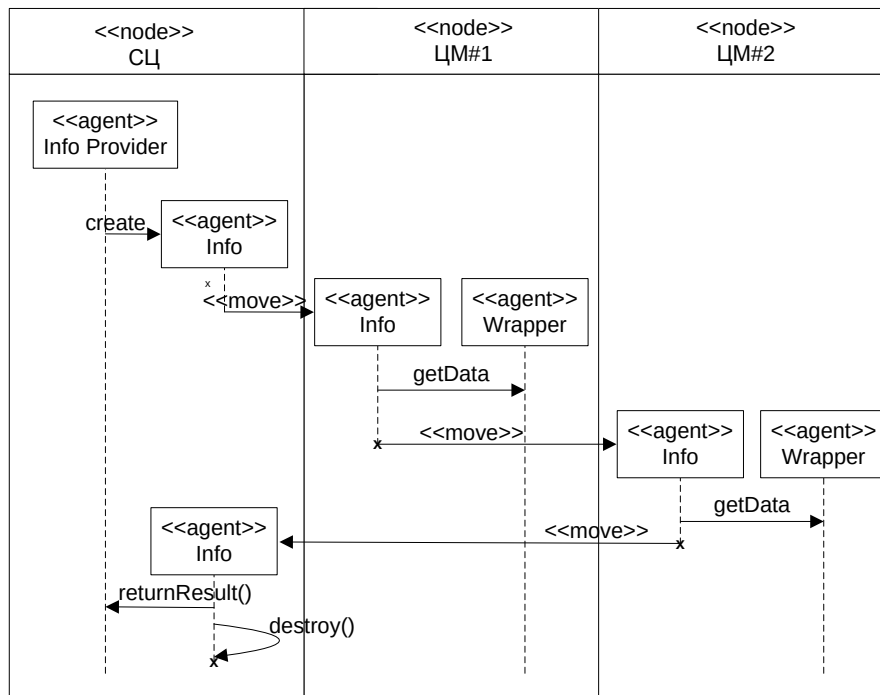
Сл. 38.8 ИЗВРШАВАЊЕ *WRAPPER* АГЕНТА

38.4.5.2 ИЗВЕДЕНА КЛАСА *INFORMATION*

У општем случају, платформе мобилних агената не омогућавају да агенти размењују информације када се налазе на различитим чворовима. Да пројектовани систем не би био зависан од изабране платформе, за пренос података од ЦМ до СМ и обрнуто користе се мобилни агенти класе *Information*. Предвиђени су за пренос података било које од функција управљања. Извршавање овог типа агената приказан је на слици (Сл. 38.9).

Мобилне агенте ове класе креира *Information Provider* агент на СЦ чвору, и шаље их до ЦМ чвора. Размена података на ЦМ врши се, баш као и код других агената класе *Integration*, са *Wrapper* агентима. Када је потребно да се прикупе подаци са већег броја ЦМ чворова, агент их посећује према унапред дефинисаном редоследу.

Након што су сви подаци прикупљени, агент се враћа на СЦ чвор на коме је креиран, предаје податке *Information Provider* агенту, и сам се одстрањује из система.



Сл. 38.9 Извршавање *INFORMATION* АГЕНТА

38.4.5.3 ИЗВЕДЕНА КЛАСА *SERVICE*

Агент ове класе треба да омогући активирање нове услуге у мрежи. Услуга се извршава на једном или више ЦМ чворова, а креирају се приликом размене података са локалним агентом типа *Wrapper*. Сценарио извршавања агената сличан је оном за агенте класе *Information*, приказаном на слици (Сл. 38.9)

Ову класу агената креира агент класе *Service Provider*, и шаље га до ЦМ чвора на коме ће се извршавати. Уколико је за успостављање услуге потребно извршити акције на већем броју ЦМ, агент посећује све потребне чворове.

Након што је услуга успостављена или је дошло до грешке, агент се враћа на СЦ чвор на коме је креиран, и предаје резултате агенту који га је креирао. После тога, агент се сам одстрањује из система.

У систему може да постоји произвољан број услуга, па стога и на сваком чвору може постојати произвољан број ових агената.

38.4.6 КЛАСА АГЕНАТА *CONTROL*

Класа мобилних агената *Control* користи се ради контроле ресурса у мрежи предвиђеној за њихово извршавање, као и контролу агената који се тренутно извршавају. Креира их *Control Provider* агент на СЦ чвору.

Контрола ресурса укључује проверу постојања ЦМ и СЦ чворова, као и стања окружења за извршавање агената на њима. Такође, на сваком чвору откривају се агенти који се на њему извршавају, и њихово стање. Могу се користити и за откривање нових чворова у мрежи, балансирање оптерећења итд.

Да би се испунили задаци контролних агената, поред већ описаних предвиђене су и циркуларне путање са неограниченим бројем пролаза, а агент у сваком од њих обилази чворове у систему. Ограничење броја контролних агената у систему разрешава се за сваку изведену класу.

38.5 ВЕРИФИКАЦИЈА РЕШЕЊА

Да би се верификовао представљени предлог решења путем интеграције управљања имплементиран је прототип интегрисаног система управљања коришћењем предложене архитектуре. Следи опис мобилне платформе која је искоришћена као основа имплементације, система управљања коришћеног на ЦМ чворовима, и опис реализованог прототипа.

38.5.1 ОПИС МОБИЛНЕ ПЛАТФОРМЕ

Приликом имплементације коришћена је мобилна платформа опште намене *Aglets* [65], реализована у програмском језику *Java*. Да би објекат имао својства мобилног агента мора бити изведен из апстрактне класе *Aglet*. Ово извођење није приказивано на класним *UML* дијаграмима. Комуникација између агената остварује се разменом порука, а уграђени систем безбедности онемогућава да агент без овлашћења приступи подацима.

38.5.2 ПОСТАВЉЕНИ ЦИЉЕВИ ВЕРИФИКАЦИЈЕ

Ради верификовања решења извршена је интеграција са постојећим системима управљања. Циљ је био да се тако докаже предложени да предложени концепт интеграције омогућава да се обједини управљање на системима, да је осмишљен довољан број агената који омогућавају несметани рад система, и да на основу података пренетих коришћењем мобилних агената може да се постави дијагноза о стању преносног пута. Обзиром да је реализован само прототип, није било битно да ли су укључени системи управљања транспортном мрежом, који омогућавају да се открије подскуп

проблема, или системи управљања комутационим чвором, који омогућавају да се открију сви проблеми на преносним путевима.

38.5.3 СИСТЕМ УПРАВЉАЊА НА ЦМ КОРИШЋЕН ПРИЛИКОМ ВЕРИФИКАЦИЈЕ

Приликом формирања окружења за верификацију, два комерцијална производа била су доступна, оба од произвођача Ирител а.д. Београд:

- *СУНЦЕ-М* [66] који омогућава управљање транспортном телекомуникационом мрежом и обезбеђује рад на нивоу једне подмреже за управљање. Могуће је из система за интеграцију добити податак о стању опреме на преносном путу
- Софтверски систем за управљање *ETCE* (Електронске Телефонске Централне за Електропривреду) [9]. Овај систем имао је ограничење да се на комутационом чвору не формира табела позивања, због чега није имало смисла да се укључује у интеграцију

Верификација је могла бити извршена интеграцијом чворова на којима се извршавао софтверски систем *СУНЦЕ-М*. Операције на подређеним елементима мреже обављају се из једног центра управљања, а спровођење функција управљања грешком, конфигурацијом, перформансама и сигурношћу извршава се како на појединачним уређајима тако и на мрежи као целини. *СУНЦЕ-М* омогућава управљање мрежом сачињеном од уређаја произвођача Ирител а.д. Београд [66]:

- фамилија оптичких *SDH* и *NG-SDH* система преноса (уређаји *ODS2G5* – до *STM-16*, *ODS622* – до *STM-4* и *ODS155* – *STM-1* нивоа сигнала)
- приступни мултиплексери (*FM8x2* – мултисервисни приступни мултиплексер и *FM2x2* – флексибилни мултиплексер)
- конвертори интерфејса (*G.703* у *Ethernet*, *V.31*, *X.25*)
- линијски *xDSL* терминали
- оптички терминал са секундарним мултиплексером *OTSM*
- системи напајања *SNN12*

У размени података између елемената мреже и система *СУНЦЕ-М* користи се нестандардни протокол. За интеграцију система *СУНЦЕ-М* коришћене су *XML* датотеке, креиране према обрасцу *publish-subscribe*.

Тестирање прототипа извршено је у мрежи сачињеној од пет ЦМ чворова и два СЦ чвора.

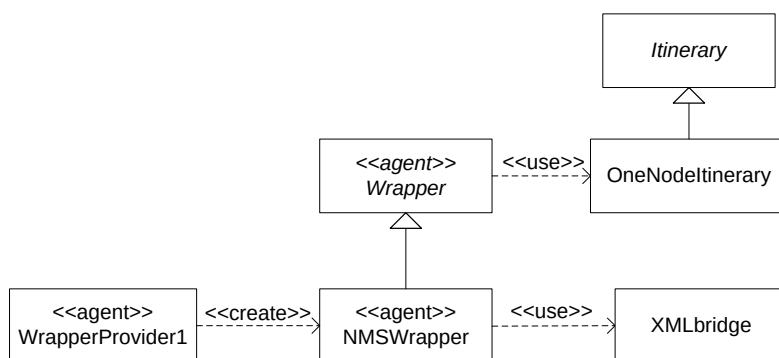
38.5.4 ОПИС КЛАСА У СИСТЕМУ

У овој имплементацији свака класа агената изводи се из апстрактне класе основног типа, па тако постоје следеће апстрактне основне класе: *Provider* из које се изводе агенти који обезбеђују стварање агената у систему, *Integration* из које се изводе класе агената које обезбеђују операције ради спровођења интеграције, *Control* из које се изводе класе агената који омогућавају контролу система.

Класе које описују путање мобилних агената по чворовима система изведене су из апстрактне класе *Itinerary*. Уколико извршавање мобилног агента треба да буде на једном чвору путању до њега описује класа *OneNodeItinerary*, а путању приликом извршавања на више чворова класа *MultiNodeItinerary*.

У зависности од типа агента који треба да креирају, из класе *Provider* изведене су класе: *WrapperProvider* за агенте омотаче (*Wrapper*), *InformationProvider* за агенте који преносе информације (*Information*), *ServiceProvider* за сервисне агенте (*Service*) и *ControlProvider* за контролне агенте (*Control*). У овој имплементацији активан је тачно по један мобилни агент сваке од класа *Provider*. Распољивост би се поправила умножавањем агената истих класа у систему, али би то захтевало алгоритме ради поделе приступа информација, одржавања усаглашених података на *Provider* агентима истог типа, постављање агената у активни или пасивни режим, итд. С обзиром на то да ова имплементација треба да буде само прототип решења није била неопходна реализација ових алгоритама.

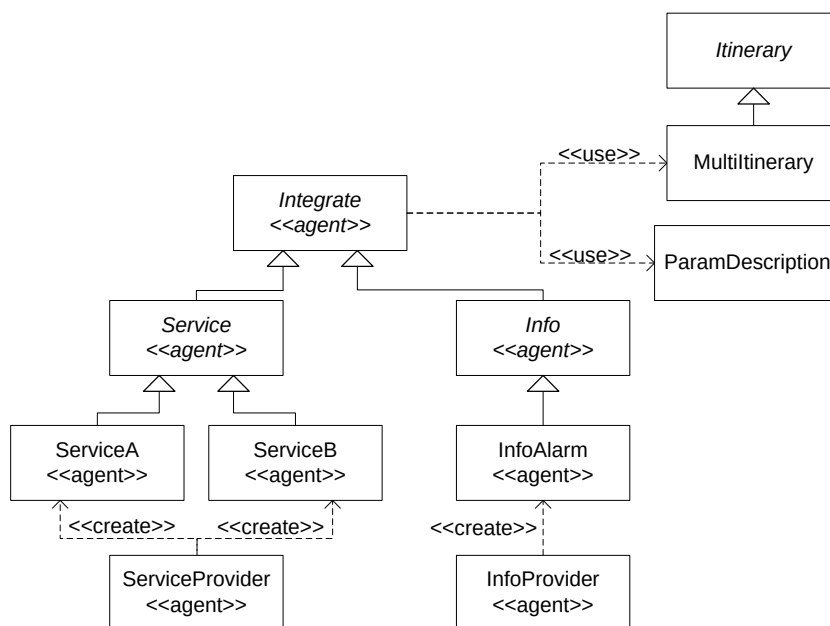
Апстрактна класа *Wrapper* имплементира функције које омогућавају слање на изабрани чвор користећи објекат класе *OneNodeItinerary*, и инсталацију и извршавање на том чвору, као и размену података са другим агентима користећи предвиђене типове порука. Изведене класе треба да укључују детаље комуникације са појединачним системом управљања, па је дизајнирана класа *NMSWrapper* (Сл. 38.10) ради приступа подацима из система управљања. Детаљи повезивања везани за приступ интерфејсу за интеграцију чувају се у класи *XMLbridge*.



Сл. 38.10 Класни дијаграм WRAPPER АГЕНАТА [60]

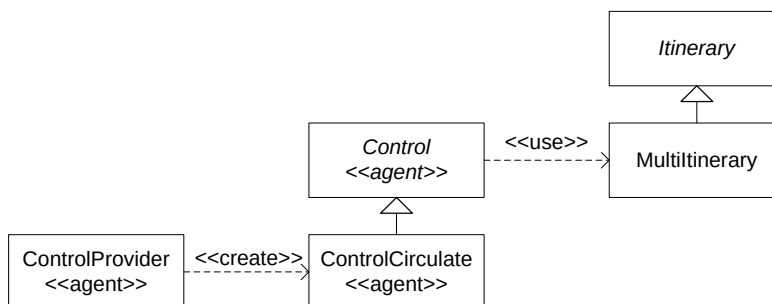
Класни дијаграм класе *Integration* и њених изведених класа приказан је на слици (Сл. 38.11). Апстрактна класа *Integration* омогућава креирање агената који могу да буду упућени од чвора до чвора користећи објекат класе *MultiNodeItinerary*. Параметри којима се врши иницијализација агената постављају се коришћењем објекта класе *ParamDescription*. Из ове основне класе, изводе се мобилни агенти класа:

- *Information* – апстрактна класа из које се изводе агенти за пренос података; из ње је изведена класа *InfoAlarm*, која омогућава приступ подацима о жељеним алармима упућивањем захтева агенту изведеном из класе *Wrapper*
- *Service* – апстрактна класа из које се изводе агенти који креирају услуге; из ње су изведене класе: *ServiceA* и *ServiceB*, које се користе за успостављање услуга у мрежи



Сл. 38.11 Класни дијаграм SERVICE и INFORMATION АГЕНАТА [60]

Апстрактна класа *Control* представља основну класу из које се изводе класе контролних агената, а опис плана кретања омогућава им објекат класе *MultiNodeItinerary*. У овом прототипу, из класе *Control* изведена је класа *ControlCirculate* (Сл. 38.12), која омогућава кретање кроз све чворове у мрежи ради откривања присутних агената у систему и провере њиховог стања.



Сл. 38.12 Класни дијаграм *CONTROL* АГЕНТА [60]

38.5.5 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА ВЕРИФИКАЦИЈЕ

Верификацијом је показано да комерцијално доступан систем може да се интегрише у предложену архитектуру. Утврђено је да ова архитектура омогућава обједињавање управљања, а да су употребљени мобилни агената довољни за њену реализацију. Показано је да скуп података који преносе омогућава исправан закључак о стању преносног пута.

Приликом верификације интегрисано је више система управљања *СУНЦЕ-М*. Ради укључивања у интеграцију, неопходно је једино постојање интерфејса за интеграцију на систему управљања, а нису биле потребне промене нити на њему, нити на елементима мреже. Није било потребе за директни приступ елементу мреже, односно остао је очуван начин размене података између система управљања и елемената мреже.

Систем за интеграцију управљања тако је организован да су подаци о појединачном систему управљања који се интегрише енкапсулирани у мобилне агенте. Укључивање неког другог система, који би – на пример – интегрисао систем управљања комутационог чвора, захтевао би се прво креира нова класа у којој су детаљи повезивања на интерфејс за интеграцију система управљања (уместо класе *XMLbridge*). Уколико је скуп података које треба обрадити изван предвиђеног верификованим решењем, или ако треба проширити скуп понуђених услуга, потребни су нови мобилни агенти

изведени из класа *Service* и *Alarm*. Архитектура и начин извршавања целокупног система остају истоветни представљеном решењу. На овај начин верификован је предложени механизам интеграције са доступним системом управљања, и објашњен је начин додавања у њега других система управљања.

39 ЗАКЉУЧАК

У овом раду предложене су мере за повећање расположивости у телефонској мрежи електропривреде. Постављени циљ био је да се утврди да ли је могуће откривање делимичне неправилности у раду телефонске мреже док се саобраћај још увек одвија у смањеном обиму, односно док расположивост мреже још увек није угрожена. Други циљ био је да се установи да ли постоји нека предност мреже са мешовитом технологијом у односу на мрежу засновану на једној технологији.

Телекомуникациона мрежа у електропривреди намењена је размени информација између особља. У овој мрежи разликују се две врсте телефонског саобраћаја: оперативни (диспечерски) који има предност приликом остваривања и пословни. Основни разлог изградње корпорацијске телефонске мреже електропривреде је да се обезбеди висока расположивост диспечерског саобраћаја којим се преносе информације везане за рад и одржавање електроенергетских постројења. Ради остваривања овог захтева у телефонској мрежи електропривреде користе се сва средства везе изграђена у различитим технологијама, као и једнослојна мрежа.

Као општи случај, посматрана је мешовита телефонска мрежа у којој је вршен еволуциони редизајн, односно у којој су ради осавремењавања додаване нове технологије, без одбацивања постојећих. Између делова мреже изграђених у различитим технологијама врши се претварање корисничког сигнала, сигнализације и нумерације. У овом раду показано је да се различитост технологија у системима за пренос телефонског сигнала у електропривредној мрежи може искористити и за надгледање рада мреже.

Ради постизања високе расположивости, од посебног значаја је својство једнослојне, нехијерархијске мреже, да се позиви обилазно упућују у случају кварова и загушења на правцима са првенством избора. Када мрежа исправно ради, остваривање везе обавља се на основу плана упућивања преко директних или најкраћих путева, и везама најбољег квалитета. Када у мрежи постоји отказ на неким преносним путевима, на деоницама на којима се појавио квар користе се путеви са нижим првенством избора. Описано стање у мрежи у раду се назива предалармним стањем. Индикација о предаларму не шаље се

диспечерима, нити се приликом коришћења мреже може приметити јер се саобраћај и даље несметано обавља.

За откривање предалармног стања, предложена су два решења – опште, засновано на мерењу и анализи телефонског саобраћаја, и решење које важи под одређеним условима, засновано на управљању телекомуникационом мрежом. Следи разматрање доприноса општег решења.

Један од основних доприноса је доказ да се неисправност у мрежи може открити током предалармног стања, односно пре настанка хаваријског квара који утиче на смањење расположивости мреже.

Допринос је и предлог решења детектора неисправности, који представља једноставни склоп или софтвер, којим се може открити предалармно стање само на основу статистике телефонског саобраћаја на преносним путевима. Предложено решење детектора размотрено је када се детекција врши у једном, два или више корака. Први корак детекције састоји се од препознавања доласка првог позива на пут са нижим степеном првенства, а сваки следећи састоји се у чекању завршетка разговора из претходног корака након чега се у току задатог времена (интервала детекције) чека нови позив. Уколико позив стигне током времена детекције, корак се проглашава успешним. Иначе долази до прекида детекције, и сматрају се да се није појавио предаларм. Након успешног корака, прелази се на следећи корак, а у случају да је последњи у низу проглашава се предалармно стање.

Остали доприноси односе се на дефинисање, израчунавање и проверу мерила веродостојности и делотворности спроведеног поступка: вероватноћу лажног предаларма, вероватноћу промашаја у детекцији и средње време до откривања предаларма. Треба нагласити да је од основне важности поступак откривања неисправних ресурса, али да вредности показатеља веродостојности нису од таквог значаја као код хаваријских кварова. Разлог је то што је током предалармног стања мрежа још увек расположива, односно извршава своју основну функцију.

Лажни предаларм представља препознавање на детектору непостојећег алармног стања, а до њега долази када је исправно стање на преносном путу с првенством избора препознато као неисправно. У раду је показано да са растом телефонског саобраћаја расте и вероватноћа лажног предаларма, као и да зависи од броја канала на преносним путевима. Као мера смањења

вероватноће лажног предаларма предложени су детектори са већим бројем корака. За детектор са више од једног корака, вероватноћа лажног предаларма расте са продужењем дужине интервала детекције.

До промашаја у детекцији долази приликом непрепознавања предаларма, односно када је неисправно стање на преносном путу са првенством избора препознато као исправно. Показано је да за детектор са једним кораком није могућ промашај, док за детекторе са више корака вероватноћа промашаја опада са продужењем интервала детекције, а расте са бројем корака детекције.

Средње време до откривања предаларма представља средње време од појављивања кvara на преносном путу са првенством избора, до тумачења предаларма на детектору. Показано је да за детектор са једним кораком откривање предаларма зависи само од средњег времена које протекне између два позива, док за детекторе са више од једног корака средње време до откривања предаларма не зависи од дужине времена детекције, већ од средњег времена између позива и средњег времена трајања разговора. Утврђено је да средње време до откривања предаларма расте са порастом корака детекције.

На основу разматрања мерила веродостојности, предложено је да детектор са два корака буде оптимално решење проблема откривања предаларма коришћењем мерења и анализе телефонског саобраћаја.

Следећи допринос у раду је предлог поступка који треба да омогући да се за детекторе са више корака, при познатим вредностима телефонског саобраћаја, пронађе оптимална дужина времена детекције коришћењем минималног збира вероватноће лажног предаларма и вероватноће промашаја. Установљено је да у општем случају не постоји јединствени минимални збир, већ да зависи од броја канала у систему. Предложено је да се избор интервала детекције врши из табела добијених прорачуном тако што се приликом пројектовања детектора одабере интервал детекције за вредност понуђеног саобраћаја током повећаног оптерећења у систему.

Допринос представљају оригинални програми за симулацију израђени за проверу рачунски добијених једначина за вероватноћу промашаја, вероватноћу лажног предаларма и средњег времена протеклог до откривања предаларма за детектор са два корака. Програми су израђени на основу

симулационог поступка "Монте Карло", који је често коришћен у симулацијама саобраћаја и услуживања у телефонској техници.

У предлогу другог решења проблема откривање предалармног стања представљено је решење за откривање неправилности, које омогућава и обједињавање тих података у оквиру система управљања. Друго решење има ограничену примену: у интеграцију управљања могу се укључити само системи управљања мрежом који имају интерфејс за интеграцију, и који имају приступ потребним подацима на елементима мреже. Последице су смањење броја система који се могу обухватити интеграцијом, али и то што нема потребе да се било шта мења у оквиру постојећих система за управљање.

Да би се утврдило стање неисправности, могу се користити подаци из система управљања за пренос или за комутационе чворове. Допринос представља доказ да се предаларм може утврдити на основу података из табеле позивања комутационог чвора, као и предлог оригиналног поступка за детекцију предаларма из система за управљање.

Допринос је и предложени нови модел управљања, добијен након анализе постојећих модела. Доприносе рада представљају и предложена архитектура реализације модела заснована на мобилним агентима, као и њена верификација у коју је био укључен доступни комерцијални софтверски систем за управљање системима преноса.

Закључено је да је могуће применити решења у телефонским мрежама електропривреде заснованим на системима новије генерације који су заменили постојећу опрему, или у мрежама које тек треба да се пројектују.

На основу резултата овога рада, постоји више тема које би могле да буду предмет даљих истраживања. Начело овог рада, да расподела саобраћаја различита од очекиване може да укаже на неке неисправности, могла би да нађе примену и у другим системима услуживања са приоритетом. Предмет истраживања може бити и даље усавршавање детектора неисправности заснованог на мерењу и анализи телефонског саобраћаја. Одступање у резултатима прорачуна и симулације за вероватноћу лажног предаларма на ВФ преносном путу може бити предмет даљих истраживања. Предложени модел и архитектура за интеграцију управљања могли би да буду размотрени и за друге намене у управљању мрежом.

40 РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Николај Берђајев, *Човек и машина*, Прво издање, Бримо, 2002.
- [2] Wikipedia, [Online]: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Електроенергетика>
- [3] ITU-T, Recommendation E.721 "Network grade of service parameters and target values for circuit-switched services in the evolving ISDN", 05/99.
- [4] Горан Марковић, Мирослав Дукић, "Примена PLC технологије у телекомуникационим приступним мрежама," *Телекомуникације*, вол. 49, бр. 1, стр. 7-16.
- [5] Wikipedia, [Online]:
http://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_производству_электроэнергии
- [6] UCTE - Union for the Coordination of the Transmission of Electricity, [Online]:
<https://www.entsoe.eu/about-entso-e/a-proud-history/ucte/>
- [7] CIGRE - Conseil International des Grands Réseaux Electriques, [Online]:
<http://fr.cigre.org/>
- [8] Национални комитет CIGRE Србија, [Online]: <http://www.cigresrbija.org>
- [9] Жарко Марков, "Тридесет година рада телефонских централа ЕТЦЕ," *Електропривреда*, год. LVIII, бр. 2, стр. 83-89.
- [10] Жарко Марков, *Класична телефонска техника и теорија телефонској саобраћаја (600 питања и одговора)*, 2010.
- [11] "Технички услови за електропривредне аутоматске телефонске централе," Заједница југословенске електропривреде, Београд, 1985.
- [12] Михаило Станић, Небојша Мићић, Вујица Вулићевић, Мирослав Илић, "Организација софтверског система СУНЦЕ+," *XVIII ТЕЛФОР*, Београд, новембар 2010, стране 231-233.
- [13] N. Krajnović, "The Design of a Highly Available Enterprise IP Telephony Network for the Power Utility of Serbia Company," *IEEE Communications Magazine*, pp. 118-122, April 2009.

- [14] "Адаптација и иновација пројекта телефонске мреже са аспекта примене IP технологије и нове организације електропривреде," Електротехнички факултет, Београд, август 2007.
- [15] David Clark, "The design philosophy of the DARPA internet protocols," *Symposium proceedings on Communications architectures and protocols*, Stanford, California, United States, 1988, pp.106-114.
- [16] Жарко Марков, "О прослеђивању телефонских позива у класичној и пакетској мрежи ЕПС-а," *Електропривреда*, год. LX, број 3, стр. 68-71, 2008.
- [17] ITU-T, Recommendation G.107 "The E-model: a computational model for use in transmission planning ", 12/2011.
- [18] Mihailo Stanić, Dragan Mitić, Aleksandar Lebl, "A correction of E-model in quality estimation of packetized speech signal," *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, vol. 67, no. 9, pp. 793-794, September 2013.
- [19] Жарко Марков, "Мешовита корпорацијска телефонска мрежа," *Електропривреда*, год. LVIII, број 2, стр. 75-83, 2006.
- [20] Dhavarundha, Ekularn and Denvorakul, Prawit, "The Design of Reliable VoIP for Power Utilities' Voice Service," *Proc. of CIGRE 2007 Colloquium*, Lucerne, 2007, paper D2-01 C11.
- [21] Tom Vidar Pedersen, Tor Aalborg, "Designing A New Integrated IP Network Infrastructure," *Proc. of CIGRE 2007 Colloquium*, Lucerne, Switzerland, 2007, paper D2-02 C07.
- [22] Ryohei Iibuchi, Hirokazu Kaneko, et al, "Construction of IP Network in Rural Areas," *2009 CIGRE Colloquium*, Fukuoka, Japan, 2009, Paper no D2-03 B02.
- [23] Жарко Марков, "О транзитним телефонским везама у мрежи ЕПС-а," *Електропривреда*, год. LVIII, број 3, стр. 88-95, 2006.
- [24] Parag K. Lala, *Self-checking and fault-tolerant digital design*, Academic Press, 2001.
- [25] Mileusnić, M., Lebl, A., Mitić, D., Markov, Ž., "Method for Reduction Indefinite Routing Loops Probability in the Mixed Telephone Network of Electric Power

Utility," *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, R. 89, NR 3a, pp. 136-140, 2013.

- [26] Михаило Станић, "Софтверски систем за надзор и управљање елементом транспортне телекомуникационе мреже," Магистарски рад, Електротехнички факултет, Београд, 2002.
- [27] Plevyak Aidarious, *Telecommunications Network Management into 21 st century*, Bi, IEEE Press, 1994.
- [28] ITU-T, Recommendation M.3010 "Principles for a Telecommunications management network", 2000.
- [29] V. B. Iversen, *Teletraffic Engineering*, ITU-D SG 2 and ITC, Revised May 2008.
- [30] K. Kawashima H. Akimaru, *Teletraffic - Theory and Applications*, 2nd, Berlin, Springer, 1999.
- [31] Robert C Cooper, Daneil P Heyman, "Teletraffic Theory and Engineering," *Encyclopedia of Telecommunications*, 1998, ch. Volume 16, pp. 453-483.
- [32] R Syski, *Introduction to Congestion Theory in Telephone Systems*, North-Holland, 1986.
- [33] Ronald W. Wolff, "Poisson Arrivals See Time Averages," *Oper. Res.*, no.2, vol. 30, pp. 223-231, March-April 1982.
- [34] François Baccelli , Sridhar Machiraju , Darryl Veitch , Jean C. Bolot, "The role of PASTA in network measurement," *Proceedings of the 2006 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications*, Pisa, Italy, Sept. 11-15, 2006.
- [35] Ž Markov, "Calculation of collision probability on both-way circuits," *Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik (AEÜ)*, vol. 47, no. 2, pp. 122 – 123, 1993.
- [36] Hans-Otto Georgii, *Stochastics: Introduction to Probability and Statistics*, 1st, Walter de Gruyter, February 27, 2008.
- [37] Peter Olofsson, *Probabilities: The Little Numbers That Rule Our Lives*, 1st, Wiley, March 22, 2010.
- [38] A Kuczura, "The interrupted Poisson process as an overflow process," *The Bell*

System Technical Journal, vol. 52, no. 3, pp. 437-448, 1973.

- [39] A. Kuczura and D. Bajaj, "A method of moments for the analysis of a switched communication network's performance," *IEEE Transaction on Communications*, vol. 25, no. 2, pp. 185 -193, 1977.
- [40] Beyer J. E., Nielsen B. F., "Predator foraging in patchy environments: the interrupted Poisson process (IPP) model unit," *DANA*, 11, 2, pp. 65-130, 1996.
- [41] V.B. Iversen, "A simple algorithm for evaluating GI/M/n loss systems," *COST 257*, Granada, Spain, 1998.
- [42] M. Alwakeel, "Equivalent Poisson Process for Interrupted Poisson Process with on-off Periods," *Univ. J. Sci. Med. Eng.*, no.1, vol. 19, pp.103 -112, 2007.
- [43] Forsys I. J. and Messerli, E. J, "Analysis of Trunk Groups Containing Short Holding-Time Trunks," *The Bell System Technical Journal*, vol. 54, pp. 1127 - 1153, 1975.
- [44] J. S. Kaufman, "Faulty Trunk Detection Algorithms Using EADAS/ICUR Traffic Data," *The Bell System Technical Journal*, vol. 56, pp. 919 - 976, 1977.
- [45] Ž Markov, "A Simple Method of Automatic Faulty Trunk Detection," *Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik (AEÜ)*, vol. 38, pp. 75 – 77, 1984.
- [46] Ž. Markov, "The Adjustment of Automatic Faulty-Trunk Detectors," *Archiv für Elektronik und Übertragungstechnik (AEÜ)*, vol. 38, pp. 405 – 408, 1984.
- [47] Vladimir Matić, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, Žarko Markov, "Influence of Numbering Scheme on the Efficiency of Failure Detector in Electric Power Utility," *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, accepted paper.
- [48] Tomislav Šuh, Žarko Markov, Aleksandar Lebl, Dragan Mitić, "Detection of Link Failure in the Node of Telephone Network with Alternate Routing," *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, R.88, NR 12a/2012.
- [49] Stanić, M., Lebl, A., Mitić, D., Markov, Ž., "Detection of Pre-alarm State in Mixed Telephone Network of Electric Power Utility," *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review)*, R. 89, NR 2a, pp. 130-133, 2013.

- [50] Cisco Systems, "IP Telephony: the Five Nines story," White paper, 2002.
- [51] Dani Gamerman, Hedibert Freitas Lopes, *Markov Chain Monte Carlo, Stochastic Simulation for Bayesian Inference*, 2nd, Chapman & Hall/CRC, 2006.
- [52] Милан Бјелица, *Моделирање и симулација у телекомуникацијама (скрипта)*, Београд, Електротехнички факултет, 2011.
- [53] Rodriguez, A. and de los Mozos, J. R., "Roulette Model for the Simulation of Delay-Loss Systems," *ITT Electrical communication*, vol. 47, no. 2, 1972.
- [54] Д. Ђорић, В. Јевремовић, Ј. Малишић, Е. Николић-Ђорић, *Атлас распада*, Грађевинска књига, 2007.
- [55] Wikipedia, [Online]: http://en.wikipedia.org/wiki/Student's_t-distribution
- [56] Жарко Марков, "Процена средњег времена чекања путем симулације телефонског саобраћаја на рачунској машини," *Електротехника*, бр. 2, стр. 261-265, 1976.
- [57] Java SE Developer Documentation, Oracle, [Online]: <http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/java/util/Random.html>
- [58] Wikipedia, [Online]: http://en.wikipedia.org/wiki/Call_detail_record
- [59] Leif Madsen, Jim Van Meggelen, and Russell Bryant, Asterisk: The Definitive Guide, [Online]: http://www.asteriskdocs.org/en/3rd_Edition/asterisk-book-html-chunk/asterisk-SysAdmin-SECT-1.html
- [60] M. Stanic, D. Mitic, A. Lebl, "A Mobile Agents Framework for Integration of Legacy Telecommunications Network Management Systems," *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review)*, vol. 88, no. 6, pp. 337-341, 2012.
- [61] G. Chen, Q. Kong, *Integrated Telecommunications Management Solutions*, IEEE Press, 2000.
- [62] M. Stanić, N. Mičić, V. Vulićević, P. Knežević, M. Ilić, D. Katanić, "Layered Decentralized Management Architecture in Integration of SUNCE-M with SUNCE+," *10th TELSIKS, Conference Proceedings*, Niš, Serbia, October 5-8, 2011, vol. 2, pp. 729-732.

- [63] Михаило Станић, "Интеграција на вишим нивоима управљања мрежом заснована на мобилним агентима," *XLVII ЕТРАН*, Херцег Нови, 8.-13. Јун 2003, свеска II, стране 135-138.
- [64] Kusek M., Jezic G, "Modeling Agent Mobility with UML Sequence Diagram," *Agentlink III – AOSE TFG2*, Ljubljana, March 2005.
- [65] Aglets Mobile Agent Platform, IBM, [Online]: <http://www.trl.ibm.com/aglets>
- [66] М. Станић, Д. Катанић, П. Кнежевић, В. Вулићевић, "Архитектура софтвера центра за управљање мрежом SDH и PDH уређаја - СУНЦЕ-М," *XLVI ЕТРАН*, Бања Врућица - Теслић, Јун 2002, свеска II, стране 99-102.

41 СПИСАК СЛИКА И ТАБЕЛА

41.1 ТАБЕЛЕ

Таб. 18.1 Могућа тумачења стања детектора.....	89
Таб. 26.1 Вероватноћа лажног предаларма - <i>ISDN</i> преносни пут првог приоритета	113
Таб. 26.2 Зависност вероватноће промашаја и вероватноће појаве позива од интервала детекције - <i>ISDN</i> преносни пут првог приоритета.....	114
Таб. 26.3 Минимални збир вероватноћа лажног предаларма и промашаја за различите дужине интервале детекције, <i>ISDN</i> преносни пут $N=30+1$ канал.....	119
Таб. 26.4 Минимални збир вероватноћа лажног предаларма и промашаја за различите дужине интервале детекције, $N=96+1$ канал.....	120
Таб. 26.5 Минимални збир вероватноћа лажног предаларма и промашаја за различите дужине интервале детекције, $N=256+1$ канал.....	122
Таб. 29.1 Средње време детекције за $A=26$ за <i>ISDN</i> преносни пут првог избора, $N=30+1$ канала.....	134
Таб. 29.2 Број месеци између два кvara да би условна расположивост била 99,999%, <i>ISDN</i> преносни пут првог приоритета, $A=26$	135
Таб. 31.1 Систем са два ВФ линка, број месеци између два кvara на <i>ISDN</i> преносном путу првог избора, за условну расположивост од 99,999%, при $A=26$	142
Таб. 31.2 Систем са три ВФ линка, број месеци између два кvara на <i>ISDN</i> преносном путу првог избора, за условну расположивост од 99,999%, при $A=26$	142
Таб. 35.1 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 д.ј. за {20, 30+1, 0}	155
Таб. 35.2 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 д.ј. за {20, 30+1, 0}	156
Таб. 35.3 Резултати извршавања за трајање симулација од 1 000 000 д.ј. за {20, 30+1, 0}	156
Таб. 35.4 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 000 д.ј. за {20, 30+1, 0}	156

Таб. 35.5 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 000 д.ј. за {20, 30+1, 0}.....	156
Таб. 35.6 Примена Студентове расподеле на вероватноћу губитака за ниво поверења од 95%, за {20, 30+1, 0}.....	157
Таб. 35.7 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 д.ј. за {26, 30+1, 0}	157
Таб. 35.8 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 д.ј. за {26, 30+1, 0}	158
Таб. 35.9 Резултати извршавања за трајање симулација од 1 000 000 д.ј. за {26, 30+1, 0}.....	158
Таб. 35.10 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 000 д.ј. за {26, 30+1, 0}.....	158
Таб. 35.11 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 000 д.ј. за {26, 30+1, 0}.....	158
Таб. 35.12 Примена Студентове расподеле на вероватноћу губитака за ниво поверења од 95%, за {26, 30+1, 0}.....	159
Таб. 35.13 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 д.ј. за {30, 30+1, 0}	159
Таб. 35.14 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 д.ј. за {30, 30+1, 0}	160
Таб. 35.15 Резултати извршавања за трајање симулација од 1 000 000 д.ј. за {30, 30+1, 0}	160
Таб. 35.16 Резултати извршавања за трајање симулација од 10 000 000 д.ј. за {30, 30+1, 0}.....	160
Таб. 35.17 Резултати извршавања за трајање симулација од 100 000 000 д.ј. за {30, 30+1, 0}.....	160
Таб. 35.18 Примена Студентове расподеле на вероватноћу губитака за ниво поверења од 95%, за {30, 30+1, 0}.....	161
Таб. 35.19 Средње вредности услуженог саобраћаја на ВФ каналу за различити понуђени саобраћај.....	161
Таб. 35.20 Вероватноћа доласка позива на ВФ канал у току различитих интервала након доласка позива	163

Таб. 36.1 Резултати вероватноће доласка позива у зависности од интервала детекције, када је {20, 30+1, 149}.....	166
Таб. 36.2 Резултати вероватноће доласка позива у зависности од интервала детекције, када је {26, 30+1, 203}.....	167
Таб. 36.3 Резултати вероватноће доласка позива у зависности од интервала детекције, када је {30, 30+1, 239}.....	167
Таб. 36.4 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од интервала детекције, при различитом понуђеном саобраћају.....	168
Таб. 37.1 Резултати пуне симулације у зависности од интервала детекције, при различитом понуђеном саобраћају.....	174
Таб. 37.2 Резултати скраћене симулације за вероватноћу промашаја у зависности од интервала детекције, при различитим вредностима понуђеног саобраћаја.....	175
Таб. 37.3 Резултати пуне симулације у зависности од интервала детекције за {20, 30+1, 949}.....	177
Таб. 37.4 Резултати пуне симулације у зависности од интервала детекције за {26, 30+1, 1243}.....	177
Таб. 37.5 Резултати пуне симулације у зависности од интервала детекције за {30, 30+1, 1439}.....	178
Таб. 37.6 Резултати скраћене симулације у зависности од интервала детекције за {20, 30+1, 949}	178
Таб. 37.7 Резултати скраћене симулације у зависности од интервала детекције за {26, 30+1, 1243}	179
Таб. 37.8 Резултати скраћене симулације у зависности од интервала детекције за {30, 30+1, 1439}	179
Таб. 38.1 Пример табеле позивања [59]	183
Таб. 38.2 Вероватноћа доласка позива за различите дужине времена детекције	188

41.2 СЛИКЕ

Сл. 6.1 Могуће везе до једне централе са претварачима сигнала	22
Сл. 7.1 Начелна структура мреже ЕПС-а	24

Сл. 12.1 Веза између две централе у телефонској мрежи.....	50
Сл. 12.2 Подела временског интервала.....	53
Сл. 12.3 Продужени интервал процеса у коме постоји негативно-експоненцијална зависност вероватноће.....	55
Сл. 12.4 Стање статистичке равнотеже у Ерланговој групи са губицима.....	59
Сл. 12.5 Здруживање Пуасонових токова.....	60
Сл. 12.6 Раздељивање Пуасоновог тока.....	61
Сл. 12.7 Дијаграм стања приликом заузимања канала по редоследу	64
Сл. 12.8 Испрекидани Пуасонов процес	67
Сл. 13.1 Везе између два чвора	71
Сл. 13.2 Процес у систему са четири дигитална и једним ВФ каналом	74
Сл. 14.1 Дијаграм стања приликом заузимања ВФ канала	76
Сл. 15.1 Везе између два чвора када је неисправан дигитални или пакетски линк.....	79
Сл. 15.2 Процес у систему са неисправним дигиталним линком	81
Сл. 16.1 Дијаграм стања када је једино ВФ канал исправан	82
Сл. 18.1 Пример процеса који води до проглашења предаларма	90
Сл. 19.1 Процес у току кога долази до проглашења предаларма применом детектора са једним кораком	92
Сл. 19.2 Зависност вероватноће лажног предаларма од понуђеног саобраћаја за детектор са једним кораком.....	94
Сл. 19.3 Зависност времена детекције од понуђеног саобраћаја за детектор са једним кораком.....	95
Сл. 20.1 Дијаграм стања за детектор са два корака	97
Сл. 20.2 Процес у току кога долази до тачног проглашења предаларма коришћењем детектора са два корака са првим успешним тумачењем	99
Сл. 20.3 Процес у току кога долази до проглашења предаларма коришћењем детектора са два корака са једним неуспешним тумачењем и једним успешним тумачењем.....	100
Сл. 24.1 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од понуђеног саобраћаја, за различите интервале детекције, <i>ISDN</i> преносни пут првог приоритета, $N=30+1$ канал.....	108

Сл. 24.2 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од понуђеног саобраћаја, за различите интервале детекције, детектори са једним и два корака, <i>IP</i> преносни пут првог приоритета, $N=96+1$ канал	109
Сл. 24.3 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од понуђеног саобраћаја, за различите интервале детекције, детектори са једним и два корака, <i>IP</i> преносни пут првог приоритета, $N=256+1$ канал	110
Сл. 24.4 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од интервала детекције, за различите вредности понуђеног саобраћаја, детектори са једним и два корака, <i>ISDN</i> преносни пут првог приоритета, $N=30+1$ канал	111
Сл. 25.1 Вероватноћа промашаја у зависности од интервала детекције за <i>ISDN</i> преносни пут преносни пут првог приоритета, $N=30+1$ канал.....	112
Сл. 26.1 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од интервала детекције, за $N=30+1$ канал	116
Сл. 26.2 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од интервала детекције, $N=96+1$ канал	117
Сл. 26.3 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од интервала детекције, $N=256+1$ канал	117
Сл. 27.1 Дијаграм прелаза стања за детектор са више корака.....	126
Сл. 27.2 Процес током редовног рада система за детектор са три корака.....	128
Сл. 27.3 Процес након отказа на преносном путу са правом првенства за детектор са три корака.....	129
Сл. 28.1 Вероватноћа лажног предаларма за различити број корака детекције, <i>ISDN</i> линк првог избора, при $T_k/T_{ia}=4$	131
Сл. 28.2 Вероватноћа промашаја у зависности од интервала детекције, <i>ISDN</i> линк првог избора, за детекторе са различитим бројем корака.....	133
Сл. 30.1 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, <i>ISDN</i> линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 3 и 4.....	138
Сл. 30.2 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, <i>ISDN</i> линк првог приоритета, када T_k/T_{ia} износи 5 и 6.....	138

Сл. 30.3 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, <i>ISDN</i> линк првог приоритета, када T_k/T_a износи 7 и 8.....	139
Сл. 30.4 Опсези понуђеног саобраћаја у којима су минималне вредности збира вероватноћа зависно од броја корака детекције, <i>ISDN</i> линк првог приоритета, када T_k/T_a износи 9 и 10.....	139
Сл. 34.1 Интервали у опсегу генерисаних псеудослучајних бројева.....	148
Сл. 34.2 Дијаграм класа програма за симулацију.....	151
Сл. 36.1 Вероватноћа лажног предаларма у зависности од интервала детекције при различитом понуђеном саобраћају – вредности добијене симулацијом и очекиване вредности.....	169
Сл. 37.1 Дијаграми вероватноће промашаја за пуну симулацију зависно од интервала детекције.....	175
Сл. 37.2 Дијаграми вероватноће промашаја за скраћену симулацију у зависности од интервала детекције.....	176
Сл. 38.1 Дијаграм стања прикупљања и обраде података на елементу мреже	186
Сл. 38.2 Процес на ВФ преносном путу – коришћење детектора у систему управљања	187
Сл. 38.3 Централизован модели.....	189
Сл. 38.4 Модел менаџер-менаџера.....	190
Сл. 38.5 Децентрализован модели.....	191
Сл. 38.6 Слојевити децентрализован модели	192
Сл. 38.7 Кретање агената у систему	195
Сл. 38.8 Извршавање <i>Wrapper</i> агента	197
Сл. 38.9 Извршавање <i>Information</i> агента.....	198
Сл. 38.10 Класни дијаграм <i>Wrapper</i> агената [60].....	202
Сл. 38.11 Класни дијаграм <i>Service</i> и <i>Information</i> агената [60].....	202
Сл. 38.12 Класни дијаграм <i>Control</i> агента [60]	203

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Михаило Станић рођен је 21.2.1970. године у Битољу (Македонија, СФРЈ). Основну школу и Математичку гимназију завршио је у Београду. Дипломирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 1995. године. Уписао је последипломске студије на истом факултету 1996. године на одсеку за Архитектуру и организацију рачунарских мрежа и система. Магистарску тему „Софтверски систем за надзор и управљање елементом транспортне телекомуникационе мреже“ (ментори проф.др Јован Ђорђевић и проф.др Гроздан Петровић), одбранио је 2002. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

Запослен је од 1996. године у предузећу Ирител а.д. Београд, при Центру за системе преноса. Током првих пет година радио је на позицији Стручни сарадник, а након тога на позицији Руководилац пројекта. У току свог радног ангажовања учествовао је у пројектовању и развоју система за управљање телекомуникационом мрежом, софтверских система различите намене, алата за развој софтвера, протокола комуникације и информационих модела телекомуникационих мрежа и уређаја.

Научно-истраживачко звање Истраживач сарадник стекао је 2005. године. До сада као аутор и коаутор има објављена 4 рада у међународним часописима са *SCI* листе, 3 рада на међународним конференцијама, 15 радова на конференцијама од националног значаја. Учествовао је на 6 пројеката научноистраживачког развоја Министарства за науку.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Михаило Станић
број уписа —

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Повећање расположивости мешовите телефонске мреже
електропривреде надгледањем предалармних стања

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 16. IX 2013.

Михаило М. Станић

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Михаило Станић
Број уписа ✓
Студијски програм ✓
Наслов рада Повећање расположивости нешловите телефонске мреже електропривреде
Ментор др. Мирослав А. Лукић НАПЛЕДАЊЕМ ПРЕДАЛАРНИХ СТАЊА
Потписани Михаило Станић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, 16. IX 2013.

Потпис докторанда

Михаило М. Станић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

ПОВЕЋАЊЕ РАСПОЛОЖИВОСТИ МЕШОВИТЕ ТЕЛЕФОНСКЕ МРЕЖЕ
ЕЛЕКТРОПРИВРЕДЕ НАДГЛЕДАЊЕМ ПРЕДАЛАРМНИХ СТАЊА

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

☒ 2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 16. IX 2013.

Михаило М. Станкић