

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Канатбекова Дарина

Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін жобалау

Дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

тех.ғыл.канд, профессор

\_\_\_\_\_ Е.Таштай

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Дипломдық жобаға

### **ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

Тақырыбы: Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін  
жобалау

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Канатбекова Дарина

Рецензия беруші

ҚазҰАУ, ЭҮЖА каф.

доктор PhD.,

қауымдастырылған профессор

\_\_\_\_\_ Әлібек Н.Б.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖҒТ каф. техн.ғыл.маг.,

лекторы

\_\_\_\_\_ Байкенова Г.М.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

Алматы 2019

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

тех.ғыл.канд, профессор

\_\_\_\_\_ Е.Таштай

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 ж.

**Дипломдық жоба орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Канатбекова Дарина

Тақырыбы: IP протоколы бойынша дыбыстық жіберу желісін жобалау

Университет ректорының «16» қазан 2018 ж. №1162-б бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 жыл.

Дипломдық жұмыста іқарастырылатын мәселелер тізімі оптикалық қатынау желілерінің жалпылама архитектурасы; FTTH архитектурасының түрлі нұсқалары

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

1) Алматы қаласында FTTH желісін жобалау, PON желісінің архитектурасы;

2) Қызметті басқарудағы және ұйымдастырудағы шешімдер, Ethernet технологиясын қолданатын желілік құрылым FTTH топологиясы «жұлдыз»;

3) Тіреуіш пен сымдық кабельдік орналасуы; Жабдық

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар слайдпен көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атау

дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
IP телефондаманың сапасына әсер ететін мәнді факторлар	8.02.2019	
IP-телефондама қызмет ету сапасының сұлбасы;	22.03.2019	
PSQM әдісі бойынша сөздің объективті сапасын өлшеу сұлбасы; IP желісіндегі кідірудің таратылу сызбасы.	21.04.2019	

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
Норма бақылау	Тайсариева Қ.Н. PhD., докторы, сениор лектор		

Ғылыми жетекшісі \_\_\_\_\_ Г.Байкенова  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Д.Канатбекова

Күні “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 ж.

## АНДАТПА

Бұл диплом жұмыста Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін жобалау қарастырылған. Автоматтандырылған телефон торабын сандық электронды торабына Cisco ауыстыру жобасы жасалынды.

Сонымен қатар, телефон торабының кіріс, шығыс, қала-аралық жүктемелері есептелінді. Басқа телефон тораптарымен байланыстыратын желілер саны есептелінді. Жабдықтар көлемі есептелініп, автозал жабдықтарының орналасу жоспары келтірілген.

## **АННОТАЦИЯ**

В рамках данной дипломной работы планируется проектирование сети FTTH в микрорайоне Шугыла в Алматы. Автоматизированная телефонная сеть была создана для замены цифровой сети Cisco.

Кроме того, была рассчитана выручка, выезд, межгородская нагрузка мобильной сети. Количество линий, которые соединяются с другими телефонными узлами, было рассчитано. План установки оборудования автосохранения был рассчитан исходя из объема оборудования.

## ANNOTATION

The FTTH project is planned to be built in the microchairs in Shugla in Almaty. An automated telephone line can be used for the Cisco digital network.

Otherwise, it would be worth the trip, the exit, the traffic of the mobile network. The number of lines that link to other phone lines is calculated. The vehicle is equipped with a complete set of equipment.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жобаның тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және оларды шешу	10
1.1 FTTH желісінің архитектурасы	10
1.2 Алматыдағы қазіргі заманғы желілерді талдау	20
1.3 Желіні дамыту кезеңдері	22
1.4 Тапсырманы қою	28
2 Жобалық шешімдер	30
2.1 FTTH - құрылысының әдістері	30
2.2 Жобаның техникалық сипаттамалары	32
3 Есептеу бөлімі	37
3.1 Тарату жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы	37
3.2 Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шығындары	39
3.3 Талшық параметрлерін және регенерациялық бөлімшенің ұзындығын есептеу	42
3.4 EDFA оптикалық күшейткіштерін есептеу	50
3.5 Ішкі тарату	55
Қорытынды	62
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	63



## КІРІСПЕ

Телекоммуникациялық жүйелердің қазіргі заманғы дамуы екі маңызды айырмашылықпен сипатталады. Біріншіден, жаңа ақпараттық және коммуникациялық қызметтер операторлар үшін төлеуге қабілетті болады, бұл операторға негізгі табыс әкеледі. Екіншіден, ақпаратты коммутациялау, коммутациялау және өңдеудің жаңа технологиялары электр желілерін тиімді жаңғыртуға және оператордың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұған ақпараттық және коммуникациялық қызметтердің кең ауқымы бар мультисервистік желілерге бірте-бірте көшу арқылы қол жеткізіледі.

Жаңарту үрдісі интеграцияланған телекоммуникациялық желілердің (EIS) барлық иерархиялық деңгейлерін - қол жетімділіктен халықаралық деңгейге дейін қамтиды. Ең күрделі өзгерістер жергілікті (қалалық және ауылдық) желілерде орын алады. Бұл EMS жақсартудың (ITC) осы аспектісі үшін заманауи техникалық материал. ITM-тің негізгі мақсаты - барлық ақпараттық-коммуникациялық жүйені тиімді дамытуды қамтамасыз ететін жергілікті электр желілерін жаңарту процесін дамыту. Жаңа технологиялардың айрықша ерекшелігі оның тиімсіз пайдаланылуының оң нәтиже бермейтіндігі және кейбір жағдайларда оператордың бизнес үдерістеріне теріс әсер ететіндігі болып табылады.

«Алматыдағы FTTH желісінің құрылысы» жобасы «Казакхтелеком» АҚ филиалы - «Алматытелеком» қалалық телекоммуникация торабында, сондай-ақ дамыған және дамушы елдердің ұлттық телекоммуникация желісін жаңғырту үрдісінде қолданылуда.

Шұғыла шағын ауданын және ETTH (қала орталығының) абоненттерін жабу үшін қолжетімді гибридтік желілерді салу үшін орталық торап жабдықтарын орнату жоспарланып отыр.

ITM бес негізгі бөлімнен тұрады. Бірінші бөлім ағылшын тіліндегі қысқартулардағы ең көп таралған терминдер мен анықтамалар туралы жаңа буын байланыс желілерін талқылайды. Тұжырымдаманың болмауы ұлттық техникалық әдебиетте көрінбейтін белгілі бір жағдайлардың дамуына ықпал етеді.

.

# 1 Жобаның тақырыбы бойынша аналитикалық зерттеулер және оларды шешу

## 1.1 FTTH желісінің архитектурасы

FTTH желілерінің архитектурасын үш негізгі санатқа бөлуге болады:

- «Ring» Ethernet қосқыштары.

- «Star» Ethernet қосқыштары.- PON технологиясы бойынша орманның пассивті оптикалық желісі.

Ethernet негізіндегі сәулет.Шапшаң нарыққа қол жеткізу және клиенттердің қанағаттану деңгейінің төмендігі Ethernet коммутация жүйесіне негізделген желі сәулетінің пайда болуына себеп болды. Ethernet желілері мен Ethernet-коммутацияланған желілер арқылы деректерді беру корпоративтік желінің пайда болуына, арзан бағаға, тауарлардың пайда болуына және жаңа өнімдерді сатып алуға әкелді.

Шын мәнінде, бірінші еуропалық FTTH Ethernet жобаларының сәулеті жоғары қабатты ғимараттардың қабаттарында орналасқан және Gigabit Ethernet технологиясы сияқты сақиналарға біріктірілген.

Бұл кабельдің зақымдалуына және әрбір қабылдағыш сақинасына (1 Гбит / с) жеткілікті жылдамдықпен байланысты болуы мүмкін, бұл пайдалы, бірақ жүгірткі енін қамтамасыз етпейді, сондай-ақ сәулеттің ауқымдылығын қиындатады.

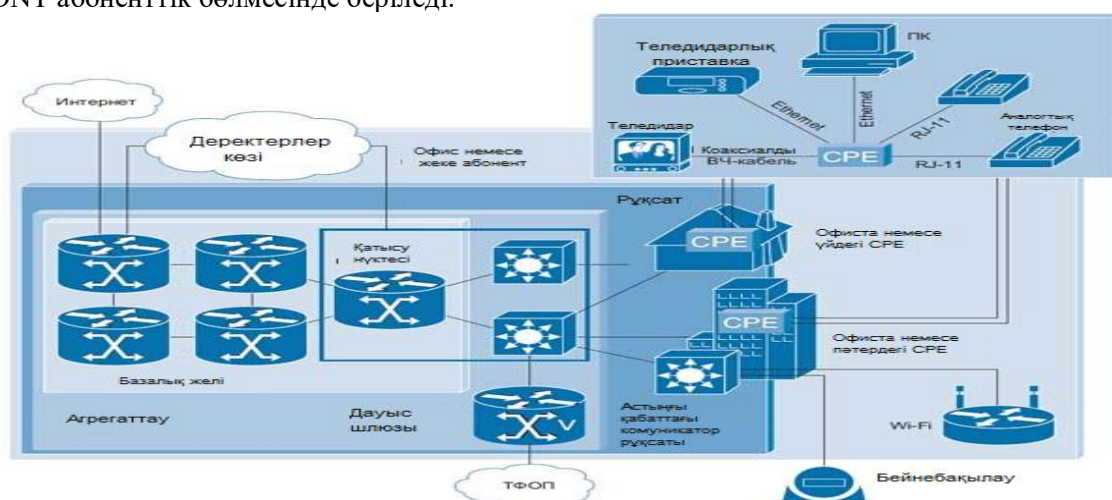
Кейінірек жұлдызға негізделген Ethernet архитектурасы кең таралған (1-сурет). Келесі архитектура талшықты-оптикалық желіні (әдетте 100BX немесе 1000BX арқылы Ethernet деректерін тасымалдайтын қарапайым сызық) әрбір соңғы нүктеден нүктеге (POP) орналастырылған деп болжайды, яғни олар қосқышқа қосылған дегенді білдіреді.

Соңғы құрылғылар көп қабатты ғимараттарда жеке апартаменттермен, пәтерлермен немесе жертөлелермен жабдықталуы мүмкін, онда коммутатор тиісті техниканы қолдана отырып, барлық пәтерлерге жеткізіледі.

PON-сәулет.FTTH желілерін орналастыру үшін пассивті оптикалық желі үшін PON негізіндегі архитектураны пайдаланған кезде, талшықты-оптикалық желі абоненттерге 1:64 немесе 1: 128 пассивті оптикалық бөлімдерге бөлінеді.

PON дерекқорындағы FTTH сәулеті әдетте Ethernet-ді қолдайды. Кейбір жағдайларда қосымша толқын ұзындығын кеңейту (төменгі жағдайда) дәстүрлі аналогтық және цифрлық теледидар қызметтеріне IP үйлесімді теледидарды пайдаланбай қолданылады.

1.2-сурет оптикалық сызық (ONT) немесе оптикалық желілік құрылғы (оптикалық желілік модуль, ONU) арқылы PON оптикалық сызығын көрсетеді. Жеке пайдалану үшін ONT. ONU құрылғысы әдетте жертөледе немесе бункерде орналасады және пайдаланушы топтарын бөледі. Дауыстық қызметтер, соның ішінде деректер және бейне қызметтері, абоненттік кабельге ONU немесе ONT абоненттік бөлмесінде беріледі.

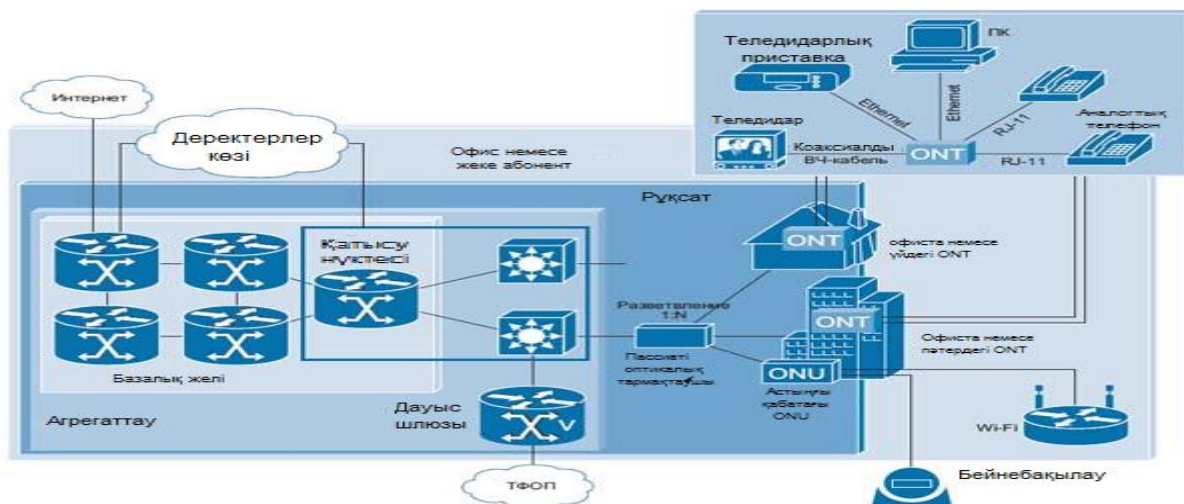


Сурет 1.1 - Ethernet FTTH архитектурасы «Жұлдызша»  
ТОПОЛОГИЯСЫМЕН

Берілу панелінің параметрлері деректер ағындарын баяулатады және олар жіберілетін жылдамдықты көрсетеді. Бұл аударымның жылдамдығы тарифтік жоспарға сәйкес 16, 32, 64 немесе 128 құрайды.

BPON Architecture - АҚШ-тағы қызмет көрсетушілердің дәстүрлі технологиясы, бірақ басқа дизайнерлер оны дереу тоқтатады.

Сонымен қатар, EPON Gigabit Ethernet технологиясы бағаны төмендетуге арналған және GPON архитектурасы жоғары деректерді беру жылдамдығы, тоқтау уақыты мен банкоматты және TDM трафигін қамтамасыз етуге арналған.



Сурет 1.2 - Пассивті оптикалық желінің (PON) архитектурасы

Бұл функция ескі протоколдар қосылғанда практикада сирек пайдаланылады. Оның орнына GPON сәулеті Ethernet көлік платформасы ретінде пайдаланылады.

PON архитектурасының артықшылықтары мен кемшіліктері.

Оның орнына PON негізіндегі нүктеге негізделген талшықты желіні пайдаланатын үш негізгі қызмет провайдері бар, бірақ бұл артықшылықтар әрқашан салыстырмалы талдау үшін маңызды бағдар болып табылмайды.

Сақтау үшін талшықты-оптикалық кабель.

PON желісіндегі FTTH желісін пайдалану - орталық АТС немесе кіру нүктесінде аспект оптикалық бөлгіштерін сақтайтын талшықты-оптикалық желі. Қызмет провайдерінде АТС мен стэнд арасындағы қосымша кабельдер немесе қосымша кабельдер болса, бұл жаңа транштардың қажеттілігін жояды. Дегенмен, практика көрсеткендей, талшықты-оптикалық инфрақұрылымның болуы жиі бағаланады және жақында далалық жұмыстардың маңызды бөлігіне айналды.

Әуе желілерін пайдалану, әдетте, талшықты-оптикалық кабель мен стэндтің өмірін шектейді, бұл Жапониядағы EPON желісін кеңейтуге әкелді.

Орталық АТС-да немесе қалпына келтіру жұмыстары жүргізілетін жерде порттарды сақтаңыз.

Порт-дебаттардың үш аспектісі бар.

Біріншіден, нүкте-нүкте топологиясында оптикалық интерфейс осы архитектураны бағанмен салыстырғанда бағалайтын көптеген абоненттер сияқты бірдей порттарды пайдаланатын әрбір абонент үшін пайдаланылады. Алайда көп жылдық тәжірибе Ethernet порттарын пайдалану құны PON порттарын пайдалану кезінде өте бәсекеге қабілетті екенін көрсетеді. Ethernet портының құны корпоративті желілер мен қызмет көрсетушілерге арналған көптеген порттар болғандықтан, GPON порттары тек осы технология үшін ғана пайдаланылады және аз көлемде шығарылады.

Екіншіден, FTTH қызметінің 100% -ын тіркейтін болсақ, PON-дағы нүкте FTTH Ethernet желісінен әлдеқайда жұқа болады. Содан кейін абоненттердің нақты пайызын (төменде сипатталғандай) алсаңыз, ешқандай айырмашылық жоқ. Бұл абоненттік базаның PON (OLT) порты бірінші порты үшін қажет, себебі OLT порттарының пайыздық үлесі қызмет абоненттерінің төмен пайызы салдарынан төмендей алмайды.

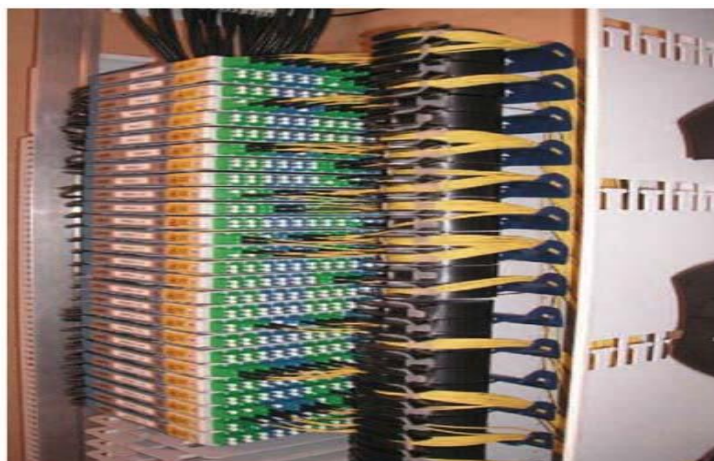
Үшіншіден, желілік ғимараттардан бірнеше мың талшықты-оптикалық желілер құрылысы үшін жаңа оптикалық бақылау алаңдары болмаған жағдайда, көптеген талшықты-оптикалық желілердің жұмысы өте қиын. 1.3-сурет оптикалық стэндті көрсетеді. Келесі түйіндер Еуропадағы

нүктелі-нүктелі архитектураны қолданатын FTTH желілері болып табылады (P2P FTTH). Мұндай түйін әрбір жағдайы бойынша 2000 сызықты оптикалық сызықты қолдай алады.

Аналогтық бейне қабаттастыру.

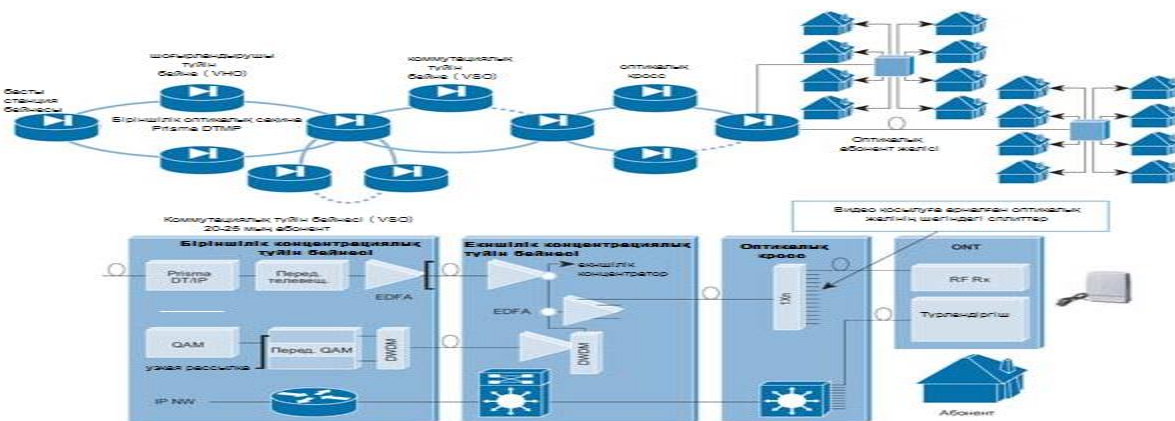
Табиғат бойынша, PON - толық ақпарат құралы, ал кейбір қызмет провайдерлері аналогты немесе сандық теледидар сигналдарын алуға мүмкіндік беретін бейне хабар алмасу үшін тартымды.

Алайда P2P FTTH топологиясына нүктелік-нүктелі қосалқы қосылым қосыңыз (1.4-суретті қараңыз). Бұл кезеңде қызмет провайдерлері бөлінген архитектура және бейне тарату үшін оптикалық қабаттасу оптикамен топологияны жасайды және іске асырады, сондай-ақ барлық өзін-өзі қамтамасыз ету үшін, соның ішінде IPTV үшін топтастыру нүктелерін топтастыру топологиясы.



Сурет 1.3 – Жоғары тығыздықты оптикалық сызықтар үшін таратушы түйін (дереккөз: Huber&Suhner)

Бұл құрылым интерактивті қызметтер үшін PON желісін пайдаланумен қатар көптеген абоненттер үшін оңтайландырылуы мүмкін.



Сурет 1.4 – Scientific Atlanta компаниясында шығарылған түйіндерді пайдаланатын теледидар сигналының қабаттасуы бар архитектурасы

PON-сәулетінің мәселесі.

Қызмет жеткізушілері PON инерциалды сәулетін жазу кезінде бірқатар қиындықтарға тап болады. Жиынтық өткізу қабілеттілігі.

PON-желісінің талшықты-оптикалық желісінің сыйымдылығын көптеген абоненттер пайдаланады, бұл әр абоненттің құнын өзгертуге мүмкіндік береді.

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.

#### Шифрлау

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 кенжолықты 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

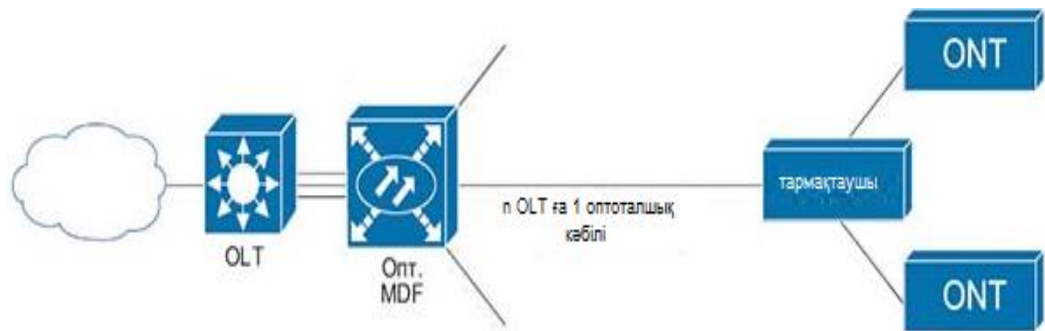
болғаннан кейін жазыла алады.

Қызмет көрсету, ақаулықтарды жою және іздеу.

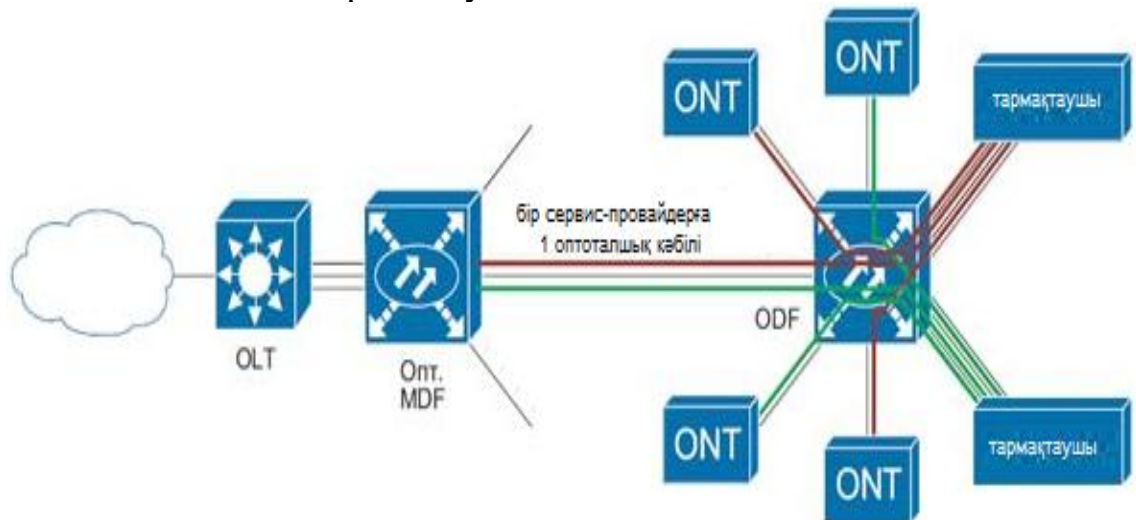
Қосымша флэш дискілер ақаулықтарды жою туралы ақпаратты желі орталығына жібере алмайды. Демек, оптикалық уақыт рефлектометрі (OTDR) арқылы абоненттік оптикалық сызық (ONT) мен терминал құрылғысы арасындағы талшықты-оптикалық сызық арасындағы кез-келген ақауды анықтау оңай. Бұл PON-ті ақаулықтарды жоюға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



Сурет 1.5 - PON разветвительдің базасындағы архитектура үшін LLU орындалуының шектілігі



Сурет 1.6 – LLU талаптарын орындау үшін оптикалық реттегіш түйінмен оптоталшықты сызық

Көші-қон технологиясы.

Біраз уақыттан кейін PON өнімділігін арттыратын жаңа технологияларды жаңартуға уақыт алады. IEEE және МӨС-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 таңдалмағандықтан, 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.

Алыс әдеттегі FTTH Ethernet қатынау желісінің конфигурациясы 100BX немесе 1000BX технологиясын пайдалана отырып, арзан желілер үшін ең көп әсер ету шегі 10 км. Оңтайлы сигнал

қуатын қамтамасыз ету үшін оптикалық модульдерді, сондай-ақ оптикалық модульдермен талшықты-оптикалық кабельдерді Ethernet құрылғысындағы кез келген портқа қосу үшін пайдалануға болады. Төмен тығыздықтағы аймақтарда Ethernet коннекторы басқа абоненттерге әсер етпейтін әр түрлі FTTH Ethernet қосылымдарын қолдана алады.

Икемді өсу.

FTTH Ethernet кіріс коннекторына тіркелген абоненттер тек порттарды пайдалана алады. Жаңа жазылушыларға арналған жағдайда сіз мазмұнның жоғары деңгейі бар қосымша Ethernet желілік модульдерін қоса аласыз. Керісінше, PON негізіндегі архитектураны оптикалық ағаштан бірінші абонент үшін пайдаланғанда, ең қымбат OLT порты талап етіледі және абоненттер осы PON ағашына қосылған кезде ONT-ке қосылу құны жоғарылатылады.

Технологиялық тәуелсіздік.

Gigabit Ethernet қолданыстағы FTTH Ethernet конфигурациясында қолданылғанда, ол 30-40 жылға дәл болмауы мүмкін. Алайда, талшықты-оптикалық желі кез-келген жаңа тарату технологиясын қолдайтын орта болып табылады. Кейбір жағдайларда, оптикалық-оптикалық технология SONET / SDH немесе Fibre Channel сияқты корпоративтік абоненттерді қосу үшін пайдаланылады. Бұл технологиялар Ethernet FTTH сияқты бірдей саусақ іздері желілері мен көптеген жағдайларда Ethernet агрегаттық платформалар арқылы оңай таратылуы мүмкін.

Науадағы электр желісі.

Бір арналы талшықты-оптикалық желілер пайдаланылатын технология мен деректерді беру жылдамдығына байланысты болмаған кезде, басқа абоненттердің жұмысына әсер етпей, жылдамдықты оңай көбейте алады. Мысалы, Fast Ethernet технологиясын қолданатын абонент келесі жылы GPRS-ді басқа коммутатор портына қосуға, абоненттің оптикалық желісін ауыстыруға және Ethernet құрылғысын Gigabit Ethernet-ден абоненттік аймаққа ауыстыру мүмкіндігіне ие болады. Бұл өзгерістер басқа FTTH Ethernet қатынау желілерінің жұмысына әсер етпейді.

Абоненттік желі департаменті. Абоненттік желі әдеттегі Ethernet FTTH архитектурасы болып табылады. Бұл оптикалық желінің белсенді емес сәулетінде іске асыруға қиын PON ағашындағы таратқыштың жалпы сипаттамасы. Абоненттік желі модульдерін енгізу принципі FTTH технологиясын таңдаудың негізгі өлшемі болып табылады, ал Еуропадағы кейбір жаңа компаниялар желі инфрақұрылымының бірнеше жеткізушілеріне қолжетімді желіні құруға тырысады.

Қауіпсіздік

Бүгінгі күні талшықты талшықтар жазық медиадан гөрі ең қорғалған (физикалық) орта болып табылады. Қызмет провайдерлері пайдаланатын Ethernet коннекторларында порттар мен физикалық деңгейдегі абоненттердің логикалық таратылуын қамтамасыз ету және кіріс қоңырауларының барлық әрекеттерін болдырмау үшін сенімді функциялар бар.

Клиенттің аумағында жабдық.

Ethernet FTTH архитектурасы - абонент аумағында қол жетімді желі кеңістігін пайдалану және әрбір абонентке толығымен қызмет ету үшін жеткілікті функционалдығы бар CPE абоненттік көмекші құралын пайдалану. Бұл Ethernet CPE құрылғылары өте қымбат және әдетте пәтерлерде немесе клиенттің үйінде орналасады.

PONeер оптикалық желі негізіндегі архитектураны (PON) қолданғанда, CPE құрылғылары (ONT) PON архитектурасының ажырамас бөлігі болып табылады, өйткені олар ортақ хабар тарату ортасында жұмыс істегенде басқа құрылғылармен өзара әрекеттеседі. Ethernet CPE қарапайым функцияларына қосымша (кіріктірілген маршрутизатор / қосқыш, VoIP қолдау, басқару функциялары) PON архитектурасы келесі функцияларды орындайды:

- PON органы басқару хаттамасына қол жеткізу;
- берілген OLT нүктесінде ONT құрылғысы арқылы деректерді беруді қамтамасыз етуге арналған лазерлік сәулелер (импульстік модуляцияланған лазерлер);
- оптикалық сигнал деңгейі (Ethernet оптикалық интерфейстері арқылы 20,4 дБ дейін);
- күшті шифрлау;
- өте жоғары жылдамдық.

Бұл қосымша мүмкіндіктер PON архитектурасы ONT нүктеден нүктелі топологияда қолданылатын FTTH Ethernet CPE құрылғысынан әлдеқайда жоғары екендігін анық көрсетеді.

GPON технологиясы әлі де толық емес және OLT құрылғылары мен ONT құрылғылары мен басқа өндірушілер арасында байланыс жоқ. Бұл ADSL технологиясының ерте сатысында қолдануға ұқсас.

Жоғарыда сипатталған қауіпсіздік мәселелеріне байланысты, қызмет көрсетушілер әдетте абоненттердің желінің тұтастығына зиян келтіруі мүмкін арзан құрылғыларды сатып алуға кедергі жасайтын ONT оптикалық желісін сатып алады және енгізеді.

Егер кеңседен кетудің қажеті болмаса, Ethernet FTTH CPE-ін арзан құрылғылармен ауыстыруға болады. Дегенмен, бұл қауіпсіздік мәселесі емес, өйткені ол кез келген қажетсіз режимдерді анықтай алады және қол жетімді қосқыштың тиісті портын өшіре алады. Қызмет жеткізушілер Ethernet CPE (мысалы, орталықтандырылған басқару) болуы мүмкін және олардың желілеріндегі барлық пайдаланушы құрылғыларына толық қол жеткізе алады.

Жеке сектордағы CPE функционалды дамуы клиенттерді қамту циклына сәйкес келеді. PON желісі үшін ONT құрылғысының жұмысын жақсарту үшін, қызмет провайдеріңіз ONT құрылғысын динамикалық түрде жаңартуды қажет етеді. CPE-ді ауыстыру құнын болдырмау үшін Ethernet CPE және PON ONT құрылғыларын нақты бөлу керек. Бұл тапсырыс берушіге немесе қызмет провайдеріне CPE құрылғыларын оңай ауыстыруға мүмкіндік береді.

Бағасы (операциялық емес шығындар).

FTTH желілерін орналастыруды қамтамасыз ететін компаниялардың шығындары талшықты-оптикалық желілер мен құрылғыларды иелену мен орналастырудың күрделі шығындарымен салыстырғанда елеулі болып табылады.

Қазіргі уақытта архитектураларды осы параметрмен салыстыру үшін жеткіліксіз деректер бар және нүкте-нүкте топологиясында Ethernet FTTH желісін пайдалану құны PON FTTH сәулетіне қарағанда төмен. Ең маңызды аспектілер 1.1 кестесінде көрсетілген.

### Кесте 1.1 – архитектураларды эксплуатациялауға шығындармен байланысты мәселелер

Мәселе	«Нүкте-нүкте» Ethernet FTTH	PON оптикалық желі
Қолжетімділік кезде ресурстарды жоспарлау	Жай: белгіленген оптоталшықты сызық	Күрделі: абоненттер бір-біріне тәуелді, таратушы ортақ орта
Жобалаудың ережесі	Жай: белгіленген оптоталшықты сызық	Күрделі: PON ағашындағы барлық абоненттер үшін жұмыстың орындалу қажеттілігі
Оптоталшықты сызықтың ақаулығын жою және іздеу	Жай: шағылған толқындарды өлшеу әдісімен бұзу орның анықтау (рефлектометрмен)	Күрделі: тармақтаушыдан кейін бұзу мекенің анықтау қиын
Шифрлау кілтімен басқару	Қажет етпейді	Қажет
Өткізу жолағын пайдаланудың тиімділігі	Үйлесімді: шектеу жоқ	Шектеулі: басқару хаттамасының қызметтік мәліметтерін тарату (синхрондау циклдері), шифрлаудың қызметтік мәліметтерін тарату
Технологияның немесе өткізу жолағының жаңалауы	Жай: әр абонент үшін жеке орындалуы мүмкін	Күрделі: барлық белсенді жабдықты бір уақытта ауыстыру немесе басқа толқын ұзындығының қабаттасуы
Клиенттің басқа провайдерге өтуі	Линиялардың оптикалық реттегіш тіреуішке (кросқа) қосылуы немесе кескіндердің өзгеруі	Кескіндердің өзгеруі (трафикті аудару)



	(трафикті аудару)	
Жаңа абонентті қосу	Линиялардың оптикалық реттегіш тіреуішке (крос қа) қосылуы және күрделі шығынның үне мімен орнына төлейтін коммутаторды кескіндеу	OLT конфигурациялау
Кабельдің үзілу себебінен жұмыста үзіліс	Үлкен, егер нүкте қатысуына жақын болса (үлкен оптоталшықты сызықты қалпына келтіру керек), кіші, егер абонентке жақын болса (жай диагностика)	Кіші, егер нүкте қатысуына жақын болса (кіші оптоталшықты сызықты қалпына келтіру керек), үлкен, егер абонентке жақын болса (күрделі диагностика)

Бұрын талқыланған аспектілердің бірі - құрылыс жұмыстарына байланысты кабель кабельдерінің әсер етуі. Ethernet желісіне сәйкес, бірнеше жүз талшықты-оптикалық сызықтары бар үлкен кабельді нүкте нүктеге ұқсайды немесе АТС-ге жақын, бұл ең нашар опция. Бұл кабельді қалпына келтіру үшін көп уақыт кетеді, себебі PON трафигіне қарағанда желілер аз болады. Дегенмен, нүктелік-топологияда қолданылатын кез-келген кабельдерге төмендегілер қолданылмайды. Келесі апатты оқиғалар сирек кездеседі. Сонымен қатар, бұл мәселені үлкен аумақта орналастыруға болатын кішкене кәбілдердің көп болуына байланысты азайтуға және азайтуға болады. Соңында, бір кабель (кабель) зақымдалғанда абоненттердің салыстырмалы түрде аз саны зардап шегеді.

Дегенмен, бұл аймақты ақаулықтарды жою белсенді емес PON оптикалық желісінің архитектурасы үшін маңызды мәселе болып табылады, өйткені оптикалық уақыт-рефлектометрін қолданып, PON желісінің өнімділігі оптикалық кеңейтуге байланысты әлдеқайда қиын.

#### Резюме

Жаңартылған талшықты-оптикалық желілердің болуы архитектуралар мен технологияларға негізделген. Стандарттар мен мұқият ойластырылған осы технологиялардың қажетті жабдықтары сервис-провайдер желілерінің тәуекелсіз трансформациясы болады. Олардың қызметінің табысы - осы саланы ынтагерлік дамыту. Мұндай желінің бәсекелестікке қабілеттілігі ірі телекоммуникациялық операторларды талшықты-оптикалық желіге инвестиция салуға ынталандырады деп болжануда.

Тұрғын аудандарындағы талшықты-оптикалық желілер - бұл келесі 30-40 жылда қайтарылатын үлкен инвестиция. FTTH желісінің әрбір арнасы үлкен қауіп төндіреді, сондықтан қосымша инвестициялар жасалса, FTTH желісінің әрбір арнасы болашақта қысқа мерзімді перспективада PON инфрақұрылымы негізінде FTTH инфрақұрылымын қолдана отырып, талшықты ұстап тұруды айтарлықтай төмендетуі мүмкін. Біз FTTH желілерін пайдалану туралы емес, тек қашан және қаншалықты жылдам аудару туралы сөйлеспейміз.

Дерек көзі: Cisco White Paper.

## 1.2 Алматыдағы қазіргі заманғы желілерді талдау

Алматытелеком қалалық телекоммуникация торабында «Қазақтелеком» филиалында «Алматыда FTTH желісінің құрылысы» жобасы іске асырылуда.

Маркетингтік талдау бойынша, ғимараттардың саны 740 болады деп күтілуде.

«Алматы-Телеком» ЖАҚ-ның жалпы сыйымдылығы 01.01.201 ж. Жағдай бойынша 674103 құрады; «Алматытелеком» ЖАҚ-ның жалпы сыйымдылығы 2018 жылдың 1 қаңтарына 518 051 нөмірін құрайды, сыйымдылығы 76, 85% құрайды.

Жобаның негізгі мақсаты - абоненттерге жоғары жылдамдықпен Интернетке шығуды қамтамасыз ету, сондай-ақ абоненттік базаны кеңейту және қызметтер спектрін кеңейту жолымен компанияның кірісін арттыру.

Жобаны іске асыру стратегиясы.

Жобаны іске асыру стратегиясының мәні 100 Мбит / с, FTNN - жаңа қолжетімді технологияларға негізделген желіні құру (ішкі қазақстандық сайттар) және қолданыстағы ADSL2 + жабдығына қатынау жылдамдығы.

Стратегияны іске асыру Интернет желісіне және басқа да әмбебап қызметтерге қол жеткізу үшін жергілікті ақпаратты тарату желісін кеңейтеді.

Жоба бойынша, едендер әртүрлі болғандығын ескерсек, 740 үйді қамту жоспарланып отыр, онда екі пәтердің 24-і пайдалануға беріледі.

Жобаны іске асыру бойынша іс-шаралар тізбесі:

- УТР-5е тарату кабелін енгізу;
- Жабдықтарды жою (қосқыштар, SFP, Ethernet терминалдары);
- Реттеу және сынау жабдығы.

Технологияны ұйымдастыру үшін құрылыс-монтажды ұйымдастыру негізгі жұмыс түрлері

Орталықтың жабдықтарын орнату және Жетісу желісіне қатынау желілерін және ETHS (қалалық орталық) 3800 абонентін құру жоспарланып отыр.

Негізгі желінің орнына қазіргі Ethernet желісінің Метро желісі ашылады.

ES + карталарын және агрегаттарды бөлу келесі тармақтарда көрсетілген (1.2-кесте).

### Кесте 1.2 – ES+ карталарын және агрегаттарын үлестіру

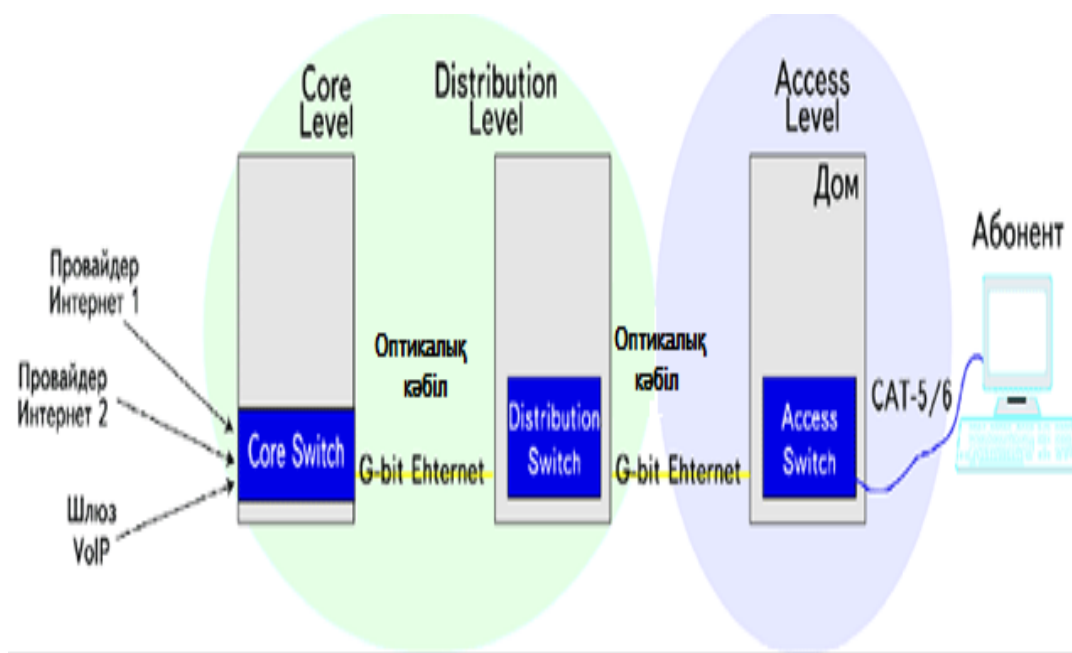
	Объектінің атауы	ME желісіне қосылу нүктесі (Станция, түйін)	7600 ES+ Line Card, 4x10GE XFP with DFC 3C	7600 ES+ Line Card, 2x10GE XFP with DFC 3C	Multirate XFP module for 10GBASE-LR and OC192 SR-1	ZyXel агрегаторы 4728	Cisco агрегаторы 4507
1 -3 кезең	Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 1,2,3 кезең	ОПТС-3	1		4	2	
4 кезең	"Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 4-кезең"	ОПС-73	1		4	2	
7 кезең	"Алматы қаласында ЕТТН желісін құрастыру 7-кезең" Жетісу шағын ауданы	АТС-23	1		4		1
ЗИП	ЗИП және жабдық қажет болғанда жаңа ауданда ЕТТН желісінің жылдам разверткасы пайдаланылады		1	1	6	1	1

### 1.3 Желіні дамыту кезеңдері

FTTB технологиясы жиі жаңа желілерді құру үшін қолданылады (Fiber To The Building, оптика үйі). Бұл негізінен оптикалық кабельдер мен белсенді оптикалық жабдықтардың бағасының төмендеуіне байланысты. Осындай жүйелерді дамыта отырып, оператор көптеген

артықшылықтарға ие болады, бұл өз абоненттеріне қызметтердің кең ауқымын пайдалануға мүмкіндік береді, сондай-ақ айтарлықтай жетілдірісіз олардың сапасы мен көлемін жақсартады. Бұл жағдайда біз екі тәуелсіз жүйені - кабельдік теледидарлық жүйені және деректерді беру үшін ғана арналған Metro-Этернет жүйесін аламыз.

Metro-Ethernet классикалық құрылымы бар, 1.7-суретте көрсетілген.



Сурет 1.7 - Metro-Ethernet желісін құрудың жалпы схемасы

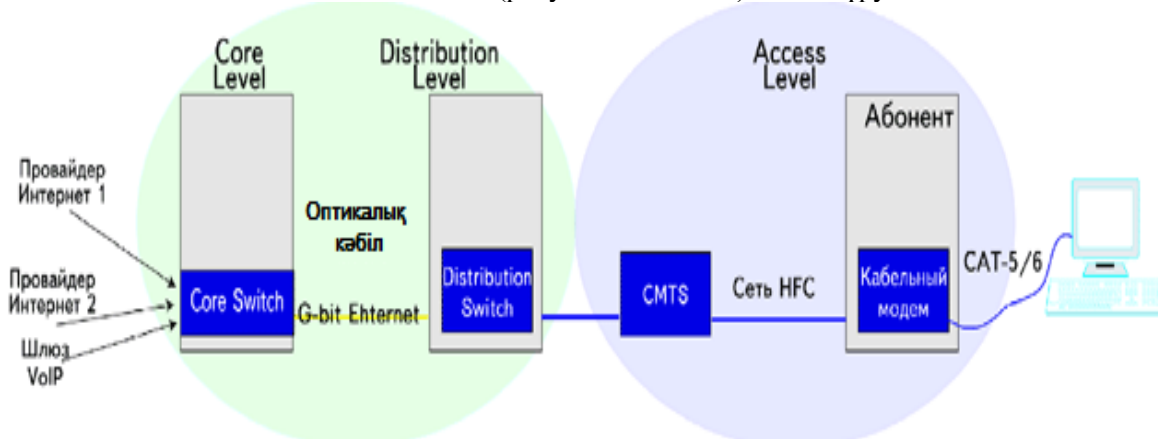
Дегенмен, соңғы онжылдықта жұмыс істеп келе жатқан және HFC-дің классикалық құрылымын - оптикалық коаксиалды желіні ұсынатын компаниялар не істеу керек.

Бұл мәселені шешудің бір жолы - CMTS-ты (кабельдік модемдер) пайдалану және кері байланыс арнадағы проблемаға қарамастан бірнеше операторлармен белсенді пайдаланылады (1.8-сурет).

Алайда, CMTS-ды қолданар алдында, барлық желілерді жаңа желілерді құрудың жалпы құнынан 60-70 пайызға дейін қалпына келтіру керек.

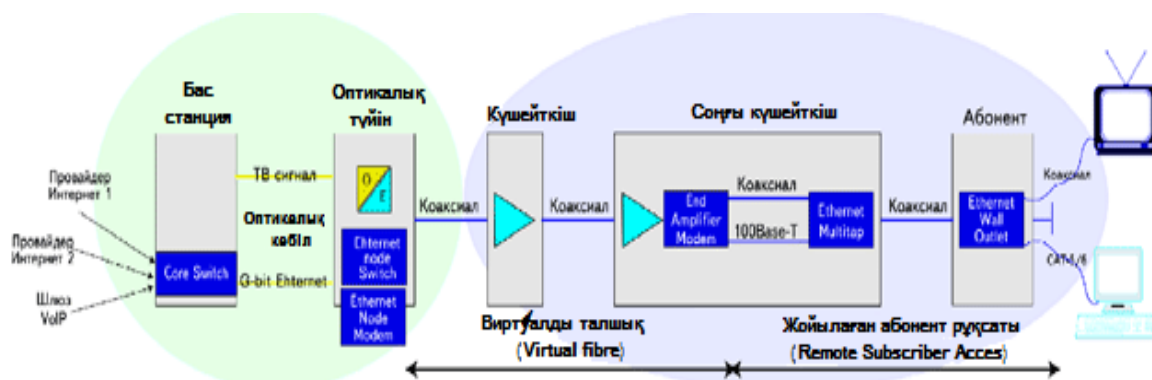
Сізге келесі мүмкіндік беретін тағы бір технология бар:

- бұл мәселені басқаша шешу;
- барлық қосымша қызметтермен (Интернет, VoIP, IP TV және т.б.) HFC желілерінің қызмет ету мерзімін едәуір арттыру;
- өздігінен жасалатын кабельдік желіні (рекультивациясыз) қайта құру.



Сурет 1.8 - CMTS пайдаланудың жалпы схемасы

Бұл технология Teleste Corporation және Tratec Telecom EТТН (Home Ethernet) - бұл өз филиалдарының ынтымақтастығы және Еуропадағы операторлар тарапынан сәтті қолданылған. EТТН жүйесінің жалпы схемасы 1.9-суретте көрсетілген.



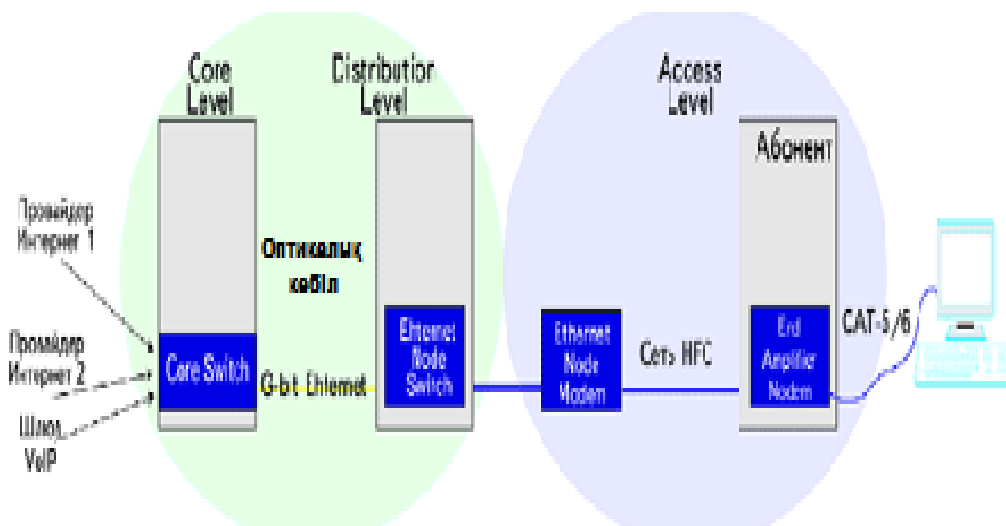
Сурет 1.9 – EТТН жүйесінің ортақ сұлбасы

Толық техникалық шешім екі бөлікке бөлінеді - абоненттің виртуалды оптикалық талшықты және алынбалы қол жетімділігі. Шешімнің екінші бөлімі Қонақ үйдегі қосымша CAT-5 шкафтарын орналастыру керек болатын қонақүйлер сияқты объектілерге қызығушылық тудыруы мүмкін. Бұл жағдайда EMT Ethernet Multitar және шығыс және шығыс 10-BaseT орнатылған. Көріп отырғаныңыздай, бұл шешім елді мекендерде жұмыс істейтін кабельдік операторлар үшін өте маңызды емес, себебі пәтерлердегі сокеттерді орнату оңай емес, ал Multitar үшін әдеттегі никтерді ауыстыру да қызығушылық тудырады.

Сонымен қатар үй ішіндегі тігінен құбыр арқылы CAT-5 кабелін салу мәселе емес.

Бұл шешімнің бірінші бөлімін егжей-тегжейлі түсіндіреміз.

Виртуалды талшық. Бұл жағдайда 1.10-суретте көрсетілгендей, HFC желісін қайта құрусыз және сегментсіз, коаксиалды кабель арқылы деректер трафигінің мәселесін шешеміз.



Сурет 1.10 - Маңызды виртуалды талшық (VF) схемасы

ENS классикалық Metro-Ethernet жобалау схемасында таратушы қосқыш сияқты функцияларды орындайтын қосқыш болып табылады. ENM - Ethernet фреймдерді QFC желісі арқылы QAM модуляциясымен жіберуге мүмкіндік беретін модем. Ол бірнеше EAM-ке қызмет көрсете алады және 400 Мбит / с өткізу қабілеті бар. EAM HFC желісі арқылы ENM-ке қосылған және 100-BaseT интерфейсінің шығысы болып табылады. Алдыңғы арнадағы өнімділігі 50 Мбит / с дейін және арнадағы 40 Мбит / с дейін.

Мұндай шешімнің жалпы схемасын 1.11-суретте көрсетілгендей көруге болады.

ЕТТН және СМТS құнды салыстыруды жасау үшін кейбір жорамалдарды қабылдайды:

- 2000 оптикалық түйін абоненттерінің саны;
- үйде 140 пәтер;
- Интернетке жылдам қол жеткізу қызметіне қосылу пайызы - 20%;
- бір мезгілде мазмұнмен жүктеу - 10%;
- әрбір абонент үшін жылдамдық - 2 Мбит / с.

Бұл жағдайда біз әр үйді қуатпен қамтамасыз етуіміз керек,  
 $140 \cdot 0.2 \cdot 0.1 \cdot 2 = 5.6$  Мбит / с.

Немесе оптикалық түйіннің жалпы сыйымдылығы:  $2000 \cdot 0.2 \cdot 0.1 \cdot 2 = 80$  Мбит / сек

Соңында, бұл желілік сегмент үшін бір ENM және 10 EAM пайдалану жеткілікті.

СМТS-ты қолданған кезде бізге екі модем модемі (бір шебер-модем - 55 Мбит / с және 40 Мбит / с, 4 \* 10, артқы арна) керек.

Абоненттік үлесті есептеу нәтижесі 1.12-суретте көрсетілген.

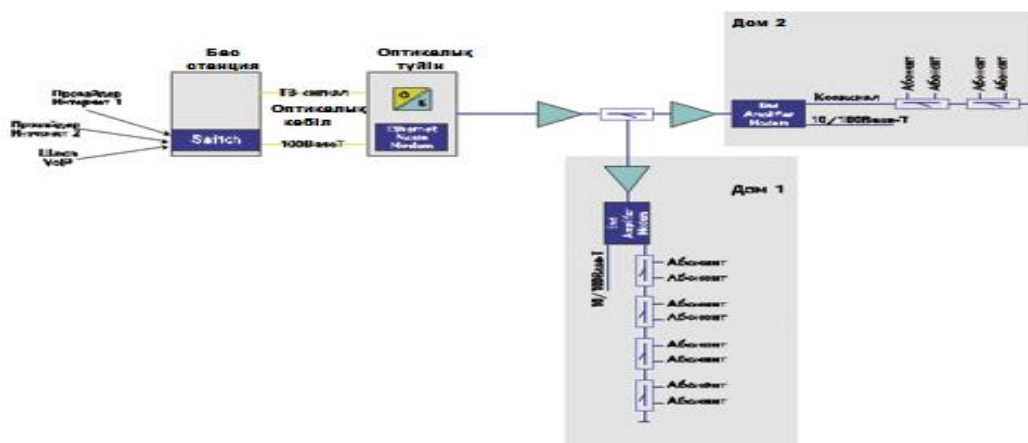
Салыстырмалы талдау кезінде келесі жабдықтар назарға алынды (кесте 1.3):

Кесте 1.3 – ЕТТН және СМТS технологияларын салыстыру

ЕТТН	СМТS
ENM	СМТS, DOCSIS 1.0 басшы модемдер
EA	Абоненттердің кабелді модемдері
Үйде орналастырылатын коммутатор	Әр кіре берісте қосымша коммутаторлар керек
Үйлерге ескі таратуды сақтау	Үйлерге жаңа тарату қажет

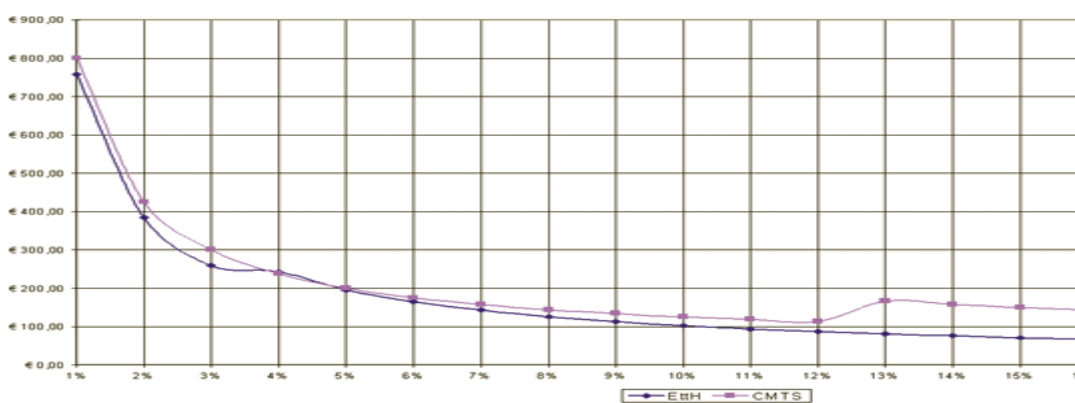
СМТS-ті қолдану шыңына жететін жүйенің қосылу жиілігінің 13% қосылу деңгейін қамтамасыз ету үшін қосымша модемді орнату қажеттілігімен байланысты.

ЕТТН үшін, 4 пайыздық шыңның үй иесінің төрттен үшінен көп болса (EAM 4 порт бар) қосымша қосқыш орнату қажет.



Сурет 1.11 – ЕТТН құрылысының нұсқаларының бірі

Коммутатор құны 250 евро. Графика көрсеткендей, СМТS қосымшасы үйде бір абонент болған кезде жарамды (қызмет көрсету жарнасының пайызы жартысынан пайызға тең). Сонымен қатар, Интернетке жылдам қол жеткізу үшін абоненттердің 4-5% -нан ЕТТН технологиясын пайдалану тиімді. Абоненттер кабельдік модемдерді сатқандығы туралы мәлімдей алады, сондықтан оператор шығыстары тек бас модемдерді қамтуы керек. Дегенмен, бұл мүлдем болмайды және кез-келген жағдайда оператор дереу модем сатып алуға мәжбүр болады, содан кейін оны абоненттеріне сатады. Абонентті ЕТТН байланысына қосу құны кабельдік модемнің құнынан айтарлықтай төмен болуы мүмкін.



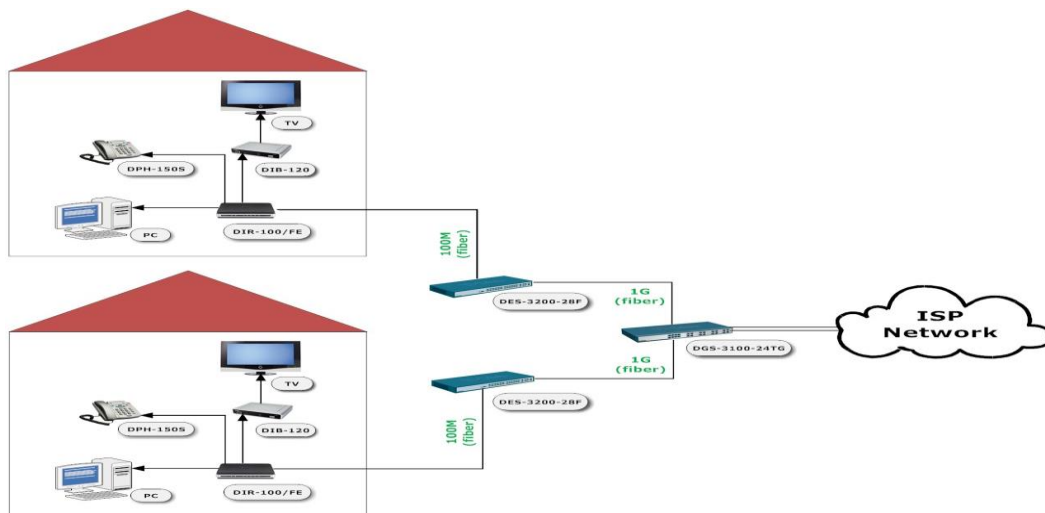
Сурет 1.12 - ЕФТ және КМТС салыстырмалы экономикалық көрсеткіштері. Абонентке қосылу құны

Кабельдік оператордың шешімі қандай болуы мүмкін:

- қайтару каналында және формулада QAM модуляциясын пайдалану симметриялық трафикті қамтамасыз етеді;
  - Жабдықты тек желілік желіде пайдалану (бұл жағдайда бүкіл үйдегі желі босатылады) кабельдік модемдермен пайдалану үшін магистральмен байланысты проблемаларды шешеді;
  - бүкіл жүйенің сенімділігін арттыру, өйткені абоненттердің пәтерлерінде белсенді жабдықтар жоқ;
  - телекоммуникация нарығының осы сегментіндегі бәсекелестік ортада ең маңызды Интернет желісіне жылдам қол жеткізу уақытын күрт қысқарту;
  - Интернетке жылдам қол жеткізуді жүзеге асыру шығындарын барынша азайту;
- Артқы арнадағы негізгі шу көрініп тұрғандықтан, үйде жөндеу жұмыстарын және үй жөндеуін қайта жаңғыртпастан, ММЦ пайдалану мүмкін емес ».

Үй желісінің құны желінің жалпы құнынан 60-70 пайыз болғандықтан, бұл оператор шығынын айтарлықтай төмендетеді.

ЕГТО кез-келген технологиямен қатар, проблемаға тек бір ғана шешімді шешуі керек. Сурет 1.13-де жалпы ЕТТН архитектурасы көрсетілген.



Сурет 1.13 – ЕТТН жалпы архитектурасы

### 1.3.1 Жаңғырту қажеттілігін дәлелдеу

Жаңа қызметтерді ұсыну ағымдағы желілердегі деректер беру арнасын кеңейтуді талап етеді. Cisco желілік кіру мүмкіндігін кеңейту үшін FTTH технологиясын арзан шешім ретінде

ұсынады. Оптикалық кабель желілерін ауыстыру және қолданыстағы кабельдерді пайдалану мәселесіне ерекше назар аударылды.

Оптикалық желінің мүмкіндіктері арқасында, ONU әртүрлі қызмет көрсету интерфейстерінде соңғы пайдаланушыларды қосудың икемділігін қамтамасыз етеді.

Қазақстан Республикасының аумағына мультисервистік қатынау жүйесін енгізу көптеген экономикалық көрсеткіштерде артықшылықтарды көрсетті:

- телекоммуникация қызметтері мен байланыс қызметтерінің құнын едәуір төмендету;
- өндіріс көлемін қысқарту;
- өндірістік процесті 95% -ға автоматтандыру;
- негізгі кадрларды айтарлықтай қысқарту;
- энергияны азайту.

Барлық ұйымдастырылған және заманауи цифрлық телекоммуникациялар мен жергілікті телекоммуникация желілерінде Қазақстан Республикасында сапа және сигнал берудің халықаралық стандарттарына сәйкес келетін цифрлық желінің болуы Қазақстанға жаһандық телекоммуникация желісіне қосылуына мүмкіндік береді.

Бұл тезис жобасы Алматы қаласының Шұғыла шағын ауданындағы 3,800 абонент үшін FTTH желісінің қолжетімділігін жобалауды қарастырады.

## 1.4 Тапсырманы қою

Осы тезис жобасында қол жетімді Бухла шағын ауданын Алматыда FTTH технологиясы арқылы қолжетімділік мүмкіндігін қарастырамыз. Қазіргі уақытта бәсекелестік нарықтық экономикада және тәуелсіз байланыс операторларында «Қазақтелеком» Алматы мен облысты белсенді түрде басып озды. Бұл жобада біз Алматыдағы орталықтандырылған орналасуды және орталықтандырылған орналасуды кеңейтіп, FTTH желісін 3 800 нөмірге жобалауды жоспарлап отырмыз. Орталық түйін ATS 23-ке орнатылады.

Соңғы үш жылда TOAG жалпы ұзындығы 7 км болатын Шұғыла шағын ауданына тұрғын алабында салынатын болады.

Жергілікті байланыс желісі мен дәстүрлі және балама операторлар арасындағы нарықтағы бәсекелестікті жоғарылату Интернет Интернетке қол жеткізу үшін өз желілерін оңтайландыруға мүмкіндік береді және сөз, деректер және мультимедиялық қызметтердің бірыңғай пакетін ұсынады.

Болашақ тұтынушылар болашақ тұтынушыларды жылдам өсуге дайын желілік архитектурамен пайдалану үшін бейне және мультимедиялық интернет қосымшалары сияқты үлкен өткізу қабілеттіліктерін талап ететін «келешек қаржыландырылатын» шешіммен болашақ клиенттерді тарту үшін бәсекелестерге бәсекелес артықшылықтарды қажет етеді.

Тұрғын үй (МДУ, көп пәтерлі тұрғын үйлер) және көп пәтерлі үйлер (SOHO, Small Office / Home Office) арзан үй кеңселерін халық тығыз қоныстанған қалаларда талшықты-оптикалық кабельді орнатумен қамтамасыз етеді.

Цилиндрлерді құру түрлі опцияларды: оптикалық талшықтарды, коаксиалды кабельді, 5-ші бүктелген жұпты, заманауи телефон желілерін (DSL пайдалану) және сымсыз технологияны қолдана отырып жасалуы мүмкін.

Ethernet тиімділігі, жылдамдығы және тиімділігі, сондай-ақ қарапайымдылығы және Ethernet беделі қалалық желілерді құрудың жаңа тәсілінде үлкен жетістік. Кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ететін Ethernet қолжетімді метрополитендік желілер (Metropolitan Area Networks) - бұл үлкен өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ететін ең қолайлы шешім. Бірақ ең бастысы ол пайдалы қызметтер үшін мүмкіндіктер ашады.

Бұл жобада ETTN (Home Ethernet) технологиясы Triple Play кең жолақты байланыс қызметі тұжырымдамасына (Megaline, iD phone, iD TV) арналған.

FTTH шешімінің мақсаты қарапайым және арзан Ethernet желісі бойынша мәтіндік және бейне ақпараттарды жіберу. Осы шешімнің бірегей аспектісі клиенттің бөлмесінен желіні гигабайтпен қамтамасыз ету үшін талшықты Ethernet тарату ортасы ретінде пайдалану мүмкіндігі.

Желілік қызметтерді жеткізушілер үшін нарықта көптеген тартымды ғимараттар бар: офистік кешендер, сауда-саттық парктері, қонақ үйлер, университеттер, көп пәтерлі үйлер, коттеждік ауылдар.

Әкімшілік желілер (MAN) әдетте жаңа ғимараттарға Ethernet байланысын қамтамасыз ету үшін «қара» талшықтарды пайдаланады. Бұл қол жеткізудің басты артықшылығы - аралық күшейтусіз 100 км дейінгі қашықтық пен жылдамдық, шексіз өткізу қабілеттілігі және регенерациясыз.

Gigabyte Ethernet (1 және 10) корпоративтік желілерге ғана емес, сондай-ақ Metro Ethernet операторларының желілерін құруға баға мен өнімділік коэффициенттерін қадағалау үшін керемет таңдау болды.

Ғимарат ішіндегі сызық үшін ең жақсы шешім - бір реттік және полиметалл талшық, сондай-ақ 5-ші санаттағы свинг жұбы. DSL Ethernet технологиясы ретінде дамытылған Ethernet технологиясы кабельдік модемдер мен сымсыз шешімдерге қарағанда әлдеқайда тиімді өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етеді.



## 2 Жобалық шешімдер

### 2.1 ЕТТН - құрылысының әдістері

ЕТТН - Үйге Ethernet - Ethernet технологиясына үйге жылдам кіру. ЕТТН шешімдерінің мақсаты (сөздік - Ethernet үйі) қарапайым және арзан Ethernet желісі бойынша мәтіндік және бейне ақпаратын жіберу болып табылады. Мұндай шешімдердің бірі - клиенттің бөлмесінен желі бойынша гигабитті қолжетімді ету үшін Ethernet тарату ортасы ретінде талшықты оңтайлы пайдалану мүмкіндігі. Желілік қызметтерді жеткізушілер үшін нарықта көптеген тартымды ғимараттар бар: офистік кешендер, сауда-саттық парктері, қонақ үйлер, университеттер, көп пәтерлі үйлер, коттеждік ауылдар. Қалалық желілер Ethernet желісін жаңа ғимараттарға қосу үшін талшықты пайдаланады. Бұл қол жеткізудің басты артықшылығы - аралық күшейтусіз 100 км дейінгі қашықтық пен жылдамдық, шексіз өткізу қабілеттілігі және регенерациясыз. Ғимараттың ішіндегі сызық үшін ең жақсы опция - бір метрлік және мульти-модальды талшық, сондай-ақ 5-санаттағы бұралған жұп.

ЕТТН-ке қосылудың негізгі артықшылығы - ұсынылатын қызметтердің сапасы:

- барлық хабарламалар талаптарға қатаң сәйкес келеді;
- Әрбір үйде салынған талшықты-оптикалық кабельдер жер астымен, ағаштар мен қалалық жарықтандырғыштармен жабылған жоқ.

ЕТТН технологиясы - кеңжолақты абоненттік қатынаудың тамаша шешімі. ЕТТН «DSL» -ге тән барлық жылдамдық пен қашықтығы шектеулерден «босатылады».

ЕФТ маңызды инвестиция қажетіне қарамастан, ұзақ мерзімді шешім ретінде танылады. Бұл технология ұзақ мерзімді және ағымдағы шектеулері жоқ.

Бүгінгі күні кеңжолақты қатынауды қамтамасыз ететін бірқатар қолжетімділік технологиялары бар, ал ЕТТН қызмет провайдеріне бәсекелестерінің артықшылықтарын пайдалануға көмектеседі.

Маркетингтік тәжірибеге сәйкес 118 көпқабатты үй қосылады.

Инвестициялық жобалардың үлгілік матрицасына сәйкес, «Самұрық-Қазына» холдингінің талаптарына сәйкес, бұл жоба D1 типті жіктелуіне сәйкес келеді.



Сурет 2.1 – ЕТТН құрылысы

Кесте 2.1 – Инвестициялық жобалардың үлгісі

Жоба түрлері, қолдану аясы	Стратегиялық ірі	Кеңейту және жаңғырту	Күрделі жөндеу және жаңалау
	S	D	R
Профилді қызмет	S1	D1	R1
Профилді емес қызмет	S2	D2	R2
Басқару және әкімшілік	S3	D3	R3
Әлеуметтік сала	S4	D4	R4

Жобаның мақсаты.

Жобаның негізгі мақсаты абоненттерге жоғары жылдамдықпен Интернет желісіне қол жеткізу, сондай-ақ абоненттік базаны кеңейту және қызметтер спектрін кеңейту жолымен Компания кірістерін арттыру болып табылады.

Жобаның мақсаты.

Мақсатқа жету үшін біз:

- ГЭФ дамыту;
- СНР үшін мердігерлік шарт жасасу;
- жабдықтарды сатып алуға арналған жабдықтарды жеткізу және бәсекелесу;

- UTP-5е тарату кабелін енгізу;
- TTN жабдықтарын орнату және орнату;
- Жабдықты орнату және тестілеу.

Жобаны іске асыру стратегиясы

Жобаны іске асыру стратегиясының мәні - 100 Мбит / сек, ТРА деректер беру жылдамдығы бар жаңа ADSL2 + жабдықтарына қол жеткізудің жаңа технологиясына (жергілікті қазақстандық веб-сайттарға) қолжетімділік пен жылдамдыққа негізделген желі құру.

Бұл жоба қызметтер көрсетуді кеңейтуге, бизнесті дамытудың жаңа жоғары деңгейіне жетуге және бәсекеге қабілеттілікті арттыруға топтастыруға болады.

Стратегияны іске асыру Интернет желісіне және басқа да әмбебап қызметтерге қол жеткізу үшін жергілікті ақпаратты тарату желісін кеңейтеді.

Жоба бойынша, едендер әртүрлі болғандығын ескерсек, 740 үйді қамту жоспарланып отыр, онда екі пәтердің 24-і пайдалануға беріледі. Жобаны жүзеге асыру үшін жоспарланған порттардың саны 28416. Жобаны сәтті жүзеге асырудың нәтижесінде:

- 3800 жаңа байланыс;
- 1200 релелік қосылыстар.

## **2.2 Жобаның техникалық сипаттамалары**

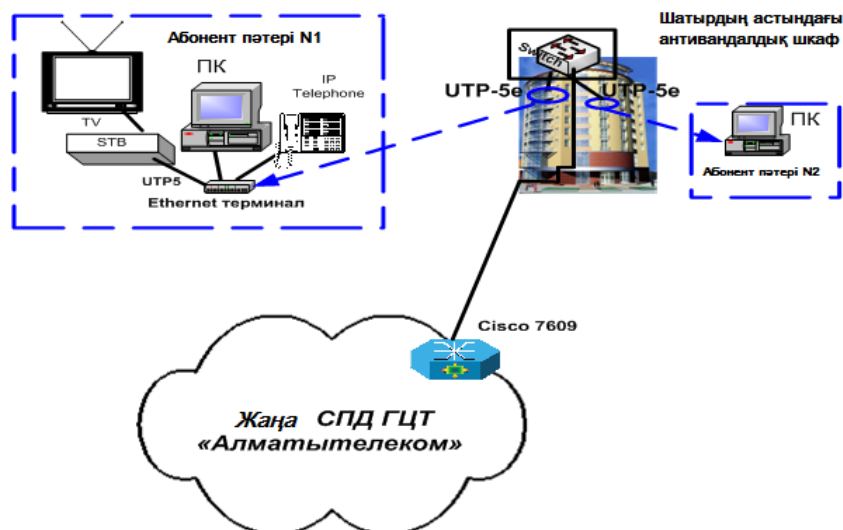
Жобаны іске асырудың негізгі алғышарттары бәсекеге қабілеттілігін арттыру, қолданыстағы клиенттік базаны қолдау және кеңейту қажеттілігі болып табылады. ТРР-ке қол жеткізу желісін құру Ethernet коммутаторларын тұрғын ауданының кіреберісінде орнатылған шкафтарда орнату арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда, жабдық клиенттің жанында орналасады, ол көрсетілетін қызметтердің сапасы мен жылдамдығын едәуір арттырады.

2.2-сурет ТЕМ байланыс желісінің қолжетімділігін ұйымдастыруды көрсетеді.

Жобаның техникалық шешімі - кабельді төсеу, шкафты орнату, UTP кабелін салу.

Көлік құралы ретінде, Cisco желілік жабдыққа негізделген Алматының Шұғыла ауданындағы МЕ деректер желісі пайдаланылады.

Zухel 4728 қосқыштарын ең кішкентай түйіндерді қосу үшін пайдалану, ал үлкен түйіндерді қосу үшін Cisco 4507 қосқышы пайдаланылады. (2.3 және 2.4 қосылым диаграммаларын қараңыз)



Сурет 2.2– ЕТТН қолжетімділігінің ұйымдастырылу сұлбасы

Климаттық жабдықтар мен ЭПУ жабдығының талап етілмейді, өйткені жабдық диапазоны  $-20^{\circ}\text{C}$ -тан  $+40^{\circ}\text{C}$ -ге дейін. Электр қуатын жоғалтқан жағдайда, әр қосқышқа арналған UPS үздіксіз іске қосу үшін қосқышты сатып алынады.

Желінің қол жетімділігі.

3 функционалдық деңгей дамыды:

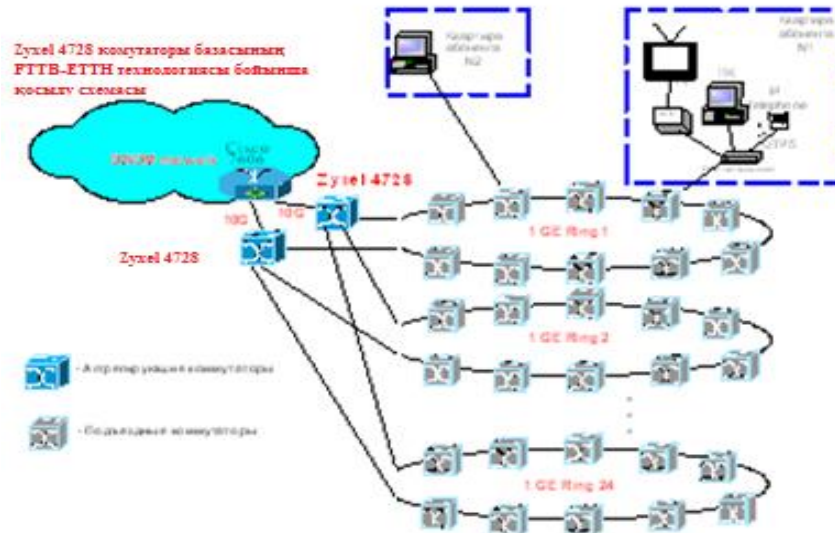
- 1) клиентке қол жетімділікті қамтамасыз ететін қол жетімділіктің деңгейі;
- 2) агрегацияның деңгейі;
- 3) қалалық магистральдық желі.

Metro Ethernet магистральдық желі ретінде пайдаланылады. Оптикалық Gigabit Ethernet порттары Cisco 7609 коннекторы болып табылады.

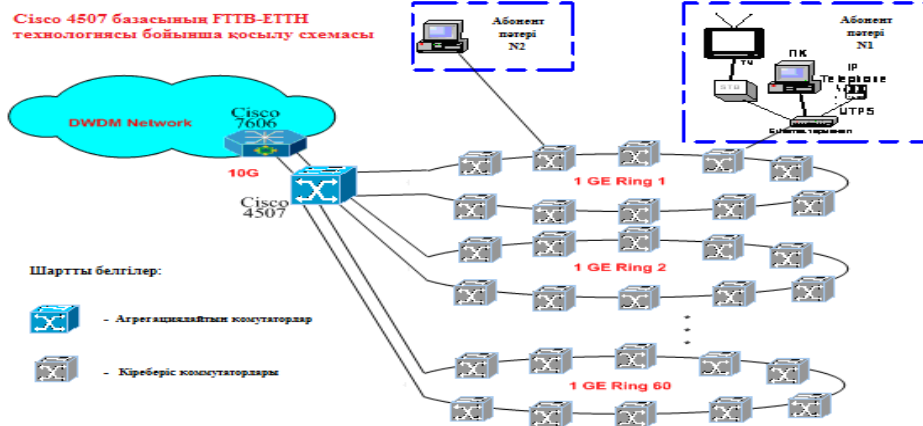
Cisco жабдықтары Layer 2 Ethernet қосқышын 16 оптикалық Gigabit Ethernet портына қосады. Олар жобаланған желіні біріктіру деңгейін құрайды.

Ethernet Switch 2 24 сымды Fast Ethernet порттары және 2 оптикалық порттары бар опция ретінде пайдаланылады.

Бұл үлгідегі қуатты үнемдейтін 2 трафикті біріктіру түйіндері. Арнайы түйіндер жұлдызды агрегация түйініне қосылады. Бұл схеманың артықшылығы - желілік тұтастығын тек агрегирлеу түйіндерінде сақтау мүмкіндігі.



Сурет 2.3 - Кішірек түйіндердің қосылу диаграммасы



Сурет 2.4 - Үлкен түйіндердің қосылу диаграммасы

Аудандардың біреуінің мысалында жабдықтың қосылу сұлбасы төменде көрсетілген, 2.5-сурет.



## Сурет 2.5 – Шұғыла ықшам ауданында жобаланатын ЕТТН желісінің сұлбасы

Аралас коммутациялық қондырғылар орнатылған ауаны баптау жабдықтары, компьютерлер мен батареялар, сыртқы шкафтардағы оптикалық сөрелер. ОК-16 қосылымы талшықты-оптикалық кабель болып табылады. Қол жетімділік қосқыштары ОК-8 кабелі арқылы командаларға ауысу және үйде тұру үшін қосылады. Ғимараттың жоғарғы қабаттарында, оптикалық массивтермен, патч панелімен, телекоммуникациялық шкафтармен жабдықталған оптикалық сигналдық құлып қосылды.

Талшықты-оптикалық кабельдің радиолокациялық желілерінде жер асты байланысы есебінен телефондық кәріз құрылысының күрделілігіне байланысты «төменгі аймаққа» ену үшін құбырлы колонканы пайдалану ұсынылады.

Негізгі идеялар:

- сегіз сымды кабель;
- түсіруге арналған клиптер;
- Радиобайланысты пайдалану;
- Жер деңгейінде үзіліссіз жұмыс жүргізу.

Авиация әдісінің негізгі артықшылықтары:

Бұл сызықтар үйдің төбесін бойлайды, ал сызық қарапайым және үнемді.

ШОК құрылысы өте арзан, жер асты суларынан, ауыр техникадан, крандардан және т.б. қарағанда әлдеқайда арзан.

Жоғары құрастыру жылдамдығы.

Бес адамнан тұратын команда күніне бір километр жол жүре алады. Бұдан басқа, орнатудан кейін ешқандай қоқыс шығарылмайды.

Төтенше және арзан апаттарды қалпына келтіру және жөндеу.

Жазуды жеңілдету.

Порттардың сыйымдылығын кеңейту қажеттілігіне қарай 8, 16 немесе 24 Fast Ethernet порттарына қосымша порттар орнатылады. Қосымша қосқыш UTP кабелін пайдаланып каскадқа қосылады және қосымша талшықтарда оптикалық кабельде қосымша орын жоқ.

Дизайн шешімдерін таңдау факторлары.

Жабдықтың болуы аймақтағы абоненттердің тығыздығына байланысты таңдалады. Бұл жағдайда Fast Home Ethernet үйінде 1 порт 24 порты болады.

Жоғары өнімділік

Ethernet технологиясы ағымдағы коммутация технологиялары, DSL, кабельдік модемдер, АТМ / FR және тіркелген желілерден жылдамдық. Жоғары өткізу қабілеттілігінің мүмкіндіктері пайдаланушылар арасында ең толық ақпараттық мазмұнды таратуға мүмкіндік береді.

Басқа технологиямен интеграциялау (интеграция)

Бұл схема (Wi-Fi) 802.11b стандарты арқылы сымсыз құрылғылармен оңай біріктіріледі. 802.11b кіру нүктелерін қарапайым орнатуды қоспағанда, арнайы шаралар қажет емес.

### 3 Есептеу бөлімі

#### 3.1 Тарату жүйесінің және оптикалық кабелдің сипаттамасы

Талшықты-оптикалық коммуникациялар металдық негізде жіберуші ортаны пайдаланатын электрондық жүйелермен салыстырғанда қатар артықшылықтарға ие. Талшықты-оптикалық жүйелерде жіберілетін сигналдар сыртқы электрондық, магнитті немесе радиожилікті бөгеттердің ешқандай пішіндерінен бұрмаланбайды. Қорыта келгенде, оптикалық кабельдер жоғарғы кернеудің көзін тудыратын бөгеттерге толық қабілетті емес. Тіпті, оптикалық талшық компьютер қосымшаларына қазіргі стандарттардың талаптарына сәйкес болу үшін оны мінсіз жасайтын сәулеленуді шығармайды. Оптикалық сигнал жерге тұйықтаудың жүйесінің бар болуын талап етпейтіндіктен, таратқыш пен қабылдағыш бір-бірінен электрлік оқшауланған және паразиттік тоқ топсаларының пайда болуына байланысты мәселелерден еркін. Ұшқындауды немесе электр дәрежелері шығаратын екі терминалдың арасында жерге тұйықтаудың жүйесінде потенциалдардың жылжуы жоқтығынан, жарылатын немесе тұтанғыш орталардағы қауіпсіз жұмыс талап болып табылғанда, талшықты оптика көп қосымшаларды іске асыру үшін аса артышылықты таңдау болады.

Сандық есептеуіш жүйелері, телефон соғу және видео-хабар тарататын жүйелері таратушы сипаттамаларды жақсарту үшін жана бағыттар талап етеді. Оптикалық кабелдің спектрінің үлкен ені каналдың сыйымдылығын жоғарылатуды білдіреді. Одан басқа, кабельдің ұзындау кесінділері репитердің кіші санын талап етеді, өйткені талшықты-оптикалық кабель өшудің өте төмен деңгейлеріне ие болғандықтан. Бұл қасиет толықтай хабарлау және телекоммуникациялық жүйелер үшін тамаша жарасады.

Талшықты-оптикалық кабельдердің тең өткізгіштік қабілеті бар кәдімгі коаксиалды кабелдермен салыстырғандағы кіші диаметрі және салмағы салыстырмалы жеңіл монтажды білдіреді, әсіресе толтырылған тас жолдарда. Бір талшықты кабельдің 300 метрі 2, 5 кг-ға жуық тартады. Коаксиалды кабельдің 300 метрі 32 кг тартады – жуық шамамен 13 есе артық.

Жасырын тыңдаудың электрондық әдістері электромагнитті бақылауға негізделген. Талшықты-оптикалық жүйелер осыған ұқсас техникаға қатысы жоқ. Оған мәліметтерді алу үшін сигналдың деңгейін төмендететін және қателердің деңгейін жоғарылататын физикалық қосылуы керек – екі оқиға оңай және тез мәлім болады.

Ядро. Ядро - шыныдан да, пластикадан да жасалатын талшықтың сәуле таратқыш бөлігі. Ядроның диаметрі үлкейген сайын талшық бойымен саны көп сәуле тарала алады.

Демпфер. Демпфердің тағайындалуы - ядроға жарықтың қайта шағылыстыру үшін, яғни сәуле толқындары талшық бойымен таралу үшін ядромен шекарада аса төмен сыну коэффициентін қамтамасыз ету.

Қабық. Қабық әдетте көп қабатты болады, талшықтың беріктігін қамтамасыз ету, соққыларды жұту үшін және қоршаған орта әсерінен талшықты қосымша қорғауды қамтамасыз ету үшін пластикадан жасалады. Мұндай буферлік қабықтардың жуандығы 250-ден 900 мкм-ге дейін болады.

Жалпы жағдайда талшықтың өлшемі оның ядросы, демпфер және қабықтың сыртқы диаметрлері бойынша анықталады. Мысалы, 50/125/250 - 50 мкм ядроның диаметрімен, 125 мкм демпфердің диаметрімен және 250 мкм қабықтың диаметрімен талшықтың сипаттамасы.

Талшықтың түрі талшықтың ядросында сәулемен өтетін "мода" деп аталатын жолдардың түрі бойынша теңестіреді. Талшықтың негізгі екі түрі бар

- көп модалы және бір модалы. Көп модалы талшықтардың ядросы сатылы немесе градиентті сыну көрсеткіштеріне ие бола алады.

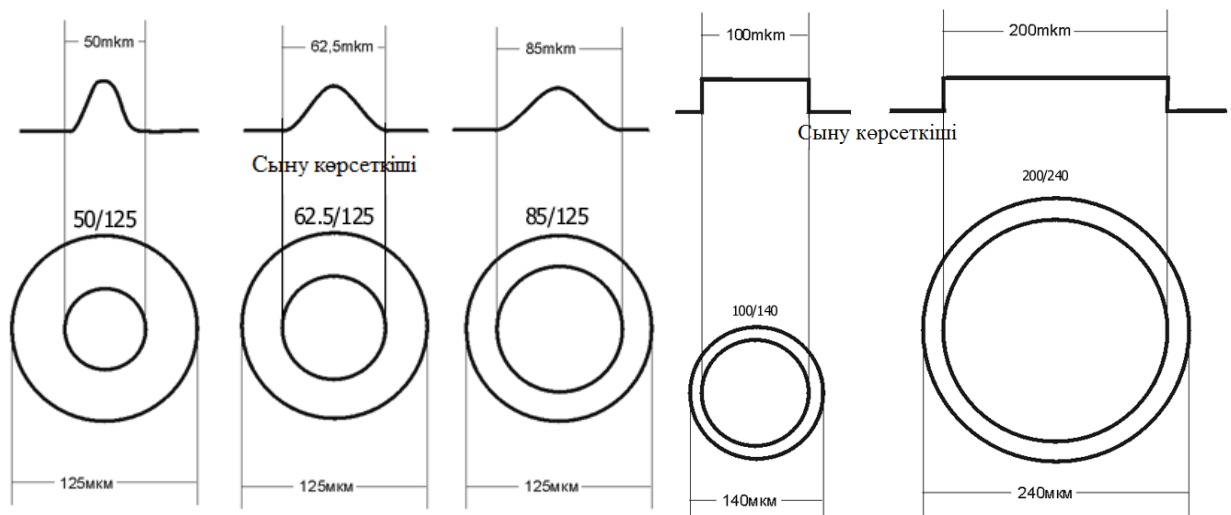
Сатылы сыну көрсеткішпен көп модалы талшық ядроның және демпфердің сыну көрсеткіштерінің арасындағы кенет, сатылы айырмашылықтан өз атын алды. Градиентті сыну көрсеткішімен кең тарлаған көп модалы талшықта жарық сәулесі саны көп жолдар бойынша талшықта таралды. Сатылы сыну көрсеткішті талшықтан айырмашылығы, градиентті көрсеткішпен ядрода әрқайсысы талшықтың өсінен жоюдың өлшемі бойынша алдыңғы қабатпен салыстырғанда өте төмен сыну көрсеткішіне ие болатын шынының саны көп қабаты бар. Мұндай сыну көрсеткіштің градиентін қалыптастыру нәтижесі жарық сәулесі сыртқы қабаттарда үделенуі және олардың талшықта таралу уақыты талшық өсіне жақын өте қысқа жолдар бойымен өтетін сәулелердің таралу уақытымен теңесуі болып табылады.

Қорыта келгенде, градиентті сыну көрсеткішпен талшық әр түрлі модалардың таралу уақытын, талшық бойымен мәлімет өте алыс қашықтықтарға және жарықтың импульстары қабылдағыштың жағында жабыла және айырғысыз бола бастаған сол моментке дейін өте жоғарғы жылдамдықта тарала алатындай, осылай түзейді.

Градиентті көрсеткішпен талшық нарықта 50, 62,5 және 100 мкм ядроның диаметрлерімен бар.

Бір модалы талшық көп модалыдан өзгешелігі ядрода жалғыз ғана сәуленің немесе жарықтың модасының таралуына мүмкіндік береді. Бұл импульстердің қабаттасуын тудыратын кез келген бұрмалауды жояды. Бір модалы талшықтың ядросының диаметрі өте кіші – шамамен 5-10 мкм. Бір модалы талшық көп модалы түрлердің кез келгеніне қарағанда өте жоғарғы өткізгіштік қабілетке ие. Мысалы, су асты теңіз телекоммуникациялық кабельдері бір модалы талшықтардың бір жұбында 60000 сөздік каналдарын таси алады. Оптикалық талшықтардың түрлері 3.1-суретте көрсетілген.





а) Градиентті көп модалы талшық б) Сатылы көп модалы талшық



в) Сатылы бір модалы талшық

Сурет 3.1— Оптикалық талшықтардың түрлері

### 3.2 Оптикалық кабельдегі негізгі энергия шығындары

Жарық электромагниттік толқын болып табылады. Жарық жылдамдығы вакуумда жарықтың таралу жылдамдығымен салыстырғанда мөлдір материалдарда таралған кезде азаяды. Сонымен бірге инфрақызыл диапазонды толқындар оптикалық талшықта әр түрлі тарайды. Сондықтан өшу немесе оптикалық қуаттың жоғалуы талшықтың әр түрі үшін арнайы толқын ұзындықтарында өлшенуі тиіс. Толқын ұзындықтары нанометрде (нм) өлшенеді.

Әр түрлі толқын ұзындықтарында оптикалық қуаттың шығыны оптикалық талшықта жұтылу, шағылысу және шашырау салдарынан болады. Бұл шығындар жүрілген қашықтықтан және талшықтың нақты түрінен, оның өлшемінен, жұмыс жиілігінен және сыну көрсеткіштерінен бағынышты болады. Белгілі толқын ұзындығында жұтылу және жарықтың шашырау

салдарынан оптикалық қуаттың шығын мөлшері оптикалық қуаттың децибелінің километрге қатынасымен (дБ/км) өлшенеді.

Талшық белгілі толқын ұзындықтарындағы жұмыс үшін оптимизациялаған. Мысалы, 1300 нм толқын ұзындығындағы 50/125 мкм көп модальды талшық үшін 1 дБ/км жоғалтуға және 850 нм-дегі сол талшық үшін 3 дБ/км-ден кем (50%-ші қуат шығыны) шығынға жетуге болады. Бұл екі толқындық аймақтар – 850 және 1300 нм оптикалық талшықтардың жұмыс сипаттамалары үшін жиі анықталатын облыстары болып табылады және қазіргі коммерциялық қабылдағыштар және таратқыштармен пайдаланылады. Одан басқа, бір модальды талшық 1550 нм аймақта жұмыс істеу үшін оптимизациялаған.

Коаксиалды кабельде жиілік артқан сайын, соншалықты қашықтықты үлкейтумен сигналдың амплитудасы азаяды және бұл оқиға өшу деп аталады. Оптикалық талшық үшін жиілік ол жұмыс жиілігінің диапазонының шегіне жетпейінше тұрақты боады. Сонымен, оптикалық шығындар тек арақашықтыққа пропорционалды. Талшықта мұндай өшу химиялық ластанулармен туған біртекті еместе және талшықтың материалының молекулалық құрылымындағы жарық толқындарының жұтылу мен шашырауымен пайда болған. Бұл талшықтағы микрообъектілер оптикалық сәулеленуді жұтады немесе шашыратады, ол ядроға түспейді және жоғалады. Талшықта өшу белгілі толқын ұзындықтары үшін өндірушімен спецификациялайды: мысалы, 850 нм толқын ұзындығы үшін 3 дБ/км.

Шағынқатпарлардағы шығын. Арнайы қорғаусыз оптикалық талшық шағынқатпарлар салдарынан оптикалық қуаттың шығынына ұшырайды. Шағынқатпарлар – бұл талшықтың ядродан оптикалық қуаттың шығыныны алып келетін сыртқы күштердің әсерінен микроскоптық бұрмалануы. Шағынқатпарлардың пайда болуын алдын алу үшін әр түрлі талшықты қорғаудың түрі қолданылады. Сатылы көрсеткішті талшық градиентті көрсеткішті талшыққа қарағанда шағынқатпарлардағы шығындарға қатысты аса төзімді.

Өткізу жолағы (спектр ені) – бұл талшықтың бірлік уақытта белгілі көлемді ақпаратты жіберу қабілетінің өлшемі. Жолақ кең болса, соғұрлым талшықтың ақпараттық сыйымдылығы жоғары болады. Жолақ МГц-км көрсетіледі.

Мысалы, 200 МГц-км жолақпен талшық бойымен 1 км арақашықтыққа 200 МГц жиілікпен немесе 2 км-ге дейін арақашықтыққа 100 МГц жиілікпен мәліметтер жіберуге болады. Салыстырмалы үлкен өткізу жолағының арқасында талшықтар айтарлықтай ақпарат көлемдерін жібере алады. Градиентті сыну көрсеткішпен бір талшық секундына 500 миллион бит ақпарат оңай жібере алады. Талшықтың барлық түрі үшін жолақ енінің талшық құрамынан және пайдаланатын оптикалық қуаттың көзінің түрінен тәуелді шектеулігі бар. Талшық бойымен жіберіліп отырған мәліметтерді дәл жаңғырту үшін жарық импульстары айқын ажыратып танылатын пішінді және импульстік аралыққа ие болатындай бір-бірінен бөлек таралуы керек. Алайда, импульстардың әрқайсысын таситын сәулелер көп модальды

талшықтың ішінде әр түрлі жолдармен өтеді. Сатылы сыну көрсеткіші бар талшықтар үшін, әр түрлі бұрыштармен талшық бойымен ирек тәрізді өтетін сәуле әр түрлі уақытта қабылдағышқа жетеді. Бұл қабылдау нүктесіне жеткен импульстердің уақыт айырмашылығы сызықтың шығысындағы импульстердің бұрмалануына және бір-біріне қабаттасуына алып келеді. Бұл модалді шашырау немесе модалді дисперсия, немесе жарық импульсінің кеңеюі деп аталатын жиіліктің таралу үшін мүмкіндікке шек қояды, себебі қайда бір импульстің бітетінің және келесінің басталатының детектор анықтай алмағандықтан. Талшыққа бір уақытта кіретін және 1 км өтетін жарықтың ең тез және ең баяу модаларының өту уақыттарының айырмашылығы бар болғаны 1-3 нс болуы мүмкін, алайда мұндай модалді дисперсия үлкен қашықтықтарда жұмыс істейтін жүйелерде жылдамдық бойынша шектеуге әкеліп соқтырады. Қашықтықтың екі еселенуі дисперсияның әсерін екі есе өсіреді. Модалді дисперсия шақырымға наносекундтерде жиі көрсетіледі, мысалы, 30 нс/км. Сонымен қатар, ол жиілік түрінде көрсетілуі мүмкін, мысалы, 200 МГц-км. Бұл талшық немесе жүйе 200 МГц-ке дейін жиілік шектерінде жұмыс істей алатындығын білдіреді, алдымен шашырау бір километрден астам қашықтықтарда өткізу қабілетіне біліне бастағанда. Бұл жүйе екі шақырымды қашықтыққа 100 МГц жиілікпен сигнал жібере алады.

Дисперсия талшықтың барлық үш түрінің арасынан жолақтың ені бойынша сатылы сыну көрсеткішті көп модалы талшықты ең аз тиімді жасайды. Сондықтан ол таралудың қысқа бөлімшелерінде және төмен жиілігінде пайдаланылады. Сатылы талшықтың жолақ енінің мәні 20 МГц-км болып табылады.

Бір модалы талшықтың ядросының өлшемдері кіші, талшық бойымен жалғыз жарық сәулесі өтуіне мүмкіндік беретін – 8-ден 10 мкм-ге дейін. Бұл жағдайда модалді дисперсия толық болмағандықтан, мұндай талшықтың шақырымға бірнеше жүздеген гигагерцтен артық жұмыс жиіліктеріне жетуге мүмкіндік беретін өткізу жолағы көп модалыға қарағанда үлкенірек (ГГц-км).

Оптикалық талшықтар әр түрлі толқын ұзындықтары ортада әр түрлі жылдамдықпен тарайтын салдарынан пайда болатын дисперсияның тағы бір түріне ие болады. Мұндай "спектрлік дисперсияны" шыны призма арқылы өткенде ақ жарық кемпірқосақтың жеті түсіне ыдырағанда бақылауға болады. сәулелердің таралу траекторияларында айырмашылыққа алып келетін, әр түрлі түстер көрсететін толқындар ортада әр түрлі жылдамдықпен қозғалады. Егер талшықты жүйенің оптикалық көзі бір жиіліктегі жарықты сәулелесе, онда спектрлік дисперсия немесе материалдық дисперсия (немесе оны әлі жиі атайтын хроматты дисперсия) жойылар еді. Шынымен де, абсолютті монохроматты жарық көздері жоқ. Лазер сәулеленетін жарықтың спектрінің белгілі, өте шағын кеңеюіне ие. LED (жартылай өткізгіш жарық диодтар) негізіндегі жарық көздерінің, лазерге қарағанда, спектрлік диапазоны 20 есе кең және спектрлік дисперсиясы да әлдеқайда жоғары. Шыны талшықта дисперсия бір модалы талшықтарға осы толқын ұзындықта айтарлықтай жолаққа ие болуға мүмкіндік беретін 1300 нм жуық аймақта ең төмен.

Бір модалы талшық әдетте өзінің жоғары спектрлік тазалығының арқасында лазер көздерімен пайдаланылады. Бұл жүйелердің қызмет етуін қамтамасыз ету үшін өте дәл коннекторлар және жалғастырғыш керек.

Өзінің төмен шығындарының және жоғарғы өткізу сипаттамаларының арқасында бір модалы талшықтар, әдеттегідей, ең жақсы және қала аралық телекоммуникациялық жүйелер сияқты ұзын жоғарғы жылдамдықты сызықтар үшін жалғыз таңдау болып табылады.

Бір модалы талшық пен сатылы сыну көрсеткішті талшықтың арасында градиентті сыну көрсеткішті талшық орналасады. Модалді дисперсияның әсерін азайту үшін мұндай талшықтарда сәуле ядроның өстеріне біртіндеп артқа қайта бағытталады. Градиентті сыну көрсеткішті талшық сатылы сыну көрсеткішті талшыққа қарағанда, анағұрлым үлкен жолақтарға ие. 600 МГц-км жолақпен градиентті сыну көрсеткішті талшық бойымен 30 км-ге дейін қашықтыққа 20 МГц модуляциямен сигнал жіберуге болады. Мұндай шыны талшықтың құны ең төмендердің бірі болып табылады. Оптикалық кабельдердің стандарттары 3.1-кестеде көрсетілген.

Кесте 3.1 – Оптикалық талшықтардың стандарттары және олардың қолдану аймағы

Көп модалы талшық		Бір модалы талшық
MMF 50/125 Градиентті талшық	MMF 62,5/125 Градиентті талшық	SF 8/125 Сатылы талшық
ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	ЛВС(Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM)	Ұзын желілер (Ethernet, Fast/Gigabit Ethernet, FDDI, ATM, SDH магистралдары)

### 3.3 Талшық параметрлерін және регенерациялық бөлімшенің ұзындығын есептеу

ЕТТН технологиясы бойынша абоненттік қолжетімділіктің таралу орта ретінде бір модалы талшықтар пайдаланылады.

Талшықты жарық өткізгіштің ең маңызды қорытылған параметрі апертура болып табылады.

Апертура - бұл толық ішкі шағылысу шарты орындалатын, оптикалық ось пен талшықты жарық өткізгіштің шетіне түсетін жарық конусын құрастыратындардың бірі арасындағы бұрыш.

Қабықтың сыну көрсеткішін есептейміз  $n_2$ , кабелдің оптикалық сипаттамаларынан сүйене отырып, сандық апертура  $NA = 0,13$

Белгілі:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.1)$$

мұнда  $n_1$  – өзекшенің сыну көрсеткіші, 1,4681.

Онда:

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}, \quad (3.2)$$

$$n_2 = \sqrt{1.4681^2 - 0.13^2} = \sqrt{2.1553 - 0.0169} = 1.4623.$$

Талшықты жарық өткізгіштің оның құрылысын бағалу үшін қолданылатын маңызды параметрі нормаланған жиілік  $V$  болып табылады.

Ол өзекше ( $g1$  а) мен сыртқы қабық ( $g2$  а) үшін цилиндрлік функциялардың аргументтерінің қосындысы болады:

$$\begin{aligned} V &= ((g1 a)^2 - (g2 a)^2)^{1/2} = ((k1^2 - b^2) + (b^2 - k2^2))^{1/2} = (k1^2 - k2^2)^{1/2} = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / \lambda = 2 \cdot 3.14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0.13 / (1.55 \cdot 10^{-6}) = 2,3702, \end{aligned} \quad (3.3)$$

мұнда  $a$  – қабықтың өзекшесінің радиусы,  $a = 4,5$  мкм;

$n_1$  – өзекшенің сыну көрсеткіші,  $n_1 = 1,4681$ ;

$n_2$  – қабықтың сыну көрсеткіші,  $n_2 = 1,4623$ .

Кабелдің параметрлерінің есептелуін, біз  $2a = 9$  мкм өзекшенің диаметрімен және  $\lambda = 1250$  нм критикалық толқын ұзындығымен сатылы сыну көрсеткішті бір модалы талшыққа ие екенімізге сүйеніп,  $1550$  нм толқын ұзындықта моданың өрісінің диаметрі  $2\omega_0$  түрлендірейік.

$$2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \lambda / V_c \cdot \lambda c) \cdot 2a, \quad (3.4)$$

мұнда  $\lambda$  - жұмыс толқын ұзындығы, нм;

$\lambda_c$  - кризистік толқын ұзындығы, жарық өткізгіште тек қана негізгі мода бағытталатыннан жоғары;

$V_c$  – бір модалы  $V_c = 2,405$  үшін критикалық нормаланған жиілік критическая нормированная частота, для одномодового режима  $V_c = 2,405$ .

$$\lambda = 1550 \text{ нм: } 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot 1550 / 2,405 \cdot 1250) \cdot 9 = 12 \text{ мкм.}$$

Бұл  $12$  мкм дейін өзекшенің диаметрімен ОТ таңдауға болатының білдіреді.

Жарық өткізгіште өзекше – қабық орталарының бөлімінің шекарасы мөлдір шыны болатының ескергенде, оптикалық сәуленің шағылысуы ғана емес, сонымен қоса оның қабыққа енуі болуы мүмкін. Қабыққа энергияның ауысуын және қоршаған кеңістікке сәулеленуді алдын алу үшін толық ішкі шағылысу шартын және апертураны ескеруіміз қажет. Үлкенірек тығыздықты ортадан кішірек тығыздықты ортаға ауысу белгілі, яғни  $n_1 > n_2$ ,

толқын белгілі бұрышпен түскенде толық шағылысады және басқа ортаға өтпейді. Барлық энергия бөлімнің шекарасынан шағылысуынан бастағанда,  $w_r = \theta$  болғанда түсу бұрышы толық ішкі шағылысу бұрышы деп аталады:

$$\sin \theta = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{\frac{m_2 \cdot e_2}{m_1 \cdot e_1}}, \quad (3.5)$$

мұнда  $m$  және  $e$  –  $(m_1, e_1)$  өзек және  $(m_2, e_2)$  қабықтың тиісінше магнитті және диэлектрлік өтімділіктері.

$w_r < \theta_B$  болғанда сынған сәуле «өзекше – қабық» бөлімінің шекарасынан бойлай өтеді және қоршаған ортаға сәулеленбейді.

$w_r > \theta_B$  болғанда өзекшеге келген энергия толық шағылады және жарық өткізгіште таралады. Толқынның  $\theta_B$  –дан 90 градусқа дейін шектілікте  $w_r > \theta_B$  түсу бұрышы үлкен болған сайын, таралудың шарты жақсырақ болады және қабылдау нүктесіне толқын тезірек жетеді. Бұл жағдайда барлық энергия жарық өткізгіштің өзекшесінде шоғырланады және қоршаған ортаға іс жүзінде сәулеленбейді. Толық шағылысу бұрышынан кіші бұрышпен сәуле түскенде, энергия қабыққа енеді, қоршаған ортаға сәулеленеді және жарық өткізгішпен жіберу тиімсіз болады.

Толық ішкі шағылысу заңы талшықты жарық өткізгіштің кірісіне жарықтың ену шартын алдын ала анықтайды. Жарық өткізгіш тек өлшемі толық ішкі шағылысу бұрышымен  $\theta_B$  шартталған  $\theta_a$  бұрышы шегінде алынған жарықты өткізеді. Бұл  $\theta_a$  бұрышы сандық апертурамен сипатталады:

$$NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = (1.4681^2 - 1.4623^2)^{1/2} = 0.13.$$

Толық ішкі шағылысу бұрыштары мен сәуленің апертуралық түсу бұрышының арасында өзара байланыс бар.  $\theta_B$  үлкен болған сайын,  $\theta_a$  талшықтың апертурасы кішірек болады. «Өзекше – қабық» бөлімінің шекарасында  $w_r$  сәуленің түсу бұрышы толық ішкі шағылысу бұрышынан  $\theta_B$  үлкенірек болуына және  $\theta_B$ -дан 90 градусқа дейін аралықта болуына, ал жарық өткізгіштің шетіне сәулені енгізу бұрышы  $w$  апертуралық бұрышқа  $\theta_a$  ( $w < \theta_a$ ) жатқызылуына ұмтылу керек.

Толық ішкі шағылысу шарты орындалып жатқанда,  $\theta_c$  кризистік бұрышын табамыз:

$$\theta_c = \sqrt{1 - \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{1.4623}{1.4681}\right)^2} = 0.09 \text{ рад} \approx 5,16^\circ. \quad (3.6)$$

Өзекшенің  $n_1$  және қабықтың  $n_2$  сыну көрсеткіштерін біле  $\Delta$  сыну көрсеткіштердің салыстырмалы айырымын есептейміз:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681} = 0.00395 \approx 0.395\%$$

(3.7)

ТОК-де SZ-құрылымын есептейік:

360° -қа толық айналымның өрісінің адымы S бұра қадамы деп аталады.

Есіілетін(свиваемыми) элементтер мен кабелдің көлденең қимасы арасындағы бұрыш бұра бұрышы  $\alpha$  деп аталады. Кабелдің өсі мен есіілетін элементтер арасындағы арақашықтық бұра радиусы R деп аталады.

Кабелдің осы түрлері үшін бұра адымы S=170мм және бұра радиусы R=4,3мм, онда қосымша ұзындық Z тең болады:

$$Z = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2\pi R}{S} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2\pi \cdot 4.3}{170} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 1.25\%$$

(3.8)

Сондықтан кабелдің әр жүз метр ұзындығы үшін свиваемые элементтері 1,25м-ге ұзынырақ.

Бұра бұрышы тең:

$$\alpha = \arctg \frac{S}{2\pi R} = \arctg \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \approx 80.97\%$$

(3.9)

Сәйкес қисық радиус тең:

$$\rho = R \left( 1 + \left( \frac{S}{2\pi R} \right)^2 \right) = 4.3 \cdot \left( 1 + \left( \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \right)^2 \right) \approx 0.175 \text{ м}$$

(3.10)

Созылудағы жүктеменің тапсырылған диапазондарда және ТОК-дегі температуралық диапазондарда жіберу сипаттамалардың рұқсат етілмейтін өзгерістері мен жарық өткізгіштердің бұзылуына қауіп тумау үшін, қатпармен бірге желілерде жарық өткізгіштердің созылуы мен сығылуын шектеу керек. Ұзындықтың қатысты өзгерісі  $\Delta L/L$  ВОК, яғни кабелді ұзартуға болатын Ек немесе сығу Етк тең:

$$E = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 R^2}{S^2} \left( 2 \frac{\Delta R}{R} \pm \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)},$$

(3.12)

мұнда «+» белгі Етк кабелін сығу үшін; «-» белгі Ек кабелін ұзарту үшін.

Сонымен, қабықтың көрсетілген ішкі диаметрі  $\alpha_i = 2$ мм біле отырып, сатылы сыну көрсеткішті 12 жарық өткізгіш ортақ саңылауға ие:

$$\Delta R = (2.0 - 1.0)/2 = 0.5 \text{ мм} = 0.5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Онда кабелдің максималды рұқсат етілетін ұзартылуы тең:

$$E_k = -1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi^2 \cdot 4.3^2}{170^2} \left( 2 \frac{0.4}{4.3} - \frac{0.4^2}{4.3^2} \right)} \approx 0.001064 = 0.1064\% \quad (3.13)$$

Құрылымымен ерекшеленетін толқындардың түрлері мода деп аталады. Өрістің көп модальық сипаттамасы оптикалық талшық бойымен таралатын электрмагниттік толқын бірнеше әр түрлі толқындармен жасалғаның білдіреді. Жарық өткізгіштің жұмыс режимін анықтау үшін нормальық жиілікті  $V$  білсек жеткілікті,  $V \leq 2,405$  болса көп модальық, ал осы дипломдық жобада  $V=2,3702$  (2.9), яғни бір модальық. Жалпы түрде ТЖ-та модалар саны мына формула бойынша анықталады:

$$N = V^2(1+2/n)/2, \quad (3.14)$$

мұнд  $n$ - сыну көрсеткішінің профилінің өзгеру дәрежесінің көрсеткіші. ОК маңызды екі параметрмен сипатталады: өшу және дисперсиямен.

Өшу  $\alpha$  талшықты жарық өткізгіштердегі меншікті шығынмен  $\alpha_c$  және бұрамен шартталған кабелде болатын қосымша шығындармен  $\alpha_k$ , сонымен қатар оптикалық кабель өндіру процессінде қорғағыш жабындылар мен жабындыларды салған кезде жарық өткізгіштердің бүгілістерімен шартталған оптикалық кабелдердің регенерациялық бөлімшелердің (регенераторлар арасындағы арақашықтық) және тракттардың ұзындығын анықтайды.

ТЖ меншікті шығыны біріншіден жұтылу шығынынан  $\alpha_p$  және шағылу шығынынан  $\alpha_r$  тұрады. Талшықты жарық өткізгіш бойымен электрмагнитті энергияны тарату кезінде пайда болатын шығынның механизмі былай түсіндіріледі: жарық өткізгіштің кірісіне түсетін қуаттың бір бөлігі жүйесіздіктерде сәулелердің таралу бағытының өзгеруінің және олардың қоршаған кеңістікке жарық түсіруі ( $\alpha_p$ ) нәтижесінде шағылады, ал джоуль жылуы түрде ерекшелене ( $\alpha_p + \alpha_{pr}$ ) қуаттың басқа бөлігі бөтен қоспалармен жұтылады.

Жұтылудағы шығындар материалдың тазалығынан тәуелді және бөтен қоспалар болған кезде айтарлықтай мөлшерге ( $\alpha_p + \alpha_{pr}$ ) жете алады.

Шағылудағы шығындар талшықты жарық өткізгіштерде шығынның минималды рұқсат мәнінің шегін шектейді.

$$\text{Нәтижесінде} \quad \alpha = \alpha_p + \alpha_r + \alpha_{pr} + \alpha_k.$$

Өшумен бірге өткізу қабілеті  $dF$  ТОЖТ-дың маңызды параметрі болып табылады. Ол жарық өткізгішпен өткізілетін жиілік жолағын және сәйкес оптикалық талшық бойымен жібере алатын ақпарат көлемін анықтайды.



Теория бойынша талшықты жарық өткізгіш бойымен үлкен қашықтыққа ақпарат жіберу үшін арнаның үлкен санын ұйымдастыруға болады. Алайда, сигнал қабылдағыш құрылғысының кірісіне бұрмаланып келеді, сызық ұзын болған сайын бұрмалану көбейетіндіктен айтарлықтай шектеулер бар. Осы құбылыс дисперсия деп аталады және жарық өткізгіште әр түрлі модальардың таралу уақытының айырмашылығымен, сыну көрсеткішінің жиіліктік тәуелділігімен шартталған.

Дисперсияны есептеу<sup>7</sup>

Кез келген ТО жарық өткізгіш маңызды параметр-дисперсиямен сипатталады.

Дисперсия – оптикалық сигналдың модалық немесе спектрлік құраушылары кезіндегі шағылысу. Дисперсия ОК-мен өткенде импульс ұзақтығын үлкейтуге алып келеді.

Дисперсия жарық өткізгіштердің пайдалану жиіліктік диапазоның шектейді, сонымен қатар, сызық ұзын болған сайын, дисперсия көбірек болатындықтан және импульс көбірек кеңейтіледіктен ОК-мен жіберу алшақтығын төмендетеді.

Талшықты жарық өткізгіштің дисперсиясының 3 түрін ажыратады: мода аралық, материалдық және толқын арналық. Модалық дисперсия жарық өткізгіште бірнеше моданы тарату кезінде пайда болады. Бір модалық жарық өткізгіште модалық дисперсия болмайды. Материалдық дисперсия өзекшенің материалының сыну көрсеткішінің толқын ұзындығынан тәуелділігімен шартталған. Толқындық дисперсия тұрақты таралудың толқын ұзындығынан тәуелділігімен түсіндіріледі, яғни сәулелену көзі тек бір ғана толқын ұзындығын  $\lambda$  емес, көздің спектрлік енінің мәнімен  $\Delta\lambda$  сипатталатын бірнеше толқын спектрін сәулелейді.

Дисперсия мен өшуді ескерумен регенерация бөлімінің ұзындығын есептеуді түрлендіреміз және есептеулерді сараптаймыз.

Талшық түрі -SF( сатылы СКТ).

Толқын ұзындығы  $\lambda=1550\text{нм}$ .

Меншікті хроматты дисперсия (бір километрге)  $D(\lambda)=18$  пс/нмх.

Меншікті өткізу жолағы (бір километрге)  $W=0,44/\tau$  МГцх.

Лазердің импульсінің ені  $\Delta\lambda=0,1\text{нм}$ .

Дисперсия (бір километрге)  $\tau=\Delta\lambda \times D(\lambda)$  пс.

Жіберу жүйесі SMA-16, жылдамдық  $V=2488.320$  Мбит/с ( жіберу жолағы 1,25 коэффициентке көбейтілген жылдамдыққа тең).

Модуляция жиілігі нормаланған (қабылдағыш кірісіндегі импульс спектрінің ені)  $\Delta f(\lambda)=1,25 \times 2500=3125$  МГц.

L- РБ ұзындығы;  $L= W/\Delta f(\lambda)$ .

Дисперсия бойынша шектеу есептелуі.

Импульсті дисперсиялық кеңейту, пс:

$$\tau=\Delta\lambda \cdot D(\lambda)=0,1 \times 18=1,8\text{пс.} \quad (3.15)$$

Меншікті өткізу жолағы:

$$W=0,44/\tau=0,44/1,8 \cdot 10^{-12}=244444 \text{ МГцкк.} \quad (3.16)$$

РБ ұзындығы, м:

$$L=W/\Delta f(\lambda)=244444/3125=78200 \text{ м.} \quad (3.17)$$

Осы ЖТ және кабелдің таңдалған түріне қолданылатын регенерация бөлімінің ұзындығын есептеуді түрлендіреміз.

Материалдық дисперсия (бір километрге) келесі формулада анықталады, с:

$$\tau_{\text{mat}}=\Delta\lambda \cdot M, \text{ с,} \quad (3.18)$$

мұнда  $M$  – меншікті материалдық дисперсияның коэффициенті; балқыған кварц үшін ( $M=0,3098$ );

$\Delta\lambda$ - лазердің спектрлік ені ( $\Delta\lambda=5\text{нм}$ ).

$$\tau_{\text{mat}}=0,5 \cdot 10^{-9} \cdot 0,3098=1,549 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Сатылы жарық өткізгіш үшін толқын арналық дисперсия мына формуламен анықталады:

$$\tau_{\text{вв}} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot \frac{2n_1^2 \cdot \Delta}{c}, \quad (3.19)$$

мұнда  $c$  – вакуумдағы жарық жылдамдығы ( $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ),

$$\tau_{\text{вв}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-9}}{1,55 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{2 \cdot 1,4675^2 \cdot 0,003}{3 \cdot 10^{-5}} = 1,39 \cdot 10^{-11} \text{ с.}$$

Бір модальдық ТО жарық өткізгіш үшін қосынды дисперсия материалдық және толқын арналық дисперсиялардың қосындысымен анықталады:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{\text{вв}} + \tau_{\text{mat}}, \quad (3.20)$$

$$\tau_{\Sigma} = 1,39 \cdot 10^{-11} + 1,549 \cdot 10^{-10} = 1,41 \cdot 10^{-10} \text{ с}$$

Ортақ дисперсия көмегімен жарық өткізгіштің өткізу енін анықтауға болады  $\Delta F$ :

$$\Delta F = \frac{1}{\tau_{\Sigma}}, \quad (3.21)$$

$$\Delta F = 1/1.41 \cdot 10^{-10} = 7.09 \text{ ГГц.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын анықтау

Регенерация бөлімінің ұзындығы екі фактормен анықталады: жарық өткізгіштің дисперсиясымен және регенерация бөлімінің өшуімен.

Регенерация бөлімінің ұзындығын жарық өткізгіштің дисперсиялық сипаттамасы бойынша анықтаймыз:

$$\frac{\Delta F}{\Delta F_x} = \sqrt{\frac{l_x}{l}}, \quad (3.22)$$

мұнда  $\Delta F$ - 1 км жарық өткізгіштің өткізу жолағының ені;

$\Delta F_x$ - Регенерация бөлімінің соңындағы өткізу жолағының ені;

$l$  - құрылыстық ұзындық ( $l = 6$  км);

$l_x$ - Регенерация бөлімінің ұзындығы.

Келесі есептеулерде  $\Delta F_x = 2500$  МГц деп аламыз.

Регенерация бөлімінің ұзындығын анықтаймыз:

$$l_x = \frac{\Delta F^2}{\Delta F_x^2} \cdot l = \left[ \frac{7.09 \cdot 10^9}{2.5 \cdot 10^2} \right]^2 \cdot 6 = 49000 \text{ м} \quad (3.23)$$

Сатылы сыну көрсеткішті жарық өткізгішпен ТО кабелді қолданған кезде регенерация бөлімінің ұзындығы дисперсиямен шектеуленетіні есептеуде көрініп тұр. Үлкен экономикалық шығынды талап ететіндіктен, ол магистралды БС-на жарамсыз.

Таңдалған кабель түріне және осы жіберу жүйесіне пайдалана, регенерация бөлімінің ұзындығын өшуді ескерумен есептейміз:

Жіберу деңгейі 15 дБм оптикалық күшейткіш қолданғанда толқын ұзындығы 1550 нм-ге тең болғанда болуы мүмкін, сезімталдық бустер қолданғанда болуы мүмкін.

$$L_{py} = \frac{A - M}{L_k + \frac{L_m}{L}}, \quad (3.24)$$

мұнда  $A$  – жүйенің энергиялық қоры;

$L_k$  – кабелдің километрлік өшуі;

$M$  – ескіргендегі шығын;

$L_m$  – жарық өткізгіш-жарық өткізгіш түйіскен жерде өшу;

$L$  – кабелдің құрылыстық ұзындығы.

Жіберу жүйесінің энергиялық қоры жіберу және қабылдау соңындардағы сигналдың мүмкін деңгейлерімен максималды анықталады:

$$A = (P_{\text{перmax}}) + (P_{\text{прmin}}), \quad (3.25)$$

$$A=45+15=60\text{дБн.}$$

ЕТТН құрылғылары үшін ескіргендегі шығынды 11Дб-ге тең деп аламыз.

$$L_{py} = 214000\text{м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын күшейткішсіз және бастапқы күшейткішсіз есептейміз:

$$L_{py} = \frac{A - M}{L_{\kappa} + \frac{LM}{L}}, \quad (3.26)$$

$$L_{py} = 73000\text{м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын күшейткішпен, бірақ бустерсіз есептейміз:

$$L_{py} = \frac{A}{L_{\kappa} + \frac{LM}{L}}, \quad (3.27)$$

$$L_{py} = 188000\text{м.}$$

Регенерация бөлімінің ұзындығын және ОТ арасындағы километрді ескере. Бізде кабель ұзындығы 7 км-ге тең болғандықтан, біздің желі Регенерациялық бөлімді қажет етпейді.

### 3.4 EDFA оптикалық күшейткіштерін есептеу

Төменде EDFA сипаттайтын негізгі параметрлер анықталады: қанығу қуаты, күшейту коэффициенті, күшейтілген жоспарсыз сәулелену қуаты және шуыл-факторы.

Қанығу қуаты  $P_{\text{out sut}}$  (saturation output power) - күшейткіштің максималды шығыс қуатын анықтайды. Қуаттың үлкен мәні ретрансляциялықсыз бөлімнің қашықтығын ұлғайтуға мүмкіндік береді. Бұл параметр оптикалық күшейткіштің түрінен тәуелділігімен өзгереді. Ол қуатты EDFA-да 36 дБм (4 Вт) асып түсуі мүмкін.

Күшейту коэффициенті  $G$  (gain) мына қатынастардан анықталады:

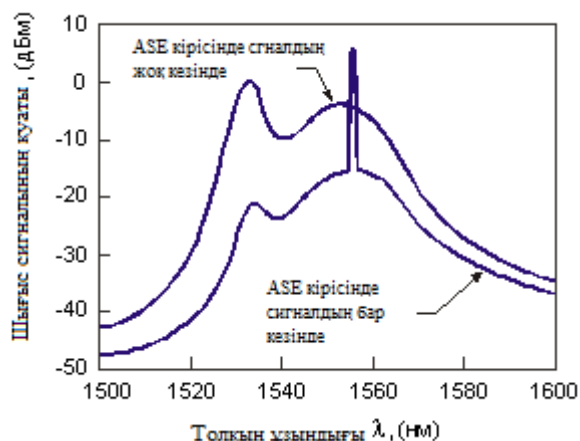
$$G = P_{S \text{ out}} / P_{S \text{ in}}, \quad (3.28)$$

мұнда  $P_{S\ out}$  және  $P_{S\ in}$  – күшейткіштің кірісі мен шығысындағы (пайдалы) сигналдардың қуаттары, ал логарифмдік эквивалент мына формуламен анықталады:

$$g = 10 \lg G \text{ дБ.} \quad (3.29)$$

Күшейтілген жоспарсыз сәулелену қуаты ASE (amplified spontaneous emission). Кіріс сигнал болмағанда EDFA фотондардың жоспарсыз сәулелену көзі болып табылады. Сәулелену спектрі эрбия атомдардың энергиялық аймағының формасынан және аймақтардың деңгейінің орналасу статикалық бөлінуінен тәуелді. EDFA күшейткішінің белсенді аймағында талшық бойымен тарала жоспарсыз жасалған фотондар көбейеді, нәтижесінде сол толқын ұзындықта, сол фазамен, поляризациямен және таралу бағытымен екінші фотондар жасалады. жоспарсыз фотондардың нәтижелік спектрі күшейтілген жоспарсыз сәулелену деп аталады (3.2-сурет). Оның қуаты 1 Гц-те есептеуде нормаланды және Вт/Гц өлшемділігін иеленеді. Егер күшейткіштің кірісіне лазерден сигнал берілсе, онда бұрын күшейтілген жоспарсыз сәулеленуде жұмыс істеген энергиялық өткелдердің белгілі үлесі кіріс сигналды күшейте, лазерден келген сигналдың әрекетімен болады. Тек пайдалы кіріс сигналды күшейту емес, сонымен бірге әлсіздендіру де ASE жүреді (3.2-сурет). Кіріске мультиплексті сигнал бергенде, күшейтілетін мультиплексті арналардың пайдасынадағы ASE-нан келесі қуаттың қайтуы болады. Әдетте күшейткіштер шығыстағы сигналға қатысы бойынша қанығу режимінде жұмыс істейді. Бұл тізбектелген күшейткіштердің үлкен санымен созылған сызықтар үшін әсіресе керек, арналардағы сигналдардың деңгейлерінің табиғи теңесулерін жасайды. Егер күшейткішке алдыңғы лазер спектрлік терезеде сәулеленуді туындатса  $\Delta\nu$  ( $\Delta\nu = c \Delta\lambda / \lambda^2$ , где  $c$ - жарық жылдамдығы) және сәйкес осы терезеде қабылдау оптоэлектронды модульдің сүзгісіне сигнал өткізсе, онда шуыл қуатына салым шығыста күшейтілген жоспарсыз сәулелену арқасында тең болады  $ASE = ASE \times \Delta\lambda$ . Сонымен, мультиплексті сигнал бөлек арналардың спектрлік қатынасында тарлау болғанда, EDFA каскадом оптикалық сызықтар жақсырақ болады.

Тар жолақты сүзгілерді жұмыс толқын ұзындығында жөнге салынған оптоэлектронды қабылдау модулінің алдында қолдану, күшейтілген жоспарсыз сәулеленуден шуыл деңгейін төмендетуге көмектеседі



Сурет 3.2 – спектрлік анализатормен түсірілген EDFA шығыс спектрі (ASE шуылдың спектрлік тығыздығы)

EDFA үлкен меншікті уақыттық тұрақтылары – мета тұрақтылық күйдегі  $\sim 1$  мкс уақыт өткелінің тұрақтысы, оптикалық күшейткіштердің каскадының мета тұрақтылық күйінің өмір сүру уақыты  $\sim 10$  мкс. Күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты күшейту коэффициентіне мына формуламен байланысты:

$$ASE = h\nu \cdot \frac{n_{sp}}{\eta} (G - 1), \quad (3.30)$$

мұнда  $h$  - планк тұрақтысы,  $6,6252 \times 10^{-34}$  Вт·с<sup>2</sup> тең,  
 $\nu$  - 1530-1560 нм диапазондағы толқын ұзындығына  $\lambda$  сәйкес жиілік (Гц),

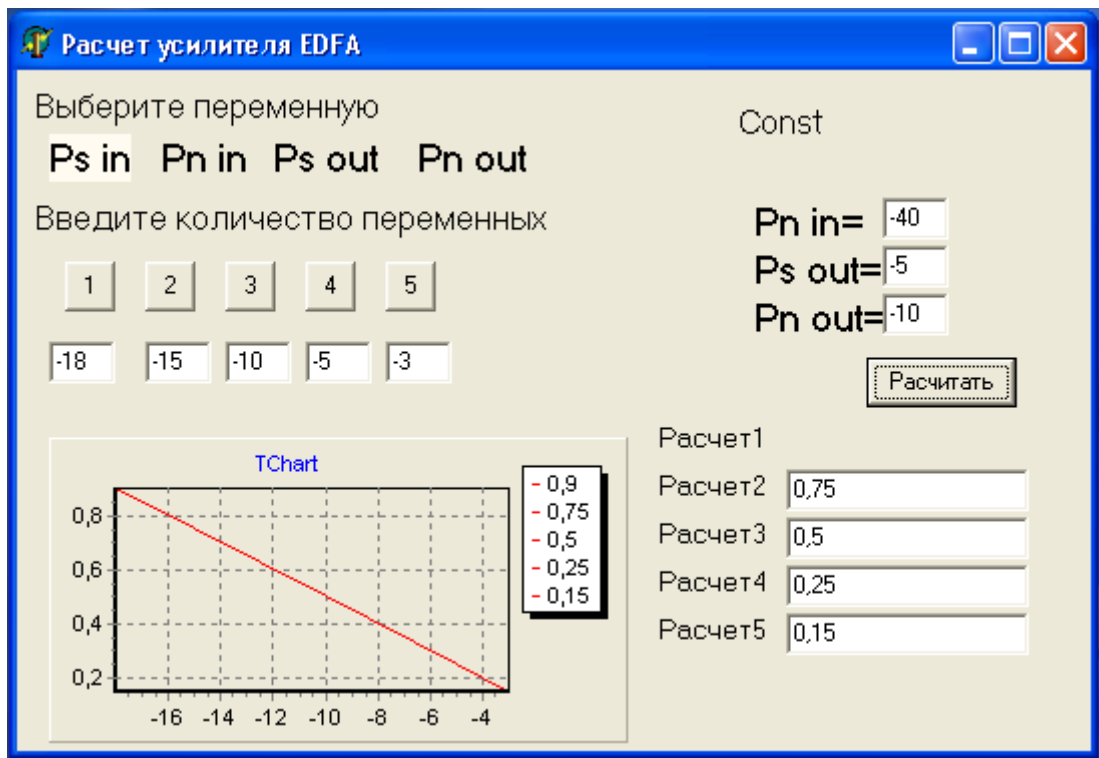
$(\nu = c/\lambda, c - \text{жарық жылдамдығы, } 2,9979 \cdot 10^8 \text{ м/с тең),$   
 $n_{sp}$  - жоспарсыз эмиссия коэффициенті,  
 $\eta$  - квантты тиімділік.

Нақты жағдайда кіріске қатысты  $G \gg 1$  болғанда  $n_{sp} = \eta = 1$   $ASE_{id}/G$  квантты күшейткіштің күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты  $\lambda = 1550$  нм-де спектрлік жолаққа 1Гц есептегенде  $1,28 \times 10^{-19}$  Вт/Гц құрағанда  $h\nu$  тең. Анализатордың терезесінің өлшеміне 0,8 нм-де 100 ГГц-тегі кіріске келген күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуатының тиімді мәнін ( $1,28 \cdot 10^{-8}$  Вт немесе -48,9 дБм) анықтайтын спектрлік терезе сәйкес келеді.

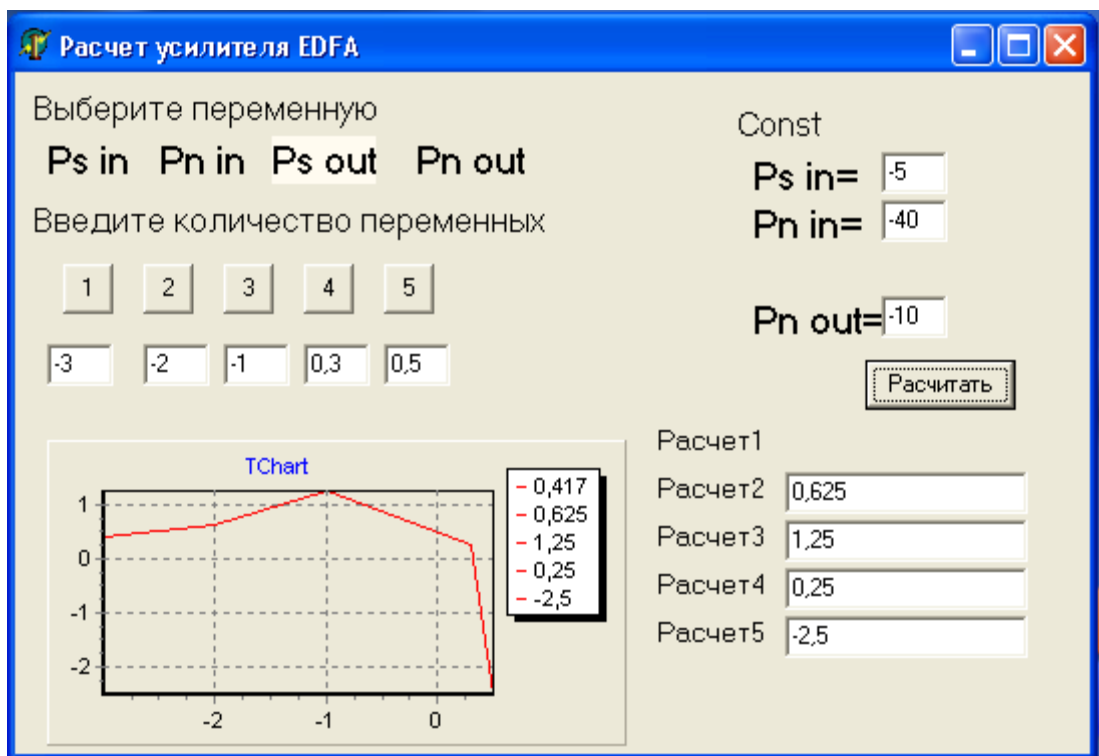
Шуыл-фактор  $NF(\text{noise figure})$  кірістегі сигнал/шуыл қатынасының ( $SNR_{in}$ ) шығыстағы сигнал/шуыл ( $SNR_{out}$ ) қатынасына анықталады:

$$NF = \frac{P_{Sin}}{P_{Nin}} / \frac{P_{Sout}}{P_{Nout}} \quad (3.31)$$

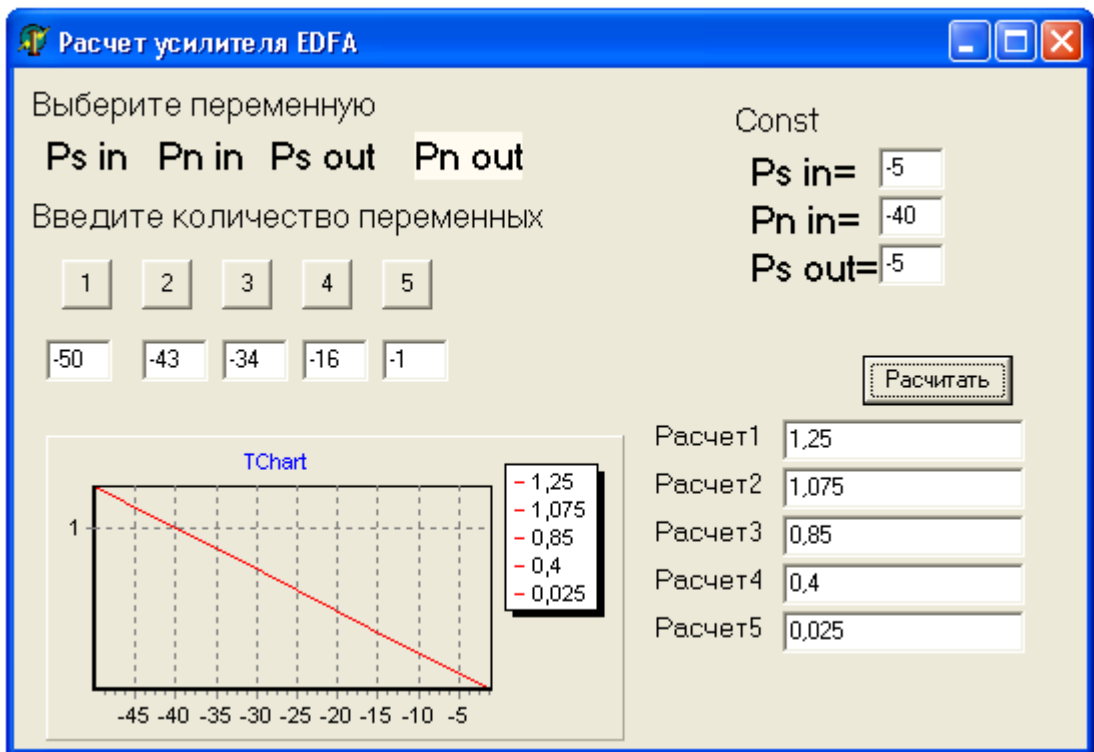
А қосымшада көрсетілген



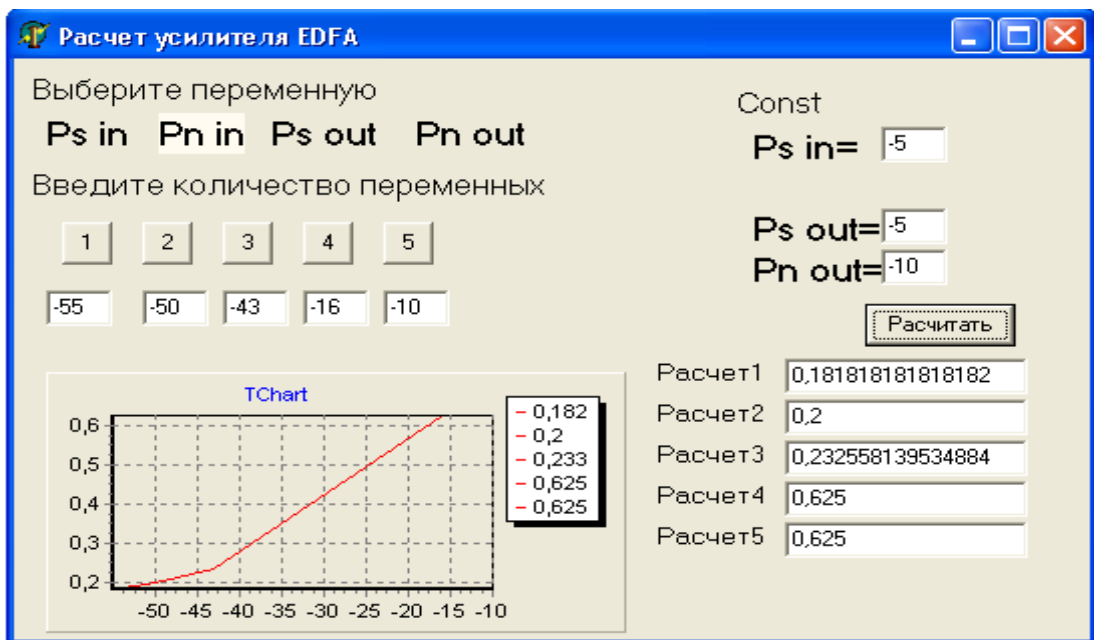
Сурет 3.3 – NF шуыл-фактордың  $P_{S\ in}$  айнымалыға тәуелділігі



Сурет 3.4 – NF шуыл-фактордың  $P_{S\ out}$  айнымалыға тәуелділігі



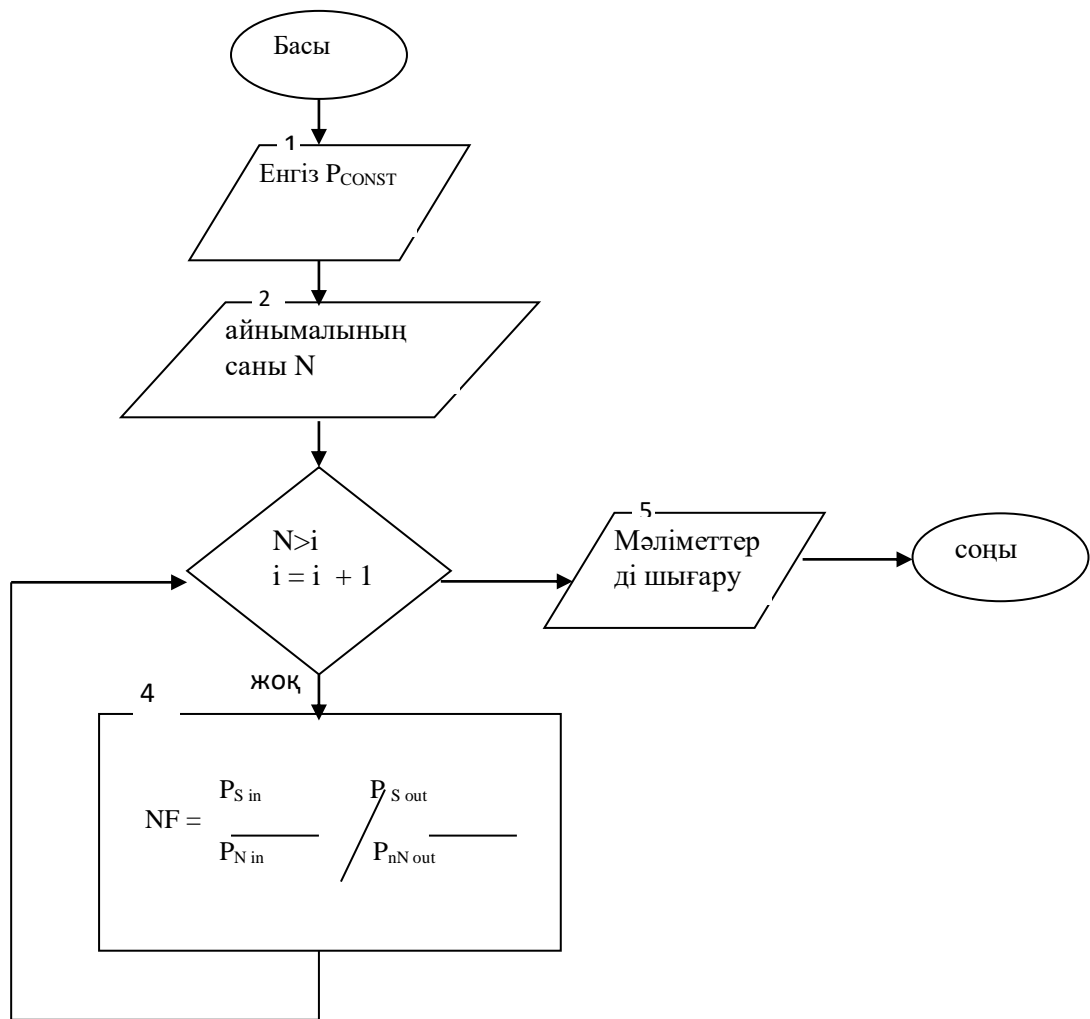
Сурет 3.5 – NF шуыл-фактордың  $P_{n\ in}$  айнымалыға тәуелділігі



Сурет 3.6 – NF шуыл-фактордың  $P_{n\ out}$  айнымалыға тәуелділігі

Шуыл – факторды есептеудің блоктық сызбасы 3.7-ші суретте көрсетілген.





Сурет 3.7 – Шуыл – факторды есептеудің блоктық сызбасы

Кірістегі шуыл қуаты квантты-шектеулі минималды өлшем болып табылады және вакуумның нөлдік флуктуациясымен вакуумға  $P_{Nin} = h\nu \cdot \Delta\nu$  анықталады. Шығыстағы шуылдың қуаты күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты мен күшейткіштен өзгеріссіз өтетін вакуумның нөлдік флуктуациясының шуылының қуатының қосындысынан тұрады:  $P_{Nout} = ASE_{\Delta\nu} + h\nu \cdot \Delta\nu$ . Егер  $P_{Sout}/P_{Sin} = G$  екенің ескерсек, онда шуыл-факторды күшейту коэффициенті және күшейтілген жоспарсыз сәулеленудің қуаты арқылы өрнектеуге болады:

$$NF = \frac{1}{G} \left( 1 + \frac{ASE}{h\nu} \right)$$

### 3.5 Ішкі тарату

Ғимарат аумағында 3 негізгі құрамдас бөлік бар:

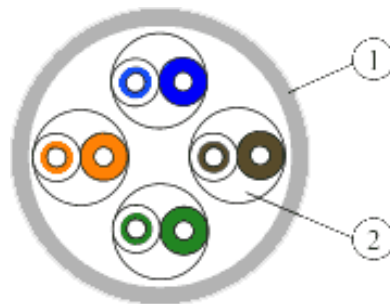
- 1) қолжетімділіктің коммутаторы,
- 2) ғимарат ішінде жүргізу.

Коммутатордан абонентке дейінгі аумақта сыртқы төсеменге қолданылатын UTP-4x2 cat.5e PE кабелі пайдаланылады.

Кабель, 4 жұп кат.5е, PE, 500м. сырты -60С дейін.



Сурет 3.8 – UTP кабелінің жалпы түрі



1 – қабығы, 2 – жұбы

Сурет 3.9 – Кабелдің кесіндісі



Сурет 3.10– Кабелдің қаптамасы

3.2-ші кестеде кабелдің техникалық сипаттамалары көрсетілген.

Орташамен, есептеу үшін бір абоненттегі кабельдің 70 м алады. Осы жобада 31 үйге 24 порт бойынша жабдық орнатылады, барлығы 744 қосылу нүктесі. Сәйкес UTP кабелінің  $744 \cdot 70 = 52080$ м керек болады.

### Кесте 3.3 – Техникалық сипаттамалар

Параметр	Мәні
Кідірістің біркелкілік еместігі, нс/100 м	-
Өрт жүктемесі, мДж/км	-
Өзара ықпалдың өшуі 30 МГц, дБ	-
Кабель қабығының түрі және түсі	ПВХ, сұр
Отқа шыдамдылық	IEC 332-1
Оқшаулаудың диаметрі, мм	-
Таралудың салыстырмалы жылдамдығы, %	69
Кабель диаметрі, $10^{-3}$ м	5,1
Толқындық кедергі, Ом	$100 \pm 15$
Кабель түрі және жұп саны	UTP, 4 жұп
Өткізгіштің диаметрі, $10^{-3}$ м (AWG)	0,55
Температуралардың қолдану кезіндегі диапазоны, °С	- 60 С-қа дейін
Өткізу жолағының шекаралық жиілігі, МГц	100
Таралу кідірісі, нс/100 м	-
Стандарттар	ISO/IEC 61156-5
Номиналды салмақ бір километрге, кг	35
Санат	5e
Маңызды ерекшеліктер	
Фирма Адвакомның осы кабелі сыртқы төсеме үшін пайдаланылады	
Сыртқы қабық полиэтиленнен жасалынған	

Жабдық. Қолжетімділіктің және біріктірудің жабдығы ретінде D-link бірлестігінің жабдығы таңдалып алынды.

Біріктіру деңгейі. DGS-3100-24TG – 8 портымен 10/100/1000Base-T + 16 белгіленген SFP портымен 2 деңгейдегі басқарылатын коммутатор.



Сурет 3.11 – қолжетімділік коммутаторы

Сипаттама.

DGS-3100 - 2 деңгейдегі басқарылатын коммутаторлардың топтамасы көп функциялы және қымбат емес бағада тұратын бастапқы деңгейдегі басқарылатын коммутаторды өзіне қосады. Осы топтамаға 20 Гбит/с дейін физикалық стекирлеу және 802.3af Power over Ethernet (PoE) (тек қана DGS-3100-24P және DGS-3100-48P құрылғылары үшін) қолдау мүмкіндігімен 24- және 48- портты коммутаторлар 10/100/1000 Мбит/с кірді. Сонымен қатар, өткізу жолағын басқару және бай функция желілік басқару үшін. Баға

бойынша икемді, функциялы, сонымен бірге қолжетімді шешімді алуды қалайтын шағын және орташа бизнес кәсіпорындары Gigabit Ethernet жылдамдығында жұмыс станцияларының қосылуын және бірлестіктің магистралды желісінің развертывания қамтамасыз ету үшін осы коммутаторларды қолдануға болады.

Физикалық стекирлеу.

DGS-3100 топтамасының коммутаторлары стекирлеу үшін HDMI\* белгіленген 2 портымен жабдықталған, әрқайсысы 5 Гбит/с өткізу жолағын қамтамасыз етеді (стекирлеу үшін өткізу жолағының барлық жүйесі үшін - 20 Гбит/с дейін толық дуплексті режимде). 6 коммутаторға дейін сызық ты немесе сақина тәрізді топологиядағы стекте біріктіруге болады. Стекте 10/100/1000Мбит/с коммутаторларының PoE қолдауын иеленуден тәуелсіз бірігуіне болады. Желіні кеңейткенде стекке ақырындап коммутаторлар қосуға, бірнеше стекті біріктіруге немесе стек пен магистралды желі немесе сервер арасында арна ұйымдастыруға болады.

Желілік қауіпсіздік.

Коммутаторлар, қолжетімділік бақылауының тізімдерін (Access Control List, ACL), порт / MAC-адрес негізіндегі 802.1x аутентификацияны, сонымен қатар, желіге тек авторландырылған қолданушыларға қолжетімділік алуға мүмкіндік беретін Guest VLAN-дағы 802.1x аутентификацияны қосқанда, желінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін бай функцияға ие. D-Link Safeguard Engine функциясы вирус/құрттардың белсенділігінен пайда болған зиянды трафиктерден коммутаторларды қорғайды, желілік қауіпсіздікті кеңейтеді.

Күйге келтіру/өнімділіктің жақсартылған икемділігі.

Желінің икемділігі мен тоқтамаушылығын арттыру үшін, DGS-3100 коммутаторлардың стегі Spanning Tree (802.1D, 802.1w, 802.1s) хаттамаларын пайдалануға болады. 802.3ad Link Aggregation байланыс арнасының қолжетімділік өткізу жолағын үлкейтуге мүмкіндік береді. Қызмет көрсетудің қажетті сапасын (Quality of Service, QoS) қамтамасыз ету үшін коммутаторлар, қолданушыларға желіде ағынды аудио және видео, VoIP сияқты кідіріске сезімтал қосымшаларды пайдалануға мүмкіндік беретін, басымдылықтардың кезегін 802.1p және TOS, DSCP, MAC-адрес, IP-адрес, VLAN ID және 4-ші деңгейдегі хаттамалар негізіндегі дестелердің жіктеулігін қолдайды.

Трафиктің бақылауы /Өткізу жолағын басқару.

Өткізу жолағын басқару функциясын 64 Кбит/с дейін адыммен пайдалана, әкімші әр порт үшін өткізу жолағын икемді күйге келтіре алады. Толықтай хабарлау дауыл мен ағын бойынша өткізу жолағын басқару функцияларының арқасында, құрылғыға желіде вирустардың белсенділігімен байланысты әсер ету азаяды. Одан басқа, коммутатор -көп адресті дестелерді және порттардың зеркалау функциясын басқару үшін және – бақылау жүргізу үшін IGMP Snooping и MLD Snooping 2 функцияларды қолдайды.

Басқару.

DGS-3100 стандартты басқару протоколын қолданады, әсіресе SNMP, RMON, Telnet, Web GUI, SSH/SSL. Хаттама DHCP көмегімен автоконфигурацияның функциясы әкімшіге DHCP-серверінен IP күйге келтірулердің коммутаторларымен автоматты алуды күйге келтіруді мүмкіндік береді.

Кесте 3.3 – Физикалық параметрлер

Қорек	Айнымалы токтың 100-ден 240 В-қа дейін, 50/60 Гц, ішкі қорек көзі
Тұтыну қуаты	38.30 Вт
Резервтегі қорек көзі	DPS-200
Өлшемі	0.44 x 0.21 x 0.044 м, тіреуішке орнату үшін 19", биіктігі 1 U
Салмағы	2.95 кг
Жылу бөліну (BTU/сағ)	120.26
Жұмыс температурасы	0°-ден 40° С-қа дейін
Сақтау температурасы	-10°-нан 70° С-қа дейін
Жұмыс ылғалдылығы	10%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауынсыз
Ылғалдылығы	5%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауынсыз
MTBF	195,655 ч

Қолжетімділік деңгейі.

DES-1228 – 24 портымен 10/100Base-TX + 2 портымен 1000Base-T + 2 комбо-портымен 1000Base-T/Mini GBIC (SFP) басқарылатын коммутатор.



Сурет 3.12 – Басқарылатын коммутатор

Сипаттама.

Келесі кезеңнің Web Smart топтамасының коммутаторы шағын және орта бизнестің желілері (SMB) үшін экономикалық тиімді шешім екенін көрсетеді және Plug and Play технологиясына негізделген орнатудың сенімділігі мен қарапайымдылығын қамтамасыз етеді. Коммутатордың кеңейтілген функционалы Gigabit Ethernet-тің 4 портын қосады, екеуі

1000BASE-T/SFP комбо-порттары болып табылады, қауіпсіздікті қамтамасыз ету функциялары, трафикті сегменттеу, QoS және икемді басқару.

Порттардың жоғарғы тығыздығы.

DES-1228 коммутаторы желінің торабына немесе серверлерге қосу үшін Fast Ethernet-тің 24 портымен және 4 гигабитті портпен жабдықталған. Порттар жұмыс станцияларының қосылуының қарапайымдылығын қамтамасыз ете, MDI/MDIX полярлығының автоматты анықтауын қосады.

2-ші деңгейдің кеңейтілген функциялары.

2-ші деңгейдің құрылғысы болып табылатын бұл коммутатор өзіне мынадай функцияларды қосады, IGMP snooping, порттарды зеркалирование, Spanning Tree және желінің тоқтамаушылығын және өнімділігін арттыру үшін порттарды агрегаттау сияқты.

Виртуалды жергілікті желілер(802.1q) және QoS.

Коммутатор топ бойынша трафикті сегменттеу, желінің қауіпсіздігін және өнімділігін арттыру үшін 802.1Q VLAN Tagging хаттамасын қолдайды. Ол, сонымен қатар, 802.1p қатарларын қолдайды, қолданушыларға желіде аудио и видео және VoIP сияқты кідіріске сезімтал қосымшаларды (приложения) пайдалануға рұқсат етеді. Бұл функциялар коммутаторға VLAN және 802.1p пайдаланумен желілерде жұмыс істеуге рұқсат етеді.

Желілік қауіпсіздік.

DES-1228 коммутаторда желіге қолжетімділікті шектеу үшін MAC-адресстердің статикалық кестесі бар. Порттарға негізделген 802.1x аутентификация қолданушыларды авторландыру үшін сыртқы RADIUS-сервер пайдалануға рұқсат етеді. D-Link Safeguard Engine сияқты қосымша функциялар вирус/құрттардың белсенділігінен пайда болған зиянды трафиктерден коммутаторды қорғайды.

Икемді басқару.

Коммутатор SmartConsole утилит немесе Web-интерфейс арқылы күйге келтіріледі және басқарылады. SmartConsole жергілікті ДК-ден коммутаторға қарапайым қолжетімділікті қамтамасыз етеді, сонымен бірге, қолданушыларға IP-адрессті және желі бет пердесін енгізу қажет емес. Одан басқа, желінің барлық қолжетімді коммутаторлары утилиттің терезесінде бейнеледі. Web-интерфейс желінің кез келген жерінен немесе Web-браузера көмегімен жойылған коммутаторға қолжетімділікті алуға рұқсат етеді.

Одан басқа, қолданушылар коммутатордың жағдайын сұрау үшін және штаттық оқиғалар туралы хабарламаларды жіберу үшін MIB пайдалана алады. MIB қолданушыларға коммутаторды шеттегі өндірушілердің басқа құрылғыларымен SNMP-басқарудың бір ортасында интегралдауға рұқсат етеді.

### Кесте 3.4 - Физикалық параметрлер

Қорек	Айнымалы токтың 100-ден 240 В-қа дейін, 50/60 Гц, ішкі қорек көзі
Тұтыну қуаты	18.35 Вт (макс.)
Өлшемі	0.44 м x 0.14 м x 0.044 м
Салмағы	2.088 кг
Жылу бөліну (BTU/сағ)	62.57
Жұмыс температурасы	0о-тан 40о С-қа дейін
Сақтау температурасы	-10о-тан 70о С-қа дейін
Жұмыс ылғалдылығы	10%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауынсыз
Ылғалдылығы	5%-дан 90%-ға дейін конденсаттың болмауынсыз

Қолжетімділік түйінінің сыйымдылығын кеңейткенде келесі жабдықтарды қолдануға болады:

DES-3016 – 10/100 Base-TX-тің 16 портымен 2-ші деңгейлі басқарылатын коммутатор

DES-2108/E/V – 10/100Base-TX-тің 8 портымен 2-ші деңгейлі басқарылатын коммутатор.

Абоненттік жабдық (CPE).

Megaline қызметін алу үшін абонентке тек Ethernet желілік картамен дербес компьютер керек болады(қазіргі уақытта барлық компьютерлер осы картамен құралдандырылған).

Бір қызметтен көп қажеттілік жағдайында (Megaline+iD TV, Megaline+iD phone, Megaline+iD TV+iD phone) абонентке 4 портқа Ethernet-router қажет болады.

Осы жабдықтың шамамен құны – 4000-нан (4 Ethernet-портқа сымды роутер) 12000 теңгеге дейін (4 портпен сымсыз Ethernet-роутер). Megaline қызметін жеткізетін ADSL-модемге сияқты, клиент жабдығына шығындарды абонент төлейді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Осы дипломдық жобада Алматы қаласында Шұғыла ықшам ауданына FTTH желісін жобалау жүргізілді. Байланыс сапасын және қолжеткізілетін қызметтердің көлемін арттыру мақсатымен осы желіні жаңарту қажет екені туралы қорытынды шығарылды. Ол үшін ETTH жаңа технологиясы таңдалып алынды.

Қалалық желілерді құрастыруға жаңа тәсілде Ethernet-тің үнемділігі, жылдамдығы және шығын бойынша тиімділігі, сонымен қатар, қолдануда қарапайым, жеңіл және танымалдығы үлкен пайда болып табылады. Нақты кең жолақты қолжетімділікті қамтамасыз ететін Ethernet- қолжетімділіктің қалалық желілері (Metropolitan Area Networks) жоғары өткізу қабілетін қамтамасыз ететін өмірге қабілетті шешім болды. Бірақ, ең маңыздысы, бұл табысты қосымша қызметтер үшін мүмкіндіктер ашады.

Осы жоба Triple Play (Megaline, iD phone, iD TV) концепциясының кең жолақты қолжетімділік қызметтерін қолжеткізу үшін ETTH (Ethernet to the Home) технологиясын ұсынады.

ETTH шешімінің мақсаты – қарапайым және қымбат емес Ethernet желісі арқылы мәлеметті, дыбысты және бейнені тарату болып табылады. Тарату ортасы ретінде оптоалшықпен Ethernet қолдану тұтынушының бөлмесінен желі арқылы гигабитті қолжетімділікті қамтамасыз етуге мүмкіндік беретіні осы шешімнің бірегей аспектісі болып табылады.

Осы дипломдық жобаның тапсырмасы Алматы қаласының Шұғыла ықшам ауданына негізгі жүктеме шоғырланған бөлімшесінде АТС желісіндегі тарату жүйелерін жаңарту болып табылады.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи –М: Радио и связь, 1990
- 2 Бутусов М.М. и др. Волоконно-оптические системы передачи – М: Радио и связь, 1992
- 3 Ким Л.Т. Синхронные линейные тракты. Электросвязь, 1991, № 6.
- 4 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. - М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999
- 5 Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH – М: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999
- 6 Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф, Хан В.А. Волоконно-оптические кабели. –М: Изд. НТЛ,1999
- 7 Замрий А.А. Проектирование цифровых каналов передачи. Методические указания к курсовому проектированию.– Алматы: АИЭС, 1998.
- 8 Замрий А.А., Мауленов О.Н. Волоконо-оптические системы передачи. Конспект лекций.- Алматы: АЭИ,1994.
- 9 Краткое техническое описание аппаратуры SL – 4 для волоконно-оптических систем со скоростью передачи 622 Мбит/с – Мюнхен: Сименс, 1996
- 10 Попов Б.В. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи – М: Радио и связь, 1996
- 11 Баклашов Н.И., Китаев И.Ж. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды- М: Радио и связь, 1989
- 12 Носов Г.Я. Техника безопасности и противопожарная техника на предприятиях связи – М: Связь, 1972
- 13 ВСН 45.122.-77. Инструкция по проектированию искусственного освещения предприятий связи –Алматы: АИЭС, 1994.
- 14 Экономика предприятия. Под ред. О.С. Срапионова. – М: Радио и связь, 1998
- 15 СТП 786-01-07-97. Стандарты предприятия. –Алматы: АЭИ, 1997
- 16 Сайт: <http://itsfor.narod.ru> "Последняя миля" оптических коммуникаций
- 17 Ссылки по оптическому кабелю, и абонентскому доступу. С сайта KUNEGIN.NAROD.RU. <http://itsfor.narod.ru>; <http://ability-afterwards.narod.ru>; <http://counter-terrorism.narod.ru/magazine1/hai-5.htm>; <http://korptl.narod.ru>