

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Кендебай Бекарыс Ержанұлы

GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 – Телекоммуникациялар мамандығы

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды
жақсарту»

6B06201 –Телекоммуникациялар мамандығы

Орындаған:

Кендебай Б.

Кендебай Б.

Рецензент:

«Корпорация Сайман» ЖШС
өндіріс бойынша
директордың орынбасары

Ә.Алиев
(КОЛЫ) 
« 05 » 2023 ж.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТ каф.аға оқытушысы
техн.ғыл.канд-ы.

М.М.Ермекбаев
« 05 » 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникациялар



**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы *Кендебай Бекарыс Ержанұлы*
Тақырыбы *«GPRON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту».*

Университет ректорының *«23» қараша 2022 ж. № 408П/Ө* бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі *«20» мамыр 2023 ж.*

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1) Шымкент қаласы мәліметтері; байланыс қызметтері: интернет, теледидар, телефония;

2) Құрылғылар тізімі; 500 м оптикалық кабель, өшулігі 0,2 Дб/м, мультиплексорлар саны – 2, дисперсиясы 12 пс*нм, Электро-оптикалық түрлендіргіш, опико-электрлік түрлендіргіш, толқын ұзындығы $\lambda=1310$ нм, $\lambda=1550$ нм;

3) пассивті желі құрылымдық сұлбасы.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Байланыс жолдарының қазіргі жағдайы;

ә) Тығыздау тәсілдері мен құрылғыларын талдау

б) Оптикалық байланыс жолдарын есептеу

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)



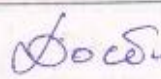
Сызба материалдары ___ слайдта көрсетілген.


Ұсынылатын негізгі әдебиет 23 атау

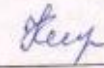
дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Талшықты оптикалық байланыс жүйелері сипаттамасы	14.01.23 -27.02.23	орындалды
Жоба технологиясы	04.03.23 -05.04.23	орындалды
Есептеулер бөлімі	08.04.23 -10.05.23	орындалды

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
1-бөлім	М.М.Ермекбаев, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушысы, техн.ғыл.канд.		25.05.2023
2-бөлім	М.М.Ермекбаев, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушысы, техн.ғыл.канд.		25.05.2023
Норма бақылау	Ж.М.Досбаев, ЭТЖҒТ каф. аға оқытушысы		25.05.23

Ғылыми жетекшісі  М.М.Ермекбаев
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Б.Е.Кендебай

Күні " 25 " 05 2023ж.

АҢДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста абоненттік қатынауды дамытудың негізгі бағыттары, қатынау желілерін ұйымдастыру, GPON технологиясы қарастырылды.

Қатынау желілерінің оптикалық технологияларға ауысуы, оптикалық қатынау желілерінің архитектуралық ерекшеліктері келтірілді.

GPON желісінің типтік құрылымы, GPON технологиясының артықшылықтары атап өтілді.

GPON физикалық деңгейі үшін бағалау есебі жасалды.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрены основные направления развития абонентского доступа, организация сетей доступа, технология GPON.

Приведен переход сетей доступа к оптическим технологиям, архитектурные особенности сетей оптического доступа.

Отмечена типичная структура сети GPON, преимущества технологии GPON.

Был составлен оценочный отчет для физического уровня GPON.

ANNOTATION

In this thesis, the main directions of the development of subscriber access, the organization of access networks, GPON technology were considered.

The transition of access networks to optical technologies, architectural features of optical access networks are given.

The typical structure of the GPON network, the advantages of GPON technology are noted.

An evaluation report has been compiled for the GPON physical level.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Абоненттік қатынауды дамытудың негізгі бағыттары	10
1.1 Қатынау желілерін ұйымдастыру	10
1.2 GPON технологиясы	17
1.3 Қатынау желілерінің оптикалық технологияларға ауысуы	19
1.4 Оптикалық қатынау желілерінің архитектуралық ерекшеліктері	20
1.5 Тапсырманың қойылымы	24
2 Оптикалық қатынау желілерінің технологиялық сипаттамалары	25
2.1 GPON желісінің типтік құрылымы	27
2.2 GPON технологиясының артықшылықтары	28
2.3 Ақпаратты берудің әртүрлі технологиялары	28
2.4 Абоненттік қатынау құру технологиялары	30
2.5 Параметрлерді талдау	30
3 GPON физикалық деңгейі үшін бағалау есебі	32
3.1 Дисперсиялық және энергетикалық сипаттамаларды есептеу	32
3.2 Қосылатын үйлердің тізімін анықтау. GPON технологиясымен қамту коэффициенті	38
3.3 Магистральдық және тарату желілерін жобалау	40
3.4 Оптикалық сигналдар қуатын есептеу	41
3.5 Үлкен жүктеме сағатында GPON қатынау желісінің абоненттерінен шығатын нақты жүктемені анықтау	43
3.6 Оптикалық талшықтың негізгі параметрлерін есептеу	46
Қорытынды	51
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	52

КІРІСПЕ

GPON - Gigabit-capable Passive Optical Networks - гигабиттік пассивті оптикалық желі. PON технологиясы туралы алғаш рет 1990-шы жылдары, бірнеше жетекші еуропалық операторлар, соның ішінде British Telecom және France Telecom бірнеше кіру технологиясы үшін бір талшықты қолдануды әзірлеген кезде айтылды. Осылайша, трафикті біріктіру үшін қуат пен қызмет көрсетуді қажет етпейтін пассивті оптикалық сплиттерлер пайдаланылатын ерекше технология пайда болды.

Бүгінгі күні GPON сізге талшықты-оптикалық кабельді пәтерге өткізуге және 1 Гбит / с дейін өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл ADSL қол жеткізу мүмкіндіктерін 100 есе көбейтеді. GPON технологиясын енгізу Triple Play қызметтерін бір талшық бойынша қамтамасыз етеді: Интернет, VoIP, IPTV; ал жоғары тарату жылдамдығы бірнеше HDTV арналарын бір уақытта көруге мүмкіндік береді. Жаңа желі IP-телефония технологиясын қолдана отырып, жергілікті телефон қоңырауларын жасауға мүмкіндік береді.

GPON (Gigabit PON) - бұл ITU G.984 перспективалы PON стандарты (2005). Тасымалдау хаттамасы – GFP (generic framing protocol) - жалпы рамалық хаттама. Төменгі ағысы - 1490нм, 2,4Gbps немесе 1,2Gbps. Жоғарғы ағымда - 1310нм, 1,2 Гбит/с немесе 622 Мбит/с.

GPON кіру түйіндерінің архитектурасын (Gigabit PON) және APON технологиялық процестерінің негізгі дамуын талдауға болады. Сонымен қатар, PON байланысының өткізу қабілеттілігі де артады, сонымен қатар әр түрлі көпқызметті қондырмалардың таралу тиімділігі де артады. GPON стандарты - ITU-T Rec. G.984.3 GPON 2003 жылдың қазан айында қабылданды.

2008 жылы GPON ITU G.984.6 (2008) стандарты қабылданды, 60 шақырымға дейінгі қашықтықта бір тармаққа 128 абонентті қолдайды.

Teralink компаниясы G.984.6 стандартына сәйкес келетін Alphion GPON жабдықтарын ұсынады.

GPON технологиясы барлық дерлік абоненттер үшін HDTV сапасымен теледидардың кең таратымды эфирден (multicast) жеке эфирге дейін (unicast, Video-on-Demand) дамуына ықпал етеді. HDTV сапасындағы бейнеарна 20Мбит/с дейін алады, яғни PON сегментіндегі 64 абонент үшін 1,2 Гбит/с құрайды, бұл GPON-дағы (2,5 Гбит/с) төмен сілтеменің енінің жартысына тең. GPON 622 Мбит/с-тен 2,5 Гбит/с-қа дейін масштабталатын кадр құрылымын ұсынады. Зерттеулер көрсеткендей, трафиктің таралуы мен ағынның ауытқуы ең нашар жағдайда да өткізу қабілеттілігін пайдалану APON-да 71 пайызбен салыстырғанда 93 пайызды құрайды.

GPON желісі кеңейтілген функциялар жиынтығымен, бір желідегі нөмірлердің шексіз санымен заманауи IP-телефонды қосуға және көшу кезінде нөмірді сақтауға мүмкіндік беретін жоғары сапалы телефонияны қамтамасыз етеді. Абоненттердің ең кең ауқымы сұранысына ие болады және IP- телефонияның тағы бір артықшылығы - халықаралық және қалааралық қоңыраулардан айтарлықтай үнемдеу мүмкіндігі болып табылады.

1 Абоненттік қатынауды дамытудың негізгі бағыттары

Соңғы қадам - бұл ең аз уақыт ішінде абоненттер үшін ең көп телекоммуникация қызметтерін ұсыну. Қолайлы орнату және өзіндік құны төмен жүйелерге артықшылық беріледі. Соңғы уақытта абоненттерді барлық елді мекендерде пайдаланылатын жалпы пайдаланымдағы СТОП - телекоммуникациялық желілердің көмегімен жүзеге асырылатын xDSL класындағы байланыс арналарына қосу кеңінен тарайды. Провайдерлер абоненттерді қосудың арзан бағасына байланысты, бұл байланыстарды пайдаланады. Мұндай желілердің басты кемшілігі-54 Мбит/с дейін деректерді берудің шектеулі жылдамдығы.

1.1 Қатынау желілерін ұйымдастыру

АСЫЛТАС тұрғын үй кешені - бұл NOVEC құрылыс салушысының ауқымды жобасы. Заманауи стильдегі 12 ғимарат 8 топқа біріктіріліп, алдыңғы қатарлы құрылыс технологияларының мүмкіндіктері мен жайлы тұрғын үйге деген нарықтық қажеттіліктерді ескере отырып жобаланған.

Үйлер экологиялық таза материалдардан заманауи энергия тиімділігі стандарттарына сәйкес салынған. Монолитті раманы құру технологиясы негізге алынды. Сыртқы қабырғаларды жасау үшін газ-бетон блоктары қолданылады.

Қазіргі уақытта байланыс желілері төрт бағытта дамиды [2]:

- сымсыз желілер;
- гибриді талшықты-коаксиалды желілер (HFC);
- xDSL технологиясын қолдана отырып, мыс оралған телефон жұптарынегізіндегі байланыстар;
- талшықты-оптикалық байланыстар.

XDSL - мыс негізіндегі сымды тұжырымдамалар үшін абоненттік нөмірлерді көбейтудің ең қарапайым және арзан әдістерінің бірі. Мұндай жолы операторлары үшін ең сенімді және үнемді кезде жылдамдығын 1-ден 8 Мбит/с болып саналады, Бірақ ұсыну үшін табыстау жылдамдығы бірнеше ондаған Мбит/с, мұндай жүйелерде болып табылады қымбат және ең қарапайым шешімімен ескере отырып, қызмет көрсету сапасы мыс және үлкен қашықтыққа беру. Тағы бір классикалық шешім - аралас талшық-коаксиалды желі (HFC, HybridFiber-Coaxial). 1 коаксиалды секторға қосылған кейбір сымды модемдерді қолдану нәтижесінде байланыстар тұжырымдамасының өзіндік құнын төмендету интерконнект операторлары үшін еліктіргіш болып саналады. Мұндай тұжырымдамалардың басты кемшілігі - тар өткізу қабілеттілігі. Қиындықтар пайда болған кезде кәбілді тартымды деп саналады шешім сымсыз желілер. Соңғы жылдары 300 Мбит/с дейінгі жалпы жолағы бар WiFi технологиясы үлкен танымалдылықты алады. Сонымен қатар, "Қазақтелеком" АҚ абоненттерге ең жоғары жылдамдықты ұсынуға қабілеттіоптикалық байланыс желілері ең үлкен тартымдылыққа ие.

Соңғы жылдары бұл әдіс оптикалық жабдыққа бағаның төмендеуі есебінен үлкен ризашылыққа ие болды. Сонымен қатар, байланысты қалыптастыру мақсатында оптикалық кабельдерді тарту тиімді болды, сонымен қатар ескі бағыттарды модернизациялау, сондай-ақ ең жаңаларын салу мақсатында («соңғы миля»). Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық төзімділіктің технологиялық процестерін таңдаудың көптеген баламалары бар:

- оптикалық модемдер негізінде шешімдерді пайдалану;
- оптикалық Ethernet;
- Micro SDH технологиясы;
- PON негізгі пассивті оптикалық желілерінде.

Ұялы байланыс индустриясының қарқынды дамуына байланысты 5G желісі артты. Сонымен қатар, 5G өткізу қабілеттілігінің жоғарылығына қажеттілік сияқты бірқатар қиындықтарға тап болады. Бұл проблемаларды қалай шешуге болады? WDM-PON желісі жақсы шешім болуы мүмкін. Бұл хабарламада WDM-PON технологиясының артықшылығы және 5G-ді қолдануға қалай көмектесетіні түсіндіріледі.

WDM-PON желісіне шолу және 5G

Баршаға белгілі, WDM-PON (Wavelength Division Multiplexing-Passive Optical Network) WDM технологиясын PON топологиялық құрылымымен біріктіреді, бұл операторларға жоғары өткізу қабілеттілігін бірнеше қашықтыққа бірнеше соңғы нүктелерге жеткізуге мүмкіндік береді. Оған бірнеше технология, соның ішінде түссіз ONU технологиясы, қосалқы басқару және басқару арнасы (AMCC), оптикалық модульдер, OAM және қорғаныс коммутациясы кіреді. Осы негізгі технологиялардың көмегімен WDM-PON 5G талаптарына жауап бере алатын және қазіргі уақытта үлкен назар аударатын тамаша шешім ретінде қарастырылады.

5G - сымсыз ұялы байланыс желісінің бесінші буыны. Ол 4G LTE құрған негізде адамдарға мәтіндік хабарламалар жіберуге, қоңыраулар шалуға және Интернетті шолуға және басқаларға мүмкіндік беру үшін салынады. Бұл 5G өнімділігінің жоғарылатылған мақсаттары деректердің жоғары жылдамдығын, энергияны үнемдеуді, құрылғылардың жоғары сапалы және жаппай қосылуын қамтиды.

Жоғарыда айтылғандай, WDM-PON-да 5G қосымшаларында біршама артықшылықтары бар бірнеше пайдалы технологиялар бар, оның ішінде өткізу қабілеттілігі жоғары, кідіріс, төмен шығындар, талшықты үнемдеу, қызмет көрсету оңай және басқалары.

Жоғары өткізу қабілеті WDM-PON технологиясы әртүрлі физикалық талшықтар бойындағы трафикті әртүрлі толқын ұзындығына бөлуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде логикалық нүкте-нүкте байланысын физикалық нүкте-көп нүктелі желі топологиясы арқылы қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, AMCC сигнал модуляциясы басқару толқындарының ұзындығына басқару арнасын орналастыруға көмектеседі. Сондықтан 5G алдыңғы рейсті WDM-PON арқылы тасымалдау әр пайдаланушыға арнайы толқын ұзындығы мен өткізу қабілеттілігін ұсынады, уақытты үнемдейді және берудің тиімділігін арттырады. Төмен күту уақыты

5G қолдану үшін АМСС технологиясын қолдана отырып, кадрларды өңдеуді немесе өткізу қабілеттілігін динамикалық бөлуді (DBA) жоспарлауды қажет етпейді. Бұл архитектура кіші кідірісті, төмен жиілікті қоқысты және алдыңғы интерфейстердің икемді конфигурациясын қамтамасыз етеді. Төмен шығындар PON топологиясының көмегімен сайттың тығыздығы жоғары 5G алдыңғы желілерге қажет талшықтар саны азаяды. Қолданыстағы талшықты инфрақұрылым мен жабдық бөлмесі пайдаланылуда, бұл орналастыру мен қызмет көрсету шығындарын үнемдейді. Сонымен қатар, WDM-PON OLT көмегімен біріктірілген алдыңғы / орта рельсті (XHaul) көлік желісін жүзеге асырады. Бұл OLT платформасы мен DU бассейнін бірдей жабдық бөлмесінде орналастыруға болады, бұл жабдықты салу шығындарын азайтады. Сонымен қатар, WDM-PON жүйесінде ONU түссіз технологиясын қолдану төмен шығындарға әкеледі.

5G қолдану үшін WDM-PON желісі BBU және RRU екі деңгейлі архитектурасы бар 4G-тен айырмашылығы, 5G үш объект ретінде құрылады: CU (Орталықтандырылған бөлім), DU (үлестіру бөлімі) және AAU (Антеннаның белсенді бөлімі). Ал 5G-дің үш сценарийі бар, олар: алдыңғы, орта және артқы рейсті беру. Алдыңғы қатардағы 5G желісінде WDM-PON тиімді шешім бола алады. Төмендегі 1-суретте WDM-PON 5G желісінің архитектурасы көрсетілген. Бірнеше RRU және DU WDM-PON нүктелік-көп нүктелі топологиясы арқылы қосылады. WDM-PON OLT DU, CU және ONU қосылады. ONU сонымен қатар RRU-ға қосылған.

Бұл OLT платформасы DU және RRU арасындағы алдыңғы рейсті, сондай-ақ DU мен КО арасындағы орташа тасымалды жүзеге асырады. Алдыңғы рейсті беру немесе RRU және DU арасындағы байланыс тұрғысынан WDM-PON беріліс интерфейсі пайдаланушылар арасында деректердің мөлдір жеткізілуіне мүмкіндік беретін маңызды рөл атқарады. Сонымен қатар, WDM-PON-ны 5G тасымалдауға қолдану әсіресе сымсыз және сымсыз байланыс қызметтерін ұсынатын операторларға қолайлы.

1.1.1 Қол жеткізу желілерінің жұмыс режимдерінің ерекшеліктері

Жеке мыс байланыстыратын желілері жоқ интернет-провайдерлер тұрмыстық торлар (ЕТТН) мақсатында Ethernet-ті тез құруда, ал оптикалық сым абоненттік хабтан бастап тіршілік кеңістігіне дейінгі негізгі жерлерде қолданылады немесе пайдаланушы офисіне дейінгі учаскелерде UTP (симметриялы оралған бу) қолданылады. Белгілі бір жерлерде өзара байланыстың негізгі бағыттары, сондай-ақ коммуналдық немесе ауыл шаруашылығы ТжКБ провайдерінің сымды кәріз желісі қолданылады. Егер классикалық құралдарға қол жеткізу мүмкін болмаса, провайдерлер жабын немесе жабынды пайдаланады. Осы мақсатта мамандандырылған өздігінен жүретін визуалды және UTP кабельдері қолданылады. Мұндай аспект облигацияның тұрақты қызметін қамтамасыз етпейді, бірақ ақпаратты тасымалдауға деген ұмтылыс қауіпсіздігін қамтамасыз етпейді [3].

ЕТТН желілерін жағымсыз өнертанушылар-жазылушыларға бағыттау туралы ақпарат жұмысшылардың аты-жөні сипаттама. Сондай-ақ, мұндай

желілерді масштабтау артықшылықтарын жатқызуға болады. Елеулі кемшілігі болып желісінің жұмысы деңгейінде Ethernet барлық пайдаланылатын бұл дестесін хаттамалар кемшіліктері бар, JKSG саналады. Осы желінің архитектурасын дұрыс жүзеге асыру Ethernettothetohome (ЕТТН) - Fibertothetobuilding (FTB) - Fibertothetobuilding (FTТН) принципі бойынша технологияның эволюциясынан тұрады, атап айтқанда шағын көлемді оптикалық кабельді ғимаратқа, пәтерге, абонент офисіне жеткізу.

1.1.2 Ethernet FTТН, PON желілік құрылымы

Сонымен қатар, оптикалық торларды құруда үлкен шеберлік бар, дегенмен, мұндай торларды құрудың негізгі әдісі абонентке дейін кіру нүктесінен (күшейткіштер, ажыратқыштар және т.б.) қарқынды жабдықты пайдалану болып табылады, бұл ретте белсенді элементтер санының артуы желінің өзіндік құнының артуы және оның сенімділігінің азаюы байқалады. PON (passive optical network) базасында архитектураны пайдалану кезінде - FTТН желілерін құру үшін пассивті оптикалық желі, желі пассивті оптикалық тармақтағыштардың көмегімен абоненттерге бөлінеді, олардың тармақталу коэффициенті 1:4-тен 1:128-ге дейін құрайды. PON технологиясы негізінде FTТН архитектурасы әдетте Ethernet протоколымен қолдау табады. Кейбір жағдайларда пайдаланушыларға дәстүрлі аналогтық және сандық теледидар қызметтерін ұсыну үшін төмендеу ағынының Қосымша ұзындығы (downstream) қолданылады. Бұл жағдайда IP қолдайтын теледидар префикстерін қолданудың керек емес. Классикалық PON-да әр түрлі типтегі терминалдық құрылғылар (ONT) немесе ONU құрылғылары қолданылады. ONT жекелеген соңғы абоненттерді пайдалану үшін қажет. Сонымен қатар, ONU құрылғылары цокольдық қабаттарда немесе жертөле бөлмелерінде орналасады және абоненттер тобымен бірге қолданылады [4].

1.1.3 PON желісінің стандарттары. PON желілерінің үш түрлі стандарты бар

Деректер берудің жиынтық жылдамдығы ұқсас және жоғары ағында жүйенің өткізу шеберлікті білдіреді. Тарату жобасына сәйкес, бұл тариф 16, 32, 64 немесе 128 абоненттерімен танымал болды. ВРОН қазіргі уақытта АҚШ-та кейбір байланыс операторлары қолданатын дәстүрлі технология болып саналады, бірақ басқа стандарттар мен технологиялармен жылдам ығыстырылатын. GPON стандарты Gigabit Ethernet технологиясын пайдалану кезінде құнды төмендету үшін әзірленген, ал GPON стандарты ең төменгі ағынды трафикті қамтамасыз ету және болжанған шығындарды азайту, сонымен қатар TDM сияқты банкоматтық трафикті бөлісу мақсатында ойлап табылған. Алайда, іс жүзінде бұл рөл сирек қолданылады. Әдетте, GPON құрылымы автомобильдік платформаның Ethernet қасиетінде қолданылады. PON-технология негізінде қатынау желісін құратын байланыс операторларының пікірі бойынша, нүкте - нүкте топологиясымен

оптикалық талшықты желілердің орнына (P2P FTTH) таңдау критерийі бола алмайтын үш негізгі артықшылығы бар.

PON негізінде FTTH желілерін құрудың аса маңызды артықшылығы - оптикалық тармақтағыштардан орталық АТС-ке дейінгі учаскелердегі оптикалық талшықты желілерді үнемдеу немесе қатынау нүктелері. Провайдерқосымша оптикалық жұп болса, Жаңа траншеяларды қазудан құтылу, құдықтардағы орын. Бірақ талшықты-оптикалық инфрақұрылымның қол жетімділігі көбінесе жоғары бағаланады, нәтижесінде күткеннен гөрі көп жердегі жұмыс күші пайда болады.

EPON желісі Күншығыс елінде үлкен сұранысқа ие. Өзара байланыстың жеңіл бағыттарын қолдану бағаналар арасындағы талшықты-оптикалық кабельдің ұзындығын едәуір қысқартады. Ақшаны үнемдеу үшін шалбарды кіру нүктесінде немесе негізгі АТС-те пайдалануға болады. Мысал үшін мен нүктеден нүктеге топологияны қолданамын. Бұл топологияның кез-келген абонент үшін жеке розеткасы болғандықтан, бұл талап тұтынушылардың едәуір саны үшін бірыңғай шалбар қолданатын технологиямен салыстырғанда осы технологиялық процестің бағасының әсерлі секіруіне әкеледі. Бірақ шеберлік белгіленген Ethernet порттарының ең қымбат PON порттарына қосылуға барлық мүмкіндіктері барекенін анықтады. Сонымен қатар, GPON шалбары осы сәулет мақсатында ғана қолданыла алады. Соңғы көрнекі сұрыптау бағандары болмаған жағдайда, көпфиламентті тор қызметі шындыққа сәйкес келмейді. Соңғы кезеңде мұндай веб-сайттар Еуропадағы FTTH желілерінде сайттан сайтқа архитектураны (P2P FTTH) пайдалану сияқты қарапайым құбылыс ретінде басталды. PON пайғамбарлық сфера болғандықтан, белгілі бір операторлар оны сандық теледидар мақсатында пайдалануға мүмкіндік береді, бұл абонентке аналогтық немесе сандық теледидар сигналын беру үшін коаксиалды өшіруді қолдануға мүмкіндік береді. Тораптан сайтқа P2P FTTH топологиясына 2-ші талшықты-оптикалық сілтемені қосу өте кең таралды. IP - теледидар мен топологияны қоса алғанда, IP-теледидарды тарату үшін қосымша пассивті оптикалық желі салынған барлық интерактивті қызметтер үшін нүкте-нүкте топологиясын пайдаланады. Бұл композицияны кейінгі диалогтық қызметтер мақсатында PON байланысын пайдаланудың орнына абоненттердің едәуір бөлігі үшін пайдалануға болады [5]. GPON әдістемесі абоненттердің қажеттіліктерін қанағаттандыратын 2,5 Гбит / с жылдамдықтағы біркелкі өткізу қабілеттілігіне кепілдік береді, өйткені сұраныс айтарлықтай өткізу қабілеттілігінің болуы экспоненталық түрде артады. Сонымен қатар, IPTV-дің жалпы өткізу жолағының азаюына алып келетін ағындарды резервтеу үшін өткізу жолағының кейбір бөлігін пайдалану қажет. PON - бұл біртұтас ауқым техникасы. Понға жіберілген барлық ақпарат ағындары кодталуы керек. GPON технологиялық процестерінде тек төмен ағынды кодтау қалыптасқан, бірақ сенімді жетілдірілген кодтау стандартын (ADS) қолдану соңғы пайдаланушылардың жеке мәліметтерінің қауіпсіздігін арттырады және Интернет-провайдерлердің қызметтерін ұрлауға жол бермейді. кез-келген дестесі бар ресми ақпарат, содан кейін бұл PON-ға ақпарат берудің қажетті жылдамдығының әсерлі төмендеуіне себеп бола алады.

Құпиялылыққа жоғары талаптар қоятын коммерциялық ұйымдар (мысалы, қаржы мекемелері), әдетте, код құпиялылығын сақтау кепілдігі жоқ болғандықтан, байланыс арнасын шифрлеу болғанда да кез келген қоғамдық таратушы ортаға қосылу мүмкіндігін үзілді-кесілді қабылдамайды. PON пассивті оптикалық желілерінде жалпы тарату ортасын пайдалану нәтижесінде әрбір шеткі құрылғы (ONT немесе OLT) деректерді берудің жиынтық жылдамдығына тең жылдамдықпен жұмыс істеуге мәжбүр болады. Егер клиент тек 25 Мбит/с үшін ғана төлесе де, бұл ағашта оптикалық желінің әрбір соңғы нүктесі (ONT) 2,5 Гбит/с (GPON) тең жылдамдықпен жұмыс істеуі тиіс. Деректерді берудің қажетті жылдамдығынан 100 есе асатын жылдамдықпен электрондық және оптикалық құрылғылардың жұмысы, әсіресе өндіріс көлемі өте үлкен болмаса, компоненттер бағасының өсуіне себепші болады. Бұл құрылымға үлкен лазер қуаты қажет болады, өйткені 1: 2 тепе-теңдігінде кез-келген тармақталу үшін байланыстың электрлік қабілеті 3,4 дБ-ға азаяды, осылайша 1-теңгерімде тармақталудың болуы: алпыс төрт, байланыстың электр қуатының мүмкіндігі жиырмасыншыда азаяды. 4 дБ (бұл қуат коэффициентіне дәл сондай 110). Сонымен, бұл модельде PON архитектурасының барлық оптикалық таратқыштары оптикалық сигналдың қуатын қамтамасыз етуі тиіс, FTTH архитектурасымен салыстырғанда 110 есе үлкен нүкте-бір қашықтыққа беру кезінде нүкте. Абоненттік желілер бөлімшесі (local loop unbundling (LLU)) - қазіргі уақытта баламалы операторларға абоненттік мыс байланыс желілеріне қол жеткізуді қамтамасыз ету үшін шетелде міндетті түрде қолданылатын әдіс.

Мұндай тәсіл DSL қызметтері нарығында ұсынысты едәуір арттыруға және провайдерлердің бәсекелестігі есебінен абоненттер үшін кең жолақты қатынау қызметтерің арзандатуға мүмкіндік берді. PON желілері әлі LLU талаптарын қанағаттандырмайды, себеби абоненттерді қосу үшін тек бір ғана оптикалық талшықты желі бар, ол тек логикалық, бірақ Физикалық деңгейде емес, бөлінуі мүмкін. PON базасындағы пассивті оптикалық желінің бұл ерекшелігі абоненттік желілерді бөлу (LLU) арқылы тікелей абоненттік қатынауды ұсынбай, негізгі оператордың қызметтерін жаппай сатуды көздейді[6].

Еуропадағы ең жаңа FTTH желілерін түрлі нысандары бөлімшесінің абоненттік желілерді көздейді, бұл бизнес үшін жаңа мүмкіндіктер ашады, бірақ міндетті болып табылмайды. реттеуіш талабымен орындау үшін. Икемділігін қайта қосу клиенттердің арасындағы оптикалық PON есебінен араластыра отырып, оптикалық кроссом қр тарату шкафында учаскесі. Бұл функция абоненттердің сервистерге жазылу пайызын болжау қиын болған жағдайда қолданылады, мысалы өте үлкен құрылыс кезінде және абоненттік желілер бөлімінің талаптарын орындау қажет. Бұл жағдайда учаскенің тарату шкафында қызмет көрсететін сервис-провайдердің тарамдаушы және қатысу нүктесіне баратын тиісті тарату желілері бар. Бірақ мұндай икемділік учаскеде оптикалық тарату торабын қолдауға жұмсалатын шығындардың және ағымдағы шығындардың өсуіне әкеледі.

Абонентті әрбір ауыстырып қосу кезінде әрбір қатынау нүктесінде оптикалық талшықты желілерді коммутациялау үшін маманның қызметтері талап етіледі. Әдетте, FTTH байланысын орналастырудың болуы талшықты-

оптикалық өзара байланыс бағыттары бір мезгілде осы саладағы барлық мүмкін абоненттердің мақсатымен байланысты. Бұл жағдайда, бұл оптикалық талшықты желілер тарамдаларға қосылады және Орталық АТС немесе қатынау нүктесіне фидер оптикалық кабелімен тартылады. Абоненттердің FTTH ұсынысына барлық талшықты-оптикалық желілерді орналастырғаннан кейін ғана жазылуға барлық мүмкіндіктері бар. Жалғыз абонент үшін қызметтерді орналастырудың болуы провайдерлердің жазылымның жүз пайызына қол жеткізуі өте сирек кездеседі. Бұл сан әдетте 30% -ке жуықтайды. Осы мақсаттағы PON байланысының құрамы ешқандай жағдайда оңтайлы емес, бірақ кез-келген абонент үшін OLT жабдықтарының бағасы айтарлықтай өседі. Бұл мәселені шешудің бірі-қашықтағы оптикалық тарату тораптарын пайдалану болып табылады, ол әдетте рон пассивті оптикалық желісінің жүктелуін жақсартумен өтемейді.

Енжар оптикалық таратқыштар ақаулар туралы ақпаратты желіні басқару орталығына бере алмайды. Сондықтан, оптикалық рефлектометрдің (OTDR) көмегімен абоненттің оптикалық желісін терминациялау нүктесінің (ONT) арасындағы оптикалық талшықты желінің ақаулығын анықтау өте қиын. Бұл PON желілеріндегі ақауларды іздеу мен жоюды қиындатады және оларды пайдалану шығындарын арттырады. Оптикалық желінің (ONT) терминалдык нүктесін зақымдаған кезде ол оптикалық талшықты желілердің ағашына тұрақты жарық сигналын бере алады, бұл барлық абоненттер үшін байланыстың бұзылуына әкеледі, сонымен қатар зақымдалған құрылғыны табу өте қиын. Егер қандай да бір қорғаныс сұлбасының көмегімен мұндай зақымдануды болдырмау мүмкін болса да, бұл мәселе зиянкестердің іс-әрекеттері салдарынан туындауы мүмкін, ол ағаштағы барлық байланыс жүйесінің жұмысын оған үздіксіз жарық сигналын беру жолымен үзуі мүмкін. PON технологиясының жабдығы үнемі үлкен өткізу жолағын қамтамасыз ететін жаңа технологияны пайдалану есебінен жаңартуды қажет етеді. IEEE және ITU-T ұйымдары келесі буындағы пассивті оптикалық желілер үшін 10 Гбит/с рон жылдамдығы бар талаптарды стандарттаумен жұмыс істейді. Бұл шешім қолданыстағы PON (GPON немесе EPON) технологияларымен кері үйлеспейді [7].

Бұл жағдайда бір PON технологиясынан екіншісіне тасымалдаудың екі жолы болуы мүмкін:

а) сервистен оптикалық ағашты толығымен шығарып, барлық шеткі құрылғыларды ауыстырып, содан кейін құрылымды пайдалануға қайтару. Оптикалық желі терминінің нүктелері (ONT) әдетте сервис-провайдер тікелей қатынауы жоқ абонент аумағында орналасқандықтан, бұл көші-қон процесі ұйымдық проблемаларды тудыруы және өте көп еңбекті қажетсінетін болуы мүмкін; б) оптикалық талшықты желілердің көмегімен, бірақ толқынның басқа ұзындығында жаңа PON технологиясын іске асыру үшін толқын ұзындығы бойынша бөле отырып, нығыздауды пайдалану. Қазіргі уақытта PON қабылдағыштары толқын ұзындығы бойынша іріктеуді пайдаланбайды, сондықтан жұмыс басталар алдында барлық шеткі құрылғыларда толқын ұзындығы сүзгілерін орнату қажет. Оптикалық сигналдың қуатын арттыруға мүмкіндік беретін оптикалық Модульдер, сондай-ақ кез келген Ethernet-

жабдықтың портына қосуға болатын оптикалық модульдері бар оптикалық модульдер бар. Әдетте, Ethernet FTTH қатынау коммутаторында порттарды тек провайдерден жазылуды ресімдеген абоненттер ғана пайдалана алады. Жаңа абоненттер пайда болған жағдайда, жоғары модульдік Ethernet желілік карталарын қосуға болады. Керісінше, пайдалану кезінде сәулет базасында PON қосу бірінші абоненттің оптикалық ағаш болуын талап етеді ең қымбат порт OLT, ал қосқан кезде абоненттер сол ағашқа PON қосу құны әрбір абоненттің есебінен ұлғаяды сатып алу ONT. Осылайша, Ethernet FTTH ағымдағы конфигурациялары кейінгі 30-40 жыл ішінде маңызды емес болуы мүмкін Gigabit Ethernet технологиясын пайдалана алады. Алайда, бір модальды оптоалшықты желі кез келген жаңа беру технологиясын қолдайтын орта болып табылады.

Сонымен қатар, жекелеген жағдайларда корпоративтік абоненттерді қосу үшін SONET/SDH немесе Fibrechannel сияқты оптоалшықты технологиялар қолданылады. Бұл технология Ethernet FTTH сияқты оптикалық талшықты желілерде оңай өрістетілуі мүмкін, ал көп жағдайда - сол Ethernet-платформасын қолдану арқылы. Бір модальды оптоалшықты желілер қолданылатын технология мен деректерді беру жылдамдығына байланысты емес болғандықтан, басқалардың жұмысына әсер етпей, бір абонент үшін жылдамдықты арттыру қиын емес. Бұл, мысалы, қазіргі уақытта Fast Ethernet технологиясын пайдаланатын абонент келесі жылы Gigabit Ethernet-ке абоненттің оптоалшықты желісін басқа коммутатор портына жай ауыстырып қосу және абоненттің үй-жайында тек Ethernet-құрылғыны ауыстыру есебінен ауыса алады. Бұл өзгеріс Ethernet FTTH желісінің қалған абоненттерінің жұмысына әсер етпейді. Қазіргі уақытта бөлінген оптоалшықты желі ең қорғалған орта болып табылады (Физикалық деңгейде), әсіресе жалпы таратушы ортамен салыстырғанда. Сонымен қатар, қызмет көрсетушілер қолданатын Ethernet қосқыштары порттардың маңыздылығына, сондай-ақ абоненттердің логикалық бөлінуіне кепілдік беруі қажет, бұл ретте оларбасып кірудің барлық жүзінде әрекеттерін болдырмауға қабілетті сенімді қорғаныс функцияларының үлкен саны болады.

Ethernet FTTH архитектурасы абонент аумағында желіге қосылудың қарапайым құрылғыларын (customer premise equipment (CPE)) пайдалануды болжайды. Бұл құрылғылар өте арзан және әдетте пәтерлерде немесе абоненттердің үйлерінде орналастырылады. Провайдерлердің үшін қарайтын өрісету мүмкіндігі FTTH желілерінің маңызы зор пайдалануға арналған шығындар қатар капиталдық шығындармен сатып алуға және өрісету талшықты-оптикалық желілер мен жабдықтар. Қазіргі уақытта осы параметр бойынша архитектураны тікелей салыстыру үшін жеткілікті деректер саны жоқ, алайда топологияда Ethernet FTTH желілерін пайдалануға кететін шығындар нүкте-нүкте рол FTTH архитектурасымен желілерді пайдалануға кететін шығындардан төмен.

Мұндай желінің жұмысына құрылыс жұмыстарының салдарынан кәбілдің үзілуі үлкен әсер етеді. LTE желісін пайдалану кезінде ең нашар нұсқа-қатынау нүктесіне немесе АТС-ке жақын бірнеше жүздеген оптикалық-талшықты желілер бар үлкен кабельдің үзілуі. Мұндай жағдайларда кабельді қалпына

келтіру үшін PON трафигін тарататын кабельді қалпына келтіруге қарағанда әлдеқайда көп уақыт қажет болады, себебі онда желіден едәуір аз. Мұндай жағдай қазіргі уақытта пайдаланылатын мыс желілеріне тән, олар да топологияға ие нүкте-нүкте. Мұндай авариялық жағдайлар өте сирек кездеседі. Сонымен қатар, олардың пайда болу қаупін азайту үшін, трафикті үлкен аумақта орналасуы мүмкін аз мөлшердегі кабельдердің үлкен санына бөлу қажет. Осылайша, бір кәбіл зақымдалғанда абоненттердің аз саны зардап шегеді. Сондай-ақ, таратқыш бөлікті құрайтын оптикалық-талшықты кабельдердің және абонентпен шекарада кәбіл инфрақұрылымын құрайтын кәбілдердің арақатынасын анықтау қажет. Көптеген конфигурациялары аралық бөлігі бойынша бөлінген өте үлкен алаңы, бұл үлкен ықтималдығы розетканың бүлінуі негіздейді. Сонымен қатар, байланыс желілерінің осы бөлігінде топология тұрғысынан архитектуралар арасында айтарлықтай айырмашылық жоқ. Сонымен қатар, роп желісіндегі оптикалық уақытша рефлектометрді қолдану арқылы өлшеулер оптикалық тармақтағыштардың болуы салдарынан қиынға соғады [8].

1.2 GPON технологиясы

GPON - Gigabit-capable Passive Optical Networks - гигабиттік пассивті оптикалық желі. PON технологиясы туралы алғаш рет 1990-шы жылдары, бірнеше жетекші еуропалық операторлар, соның ішінде British Telecom және France Telecom бірнеше кіру технологиясы үшін бір талшықты қолдануды әзірлеген кезде айтылды. Осылайша, трафикті біріктіру үшін қуат пен қызмет көрсетуді қажет етпейтін пассивті оптикалық сплиттерлер пайдаланылатын ерекше технология пайда болды.

Бүгінгі күні GPON сізге талшықты-оптикалық кабельді пәтерге өткізуге және 1 Гбит / с дейін өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл ADSL қол жеткізу мүмкіндіктерін 100 есе көбейтеді. GPON технологиясын енгізу Triple Play қызметтерін бір талшық бойынша қамтамасыз етеді: Интернет, VoIP, IPTV; ал жоғары тарату жылдамдығы бірнеше HDTV арналарын бір уақытта көруге мүмкіндік береді. Жаңа желі IP- телефония технологиясын қолдана отырып, жергілікті телефон қоңырауларын жасауға мүмкіндік береді.

GPON (Gigabit PON) - бұл ITU G.984 перспективалы PON стандарты (2005). Тасымалдау хаттамасы – GFP (generic framing protocol) - жалпы рамалық хаттама. Төменгі ағысы - 1490нм, 2,4Gbps немесе 1,2Gbps. Жоғарғы ағымда - 1310нм, 1,2 Гбит/с немесе 622 Мбит/с.

GPON кіру түйіндерінің архитектурасын (Gigabit PON) және APON технологиялық процестерінің негізгі дамуын талдауға болады. Сонымен қатар, PON байланысының өткізу қабілеттілігі де артады, сонымен қатар әр түрлі көпқызметті қондырмалардың таралу тиімділігі де артады. GPON стандарты - ITU-T Rec. G.984.3 GPON 2003 жылдың қазан айында қабылданды.

2008 жылы GPON ITU G.984.6 (2008) стандарты қабылданды, 60 шақырымға дейінгі қашықтықта бір тармаққа 128 абонентті қолдайды.

Teralink компаниясы G.984.6 стандартына сәйкес келетін Aliphion GPON жабдықтарын ұсынады.

GPON технологиясы барлық дерлік абоненттер үшін HDTV сапасымен теледидардың кең таратымды эфирден (multicast) жеке эфирге дейін (unicast, Video-on-Demand) дамуына ықпал етеді. HDTV сапасындағы бейнеарна 20 Мбит/с дейін алады, яғни PON сегментіндегі 64 абонент үшін 1,2 Гбит/с құрайды, бұл GPON-дағы (2,5 Гбит/с) төмен сілтеменің енінің жартысына тең. GPON 622 Мбит/с-тен 2,5 Гбит/с-қа дейін масштабталатын кадр құрылымын ұсынады, PON тармағындағы төменгі және жоғары ағындағы симметриялық битті жылдамдықты, және де

асимметриялы битті жылдамдықты да қолдайды және ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol, жалпы кадрлық протокол) анықтамаға сәйкес, инкапсуляцияға бір мезгілде әртүрлі типтегі протокол тармақтары кепілдік береді (соның ішінде TDM). Зерттеулер көрсеткендей, трафиктің таралуы мен ағынның ауытқуы ең нашар жағдайда да өткізу қабілеттілігін пайдалану APON-да 71 пайызбен салыстырғанда 93 пайызды құрайды.

Егер SDH-де өткізгіштік бөлу тұрақты деп саналатын болса, онда GFP (бір кадрлық акт) берілген SDH досының текстурасының болуын сақтай отырып, өткізгіштік бөлімді жылжытуға мүмкіндік береді.

GPON технологиясы:

- 1 Гб/с дейінгі жылдамдықтағы жоғары жылдамдықты Интернет.
- HDTV форматы жоғары сандық теледидардың 60-тан астам спутниктік және эфирлік арналарын көріп қана қоймай, сонымен қатар интерактивті қызметтерді пайдалануға мүмкіндік беретін ең жаңа интерактивті IP- теледидар: фильмге жазбаға тапсырыс беріп, оны эфирден кейін қарау, эфирге шыққан телешоуды көру, бейнеханадан фильм тапсырыс беру

- кеңейтілген функциялар жиынтығымен, бір желіде нөмірлердің шексіз санын және көшу кезінде нөмірлерді сақтайтын IP-телефондарды да қосу мүмкіндігі бар жоғары сапалы байланыс. IP-телефония қызметін пайдалана отырып, сіз басқа қалаларға қоңырау шалу кезінде айтарлықтай үнемдей аласыз.

GPON желісі кеңейтілген функциялар жиынтығымен, бір желідегі нөмірлердің шексіз санымен заманауи IP-телефонды қосуға және көшу кезінде нөмірді сақтауға мүмкіндік беретін жоғары сапалы телефонияны қамтамасыз етеді. Абоненттердің ең кең ауқымы сұранысына ие болады және IP-телефонияның тағы бір артықшылығы - халықаралық және қалааралық қоңыраулардан айтарлықтай үнемдеу мүмкіндігі болып табылады.

GPON технологиясының тағы бір артықшылығы - жеке үйлер мен пәтерлердегі қауіпсіздік жүйесінің үздіксіз жұмысы.

Сонымен қатар, талшықты-оптикалық кабель электромагниттік әсерге төзімді, электромагниттік толқындардың көзі емес, массаның өлшемдері бойынша тартымды және рұқсат етілмеген қол жетімділіктен қорғалған. GPON инфрақұрылымы өте қарапайым және қауіпсіз: электрмен жабдықтауды қажет етпейді және кез-келген, тіпті жарамсыз бөлмеге орнатылуы мүмкін.

Технологияны пайдаланатын оптикалық абоненттік желі бойынша трафикті жеткізуді қамтамасыз ететін технологиялар тобына:

- Next generation SDH (NG SDH);
- Ethernet over fiber (EoF);
- Passive optical network (A-PON/B-PON/E-PON/G-PON), FTTx түсінігін

біріктіретін. NG SDH және EoF екі талшықты қосылыстар негізіндегі арна ларды пайдаланады (бір таратылымға, екіншісі қабылдауға). Бұл шешім абоненттік базаны, сондай-ақ клиенттік трафиктің құрылымын нақты анықтаған кезде тиімді, өйткені оптикалық Кәбілдегі талшықтар саны шектеулі (әдетте 96-дан артық емес), бұл бірнеше жүздеген абоненттік жалғауларда кабельдің 48 оптикалық порттарын қосуға қабілетті трафикті агрегациялаудың белсенді тораптарын пайдалануды талап етеді. GPON технологиясы әртүрлі оптикалық жиіліктерде тура және кері арналарды бір оптикалық талшықта біріктіруге мүмкіндік беретін CWDM жиіліктік тығыздауына негізделген. GPON технологиясы бірнеше даусыз артықшылықтарға ие: - желікұрудың жоғары емес құны;

- желіні пайдалануға және техникалық қызмет көрсетуге арналған төмен шығыстар;

- желіні біртіндеп өсіру мүмкіндігі;

- Өткізу жолағы іс жүзінде шексіз кез келген мультимедиялық қызметтерді болашақта дамытуды қамтамасыз ететін тарату инфрақұрылымын құрудың перспективасы;

- пассивті жабдықты пайдалану есебінен жоғары сенімділік.

1.3 Қатынау желілерінің оптикалық технологияларға ауысуы

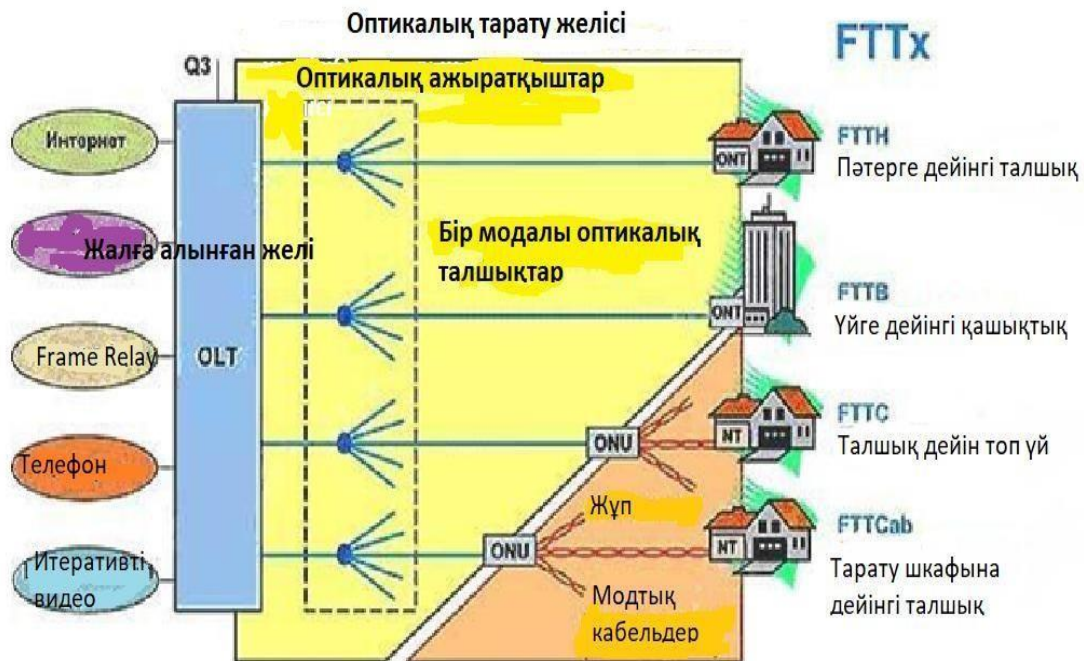
Қатынау желілері-телекоммуникация саласының неғұрлым серпінді дамып келе жатқан сегменті. Қол жеткізу желісінің тікелей көрсетумен байланысты провайдерлік, қызметтерін пайдаланушылар, және бұл үшін тіпті қолайсыз экономикалық жағдайында олар өтеледі. Қазіргі уақытта бұл желі тек қана желі үшін ғана емес, техникалық шешімдерге де ие. Сондықтан, олар техникалық және қаржылық қызықты етеді, олар даму сатысында тұр деп айтуға болады.

Әдетте абоненттік кәбілдік желілер екі түрден тұрады: мыс жж кабельдеріндегі телефон желілері және кабельдік немесе эфирлік теледидардың коаксиалды тарату желілері. Телефония аса талап етілетін қызмет болып табылатындығына қарамастан, кеңсе орталықтары арасында да, үй пайдаланушылары арасында да интернет қызметтеріне сұраныс айтарлықтай өсті. Абоненттерге телефония, деректерді беру және бейнеақпаратты бір желі арқылы ұсыну-бұл "үштік қызмет" (TriplePlay) концепциясы танымал. Бұл ретте жоғары жылдамдықты интернет, бейне айтарлықтай кең жолақты желілік ресурстарды талап етеді. Сонымен қатар, кеңжолақты қатынау сұранысының артуы жана технологиялардың дамуымен байланысты: сұраныс бойынша бейне (VOD), ағын бейне, интерактивті ойындар, бейнеконференциялар, компьютерлік желілерде дауысты беру (VoIP), жоғары айқындық теледидар (HDTV) және басқалар. Кеңжолақты

қатынау технологиясын таңдау кезінде операторларабоненттердің қажеттіліктерін, оларға ұсынылатын қызметтерді, экономикалық аспектілерді, олардың орналасқан жерін ескеруі тиіс. Желі кең жолақты, икемділік, сенімділік, басқару, масштабталу, пайдалану ыңғайлылығы сияқты сипаттамаларға ие болуы тиіс. Тек қалыптасқан жағдайдан уақытша шығу xDSL модемдерін ДК-де қолдануды есептеуге болады. Қолданыстағы желілік құрылыстарды пайдалану кезінде үнемдеу кезінде цифрлық ағындарды беру жылдамдығы айтарлықтай шектеледі. Тарату жылдамдығы тұрғысынан-тіпті ең заманауи ADSL-2 ADSL-2+ модемдері қазір пайдаланушылар талаптарының "шектерінде" тұр. Интернет алмасудың жылдамдығы 1-2 Мбит/с, ал стандартты ажыратымдылығы бар ағынды бейне үшін (SDTV) – 4...6 Мбит/с (MPEG-2). Сонымен қатар, IPTV сигналдарын беру кезінде 20 Мбит/с (MPEG-2) немесе 9 Мбит/с (MPEG-4) беру жылдамдығын қамтамасыз ету қажет. Гибридті талшықты-коаксиалды технологияларды (HFC) қолдануға келетін болсақ, олар тек Кәбілдік Теледидар желілерінде ғана өздерін жақсы көрсете білді. Оптикалық магистралды коаксиалды кәбілде үйшілік тарату желісімен ұштастыра пайдалану КТВ жергілікті операторларымен сәтті пайдаланылады. Осылайша, қатынау желілерінде оптикалық шешімдерді қолдану кеңжолақты тіркелген қолжетімділікті ұйымдастырудың жалғыз қолайлы тәсілі болып табылады. Қазіргі уақытта нақты оптикалық технологияларды (Passive Optical Network, Active Ethernet, Micro SDH және т.б.) пайдалана отырып, абонентке дейін 1 - 2,4 Гбит/с жоғары жылдамдықты ағындарды ұйымдастыру мүмкіндігі бар. Ал толқынды мультиплексирлеу технологиясын қолдану бірнеше оптикалық көтергіштердің әрқайсысына осындай ағындарды беруге мүмкіндік береді. Оптикалық технологиялар үнемі жетілдіріліп, арзандауда [9].

1.4 Оптикалық қатынау желілерінің архитектуралық ерекшеліктері

Оптикалық қатынау желілерін құру архитектурасы оптикалық желілік терминалдың пайдаланушыға жақындау дәрежесімен сипатталады. Халықаралық Электр байланысы одағының стандарттау секторы (ITU-T) бірнеше сипатты нұсқаларды бөледі (1.1 сурет).



1.1-сурет – Оптикалық қатынау желілерін құру архитектурасы

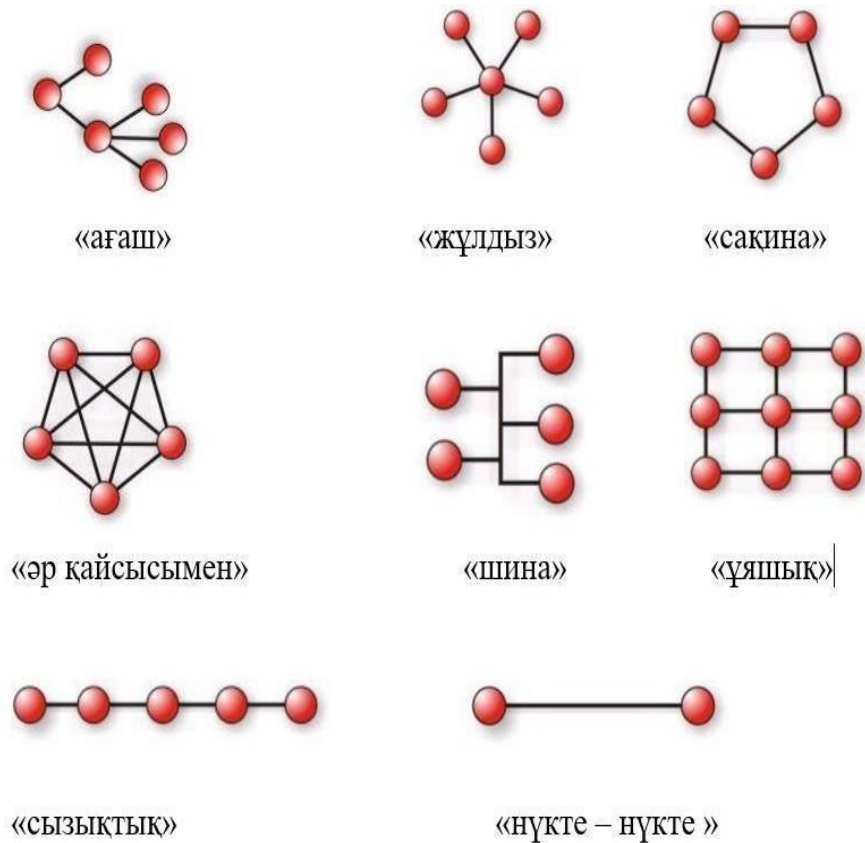
1.1 суретте көрсетілген, барлық FTТх архитектуралары (Fiber to the ...) бірақ ол қысқа болса, желінің өткізу қабілеті соғұрлым көп болады. Оптикалық технологияларды барынша пайдалану FTТН құрылымын болжайды, ол кезде оптикалық желі терминалы пайдаланушы кварталында болады және соңғы құрылғылар-телефон, компьютер, теледидар және т. б. бар қысқа жалғағыш кәбілдермен қосылады. Сәулет байланысты көп жағдайларды, және бірінші кезекте - жоғары тығыздығы орналастыру абоненттер. Көп қабатты тұрғын үйлер үшін FTТВ жүйелерін қолдануды болжауға болады. Жеке құрылыс немесе кеңселер үшін, тапсырыс берушінің төлем қабілеттілігіне және оның жоғары жиіліктегі қосымшалардың қажеттілігіне байланысты, FTТS немесе FTТН көп қолайлы.

Қазіргі заманғы оптикалық желілерде желінің әртүрлі топологияларын (тораптарды қосу сұлбалары) пайдалануға болады. Олар 1.2.суретте көрсетілген.

Таңдау оңтайлы топология бірқатар факторларға тәуелді, байланысты жобалау (абоненттерінің тығыздығы, олардың орналасқан жері, қызмет түрлері және т. б.), сондай-ақ базасын оптикалық технология.

Соңғы уақытта оптикалық желілерде жиі үш интегралды технология қолданылады:

- SDH микросеть (Micro SDH);
- Белсенді Ethernet желілері (Active Ethernet, AE);
- пассивті оптикалық жиынтықтар (Passive Optical Network, PON).



1.2-сурет – Желі құру топологиясының түрлері

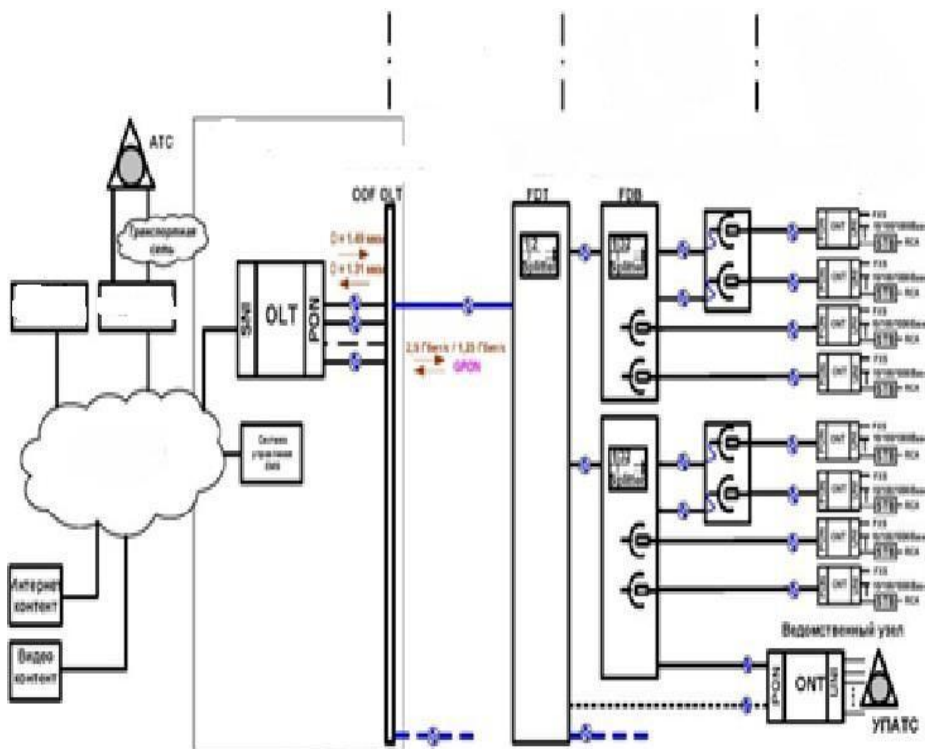


1.3-сурет – GPON технологиясы бойынша абоненттік қатынау желісінің құрылымдық сұлбасы

Оптикалық желінің OLT-терминалы (желілік терминал) ONT - оптикалық желілік терминал (абоненттік торап) ОРШ - оптикалық тарату шкафы.

ОРК - оптикалық тарату қорабы (бокс).

ОРА-оптикалық розетка абоненттік ОТК-оптикалық тарату кроссЖелілік торап қызмет көрсету ауданы, негізінен GPON болатын АТС-ті қамтиды. Белсенді шлюздік жабдықтар GPON, OLT (OLT— оптикалық желілік терминал байланыстырушы ақырғы абоненттер, интернет желісімен, басқа жабдықтармен ұйымдастыру үшін қызмет көрсету тарату, дауыс, бейне және мәліметтер торабында тоқталады. Оптикалық кабельдер (кабельдер) немесе оптикалық сымдардың (патч-кордтар) көмегімен ODF Odt оптикалық кроссына қосылады. Оптикалық кроста кабельдерді бағыттар бойынша бөлу, қайта жалғау (коммутация) және сплайс-пластиналар арқылы станциялық оптикалық кәбілмен желілі жалғау (дәнекерленген қосылыстарға арналған кассеталар мен бокстар) жүзеге асырылады. Сонымен қатар, оптикалық кросс сол АТС-те (ЛАЦ, кросс) орналасқан. PON желісінің желілік торабынан оптикалық тарату шкафына(ОТШ) дейінгі учаскесінде талшықтарды магистральды бөлу жүргізіледі. Тарату желісінің PON ОРШ дейін құрылғыларды абоненттер (ONT, ONU), байланыс арқылы жүзеге асырылады оптикалық тарамдаушы (сплиттеры) орнатылатын оптикалық таратушы қораптарда (СБШ) және/немесе оптикалық таратқышшкафтар (ОТШ) [10].



1.4-сурет – GPON технологиясын пайдаланумен байланысты ұйымдастырудың типтік сұлбасы

Оптикалық желі OLT - терминалы ONT-оптикалық желілік терминал. SNI-магистральды желілерге қосылу интерфейстері UNI- Абоненттік интерфейстер.

PON деңгейі PON интерфейстері ODF- оптикалық тарату кросс PDIF - оптикалық тарату шкафы FDB -оптикалық тарату бф box.

Желіде тармақтауыштарды қосудың бір деңгейлі (бір каскадты) сұлбасы ретінде пайдаланылуы мүмкін сплиттерлерді бір-бірінен соң бірі қосусыз, сондай-ақ тармақтағыштарды жүйелі орналастырумен көп каскадты сұлба құрылады. Сонымен қатар, әрбір абонент үшін өткізу жолағына қойылатын талаптар мен OLT жабдығының GPON интерфейстерінің тармақталу коэффициенті қолданылады. Бірнеше тармақтағыштар арқылы сигналдарды беру кезінде мүмкін болатын өтпелі бұрмалауларды болдырмау есебінен байланыс сапасын арттыру. Екінші жағынан, каскадтау тарату құрылғылары мен кабельдерді неғұрлым икемді және оңтайлы бөлуге мүмкіндік береді, яғни оңтайлы тарату желісін құруға мүмкіндік береді.

Абоненттік торап ONT (ONT(ONT)— Optical Network Terminal (Unit)) құрамында кіріс оптикалық интерфейс МӘНІ болуы мүмкін әр түрлі демалыс интерфейстері: FXS, FXO, 10/100/1000 Base-T, E1, isdn BRI, RF. Абоненттік терминалдардың көрсетілген интерфейстері, өткізу жолағының технологиясы мен ресурстары GPON желісін және әртүрлі ведомстволық желілер мен корпоративтік клиенттерді қосу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

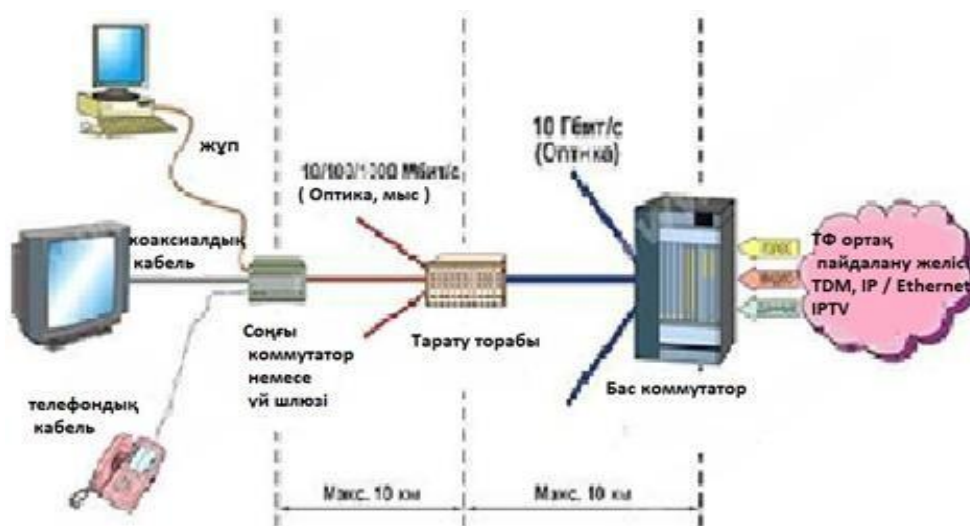
1.5 Тапсырманың қойылымы

Бұл технологияның пайда болуы желілерді құру принциптеріне жаңаша қарауға мәжбүр етеді. Оптикалық талшықтардың ондаған немесе тіпті жүздеген талшықты желілері бар көп талшықты кабельдердің орнына, соның салдарынан төсеу мен монтаждауда қиын болып келеді. Яғни, пассивті оптикалық желілер технологиясы цифрлық кеңжолқты желілерде тарату сапасын жақсарту үшін ең жақсы шешімдердің бірі болып табылады. GPON желісіне радиусы 20 км 128 абоненттік түйіндерді қамтиды. Өйткені абоненттік тораптар – терминальны болса, мәселе біреуінде немесе оны ажырату ықпалын қалған жоқ. Бір түйін жүздеген абонентке қызмет көрсете алады. Пассивті оптикалық желілердің қатынау желісі-кеңжолқты таратуды қамтамасыз ету үшін ең үнемді шешімдердің бірі. GPON желісінің архитектурасы адамның қажеттіліктеріне байланысты өткізу қабілетін, желіні ұлғайтудың қажетті қабілетіне ие.

Жұмыстың орындау үшін талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінде тарату кезінде ақпараттың сапасын бағалау қажет. Абоненттік желіні құру қағидаттарына, архитектурасына және функцияларына шолу жүргізу керек. Негізгі технологияларға және желі параметрлеріне шолу жүргізу керек. Желі жұмысының сапа параметрлерін есептеу және тәжірибелік бағалауды жүргізу қажет.

2 Оптикалық қатынау желілерінің технологиялық сипаттамалары

Оптикалық желілерде әдетте "нүкте–нүкте" немесе "нүкте–көп нүкте" ("жұлдыз") топологиялары қолданылады. Мұндай топология желіні жобалау және техникалық қызмет көрсету кезінде өте қарапайым, ақпаратты беру жылдамдығын әр пайдаланушыға дейін шектеуге немесе арттыруға мүмкіндік береді. Ethernet белсенді оптикалық желілерінің технологиясында бірқатар елеулі кемшіліктер бар. Мысалы, белсенді жабдыққа үлкен шығындар жеткілікті үлкен және оны орнату кепілді электрмен қамтамасыз етуді талап етеді. Оптикалық кабельдерде көптеген талшықтар қолданылады, соның салдарынан құрылыс-монтаждық жұмыстар мен өлшеулерге кететін шығындар айтарлықтай. Сонымен қатар, оптикалық талшықтар, оптикалық талшықтар, талшықты қатты үнемдеудің қажеті жоқ және егер белсенді жабдықтың электр қорегін орналастыру және ұйымдастыру мүмкіндігі бар болса, жаңа құрылыста, жақсы кәбілдік инфрақұрылымда FTTB (дәлірек айтқанда, "кірме жолға дейін талшық") сұлбасы бойынша ең тиімді болып табылады [11].

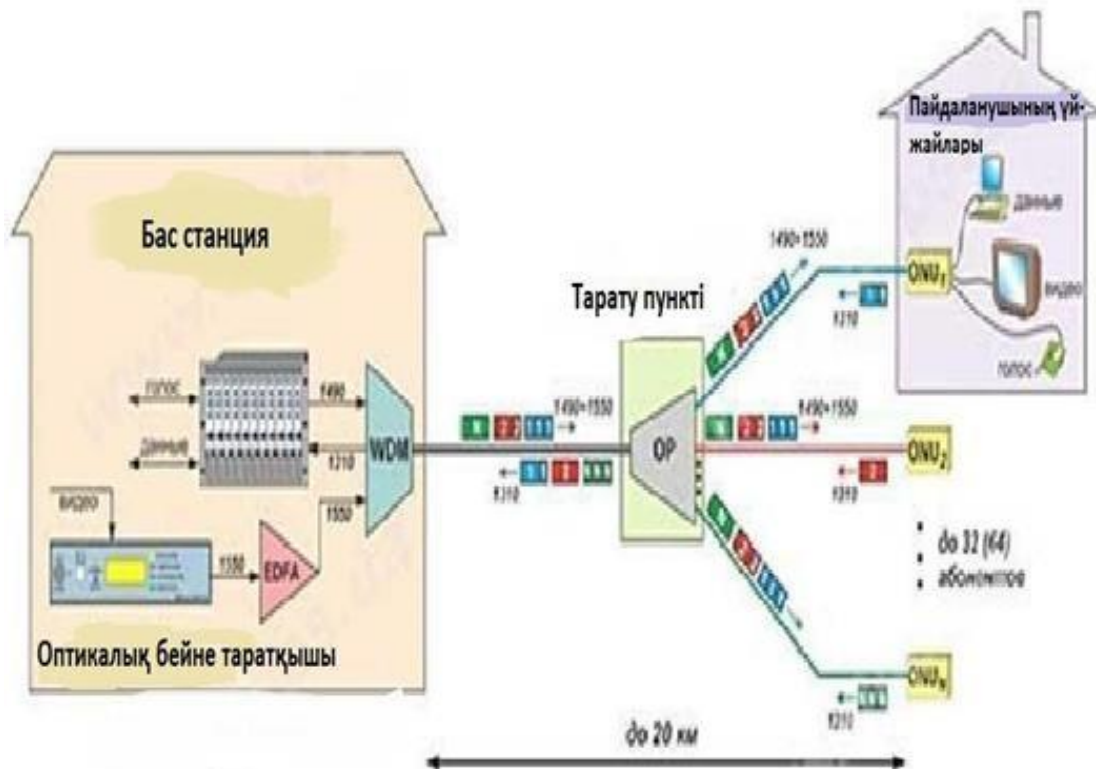


2.1-сурет – Оптикалық желіні ұйымдастыру

Соңғы жылдары GPON (Gigabit Passive Optical Network) желісіне арналған технология өте танымал болып келеді. Оның негізгі идеясы ең төменгі инвестиция кезінде үлкен өткізу қабілеті бар қатынау желісін құрудан тұрады. Бұл шешім пассивті оптикалық тармақтағыштарда, яғни белсенді компоненттерді пайдаланбай тармақталған желіні (көбінесе ағаш тәріздес топологияны) құруды көздейді. Барлық абоненттер үшін ақпарат арналарды бас станциядан – оптикалық желілік терминалға (OLT, Optical Line Terminal) - соңғы оптикалық желілік блоктарға (ONU, Optical Network Unit) дейін уақытша бөлумен бір мезгілде беріледі.

Әдетте, тарату және қабылдау бір оптикалық талшық бойынша толқындардың түрлі ұзындықтарында жүргізіледі. Абоненттен станцияға (тікелей ағыны) пайдаланылады толқын ұзындығы 1310 нм, ал станциядан абонентке (кері ағын) 1490 нм немесе 1550 нм. Оптикалық қуат. бастап шығу

OLT тораптардағы желі дейді (біркелкі немесе біркелкі емес), сондықтан сигнал деңгейі кіре берістегі барлық ONU болды шамамен бірдей. Ең жиі толқын ұзындығының бірі (әдетте 1550 нм) барлық абоненттерге теледидар сигналын беру үшін бөлінеді. Ол үшін станцияда 1310 нм (дауыс, деректер) және 1550 нм (бейне) берілетін сигналдарды біріктіру үшін WDM оптикалық мультиплексоры орнатылады. GPON желісінің сұлбасы 2.2 суретте көрсетілген.



2.2-сурет – GPON желісінің сұлбасы

Сонымен қатар, әрбір терезе құрылғысы ақпаратты тек өз терминалы үшін ғана бөледі. Сонымен қатар, әр ONU-дің кері ағынында ақпаратты белгілі бір уақытта таратады және біріктіргеннен кейін жалпы ағын барлық пайдаланушылардың сигналдары бар [12].

Абоненттік қатынау желілерінде GPON технологиясы келесі артықшылықтарға ие:

- абоненттік оптикалық кәбілдерде талшықтарды үнемдеу;
- бас станцияда оптикалық сәулелендіргіштерді едәуір үнемдеу;
- ақпараттың үш түрін ұсыну мүмкіндігі – TriplePlay тұжырымдамасына сәйкес) - дауыс, бейне және деректер;
- желілік элементтерді электрмен қоректендіру қажеттілігі жоқ);
- қызмет көрсетуге арналған аздаған шығындар;
- абоненттерді қосудың қарапайым мүмкіндігі (тіпті үзіліссіз)байланыс);
- жолақты динамикалық кеңейту мүмкіндігі – қазіргі уақытта жұмыс істемейтін абоненттердің есебінен жұмыс істейтін абоненттердің берілу жылдамдығын арттыру;

- тарату жылдамдығын одан әрі ұлғайту (10 Гбит/с дейін) және одан жоғары желілік тракт жабдығын ауыстырусыз (оптикалық кабельдер, тармақтағыштар, қосқыштар);

- оптикалық мультиплексирлеу (CWDM немесе DWDM) технологиясын қолдану есебінен әрбір пайдаланушы үшін тарату жылдамдығын едәуір ұлғайтудың келесі мүмкіндігі.

Бүгінгі таңда GPON – ең динамикалық дамып келе жатқан оптикалық желілік технология. Жыл сайын экономикалық дамыған елдерде GPON абоненттерінің жалпы саны 30-40%-ға өсіп келеді. GPON – белсенді абоненттік жабдықтың құны, әсіресе FTTH сұлбасында жаппай енгізуді тежейтін жалғыз маңызды фактор. Көп қабатты қала құрылысы үшін GPON FTTB немесе жеке сектор, коттедж қалашықтары және кеңсе орталықтары үшін FTTH желілерін салу сұлбасын дамытуға болады.

2.1 GPON желісінің типтік құрылымы

GPON классикалық желісі келесі элементтерден тұрады:

- оптикалық желілер (ағаштар) ағынын агрегациялау үшін қызмет ететін OLT (Optical Line Terminal) орталық станциялық құрылғысы);
- ODN (Optical Distribution Network) тарату оптикалық желісі,;
- магистральды оптикалық фидер (талшықтар);
- оптикалық сигнал тармақтайтын сплиттерлеуағаш;
- GPON - желі тармақтарының оптикалық талшықтарын (бұтақтарын) тарататын;
- шеткі бұрылатын абоненттік кабельдер (Drop-ұштары), олар: оптикалық талшық, Ethernet, xDSL, E1 кәбілдері болуы мүмкін;
- ONU (Optical Network Unit) немесе ONT (Optical Network Terminal) соңғы абоненттік құрылғылары, олардың түріне байланысты тарату шкафында, ғимаратта, абонент үй-жайында орнатылуы мүмкін және соңғы абоненттерге құрылғының түрі мен моделіне байланысты әртүрлі қатынау порттарын ұсынады: Ethernet, кейде VDSL-порттың негізгі түрі, қосымша-кабельдік теледидар, телефонды қосу, E1



2.3-сурет –GPON жабдығын басқару және мониторинг үшін қызмет ететін MS (Access Management System) желісін басқару жүйесі

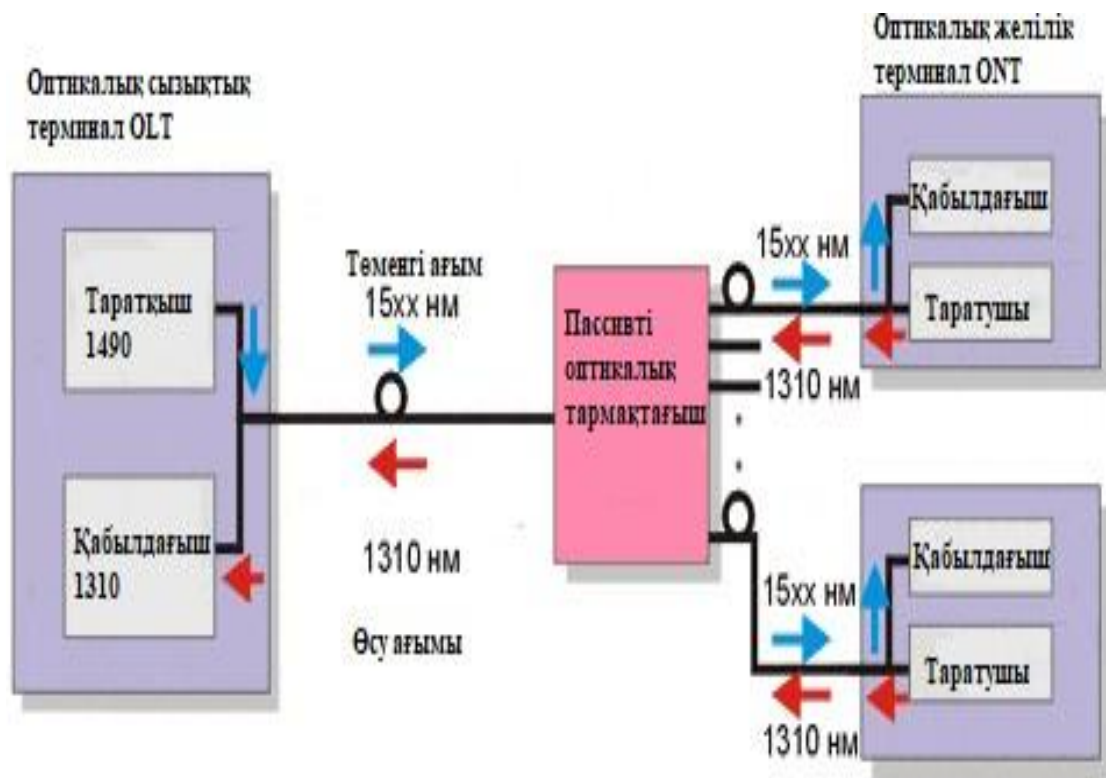
2.2 GPON технологиясының артықшылықтары

GPON технологиясы басқа технологиялар алдында бірқатар артықшылықтарға ие [13]:

- желіні құру құны төмен. Бір оптоалшық арқылы көптеген абоненттік терминалдарды жүзеге асыруға болады, бұл талшықты үнемдеуге мүмкіндік береді;
- желіні пайдалануға және техникалық қызмет көрсетуге арналған төмен шығындар. Тарату желісінде пассивті жабдықтар қолданатындықтан;
- желіні біртіндеп арттыру мүмкіндігі. Жаңа тораптарды енгізгенде жұмыс істеп тұрған жұмыс желісіне әсер етпейді;
- тарату инфрақұрылымын құрудың келешегі. Желіні одан әрі дамыту және үлкен Өткізу жолағы бар сапалы мультимедиялық қызметтерді ұсыну үшін оптикалық тарату желісін салу кезінде жақсы негіз қаланады;
- сенімділік. Желідегі белсенді элементтердің аз саны жүйенің сенімділігін анықтайды және сезімталдықтың төмендеуіне, байланыстың аралас желілерінің әсеріне, оларға әсер етудің азаюына ықпал етеді;
- жоғары икемділік. PON технологиясы бойынша тарату желісін құру басқаоптикалық талшықты технологияларды пайдалану сияқты талшықтардың шоғырын емес, тек бір ғана оптикалық талшықты қолдануды талап етеді. Осының арқасында Шина немесе ағаш тәрізді топология бойынша желіні құруға болады, бұл экономикалық тұрғыдан өте тиімді. Технологияның икемділігі оны FTTx жанұясының кез келген желілік конфигурацияларында пайдалануға мүмкіндік береді
- кез келген модель бойынша бейне ұсынумен TriplePlay қызметін көрсету мүмкіндігі: Кәбілдік Теледидар қызметі түрінде немесе IPTV қызметі түрінде.

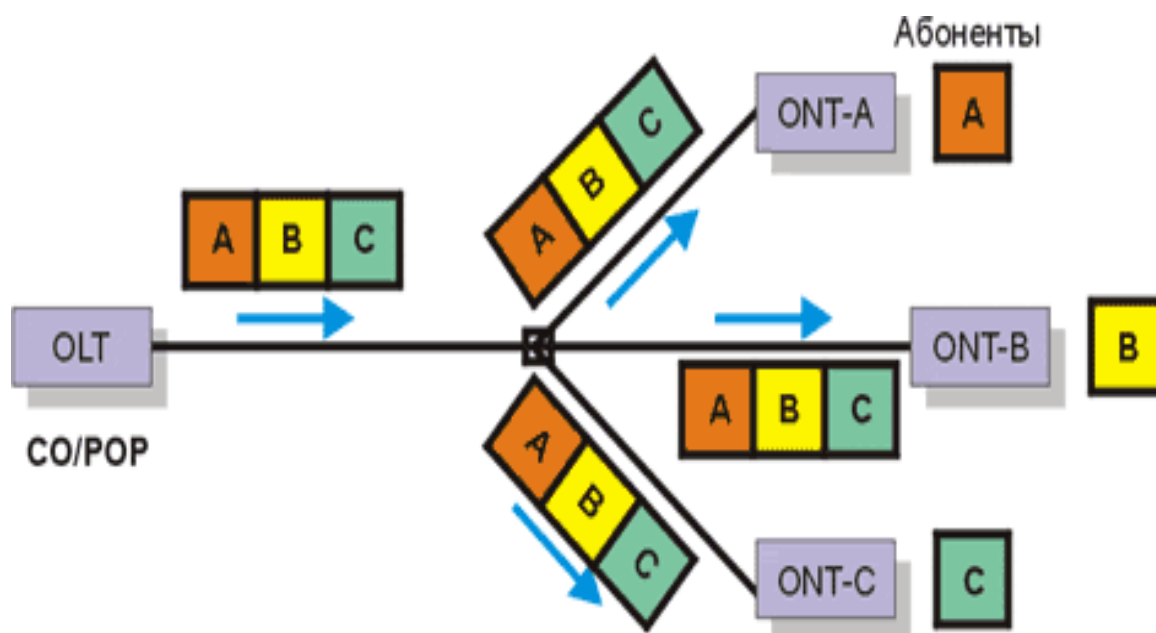
2.3 Ақпаратты берудің әртүрлі технологиялары

Байланыс қызметтерін ұсыну үшін абонентке WDM (Wavelength Division Multiplexing) технологиясы қолданылады. Бұл технология абонентке және абоненттен әртүрлі толқын ұзындықтарында сигналдарды беруді жүргізеді (тиісінше 1490нм және 1310нм). Теледидар бейнесіне бөлек шығатын ONU/ONT кейбір түрлері 1550 нм толқынының жеке ұзындығына теледидар бейнесінің оптикалық талшығына "араласуы" мүмкін.



2.4-сурет – GPON желісінің жалпы құрылымы

Әрбір толқын ұзындығы үшін арналарды уақытша бөлу технологиясы абоненттен де, абонентке де екі бағытта да қолданылады. Бұл технология сурет те көрсетілген.



2.5-сурет – Абоненттер шыққан ақпаратты тарату

Жоғарыда көрсетілген жағдайларда барлық абоненттерге әр бағытта байланыс арнасын өткізудің тең бекітілген кепілді жолағы бөлінеді. Бұл жерде қазіргі уақытта PON-желілердің негізгі 2 стандарты пайдаланылатынын атап өту қажет:

- GPON(Gigabit PON), GFP көлік протоколы (депегіс framing protosol). Төмен түсетін ағын-1490 нм, 2,4 Гбит / с, жоғары түсетін ағын-1310 нм, 1,2 Гбит/ с;
- GERON(PON), көліктік хаттама - Ethernet. Төмен ағым
- 1490 нм, 1,2 Гбит / с, өсу ағыны-1310 нм, 1,2 Гбит / с;

GPON стандартының жабдығы GERON-мен салыстырғанда абонентке бағытталған екі үлкен байланыс арнасын Өткізу жолағы бар және TDM-трафикті тарату үшін бейімделген (E1 порттары бар).

2.4 Абоненттік қатынау құру технологиялары

ONU/ONT жабдығын орналастыру орнына байланысты тікелей тұрғын үй абоненттің ажыратады түрлі FTTx технологиясы құру PON-желілері. LTE технологиясының сипаттамасы 1.14 суретте көрсетілген. FTTB, FttH, FTTB, FTTH технологиялары үшін (ONU/ONT подъезде орнатылған жағдайда) көппортты ONU/ONT (қазіргі уақытта 24 портқа дейін) қолданылуы мүмкін. PON-желілерді құру кезінде, сондай-ақ 1.1-кестеде ұсынылған ақпаратты берудің пайдаланылатын технологиясының (GERON немесе GPON) түріне байланысты параметрлердегі айырмашылықты ескеру қажет.:

Кесте 2.1 – GERON/GPON параметрлерін салыстыру

Параметрлері	GERON	GPON
Оптикалық бюджет	30,50 дБ	28,50 дБ
Абоненттер бағытындағы жолақ	1,20 Гбит/с	2,40 Гбит/с
Абоненттерден бағыттағы жолақ	1,20 Гбит/с	1,20 Гбит/с
Абонентке дейінгі максималды қашықтық	20,0 км	20,0 км
ONU/ONT максималды саны	32–20,0 км дейін	32– 20,0 км дейін 64,0 – 12,0 км дейін
TDM-трафикті беру мүмкіндігі (E1)	Жоқ	Иә

2.5 Параметрлерді талдау

Соңғы уақытта салынып жатқан оптоталшықты қол жеткізу жүйелері әртүрлі архитектуралар мен технологияларға негізделеді. Бұл технология үшін мұқият ойластырылған стандарттар және қажетті жабдықтың қол жетімділігі үлкен тәуекелсіз операторлардың желілерін құруды анықтайды. Интернет операторлары қызметінің табыстылығы-осы саланың қарқынды дамуына ынталандыру. Мұндай

типтегі желілер тарапынан бәсекелестік қысым ірі байланыс операторларын қол жеткізудің оптоалшықты желілеріне инвестициясалуға ынталандырады деп болжауға болады. Байланыс операторларының PON - пассивті оптикалық желілер желілерін енгізуі бірінші кезекте қолда бар инфрақұрылыммен байланысты, осыған байланысты абоненттердің көптеген сервистерге жазылуының үлкен пайызымен болжанатын қатысу нүктелерін қысқарту мүмкін. Мысал ретінде Жапонияны және Оңтүстік Кореяды келтіреміз. Бұрын айтылғандай, бұл елдерде EPON технологиясы осы елдерде негізінен өрістетілетін кабель өлшеміне шектеулері бар әуе желілерін пайдалануға байланысты таратылған. Мысалы, Еуропада, негізінен "нүкте-нүкте" топологиясымен Ethernet FTTH негізіндегі конфигурацияларды, кейде "сақина"топологиясымен Ethernet-сервистерді пайдалану. Қазіргі уақытта PON жүйесі Еуропада нашар таралған, өйткені еуропалық FTTH жобаларының басым бөлігін муниципалитеттер, коммуналдық қызметтер мен тұрғын үй кооперативтері жүзеге асырады. Тұрғын аудандарда ТОВЖ құру үшін үлкен инвестициялар қажет, олар келесі 30-40 жыл ішінде пайда әкеледі [14].

3 GPON физикалық деңгейі үшін бағалау есебі

3.1 Дисперсиялық және энергетикалық сипаттамаларды есептеу

GPON - Gigabit-capable Passive Optical Networks - гигабиттік пассивті оптикалық желі. PON технологиясы туралы алғаш рет 1990-шы жылдары, бірнеше жетекші еуропалық операторлар, соның ішінде British Telecom және France Telecom бірнеше кіру технологиясы үшін бір талшықты қолдануды әзірлеген кезде айтылды. Осылайша, трафикті біріктіру үшін қуат пен қызмет көрсетуді қажет етпейтін пассивті оптикалық сплиттерлер пайдаланылатын ерекше технология пайда болды.

Бүгінгі күні GPON сізге талшықты-оптикалық кабельді пәтерге өткізуге және 1 Гбит / с дейін өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл ADSL қол жеткізу мүмкіндіктерін 100 есе көбейтеді. GPON технологиясын енгізу Triple Play қызметтерін бір талшық бойынша қамтамасыз етеді: Интернет, VoIP, IPTV; ал жоғары тарату жылдамдығы бірнеше HDTV арналарын бір уақытта көруге мүмкіндік береді. Жаңа желі IP-телефония технологиясын қолдана отырып, жергілікті телефон қоңырауларын жасауға мүмкіндік береді.

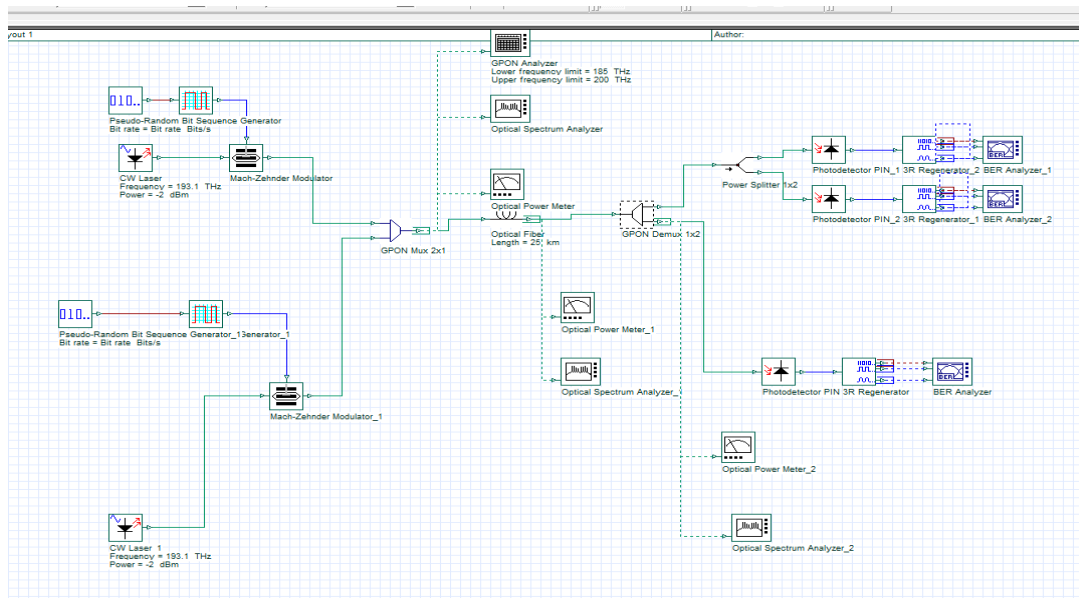
GPON (Gigabit PON) - бұл ITU G.984 перспективалы PON стандарты (2005). Тасымалдау хаттамасы – GFP (generic framing protocol) - жалпы рамалық хаттама. Төменгі ағысы - 1490нм, 2,4Gbps немесе 1,2Gbps. Жоғарғы ағымда - 1310нм, 1,2 Гбит/с немесе 622 Мбит/с.

Оптикалық сигналдарды бұрмалау себептері бойынша OLT және LE арасындағы магистральдің топтық учаскесінде DWDM оптикалық арналары қуатының рұқсат етілген деңгейі G.652 стандартының талшығы үшін 1530- 1565 нм (с диапазоны) немесе 1565-1625 нм (I диапазоны) толқындардың спектрінде +17 дБм (50 мВт) аспауы тиіс.

Кесте 3.1 – GPON технологиясының артықшылары

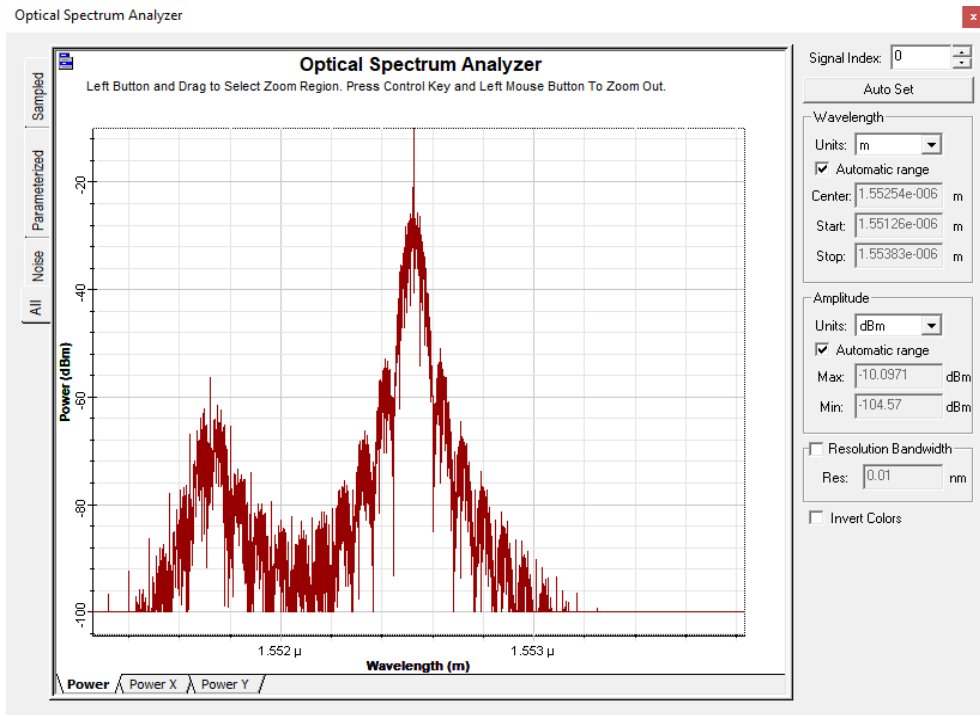
Параметрлері	Диапазоны	Номиналды мәндер
Сәуле шығару көзі (шығ.Рout қуаты)	0...18 dBm	0...18 dBm
Деректерді беру жиілігі (арна аралық интервал)	193.1-193.4 THz (0.2nm) 193.1-193.9 THz (0.1nm)	193.1-193.9 THz
Дистанциясы (L)	20-50 km	
Талшық түрі(өшу)	G.652 (SMF)	0.21 dB/km
	G.655 (SMF)	0.19 dB/km
Сплиттерлеу каскады	1x2	6db
	1x32	10db

Optisystem-да салынған. L=25 km дистанциясы кезінде 1x2 сплиттерді қолдану сұлбасы.

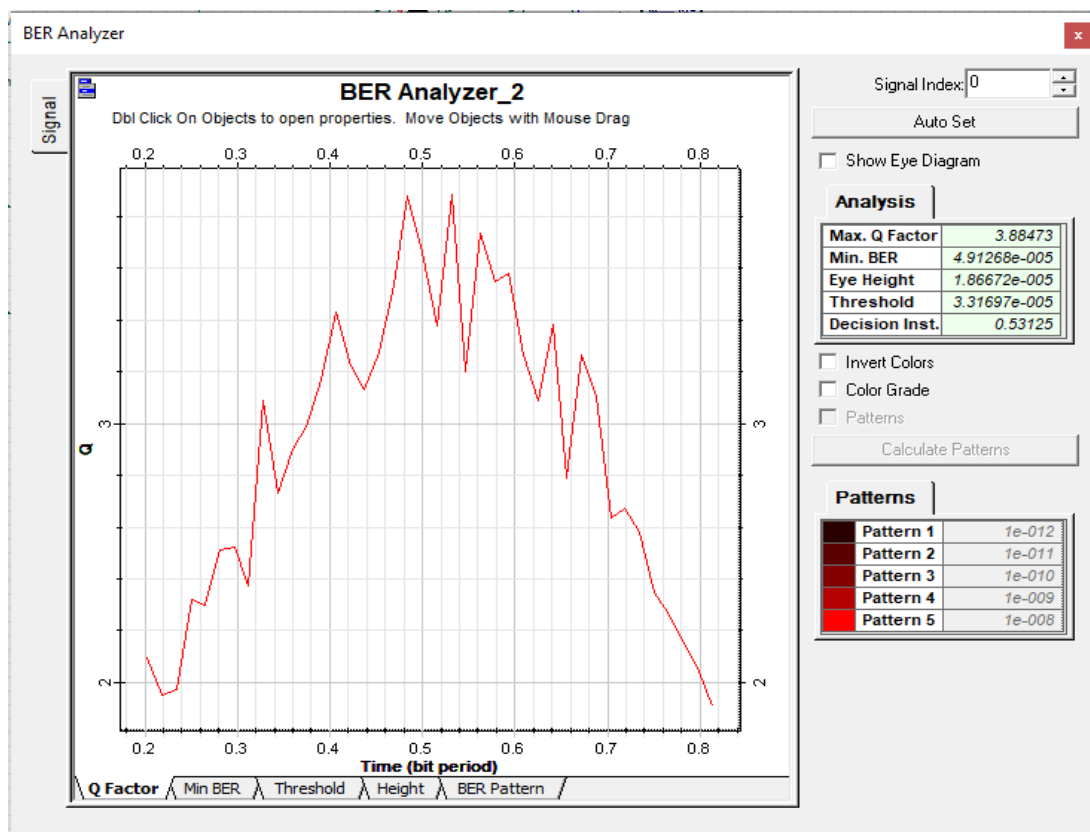


3.1-сурет – GPON сұлбасы

Optisystem-де 1x2 сплитерін қолдану арқылы бұл сұлбада 2 толқын ұзындығы қосылған модулятор, пульс генератор және линияға кететін сигналды генерациялайтын лазердің өзі қолданылған. Әрбір толқынұзындығынан сигналдар WDM мультимплексорында жиналады және 10 дБ сигнал қуаты бар желіге жіберіледі. Желі бойынша өткеннен кейін сигнал өшуге ұшырайды. Келесі кезеңде сигнал мультимплексорға жетеді. Мен толқынның бір ұзындығын бөлек бөліп алдым және оны 1x2 тармақтағышын пайдаланып бөлдім, қалғандары сплиттермен бөлінбестен келеді. Төменде спектр талдауын байқай алатын жүргізілген жұмыстардың скриншоттары мен суреттерін көрсетті, қуаттың оптикалық өлшегішіндегі мәндердің нәтижелері, олар әрбір өткен желі элементінен кейін өшеді. Бұдан әрі күшейткішті қосу және сәйкесінше деректерді беру қашықтығын 25 км-ден 50 км-ге дейін ұлғайту қарастырылған. GPON физикалық көп нүктелі оптоталшықты инфрақұрылымда бірнеше түрлі толқындарды пайдаланады, ол белсенді компоненттерден (PON) жоқ. Олардың әрқайсысы әрбір оптикалық желілік блок үшін (ONU) 1 Гбит / с жылдамдықпен толқын ұзындығы бар бөлінген арнаны қамтамасыз етеді. Әр түрлі толқын ұзындығын пайдалану бір физикалық талшықтың ішінде трафикті бөлуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде физикалық топологиядағы нүкте - нүкте логикалық қосылыстарды қамтамасыз ететін желі алынады. GPON операторларға үлкен қашықтықтағы бірнеше соңғы нүктелерге кең өткізу жолағын ұсынуға мүмкіндік береді. Бір талшықты пайдалану WDM көмегімен қол жеткізіледі: ONT 1310 нм ұзындығында сигналды таратады, OLT - 1490 нм. Сонымен қатар, бұл сигналды тарату үшін, сондай - ақ, радио жиілік диапазонында (РЧ бейне), кабельдік теледидар желілерінде пайдалануға болады. IP-бейне қызметтердің кең спектрін ұсына алады. Оптикалық талшықтың қуаты мен талшықтың ұзындығын төмендету (ITUТ G.663/2011 ұсынымы бойынша).



3.2-сурет – Optical Spectrum Analyzer



3.3-сурет – BER Analyzer

Спектралды арналарды ұйымдастыру кезінде әрбір екі арнасы үшін рұқсат етілген қуат деңгейі GPON демультимплексорынан кейін (ITU-T G. 692/1998 ұсынымы бойынша) шамадан аспайды [17]:

$$P_{chMPI-S} = P_{maxMPI-S} - 10 \log_{10} N \quad (3.1)$$

мұндағы $P_{chMPI-S}$ - әрбір арна үшін рұқсат етілген қуат деңгейі;
 $P_{maxMPI-S}$ - ең жоғары қуат деңгейі (<17,0dB);
 N – каналдар саны.

$$P_{chMPI-S} = 17,0 - 10 \lg(40) = 0,980(\text{дБм}),$$

$$P_{chMPI-S} = 17,0 - 10 \lg(64) = -1,060(\text{дБм}).$$

40 арна үшін бір арнаның қуат деңгейі +1,0 дБм аспайды. GPON демультимплексорындағы қуат шығынын ескере отырып (шамамен 2 дБ) сонда:

$$P_{chMPI-S} = 0,98 - 2 = -1,020(\text{дБм}),$$

$$P_{chMPI-S} = -1,06 - 2 = -3,060(\text{дБм}).$$

Бұл сигнал арнасы 4:16:16-ге бөлінеді, бұл үлкен радиус әсерінің желісінде көзделген 1024 бөлудің жалпы коэффициентін құрайды

$$\alpha_{\text{разв.бщ}} = \sum \alpha_{\text{разв}} \quad (3.2)$$

мұндағы $\alpha_{\text{разв}}$ - энергетикалық шығындар планарлы сплиттерлерде келтірілген.

$$\alpha_{\text{разв.бщ}} = 7,40 + 13,90 = 35,20(\text{дБ}).$$

ONT терминалдарын орналастыру қашықтығын ескере отырып, 10 км дейін талшықты жарық өткізгіштерде дисперсияларға жетуі мүмкін:

$$\tau = L \cdot \alpha_s + N_p \cdot A_p + N_c \cdot A_c$$

мұндағы L – ONT терминалдарын орналастыру дистанциясы;

α_s - кабель желісіндегі талшықтың өшу коэффициенті (толқын ұзындығы 1550 нм 0,270 дБ / км алынған);

A_c – дәнекерленген қосылыстағы орташа шығындар (0,050 дБ);

N_c – дәнекерленген қосылыстар саны;

A_p – қосылымдағы орташа шығындар (0,2дБ),

N_p – алмалы-салмалы қосылыстар саны 4.

Талшықты дәнекерленген түйіспелер саны кәбілдің құрылыс ұзындығы санының бірлігіне аз (4 км тең есеппен қабылданған). Қолдап қашықтыққа орналастыру терминал ONT құрылыс ұзындығы кабелін аламыз, екі құрылыс бойынша ұзындығы 4 км. және бір 2 км. Тиісінше орындар саны өсіру желісі сияқты 2.

$$\tau = 10,0 \cdot 0,270 + 4,0 \cdot 0,20 + 2,0 \cdot 0,050 = 3,60$$

Осылайша, сезімталдығы нашар оптикалық қабылдағышты қолдану қажет болады [18]:

$$P_{\text{ПР.ВХ}} = P_{\text{chMPI-S}} - \alpha_{\text{разв.бщ}} - A, \quad (3.4)$$

$$P_{\text{ПР.ВХ}(40)} = -1,020 - 35,20 - 3,60 = -39,820(\text{дБм})$$

$$P_{\text{ПР.ВХ}(64)} = -3,060 - 35,20 - 3,60 = -41,860(\text{дБм})$$

Спектрлік арналар санын қысқарту және олардың әрқайсысының қуатын арттыру немесе әрбір ONT-те SOA оптикалық күшейткіштерін қолдану арқылы қосымша оптикалық күшейткіштерді пайдалану сізге қажетті энергетикалық әлеуетке қол жеткізуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, 1 оптикалық қуатты пассивті бөлгіштерді AWG оптикалық сүзгілерімен (Arrayed Waveguide Grating) толқындарды бөлу үшін толқындық торға ауыстыра отырып, спектральды арналардың үлкен санын мультиплекстеуге болады, бұл берілетін қуаттың әсерін едәуір төмендетеді. оптикалық сигналдар. AWG (демультиплексор) планарлы сүзгісіндегі жоғалтулар 1:32, әдетте, 6 дБ аспайды [19]. Бұл оптикалық қуаты шектеулі ұзақ желілер үшін маңызды. Таратқыштың қуаты мен қабылдағыштың сезімталдығымен қамтамасыз етілген аралықтың максималды ұзындығын есептеуге болады. Ол үшін Port ∂ Б дБ энергетикалық әлеуетін есептеу қажет: Формуланан қолданамыз:

$$P_{\text{opt}} = P_{\text{trans}} - P_{\text{rec}}, \quad (3.5)$$

мұндағы, P_{trans} – таратқыштың шығысындағы сигнал деңгейі, дБм;

P_{rec} – қабылдағыштың кірісіндегі сигнал деңгейі, дБм.

Кесте 3.2 – OSN 8800 жабдығының оптикалық сипаттамалары

Параметр	Мәні
Сызықтық интерфейс, желідегі беру жылдамдығы / жүктеме	OUT, 120 / 103 Гбит/с
Шығу қуаты	-7...0 дБм
Таратқыштың жұмыс ұзындығы диапазоны	1528,7 – 1567,1 нм
Қабылдағыштың сезімталдығы ($BER = 10^{-12}$)	-18 дБм
Қабылдағышты қайта тиеу ($BER = 10^{-12}$)	0 дБм
OSNRT (0,1 нм, $BER = 10^{-12}$)	12,5 дБ

$$P_{opt} = 0 - (-18) = 18 \text{ (дБм)}.$$

Аралықтың максималды ұзындығы:

$L_{max} = P_{opt}/\alpha = 18/0.19 = 94.7$ (км) мұндағы, α – талшықтың өшу коэффициенті (0.19 дБ/км).

Осылайша, арналар санының артуымен (бір оптикалық арнада сигнал қуатының азаюымен) тарату қашықтығы азаяды.

Мысалы, оптикалық сигнал күшейткішін қолдану арқылы 25/35/40 км қашықтықты қарастырайық.

Оптикалық жол көлденең қимадан тұрады - екі терминал арасындағы қашықтық (регенерация) және терминал мен күшейткіш арасындағы аралықтар (күшейту секциясы). Күшейткіштер жоқ. Оптикалық күшейткіштерді секцияларға орналастыра отырып, біз барлық жолақтардың әлсіреуі бірдей және бір күшейтумен өтелуі үшін ұмтылуға тиіспіз.

SES-92 G. 692 ұсынысына сәйкес, MPI-R-интерфейсіндегі OSNR жұмыс мәні әрбір арнада тарату кезінде FEC қолданылғандай 12,5 дБ кем болмауы тиіс. Әр түрлі қашықтықтағы аралықтарда өшуді есептейміз [20].

$$L = 25 \text{ км кезінде } A = 25 * 0,19 = 4,75 \text{ (дБ)},$$

$$L = 35 \text{ км кезінде } A = 35 * 0,19 = 6,65 \text{ (дБ)},$$

$$L = 40 \text{ км кезінде } A = 40 * 0,19 = 7,16 \text{ (дБ)}.$$

Біз оптикалық сигналдың шуылға (OSNR) қатынасын есептейміз және оны стандарттармен салыстырамыз. Оптикалық сигналдың шуылға қатынасы бір N-арналы s-WDM арнасы үшін MPI-R интерфейсінде есептеледі.

OSNR есептеу үшін, біз алдымен MPI-s интерфейсіндегі орташа сигнал мен сигнал деңгейін есептейміз.

3.2 Қосылатын үйлердің тізімін анықтау. GPON технологиясымен қамту коэффициенті

Желіні жобалау үшін, ең алдымен, GPON желісіне қосылатын тұрғынүйлер мен басқа ғимараттардың тізімін анықтау қажет.

Кесте 3.3 – Қосылатын үйлер

Көше, үй	Подъездер/подъездегі пәтерлер	Пәтерлер саны
1-ші көше, 131 к1	2/60	120
1-ші көше, 131 к2	1/62	62
1-ші көше, 131 к3	2/64	128
1-ші көше, 131 к4	1/68	68
1-ші көше в, 131 к5	1/68	68
1-ші көше, 131 к6	2/64	128
1-ші көше, 131 к7	1/64	64
1-ші көше, 131 к8	2/65	130

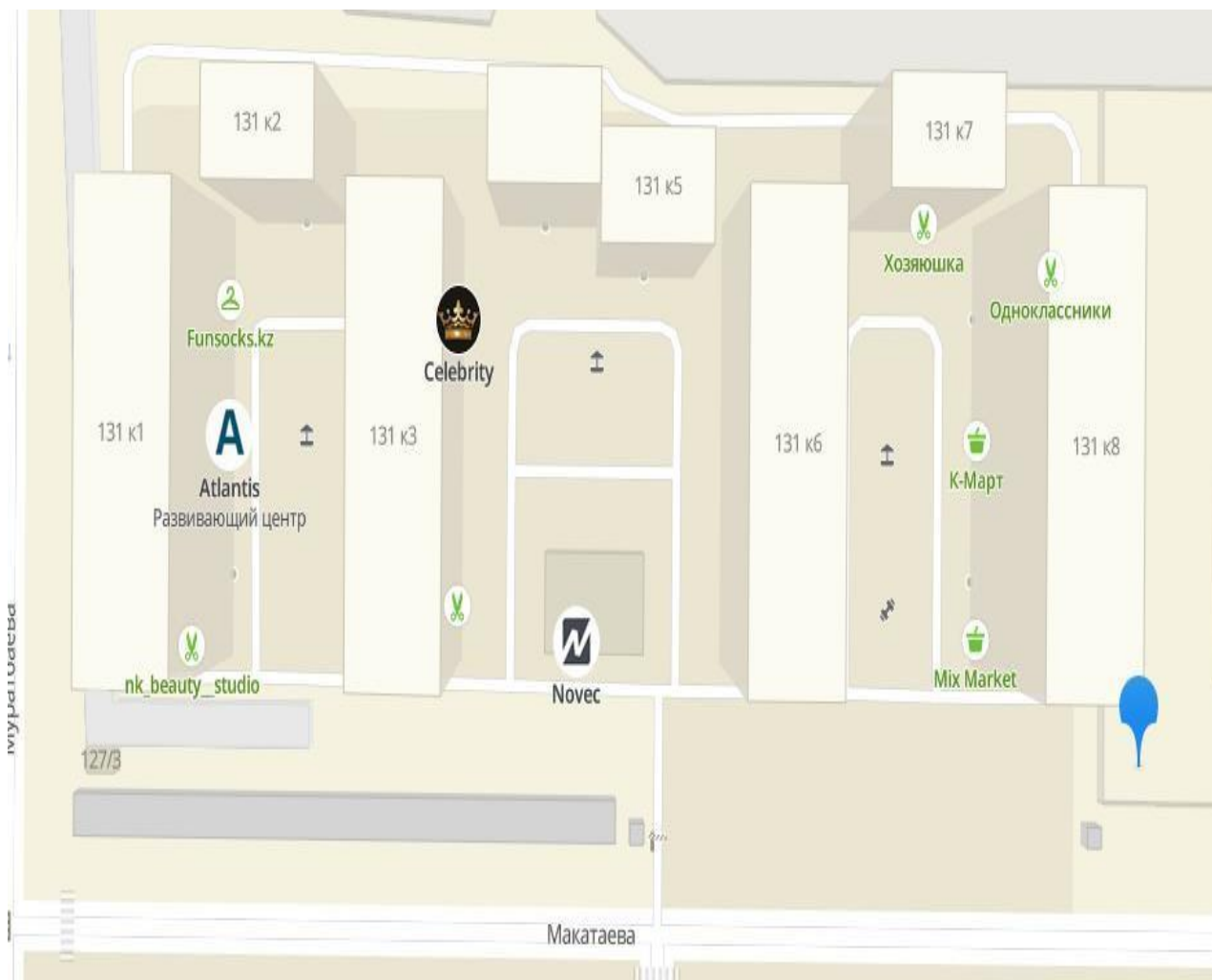
Тұрғын үйлердегі пәтерлерді GPON технологиясымен қамту пайызын есептейміз. GPON технологиясы бойынша құрылыс жүргізу кезінде үйдегі пәтерлерді қамту пайызы сплиттер сыйымдылығының (тармақталу коэффициентіне көбейтілген сплиттерлер санының) пәтерлердің жалпы санына қатынасы бойынша анықталады.

$$D_{[\%]} = (N_{spl} \cdot \frac{K_{(1:K)}}{M_{KB}}) \cdot 100, \quad (3.6)$$

мұндағы, N_{spl} - үйдегі соңғы сплиттердің жалпы саны; $K_{(1:K)}$ – тармақталу коэффициенті;

M_{KB} - үйдегі пәтерлердің жалпы саны.

Сплиттерлерді қолданудың арқасында көптеген үйлер үшін нақты және бір мәнді қамту пайызына қол жеткізу мүмкін емес. Сондықтан қамту пайызы орташа мән немесе диапазон деп түсініледі. Қолданыстағы үйлер мен жаңа құрылыс үйлері үшін қамту пайызы әртүрлі болуы мүмкін. Әдетте жаңа үйлерде қамту пайызы 100% құрайды. Сонымен қатар, егер пәтерлердің саны бөлінген сыйымдылыққа қарағанда көп болмаса, ақылға қонымды тәсілді қолдану керек. Мысалы, егер үйде 100 пәтер болса және 3 сплиттер 1:32 96 пәтерді қамтыса, онда төртінші сплиттерді тек 4 абонентке қосу орынсыз болады. Әрбір терминалды сплиттер-бұл OLT белсенді аппараттық интерфейсінің GPON түрлендіруінің ең үлкен немесе тұтас бөлігі, бұл жабдықтың құны мен оны пайдалану тиімділігіне байланысты.



3.4-сурет – Тұрғын үй кешенінің сұлбасы

Бастапқыда қосымша сплиттерді орнату қажет болған кезде жаңа үйлердегі сплиттер санының шегін есептеу шартын орнату ұсынылады. Егер сплиттердің жүктемесі оның сыйымдылығының жартысынан немесе одан да көп болса, қосымша сплиттер орнатылады (1:32 үшін - 15 немесе одан да көп қосылымдар).

Мұнда есеп айырысу кезінде пәтерлердің жалпы санына тұрғын үйлерде немесе жақын жерде орналасуы мүмкін кеңселер мен ведомстволық кәсіпорындарды қосу қажеттілігі анықталады.

3.3 Магистральдық және тарату желілерін жобалау

Абоненттік қол жеткізудің магистральдық желісі бүкіл желінің негізгі элементі болып табылады. Желіні құру жүйесін, топологияны дұрыс таңдау, қол жетімділікті ұйымдастырудың шарттары мен ережелерін анықтау желіні одан әрі дамыту кезінде қажетсіз шығындарды жояды.

GPON магистральдық желісін жобалау мәселелері келесі ережелерге қатысты:

- магистральдық желі құрылысының топологиясы;
- магистральдық желіде резервтеу тәсілдері;
- максималды магистральдық кабель сыйымдылығы, кабель түрі;
- оптикалық муфталарды таңдау және орнату;
- оптикалық кабель бронын жерге қосу жүйесін ұйымдастыру.

Жобаланған аймақта жобаланған желі үшін GPON желісінің көпдеңгейлі (каскадты) сұлбасы топологиясы таңдалды, каскадтардың саны әр қосылған үйге дейін екіге тең (1x2 және 1x32 сплиттерлер). Топология сұлбасы 3.3 суретте көрсетілген.

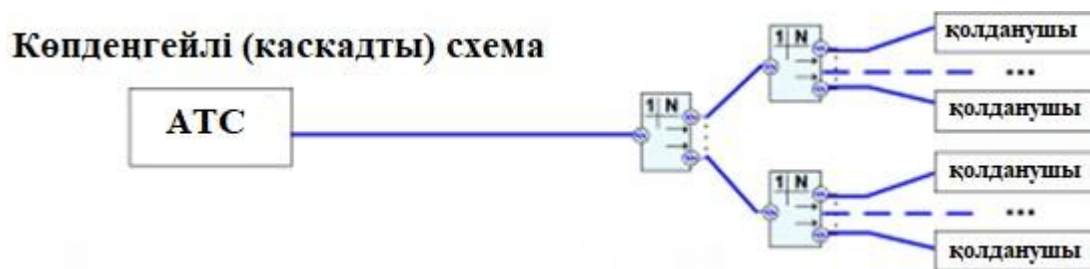
Мұндай топологияны таңдау келесі себептерге байланысты:

кабельдік канализация барлық аудан бойымен әр үйге арналған бұтақтармен өтеді. Желі кәбіл муфталарының көмегімен магистральдық ОК- ден қосылатын үйлерге таратушы ОК тармақтарымен құрылатын болады.

қосылатын үйлердің көп пәтерлі болуы және абоненттерді 100%-ға тең қызметпен қамту коэффициенті басқа топологияларды (нүкте-нүкте (P2P) және "ағаш") қолдануға мүмкіндік бермейді, өйткені P2P топологиясы жағдайында магистральдық және тарату кабельдерінің өте үлкен сыйымдылығы қажет болады, ал ағаш тәрізді желі құрылымы жағдайында қазіргі уақытта бар оптикалық сплиттердің көмегімен оптикалық қуат балансын келісу мүмкін емес.

Магистральдық желіде резервтеу үйлерде орналасқан әрбір сплиттерге екі оптикалық талшықты жеткізу арқылы жүзеге асырылады: бір жұмыс және бір резервтік.

Магистральдық оптикалық кабельдің ең үлкен сыйымдылығы әрбір үйге енгізілетін оптикалық талшықтың санын ескере отырып және резервті (сплиттерге бір резервтік оптикалық талшық) ескере отырып айқындалады.



3.5-сурет – GPON желісінің көпдеңгейлі (каскадты) сұлбасы

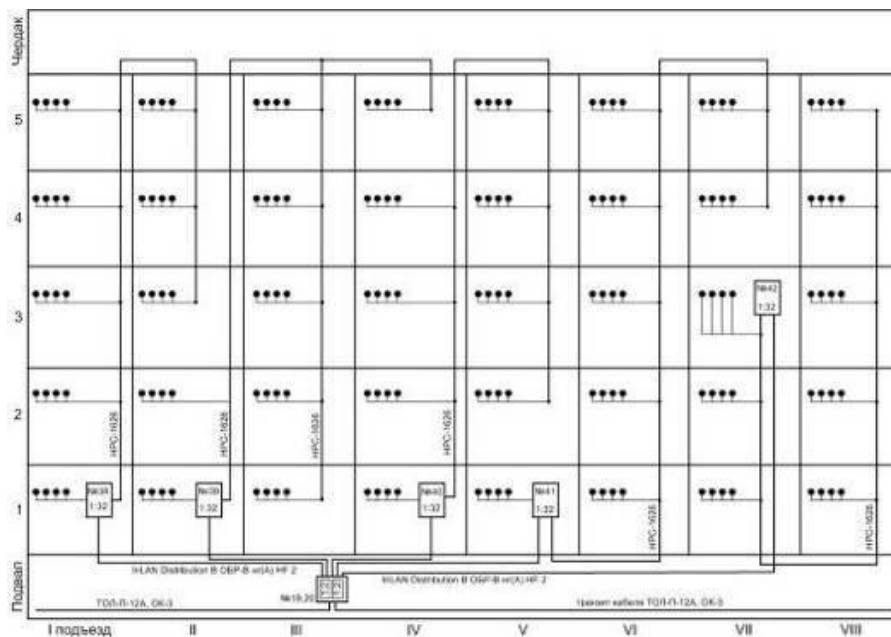
ДПС оптикалық кабелі батпақтар мен таяз кеме жүрмейтін өзендерді қоса алғанда, кабельдік кәрізде, құбырларда, науаларда, блоктарда, тоннельдерде, коллекторларда, көпірлер мен эстакадалар бойынша, ғимараттар мен құрылыстар арасында, ғимараттар ішінде топыраққа төсеуге арналған.

Кабельде диэлектрлік шыбықтың орталық қуат элементі бар модульдік құрылымның өзегі бар, оның айналасында еркін орналастырылған оптикалық талшықтары бар Модульдер бұралған. Оптикалық модульдер мен ядродағы бос

орын гидрофобты гельмен толтырылған. Кордельдер кара түсті тығыздығы жоғары полиэтиленнен жасалады. Орташа тығыздықтағы полиэтиленнің аралық қабығы ядроға қолданылады. Болат сым құрышы аралық қабыққа спираль түрінде қолданылады. Сымдар арасындағы бос орын гидрофобты гельмен толтырылған. Құрышқа тығыздығы жоғары полиэтилен қабығы қолданылады.

Абоненттік сымдар абоненттерді желіге тікелей қосқан кезде жүзеге асырылады және осы желіні жобалау кезінде ескерілмейді.

Мақатаев 131 к8 мекен-жайы бойынша орналасқан үйдің тарату сұлбасы, 3.5 суретте көрсетілген.



3.6-сурет – Үйдің тарату сұлбасы

3.4 Оптикалық сигналдар қуатын есептеу

Күшейткіштің шығысындағы арнаның орташа қуаты (MPI-Синтерфейсінде) тең болады:

$$P_{chMPI-S} = P_{maxMPI-S} - 10 \log_{10} N - \Delta p, \quad (3.7)$$

мұндағы, Δp – біздің жағдайымыз үшін пайдалану мерзімінің соңына қарай MPI-R интерфейсінде OSNR қажетті мәнін қамтамасыз ететін пайдалану қоры: $\Delta p=2$ дБ.

$$P_{chMPI-S} = 17 - 10 \cdot \lg 40 - 2 = -1,02(\text{дБм})$$

Бірінші аралықтағы өшуді ескере отырып, OLA1 сызықтық күшейткішінің кірісіндегі қуат деңгейі R1 нүктесіндегі OLA1 құрайды:

$$P_{chR1} = P_{chMPI-S} - \alpha_{p.1}, \quad (3.8)$$

$g_{OLA1} = 20$ дБ күшейткіші бар S1 нүктесінде OLA1 сызықтық күшейткішінің шығысындағы арналық сигнал қуатының деңгейі тең:

$$P_{chS1} = P_{chR1} + g_{OLA1}, \quad (3.9)$$

$$P_{chS1} = -5,95 + 20 = 14,05(\text{дБм})$$

OBU алдын ала күшейткішінің кірісіндегі арна сигналының қуат деңгейі тең болады:

$$P_{chMPI-R} = P_{chS1} - \alpha_{p2} \quad (3.10)$$

$$P_{chMPI-R} = 14,05 - 6,65 = 7,4(\text{дБм})$$

Кіру транспондердің сигнал түседі 7.4 (дБм). Оптикалық модульде қабылдағыштың сезімталдығы -18 дБм құрайды, артық жүктеме деңгейі 0 дБм құрайды. Осылайша, бер қателер коэффициенті қалыпты күйінде қалады. R1- R1 интерфейсіндегі кедергі қуаты вакуумның нөлдік флуктуациясына байланысты бөгеуілдерді есепке ала отырып, тең болады [10]:

$$P_{ASEMPI-R} = P_{ASEMPI-R'} + P_{H+B}, \quad (3.11)$$

$$p = 6,626 \cdot 10^{-34} \cdot 193,1 \cdot 10^{12} \cdot 50 \cdot 10^9 = 6,4 \cdot 10^{-9}(\text{мВт})$$

$$P_{ASEMPI-R} = 0,73 \cdot 10^{-6} + 6,4 \cdot 10^{-9} = 4,73 \cdot 10^{-5}(\text{мВт})$$

$$P_{ASEMPI-R} = 10 \lg(4,73 \cdot 10^{-5}) = -43,24(\text{дБм})$$

$$OSNR = P_{ch} + P_{ASE}, \text{ Б}$$

$$OSNR_{MPI-S} = P_{chMPI-S} - P_{ASEMPI-S} = -1,02 - (-30,99) = 29,97(\text{дБ})$$

$$OSNR_{R1} = P_{chR1} - P_{ASER1} = -17,52 - (-47,49) = 29,97(\text{дБ})$$

$$OSNR_{S1} = P_{chS1} - P_{ASES1} = 0,48 - (-29,49) = 29,97(\text{дБ})$$

$$OSNR_{MPI-R} = P_{chMPI-R} - P_{ASEMPI-R} = -13,27 - (-43,24) = 29,97(\text{дБ})$$

Нәтижесінде жүргізілген есептеулер көрсетіп отырғандай, OSNR OS-да MPI-R с 29,97 дБ нормаға сәйкес келеді (12-ден астам ± 5 дБ).

3.5 Үлкен жүктеме сағатында GPON қатынау желісінің абоненттерінен шығатын нақты жүктемені анықтау

Бір OLT портының абоненттері нақты жүктеме жасап, абоненттерді екі санатқа бөліп есептеледі:

- 1) I санат-Triple Play пайдаланушылары - 16 адам (порттағы барлық абоненттердің жалпы санының 25%);
- 2) II санат – Internet абоненттері-48 адам (жалпы санынан 75%).

Бір OLT порты $M_{жалпы} = 64$ абонентке қызмет көрсететінін біле отырып, ең жоғары жылдамдықта немесе ең жоғары жүктеме сағатында әр санат жасаған IP дестелердің санын есептейміз. Қызметтердің толық жиынтығын пайдаланатын I топтағы абоненттердің үлесі $\pi_1 \approx 25\% \approx 0,25$ құрайды. Содан кейін тек деректерді беру қызметтерін пайдаланатын II топтағы абоненттердің үлесі $\pi_2 \approx 75\% \approx 0,75$ құрайды. GPON желісі Ethernet, TDM, ATM, POTS деректерін беретін GEM транспорттық протоколын пайдаланады. Абоненттерден жылдамдығы тұрақты болатын ағындар түріндегі сигналдар, IP/PPP немесе Ethernet дестелері және т.б. Ең көп таралған деректер түрі – Ethernet дестелері. VoIP абоненттері жасаған деректер санын есептеу үшін кодек түрін орнату керек (3.10 кесте).

Кесте 3.4 – Аудиокодек параметрлері

Кодек	Тарату жылдамдығы, кбит/с	Датаграмма ұзақтығы, мс	Деректеудің кідірісі, Мс	Екі бағытты қосылым үшін өткізу қабілеттілігі, кГц	Джиттер-буфердегі кідіріс	Теориялық максималды бағасыMOS
G.711u	64	20	1	174,4	2 датаграмма, 40 мс	4,4
Кодек	Тарату жылдамдығы, кбит/с	Датаграм ма ұзақтығы,мс	Деректеуд інің кідірісі,Мс	Екі бағытты қосылым үшін өткізу қабілеттілігі, кГц	Джитте р-буферде гі кідіріс	Теориялы қ максимал ды бағасыMOS
G.711a	64	20	1	174,4	2 датаграмма, 40 мс	4,4
G.726-32	32	20	1	110,4	2 датаграмма, 40 мс	4,22

G.729	8	20	25	62,4	2 датаграмма,	4,07
					40 мс	
					60 мс	

Жақсы сөйлеу сапасына G.711 кодек кепілдік береді. Сөйлеу үлгісінің ұзақтығы T_r дестелері секундына жіберіледі:

$$n_{VOIP} = \frac{1}{T_{PDU}} = \frac{1}{0.02} = 50(\text{десте/с}) \quad (3.7)$$

VoIP үшін дестелік деректердің мөлшері:

$$h = T_{PDU} \cdot v \quad (3.8)$$

мұндағы, h - мәліметтер мөлшері;

T_{PDU} – датаграмманың ұзақтығы;

v - G.711 кодек үшін кодтау жылдамдығы.

$$v = \frac{64000}{8} = 8000(\text{байт/с})$$

$$h = 0,02 \cdot 8000 = 160(\text{байт})$$

Десте өлшемін анықтау сәйкесінше 20 байт, 12 байт, 8 байт болатын IP, RTP, UDP тақырыптарын қарастыруды қамтиды:

$$h_{\Sigma VOIP} = 160 + 20 + 12 + 8 = 200(\text{байт})$$

VoIP пайдаланушылары $t_{VOIP} = 2$ минут ішінде сағатына $f_{VOIP} = 5$ қоңырау шалады делік. IP телефония абоненттерінен шығатын дестелер санын есептейік:

$$N_{VOIP} = n_{VOIP} \cdot t_{VOIP} \cdot f_{VOIP} \cdot \pi_1 \cdot M_{\text{общ}} \quad (3.9)$$

мұндағы, N_{VOIP} - үлкен жүктеме сағатында жіберілетін дестелер саны;

n_{VOIP} - бұл пайдаланушының секундына жіберетін дестелер саны;

t_{VOIP} - орташаға ұзақтығы (сек);

f_{VOIP} - пайдаланушылары үшін үлкен жүктеме сағатындағы қоңыраулар саны;

π_1 - I санаттағы абоненттердің саны;

Мобщ – абоненттердің жалы саны.

3.6 Оптикалық талшықтың негізгі параметрлерін есептеу

1310нм жұмыс толқын ұзындығы үшін бір режимді G 652.D, G 657.A1 талшығының параметрлерін есептейік. Формулалар бойынша есептеу (3.19-3.50) Mathcad бағдарламасында орындалады (А.1 сурет).

Бастапқы мәліметтер:

1. Өзектің оптикалық диаметрі: $d = 2a = 9$ (мкм);
2. Оптикалық қаптау диаметрі: $d = 2b = 125$ (мкм);
3. Сыну көрсеткіштері:

Оптикалық өзектің: $n_1 = 1,4677$ (ОВ G 652.D); $n_1 = 1,4679$ (ОВ G 657.A1);

4. Оптикалық қабықтың: $n_2 = 1,463$;

5. Оптикалық тасымалдағыштың толқын ұзындығы: $\lambda = 1,31$ (мкм),

лазерлік диодтың спектрлік сызығының ені: $\delta(\lambda) = 0,1$ (нм);

6. $\lambda = 1,31$ (мкм) үшін нақты километрлік дисперсия:

– Материалды: $M(\lambda) = -5$ (пс/(км·нм));

– Толқындық: $B(\lambda) = 8$ (пс/(км·нм));

Есептеу келесі алгоритм бойынша жүзеге асырылады:

1. Сыну көрсеткішінің салыстырмалы мәні:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (3.19)$$

2. Сандық апертура және апертура бұрышы:

$$\begin{aligned} NA &= \sin \theta_A \\ &= \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \end{aligned} \quad (3.20)$$

$$\eta = NA^2 = 0.01377429 \approx 0.014 \quad (3.21)$$

$$\theta_A = \arcsin(NA) \quad (3.22)$$

3. Нормаланған жиілік

$$V = \frac{2\pi \cdot NA \cdot a}{\lambda} = \frac{\pi \cdot NA \cdot d}{\lambda} \quad (3.23)$$

4. Критикалық жиілік:

$$f_{кр} = \frac{P_{nm} \cdot c}{\pi \cdot d \cdot NA} \quad (3.24)$$

5. Толқынның критикалық ұзындығы:

$$\lambda_{кр} = \frac{\pi \cdot d \cdot NA}{P_{nm} \cdot n_1} \quad (3.25)$$

6. Толқын ұзындығы

$$\lambda_{отс} = \pi \cdot d \cdot \frac{NA}{2.405} \quad (3.26)$$

7. Тиімді режим өрісінің диаметрі:

$$\omega \approx d \cdot (0.65 + 1.62 \cdot V^{-\frac{3}{2}} + 2.879 \cdot V^{-6}) \quad (3.27)$$

8. Тиімді режим өрісінің аймағы:

$$A_{эф} = \frac{\pi \cdot \omega^2}{4} \quad (3.28)$$

9. Релейдің шашырауынан туындаған әлсіреу:

$$\alpha_{расс}(\lambda) = 4,34 \cdot \frac{8\pi^3}{3 \cdot \lambda^4} \cdot (n_1^2(\lambda) - 1) \cdot \beta \cdot k \cdot T \cdot 10^3 \quad (3.29)$$

$$\alpha_{расс}(\lambda) = C \cdot \frac{(n_1^2(\lambda) - 1)}{\lambda^4} \quad (3.30)$$

$$C' = 0.6(\partial \text{Бмкм}^4/\text{км}) \quad (3.31)$$

10. Ультрафиолет аймағындағы әлсіреу коэффициенті:

$$\alpha_{уф} = 10^{\frac{-21,9}{\lambda(\text{мкм})} + 12,4} \quad (3.32)$$

11. Өшіру коэффициентінің жалпы мәні:

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{\text{pacc}} + \alpha_{\text{ик}} + \alpha_{\text{уф}} \quad (3.33)$$

12. Сіңірудегі шығын:

$$\alpha_{\Pi} = 8,69 \cdot \frac{\pi \cdot n_1 \cdot \tan \sigma}{\lambda(\text{км})} (\text{дБ/км}) \quad (3.34)$$

13. Өшу коэффициентінің жалпы мәні:

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_{\text{pacc}} + \alpha_{\Pi} \quad (3.35)$$

14. Меншікті шығындар:

$$\alpha = \alpha_{\Sigma} + \alpha_{\Sigma} \cdot 0,2 \quad (3.36)$$

15. Макробендтердің өшуі:

16.

$$\alpha_{\text{макр}} = -10 \cdot \lg \left(\left| 1 - \frac{2 \cdot a \cdot n_1^2}{R \cdot NA^2} \right| \right) \quad (3.37)$$

17. Микроилудің әлсіреуі. Біріктіру кезіндегі қосымша ысырап.

$$\alpha_{\text{пот}} = 4,34 \cdot \left[\frac{\Delta}{\lambda} \right]^2 \quad (3.38)$$

18. Материалдық километрлік дисперсиясы:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \quad (3.39)$$

19. Толқындық бағыттағы километрлік дисперсия:

$$\tau_B = \Delta\lambda \cdot B(\lambda) \quad (3.40)$$

20. Жалпы километрлік дисперсия:

$$\tau = \tau_M + \tau_B \quad (3.41)$$

21. Өткізу қабілеттілігі:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|} \quad (3.42)$$

22. I тракт ұзындығының өткізу жолағы:

$$\Delta F_1 = B_1 = \frac{1}{|\tau|} \quad (3.43)$$

23. Меншікті хроматикалық дисперсия коэффициенті:

$$D(\lambda) = M(\lambda) + B(\lambda) \quad (3.44)$$

24. Материалдық дисперсия:

$$\tau_M = \Delta\lambda \cdot M(\lambda) \cdot l \quad (3.45)$$



3.5-сурет – Өткізу қабілеттілігінің байланыс сызығының ұзындығына тәуелділігі графигі



3.6-сурет – Хроматикалық дисперсияның байланыс сызығының ұзындығына тәуелділік графигі

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жобада GPON технологиясын қолданып Асылтас тұрғын үй кешенінде байланыс жүйесін жобалау зерттеліп, қарастырылды. Асылтас тұрғын үй кешені - бұл NOVEC құрылыс салушысының ауқымды жобасы. Заманауи стильдегі 12 ғимарат 8 топқа біріктіріліп, алдыңғы қатарлы құрылыс технологияларының мүмкіндіктері мен жайлы тұрғын үйге деген нарықтық қажеттіліктерді ескере отырып жобаланған.

Қатынау желілері-телекоммуникация саласының неғұрлым серпінді дамып келе жатқан сегменті. Қол жеткізу желісінің тікелей көрсетумен байланысты провайдерлік, қызметтерін пайдаланушылар, және бұл үшін тіпті қолайсыз экономикалық жағдайында олар өтеледі. Қазіргі уақытта бұл желі тек қана желі үшін ғана емес, техникалық шешімдерге де ие. Сондықтан, олар техникалық және қаржылық қызықты етеді, олар даму сатысында тұр деп айтуға болады.

Бұл технологияның пайда болуы желілерді құру принциптеріне жаңаша қарауға мәжбүр етеді. Оптикалық талшықтардың ондаған немесе тіпті жүздеген талшықты желілері бар көп талшықты кабельдердің орнына, соның салдарынан төсеу мен монтаждауда қиын болып келеді. Яғни, пассивті оптикалық желілер технологиясы цифрлық кеңжолқты желілерде тарату сапасын жақсарту үшін ең жақсы шешімдердің бірі болып табылады. GPON желісіне қамтиды 128 абоненттік түйіндерді радиусы 20 км. Өйткені абоненттік тораптар – терминальни болса, мәселе біреуінде немесе оны ажырату ықпалын қалған жоқ. Бір түйін жүздеген абонентке қызмет көрсете алады. Пассивті оптикалық желілердің қатынау желісі-кеңжолқты таратуды қамтамасыз ету үшін ең үнемді шешімдердің бірі. GPON желісінің архитектурасы адамның қажеттіліктеріне байланысты өткізу қабілетін, желіні ұлғайтудың қажетті қабілетіне ие.

Техникалық есептеу бөлімінде осы дипломдық жобаның мақсаты бойынша GPON технологиясын Асылтас тұрғын үй кешенінде байланыс жүйелерін жобалауы зерттелді:

Бүгінгі күні GPON сізге талшықты-оптикалық кабельді пәтерге өткізуге және 1 Гбит / с дейін өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді, бұл ADSL қол жеткізу мүмкіндіктерін 100 есе көбейтеді. GPON технологиясын енгізу Triple Play қызметтерін бір талшық бойынша қамтамасыз етеді: Интернет, VoIP, IPTV; ал жоғары тарату жылдамдығы бірнеше HDTV арналарын бір уақытта көруге мүмкіндік береді. Жаңа желі IP-телефония технологиясын қолдана отырып, жергілікті телефон қоңырауларын жасауға мүмкіндік береді.

GPON (Gigabit PON) - бұл ITU G.984 перспективалы PON стандарты (2005). Тасымалдау хаттамасы – GFP (generic framing protocol) - жалпы рамалық хаттама. Төменгі ағысы - 1490нм, 2,4Gbps немесе 1,2Gbps. Жоғарғы ағымда - 1310нм, 1,2 Гбит/с немесе 622 Мбит/с.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Оптические мультиплексоры и демультимплексоры систем WDM / Н. Слепов //Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2004. – № 8.2.
- 2 Лейкосапфир (Al₂O₃). Оптика из сапфира [Электронный ресурс] / Материалы компании «Флюорит». – Режим доступа: <http://www.fluoride.su/Sapphire1.html>.
- 3 Былина М. С., Голубев А. С. Анализ возможности применения мультиплексора на отражательной призме по схеме Литтроу для систем CWDM // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. II-я Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. научных статей / под. ред. С. М. Доценко, сост. А. Г. Владыко, Е. А. Аникевич, Л. М. Минаков. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч- Бруевича, 2013. - С. 692-695.
- 4 Шувалов В.П., Фокин В.Г. Оптические сети доступа большого радиуса действия. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 188с.
- 5 Рекомендации ITU-T G.983.1 (01/2005) Оптические системы широкополосного доступа, базирующиеся на пассивной оптической сети (PON) // Международный Союз Электросвязи. Женева, 2005.
- 6 Iioon Kim. Transmission of 10-Gb/s Directly modulated RSOA Signals in Single-Fiber Loop-back WDM PONs // Photonics Technology Letters. 2011. Vol.23. No. 14. P. 965-967.
- 7 Hyuk-Choon Known, Young-Yuk Won, Dae-Won Lee, Sang-Kook Han. WDM Passive Optical Network with Simultaneous Wireline/Wireless Downlink Transmission and Wavelength Reuse for Uplink Connection // Transparent Optical Networks. 2007. ICTON 07. 9th International Conference on. P. 9-11.
- 8 Zaineb Al-Qazwini, Hoon Kim. Symetric 10-Gb/s WDM-PON Using Directly Modulated Lasers for Downlink and RSOAs for Uplink // Journal of Lightwave Technology. 2012. Vol.30. No. 12. P. 1891-1899.
- 9 Фокин В.Г. Проектирование оптической мультисервисной транспортной сети: Учебное пособие/ГОУ ВПО «СибГУТИ». - Новосибирск, 2009 г. - 206с.
- 10 Ipsita Sengupta, Abhirup Das Barman. Analysis of optical re-modulation by multistage modeling of RSOA//Optic. 2014. Vol. 125, Issue 14. P. 3393-3400.
- 11 Hyun-Soo Kim, Byung-Seok Choi, Ki-Soo Kim, Dong Churl Kim, O- Kyum Known, Dae-Kon Oh. Improvement of modulation bandwidth in multisection RSOA for colorless WDM-PON // Optics Express. Vol. 19. No.19. P. 16372-16378.
- 12 Qi Guo, An Vu Tran. Performance Enhancement in RSOA-Based WDM Passive Optical Networks Using Level Coding// Journal of Lightwave Technology. 2013. Vol.31. No.1. P. 67-73.
- 13 Chowdliury P.K. Enhances crosstalk tolerance in RSOA based WDM- PONs by using coded RZ modulation// Optik. 2014. Vol. 125. Issue 14. P. 2959- 2962.
- 14 <https://optiwave.com/optisystem-overview/> Источник скачивания программной среды Optisystem
- 15 Dual-LP11 mode 4x4 MIMO-OFDM transmission over a two-mode fiber/A.

Al Amin, A. Li, S. Chen, X. Chen, G. Gao, W. Shieh// Opt. Express. 2011. Vol.19, No. 17. P. 16672–16679.

16 Takahashi H., Oda K., Toba H. Impact of crosstalk in an arrayed- waveguide multiplexer on N x N optical intercorrection// IEEE Journal of Lightwave Tech. 1996. Vol. 14. №6. PP. 1097-1105.

17 ITU-T Recommendation G.652. URL: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.652-200911-S!!PDF-E&type=items

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Кендебай Бекарыс Ержанұлы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбына: «GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту».

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 56 парақ;
б) түсініктеме 5 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады.

Бұл дипломдық жұмыста абоненттік қатынауды дамытудың негізгі бағыттары, қатынау желілерін ұйымдастыру, GPON технологиясы қарастырылды.

Қатынау желілерінің оптикалық технологияларға ауысуы, оптикалық қатынау желілерінің архитектуралық ерекшеліктері келтірілді.

Дипломдық жұмыста оптикалық лазерлердің, базалық құрылымы сызбасында студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізуі мүмкіндігін көрсете алмаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жобаға "жақсы" (85%) деген баға, ал студент Кендебай Бекарыс Ержанұлы 6B06201 – Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензент

“Корпорация Сайман”
ЖШС өндіріс бойынша
директордың орынбасары

 Ә.Алиев

(қолы)

«01» 08 2023 ж.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Кендебай Бекарыс Ержанұлы

6B06201 - Телекоммуникация

Тақырыбына: «GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту».

Берілген бітіру жұмысында технологиямен оптикалық байланыс жұмысын ұйымдастыру мәселелері қарастырылады. Қолданылатын технология үшін тарату жүйелерінің жабдықтары мен оптикалық кабель таңдалды және талдау жасалады.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Жұмыста ұзақтығы қысқа импульстерді қалыптастыру жолдары, импульстерді шығару мен күшейтуге арналған құрылғылардың құрылысы көрсетілген.

GPON желісінің типтік құрылымы, GPON технологиясының артықшылықтары атап өтілді.

GPON физикалық деңгейі үшін бағалау есебі жасалды.

Дипломдық жобаға 85 (B+ жақсы) деген баға, ал студент Кендебай Бекарыс Ержанұлы 6B06201 - Телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТТ каф.аға оқытушысы,

техн.ғыл.кандидаты

Ермекбаев М.М.

(қолы)

«25» 05 2023 ж.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кендебай Бекарыс Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 9.9

Коэффициент Подобия 2: 4.7

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 31.05.2023г

Заведующий кафедрой



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Кендебай Бекарыс Ержанұлы

Тақырыбы: GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту

Жетекшісі: Айнур Куттыбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 9.9

2-ұқсастық коэффициенті (5): 4.7

Дәйексөз (35): 1.2

Әріптерді ауыстыру: 2

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

Кафедра меңгерушісі



31.05.2023 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Кендебай Бекарыс Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: GPON технологиясын қолдана отырып кең жолақты қатынауды жақсарту

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 9.9

Коэффициент Подобия 2: 4.7

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

31.05.2023.
Дата

Маркесен 1.04
проверяющий эксперт