

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Бахиев Арман

«Өткізу қабілеттілігін арттыру үшін оптикалық байланыс желілерін талдау  
және оңтайландыру»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6В06201 – «Телекоммуникация»

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

КОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
Кафедра меңгерушісі  
техн. ғыл. канд.



Е. Таптай

2024 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы «Өткізу қабілеттілігін арттыру үшін оптикалық байланыс желілерін  
талдау және оңтайландыру»

6B06201 – «Телекоммуникация»

Орындаған:

Бахиев А.

Пікір беруші:

Халықаралық ақпараттық  
технологиялар университеті  
қауымдастырылған профессор Т.Ғ.К

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  
Н.К. Смайлов

« 30 » 05 2024 ж.

Сейлова Н.А.

« 04 » 06 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Бахиев Арман

Тақырыбы «Өткізу қабілеттілігін арттыру үшін оптикалық байланыс желілерін талдау және оңтайландыру»

Университет ректорының «04» желтоқсан 2023ж №548П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30»сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

- 1) Оптикалық байланыс саласындағы негізгі технологиялар мен стандарттарды зерттеу.
- 2) Оптикалық желілердің қазіргі инфрақұрылымын зерттеу. Қолданылатын техника мен технологиялардың түрлерін бағалау, ағымдағы өткізу қабілетін талдау және кедергілерді анықтау;
- 3) Оптикалық желілердің өнімділігін бағалау әдістемесін әзірлеу, деректерді берудің ағымдағы өнімділігін және тиімділігін өлшеу;
- 4) Желінің өткізу қабілетін арттыру үшін оңтайландыру әдістерін ұсыну. Өткізу қабілетін жақсарту үшін желідегі өзгерістерді жобалау және модельдеу.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Оптикалық байланыс желілерінің қолданыстағы технологиялары мен архитектураларына шолу жасау.
- 2) Оптикалық желілердің өткізу қабілетін талдау әдістерін зерттеу.
- 3) ТОВЖ оңтайландыру алгоритмдері мен әдістерін әзірлеу және сынау;
- 4) Ұсынылған шешімдерді модельдеу және эксперименттік тексеру.

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:




- 1) Free Space Optical Communication (System Design, Modeling, Characterization and Dealing with Turbulence). cover:10.1515 / 97, year: 2015,
- 2) (<https://ieeexplore.ieee.org/>): "Optical communication network analysis and optimization". Analysis and Optimization of the Network Throughput in IEEE Free Space Optical Communication (System Design, Modeling, Characterization and Dealing with Turbulence). cover:10.1515 / 97, year: 2015.
- 3) <https://ieeexplore.ieee.org/document/8638446>. Optical Network Performance Analysis through Prediction of Q Factor on Simulated and Validated Dataset, 978-1-5386-7813-8/18/\$31.00 ©2018 IEEE.

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Оптикалық байланыс желілерінің қолданыстағы технологиялары мен архитектураларына шолу жасау.	07.02.2024	<i>орындалған</i>
Оптикалық желілердің өткізу қабілетін талдау әдістерін зерттеу.	24.03.2024	<i>орындалған</i>
ТОБЖ оңтайландыру алгоритмдері мен әдістерін әзірлеу және сынау.	20.04.2024	<i>орындалған</i>
Ұсынылған шешімдерді модельдеу және эксперименттік тексеру.	26.04.2024	<i>орындалған</i>

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен  
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

**Қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ профессоры PhD Смайлов Н.К	26.03.2024	
Теориялық ақпарат	Ғылыми жетекші ЭТЖҒТ профессоры PhD Смайлов Н.К	30.05.2024	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ аға оқытушысы PhD Досбаев Ж.М	31.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Н.К. Смайлов

Тапсырманы  
алушы

орындауға

алған білім



Бахиев А.

Күні «9» 2024ж.

## **АНДАТПА**

Берілетін деректердің қарқынды өсіп келе жатқан көлемі және байланыс сапасы мен жылдамдығына үнемі өсіп келе жатқан талаптар жағдайында оптикалық байланыс желілерін талдау және оңтайландыру қазіргі телекоммуникациялық жүйелер үшін маңызды міндеттерге айналууда.

Бұл жұмыс жеке пайдаланушылардың да, корпоративтік тұтынушылардың да қажеттіліктерін қанағаттандырудың негізгі факторы болып табылатын оптикалық байланыс желілерінің өткізу қабілетін арттыру әдістерін зерттеуге арналған.

## **АННОТАЦИЯ**

В условиях стремительно растущего объема передаваемых данных и постоянно увеличивающихся требований к качеству и скорости связи, анализ и оптимизация оптических линий связи становятся критически важными задачами для современных телекоммуникационных систем.

Данная работа посвящена исследованию методов повышения пропускной способности оптических линий связи, что является ключевым фактором для удовлетворения потребностей как частных пользователей, так и корпоративных клиентов.

## **ANNOTATION**

In the context of a rapidly growing volume of transmitted data and constantly increasing requirements for the quality and speed of communication, the analysis and optimization of optical communication lines are becoming critically important tasks for modern telecommunications systems.

This work is devoted to the study of methods for increasing the bandwidth of optical communication lines, which is a key factor in meeting the needs of both private users and corporate clients.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе		
1	Оптикалық байланыс желілерінің технологиялары мен архитектураларына шолу	9
1.1	Оптикалық байланыс желілерінің технологиялары	9
1.2	Оптикалық желі архитектурасы	12
2	Оптикалық байланыс желілерінің өткізу қабілетін талдау әдістері	18
2.1	Өткізу қабілетін талдау және есептеу әдістері	18
3	Оптикалық байланыс желілерін оңтайландыру әдістерін әзірлеу	21
3.1	Оңтайландыру модельдері мен алгоритмдері	21
Қорытынды		24
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі		25

Қазіргі уақытта жаһандану өмірдің барлық аспектілерін: экономикалық, саяси, әлеуметтік-мәдени және, сонымен бірге, адамның өмір салтын өзгертуді ескеретін маңызды даму тенденцияларының бірі болып табылады. Мемлекеттердің шекаралары «анық», адам қозғалысты өзгертеді, жаһандық ақпараттық қоғам қалыптасады. Сонымен қатар коммуникациялық технологиялар өзгеруде: телекоммуникациялық және ақпараттық технологиялар көптеген жылдар бойы қолданылып келеді, әртүрлі қызметтер мен абоненттік терминалдардың тіркелген және мобильді желілерін тікелей жақындауға негізделген ақпараттық коммуникациялардың бірыңғай әлеміне біріктірілген. Төтенше қызметтер саласындағы ақпараттық технологиялар тез дамып келеді, олардың жұмысын оңайлатады және жұмыс кезінде тиімді және тиімді шешімдер қабылдауға көмектеседі.

Радиобайланыс технологиясының алуан түрлері және көп деңгейлі абоненттік құрылғылар санының артуы түрлі технологияларды бір желіге, яғни біркелкі (гетерогенді) сымсыз желіге біріктіруге мүмкіндік береді. Осындай желі жабылу аймағын қамтитын радиобайланыс технологиясының түрлі бөліктерінен тұрады. Бұл MF үшін төмен баға мен жоғары сапалы байланыс ұсынғанда, желінің өткізу қабілеттілігін арттырады және оның қамту аймағын кеңейтеді.



# **1 Оптикалық байланыс желілерінің технологиялары мен архитектураларына шолу**

## **1.1 Оптикалық байланыс желілерінің технологиялары**

Талшықты-оптикалық байланыс желілері оптикалық сигналдардың тиімді берілуіне ықпал ететін бірнеше негізгі компоненттерден тұрады. Оларға мыналар жатады:

- талшықты-оптикалық кабельдер-бір немесе бірнеше жұқа шыны немесе пластикалық талшықтардан тұрады, жарық сигналдарын беру үшін орта ретінде қызмет етеді.

- қабылдағыштар - оптикалық сигналдарды қабылдайды және оларды әрі қарай өңдеу үшін электрлік сигналдарға айналдырады.

- коннекторлар талшықты-оптикалық кабельдерді қосу немесе оларды басқа оптикалық құрылғылармен қосу үшін қолданылатын құрылғылар.

- коллекторлар мен сплиттер - құрылғылар тарату немесе мультиплекстеу үшін оптикалық сигналдарды бөледі немесе біріктіреді.

- күшейткіштер - байланыс желілерінің жұмыс аймағын беру және кеңейту кезінде шығындарды жеңу үшін оптикалық сигналдардың беріктігін арттырады.

- маршрутизаторлар-белгілі бір пайдаланушыларға, желілерге деректерді беруді үйлестіретін құрылғылар.

- коммутаторлар-соңғы пайдаланушылар топтары арасында көптеген деректерді тарату.

### **1.1.1 Талшықты-оптикалық байланыс желілерінің құрылысы**

ТОБЖ құрылымы оптикалық сигналдардың берілуін қамтамасыз ету үшін бірге жұмыс істейтін бірнеше элементтерден тұрады.

Талшықты-оптикалық кабель байланыс желілерінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Өзек-жарық сигналдары өтетін оптикалық талшықтың орталық бөлігі. Оның диаметрі шамамен 62,5 мкм. Ол өзекке қарағанда сыну коэффициенті сәл төмен жылау қабатымен қоршалған. Өзек пен қабық арасындағы сыну көрсеткіштерінің айырмашылығы жарықты өзек шегінде ұстайтын толық ішкі шағылысу құбылысын қамтамасыз етеді.

Қабық-талшықты-оптикалық кабельдің сыртқы қабаты. Ол кабельді ылғалдан, тозудан және химиялық заттардан қорғай отырып, жалпы қорғауды қамтамасыз етеді. Сыртқы қабықтың диаметрі 125 мкм, материал нақты қолдануға байланысты.

Оптикалық талшық арнайы жабынмен, көбінесе акрилат немесе полиимид сияқты материалдармен қорғалған. Қорғаныс жабыны механикалық беріктікті қамтамасыз етеді, талшықтың тұтастығын сақтауға көмектеседі, ылғалдан,

коррозиядан және физикалық зақымданудан қорғайды. Кейбір талшықты-оптикалық кабельдерде әр талшықтың айналасында буферлік қабат қолданылады, бұл талшықтың қосымша қорғанысы мен икемділігін қамтамасыз етеді. Бұл оны тасымалдауды және орнатуды жеңілдетеді.

Адаптерлер немесе оптикалық розеткалар талшықты-оптикалық кабельдерді қосу немесе оларды таратқыштар, қабылдағыштар немесе муфталар сияқты оптикалық құрылғыларға қосу үшін қолданылады.

Екі оптикалық талшықты бір-біріне тұрақты қосу үшін сплайс қажет. Біріктірудің әртүрлі түрлері бар-мысалы, талшықты балқыту немесе механикалық біріктіру, онда Туралау және бекіту үшін арнайы қосқыштар немесе қысқыштар қолданылады.

### 1.1.2 DWDM технологиясы

Dense Wavelength Division multiplexing қысқартылған DWDM-тығыз спектрлік мультиплекстеу (тығыздау) технологиясы. Бір ОВ (оптикалық талшық) бойынша 88-ге дейін оптикалық сигнал беруге мүмкіндік береді, бұл CWDM пайдаланған кезде талшық сыйымдылығынан бірнеше есе көп.

Бұл технологияның мәні әр түрлі толқын ұзындығында көптеген сигналдарды бір талшық шеңберінде беру мүмкіндігі болып табылады. Негізінен DWDM өзінің ата-бабасы CWDM-ден ерекшеленбейді, айырмашылық тек берілу үшін толқын ұзындығының көптігінде және беріліс жүргізілетін толқын ұзындығының тар диапазонында болады.

DWDM-де тарату үшін қолданылатын толқын ұзындығы 1530-1625 нм диапазонында жатыр, ол екі телекоммуникация диапазонын қамтиды, атап айтқанда:

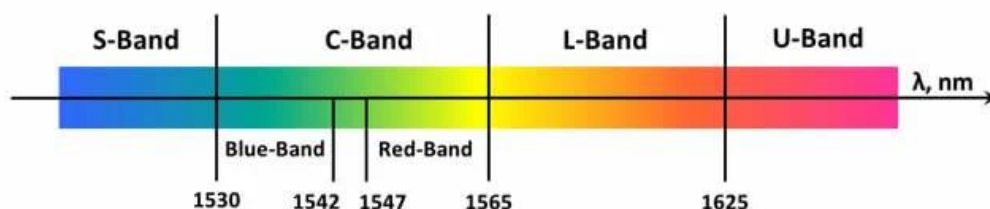
**C-band** (compromise band ,ромаға келу диапазоны) **1530-1565 нм**;

**L-band** (ұзын жолақ, ұзын толқын диапазоны) **1565-1625 нм**.

Өз кезегінде **C-band** екі ішкі жолаққа бөлінеді:

қызыл жолақ-қызыл диапазон, **1547,72-1561,42 нм**;

көк жолақ-көк диапазон, **1528,77-1543,73 нм**.



1.1-сурет – DWDM жұмыс ауқымының графигі

Жиілік торына байланысты тасымалдаушы толқын ұзындығы бір-бірінен 0,8 нм (100 ГГц) қашықтықта болуы мүмкін жиілік торы) немесе 0,4 нм (50 ГГц жиілік торы), бұл өз кезегінде сәйкесінше 48 және 96 тасымалдаушыны береді. Қазіргі заманғы DWDM жүйелерінде тығыздағыштар әдетте қолданылады C-диапазоны. Бұл осы диапазонда жұмыс істеуге арналған жабдықтың қол жетімділігі мен таралуына байланысты.

Тарату жүйесінің күрделілігіне, ауқымына және талаптарына байланысты DWDM негізіндегі тарату желілері келесі компоненттерді қолдана отырып құрылады:

-DWDM тығыздау жүйелерінде жұмыс істеуге арналған оптикалық трансиверлер;

- Пассивті оптикалық мультиплексорлар / DWDM демультимплексорлары;

- Эрбиум талшығына негізделген оптикалық күшейткіштер-EDFA;

- Хроматикалық дисперсияны өтеу модульдері-DCM;

- Мамандандырылған транспондерлер немесе мукспондерлер;

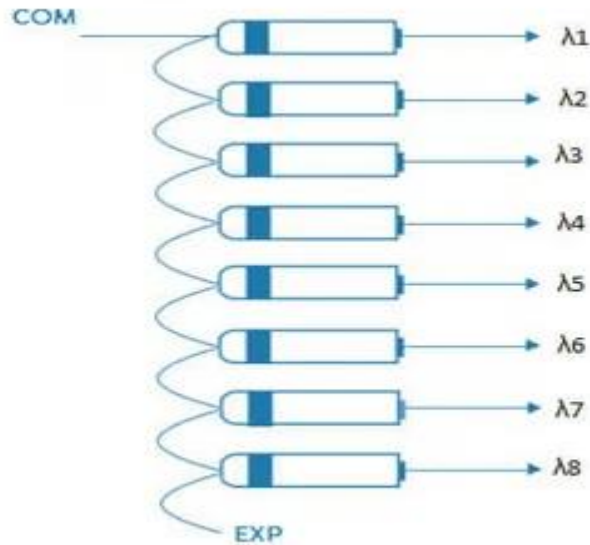
- Қайта реттелетін оптикалық енгізу/шығару мультиплексорлары-ROADM.

Оптикалық мультиплексорлар / CWDM демультимплексорлары. Мультиплексор-DWDM жиілік торындағы бірнеше оптикалық сигналдарды (бірнеше трансиверлерден) ТОВЖ арқылы беру үшін сызықтық сигналға біріктіретін электрмен жабдықтауды қажет етпейтін оптикалық құрылғы.

Демультимплексор-бұл сызықты бөлетін пассивті оптикалық құрылғы DWDM тарату желісінен алынған сигнал және жеке сигналдарды тиісті трансивер қабылдағыштарына таратады. DWDM спектрлік тығыздау жүйесі екі технология бойынша өндірілген мультиплексорларды қолдана алады.

Жұқа пленкалы сүзгілерге негізделген мультиплексорлар (TFF) – өзара байланысқан оптикалық TFF сүзгілерінің каскады. Мультиплексорлардың бұл түрі "REFL" және "COM" оптикалық терминалдарын біріктіру арқылы дәйекті қосылу арқылы жасалады. DWDM TFF оптикалық сүзгі мультиплексорларын өндіру үшін қолданылатын мөлдірлік терезесі  $\lambda \pm 0,1$  нм, мұндағы  $\lambda$ - тасымалдаушы толқын ұзындығы.

Әйтпесе, оптикалық сүзгілерге негізделген CWDM мультиплексорларына енгізілген принциптер DWDM мультиплексорларында толығымен қолданылады.



1.2- сурет – TFF мультиплексорын құру схемасы

## 1.2 Оптикалық желі архитектурасы

### 1.2.1 Оптикалық желінің негізгі компоненттері

-Оптикалық талшықтар: Ақпаратты жарық сигналдары арқылы тасымалдайтын негізгі орта.

-Оптикалық таратқыштар: Электрлік сигналдарды жарық сигналдарына түрлендіреді.

-Оптикалық қабылдағыштар: Жарық сигналдарын қайтадан электрлік сигналдарға түрлендіреді.

-Оптикалық күшейткіштер: Жарық сигналдарын күшейту үшін қолданылады.

-Коммутаторлар мен маршрутизаторлар: Желідегі трафикті бағыттайды.

-WDM мультиплексорлары: Бір талшық арқылы бірнеше жарық сигналдарын таратуға мүмкіндік береді.

### 1.2.2 Оптикалық желі архитектурасының түрлері

- Пассивті оптикалық желі PON (аббр. ағылшын тілінен. Пассивті оптикалық желі, пассивті оптикалық желі) - пассивті оптикалық желілерді құру технологиясы. PON желісі-бұл пассивті оптикалық бөлгіштерді (сплиттерлерді) қолдана отырып, ағаш тәрізді талшықты-кабельдік инфрақұрылымға негізделген

қол жетімділіктің тарату желісі. Айта кету керек, PON технологиясы кең жолақты көп сервистік абоненттік қол жетімділікті қамтамасыз ету үшін ең перспективалы және тез дамып келеді.



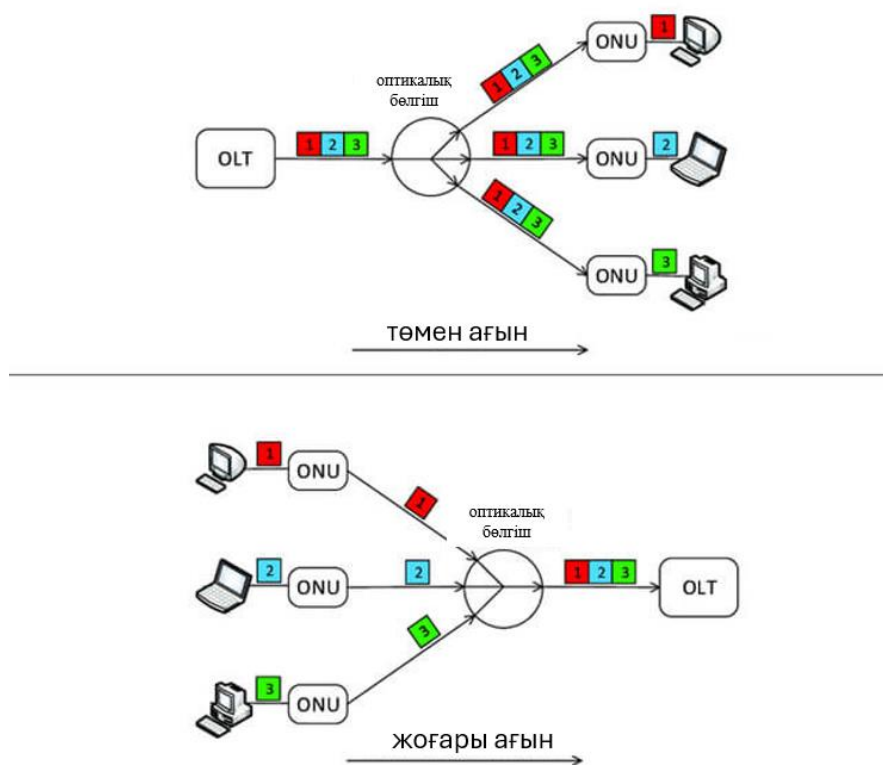
1.3- сурет – Пассивті оптикалық желіні құру технологиясы (PON)

PON технологиясының жұмыс принципі - операторлық жабдық пен абоненттік терминал арасында бір режимді талшыққа негізделген, жұлдыз, ағаш немесе шина топологиясы бойынша толығымен пассивті оптикалық желі ұйымдастырылады. Желінің аралық түйіндерінде тармақталу үшін пассивті оптикалық сплиттер (сплиттер) қолданылады.

Операторлық (downstream) және абоненттік (upstream) сигналдар WDM технологиясының көмегімен талшықта бөлінеді, сол технологияның көмегімен талшыққа КТВ (CATV) тарату сигналы қосылуы мүмкін.

PON желілерінде қолданылатын барлық сигналдар белгілі бір толқын ұзындығында беріледі:

- Төмен сигнал (downstream) - **1490** нм.
- Жоғары сигнал (upstream) - **1310** нм.
- CATV сигналы – **1550** нм.



1.4-сурет – TDM жұмыс принципі

Оператордан барлық абоненттерге сигнал 1490 нм толқын ұзындығында берілетіндіктен және барлық абоненттерден кері сигнал 1310 нм толқында түсетіндіктен, PON желілерінде сигналдарды уақытша мультиплекстеу қолданылады-TDM (time Division Multiplexing).

Мультиплекстеудің бұл түрінде арнадағы деректерді беру уақыт аралықтарына бөлінеді (уақыт слоттары). Әр интервал бір абонентке сәйкес келеді, яғни бірінші секундта №1 абонентпен, екіншісінде №2 абонентпен және т. б. беру/қабылдау жүргізіледі.

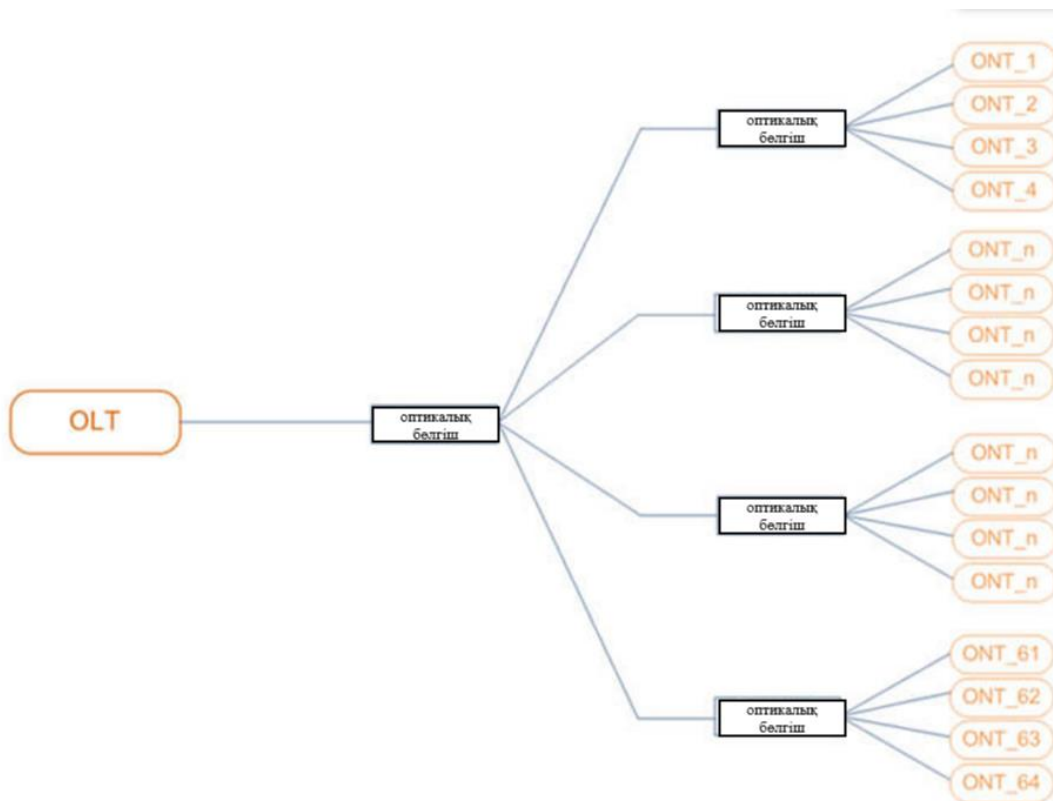
Түсінікті болу үшін бір оператор интерфейсі 32-ден 256 абонентке қызмет көрсетуге мүмкіндік береді. Егер абоненттер саны уақыт аралықтарынан аз болса, бұл абоненттік жылдамдықты арттырмайтынын (бір абонент үшін уақыт слоттарының саны), "бос" уақыт слоттарына беру жай жүргізілмейтінін ескеру маңызды.

PON желілерін құру топологиялары:

Пассивті оптикалық рон желісін үш негізгі топологияға – "ағаш", "жұлдыз", "шина" және олардың комбинацияларына негіздеуге болады.

"Ағаш" типті Топология желіде "тамыр", "бұтақтар" және "жапырақтар"бар деп болжайды. PON желісіндегі "түбір" OLT порты болып табылады, OLT-ден ONU-ға дейінгі жолда орналастырылған оптикалық

кабельдер мен бөлгіштерді" бұтақтар "ретінде қарастыруға болады, ал ONT абоненттік терминалдары ағаштың" жапырақтары " болып табылады. Топологиядағы "жапырақтардың" саны-Станциялық жабдық портының абоненттік сыйымдылығы, қазіргі OLT-де сыйымдылығы 32-ден 128 абонентке дейін.



1.5 -сурет – Ағаш типі бойынша PON құру топологиясы

Осы топология бойынша салынған желілер әртүрлі болуы мүмкін, оларды шартты түрде екі түрге бөлуге болады:

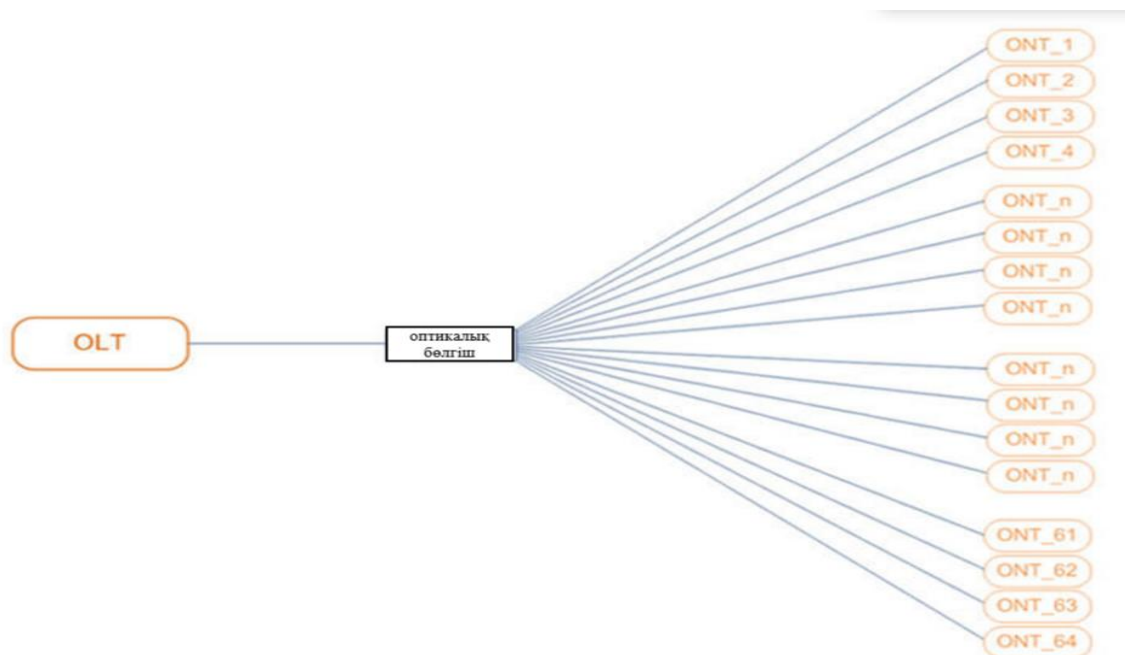
"Ағаш" географиялық тұрғыдан тәуелсіз бөлу түйіндерін пайдаланады, басқаша айтқанда, жеке кабель 32-ден 128 абонентке дейін қызмет етеді.

"Көп ағаш"- бұл классикалық х-в-бір ағаш, оның түбірі, бұтақтары мен бөліну түйіндері бір-біріне "қабаттасқан" және географиялық тұрғыдан бір инфрақұрылым болып табылады, осыған байланысты бұл топологияның абоненттердің сыйымдылығы 512-ге дейін жетеді.

"Жұлдыз" топологиясының қарапайым іске асырылуы - "ата-аналық" талшықты X бағытына бөлу. Мұндай топологияны құру үшін барлық ықтимал абоненттерден бірдей қашықтықтағы қатысу нүктесін таңдау керек, оған "бас" бөлгіш орнатылады. OLT осы бөлгішке қосылады, бірақ абоненттер оған екі опциямен қосыла алады:

- әр абонент үшін жеке сыртқы патч сымын бөлу нүктесінен шығару;

- жақын орналасқан абоненттер тобы таңдалады және бөлгіштен олардың бағытына қажетті талшықты сыйымдылықтың кабелі салынады, ол кейіннен қосымша бөлгіштердің немесе кабельдердің көмегімен абоненттерге қосылады.

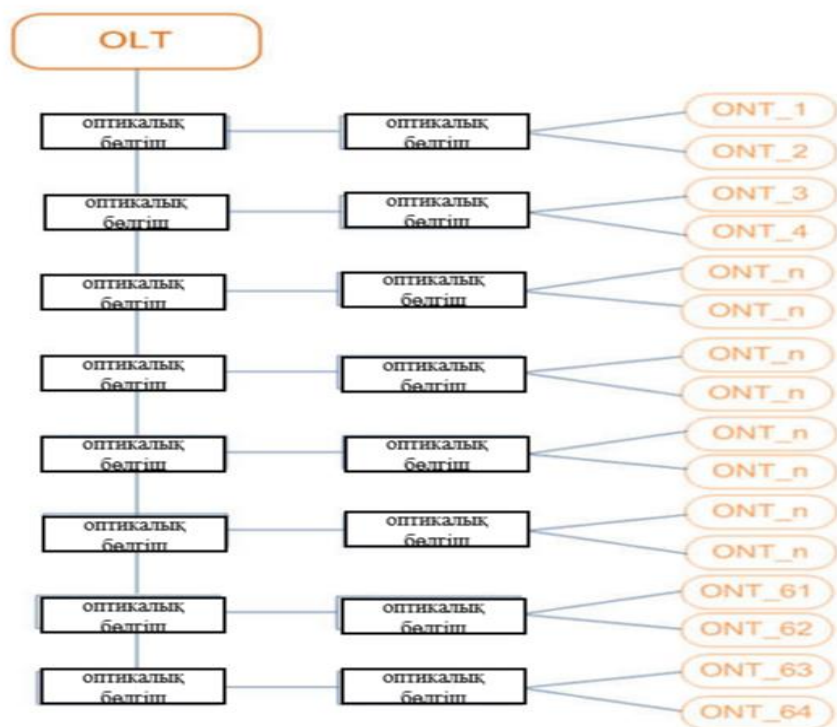


1.6-сурет – "Жұлдыз" типі бойынша PON құру топологиясы

PON желілеріндегі "**Шина**" топологиясы сигналдың біркелкі бөлінбеуі бар 1x2 бөлгіштердің FBT каскадын пайдаланып бір талшыққа орналастырылады. Бірінші бөлгіштің кірісі OLT портына қосылады, ал қалған каскад "үлкен қуат – желіге" қағидаты бойынша құрылады, яғни шығыс сигналының үлкен қуаты магистральдық желіге түседі және бөлгіштердің барлық одан әрі каскадын қуаттайды, ал төменгі шығыс қуаты абонентті қосу үшін бөлінеді.

Алайда, әр абонент үшін жеке филиалды қамтамасыз ету қаржылық және архитектуралық тұрғыдан тиімді емес, сондықтан "Шина" топологиясы бойынша құрылған заманауи желілер FBT сплиттерлері мен PLC абоненттік бөлгіштерін қолдана отырып магистральдық бағыттарды біріктіреді.





1.7-сурет – "Шина" типі бойынша PON құру топологиясы

## 2 Оптикалық байланыс желілерінің өткізу қабілетін талдау әдістері

### 2.1 Өткізу қабілетін талдау және есептеу әдістері

Теориялық есептеу әдістері желінің өткізу қабілетін математикалық модельдер мен формулаларды пайдалана отырып анықтауға негізделген.

Шеннонның өткізу қабілеті формуласы: Шеннон формуласы оптикалық желінің ең жоғары өткізу қабілетін анықтау үшін қолданылады.

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

Футуевтің оптикалық желінің өткізу қабілеті формуласы: Оптикалық желінің өткізу қабілетін анықтау үшін қолданылатын басқа формула.

$$C = 2B \log_2 M$$

GPON технологиясы, ұзақ мерзімді перспективада сервистерге және абоненттерге деген сұранысты қанағаттандырмайтын жылдамдықтың экспоненциалды өсуіне байланысты 2,5 Гбит / с дейін баяу қозғалатын ағындардың жалпы өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді. Тасымалдаушының кейбір бөліктері тіпті ағындық қызметтерге (IPTV сияқты) да сақталуы тиіс, бұл өткізу қабілеттілігінің жоғалуына әкелуі мүмкін. PON ортақ орта болғандықтан, барлық деректер ағындары шифрлануы керек.

GPON технологиясы баяу декодтауды қолданады және 256-биттік шифрлау стандарты (AES) пайдаланушысы жеке ақпаратты қорғайды және қызмет көрсетушілерге қызметтерді ұрлаудан аулақ болады. Алайда AES стандартының сенімділігі өнімділіктің төмендеуіне әкеледі. Шифрлауға қажетті маңызды ақпарат әрбір пакетте ұсынылуы керек, бұл PON деректер беру жылдамдығының төмендеуіне әкеледі (әртүрлі трафиктің түрлеріне байланысты).

Деректерді берудің ең жоғары жылдамдығы. Соңғы құрылғылардың әрқайсысы (ONT немесе OLT) қайта шығарылмаған PON оптикалық ортақ агенттерін пайдаланатындықтан, ол сілтеме жылдамдықтарында жұмыс істеуге тиіс. Егер клиент тек 25 Мбит / с төлесе, бұл PON (ONT) GPRS желісінде 2,5 Гбит / с жылдамдықта жұмыс істеуге тиіс. Оңтайлы тасымалдау жылдамдығынан 100 есе жоғары электронды жылдамдық компоненттердің, әсіресе өнімнің көлемін арттырады.

Оптикалық сигнал күші. Байланыс желісінің қуаты әр қосылыста 1: 2 қатынасында 3,4 дБ дейін азаяды. Демек, байланыс желісінің мүмкін қуаты 1: 64 қатынасында (коэффициент 110) 20,4 дБ дейін төмендейді. Нәтижесінде PON архитектурасындағы барлық оптикалық таратқыштар екі нүктелі FTTH архитектурасына қарағанда, 110 есе артық оптикалық сигнал қуатын беруі керек.

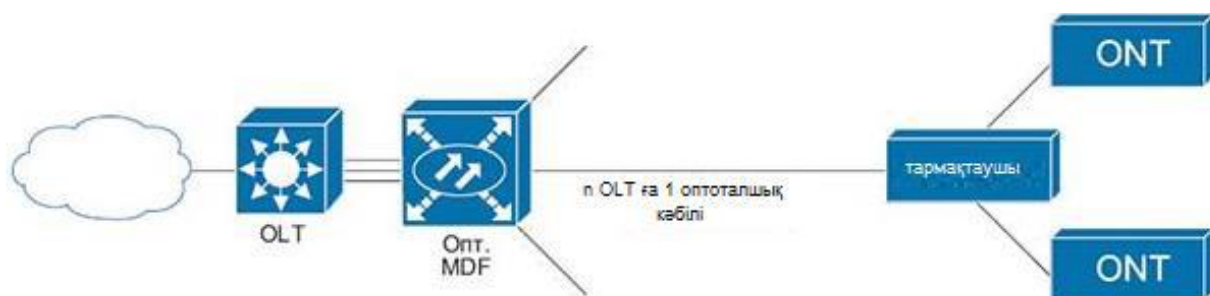
Жазылу жолдарының болуы. Жергілікті циклдің (LLU) тармақталуы - абоненттік мыс учаскелеріне қол жетімді баламалы операторларды ұсыну, мысалы, желілердің телефон желілеріне DSL қызметтеріне қолжетімділікті кеңейту және кеңжолақты байланыс қызметтеріне тарифтерді төмендету. провайдерлерге қол жетімділік. рұқсат етілген

PON желілері LLU талаптарына сәйкес келмегендіктен, PON-да бір ғана оптикалық талшықты желі бар (1.5-суретті қараңыз), ол физикалық ғана емес, сондай-ақ абоненттік топтарды қосу үшін логикалық қабаттар үшін бөлінеді. PON негізіндегі пассивті оптикалық желінің ерекшелігі абонентке қол жетімді емес қызметтің негізгі операторын (LLU) «Оператор желісі» секциясы арқылы алдын ала болжауға мүмкіндік береді. Жаңа FTTH желілерінің көпшілігі Еуропада жаңа бизнес мүмкіндіктері үшін нормативтік талаптарға сәйкес келмейтін жазылым сызықтарының кейбір түрлерін ұсынады.

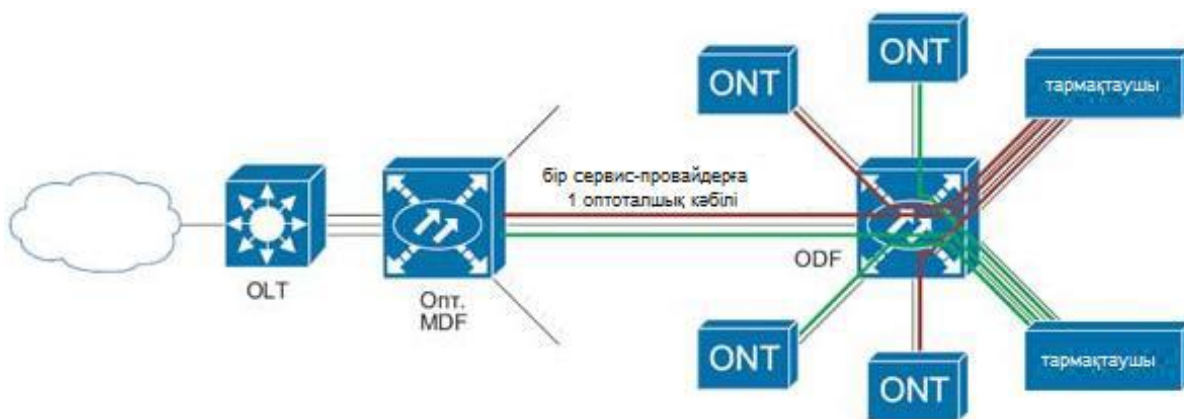
Абоненттің қол жетімділігі. Талшықты-оптикалық желі бір мезгілде FTTH желілерін белгілі бір аймақта әлеуетті абоненттерге қосу кезінде қосылады. Пассивті оптикалық желі жағдайында барлық осы талшықты-оптикалық сызықтар сплиттерге қосылады және орталық АТС-ке немесе оптикалық кабельге нүкте басына бекітіледі. Абоненттер FTTH желісіне барлық талшықты-оптикалық желілер пайда болғаннан кейін жазыла алады.

Қызмет көрсету, ақаулықтарды жою және іздеу. Қосымша флэш дискілер ақаулықтарды жою туралы ақпаратты желі орталығына жібере алмайды. Демек, оптикалық уақыт рефлектометрі (OTDR) арқылы абоненттік оптикалық сызық (ONT) мен терминал құрылғысы арасындағы талшықты-оптикалық сызық арасындағы кез-келген ақауды анықтау оңай. Бұл PON-ті ақаулықтарды жоюға мүмкіндік береді және операциялық шығындарды арттырады.

Тұрақтылық егер тесілген оптикалық желілік терминалдар (ONT) зақымдалған болса, ол талшықты-оптикалық ағашқа статикалық жарық жібере алады, пассивті оптикалық желінің барлық абоненттерімен байланыс орнатып, бүлінген құрылғыны анықтайды. Мұндай зиянды құрылымдардан аулақ болуға болады, егер бұл үздіксіз жарық сигнал бүкіл ағаш коммуникация жүйесін тоқтата алса, бұл мәселе жаудың әрекеттерінен туындауы мүмкін.



2.1-сурет – PON разветвительдің базасындағы архитектура үшін LLU орындалуының шектілігі



2.2-сурет – LLU талаптарын орындау үшін оптикалық реттегіш түйінмен оптоалшықты сызық

Біраз уақыттан кейін PON өнімділігін арттыратын жаңа технологияларды жаңартуға уақыт алады. IEEE және МӘС-Т пассивті оптикалық желілерге қойылатын стандартты талаптарға сәйкес 10 Гбит / с жылдамдықтағы деректерді берудің соңғы кезеңінде жұмыс істейді. Бұл шешімдер PON (GPON немесе EPON) үйлесімді болмауы мүмкін. Бұл жағдайда бір PON технологиясын екіншісіне ауыстырудың екі жолы бар:

- Оптикалық ағаштың барлық қызметтері, барлық жаңа құрылғыларды ауыстыру, содан кейін қызмет көрсету құрылымына оралу. Оптикалық желілік терминал (ONT) терминалдары, әдетте, қызмет провайдеріне тікелей қол жетімді емес абоненттік аймақта орналасқандықтан, бұл процесс ұйымдастыру мәселелерін тудыруы және өлімге әкелуі мүмкін:

- Бұл талшықтардың толқын ұзындығын қоспағанда, жаңа PON технологиясын енгізу үшін толқын ұзындығы тығыздауын қолданыңыз. PON қабылдағыштары толқын ұзындығы тандалмағандықтан, вакуумды іске қоспас бұрын барлық соңғы құрылғыларда толқын ұзындығы сүзгісін орнату керек.

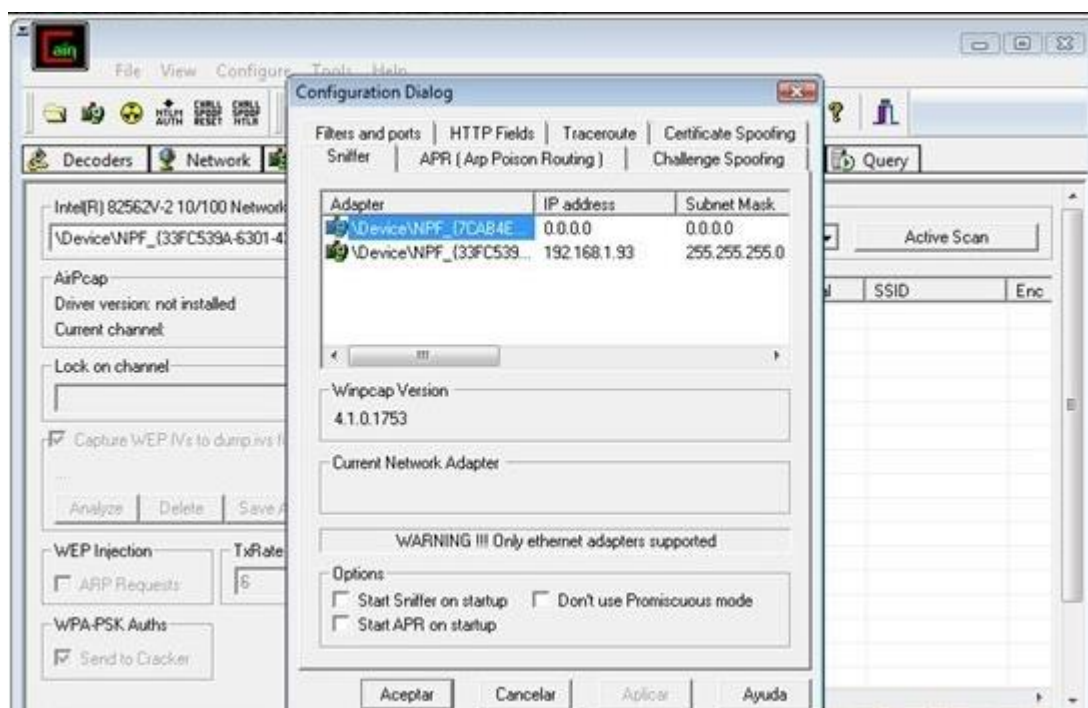
Белсенді емес оптикалық желінің Ethernet FTTH (P2P) архитектурасының артықшылығы. Ethernet FTTH PON-ке қарағанда көптеген артықшылықтарға ие. Белсенді шексіз өткізу қабілеттілігі. Талшықты-оптикалық байланыс қызметтерді өткізу кезінде максималды икемділікке жету үшін өткізу қабілеттілігінің қажеттілігін арттыратын нақты кедергілерсіз өнімділікті арттыра алады.

Ethernet FTTH архитектурасы қызмет көрсету провайдерлеріне әр абонент үшін қажетті жолақ өткізу қабілетін қамтамасыз етуге және желідегі әрбір клиент үшін жеке өткізу қабілеті профилін жасауға мүмкіндік береді. Жеке немесе корпоративтік пайдаланушылар кез-келген уақытта қажет кез-келген симметриялық өткізу қабілетін ала алады.

### 3 Оптикалық байланыс желілерін оңтайландыру әдістерін әзірлеу

#### 3.1 Модельдеу және эксперименттік тексеру

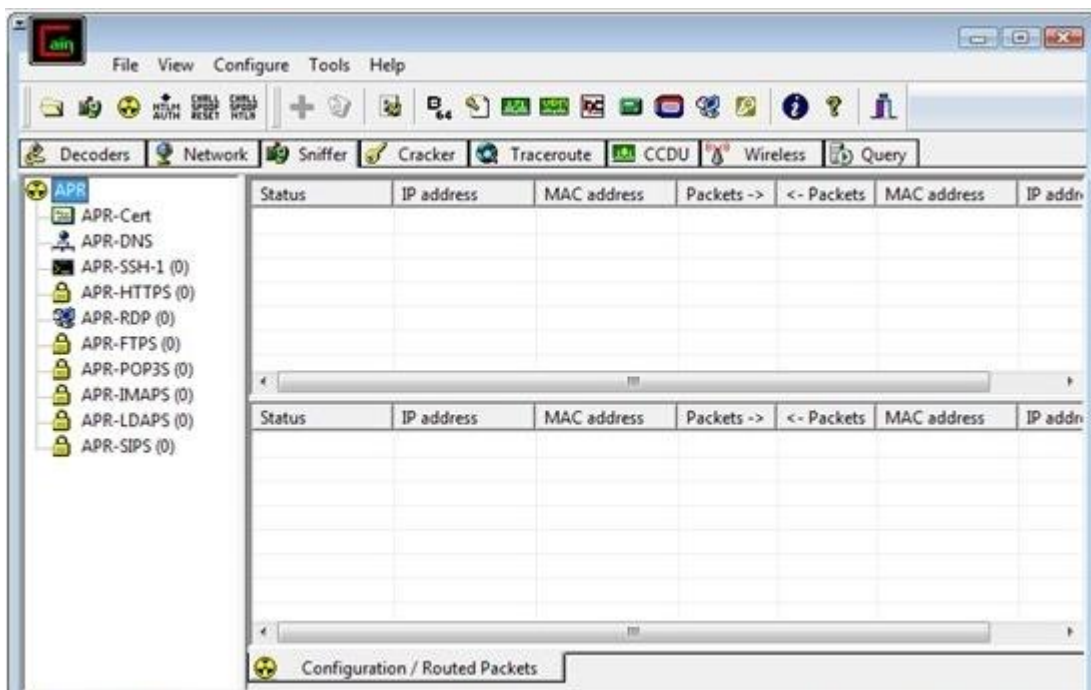
Кездейсоқ уақытта үміткерлер, әрбір сұрау өңдеу ұзақтығы кездейсоқ сипатына сәйкес, кіреберіс талаптарды бастап, оқиғалардың ретін орнатылсын бөлме серверлер жұмыспен қамту және босату жүйесін осы түрлері үшін мінез-модельдеу бағдарламасын құру және сервер қолжетімділігі сәйкес кезегінен оқиғаны оқып кезде. Бағдарламалау нәтижесінде біз жүйедегі процестер туралы статистикалық есеп аламыз. пайыздық (мысалы, жүйеде өтінімдерді құндылықтарды орташа тұрғылықты уақыт алу) орташаланған сипаттамалары болып табылады бастап, содан кейін тұрақты статистикалық бағалаулар имитация алуға симуляциялық жүйесінің жұмыс циклдері үлкен санын талап етеді. Бұл жағдайда модель уақыт нақты уақыт 115,7 күн сай келетін және барабар бағалау үшін жеткілікті болып табылатын, 100000000 болып табылады.



3.1-сурет – Cain бағдарламасына берілген мәліметтер жинағы

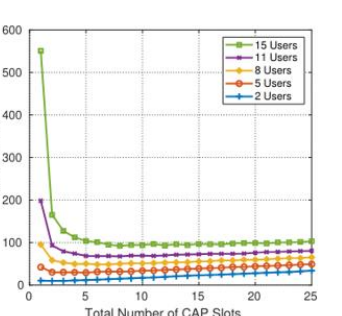
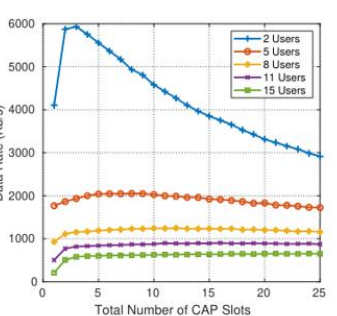
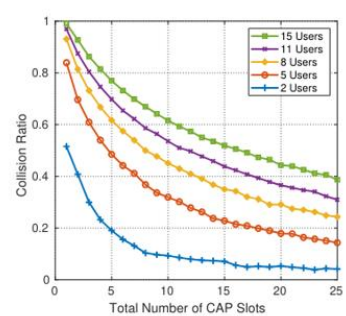
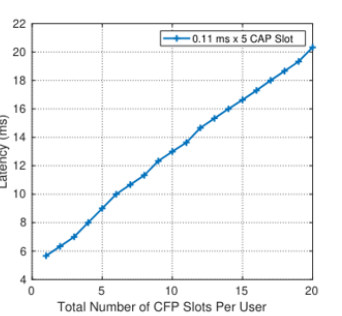
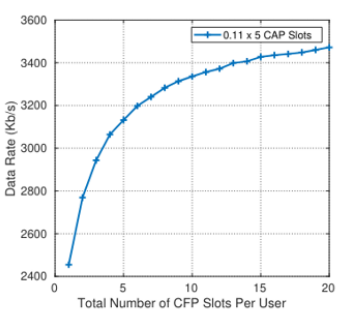
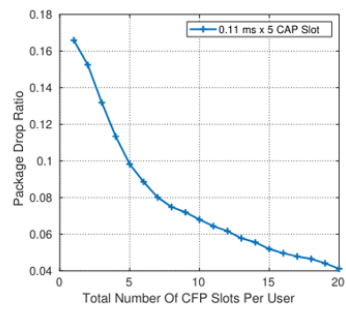
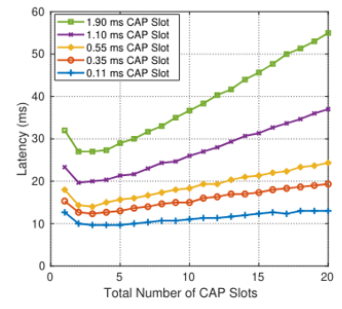
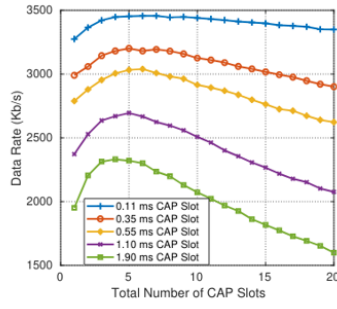
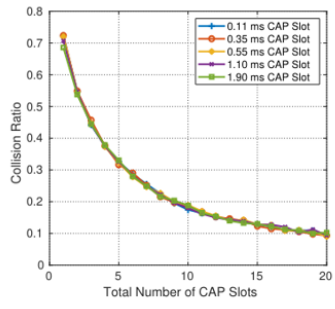
M / G / 1 типті жинақтағышсыз кезек-кезек жүйесін қарастырайық, яғни. жоғалтумен бірге, серверді қызықтырған жағдайда алынған өтінім жоғалады. Кіріс ағыны Пуассон бөлу қызметі уақыты серверлер екенін Kendall айқын жіктеуге сәйкес нақты уақыттағы қызметінің статистикалық бөлу ұсынылған үлгісін сипаттайды, және серверлер саны болады деп болжанады - кіріс қарапайым болғандықтан 1., онда кез-келген бір уақытта бір ғана өтінім қосуға

болады; Сервер біреу болғандықтан, бір уақытта тек бір ғана бағдарлама көрсетілуі мүмкін.



3.2- сурет – Бағдармаланың салыстырмалық жүйесі

VERIABLE операторы арифметикалық айнымалыны анықтайды, яғни. FG арифметикалық айнымалыларына сілтеме жасағанда, оның мәні X1-дегі X2 мәндерінің алгебралық бөлімі (операция нәтижесі фактордың бүтін бөлігі) ретінде есептеледі. X1, X2, X3 сандық атрибуттары сақталған мәнге сәйкес мәндерді береді. Барлық сақталған мәндер INITIAL операторымен бапталады. Модель экспоненталық заңға сәйкес таратылатын кіріс ағыны жасайды. Жүйеде орташа күту уақытының ұзақтығын талдау үшін түрлі қарқындылықтарды белгілеп отырамыз. Мәміле MET1-ке жіберіледі, егер мүмкін болмаса, транактор MET2 блогына баруға тырысады. Транзактың екеуіне де көшу мүмкін болмаса, ол TRANSFER блогында қалады және ағымдағы оқиғалардың тізімі қаралған сайын, ол TRANSFER блогынан (BOTH режимінен) шыққанша өтпелі әрекетпен қайталаңады.



3.3-сурет – Бағдарламалық анализ бойынша алынған нәтижелер

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жобада маршруттау алгоритмінің негізгі мақсаты жіберілген хабарды алушыға дейін тиімді алгоритмдердің бірін пайдалана отырып жеткізу болып табылады. Маршруттау алгоритмінің қай түрі NGN желісі үшін оптималды екенін анықтау үшін, қолданыстағы Жұмыс істеу барысында маршруттау алгоритмінің динамикалық түрінің OSPF протоколын қолдану оптималды нұсқа болып табылды. Бұндай шешімге келуімнің себебі бұл протоколдың арналардың өткізу қабілеттілігін тексеріп, трафикті бос каналдар арқылы жіберілуі. OSPF протоколы желінің қызмет көрсету сапасының көптеген көрсеткіштері бойынша ең жақсы болып келеді, бірақ кіші желілерде бұл протоколды қолдану тиімсіз болады. RIP протоколы кіші желілерде (16 желі торапты) көп қолданыста және экономикалық жағынан тиімдірек. Маршруттау алгоритмінің статикалық түрі барлық көрсеткіштер жағынан төмен екені түсінікті, себебі үлкен қалалық желілер үшін әрбір топологиялық өзгерісте маршруттау кестесін жазып отыру тиімсіз болды. Үлкен және топологиясы көп өзгертін желілерде OSPF протоколы ең жақсы таңдау болады. Егер желі үлкен емес, бірақ көп өзгертін болса қай протоколды қолдану сол желінің басқарушылары шешеді. Жұмыстың негізгі мақсаты маршруттау алгоритмінің тиімді түрін NGN желісі үшін таңдай отырып, желі сенімділігін арттыру, қызмет көрсету сапасын көтеру және тұтынушыларды толығымен қанағаттандыру сияқты талаптарды орындау болды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бакланов И. Г. NGN: принципы построения и организации / под ред. Чернышова Ю.Н. – Эко-Трендз М.; 2008. - 400 б.
- 2 Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи – Радио связь –М.; 2003. - 362 б.
- 3 Шаров В. Базовые технологии мультисервисных сетей, ж. Сети и телекоммуникации – М.; 2006. – 336 б.
- 4 Кучерявый А.Е., Гильченко Л. З. Сеть магистральных коммутаторов для модернизации сетей связи общего пользования. Электросвязь.- 2002. – 301 б.
- 5 Функциональные требования к оборудованию SoftSwitch, планируемого к применению на сетях связи ОАО «Связьинвест» - М.; 2003.
- 6 Средства технических телематических служб. Протокол SIP. Общие технические требования – М.; 2003.
- 7 Шнепс-Шнеппе М.А. Архитектура OSA/Parlay как реализация NGN ж. Вестник связи.-2003.
- 8 Шельгов В.И. Siemens представляет NGN-решения. – ж. Сети и системы связи. - 2003.
- 9 Описание системы U-SYS® Гибкий коммутатор (Softswitch) SoftX3000 Техническое руководство. Huawei Technologies U-SYS.
- 10 Гольдштейн Б.С., Орлов О.П., Ошев А.Т., Соколов Н.А. Цифровизация ГТС и построение мультисервисной сети, ж. Вестник связи.- 2003.