

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Телекоммуникациялық жүйелер
кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»

Кафедра меңгерушісі

м.ғ.к. Шағинаметов Д.Р.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

«___» _____ 20__ ж.

(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Алматы қаласында, Әдезов ауданында
SD-WAN технологиясын пайдалану

БВО71900 - Радиотехника, электроника және
телекоммуникациялар

мамандығы бойынша

Орындаған Жетпісбаев Шерхан Рысбекұлы МТСК-10-02
(аты - жөні) (тобы)

Жетекші ТЖЖ кафедрасының м.ғ.к., доценті Есіркегенов А.С.
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Кеңесшілер :

Экономикалық бөлім бойынша :

Д.Валиева Д.Ш., к.э.н., доцент

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«11» маусым 2014 ж.

(қолы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:

Ата отбасына Тұраев Б.С.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«23» 05 2014 ж.

(қолы)

Есептеу техникасын қолдану бойынша :

Т.ғ.к., доценті Есіркегенов А.С.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«5» 06 2014 ж.

(қолы)

ата отбасына Сейсенбаева Д.Д.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«09» 06 2014 ж.

(қолы)

Мөлшер бақылаушы:

ТЖЖ кафедрасының оқытушысы Талыпжанова Э.К.

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«12» 06 2014 ж.

(қолы)

Пікір жазушы :

(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)

«___» _____ 20__ ж.

(қолы)

Алматы 2014

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Радиотехника, телекоммуникация және байланыс факультеті
Радиотехника, электротехника және телекоммуникация мамандығы
Телекоммуникациялық жүйелер кафедрасы

жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Метнісбаев Шерхан Рахымұлы
(аты - жөні)

Жоба тақырыбы _____

ректордың «24» 09.13 №115 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «25» мамыр 2014 ж.

Жобаға бастапқы деректер (талап етілетін жоба нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Аудиамагнитофон (абоксенттер) саны - 804
Қоспамагниттің сипаттамалары бойынша коэффициенті - 1:8, 1:4
 $NA = 0,18$ сандық апертура
Оптикалық кабельдік жүйелерінің толық саны мағалым
Бұрыштық $\alpha_a = \arcsin 0,18 = 10,3^\circ$
Критикалық α_c бұрышы $\alpha_c = 5,17^\circ$
Бүкіл бұрыш $\alpha = 80,97\%$

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:

- 1) Магниттік өткізгіштердің (BRON) технологиясы
магниттік жүйелерінің сипаттамалары
- 2) Аудиамагниттің тұрғын жүйелерінің сипаттамалары
мен магниттік жүйелерінің сипаттамалары
- 3) Экономикалық деңгейде мағалым келетін
мағалым жүйелерінің сипаттамалары
- 4) Еңбек сипаттамалары мен мағалым

Сызба материалдарының (міндетті түрде дайындалатын сызуларды көрсету) тізімі

Оптикалық және құрылым кедірі технологиялар;
Мелісінің символдарымен тармақталу;
PON желісінің мүлдем ісінді принципін;
Қауіпсіздік толық және символдармен;
ITV G 983 кадр форматы - тұрақты кедірі аты;
PON желісінің аркылы туралы;
PON желісінің сәулеті;
Бас оғаншақ және PON желісінің сәулеті;
Бағамдарға символдармен қысқарту;
PON және ұзаққағыс құрылымдармен сәулеті;
Оптикалық тармақ параметрлері

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер

Олифер В.Г. Олифер Н.А. Комп. сет.
Телер - пресс, 2006.
А.Б. Семенов - Волоконная оптика в
корп. и локальных сетях, 2003.
* Учебный курс: Компьютерные сети, 2005
Будонов К.Б., Амбала С.А., Бабич А.А.
Метод. указ. по выполнению экономического
раздела выпускной работы бакалавров
Охрана труда на предприятиях, 1989
Гаскевич Н., Алексеев А.В. PON в России,
сет. №1, №2, №3 2011.

Жоба бойынша бөлімшелерге қатысты белгіленген кеңесшілер

бөлімшелер	кеңесші	мерзімі	қолы
	Торто, е в 2.2.	24.04-23.05	
Сеттеу тех. қолд.	Сейсенбе Р.О.	26.05 - 09.06.14	
Экономикалық бағам	Раалиева Л.Ш.	24.04 - 10.06.14	
нормалаушы	Темірқайып 2 к	10.06 - 12.06.14	

диплом жобасын дайындау

KECTECI

[illegible]

Тапсырманың берілген уақыты « 07 » қазақ 20 14 ж.

Кафедра менгерушісі _____ *м.т.к. Шагаахметов Д.Р.*
(қолы) (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жоба жетекшісі _____ *т.ф.к., доцент Есиркегенов А.С*
(қолы). (аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент XW Исметбаев И.Р.
(қолы) (аты-жөні)

АНДАТПА

Дипломдық жобада тақырыбына сәйкес Таугүл 3 ықшам ауданында GPON пассивті оптикалық желісін құру қарастырылған.

Желі қаладағы коттежді аймаққа орнатылғандықтан, дамыған елдер қолданатын оптиканы әуемен тарту технологиясы таңдалды. Таңдалған жолмен сәйкес оптикалық кабельдің де сыртқы күштерге тұрақты, арнайы ұстаушы тросы бар түрі таңдалып алынды.

Есептеулер жүргізіліп, таңдалған әуе желісінің жер асты желісінен артықшылығы (пайда) айқын көрсетілді. Экономикалық бөлімде бұл желінің тиімділігі анықталды.

АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте согласно дипломной теме было рассмотрено построение пассивной оптической сети GPON.

Так как сеть планируется строиться в коттеджной местности города, для удобства была выбрана технология по которой оптический кабель прокладывается не под землей, а на весу. Соответственно были выбраны оптические кабели с несущими(трос) которые более устойчивы к внешним факторам.

Были проведены расчеты и было доказано что проложение кабели под землей намного дороже нашего проекта. На экономической части показали насколько данный проект выгоден с экономической точки зрения.

ABSTRACT

In the diploma project according to a degree subject created the passive optical network GPON.

As the network is planned to be under construction in the cottage district of the city, for convenience chosen the technology, on which optical cable puts not underground, they puts on weight. Optical cables with bearing (cable) which were respectively chosen are steadier against external factors.

Calculations were carried out and was proved that our cables underground are much more expensive than our project. On economic part showed how this project it is favorable from the economic point of view.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	6
1 ПАССИВТІ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ	7
1.1 PON технологиясына түсіндірме	7
1.2 Технологияның салыстырмалы артықшылықтары	9
1.3 Кадрлері мен пакеттерінің құрылымдары	11
1.4 PON болашағы	18
1.5 GPON-ның техникалық көрсеткіштері	25
2 ДИПЛОМДЫҚ ЖОБАНЫҢ МАҚСАТЫ	30
2.1 Желіні жобалау және құрылғыларды таңдау	31
2.2 GPON QSW-9000-01 ерекшеліктері	32
2.3 Серверді таңдау	36
2.4 GBIC модульдерін таңдау	37
3 GPON ЖЕЛІСІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕЛУІ	40
3.1 Желі жүктемесі мен өткізу қабілетін есептеу	40
3.2 PON желінің жүктемесін және трафигін есептеу	42
3.3 PON желінің трафигін есептеу	49
3.4 Оптикалық талшықты есептеу	50
4 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ	56
4.1 Мақсаты	56
4.2 Маркетинг	57
4.3 Финансты жоспар	57
4.4 Финансты жоспар	60
5 ЕҢБЕКТІ ҚОРҒАУ	64
5.1 Аппараттық және операторлық залдардың еңбек жағдайын талдау	67
5.2 Қондырғылардың бөлетін айқын жылу мөлшерін анықтау	70
5.3 Желдеткішті таңдау	71
ҚОРЫТЫНДЫ	73
ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ	74
ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР	75
А ҚОСЫМШАСЫ	76
Ә ҚОСЫМШАСЫ	77

КІРІСПЕ

XXI ғасыр - ақпарат алмасу ғасыры. Ақпарат заманында бір мнут кідіріп қалған топтар артта қалып қоятын уақытқа жеттік. Жас буын газет журналдан интернет әлеміне көшуде. Интернет адамзат өмірінің айырылмас бөлігіне кіріп, өзінің нақты орнын белгіледі. Осыған байланысты бүкіл қызмет көрсетуші операторлар ақпарат алмасудың ең жаңа, тиімді, ыңғайлы түрін ұсыну үшін жарысуда. Сол “ерекше” жаңалықты алғаш алып, халыққа ұсынған компания телекоммуникация саласының көшін бастайды.

Қазіргі компаниялар мен байланыс саласындағы мекемелер оптикалық желінің ақпарат алмасуда көш бастап тұрғанын бір ауызбен мойындап отыр. АҚШ, Ресей, Жапония елдеріндегі компаниялар бастаған жаппай мыстан оптикаға өту үрдісі осыған дәлел.

GPON желісі Қазақстан Республикасы аймағымен қоса әлемнің көптеген елдерінде қолданысқа еніп өте қарқынды дамуда. Желі жылдамдығының жоғары болған сайын қолданушылар арта түсетінін түсінген телекоммуникациялар саласындағы операторлар жаппай мыс желілерді оптикалық желіге алмастыруда. Қазақтелеком АҚ-ы да 2014 жылдың аяғына дейін Алматы қаласын толық GPON желісімен қамтамасыз ету жоспарымен бөлісті.

Менің жобамның мақсаты Әуезов ауданынындағы көпқабатты үйлердің барлығы оптикалық желімен қамтамасыздандырылғандықтан, Таугүл 3 ықшам ауданында - Шығысы Шаймерденов көшесімен, батысы Адиллов көшесімен, Солтүстігі Жандосов көшесімен, шектелген аймақта GPON желісін құрудың тиімді тәсілін анықтау. Бастапқы GPON технологиясының жер үйлі аймаққа ұсынылып құрастырылғанын ескеру қажет. Оптикалық кабельдің нәзіктігіне байланысты қаладағы желілерде кабель жер астында полиэтиленді құбырларға үрленіп салынып, кеміргіштерге қарсы арнайы қорғанысы бар кабельдер қолданылуда. Мұндай жоба өте үлкен қаражатты қажет етеді. Ал коттеджді аумақта тар көшені қазу одан үлкен шығындар мен ыңғайсыздықтарға алып келеді. Берілген жобада әлемнің дамыған елдерінде қолданысқа ие тросспен қосымшаланған жаңа әуемен тарту кабелі таңдалды. Кабельді жел, кедергілер және басқа да факторлардың әсерінен қорғау үшін бағаналарға қыстырылған кронштейнге арнайы анкерлік қысқыштар арқылы тартамыз. Әлемдік практика көрсеткендей мұндай технология соңғы шыққан оптикалық кабельдермен 80%-ға сенімді. Жоба сенімділігі іс жүзінде дәлелденсе ол қала сыртындағы үйлерге жеткізілетін жоғарыжылдамдықты интернеттің алғышарты болар еді.

1 ПАССИВТІ ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ЕРЕКШЕЛІГІ

1.1 PON технологиясына түсіндірме

GPON (гигабиттік пассивті оптикалық желі) – мәліметтерді талшықты - оптикалық кабель көмегімен тарататын, өте жылдам дамып жатқан ең көп қолданысқа ие кеңжолалық көп сервитерді ұсынатын қатынау жүйесі. PON технологиясының мәні, оның аталуына сәйкес келеді яғни таратылатын мәлімет станциялық құрылғыдан абоненттік терминалға дейін толығымен пассивті желімен өтеді. Желіміз толығымен активті компоненттерсіз құрылады.

GPON технологиясы қала сыртындағы жер үйлі аймақтар мен ауылдарға оптикалық кабель көмегімен жоғары жылдамдықты интернет қызметін жеткізу үшін құрылған болатын. Технологияның бір оптикалық кабельмен бірден 64 абонентке қызмет көрсете алу мүмкіндігі қала сыртына тартылатын желі саны мен жұмысын азайтып, сәйкесінше қыруар қаражатты үнемдеуге септігін тигізеді. PON технологиясының басқа технологиялардан артықшылығы мен тиімділігін телекоммуникация саласындағы барлық операторлар мен компаниялар бір ауыздан мойындап отыр. АҚШ, Ресей, Жапония бастаған әлемнің көптеген елдері қала мен ауылды аймақтарға PON желісін жүргізіп, жаппай оптикаға ауысып жатыр.

Алыс аймаққа желі орнатқанда оған дейінгі аралыққа құрылғылардың жұмысын басқаратын әрі қадағалап отыратын жұмысшылар керек. Ал үлкен ауқымды желі құрғанда мұндай жұмысшыларға кететін шығындар да көбейеді. PON технологиясының тағы бір үлкен айырмашылығы станциялық құрылғы OLT мен абоненттік құрылғы ONU – дың арасында толығымен пассивті құрылғылар жұмыс істейді. Олар басқарып, қадағалайтын адам қызметін де, жылу мен ток қуатын да керек етпейді. Бұл да желі жұмысындағы біраз шығындарды азайтуға көмегін тигізеді.

Оптикалық желідегі мәлімет өте жылдам жылдамдықпен таратылады. Алғашында үлкен проблема болған иілгіштік мәселесі де қазір шешіліп отыр. Жаңа технологиямен шығарылған талшықты – оптикалық кабельдің иілгіштігі анағұрлым артты. Осы параметрлердің арқасында PON барлық операторлардың таңдауы болып отыр.

PON желісі негізінен мына элементтерден тұрады:

Орталық станциялық құрылғы OLT (Optical Line Terminal). OLT терминалы желі ағындарын біріктіріп, желінің сыртқы желілермен байланысын қамтамасыз етеді.

Оптикалық үлестіргіш желі ODN (Optical Distribution Network). ODN келесі бөліктерден тұрады:

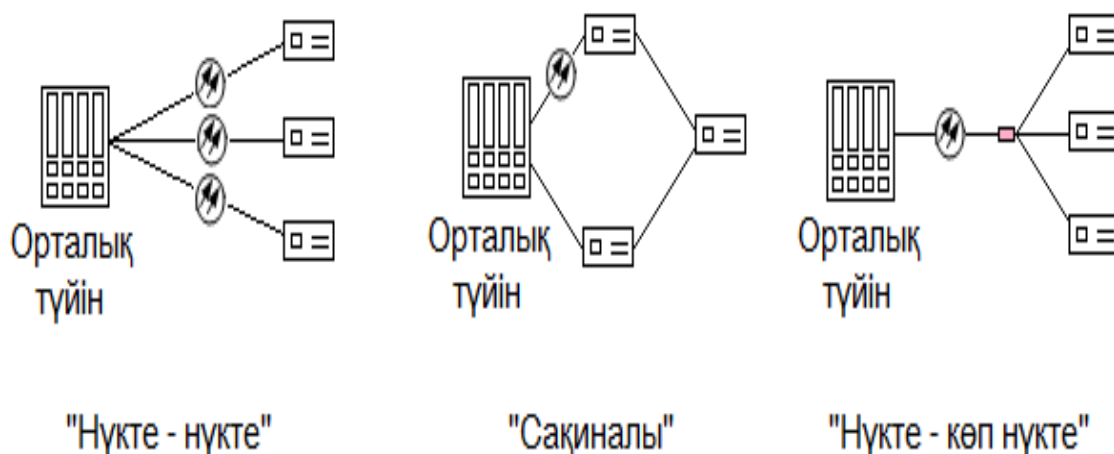
1. Магистральді оптикалық фидерден (талшықтан);
2. Оптикалық сигналды тармақтайтын құрылғы – сплиттерден.

Сплиттерлер оптикалық сигналды PON трактісінде өзінің бөлу коэффициентіне сәйкес(1/4, 1/8, 1/16 т.с.с.) бөліп таратады;

3. Оптикалық үлестіргіш талшықтар (үйге дейін)

4. Шеткі абоненттік құрылғы ONU/ONT (Optical Network Unit/Terminal). ONU типіне байланысты үлестіргіш шкафта, ғимаратта, абонент үйінің ішінде орналасып, қажетті интерфейспен толықтандырып, абоненттерге желіге шығу мүмкіндігін ұсынады.

Оптикалық желі жасауда негізінен “нүкте – нүкте”, “сақиналы” және “нүкте - көп нүкте” топологиялары қолданылады. Салынған желі рентабельді болып, шығынын қайтару мүмкіндігі жоғары болса кез келген топологияны қолдануға болады. GPON желісін құруда негізгі топологиялардың ішінде пассивті тармақтағыш – сплиттерді қолданатын “нүкте – көп нүкте” топологиясы қолданылады.



1.1 Сурет – Оптикалық желі құруда қолданылатын негізгі топологиялар

Топологияның «Нүкте – көп нүкте» аталған типінде басқы центрлік түйінінің жалғыз 1 портына бұтақша тәрізді сәулеттің барлығы толығымен жалғыз талшықты-оптикалық сегменті, оған алпыс төртке жуық қолданушы абоненттер келіп, қосылады. Сонымен қатар, GPON технологиясының ерекшелігі бұтақтардың аралық түйіндерінде – жинақы, сенімді, тоқ көзі мен адам қолымен жасалатын қызметтерді қажетсінбейтін, толығымен пассивті түрде жұмыс істейтін оптикалық таратқыш – бөлгіштер (сплиттерлер) орнатылады. Сплиттер қосдиапазонды, ал ол дегеніміз 1310 нм терезесінде (негізгі немесе O (Original) – диапазондары) және 1550 нм терезесінде (негізгі немесе C (Conventional) – диапазондары) жұмыс істеуі қажет. Тарату түйіні ретінде, коллектор орнатылған кабельді муфта да бола алады.

Топологияның «Нүкте – көп нүкте» түрінде, пассивті оптикалық бөдгіштерді орнатының оптимизациясы негізінде оптикалық талшықтар бірнеше есе үнемделеді және желіні орнатуға кететін шығындар азаяды.

Абоненттік түйіндердің барлығы терминалды болады, сондықтан біреуінің өшіп немесе істен шығып қалуы, қалғандарының жұмысына кедергі жасамайды. Әр талшық-оптикалық сегмент орталық түйіндегі бір қабылдау-жібергішке қосылып («нүкте-нүкте» топологиясынан айырмашылығы), ол да құрылғылардың бағасын бірнеше есе төмендетеді. Желі дамуы, керекті бағытта қажет болған жағдайда жаңа сегменттер мен элементтер қосылып ұлғая алады. Жаңа элементтер қосу жұмыс істеп тұрған желіге еш кедергісін тигізбейді. Желіні ұлғайтқанда станциялық құрылғының қуатын ескеріп барлық өшуліктерді есептеген жөн. Сақина тәрізді топологиясында желі ақауы пайда болса, мысалы желі бір жерде үзілсе, онда ол бүкіл абоненттерге кедергісін тигізеді. Оған қоса жаңадан абонент қосу желіні үзіп, абонент қосып, қайта желіні жалғау жұмыстарын қажетті етеді. Ол уақыт пен шығындарды көбейтеді. Сондықтан нүкте көпнүкте сәулеті таңдалған.

1.2 Технологияның салыстырмалы артықшылықтары

Пассивті оптикалық желілер технологиясы үлкен қолданысқа ие болғандықтан оның басқа технологиялардан айрықша бөліп тұратын артықшылықтарының бар екендігін аңғартады. PON технологиясының кейбір артықшылықтары төмендегі тізімде көрсетілген. Бірақ, бұл технологияны операторлардың нөмірі бірінші таңдауы қылып отырған негізгі үш артықшылықтар: Оптикалық кабельмен таратылатын мәлімет өте үлкен жылдамдықпен жіберіледі. GPON-да тарату жылдамдығы 1 Гбит/с-қа жетеді. Екінші артықшылық жалғыз бір оптикалық кабель арқылы сплиттерлер арқылы тармақтап 64 абонентке дейін қосуға болады. Бұл дегеніміз 640 абонентті қосуға бізге мыңдаған кабель тартпай ақ, небәрі 10 оптикалық кабель тартуымыз жеткілікті болады. Бұл артықшылық қала ішінде қатты байқалмаса да, станциядан шалғай жатқан аймақтарға желі құру кезінде айрықша көзге түседі. Магистралдық бөлікте кабель санының азаюы болашақта желі ақауларын жөндеуге ыңғайлылығын арттырады. Соңғы айрықша артықшылық PON технологиясы қолданатын пассивті оптикалық бөлгіштер – сплиттерлер. Сплиттерлерді адам басқарудың, мониторинг жасаудың, ток қуат көзіне қосудың, бақылап тұрудың қажеті жоқ. Толығымен пассивті түрде станциядан жіберілген лазер ақпаратты шағылыстырып керекті бағытқа бөліп отырады.

GPON технологиясының салыстырмалы артықшылықтары:

- Аса жоғары жылдамдық (біздің жағдайда GPON 1 Гбит/с дейін);
- Желі құрылысының қолжетімді арзан бағасы;
- Бір оптикалық кабелге сплиттерлер арқылы 64 абонент қосу мүмкіндігі. Оптикалық кабелдің максималды үнемделуі;
- Triple Play қызметін көрсету мүмкіндігі. Бір үйге (абонентке) бір өзекшемен бірнеше қызметтер тобын жасау (Көпканалды телевидение,

интернетке шығу, телефония, видеолық қауіпсіздік) ;

- Толығымен пассивті, токты, адам басқаруын қажет етпейтін құрылғылар;

- Құрылған таратылған инфрақұрылымының перспективтігі;

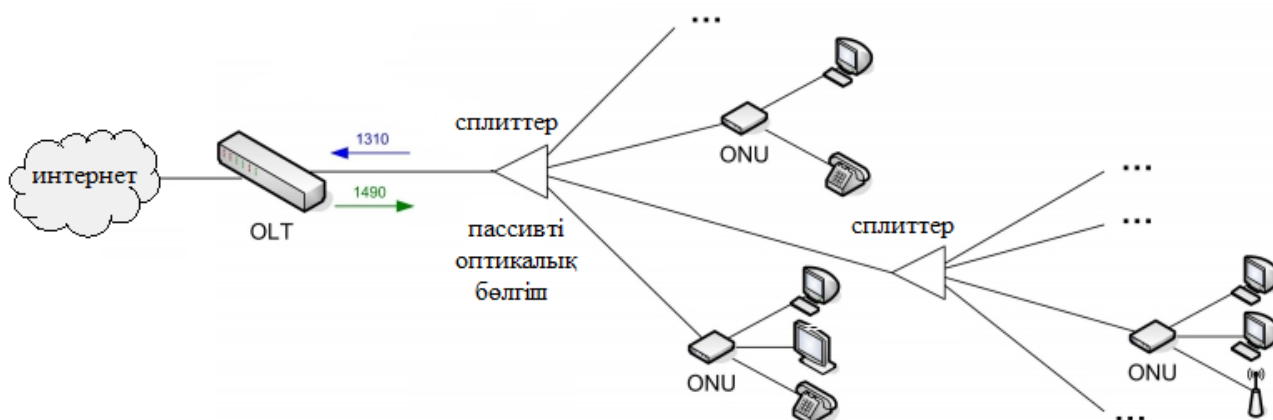
- Желіні қолдану мен оған көрсетілетін техникалық қызметтің өте төмен шығындары;

- Жоғары сенімділік;

- Желінің қалыпты өсу мүмкінділігі. Жаңа абоненттерді қосу жұмыс істеп тұрған желіге әсерін тигізбейді;

- Жоғары икемділік.

GPON технологиясымен құрылған желі таңдалған станциялық терминалдың тарату қуатына байланысты ағаш тәрізді бұтақтанып “созыла” береді. Сплиттерлерді орнатып, арасында болатын өшулікті дәл есептесе бір станциялық терминалмен барынша көп аумақты қамтуға болады. PON технологиясымен құрылған желінің сплиттерлер көмегімен бөлініп, жалғасуы келесі 1.1 – суретте көрсетілген.



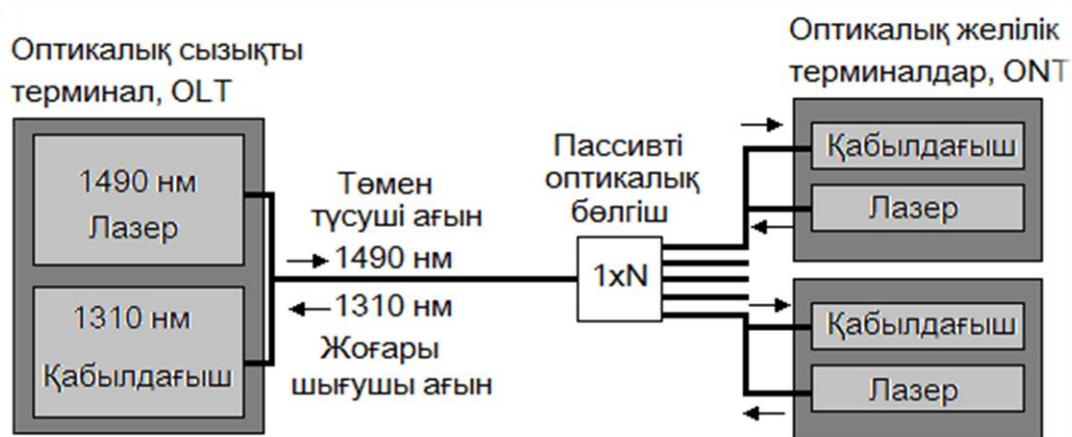
1.1 Сурет – Желінің оптикалық бөлгіш- сплиттерлермен тармақталуы

GPON технологиясындағы сыртқы кабельдік жүйесіндегі электрлік қуат пен арнайы адам қолымен қызметтерді жасауды қажетсінбейтін арнайы электрондық құрылғылар жоқ болғандықтан пассивті желі болып есептеледі.

PON желілерінің жұмыс істеу қағидасы келесідей: Станциялық құрылғы (OLT) төменге түсуші ағындардың кадрларын PON бұтақтарының бойларымен 1490 нм толқынның ұзындықтарымен жіберіп отырады. Жіберілген ағындар бүкіл бағыттарда сплиттерлердің көмегімен қайталанып, олардың қуаты (сплиттерлер параметрлерінің тәуелділігі) өзгеріп отырады. Әр абоненттік терминал (ONT) төменгі ағындарның бүкіл кадрлерін қабылдайды, бірақ қабылдағыш тек қана «өз» кадрлерін өңдеп отырады, ал олар қажетті ONT-ларды сәйкестік тағайындау мекенжайларындағы LLID идентификаторлары тең болған жағдайда ғана

жұмысын жалғастырады.

Жоғары көтерілетін ағындарда соқтығыстардың кесірінен айырылу үшін (бір мезетте әр жақтағы ONT-лермен жіберілетін жеке кадрлары), әр жеке ONT нақты бір уақыт мезетінде ғана мәлімет таратуды жасауға болады, аталған уақыт мезеті OLT-да динамикалық түрде ONT-ден қабылданатын сәйкес тапсырыстар арқылы жүзеге асады. Тапсырыстар мен таратуға рұқсаттар жиынын тарату үшін және желідегі жана түйіндерді табу үшін немесе арнайы қызметтік кадрлары бір-бірімен ауысып отырады. Онымен бірге, әр ONT-ның 1310 нм толқындық ұзындығымен кадрлерін PON бұтақтарымен «жоғары» жібереді, олар оптикалық бөлгіш сплиттерде TDM әдісімен бірыңғай жоғары көтерілетін ағынға бірігіп таралады. Бұл процесс 1.2 суретінде бейнеленген.



1.2 Сурет – PON желісінің жұмыс істеу принципі

Жоғарыдағы көрсетілген суретте PON желісінің жалпы жұмыс істеу қағидасы көрсетілген. Абонентке байланыс қызметтерін көрсету үшін PON желісінде WDM (Wavelength Division Multiplexing) технологиясы қолданылады. Ол дегеніміз абонентке жіберілетін сигнал мен абоненттен шығатын сигналдар екі түрлі толқын ұзындықтарымен (сәйкесінше 1490 нм және 1310 нм) таратылады.

Қазіргі уақытта GPON технологиясы негізгі бір және бірегей байланыс технологиясы болмағанымен, ең үлкен таралым мен қолданысқа ие технология деген бірауызды ой қалыптасқан. GPON әр түрлі географиялық аймақтарда тұратын, әр түрлі қызметке сұраныстары мен талаптары бар абоненттерге қызмет түрлерін ұсынады.

1.3 Кадрлері мен пакеттерінің құрылымдары

Гигабиттік PON желісінде мәліметтерді жіберу үшін инкапсуляцияның екі деңгейі қажет. Біріншіден телефондық желілердің информациялық ағындары (TDM, E1/T1) мен Ethernet-кадрлары GEM (GTC Encapsulation Method) кадрларына “жинақталады”. Ол GFP (Generic

Frame Procedure, ITU-T G.7401)-ға ұқсас форматты, пайдалы салмақтың айнымалы ұзындығымен жинақталады. Екіншіден АТМ ұяшықтары мен GEM кадрлары сәйкесті түрде GTC кадрлеріне инкапсуляцияланады да кейін сол күйінде PON желісінің бойымен жіберіледі. Мына кестеде GPON технологиясының сипаттамасы көрсетілген.

1.1 Кесте – GPON технологиясының сипаттамасы

	Гигабит PON
Қызметтер түрі	Қызметтің толық пакеті (интернет, телефония, TV)
Деңгейлер құрылымы	АТМ ұяшықтары мен GEM кадрлары (Ethernet және TDM епдрларын қосқанда)
Тарату жылдамдығы	DownStream: 2,5 Гбит/с UpStream: 1,2Гбит/с
Бір OLT-ға келетін ONT-лардың максималды саны	64(жаңа OLT -да128 ге дейін болады)
Рұқсат	Уақыттық тығыздалған көптік рұқсат
ONT-ны табу мен активациялау	Жаңа ONU терминалдарын автоматты түрде табу
Жоғарғы және төменгі ағындардың тасушылары	DownStream: 1480-1500 нм UpStream: 1260-1360 нм
Мәліметтерді шифрлау	GEM кадры мен АТМ ұяшықтарының пайдалы салмағын AES-128 шифрлау

1.1 Кестеден көріп отырғандай GPON технологиясы операторлар мен абоненттердің “жоғары жылдамдықты, сенімді, сыйымдылығы жоғары” сұраныстарын қанағаттандырады.

Пон желісінің пакетінің құрылымы келесі суретте бейнеленген. Пакеттер бір каналмен абоненттік терминалдарға таратылады, ал жеке абоненттерге сплиттерлер арқылы бөлініп барады. Кері қайтқанда уақыттық бөлінумен барлығы бір кабельмен қайтіп қайтады.

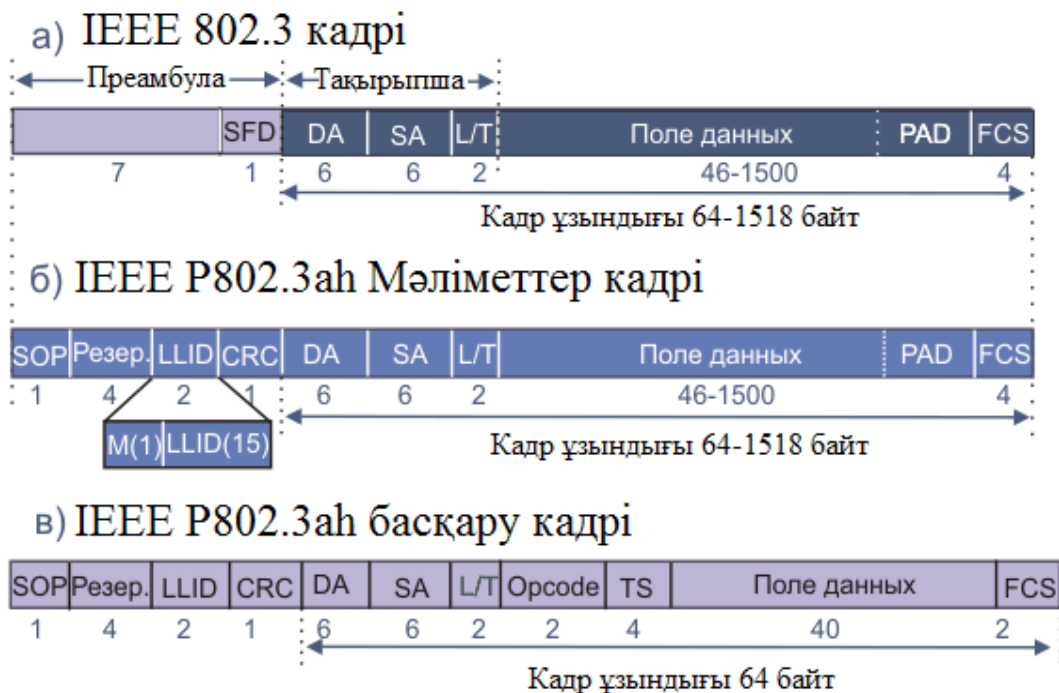
Мультикаст адресінің кодтары мен EtherType Пон кадры баяу протоколдың кадры екенін анықтайды. 802.3 стандарты бірнеше баяу протоколдарды айқындайды. Олардың бірі LACP (Link Agregation Control Protocol). 3 мағынасы OAM (Operations Administration and Maintenance) үшін бөлінген. Протоколды MAC-адресінің қолданылуы OAMPDU (PDU - поля данных) – дың дұрыс MAC деңгейшесімен интерпретациялануын кепілдендіреді.

OAMPDU мәліметтерінің көп бөлігі TLV (type length value) форматында таратылады. Бірінші байт мәліметтердің типін көрсетеді. Бұл код программаларда айнымалы болып алынып, OAM клиентінде мәліметтерді қалай декодалау керектігін анықтайды.

Меже адресі	Жіберуші адресі	Тип 8809	Подтип 03	Жалаушалар	Код	Код	CRC
6	6	2	1	1	1	42-1496	4
OAMPDU ақпарат					Код 00	Локалды мәлімет TLV	Жойылған мәлімет TLV ...
OAMPDU оқиғалар					Код 01	Соңғы #	Link event TLV
OAMPDU сұраныс					Код 02	Ауысу дескриптор
OAMPDU жауап					Код 03	Ауысу контейнер
OAMPDU басқару					Код 04	Кері байланыс командасы	
Спецификалық OAMPDU					Код FE	24-бит OUI

1.3 Сурет – PON желісінің пакетінің құрылымдық сұлбасы

Одан кейінгі октет ақпарат ұзындығын көрсетеді. Бұл код негізінен мұндай ақпарат типі OAM клиентімен интерпретацияланбайтын болған жағдайда мәлімет массивін орағытып өту үшін қолданылады. Қалған октеттер мәліметтің өзін түсіндіреді.



1.4 Сурет – Кадрлардың толық жете сипаттамасы

Мұндағы: SOP (start of packet) – бір байт, кадрдің басын көрсетеді.

Резервті бөлік, төрт байт көлемді.

LLID (Logical Link Identifier) – екі байт, EPON түйінінің жеке идентификаторына көрсетеді.

CRC (Circle Redundancy Check) – 1 байт, преамбула бойынша контролді сома (P802.3ah стандарты бойынша).

Кадр PON желісінен шыққан кезде кадр преамбуласы стандартты түрге айналады, яғни ликвидацияланады. Мысалы тура ағында PON-ға кіретін әр 802.3 кадрының преамбуласын OLT модификациялайды. Ол преамбулаға арнайы LLID тегі тіркеледі. ONT түйіні регистрацияланып қойған соң тек LLID-лары өз LLID-мен сәйкес келетін кадрларды ғана өңдейді.

- DA (Destination Address) – алты байттық, межеленген станцияның MAC-адресін көрсетеді. Бұл жалғыз физикалық мекенжай (unicast), топтық мекенжай (multicast) немесе кеңтартатын мекенжай (broadcast) болуы мүмкін.

- SA (Source Address) – алты байттық, жіберуші станцияның MAC-адресін көрсетеді.

- L/T (Length/Type) – 2 байттық, кадрдың түрі немесе ұзындығы жайлы мәліметті сақтайды.

- Ақпарат орны, айнымалы ұзындықты.

- PAD (толықтырғыш) – кадрды минималды көлемге дейін толықтыру үшін қолданылатын кадр.

- FCS (Frame Check Sequence) – төрт байттық, кадрдың соңғы сомасы.

- opcode (optional code) – екі байттық, басқарушы кадрдың типін айқындайды. Басқарушы кадрлардың екі түрі бар: OLT да генерацияланатын GATE хабарлары, және ONT-да генерацияланатын REPORT хабары.

- TS (Time Stamp) – төрт байттық, жіберушінің уақытша белгісін сақтайды.

- message – қырық байт көлемді, MPCP протоколының жұмысын қамтамасыз ететін жұмыстық ақпаратты сақтайды.

APON рұқсат алу жүйелеріне негізделген MAC протоколы үш міндетті орындайды:

- кері ағын кезінде тасымалдаулардың араларында коллизияның жойылуы;

- кері ағындағы таратқыш жолақтың таза, эффективті бөлінуі;

- Соңғы абоненттердің сұранысы бойынша ақпарат тасымалдау түрлерінің ең тиімді жолы таңдалуы.

APON - MAC протоколы сұраныс/рұқсат механизміне негізделіп жасалған. Бұл механизмнің негізі керекті жолаққа ONT жақтан сұраныстарды жіберуде жатыр.

PON желісінің жұмыс жасауында үш рәсімнің орындалуы жатыр:

- OLT мен әр ONT- лардың ара- қашықтығын табу (Distance range);
- Барлық ONT- ларды синхронизациялау (Clock range);

Әр ONT- дан таралған оптикалық сигналдардың интенсивтілігін OLT - да қабылдау кезінде табу (Power range)

Distance range – Арақашықтық бойынша түзеу, ONT –ның OLT –дан айырылған кезіндегі уақыттық кідірісті анықтау. Абоненттік түйіндерді регистрациялау кезінде жүзеге асады, және кері ағында жалпы синхронизация орнатып, коллизияның жойылуын қамтамасыз ету үшін қажет. Ең алдымен желі администраторы OLT – ға жаңа қосылған ONT жайлы мәліметті, оның сериялық нөмірі мен ONT ұсына алатын қызметтер параметрін енгізеді. Одан соң аталған абоненттік түйін PON желісіне физикалық қосылғаннан және оны абонент электр қуатына қосқаннан соң, орталық түйін түзету процесін бастайды. OLT реестріне жазылған ONT – ны түзету әр ONT – ны өшіріп, қосқан сайын орындалып отырады. Ал станциялық құрылғы OLT – ны қуат көзінен өшіріп, қайта қосқанда ранжерлеу желіге кіретін барлық абоненттік терминал ONT – лармен жүзеге асады. OLT түзетіліп отырған ONT – ға сигнал жібере отырып, одан қайта жіберілетін сигналды күтеді. Соның нәтижесінде екілік жүрістегі уақыттық кідірісті (round trip time) есептейді. Одан соң тура ағында ONT – ға есептелген нәтижені жібереді. Қабылданған есеп нәтижесіне сүйеніп ONT тарату түйініне қажетті кідірісті орнатады. Бас станциядан орналасқан қашықтығына байланысты абоненттік терминалдардың кідірісі әр түрлі болады. Себебі ұзақ аралықтарда толқын өшулігі жоғарылай түседі. 20 км қашықтықтағы абоненттік терминалды тексеру үшін OLT-ға 0,2 мс керек. Терминалдар саны көп болған жағдайда түзету кезек бойымен жүреді, сәйкесінше оған әр терминалға кететін уақыт қосындысы кетеді. Түзету жүріп жатқан кезде басқа абоненттік терминалдардан мәлімет кері ағынмен жіберіле алмайды.

Қуат бойынша тексеру (power range) – фотоқабылдағыштың сезгіштігін арттыру мақсатында фотоқабылдағыштың кему шегінің өзгеруі. Айтып өткендей абоненттік терминалдардың орталық сызықты терминалдан қашықтығы әр алуан болғандықтан, ондағы таралатын сигнал өшудігі де әр түрлі болады. Соның кесірінен қабылданған сигналдың тым үлкен не тым әлсіз болып қалу ықтималдығы жоғарылап, фотоқабылдағыш бұзылып, істен шығады. Мұндай келеңсіз жағдайдан шығудың екі жолы бар:

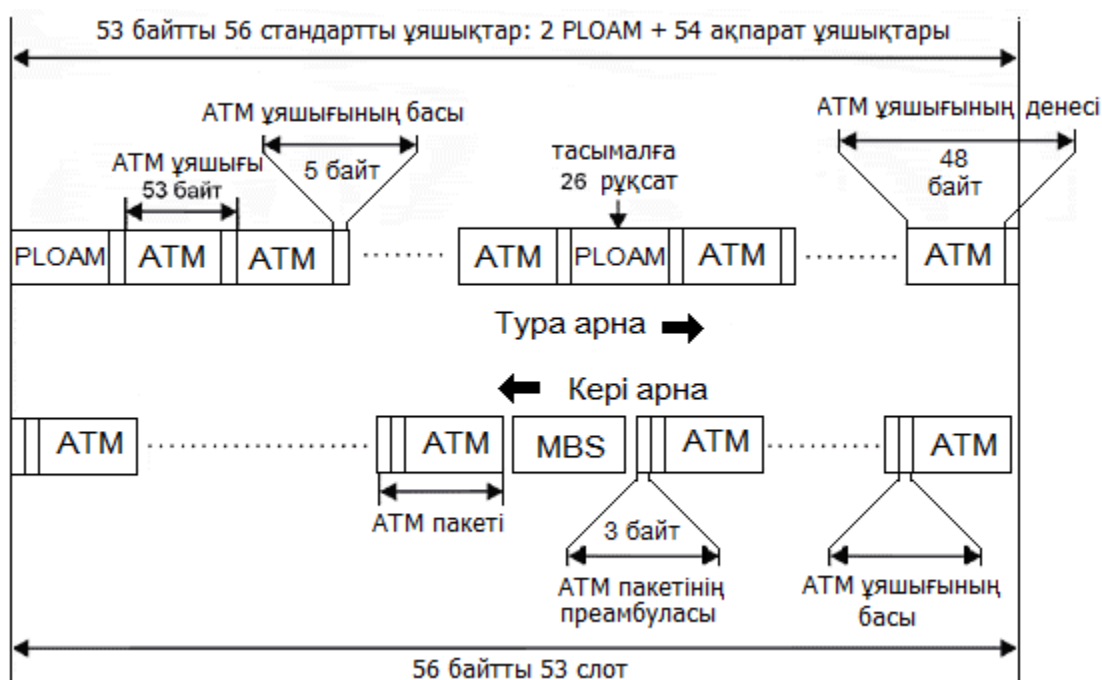
1. ONT таратқыштарының қуатын келтіріп, қадағалау;
2. OLT фотоқабылдағышындағы қосылу шегін келтіріп, қадағалау.

Жасалған тәжірибелер екінші жолдың ыңғайлы әрі сенімді екендігін көрсетті. Әр ATM нен өткен пакет сайын осы келтіру орындалып отырады. Ал абоненттік терминалдардың шығысындағы тексеріс синхронизация кезінде орындалып отырады.

Синхронизация немесе фаза бойынша түзету (Phase range) – тура және кері ағындар үшін қажет. ONT абоненттік түйіндері инициализация

басында синхронизацияланып, кейін OLT трафигінің TDM-не сәйкестеліп тоқтамай синхронизацияланып отырады. Бір ауызбен айтқанда мәліметтерді синхронды түрде қабылдап отырады. OLT орталық түйіні керісінше ATM пакетінің әр қайта келу преамбуласына қатысты синхронизацияланып отырады. Бұл әдіспен қабылдау асинхронды қабылдау деп аталады. Преамбула көлемі 64 битке тең. Кері ағында кішкентай көлемді ATM пакеттерінде преамбулаларды сақтау өте тиімсіз болар еді. Сондықтан PON технологиясына жаңа CPA (Clock phase alignment) синхронизация әдістемесі жасалып шығарылды. Бұл әдіспен керекті синхронизацияны 3 бит көлемімен жүзеге асыруға болады.

Сұраныс/рұқсат механизмін басқару үшін FSAN тура және кері ағын үшін PON кадрының құрылысын анықтады. Бұл формат ITU-T-мен G.983.1 ұсынысы бойынша стандартталған болатын. 1.3 суретте симметриялық 155/155 Мбит/с трафик режиміндегі PON кадрының форматы көрсетілген. Тура ағынның кадры 56 ATM ұяшықтардан, олардың әрқайсысы 53 байттан тұрады. Кері ағын кадры 56 байттық 52 ATM пакеттерінен және 56 байттық бір MBS слотынан құралады.



1.3 Сурет – ITU G.983 кадр форматы – тура және кері ағындардың кадрының құрылысы

Негізгі тура ағында кеңейтулер таратуға сұраныстар бумаларымен (bursts) таратылады. Бумалар арнайы қызметі бар ATM ұяшықтарында жұмсалады да жұмыс ұяшықтары және PLOAM физикалық деңгейіне қызмет көрсететін ұяшықтар (physical layer operation and maintenance) деп аталады. Олар катал түрде жүйелі ілеседі, 27 ақпараттық ұяшықтармен кезектесіп алмасып отырады. Бір PLOAM ұяшығындав ONT-ға арналған 26

рұқсаттар орналасады және олардың әр бірі тек жалғыз АТМ пакетін тасымалдай алады. Тура ағын кадрында қалған соңғы 54 ұяшықтар ақпаратты тасымалдайды, ал "сұраныс/рұқсат" механизмінің жұмысында қатыспайды.

Ағынның кері түрінің мағынасы әртүрлі ONT-лардан жіберілетін бумалар (bursts) жиынтығымен түсіндіріледі. Абоненттік түйін тек қана PLOAM ұяшығынан оқылып шығарылған сәйкестік рұқсатты алғанынан кейін, мәліметті тасымалдау мүмкіндігіне ие болады. ONT-дан шығарылатын ақпарат бумалары APON-да АТМ пакеттерімен таратылады. АТМ пакеттері мен ұяшықтары арасындағы жалғыз айырмашылық, АТМ пакеттерінде 3 байттық преамбуланың бар болғанында. Осының негізінде, АТМ пакеттерінің ұзындықтары жеке түрде - 56 байт көлемін құрайды. Ақпарат қабылдаулар синхронды түрдегі тәртіппен преамбуланың тура ағындардағы ұяшықтары үшін, жоғарыдағы айтылып кеткендей, қажетті емес болып қалады. Преамбуланың алғашқы екі биттері оптикалық сигналдары жоқ немесе пакеттерінің жабылу күйінде жойылуына әр түрлі ONT-ларға арналғаны жеткілікті болып келеді – желілердегі сигналды таратудың уақытында шарасыз кішкентай кідірістер тобы байқалып тұрады.

Мына мәселені ескеріп өтсек, әр АТМ пакеттерінде тасымалдауға рұқсат қажетті болса PLOAM ұяшықтарында енгізілген толық санды рұқсаттардың созылықы уақыттары АТМ пакеттерінің сандарына сәйкесінше барлық ONT-дан таратылғандар болады. Не себепті PLOAM-да 26 рұқсаттар орналасады? Екі PLOAM ұяшықтары АТМ-дік 52 пакеттің таратылуына АТМ кадрындағы кері ағындағы пакеттердің санына байланысты рұқсаттарды жүргізе алады.

PON жүйесі егер де 32 абонентті түйіндер үшін есептелер болса, ондай жағдайда тек қана жүйелі түрде берілетін төрт MBS-тен өтіп істей алады. Бүкіл 32 ONT-ларды тасымалдауға сұраныстар туралы өз мәліметін тасымалдау циклді түрде құрастырады. 64 ONT-лары бар жүйелерде, цикл сегіз MBS слоттарынан түзіледі. 155 Мбит/с жылдамдығында бір кадрды тасымалдау үшін 0,15 мс уақыт жұмсалады. 32 ONT болғанда циклдік тасымалдаулар үшін 0,6 мс қажет болады. Басқаша айтсақ, ONT әр 0,6 мс сайын мини-пакеттерді жібереді, олар мәліметтер тасымалдауға қызмет сауалдар жібереді. Оның шығатын буферінде тасымалдауға арналған кезек құрылғанда ONT сауал жібереді. PLOAM ұяшығындағы рұқсаттар алуынан кейін ғана ONT мәліметтерді тарата алатындықтан, онда буферінде кезектердің қабылдау уақыттарының максималды мәнін, ал ол тасымалдаулардың бастапқы уақытын табу үшін циклдың уақытында 0,6 мс RTT екілік жолының кідірістерін қосу керек (радиусы 20км болатын желіге арналған RTT 0,2 мс құрайды), нәтижесінде ол 0,8 мс болып шығады. Шыққан мәнге OLT мен ONT-лардың аппаратуралық кідірістерін қосуға болады.

MBS минислоты 4 өрістен тұрады: (әр слот 3 байттық)

преамбуладан, АТМ-нің пакетіне ұқсайтын преамбуладан; ABR/GFR, VBR арнайы екі өрістерінен және, 8, 16 биттік ұзындықты жолақтар пен өріс CRC (8 биттік) бақылаудың сомасына екі үлгілерге лайықты сауалдардан тұрады.

1.4 PON-ның болашағы

Қазіргі аассивті оптикалық желілердің (PON) дамуының аса маңызды уақыт кедергілкрінің негізгі себебі аппаратура мен жұмыстың үлен құны және мультисервистік, кеңжолақты ағын шешімдерге жеткіліктісіз сұраныс болып келеді. Сонымен қатар, оптикалық модемдердің негізіндегі «нүкте–нүкте» топологиясында абоненттік желілердің құрылысы мен әр алуан конверторлерімен салыстыру нәтижесінде оператордың жағынан PON желілерін құруы қажетті. Ал жобаға жауап беретіндер қолдану және жобалауына басқаша көңіл бөлу керек. Оның себебі PON желілісі бұтақты көпнүктелік сияқты құрылымды болып, бір оптикалық талшыққа ондаған абоненттердің келуі, байланыс сақтау қамтамасыз етуін операторға ең маңызды мақсаттардың біреуі болып табылады. Бірақ кең жолақты қызметтерге сұраныстың артуы өлшемімен және абоненттік талшық-оптикалық желістердің инфрақұрылымы дамуының операторларға оптикалық қосулардың ықшамдау қажеттілігі пайда болды. Ол үшін PON технологиясы жақсы келеді. Пайдаланушылық трафик тапсырулар - түр мүмкіншілігі (E1, Ethernet, IP) және магистральді желілерге қосуға арналған дәстүрлі интерфейстердің бар болуы (SDH, АТМ және Ethernet) олардың қолданыстағы желілерге PON жылдам интегралдау операторларға рұқсат етеді. Егер бұрын PON жабдықтауы ұсынысты кішкене компаниялар негізінде - өндірушілермен жасаса, ал бүгін болашақ технологиялары болатынына айқын, ірі өнді-рушілердің көпшілігі, арнаулы жұмысқа байланыс операторларына өз шешім ұсыныстары BPON, EPON және GPON технологиялары негізінде болды.

Сонымен бірнеше негіздемелерді келтірейік:

- магистральді желілердің құруына ғана емес тасымалдау жылдамдықтары өсу шегіне байланысты арналған оптикалық талшық жақсы орта болып, оған бірдей жоқ, сонымен қатар, кішкене диаметрлі катынау желілері;
- тараулану пассивті түйіндері желі сенімділігін жоғарылатуға маңызды рұқсат етеді, олар орталық кеңсе мен абоненттік түйін арасындағы белсенді элементтерді жояды;
- ФТТН ең жетілген концепциялары (талшық пәтерге дейін) әрбір абонент терминалды қылады;
- талшықтың гигантты өткізу қабілеттіліктеріне байланысты үйлесімді шешімге жетеді, бір талшық, орталық түйіннен немесе басқаша қатысуы нүктесі (Point-Of-Presence) абоненттердің жиынына тармақталады. Ал ол талшық-оптикалық кабелдік жүйе құрылысы және

оның сүйемелдеуіне шығындар кемітеді.

PON және метро DWDM технологияларының негізіндегі шешімдер техникалық жағынан осы сұранысқа лайық келеді. Құн жағынан қарағанда PON технологиясы бастапқы екі толқын ұзындығымен (1550 (1490) нм, 1310 нм) негізгі тартымдылығын көрсетеді.

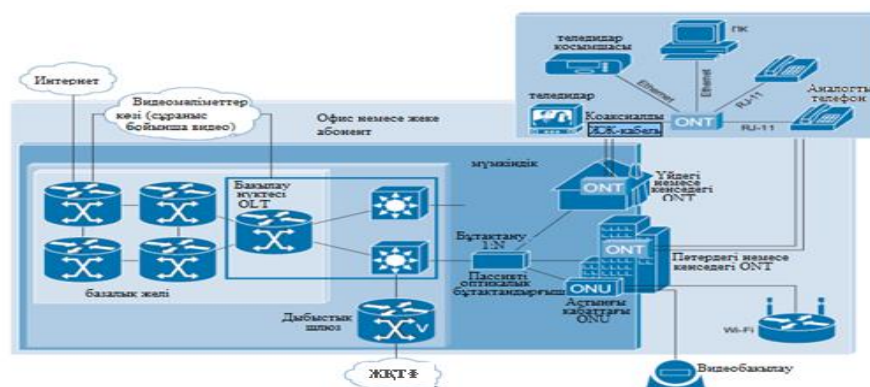
Біздің пассивті оптикалық желі PON негізіндегі архитектурасын қолданғанда талшықты оптикалық жол абоненттерге пассивті оптикалық тармақтағыш арқылы тарайды. 1.4 суретте пассивті оптикалық желі PON көрсетілген. Онда түрлі оптикалық желі терминаторлары (optical network termination, ONT) немесе оптикалық желі құрылғылары (optical network unit, ONU) қолданылған. ONT бөлек ақырғы қолданушылармен қолдану үшін арналған. ONU құрылғысы әдетте төменгі қабатта немесе жертөле бөлмеде орналасып, қолданушылар тобымен қоса қолданылады. Дауыс сервистар, ақпарат тасымалдау қызметі немесе видео ONU-дан немесе ONT-дан абонентке дейін абонент бөлмесіндегі кабель арқылы жіберіледі.

PON технологияларының негізгі қасиеттері бірнеше түрге бөлінеді:

- 1 оптикалық талшық өткізу жолағы нәтижелі қолданылады;
- желі пассивті талшық тараулануымен салынады;
- PON - мультисервистік желі;
- өткізу жолағының динамикалық таратуы;
- метро-DWDM желісіне табиғи дамуы;
- барлықтары мен бөлек абоненттері үшін сақтау мүмкіншілігі;
- PON желісі арқылы Интернетке мүмкіндік беруші мекеменің

магистралды желінің бұтағына қосылу мүмкіндігі, сонда “соңғы аптаның” концепциясы “бірінші аптаның” концепциясына айналады.

Жиырманшы ғасырдың сексенінші жылдарының телекоммуникация нарығындағы жоғары сапалы қызметтерге пайдаланушылардың жағынан сәйкес сұраныс артуына үміттеніп кең жолақты желілердің инфрақұрылымы қарқынды даму тенденциясы ашық байқалып жатыр. Отыз жылдан асқан уақыт кетті, сол сұранысқа сай технология жасадып шығарылды.



1.4 Сурет –PON архитектурасы

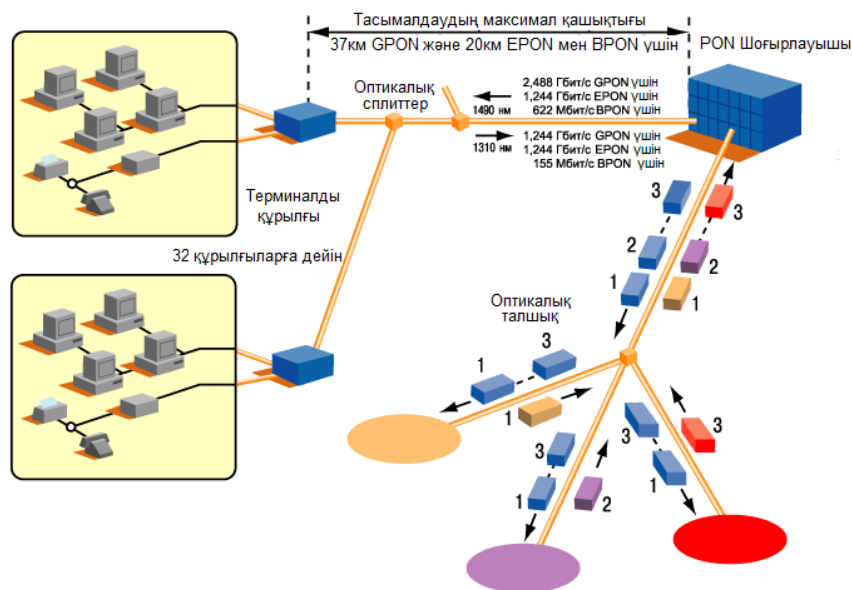
Тқтынушылардың сұранысына сәйкестік инфрақұрылымды шешімі жасалды, ол кеңжолалық қызметтерді ұсыну арқылы абоненттерді қажеттіліктерімен қамтамасыздандыру - «соңғы милияны» ұту. Бүгінгі күнде көптеген мамандар мойындап отыр, PON - саналы технология «соңғы аптаның» оптика бойынша, және сәйкес шешімдер жиі сұраныстың бірден ұлғаюын 2005-2008 жылдардың аралығына болжап отыр.

Пассивті PON технологиясының түпкі мағынасы мынада - орталық түйін мен алыстатылған абоненттің түйіндері арасында ағаш-бұтақты топологиялы толық пассивті оптикалық желі жасалады. Аралық түйіндер арасында пассивті оптикалық таратқыштар (сплиттер) орналасады - кішігірім құрылғы, қоректену мен қызмет етуді талап етпейтіндер.

Пассивті PON желінің қасиеттері. Пассивті желілерге тән ерекше қасиеттер:

- бір талшық бойымен бұтақты сәулет тасымалдауды бір-біріне екі түрлі толқын ұзындықтарында: 1550 нм (орталық түйіннен абоненттерге, төмен түсетін ағын) және 1310 нм (абоненттерден орталық түйінге, жоғары шығатын ағын);
- аралық түйіндер арасында пассивті оптикалық таратқыштар (сплиттер) орналасады;
- TDMA қатынау әдісті қолдануы абоненттер арасында өткізу жолағын оңай өзгертуге мүмкіндік береді;
- орталық түйіннен (OLT) бір талшыққа 32 абоненттік түйіндерді (ONT) қосуға болады;
- барынша көп қашықтау 20км құрады.

Пассивті PON желісінің бір ғана сегменті 32 абоненттік түйіндерді қамтып, таралу радиусы 20км-ге дейін жетеді. Онымен қоса, оператор жақтан PON желісін құруды керекті кезде қолдану және жобалануына айрықша көңіл бөлу керек, оптикалық модемдердің негізіндегі «нүкте-нүкте» абоненттік желілерінің құрылысы немесе әртүрлі конверторларымен салыстырған кезде. Егер PON жүйесі 32 абоненттік түйіндер үшін есептелсе, онда жүйелі берілген төрт MBS-тен кейін тек ғана істей алады барлық 32 ONT тасымалға сауалдар туралы өз мәлімдеу тасымалдау циклді құрастырады. Себебі, PON желілері бұтақты-ағаш сияқты құрылымды болып, бір оптикалық талшыққа ондаған абоненттердің келуі, байланыс сақтау қамтамасыз етуін операторға ең маңызды мақсаттардың біреуі болып табылады. Барлық абоненттік түйіндер терминалды болып келеді, яғни біреуі сөнсе немесе істен шықса қалған түйіндердің жұмысқа ешбір әсер етпейді. Әрбір абоненттік түйін әдеттегі тұрғын үйге немесе кеңсе ғимаратында есептелген, және ол жүзден аса абоненттер тобын қамтый алады, 10/100BaseT интерфейстерді және 20 дейін E1 ағыны қамтамасыз етеді. Пассивті желінің негізгі архитектурасы 1.5 суретте келтірілген.



1.5 Сурет – PON желінің сәулеті

Оптикалық желіде абоненттерге мәлімет жіберіп, олар жіберген ақпаратты қабылдау үшін тура және кері арналар қолданылады. Екі жаққа жіберілетін ағын екі түрлі толқын ұзындығымен жүреді.

Кері ағын 1490 нм немесе 1550 нанометр толқын ұзындықтарында жүреді және жылдамдығы 1 Гбит/с болады (сомасында барлық абоненттер үшін). Тура ағында 1310 нанометр толқын қолданылып, оның жылдамдығы 1 Гбит/с тең.

EFMA одағы және EFM комиссиясы бір-бірін толықтырады және стандарттың үстінде тар жұмыс істейді. Егер EFM техникалық сұрақтарда IEEE стандарт рамкаларында көбірек шоғырланса, ал EFMA жаңа технология қолдану өнеркәсіпті және сауда аспектілерін айрықша оқиды..

IEEE 802.3 ah комиссиясы желіге қатынауға арналған шешім үш түрлі тиісті стандарттауы бар:

- EFMC (EFM copper) - “нүкте - нүкте” мыстың есулі қос сым шешімі. Бүгінгі күнге бұл стандартпен жұмыс аяқталған. Екі баламадан, екеуінің арасында негізгі күрес болған - (G.SHDSL және ADSL+) G.SHDSL біреуінің пайдасына таңдау істелген болатын;

- EFMF (EFM fiber) - негізі талшықпен қосылып салынған “нүкте - нүкте” шешімі. Әртүрлі түрлерді стандарттауға тура келеді: “бірдей толқындар ұзындықтарындағы бір талшыққа дуплекс”, “әр түрлі толқындар ұзындық-тарындағы бір талшыққа дуплекс”, “талшықтардың буыны бойынша дуплекс”, оптикалық қабылдап таратқыштардың жаңа түрлері. Ұқсас шешімдер бірнеше жылдан бергі бірқатар компаниялармен “proprietary” секілді ұсыныс жасайды. Оларды стандарттауға уақыт келді;

- EFMP (EFM PON) - негізі талшықпен қосылып салынған “нүкте – көп нүкте” шешімі. Бұл шешім, мәні бойынша APON-ға қарама-қарсы балама-сымен, EPON деген ұқсас ат алды.

1.1 кестеде APON (BPON), EPON және GPON сипаттамалары салыстырылға

1.1 К е с т е – APON (BPON), EPON және GPON сипаттамалары

Сипаттамалар	A-PON (BPON)	E-PON	G-PON
Сертификаттау және Стандарттау институттары / бірлестіктер	ITU-T SG15 / FSAN	IEEE / EFMA	ITU-T SG15 / FSAN
Стандарттың жарияланған күні	Қазан 08	Шілде 04	Қазан 03
Стандарттың атауы	ITU-T G.981.x	IEEE 802.3ah	ITU-T G.984.x
Тарату жылдамдықтары, туражәне кері ағынүшін, Мбит/с	155/155	1000/1000	1244/155,622, 1244
	622/155		2488/6 22,1244,2488
	622/622		
Хаттамалар	ATM	Ethernet	SDH
Сызықты кодалау	NRZ	8B/10B	NRZ
Желі радиусының максималдымәні, км	20	20 (>30 ¹)	20
Бір талшықта орналасатын аб. Түйіндер	32	32	64 (128 ²)
FEC қателерді түзеу	жасалуда	жоқ	қажет
Тура/кері ағындардың толқындарының ұзындығы, нм	1550/1310	1550/1310	1550/1310
Жолақтың динамикалық таралуы	(1480/1310)	(1310/13103)	(1480/1310)
	иә	жоқ	иә
IP-фрагментациялау	иә	жоқ	иә

Осылайша PON желісінің өткізу жолағының ұлғаюымен және әр

түрлі мультисервистік қолданбалылардың тасымалдау тиімділіктері артты. GPON 622 Мбит/с-тен 2,5 Гбит/с дейінгі тасымалдау жылдамдықтарында кадрлардың құрылымының оңай масштабталуына мүмкіндік береді, және PON ағашында тура және кері ағында бірдей тасымалдау жылдамдықпен, және дәл осылай әр түрлімен де, істейтін жүйелерді рұқсат етеді. GPON ITU-T G.704.1 GFP (generic framing protocol, кадрлардың жалпы хаттамасы) стандартына негізделген, инкапсуляцияны қамтамасыздандыра синхронды транспорттық сервис хаттама- үлгісінің, соның ішінде TDM көрсетеді. 1.2 кестеде – пассивті оптикалық желілердің стандарттарының тізімі келтірілген.

1.2 К е с т е – PON стандарттарының тізімі

Стандарт	Қабылдау мерзімі	Аталуы
G.983.1	10.98	Broadband optical access systems based on PON
G.983.1.amd 1	12.01	Broadband optical access systems based on Passive PON
G.983.2	4.03	ONT management and control interface specification for ATM PON
G.983.2	5.02	ONT management and control interface specification for B-PON
G.983.3	4.01	A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation ONT management and control interface specification for B-PON
G.983.3.amd 1	7.02	A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation ONT management and control interface specification for B-PON
G.983.4	12.01	A broadband optical access system with increased service capability using Dynamic Bandwidth Assignment
G.983.6	5.02	ONT management and control interface specifications for B-PON system with protection features

Gigabit GPON технологиясы. GPON (Gigabit PON) қатынау желілерінің сәулеті APON технологиясының органикалы жалғасы сияқты

анықтап қарауға болады. Нақты EFMA одағы және EFM комиссиясы бір-бірін толықтырады және стандарттың үстінде тар жұмыс істейді.

Бұл кестеде соңғы жылдар ішінде бірнеше ITU-T ұсыныстары APON, EPON және GPON стандарттарын байланысты жасалды.

EPON және GPON салыстырғанда, EPON кадр құрылымы қарапайым Ethernet кадры арқылы жасалады, ол көптеген стандарттармен сәйкестелмейді (мысалы, TDM). Оған қарама-қарсы GPON кадр құрылымы.

Сонымен, GPON пассивті оптикалық желісі, Ethernet құрылғыларымен және талшық-оптикалық инфрақұрылымымен келесі буынды қатынау желісі ретінде ең тиімді болып табылады.

1.5 GPON-ның техникалық көрсеткіштері

Қазіргі кезде, негізінен PON технологияларының үш түрі бар, олар - APON/BPON, EPON және GPON. BPON жабдықтауымен - GPON жүйелердің кері сәйкестіктің талап етпеуі шешілген болатын, себебі, ол қосымша шек қойды және қойылған мақсаттарға жетуге кедергі болды. Әйткенімен, GPON жүйесінде BPON стандартынан біраз нәрселер өзгерген жоқ: ара қашықтықтардың схемалар өлшеуі өзгермеді (масштабтаудың), өткізу жолақ динамикалық таратуы (DBA), басқару интерфейсі (OMCI) және абоненттік түйіндерді бақылау (ONT). GPON-ның қасиеттері:

- GPON-ға жаңа абоненттерді қосу үшін «инкапсуляцияның гигабиттік режимі» GEM қолданылады;
- симметриялы және антисимметриялы жылдамдықтарды сүйеу (жоғары шығатын және төмен түсетін ағында);
- бір толқын ұзындығына 256 логикалық ONT сүйеуі;
- жоғары шығатын ағында өткізу жолағының тарату механизмы төмен түсетін ағынның маркерлері арқасында (көрсеткіштері);
- ONT қорғау биттерінің өзгеру саны;
- ONT автоматты және периодты табылуының жаңа тәсілі;
- ONT терезелерінде дрейф табылуының автоматты масштабталуы;
- AES алгоритмы арқасында әрбір ONT қосылыс қорғанышы;
- әртүрлі күй-жағдайлардың үлкен сан және абоненттік түйіннің (ONT) есептеу нәтижелерінің орталыққа (OLT) жіберілуі;
- OAM бөлінген каналдары;
- келісімдердің бақылау қызметтерінің деңгейі туралы (SLA - Service Level Agreement) әрбір каналда өткізу жолағының таралуы.

PON қатынауының таратушы желісі түйіндегі пассивті оптикалық сплиттер бар бұтақ тәріздес талшықты кабельді архитектура негізінде құрылған. PON архитектурасы абоненттің сұрауына байланысты желідегі түйіндерді және өткізу жолағын өсіруге қажетті тиімділікпен қамтамасыз етілген.

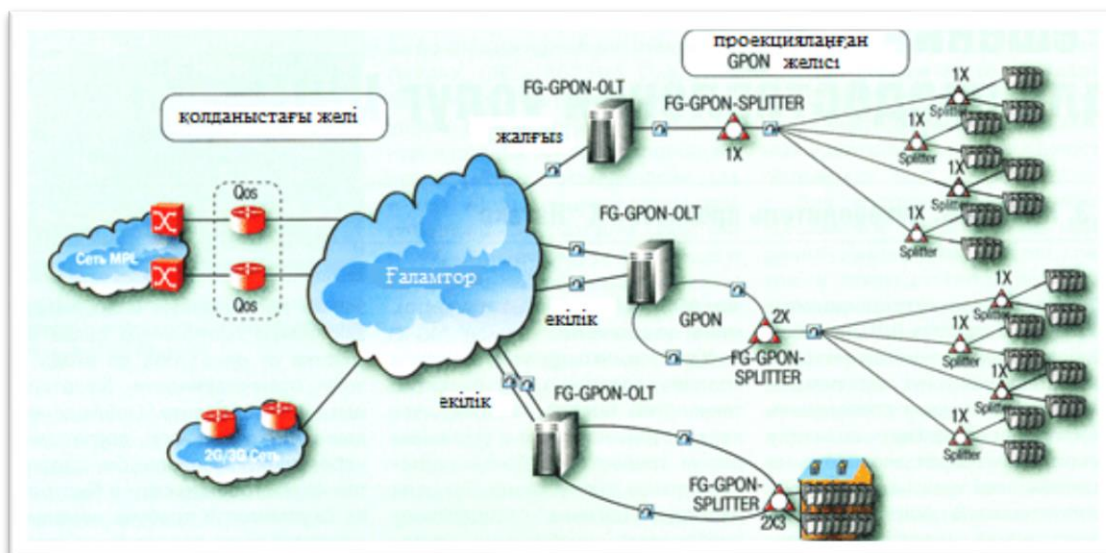
Біздің уақытта PON-ның 2 негізгі технологиясын бөліп көрсетуге

болады – EPON және GPON. Олардың негізгі айырмашылығы архитектураның базалық протоколында: EPON үшін – бұл Ethernet, ал GPON үшін – SDH. Одан басқа GPON технологиясының өткізу жолағы симметриялы емес (төмен түсуші ағын – 2,488 Гбит/с, жоғары шығушы ағын – 1,244 Гбит/с). EPON технологиясы үшін өткізу жолағы симметриялы – 1,244 Гбит/с. Тасымалдауды басқару деңгей құрылымы (TC layer). GPON-жүйесінде тасымалдауды басқару деңгей құрылымы суреттелген. GTC деңгейі екі астыңғы деңгейден түзеледі: GTC кадрларының құру астыңғы деңгейінен және астыңғы деңгейдің TC бейімделулерінен. Басқа жағынан, GTC бақылау/басқару жазықтықтарынан түзеледі, абоненттердің трафик ағындарымен, қауіпсіздікпен және OAM функциялары-мен басқарады, және пайдаланушылардың жазықтықтарымен, абоненттік трафик тапсырады. GTC кадрларының құру астыңғы деңгейі түзеледі, ATM учаскесінен, OAM ішіне салынған учаскелерден және OAM физикалық деңгейінен (PLOAM) сәйкестікте сапар ретімен GTC кадрмен ATM және GFP учаскелеріндегі SDU (жұмысшы мәліметтер блоктары) кәдімгі PDU (хаттамалы мәліметтер блоктары) бейімделген ATM және GEM деңгей астыңғы ауысу.

GTC кадрларының құруы астыңғы деңгейі үшін барлық тасымалданған мәліметтер толық жетімді болу керек. Бұлардың OLT орталық түйінінде астыңғы деңгейіндегі құқықтары, барлық ONT астыңғы деңгейлерімен бірдей. GPON - жүйесі жоғары шығатын трафик үшін ортаға рұқсат бақылауын қамтамасыздандырады. Ең басты концепциялар төмен түсетін ағында кадрлар рұқсат етілген жайларды көрсету үшін төмен түсетін ағында кадрлармен ағын жоғары шығатын, үйлестірілген кадрларда трафик жоғары шығатын.

OLT көрсеткіштерді (маркерлерді) PCBd жібереді, және ол маркерлер уақытты бейнелейді, әрбір ONT жоғарыға көтерілетін ағынға тасымалдауды бастай да және аяқтай да алады. Сондай тәсілмен, бір ONT қашан болса да ортаға рұқсатты ала алады, және даулар нормалы жұмыста көрінбейді. Көрсеткіштер байттардың одақтарында беріледі, OLT-ға ортамен басқаруға рұқсат ете өткізу нәтижелі статикалық жолағына секундны 64 кбайтқа тең.

PON-ның бір ғана кемшілігі құрылғының аса қымбат бағасында ғана, бірақ қазір оның Қазақстанда кең таралуына және ірі операторлардың қолдануына байланысты абоненттерге бағасы бірталай төмендейді. Және жоғарыда қарастырғандардан мынадай нәтиже шығаруға болады, жақын уақытта GPON технологиясы Triple Play қызметін көрсетудегі ең негізгісі болып табылатына күмән жоқ.



1.6 Сурет – PON желісінің құрылымдық сұлбасы

Төмен түсетін ағынның кадр құрылымы. Тәуелділік сыртында кадр ұзақтығы 125 мксті құрайды да желінің өткізу қабілеттіліктері (1,244 Гбит/с немесе 2,488 Гбит/с) төмен түсетін ағында болады. Сайып келгенде, кадр 1,244 Гбит/с жылдамдығында 19440 байт құрайды, ал 2,488 Гбит/с жылдамдығында - 38880 байттан тұрады. Бір кадрда PCVd ұзындығы тарату одақтарының санынан екеулерінің жылдамдықтары үшін бірдей және тәуелді болады (бір анықтатушысы Allocation-ID бар).

Жоғары шығатын ағынның кадр тасымалдау барлық жылдамдықтарына арналған бірдей құрылымды болады. Бір немесе бірнеше ONT-дан тасы-малданатын мәліметтер жиыны әр кадр қамтиды. Өткізу жолақтардың кестесі осы жиындардың таратуын анықтайды. Басқарумен сәйкес тарату әрбір дәуір уақыты, өткізу жолақтардың кестесі индикаторлардың өрісі арқасында OLT басқарады, ONT 3 үлгіге дейін PON-бастамаларын және пайдаланушылық мәліметтер жібере алады. Бастамалар бола алады:

- жоғары шығатын ағынның физикалық деңгей (PLOu) бастамасы;
- жоғары шығатын ағында (PLOAMu) қолдану, әкімшілік ету және басқару;
- PLOAM хабары кіретін 13 - байттық өрісі;
- жоғары шығатын ағында өткізу жолақтар динамикасы (DBRu) туралы есептеу нәтижесі DBA үшін OLT орталық түйінімен қолданылатын өткізу жолақтары динамикалық күй-жағдай туралы есептеу.

GPON-да активтендіру процедурасы күй-жағдайларды бейнелеп түсіндіреді, активтендіру процесс ішінде болатын ONT:

- ONT PON-ның жұмысшы параметрлерін алады;
- OLT талаптарымен сәйкес мәліметтерді тасымалдауға арналған ONT оптикалық қуаттылық деңгейін жөндейді;
- OLT жаңадан қосылған ONT-ның сериялы нөмірлерін анықтайды;

- OLT барлық жаңадан қосылған ONT-дың ONT-ID анықтаушыларын тағайындайды;

- OLT жаңалармен ONT ара қашықтығын өлшейді және жаңа абоненттік түйіндерге арналған кідірістерді тағайындайды;

- ONT сағаттардың бастан санап шығуы (импульстер синхронизациялануы) сәйкестікте жоғары шығатын ағынның кадрларына арналған өзін түзететін кідірістерді жөндейді;

- GEM - инкапсуляция әдісі.

OLT-ға қойылатын талаптар.

Түрлі қызметтердің абоненттеріне жеткізуді жүзеге асыру үшін, қажеттіні операторларға арналған, және өткізу жолағын нәтижелі қолдануға рұқсат ету басталды. Пассивті оптикалық желілеріне GPON-да G.7041 инкапсуляция әдіс қолданылады. GFP стандарттауы ANSI аккредитациясы T1X1 комиссия астысы қолданылады, қайсысы стандарттың финалдық болжамалары жасау ITU-T бірге жұмыс істеуді шешті. GFP G.7041 ITU-T ұсынысы деп ресми стандартталған болатын. Бүгінгі күнге таман, үш негізгі PON технологиялары бар, олар - APON/BPON, EPON және GPON

GPON инкапсуляция әдісі немесе GEM, транспорттық желімен оның тасымалдауына арналған жоғары жатқан деңгейлердің клиентік трафик өзгерту негіздік механизмы қамтамасыздандырады. Транспорттық желі кез келген типті болу мүмкін: SONET/SDH, G.709 ITU-T (OTN), ал нағыз түрінде GPON.

Абоненттің сигналдары пакеттер (IP/PPPoE немесе Ethernet MAC сияқты), ағындардың тұрақты жылдамдықпен және басқалар түрінде келе алады.

Аталған GEM кадрлардың инкапсуляциясына иілгіш құрылымын қамтамасыз-дандырады, кадрларды тұрақты сияқты және өзгергіш ұзындықта сүйейді. GEM бастаманың қателерін дұрыстау әдісінің (HEC) бір түрін қолданады, негізі өзін-өзі шектеуінде салынған. Өзгергіш ұзындықты PDUs орналастыру үшін, GEM - кадр бастамаларына пайдалы жүкті тиеу ұзындыққа айқын индикаторын орналастыра бастайды. Сайып келгенде, GEM PDU тұрақты мөлшері болады (TDM - канал қамсыздандыру үшін), немесе ұзындықпен, кадрдан кадрға өзгерілетін (инкапсуляцияланған PDU-ны жәй шығаруды қамсыздандыру үшін). Дәл осылай сияқты, GEM синхронды транспорттық желімен әртүрлі қызметтердің жеткізу нәтижелі және қарапайым негіздік механизмы қамтамасыздандырады, ол GPON TC деңгейіне арналған негіз болады. Сонымен қатар, GEM-ді қолдану, GPON TC деңгейі табиғаты жағынан синхронды болады және SONET 8 кГц (125 мкс) кадрларды қолданады. TDM - қызметтерді тура сүйеуге рұқсат етеді.

Алғашқы түрі - PON мыс тармақтарымен. Жоғарғы жылдамдықты пассивті оптикалық желі GPON технологиясын пайдаланғанда талшықты оптикалық байланыстың түйіндерінде дарасызықты оптикалық

терминалдары бар (OLT) көптеген үйлерді байланыстырады. 1-ші желілік талшықты кабель қосылатын құрылыс тобына жақын және сигналдарды бөлу үшін пассивті оптикалық тармақтағыш қолданылады.

Пассивті оптикалық желі құрғанда оптикалық кабельді дұрыс ұстау керек. Кварц өте нәзік болғандықтан майысу бұрышы нормадан асқан жағдайда кварца кішкентай сынықтар пайда болады. Ол сынықтар өзекшедегі лазерді дұрыс шағылыстырмай таралу жылдамдығы өте төмен болып қалады. Ол өз кезегінде тұтынушыларға жоғары жылдамдықты интернет берудің алдын тыйады.

Соңғы қосылу түрі «нүкте-нүкте» (Point to point). Бұл қосылу түрінде мекемелердің әрқайсысы жеке талшықтың арқасында әентрлік байланыс түйінімен жалғасады. Ethernet коммутациясы осы байланысу түйінінде бірден көптеген абоненттерге трафиктің агрегациялануын қамтамасыз етеді.

2 ДИПЛОМДЫҚ ЖОБАНЫҢ МАҚСАТЫ

Жоба мақсаты Әуезов ауданына қарасты Таугүл 3 ықшам ауданында GPON желісін жобалау.



2.1 Сурет – GPON желісін құруға бөлінген аймақ

Осы бітіру жұмысында келесі тапсырмалар орындалуы тиіс:

- құрылғыларды таңдау;
- тұтынушы сұранысын қанағаттандыру;
- PON технологиясын енгізу;
- Желі өшуліктерін есептеу;
- өмір сүрудің барынша қауіпсіздігін ойластыру;
- экономикалық бөлім.

Аймақ тұрғындары Алматы қаласының тұрмысы жоғары тобынан болса, ықшам ауданның өзі қаладағы элиталық бөліктердің бірі болып саналады. Бұл мәлімет болашақта құрылатын желілердің рентабелді болуының алғышарты болып табылады.

Алға қойылған міндетті орындау үшін құрылғыны 630 адамға қызмет көрсете алатын, және қосымша қызметтерді ұсына алатын жаңа аппаратура таңдалуы тиіс. Станция мен абоненттер арасындағы өшуліктер есептеліп, сплиттерлік бөлінулер орнатылуы керек. Аппаратура мен құрылғылардың, сондай ақ жұмыстардың шығындарын есептеп, экономикалық қорытынды жасау керек. Жұмыс орнын денсаулыққа барынша аз зиянды етіп жасап, қорытынды жасау керек.

2.1 Желіні жобалау және құрылғыларды таңдау

Негізгі бас станцияны жобалау (БС). Желі жұмыс істейтін технология таңдалып алынған соң, тікелей желі құрастыруға, құрал-жабдықтар мен сым желілерді таңдауға және іс-құжаттарды әзірлеуге көшеміз. Жобаның орындалу нәтижесінде әрбір тұтынушы сандық теледидар, Интернет және IP-телефония қызметтерін алуы тиіс.

Алдымен бас станцияның жобасын жасап алу қажет. Ол үшін станцияның қандай қызмет атқаратынын анықтау керек:

- халықаралық және мемлекеттік арналарды спутник тарелкаларынан қабылдап, сандық қалыпқа келтіру. Спутник арналарының IP-желісіне трансляциялау үшін олардың шартты рұқсатының кодировкасын алып тастау керек және DVB-IP шлюзі арқылы IP-желісіне жіберу қажет;

- трафикті желі ішінде және тұтынушыға әрі қарай тарату үшін X провайдері арқылы Интернетке кіру мүмкіндігін алу;

- Қазақтелекомның бөлінген ISDN арнасын әрі қарай телефон нөмірлерін тарату және телефонияны VoIP сандық қалыпқа келтірумен қабылдау;

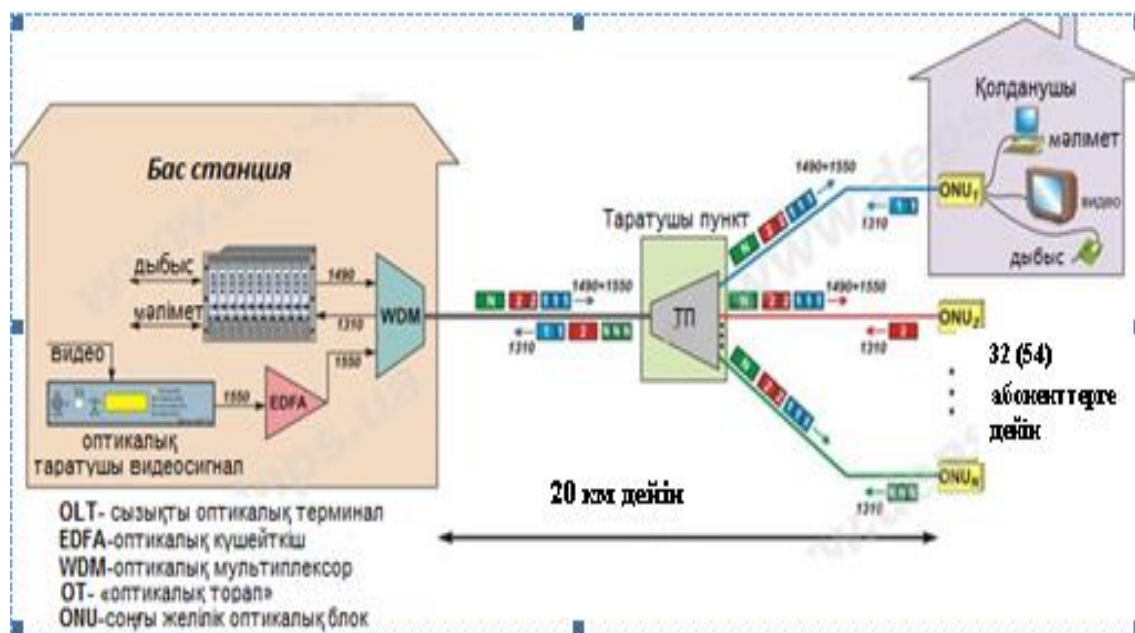
- тұтынушыға арналған фильмдері, әуендері, ойындары және т.б. бар серверлердің оңтайлы жұмысын ұйымдастыру;

- тұтынушыларды, олардың биллингімен ұйымдастырылған бағдарламалық басқару, компания ұсынған қызметтерге кететін шығынды есептеу.

2.2 суретте бас станция мен пассивті желінің архитектурасы келтірілген.

Қатынау желілері үшін PON (Passive Optical Network) ең бір танымал оптикалық технологиялардың бірі болып табылады. Оның негізгі мақсаты минималды капиталды шығын жұмсай отырып кең өткізу мүмкіндігімен қатынау желісін құру болып табылады. Оның шешімі активті компонентерсіз тармақталған желі құру – пассивті оптикалық тармақтағыштар көмегімен. Барлық қолданушыларға информация біруақытта арналардың уақыттық бөлінуімен бас станциядан – оптикалық сызықтық терминалдың (OLT, Optical Line Terminal) – ақырғы оптикалық желілік блоктарға (ONU, Optical Network Unit) дейін. Тарату мен қабылдау екі бағытта бір оптикалық талшық бойымен, бірақ әртүрлі толқын ұзындығында жүреді. Тура ағында (абоненттен станцияға дейін) 1310 нм толқын ұзындығын, ал кері ағында (станциядан абонентке дейін) – 1490 нм немесе 1550 нм. Желі түйініндегі OLT шығысынан оптикалық қуат барлық ONU кірісіндегі сигнал деңгейі шамамен бірдей болатындай бөлінеді (біркелкі немесе біркелкі емес). Әдетте көбіне барлық абоненттерге телевизиялық сигнал тарату үшін толқын ұзындығының біреуі (көбіне 1550) бөлінеді. Онда станцияда таратылып жатқан сигналдарды 1310 нм (дауыс, ақпарат) және 1550 нм (бейне) біріктіру үшін оптикалық

мультиплексор WDM орнатылады. Барлығы максималды байланыс қашықтықта – 20 км-ға дейін болғанда 32 абонентке дейін (кей түрінде 64-ке дейін) қосылу мүмкін болады.



2.2 Сурет – Бас станция мен PON желісінің сұлбасы

Жоғарыда сұлбада көрсетіліп тұрғандай, тура ағын біруақытта барлық ONU үшін ақпараты бар, бірақ әр ақырғы құрылғы тек өзінің терминалы үшін информация бөледі. Кері бағытта абоненттерден әр ONU өз уақытында информацияны жібереді және қосылып болғаннан кейін ортақ ағында барлық қолданушылар сигналы болады. PON технологиясының қатынау желісінде қолданудың көп артықшылықтары бар:

- абоненттік оптикалық кабельдерде талшықтың экономдылығы;
- бас станциядағы оптикалық сәулелегіштердің экономдылығы;
- түрлі информацияның қызмет көрсету мүмкіндігі (Triple Play концепциясына сай) – дауыс, бейне және ақпарат;
- желілік элементтерге электроқоректенудің қажетсіздігі (ақырғыларынан басқасы);
- қызмет көрсетудегі шығынның аздығы;
- абоненттің оңай қосылу мүмкіндігі;
- жолақтың динамикалық кеңейту мүмкіндігі;
- істеп тұрған абоненттердің тарату жылдамдығын дәл қазір істемей тұрғандардың арқасында көбейту;
- ары қарай тарату жылдамдығын көбейту (10 Гбит/с-қа дейін) және одан да көп сызықты тракт қондырғыларын ауыстырусыз (оптикалық кабельдер, тармақтағыштар, қосылғыштар);
- оптикалық мультиплекстеу технологиясын қолдану арқасында (CWDM немесе DWDM) әр қолданушылар үшін тарату жылдамдығын бірталай көбейту мүмкіндігі.

Қазіргі кезде PON ең бір динамикалық түрде дамып жатқан оптикалық желілік технология болып саналады. Басқа да дамыған мемлекеттерде PON абоненттердің саны жыл сайын 30-40 % -ға өсіп отырады.

Менің жұмысым берілген GPON технологиясын Таугүл 3 ықшам ауданындағы коттежді аймаққа құруға негізделген. Оптикалық желілерді ағаш бағаналарға ілу арқылы берілген аймаққа әлемдік ғаламторға үлкен жылдамдықпен шығу мүмкіндігін ұсыну. GPON технологиясы бастапқыда коттежді аймақтарға арналып жасалғандықтан, біздің жағдайда өте тиімді деп ойлаймын.

Желіні ұйымдастыруға қажетті негізгі құрал-жабдықтарды анықтайық:

- Қызметтік ақпаратты және тұтынушылар туралы деректерді сақтауға арналған серверлер (тапсырыс бойынша видео, виртуалды кинозал, т.б.);

- деректер ағынын басқаруға арналған негізгі Router;

- негізгі Router-ден келетін белгілерді қабылдауға және деректерді пассивті оптикалық желі арқылы ONT (Optical Network Terminal) терминалына тасымалдауға арналған ONT (Optical Line Terminal);

- тұтынушы жағындағы оптикалық белгіні қабылдауға арналған ONT (Optical Network Terminal);

- оптикалық лазерді бөлуге арналған желінің пассивті элементтері – сплиттерлер;

- үйге тартылатын оптикалық дроп желілері.

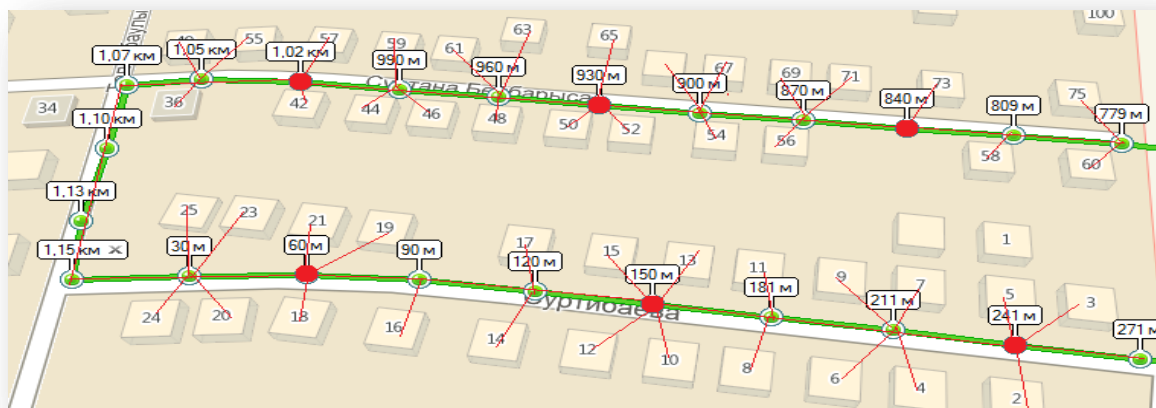
- Ағаш бағаналарға қыстырылатын кронштейндер мен анкерлік қысқыштар.

- Тросс өзекшесі бар әуеге ілінуге арналған ілмелі оптикалық кабель;

Бөлінген аумақта 664 үй яғни 664 абонент бар. Тұтынушылар жоғарыжылдамдықты интернетке қосылу үшін Мегалайн турбо тарифін қолданады. Ал көп каналды телевидение үшін спутниктік антенналары орнатылған. Тұрғындардың GPON нан қымбат, бірақ жылдамдығы 10 есе төмен интернетін қуана біз ұсынған жобаға ауыстыратынына сенімдімін. Бірақ шыққан шығынымызды ақтау үшін, мен интернетке қосылу үшін белгілі сомма алмақшымын. Сондықтан потенциалды клиенттер санын барлық абоненттің 80%-ы 531 абонент деп аламыз.

Оптикалық кабель ағаш бағаналарға ілінеді. Беріктікті арттыру мен иілгіштікті азайту мақсатында кабелдер анкерлік қысқыштар арқылы алдын- ала бағаналарға бекітілген кронштейндерге ілінеді. Стандарт бойынша әр бағананың ара қашықтығы 30 метр ал әр үйдің арасы 20 метр. Оптикалық бөлгіш сплиттерді әр 4-бағана сайын орнатамыз. Муфталар, сплиттерлер орнатылатын телекоммуникациялық шкафтар бағаналарға орнатылады. Бағаналарға сплиттерлерді орнатып, дроп кабелін тарту 2.1-суретте көрсетілген.

Пәтерге талшық бойымен қосылу бағасы жеке үй иелеріне қосудан жеке ONT қолдана отырып қосылған әлдеқайда арзан болады. Бұл коттеджден қарағанда, талшық жүргізудің бағасының төмендігімен байланысты. Әйтсе де біздің модельде әртүрлі мекеме ішіне талшық жүргізудің ерекшелігі жайлы факторлар қарастырмаған. Бұл ерекшеліктер ескі немесе жаңа архитектуралы салынған мекемелердегі жұмыс бағасын көбейту мүмкін. Одан басқа, жаңа үлгідегі бұралуға сезімталсыз талшықтар кейбір қиын жерлерде қиыншылық туғызуы мүмкін.



2.3 Сурет – Бағаналардағы сплиттерлердің орналасу реті

OLT мен ONT-ны таңдау. Бұл бөлімде Ресейлік QTECH компаниясының құрылғылары таңдалды. Жоғары сапасымен қатар бағасының салыстырмалы төмендігі жобамыздың тиімділігін арттырады. OLT тарату қуаты мен абоненттік сыйымдылығына қарай таңдалды. 1024 абоненттік станциялық терминалымыз 664 тұрғынды барынша сапалы мәлімет таратады. Ал керек болған жағдайда аудандағы мектеп пен ұйымдарды біздің желіге қосуға болады. Оған өшулік мәні де станциялық терминал сыйымдылығы да рұқсат береді.



OLT GPON QSW-9000-01



ONT 4*GE и 2*FXS+Wi-Fi

2.4 Сурет – Таңдалынған OLT және ONT құрылғылары

QSW-9000-01 GPON OLT коммутаторы GPON желілерінің операторлық класына жатады. Ол FTTx технологиясының негізінде жұмыс істейді. Негізгі қызмет түрлерінің барлығының таралуын қамтамасыз етеді(мәлімет тарату, VoIP, IPTV), сонымен қатар SLA, DBA мен QoS оқу мүмкіндігі бар.

Коммутатор 1:128 бөлу коэффициентімен жұмыс істейді, ол өз кезегінде қосындыларын жинағанда барлығы 1024 абонентті желіге қосуға мүмкіндік береді.

Коммутатор архитектурасы GPON 8 порттарынан, 8 GE SFP порттарынан и 8 1000BASE-T порттарынан тұрады. Сонымен қатар қосымша екі 10GE SFP+ порттарын қосу мүмкіндігі бар.

2.2 GPON QSW-9000-01 ерекшеліктері

- 8 GPON порты, 8 GE SFP порттары мен 8 1000BASE-T порттары, қосымша екі 10GE SFP+ порттарын қоса алатын кеңейту слоты.

- 1U көлемі, 85В тан аспайтын энергия тұтыну.

- 1+1 қуат резервтеуі.

- Қауіпсіздіктің әр алуан функцияларын қолдану: Anti-ARP-spoofing/flooding, порттар изоляциясы, MAC-адресстерін филтрлеу, IEEE 802.1x, аутентификация AAA/Radius және TACACS+, SSHv2 Secure Shell, цифрланған басқару SNMP v3, MAC пен ARP арқылы тариф тексеру, деңгейлерінде L2-L7 ACL ағынын фильтрациялау, uRPF.

- Multicast, IGMP snooping.

- Мониторинг: Telnet, CLI, Console, Web, SNMPv1/v2/v3, RMON (Remote Monitoring) 1/2/3/9 групп MIB, NTP, RFC3176 sFlow, LLDP, 802.3ah Ethernet OAM, протокол BSD syslog.

ONT-ның оптикалық бөлімі 1000NT шассиінің оң жағында орналасып, пайдаланушының оптикалық талшық коннекторларды қосуға мүмкіндік береді. Оптикалық модулі шасси ішінде орналасады және онымен тек арнайы дайындықты маман жұмыс істеуі керек. Оптикалық панель optical электр панелімен бірге бірнеше оптикалық құрылғылар (қорғау ауыстырғыштар және оптикалық диплексер) орнатылған.

100 ONT оптикалық модулінің негізгі ерекшеліктері:

- 2.488 Gbps төмен ағынды оптикалық қабылдағыш;

- RX сезімталдығы: -18 dB;

- макс. астыртын жүктеме: -3 dB;

- 1.244 Gbps жоғары ағынды жібергіш;

- FP Лазері – Жакын Қашықтық (TX күші: -5 dB to 0 dB);

- DFB Лазері – Алыс Қашықтық (TX күші: -3 dB to +2 dB);

- оптикалық Бейне толқын ұзындығы шығыс RF Бейне сигналына ауысуы;

- оптикалық талшық қорғанысының 50мс кем ауысуы;

- бейне бөлімі.

1000NT платформасы қосымша бейне тасымалын қолдайды, ал ол

дегенміз CATV бейне жабдықтар стандартын қолдануға болады. Бұл жүйе VSB-AM, 64 және 256 QAM таратылымын қолдайды. Тасымалдау жүйесі ODN арқылы 1550нм – 1560нм (3ші толқын ұзындығы ретінде) арасындағы толқын ұзындығында жұмыс істейді.

Бейне тасымал қызметі Optimate платформасында стандартты 45 - 870 MHz мульти-арналы аналогты және цифрлы (барлығы NTSC арна планына 110 арна немесе PAL/SECAM 89 арна) болып келеді. Аналогты/цифрлы арналардың бейне жолағы 4 MHz/6 MHz (немесе 8 Mhz PAL жүйесі үшін). Абоненттік терминал компаниядағы ең қымбат түрі. Бұл терминалда интернетке телефонияға және цифрлық телевидениеге шығатын порттары бар. Сонымен қатар N абонентті Wi-Fi қосымшасыда бар.

2.3 Керекті серверді таңдау

Желімізде сервер қылып AquaServer PD352 аппаратурасы қолданылады. AquaServer Р жұмысшылардың және бөлімше қызметкерлерінің қызметін жалғастыру үшін арналған. Серверлердің есептегіш қуаттылығы маңызды қормен және аса сенімділігі жоғары кідіріссіз жұмыстарды қамтамасыз етеді. Мұндай қосымшасы бар топтардың серверлері екі процессорлы етіліп құрастырылады, оған қоса қажеттілік өлшемдерінің нормалары мен олардың өнімділігін үлкейтуге барлық жағдай жасалған. AquaServer Р серверлері жылдам жады масштабтауының - жоғарылауы үлкен мүмкіншіліктер санына ие болады.

Қоректенудің 2 блогы «ыстық алмасу» функциясымен және корпусы салқындату күшейтілген жүйесі алты желдеткіш қабылдаусыз тұрақтылығымен қосымша серверді қамсыздандырады. Сервер көп санды технологиялық жаңалармен жабдықталған, мәліметтердің бүтіндігін қамтамасыз етуіне және қауіпсіздігіне арналған. Басқару интеграцияланған құралдары платформамен қосады өзінді Intel Management Module модуль және соңғы Intel Server Management бағдарламалық пакет - 8 болжамасы. Олар басқару және сервер қолдануын барынша көп оңайлатуға рұқсат етеді.

Сандық стриммерді таңдау Anevia Flamingo стримері Телевидение таратылуы мен радиоканалдар үшін DVB-дан IP желісіне жасалған жоба.

Anevia Flamingo 220x жаңа моделінің қатарының сипаттамасы:

- алғашқы парақтағы CAM модулі;
- 2 толық транспондер;
- 60 каналдарға дейін тарату (300 Mbps).

2.4 GBIC модульдерін таңдау

Gigabit Interface Converter (GBIC) өндірістік стандартты конверторлармен интерфейстерді анықтап, олардың ыстық ауыстыру (hot-

swap) режимін қолдайды. GBIC модульдері коммутатордың Gigabit Ethernet слотына орнатылады. Дамыған Корея, Жапония кәсіпорынындағы құрастырылатын дүниежүзілік өндірушінің материалдарын қолдануымен, заманауи техноло-гиялық жабдықтауда дайындалады. Оптикалық кабельдер жоғары сапаға, сенімділікке ие болады және халықаралық стандарттардың заманауи талаптарының барлығына сай болады. Зауыт мамандандырылған профессионалдардың жұмыс істеуінің арқасында жоғары сапалы оптикалық кабельдер шығарады. Оптикалық кабелді салу аймағының жер бедеріне, кеміруіштердің көптігіне, ауа, ылғал, температуралардың күрт өзгеруіне, басқа да факторларды ескеріп арнайы бөлімдерге бөлініп шығарылады. Мысалы мынадай мақсаттарға арналған оптикалық кабельдер бар: канализацияға салу, топырақ, жабық бөлмелер, әуе, су асты және тереңдіктегі салу, грозотросқа салынады. Біздің жобада қолданылатын кабель маркалары 2.1-кестеде көрсетілген. Тар көшелі шағын микро ауданда қазу жұмыстарын жүргізу ыңғайсыз, әрі қымбатқа түседі. Себебі қазба жұмыстары топырақта емес жол төселіп қойылған орында жүргізілу керек. Төселген жолды қазуға қыруар қаражат кеткенімен, қазылған орынды жауып, орнына қайта жол төсеу одан да үлкен шығындарға алып келеді. Бұл жайлы экономикалық бөлімде нақтырақ жазылған.

2.1 К е с т е – ОК маркалары мен олардың ерекшеліктері

Кабель маркасы	Құрылымын анықтайтын ерекшеліктер	ОТ саны	Ұсынылған тарту шарттары
SNR-FOCA-UT4-08	Тросс өзекшелі әуе бойымен тартылатын кабель	21	Кабель ішіне енгізілген тросы әртүрлі кедергілерге төтеп беруге арналған, бірақ сенімділікті арттыру үшін арнайы кронштейн мен анкерлік қысқыштар қолданылады.
SNR-SNR-FOCD-D-01-Y	ерекшеліксіз	10	Кабель тек ішкі кварцтың жаңа түрі – иілгіштігі жоғары болғанымен ерекше. Ұстаушы тросы болмағандықта кабелді үйге тартылған сымдардың сыртымен орағыту тәсілі бойынша енгіземіз.

Жоғарыда келтірілген кестеде оптикалық кабелдің маркілерін салыстыру жүргізілген.

Әуе ОК-ның негізгі сипаттамалары:

- Әуемен тартылатын кабелге ең үлкен кедергі туғызатын желдер. Сондықтан бұл типті кабельдерге қазіргі уақытта анкерлік қысқыштың амортизациялық түрі жасалып шығарылған. Біз сол типті қысқышты қолданамыз. Эксперттердің айтуы бойынша қосымша құрылғылар кабель сенімділігін 10 – 15 % ға жоғарылатады.

- бірмодалық OT (1383±3 нм толқын ұзын-дықтарында сөнудің азаюы), MCЭ-Т - G.652 C(D) ұсынысы бойынша (код А);

- бірмодалық, ұлғайған жұмыс диапазоны бар және жоғары табалдырық- пен бриллюэнов шашырауымен MCЭ-Т G.652D ұсынысы бойынша (код Т);

- бірмодалық OT минималданған сөнуімен, MCЭ-Т G.654 (код Р) ұсынысы бойынша;

- бірмодалық OT нөлдік емес жылжу дисперсиясымен, MCЭ-Т - G.655 ұсынысы бойынша, (код Н);

- бірмодалық OT кері нөлдік емес жылжу дисперсиясымен, MCЭ-Т - G.655 ұсынысы бойынша, (код С);

Біздің мақсаттарымызға сай келетін SNR-SNR-FOCD-D-01-У кабель маркасы. Он екі талшық біздің желімізге көп жеткілікті. Сонымен қатар, тасушы элемент диэлектрлік оқтама болып келеді, электр қауіпсіздігі көруі нүктесінен өте сенімді, және кабельмен электрлік ток өтуінің рұқсат етпейді. Өйткені, кей кезде кабель қалалық жарықтандыру бағаналарымен және электротасушы элементтердің жақын маңында тартылады. Біздің дроп кабельді үйге дейін сондай тәселмен ілініп тұрған кабельге оратып жүргізуге болады. Бірақ бұл тек ұстайтын кабель беріктігі жоғары болған жағдайда ғана іске асады. Ал оптикалық кабелдің салмағы өте жеңіл екендігін ескерсек, қарапайым электрлік сымдар да оратуға жарай береді.

Оптикалық кабельдің жалғыз басты кемшілігі нәзіктігі. Бірақ соңғы жылдардағы технологиялар кабельдердің сенімділігін анағұрлым арттырды. Сондықтан оптика қазір байланыс аресының көшін бастап тұр.

Оптикалық кабелмен ең сенімді желі құру түрі жер астымен құбыр тарту. Экономикалық бөлімдегі есептеулердің нәтижесінде мұндай желі құру типінде жалпы шығындар 2 есе жоғары болатынына көзімді жеткіздім. Құрылғы ұсынған компания материалдарға 30 жылдық кепілдік бергендіктен, бұл желі құру типінің сенімділігі одан сайын арта түседі. Екінші жылдан бастап пайда түсе бастағандықтан құрылғы тозған уақытқа дейін құрылғы ауыстыруға белгілі сома жиналып қалатыны негізді. Бірінші типті технологияда кететін ең үлкен шығын кабель типі мен жер қазу жұмыстары.

Баға мәселесінен бөлек жұмыс мәселесі. Жер қазу жұмыстарына кететін уақыт Таугүл ықшам ауданындағы тар жолдарда еселеніп созылады, әрі аймақ тұрғындарының күнкөрісіне кесірін тигізеді. Ал бағаналарға ілінетін кабель технологиясы өте аз уақыт алады, әрі жол салынып қойған ауданның келбетін құртпайды.

3 GPON ЖЕЛІСІНІҢ ТЕХНИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕЛУІ

3.1 Желінің жүктемесі, өшулігі мен өткізу қабілеті

Желі жүктемесін есептеу үшін бізге келесі параметрлерді есепке алу қажет:

- OLT мен ONT арасындағы қашықтық;
- сплиттерден сплиттерге дейінгі қашықтық;
- сплиттерден ONT-ға дейінгі қашықтық;
- кабельдегі сөну;
- сплиттердегі сөну;
- оптикалық бюджет.

Біздің жағдайымызда оптикалық бюджет -3 дБ-ден -26 дБ-ге дейінгі диапазонда болады. Яғни, әрбір желідегі ONT-ға -3 дБ-ден көп емес және -26 дБ-ден кем емес белгі келіп түсуі қажет.

ONT-ға келіп түсетін белгі деңгейі мынаған тең:

$$P_{ONT} = P_{OLT} + \sum L_{fiber} + \sum L_{splitter} . \quad (3.1)$$

Сымжелі кесіндісіндегі сөну мынаған тең, дБ:

$$L_{fiber} = S \cdot L_n \cdot (-1) , \quad (3.2)$$

мұндағы: S – аумақ ұзындығы, м;

L_n – сымжелінің номиналды сөнуі, дБ/м.

Бір тармақтағы бір сплиттерде сөну мынаған тең, дБ:

$$L_{splitter} = 10 \log \frac{p}{100} - 0.5 , \quad (3.3)$$

мұндағы: p – тармаққа бөлінген белгі пайызы;

0,5 –сплиттердегі шығындар.

Нөмірі бірінші тұтынушы үшін жүктемені есептейік.

Бас станциядан тұтынушыға дейінгі қашықтық 400 м.

Демек, егер бас станциядан №1 тұтынушыға дейінгі тура қашықтық 400 м болса, бізге 600 м оптикалық сымжелі қажет болады. 8/92 және 6/94 сплиттерін қолданамыз, яғни, тұтынушыға белгінің оптикалық қуатының 5% жіберіледі, ал 92% 94% әрі қарай тасымалданады.

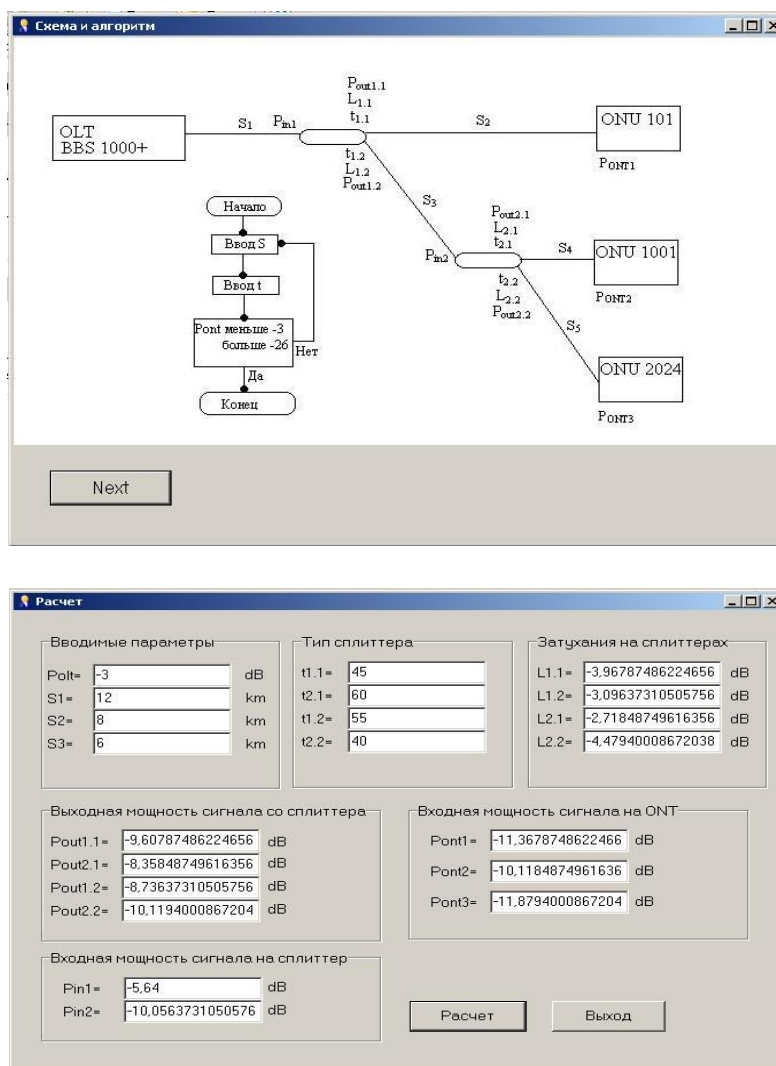
Бас станциядан тұтынушыға дейінгі сымжелі кесіндісіндегі сөну мынаған тең, дБ:

$$L_{fiber} = 0.6 \cdot 0.22 = 0,132.$$

Сплиттердегі сөну, дБ:

$$L_{splitter} = 10 \log \frac{5}{100} - 0.5 = -13,5.$$

3.1 суретте нөмірі бірінші тұтынушының ONT-сына түсетін белгі деңгейі көрсетілген.



3.1 Сурет – PON желісінің учаскесінде жүктемені есептеу бағдарламасы

Жоғарыда көрсетілген суретте көрсеткіш ONT жұмыс жасау шарттарын қанағаттандырады.

Есептеуді жеңілдету мақсатында мен әр желі торабындағы жүктемені есептеу үшін екі түрлі бағдарлама жасадым. Бұл бағдарлама қандай да бір параметр өзгерсе, автоматты алдынала енгізілген формуламен барлық желі жүктемесін есептейді және көрсеткіштердің желі

терминалдарының (ONT) жұмыс жасау шарттарын қанағаттандыру/қанағаттандырмауын көрсетеді. Бұл желінің өткізу қабілетін сараптау және сплиттер түрін таңдау кезінде қолдануға ыңғайлы. Екіншісі Delphi бағдарламасында жасалған және көрнекті түрде барлық параметрлер мен формулаларды бейнелейді (3.2-сурет), жекелеген желі аймақтарында есептеу жүргізуге арналған. Сондай-ақ сплиттерлерді жете таңдау кезінде ыңғайлы.

Есептеулер нәтижесінде алынған деректер бағдарламадан 3.1-кестесіне көшірілген.

3.1 К е с т е – Есептеулер нәтижелері

Тұтынушы	OLT-тан шыққандағы оптикалық белгінің қуаты	Бас станциядан тұтынушыға дейінгі қашықтық, км	Бас станция-тұтынушы аймағындағы шығындар, дБ	ONT-қа түсердегі оптикалық белгінің қуаты, дБ
1	-3	0,6	-13,6	-16,6
2	-3	0,9	-14,4	-17,4
3	-3	0	-14,9	-17,9
4	-3	1,2	-16,4	-19,4
5	-3	1,6	-16,5	-19,5
6	-3	2,2	-17,6	-20,6
7	-3	2,2	-15,5	-18,5
8	-3	2,4	-15,3	-18,3
9,10,11	-3	0,6	-13,6	-16,6
12	-3	0,9	-14,4	-17,4
13	-3	0	-14,9	-17,9
14	-3	1,2	-16,4	-19,4
15	-3	1,6	-16,5	-19,5
16	-3	2,2	-17,6	-20,6
19	-3	2,2	-15,5	-18,5
20	-3	2,4	-15,3	-18,3
21	-3	0,7	-15,1	-18,1
22	-3	0,9	-16,7	-18,9
17	-3	1,4	-16,8	-19,7
23,24,25,26	-3	2,5	-16,8	-19,8
27	-3	2,2	-16,6	-19,6

Келтірілген кестеде есептеулер нәтижесінде барлық ONT-қа түсетін оптикалық белгінің қуаты -26 до -3 дБ аралығындағы диапазонда жатады, бұл көрсеткіш олардың жұмыс жасау шарттарын қанағаттандырады.

3.2 PON желінің жүктемесін және трафигін есептеу

Ақпарат тасмалдаушының бір типі мен бір желілік нүктеден таратылатын, телефонға, интернетке шығу және бейне ақпарат тарату қызметін көрсететін, Triple play қызметін қолдайтын GPON және GEPON

технологияларының мүмкіндіктерін сараптайық. Triple play қызметінің қуатты қызмет профилін былай сипаттауға болады: бір ақырғы тұтынушы IPTV-ң үш арнасы тиесілі болу керек-бір HDTV (15 Мбит/с) және екі SDTV (2x4 Мбит/с), интернетке шығу (2 Мбит/с), локалды ресурстарға шығу (1 Мбит/с), VoIP үш желісі (0,3 Мбит/с). Яғни, барлық қызметтерді тұтынушы бірден қолданады деп санасақ, онда бір тұтынушыға жалпы ресурс 28 Мбит/с құрайды. Жоғарыда айтылғандай, мұндай қызметтер профилі бір PON-тармағында 32 GEPON тұтынушыларында да, 64 GPON тұтынушыларына да қызмет көрсете алады. Шындығында көп тұтынушылық режимінде (Multicast) трафик, IPTV трафигінде қосатын, PON тармағында әр тұтынушыға қайталанбайды, сондықтан PON тармағының барлық абоненттері онда көрсетілетін IPTV-арнасын бір мезетте біле алады. Нәтижесінде IPTV қызметі тармақталу коэффициентіне шектеу қоймайды, ал абонентке ұсынылатын нақты жолақ әлде қайда кең

Таңдалатын құрылғыны таңдау кезінде, техникалық сипаттамаларынан басқа көрсет-кіштер де маңызды болып табылады. Атап айтсақ құрылғының бағасы, болашақта модернизациялау мүмкіндігі қолданыстағы құрылыстармен сәйкестігі, техникалық қызмет көрсету ерекшелігі, бұл аспектілерді тереңірек қарастырайық.

GEPON-да PON тармағында Multicast режимінің қолданылуы, IEEE стандартталған, Multicast адресі дестелерді өңдеу технологиясы негізінде құрылған, ол Ethernet желілерінде қолданылатын технологияларға жақын. Нені ескеру қажет?

Бөлу коэффициентін таңдаған кезде, сол коэффициенттен тізбекті қандай бөлінулер болатын білу керек. Екі терезелі (1310нм и 1550 нм) 1x2 типті тармақталудың енгізетін бөлінулерін анықтау үшін келесі анықтамалық кестені қолданамыз. 3.2-кестеде енгізілетін жоғалтулардың анықтамалық мәндері келтірілген.

3.2 К е с т е – Жоғалтулардың кестесі

Бөлу коэффициент, %	Енгізілетін бағалаушы жоғалтулар, дБ	Шығыс порттар мен енгізілетін жоғалтулар айырымы, дБ
50/50	3,7/3,7	0
45/55	4,2/3,2	1,0
40/60	4,8/2,8	2,0
35/65	5,4/2,4	3,0
30/70	6,2/2,0	4,2
25/75	7,1/1,6	5,5
20/80	8,2/1,3	6,9
15/85	9,7/1,0	8,7
10/90	11,7/0,7	11,0
5/95	15,2/0,5	14,7

Көрсетілген кестеде жоғалтулар қатынасының мәні берілген.

Ескерту. Кестеде енгізетін бүлінулердің максимал мәндері келтірілген, олар нақты мәнмен бірнеше ондық дБ-ге артық.

Енгізілетін бүлінулерді кіріс порттары көп болған жағдайда немесе бөлу коэффициенттің басқа мәндерінде анықтау кезінде, бағалау өрнегін қолдануға болады, дБ:

$$A_i = 10 \lg\left(\frac{100\%}{D\%}\right) + \log_2(N-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{D\%}\right), \quad (3.4)$$

мұндағы: $D\%$ - берілген порттың, қуат проценті;

N – шығыс порттар саны;

i – шығыс порт нөмірі.

Бірде екі тармақталумен енгізілетін өшуді анықтаймыз, бөлу коэффициенті 33/67 болады. Келесі есептеу жүргіземіз, дБ:

$$A_1 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{33\%}\right) + \log_2(2-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{33\%}\right) = 5,74,$$

$$A_2 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{67\%}\right) + \log_2(2-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{67\%}\right) = 2,20.$$

Бірде төрт тармақталумен енгізілетін өшуді анықтаймыз, бөлу коэффициенті 10/25/30/35 төрт шығыс порттың әр қайсына есептеу жүргіземіз, дБ:

$$A_1 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{10\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{10\%}\right) = 11,70,$$

$$A_2 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{25\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{25\%}\right) = 7,12,$$

$$A_3 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{30\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{30\%}\right) = 6,21,$$

$$A_4 = 10 \lg\left(\frac{100\%}{35\%}\right) + \log_2(4-1) \cdot 0,4 + 0,2 + 1,5 \cdot \lg\left(\frac{100\%}{35\%}\right) = 5,44.$$

Анықтамалық кестені қолдану және жоғарыда келтірілген өрнектермен есептеу жүргізу енгізілініп өшудің жуық мәнін табуға (0,1...0,4 дБ қателік) мүмкіндік беретін ескеру керек. Енгізілетін жоғалтулар мәні өндірушімен беріледі, бірақ есептік мәндер де жобалау үшін қолдануға болады.

Енді тармақтың бөлу коэффициентін нақты жоба және жоғалту

бюджеті үшін таңдауға болады. Әр оптикалық желі үшін, желідегі барлық жоғалтуларды әр бөлшектердің өшу коэффициенттің сомасы ретінде жазамыз, дБ:

$$A_{\Sigma} = (l_1 + \dots + l_n) \cdot \alpha + N_P \cdot A_P + N_C \cdot A_C + (A_{\text{жсозл}} + A_{\text{жсозт}}), \quad (3.5)$$

мұндағы: A_{Σ} – желіде жоғалту сомасы (OLT мен ONU арасында)дБ;

l_i —і-бөлігінің ұзындығы,м

n —бөлік,саны;

α —оптикалық, кабельдің өші коэффициенті, дБ/м;

N_P – қосылыстар саны;

A_P – қосылыстарда орташа жоғалту, дБ;

N_C – сваркілі қосылыс саны;

A_C – скаркілі қосылыстарда орташа жоғалту дБ;

$A_{PAZ} i$ – і-оптикалық тармағында жоғалтулар саны, дБ.

Бірінші қосынды оптикалық кабельдегі жоғалтулар сомасына қатысты, екіншісі-қосылыстардағы жоғалтулар, үшіншісі-сваркідегі жоғалтулар, және үшіншісі-тармақтағы жоғалтулар.

Жоғалту бюджетін есептеу әр тізбек үшін жоғалтудың жалпы көлемі жүйенің динамикалық диапазонынан аспайтынын көрсету керек, дБ:

$$P = P_{\text{ойа}_{\min}} - P_{\text{сд}} \geq A_{\Sigma} + P_{\text{сд}} \quad (3.6)$$

мұндағы: P – PON динамикалық диапозоны, дБ;

$P_{\text{шығ min}}$ – OLT таратушының минимал шығыс қуаты, дБ/м;

$P_{\text{кпр}}$ – ONU қабылдаушының мүмкін қуаты, дБ/м;

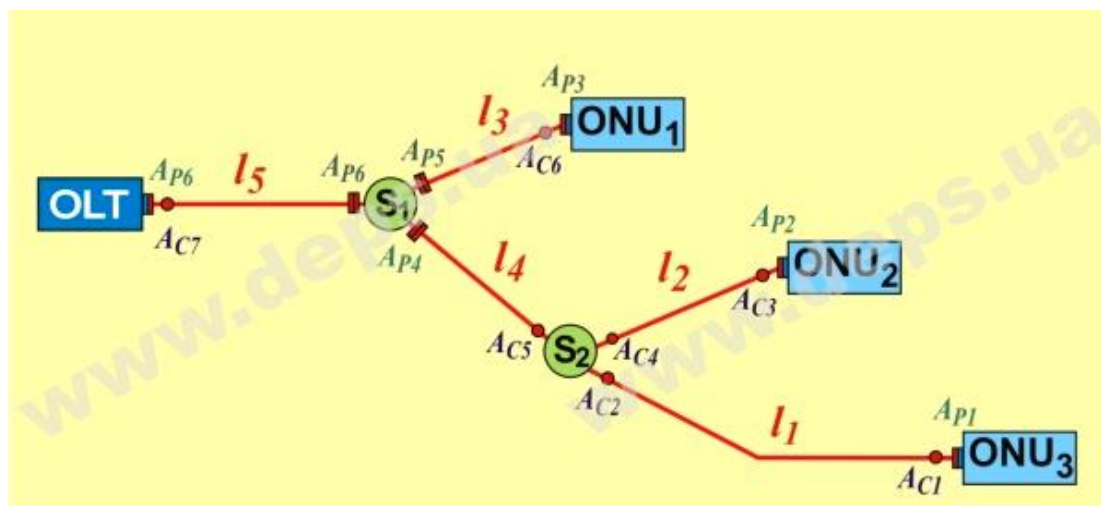
A_{Σ} – желідегі сомалық жоғалту, дБ;

$P_{\text{зап}}$ – эксплуатациондық PON запасы, дБ.

Кез келген желі құрған кезде эксплуатациялық запас жайлы ұмытпау керек. Негізінен 3-4 дБ запас алса жеткілікті, бірақ желі құрылатын аймақтағы тұрғындардың саны көп болса, онда запас көлемі де үлкен болуы керек.

Қосылыстардағы жоғалтулардың $A_P = 0,3$ дБ, сваркілеудегі жоғалтулардың - $A_C = 0,05$ дБ мәндері, оптикалық кабельдің сөну коэффициенті -0,35 дБ/м 1310 нм толқын ұзындығында және 0,22 дБ/м 1550 нм. Аймақ ұзындығы : $l_1 = 30$ м, $l_2 = 20$ м, $l_3 = 20$ м, $l_4 = 30$ м, $l_5 = 600$ м.

Есептеуге арналған жоба 3.3-суретте келтірілген.



3.3 Сурет – Оптикалық тармақтың параметрлері

Суретке қарап, әр тізбек үшін жоғалтуларды анықтаймыз. Желідегі жоғалтуларды есептеу оған кейін қосатын абоненттердің максимал санын анықтауға көмектеседі. Әрі біз сплиттерлер санын осы жоғалтулар мен өшуліктерге қарап орнатуымыз керек. Желідегі өшуліктердің мәні нормадан асып кетсе кейінгі абоненттерге бөлінетін трафик тым аз болып, оларға берілетін қызмет сапасы өте төмен болады.

$$OLT - ONU_1 : A_{\Sigma-1} = (6 + 0.3)m + 4 \cdot A_p + 2 \cdot A_c + A_{жсo\sigma-1} = 8 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,3 + 1 \cdot 0,1 + A_{жсo\sigma-1} = 3,5 + A_{жсo\sigma-1},$$

$$OLT - ONU_2 : A_{\Sigma-2} = (6 + 0.2 + 0.3)m + 4 \cdot A_p + 4 \cdot A_c + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2} = 6.6 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2} = 4,6 + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2},$$

$$OLT - ONU_3 : A_{\Sigma-3} = (6 + 0.3 + 0.3)m + 4 \cdot A_p + 4 \cdot A_c + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2} = 6.6 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,3 \cdot 0,1 + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2} = 4,8 + A_{жсo\sigma-1} + A_{жсo\sigma-2}.$$

Бұл формулаларға а-ның ең үлкен мәнін салу керек (0,35 дБ/м).

Алшақ аяғынан бастап, S2 тармағы үшін бөлу коэффициентін таңдаймыз. Жоғалтулар айырымы $4,8 - 4,6 = 0,2$ дБ, тармақталуды ескермей.

Анықтамалық кестеден, екі порт арасындағы енгізілетін жоғалтулар айырымы ескеріп, ең ықтимал мәнді таңдаймыз 1 дБ, ол бөлу коэффициентіне сәйкес келеді. 45/55.

Ескерту. Бөлу коэффициентінің нақты мәнін көрсетуге тырысу мүлде керек емес, мысалы 47/53. Параметрлердің әжептеуір өзгеруіне байланысты енгізілетін өшу бәрібір 45/50-дей болады.

Сол кестеден ONU2 қуатты бағыттағанда S2 енгізетін өшу 4,2 дБ құрайтынын көруге болады. ONU3 55% қуат бағытталады, және енгізілетін өшу 3,2 дБ құрайды. Онда:

$$OLT-ONU_1: A_{\Sigma-1}=4,2+A_{\text{жог-1}},$$

$$OLT-ONU_2: A_{\Sigma-2}=5,6+A_{\text{жог-1}}+4,2=9,8+A_{\text{жог-1}},$$

$$OLT-ONU_3: A_{\Sigma-3} = 6,3 + A_{\text{жог-1}} + 3,2 = 9,5 + A_{\text{жог-1}}.$$

Ең үлкен деңгей айырымы – бірінші және екінші тізбек арасында : $9,8 - 4,2 = 5,6$ дБ. Анықтамалық кестеден ең жуық кіріс порттар енгізетін өшу 5,5 дБ, бұл 25/27 бөлу коэффициентіне сәйкес келетінін біле аламыз. Енгізілетін өзгертулерді қойып, сәйкесінше 7,1 дБ және 1,6 дБ аламыз.

$$OLT-ONU_1: A_{\Sigma-1}=4,2+7,1=11,3,$$

$$OLT-ONU_2: A_{\Sigma-2}=9,8+1,6=11,4,$$

$$OLT-ONU_3: A_{\Sigma-3} = 9,5 + 1,6 = 11,1.$$

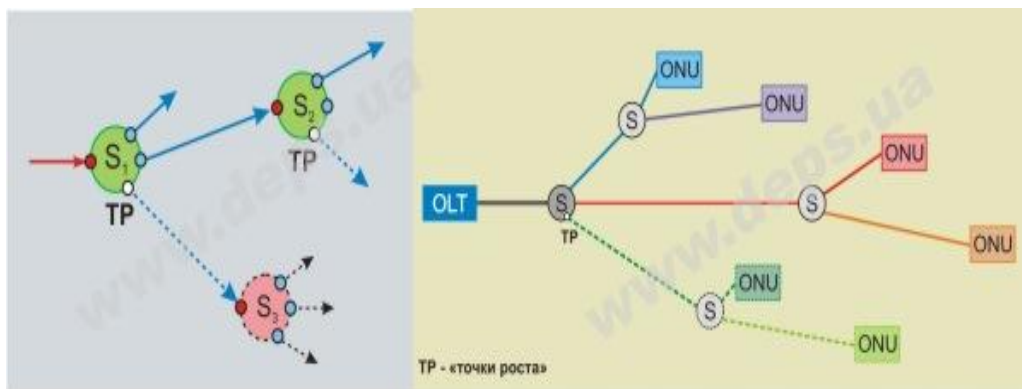
Бұл формулалармен S1 мен S2 тармақтарындағы коэффициент табылады, ал желі типін орнықталған деп атауға болады. Жоғалту бюджеті бөлінген запастарды өсқанда жүйенің динамикалық диапазонынан артық еместігін тексереміз. PON UTSTARCOM жүйесі үшін динамикалық диапазон 29 дБ болатынын ескеріп, аламыз, дБ:

$$29 \text{ дБ} \geq (11,4 + 3).$$

Бұл жерде керісінше A_{Σ} –ң ең төменгі мәні таңдалады, біздіңжағдайда OLT-ONU₁ (11 дБ) тізбегі үшін..

PON желісін оптикалық тармақталуында, ары қарай есептеу үшін, бос порттарды қалдыру керек, «олар-өркендеу нүктесі» деп аталады. Бұл резервті портқа берілетін қуат табу қиындық туғызады. Өркендеу нүктесінің сұлбасы 3.4-суретте көрсетілген.

Желілік ресурстарды әртүрлі қызметтер арасында үлестірген кезде әрбір қызмет абоненттері бір жағынан трафиктің дәстүрлі параметрлерімен сипатталады:



3.4 Сурет – Пон желісінің тармақталуы

- абоненттің хабарласу ұзақтығының орта мәні T_c , с ;
- жүктеменің меншікті интенсивтілігі;
- k -ші қызметін ұсыну кезіндегі кіріс ағынының интенсивтілігі γ_i^k шақ/сағ.

$$\eta^{(k)} = \gamma^{(k)} \cdot \frac{T^{(k)}}{3600} \quad (3.7)$$

Екінші жағынан PON желінің k -ші қызметтің абоненттерін сипаттайтын параметрлер:

- максималды биттік тарату жылдамдығы B_{\max} ;
- орташа биттік тарату жылдамдығы $B_{\text{орт}}$;
- дестелілік K_p , $B_{\max}/B_{\text{орт}}$ қатынасымен анықталады.

Әрбір объектіде абоненттер саны мен дестелер ағынының интенсивтілігі анық болса, онда k -ші қызметтен күтілетін жүктемесі келесі формуламен анықталады:

$$\gamma_i^k = B_m^k \cdot Y_{BC}^k \quad (3.8)$$

$$Y_{BC}^k = N_{abi}^k \cdot \gamma_{abi}^k \cdot T_c^k \quad (3.9)$$

мұндағы: γ_i^k - күтілетін трафик;

B_m^k - k -ші қызметтің дұрыс істеуі үшін таратудың орташа жылдамдығы;

Y_{BC}^k - k -ші қызметтің жүктемесі;

γ_{abi}^k - k -ші қызметтің объектілерінен уақыт бірлігінде түсетін өтініштер саны;

T_c^k - k -ші қызмет сеансының орташа ұзақтығы.

Болжам бойынша жиі пайдаланылатын интерактивті қызметтердің мәліметтері 3.3 кестеде келтірілген. Кестеде интерактивті қызметтердің тұтынушылар арасында қаншалықты сұранысқа ие екені көрсетілген.

ҮЖС-ғы жүктеменің меншікті интенсивтілігі 3.8-формуласымен есептелінеді. Ал k -ші қызметтің қызметтерін ұсыну үшін кіріс ағының өтінімдер интенсивтілігі γ_i^k келесі формуламен есептелінеді:

$$\gamma_i^k = 3600 / (T_c + T_n), \quad (3.10)$$

мұндағы: T_c – сеанс ұзақтығы;
 T_n – сеанс арасындағы период.

3.3 Кесте – интерактивті қызметтер көрсеткіштері

Ұсынылатын қызметтер		Макс. жылдамд., кбит/сек	Орташа жылдамд., кбит/сек	Сеанс ұзақтығы, с	Сеанс ардағы период, с	ҮЖС-ғы шақырулар саны, шақ/сағ	ҮЖС-ғы меншікті жүктеме, Эрл
Телефония	үй. сектор	64	64	100	1000	3,27	0,09
	мек. сектор	64	64	100	250	10,29	0,29
Интернет	үй. сектор	4096	512	1800	7200	0,40	0,20
	мек. сектор	1024	256	300	1200	2,40	0,20
Видео	үй. сектор	8192	6144	3600	7200	0,33	0,33
	мек.	6144	4096	900	7200	0,44	0,11

Суретте әр сектордағы үш түрлі қызметтің тарату, қабылдау жылдамдықтары, Орташа жылдамдық пен сеанс ұзындығы, шақыру сандары көрсетілген. Бұл мәліметтер қалалық үйлерге негізделіп есептелген, сондықтан шындыққа сай болмауы мүмкін. Коттеджді аймақта оптикалық желі орнатылмағандықтан, бұл мәліметтердің нақтырақ көрсеткіші кейін шығатын болады.

3.3 PON желінің трафигін есептеу

Желі абоненттерінің генерирлейтін трафигі формуласымен есептейміз:

$$\gamma_i^k = B_m^k \cdot Y_{BC}^k, \quad (3.11)$$

мұндағы: γ_i^k - күтілетін трафик;

B_m^k - k -ші қызметтің дұрыс істеуі үшін таратудың орташа жылдамдығы;

Y_{BC}^k - k -ші қызметінің жүктемесі.

АТС-52/56 түйінінің әртүрлі қызмет үшін трафикті анықтаймыз:

Үйлік сектор үшін, Гбайт:

$$\gamma_n^T = B_n^T \cdot Y_n^T = 74,47 \cdot 64 \text{ кбит} / \text{с} = 2,05,$$

$$\gamma_n^H = B_n^H \cdot Y_n^H = 245,76 \cdot 512 \text{ кбит} / \text{с} = 54,$$

$$\gamma_n^B = B_n^B \cdot Y_n^B = 922 \cdot 6144 \text{ кбит} / \text{с} = 810.$$

Мекемелік сектор үшін, Гбайт:

$$\gamma_m^T = B_m^T \cdot Y_m^T = 175,54 \cdot 64 \text{ кбит} / \text{с} = 4,82,$$

$$\gamma_m^H = B_m^H \cdot Y_m^H = 204,8 \cdot 256 \text{ кбит} / \text{с} = 22,5,$$

$$\gamma_m^B = B_m^B \cdot Y_m^B = 45,51 \cdot 4096 \text{ кбит} / \text{с} = 80.$$

АТС-52/56-ке мультисервисті желінің жалпы трафигі әртүрлі қызмет көрсету объектілерінің трафигінің қосындысына тең болады, Гбайт:

$$\gamma_{ATC52/56}^{\text{ж}} = \gamma_n^T + \gamma_n^H + \gamma_n^B + \gamma_m^T + \gamma_m^H + \gamma_m^B = 2,05 + 54 + 810 + 4,82 + 22,5 + 80 = 973,37.$$

3.4 Оптикалық талшықты есептеу

ОТ-ның сапасы ортақ өлшеу тәсілдерімен анықталады. ОТ параметрлері мен өлшеу тәсілдерін қабылдау қажет.

Талшықты жарық жолдың апертурасын есептеу. Талшықты жарық жолдың ең маңызды жалпылама параметрі – апертура болып табылады.

Апертура – бұл өзіндік толық шағылысу шарты орындалатын, талшықты жарық жолға енетін жарық конусының құрамаларының бірі мен оптикалық өзекшенің арасындағы бұрыш.

Оптикалық кабельдің сипаттамаларына сүйене отырып, қаптаманың сыну көрсеткішін n_2 есептейміз. $NA=0,13$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}, \quad (3.12)$$

n_1 - өзекшенің сыну көрсеткіші - 1,4681.

онда:

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}, \quad (3.13)$$

$$n_2 = \sqrt{1,4681^2 - 0,13^2} = \sqrt{2,1553 - 0,0169} = 1,4623.$$

Оптикалық желідегі тағы бір негізгі параметрлердің бірі нормаланған жиілік. Талшықты оптикалық кабель жарық жолдың жалпыланған маңызды параметрі оның қасиеттерін бағалауға тиімді-оның нормаланған жиілігі болып табылады.

Өзекше (g1a) мен қаптаманың (g2a) цилиндрлік функциясының аргументтерінің қосындысынан пайда болады.

$$V = ((g1 a)^2 - (g2 a)^2)^{1/2} = ((k1^2 - b^2) + (b^2 - k2^2))^{1/2} = (k1^2 - k2^2)^{1/2}, \quad (3.14)$$

$$V = 2 \cdot \pi \cdot a (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} / \lambda = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,13 / (1,31 \cdot 10^{-6}) = 2,37.$$

мұндағы: a – қаптама өзекшесінің радиусы $a=4,5$ мкм;

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

n_2 - қаптаманың сыну көрсеткіші $n_2= 1,462$.

Кабелді таңдау үшін, біз оның параметрлері біздің желіге сай келетінін білуіміз қажет. Сол үшін берілген формуламен кабелдің параметрлерін есептеп шығарамыз. Кабелдің өзекшесінің диаметрі $2a=9$ мкм және критикалық толқынының ұзындығы $\Lambda=1250$ нм моданың өрісінің $2\omega_0$ толқын ұзындығы 1310 нм кезіндегі екенін ескере отырып, кабель есептеулерін шығарамыз.

$$2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \lambda / V_c \cdot \lambda_c) \cdot 2a, \quad (3.15)$$

мұндағы: λ - толқынның жұмыс ұзындығы, нм ;

λ_c – толқынның критикалық ұзындығы, бұдан биік жарық жолдарда тек қана негізгі мода таралады;

V_c - нормаланған критикалық жиілік.

$$V_c=2,405, X=1310\text{нм}: 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot 1310 / 2,405 \cdot 1250) \cdot 9=10\text{мкм}.$$

Нәтиже толқынды 10мкм дейінгі диаметрмен алуға болатынын

білдіреді. Таратуда қолданылатын кабельдің өзекшесі кварцтан жасалған, ар жағы көрінетін мөлдір шыны екенін ескеріп, мұнда тек шағылу емес, сыртқы қабықшаға лазердің өтіп кетуі де орын алатынын білу керек. Бөлінетін энергия қоры мен ток лазердің қабыққа өту кесірінен сыртқа өтіп, адамдардың денсаулығына, қоршаған ортаның балансына кері әсерін тигізбеуі үшін ішкі аппертура мен толық ішкі шағылысу орындалуы керекті болып саналады.

Жоғарғы тығыздықты ортадан тығыздығы кем ортаға өткенде, яғни $n_1 > n_2$ кезінде, белгілі бір бұрышта толық толқын шығарылып, басқа ортаға өтпейді. Орта шекарасынан барлық энергияның шағылу бұрышы-толық ішкі шағылу бұрышы деп аталады.

$$\sin \theta = \frac{n_2}{n_1} = \sqrt{m_2 \cdot e_2 / m_1 \cdot e_1} . \quad (3.16)$$

Мұндағы m және e – сәйкесінше өзекшешің және қаптаманың магниттік және диэлектрлік өтімділігі. $w_p < \theta_B$ болғанда, сынған сәуле өзекше – қаптама шекарасының бойымен өтіп, қоршаған ортаға таралмайды. $w_p > \theta_B$ болғанда, өзекшеге түскен энергия, толығымен шағылып, жарық жолымен таралады.

Сәуле толқын шағылу бұрышынан кем бұрышпен түскенде, яғни $w_p < \theta_B$, энергия қаптамаға енеді, қоршаған ортаға таралады және жарық жолымен тасымалдау тиімсіз болады.

Толық ішкі шағылу режимі, жарық жолдың кірісіндегі жарықтың енуін қамтамасыз етеді. Жарық жол тек қана жарықты өткізеді, ол θ_a бұрышында шоғырланған θ_B толық ішкі шағылысу бұрышы.

Бұл θ_a бұрышы сандық аппертурамен сипатталады:

$$NA = \sin \theta_a = 0.13 \quad \theta_a = \arcsin 0.13 = 7,56^\circ .$$

θ_B бұрышы неғұрлым үлкен болса, θ_a талшық апертурасы соғұрлым аз болады. Өзекше-қаптама шекарасына түсетін w_p бұрышы ішкі толық шағылысу θ_B бұрышынан үлкен болып, θ_B мен 90 градустық арасында болуы тиіс, ал жарықжол енетін сәуле w_p бұрышы θ_a ($w < \theta_B$) апертуралық бұрышына сәйкес болуы керек.

Ішкі толық шағылысу шарты орындалатын θ_c критикалық бұрышты табайық:

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

Қаптама n_2 мен өзекше n қатынастық айырымын есептейік, пайыз:

$$\Delta = \frac{1.4681 - 1.4623}{1.4681} = 0.00395 \approx 0.395.$$

SZ-құрылымын ТОК-де есептеу. Өрістің 360° – қа толық бұрылу қадамы есу қадамы S деп аталады.

Өрілетін элементтер мен кабельдің көлденең қимасы арасындағы бұрышы α есу бұрышы деп аталады. Кабель өзегі мен өрілетін элемент ортасының арасындағы қашықтық R есу радиусы деп аталады.

Берілген кабель түрлерінің есу қадамы $S=170\text{мм}$ және есу радиусы $R=4,3\text{мм}$, сонда қосымша ұзындық Z келесідей болады, пайыз:

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

Кабельдің әр жүз метріне өрілетін элементтер 1,25м-ге ұзынырақ. Осу бұрышы:

$$\alpha = \arctg \frac{s}{2\pi R}, \quad (3.17)$$

$$\alpha = \arctg \frac{170}{6.28 \cdot 4.3} \approx 80.97\%.$$

Жарықжолдардың бір біріне тірелген кезіндегі жоғалтуларды есептеу. $\lambda=1,55 \cdot 10^{-6}$, $a=4,2 \cdot 10^{-6}$, $n_1=1.468$, $n_2=1.464$, $r=4,2 \cdot 10^{-6}$, $\theta=0,3$.

Жарықжолдың x ($x = 0,5$ мкм) көлденең ығысуы нәтижесінде туылған шығындар:

$$L_x = 2,17 \cdot \left[\frac{x_2 \cdot J_0(x_1)}{J_1(x_1)} \right]^2 \cdot \left(\frac{x}{a} \right)^2, \quad (3.8)$$

мұндағы x_1, x_2 - кез келген айнымалы.

$$x_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{n_1^2 - n_y^2}}{\lambda}, \quad (3.9)$$

$$x_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{n_y^2 - n_2^2}}{\lambda}, \quad (3.10)$$

мұндағы n_3 – моданың фазалық жылдамдығы бәсеңдеуінің тиімділік көрсеткіші.

$$n_3 = c / V_\phi, \quad (3.11)$$

$$V_\phi = c / n, \quad (3.12)$$

мұндағы c – жарық жылдамдығы ($c = 3 \cdot 10^8$ км/с);

V_ϕ – фазалық жылдамдық;

n – орташа сыну көрсеткіші.

$$n = \frac{(n_1 + n_2)}{2 \cdot n_1}, \quad (3.13)$$

$$n = \frac{(1.4680 + 1.4642)}{2} = 1.4661$$

$$x_1 = \left(\frac{2 \cdot 3.14 \cdot 4.2 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{(1.468)^2 - (1.4661)^2}}{1.55 \cdot 10^{-6}} \right) = 1.2705$$

$$x_2 = \left(\frac{2 \cdot 3.14 \cdot 4.2 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{(1.4661)^2 - (1.4642)^2}}{1.55 \cdot 10^{-6}} \right) = 1.2697$$

мұндағы J_0, J_1 – бірінші және екінші реттің цилиндрлік функциясы;

$J_0(1.2705) = 0.56$;

$J_1(1.2697) = 0.4$ ке тең.

$$L_x = 2.17 \cdot \left[\frac{1.2696 \cdot 0.56}{0.4} \right]^2 \cdot \left(\frac{0.5 \cdot 10^{-6}}{4.2 \cdot 10^{-6}} \right)^2 = 0.0676, \text{ дБ}$$

Тік осьтердің $\Theta(0 = 0,30)$ бұрышына ауытқуынан туған шығындар:

$$L_\theta = 3.31 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{W_0 \cdot V}{r} \right)^2 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1 - n_2} \right) \cdot \theta^2, \quad (3.14)$$

мұндағы W_0 – HE11 жарықжолының мода радиусы.

$$W_0 = 0.861 \cdot r \cdot \sqrt{\frac{J_0(x_1)}{x_1 \cdot J_1(x_1)} + \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{x_2^2} - \frac{1}{x_1^2} \right)}, \quad (3.15)$$

$$W_0 = 0.816 \cdot 4.2 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{\frac{0.56}{1.2705 \cdot 0.4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{(1.2697)^2} - \frac{1}{(1.2705)^2}} = 4.338 \cdot 10^{-6}, \text{ м}$$

$$L_\theta = 3.31 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{4.338 \cdot 10^{-6} \cdot 1.7961}{4.2 \cdot 10^{-6}} \right)^2 \cdot \left(\frac{1.4642}{1.468 - 1.4642} \right) = 0.0395, \text{ дБ}$$

Есептік бөлімнің MatchCAD бағдарламасымен шығарылған бөлігі А қосымшасында көрсетілген.

Барлық трассадағы өшуліктің схемасы Б қосымшасында көрсетілген.

4 ЭКОНОМИКАЛЫҚ БӨЛІМ

4.1 Мақсаты

Кәсіпкерлік жоспардың мақсаты – PON технологиялары негізінде Таугүл ықшам ауданында желі құру жобасын экономикалық тұрғыдан негіздеу. Әуезов ауданында жоспардың орындалуы бізге байланыс және телевизия қызметтерін жүзеге асыруды ыңғайландырып, тұрақты табыс алып келеді және жақсы.

Жоспардың міндеттемелері:

- Ауданның адам аз шоғырланған аймақтарын телевизия және интернеттің сапалы қызметтерімен қамтамасыз ету;
- өткізу нарығын жаулап алу;
- пайда алу.

Оператор пайдаланушыларды сапалы түрде қызметтердің келесі түрлерімен қамтамасыз ету керек:

- ақпараттық қорларға рұқсат қызметі (интернет желісіндегі Web - серверлеріне, News Group жаңалықтарының топтарына және т. б.);
- басқа желідегі пайдаланушыларымен электрондық пошта арқылы хабар алмасуы, Web-хостингта өзінің жеке ақпаратын орналастыру;
- IP телефония, ДВО және видео-телефония қызметтері;
- IP TV, NVOD, VOD бар қызметтер пакеті;
- қалған телекоммуникациялық қызметтер.

Операторда көптеген байланыс қызметтеріне лицензия болады, оның ішінде: жергілікті телефон байланысы, мәліметтерді тасымалдау қызметі, Интернетке шығу және цифрлік телевизия қызметі.

Мәліметті тасымалдауда PON технологиясын қолданғандағы X желінің айырмашалығы:

- интернетке және негізгі IP қызметтерге жылдам мүмкіндік;
- абоненттің үнемі on-line қалпында болуы;
- үлкен жылдамдық - әр абонентке 100 Мбит/с дейін;
- тарайтын ақпаратқа рұқсатсыз кіру жоғары деңгейде қорғалуы;
- аса өнімділік;
- кеңжолақты қызметтер: VPNs, VLANs;
- жеңіл ауқымдағы сәулет;
- перспективті технология.

Кім потенциалды тұтынушы болады? Айтылған технология әмбебап және кез-келген тұтынушының көңілінен шыға алады. Біздің жағдайымызда коттеджді аймақтың тұрғындарына телефония интернет және телевидение қызметтерін бір оптикалық желі арқылы тарату.

Республикамыздағы осындай қызметтер нарығына келер болсақ, әзіргі таңда бұл қызметтер даму үстінде.

Қазақтелеком компаниясының берліген аймақта бәсекелестері болмайды. Себебі аудан тұрғындары интернетті Қазақтелеком

компаниясының Megaline қызметімен алса, телевидениені спутниктік тарелкалармен көреді.

Қазірдің өзінде жаңа және бұрынғы фирмалардан бәсекелестікті байқауға болады. Олар PON, xDSL сияқты жаңа және перспективті технологиялардың тиімділігін түсінді.

4.2 Маркетинг

Бірлестіктің дұрыс таңдалған маркетинг саясатына бүкіл кәсіпорынның табысты болуы тәуелді. Ауданда 664 үй бар. Алматының элиталық аймағы болып саналатын бұл аудандағы тұрғындардың 90% - ы жоғары табысты, қалған 10% - ы орта табысты отбасылар. Көпканалды телевидение қостыру үшін спутниктік антенналар қолданылады. Сондықтан біз ұсынған телевидение қызметіне бірден көп адам қостыру оғай болмайды.

Бөлінген аймаққа Қазақтелеком компаниясы оптикалық желі тартуды жобалап жатқан жоқ. Сондықтан әзірге конкурент тек Қазақтелекомның Мегалайн қызметі. Мегалайн тарифтерінің жылдамдығы 5 есе төмен ал бағасы 2 есе қымбат екендігін ескерсек (Тұрғындардың 90%-ы ең қымбат тарифтерді қолданады), қолданушылардың барлығы дерлік оптикалық интернетті қуана қостыратыны анық. Абоненттерді ақысыз негізде пилотты (демонстрациялық) тәртіпте қосу ұтымды жүріс болып саналады, осы үрдістің арқасында қосылушы абоненттер саны болжаған абонент санынан да артық болуы заңды. Бірақ тегін қосу шағын аумақта жүздеген тұрғыны бар көп қабатты ғимараттарда тиімді болып саналады. Себебі жұмысқа кеткен шығынды абоненттердің санымен қайтарып алуға болады. Ал біздің жағдайда коттеджді аймақ болғандықтан интернет орнатуға белгілі бір сомма ұсынуға болады. Ол шыққан шығынымызды қайтарып, алғашқы кварталдарда пайда табуға септігін тигізеді.

4.3 Финанстық жоспар

Бұл бөлімде жоспар орындауға кететін шығындар мен пайда қатынасын көрсетеміз. АҚШ, Ресей, Жапонияда қолданылып отырған оптиканы әуемен өткізу технологиясының тиімділігін ескеріп осы жол таңдалды. Жобада оптикалық желі құруға арналған стандартты құрылғылармен қоса, әуе жолымен тартылатын құрылғылар түрі, оның ішінде арнайы тросы бар SNR-FOCA-UT4-08 кабелі, бағанаға тарту уронштейндері мен болттары, қыстырғыштар. Құрылғылар мен жұмысқа кететін шығындар есептелді.

Есептеуде 2014 жылға аппаратураның номиналды бағасы қарастырылды. Жұмысқа кететін шығындар қазақтелеком компаниясының 2013 жылғы жасаған жобалауынан қалған мәліметтен алынды. Ал әуемен тарту жұмыстары Ресейдегі жұмыс құнын теңгеге ауыстырылып алынды. Кейбір құрылғылардың бағалары интернет сатылым магазиндерінен алынды.

Барлық абоненттерге абоненттік терминал сатылып алынады. Артылған ONU запасқа ұалады. Болашақта жоғарыжылдамдықты қызметтерге қызығып, қосылғысы келетін тұтынушылар шықса, құрылғыларымыз дайын тұрады. Пон желісінің жақсы айырмашылығының бірі де сол – жаңа абоненттерді еш қыйындықсыз қосуға болады. Бұл жағдайға қосымша оптикалық кабельдер запасы мен өшуліктер запасы алынады. Яғни желі трафигін есептегенде 530 емес 663 үйдің барлығына арнап есептеледі. Ең азы оптикалық кабелді ұсынатын компания әуемен жүргізілетін өнімдеріне отыз жылдың сенімділік гарантиясын ұсынып отыр. Бұл гарантия біздің желіміздің сенімділігінің артуына септігін тигізетіні сөзсіз.

Келесі кестеде GPON технологиясын орнатудағы құрылғылар мен орнату жұмыстарына кететін шығындардың нарықтық бағасы көрсетілген.

4.1 К е с т е – Құрылғылар мен жұмыстар құны

Қажетті құрылғылар:	Саны, дана.			Бағасы		
	Негізгі қолдан ысқа	Қор	Бар лығы	Жеке дана тг.	USD (1 USD =183.3 тг.)	мың.тг. ҚҚС сыз
Пассивті құрылғылар (сплиттерлер)						
Splitter 1:4	9	1	10	10200	556	102
Splitter 1:8	65	5	70	12000	4534	840
Жиыны:					5090	942
Клиенттік құрылғы						
ONT 4*GE и 2*FXS+Wi-Fi	531	133	664	18750	67918	12 450
Жиыны:					67918	12 450
OLT						
OLT - QSW-9000-01, QTECH	1		1	1371832	7475	1372
Желілік интерфейстер картасы 2*10GE+8*1GE	1		1	990000	5400	990
10 GE XFP до 10км (up link) модулі	1		1	150000	818	150
10 GE XFP свыше 10км (up link) модулі	1		1	228000	1243	228
SFP модулі, 1 GE	1		1	88000	480	88
GPON карталары	1		1	1762000	9612	1762

4.1 Кестенің жалғасы

GE SFP модулі (төменгі интерфейс)	19	2	21	89950	10308	1889
Жиыны:					35336	6479
Оптикалық кабель SNR-FOCA-UT4-08	20	1	21	86980	9965	1826
Оптикалық кабель SNR-SNR-FOCD-D-01-Y	10		10	13600	742	136
Монтаж құрылғылары						
Кронштейн	666	14	680	1050	3895	714
Анкерлік қыстырғыштар	1832	28	1860	530	5378	985
16 порттық бөдлгіш шкаф ШРН-16SC	10		10	83000	4528	830
Кабелді сақтау қорабы(әр үйге)	531	133	664	2250	8150	1494
Порт тарату муфтасы МКН-81-08	83		83	10100	4573	838
Тот баспайтын лента 20x0,77 кН, 50 м, дана	20		20	9000	982	180
Кабель жүргізу жұмыстары, ОШ,К,М орнатумен қоса					27059 4	49600
Лента құлыптары	1500	200	1700	10	92	17
Транспорттық шығындар					8183	1500
Жобалау					992	182
Барлығы	426475 \$					78173

Таңдалынған жолдың экономиялық артықшылығын дәл көрсету үшін, оптикалық кабелді жер астымен жүргізгендегі кететін шығындар құнын 4.1-кестеде көрсетілді.

Жер астымен жүргізетін желіні қала аймағында жол шетінде қазып, құбырорнатып, бетін топырақпен жабады. Және аппаратура мен жұмысшылардың жұмыс істеуі ыңғайлы болу үшін жеткілікті бос кеңістік бар.

Ықшам аудандағы жолдар екі көліктің қатар жүруіне арналып салынған, және толық тасжол төселген. Жәй қазып-көму жұмыстары қыруар қаражатты қажет етеді, ал тасжолды бұзып, қайта құру одан да көп шығынды талап етеді. Және көлік жүретін жолдың астына полиэтиленді құбырды тастау қауіпті болады.

4.2 К е с т е – Құрылғылар құны

Атауы	мөлшері	қор	барлығы	Жеке құны мың тг.	Жалпы құны Мың тг.
Канализация қазу жұмыстары	20 км		20 км	4500	90000
Магистраль	3 км		3 км	5250	15750
Оптикалық кабель	20км	1	21	105	2205
ОК үйге	10		10	86.5	136
Полтэтиленді құбыр	24		24	95833	2300
Кабель жүргізу жұм-ы ОШ,К,М орнатумен қоса					94300
Транспорттық шығ-р					1500
Жобалау					182
Барлығы (құрылғыларды қоса)	1 2 2 9 7 9 1 \$				1 2 4 9 9 1

Алынған мәліметтерді ескеріп, оптикалық кабельді бағаналар бойымен әуеде өткізу жер қазып, құбырмен жүргізуден 2 есе немесе 46818000 теңге үнемдеуге мүмкіндік беретінін көруге болады.

4.4 Қаржы жоспары

Жұмсалатын қаржы көлемін анықтау, K_{Σ} :

$$K_{\Sigma} = K_O + K_M + K_{TC} + K_{II}, \quad (4.1)$$

мұндағы: K_O – құрал-жабдық сатып алуға жұмсалатын қаржы;

K_M – сымжелінің монтажына жұмсалатын қаржы ;

$K_{жт}$ – жүк тасымалдау шығындарына жұмсалатын қаржы;

$K_{ж}$ – жобалау шығындары.

Кестеден алынған тиісті көрсеткіштерді қоя отырып, алатынымыз:

$$K_{\Sigma} = 26891000 + 49600000 + 1500000 + 182100 = 78173000.$$

Эксплуатациялық шығындар. Желіні пайдалануға жұмсалатын ағымдағы шығындар төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\mathcal{E}_p = \Phi OT + C_n + A + A_{II} + \mathcal{E} + A_{аким} + M + H, \quad (4.2)$$

мұндағы: ΦOT – еңбекақы төлеу қоры;

C_n – әлеуметтік салық;

A – амортизациялық бөлулер;

A_{II} – үйжайды жалға алуға жұмсалатын шығындар;

\mathcal{E} – өндірістік қажеттіліктерге керекті электрқуаты;

$A_{\text{әкім}}$ – әкімшілік шығындар;
 M – материалдарға жұмсалатын шығындар;
 H – үстеме шығындар.

Еңбекақы төлеу қорын ФОТ анықтау:

$$\text{ФОТ} = Z_{\text{нег}} + Z_{\text{кос.}}, \quad (4.3)$$

мұндағы: $Z_{\text{нег.}}$ – негізгі жалақы;
 $Z_{\text{кос.}}$ – қосымша жалақы.

Барлық қызметкерлердің (12 адам) бір айдағы негізгі жалақысы 720 000 теңгені құрайды. Тиісінше бір жылдағы негізгі жалақы төмендегідей болады, теңге:

$$Z_{\text{нег}} = 720000 \cdot 12 = 8640000 .$$

Қосымша жалақы төмендегідей болады:

$$Z_{\text{кос.}} = 8640000 \cdot 0,2 = 1728000.$$

Онда ФОТ төмендегідей болады:

$$\text{ФОТ} = 8640000 + 1728000 = 10368000 .$$

Әлеуметтік салық, $C_{\text{н}}$:

$$C_{\text{н}} = 0,11 \cdot \text{ФОТ},$$

$$C_{\text{н}} = 0,11 \cdot 10368000 = 1140480.$$

Орын алған жағдайда, қазіргі уақытта, байланыс құрал-жабдықтарының H_A амортизация нормасы құрал-жабдықтардың толық құнынан 15% құрайды, онда амортизациялық бөлектеулер, A_0 төмендегідей болады:

$$A_0 = \frac{H_A \cdot \sum K}{100\%}, \quad (4.4)$$

$$A_0 = \frac{H_A \cdot K_{\Sigma}}{100\%} = \frac{15 \cdot 78173000}{100} = 11725950 .$$

Бас станцияға арналған үйжай жалға алу, $A_{\text{п}}$, кв.м-не 3000 тг. құрайды бас станция ауданы 120 кв.м. құрайды. Бір жылғы жалға алу құны, теңге:

$$A_{\text{цбс}} = 120 \cdot 3000 \cdot 12 = 4\,320\,000.$$

Өндірістік қажеттіліктерге керекті электрқуатына жұмсалатын шығын, теңге:

$$З_{\text{эл.к.}} = W \cdot T \cdot S, \quad (4.5)$$

мұндағы: W – тұтынылатын қуат, $W=12$ Вт;

T – жұмыс уақыты, $T=8760$ сағ/жыл;

S – тариф, 1В/сағ=10,4 теңге.

$$З_{\text{эл.к.}} = 12 \cdot 8760 \cdot 10,4 = 1093248 .$$

Осылайша, пайдалануға жұмсалатын шығын көлемі 4.2-формуласы бойынша есептеледі. Алынған нәтижелер төменгі кестеге енгізіледі.

4.3 К е с т е – Жылдық пайдалануға жұмсалатын шығын көлемі

Көрсеткіш	Сума
ФОТ, теңге	10368000,0
Әлеуметтік қажеттіліктерге бөлектеу, теңге	1140480,00
Амортизациялық бөлектеу A_0 , теңге	11725950,0
Жалпы бір жылға жалға алуға жұмсалатын шығын, теңге	8640000,00
Электрқуатына жұмсалатын шығын, теңге	1093248,00
Пайдалануға жұмсалатын шығын - Э, теңге	32967678,0

Кестедегі мәліметтер визуалды түрде түсіну үшін диаграммаға енгізіліп, пайыздық мөлшермен бөлінді. Келесі Суретте Алғашқы жылдағы жылдық пайдалану шығындарының көлемінің пайыздық қатынасы көрсетілген.

Бұл кестеде жүйені енгізуден түсетін пайданы есептеу. Жүйені енгізуден түсетін нақты кіріс, D , келесі формула арқылы анықталады:

$$D = D_{\text{КУ}} + D_{\text{IPtel}} + D_{\text{IPTV}} + D_{\text{Internet}}, \quad (4.6)$$

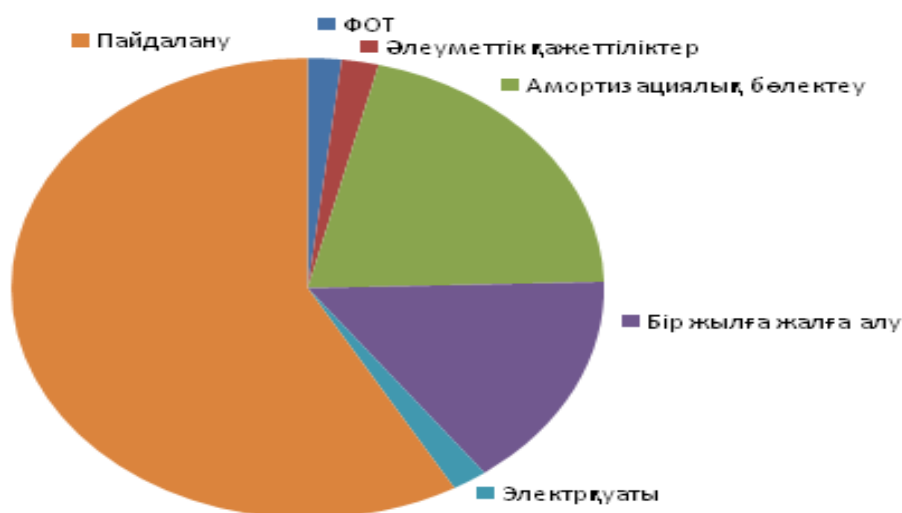
мұндағы:

$D_{\text{КУ}}$ – толық қызметтер кешеніне төленетін айлық абоненттік төлем.

$$D_{\text{КУ}} = 55\,990 \text{ теңге},$$

N – тұтынушылар саны.

Жылдық пайдалану шығындары



4.1 Сурет – Жылдық пайдалану шығындарының көлемі

IP-телефонияға қосылған тұтынушылардан түсетін кіріс, D_{IPtel} , теңге:

$$D_{Ptel} = T_{IPtel} \cdot 12 \cdot N, \quad (4.7)$$

$$T_{IPtel} = 1000, D_{Ptel} = 1000 \cdot 12 \cdot 500 = 6000000$$

IP-TV-ге қосылған тұтынушылардан түсетін кіріс, D_{IPTV} , теңге:

$$D_{IPTV} = T_{IPTV} \cdot 12 \cdot N, \quad (4.8)$$

$$T_{IPTV} = 3\,000 \text{ тг}, D_{IPTV} = 3000 \cdot 12 \cdot 200 = 7200000$$

Internet-ке қосылған тұтынушылардан түсетін кіріс, $D_{Interne}$:

$$D_{Interne} = (T_{Internet1} \cdot 12 \cdot N_1) + (T_{Internet2} \cdot 12 \cdot N_2) + (T_{Internet3} \cdot 12 \cdot N_3), \quad (4.9)$$

$$T_{A6II.Internet1} = 3900 \text{ теңге (ID Net Hit)},$$

$$T_{A6II.Internet2} = 4900 \text{ теңге (ID Net Super Hit)},$$

$$T_{A6II.Internet3} = 4600 \text{ теңге (Turbo)}.$$

$$D_{Interne} = ((4900 \cdot 500 \cdot 12) + (3900 \cdot 10 \cdot 12) + (4600 \cdot 121 \cdot 12)) = 36547200$$

$$D = 6000000 + 7200000 + 29863200 + 55990 = 49803190$$

Абсолюттік экономикалық тиімділік таза табыстың капиталды салыну қатынасы арқылы анықталады.

$$E=T/K.$$

Негізгі табысы:

$$T=D - \Xi,$$

$$T= 49803190 - 32967678 = 16835512 \text{ теңге.}$$

Негізгі таза табыс:

$$T_{\text{таза}} = T \cdot 0.8 = 16835512 \cdot 0.8 = 13468409$$

Осыдан, абсолюттік экономикалық тиімділік:

$$E= 16835512 / 13468409 = 1.25$$

Абсолюттік экономикалық тиімділігінен өтімділік мерзімін есептейміз:

$$T_{\text{ок}} = 1/E = 1/1,25 = 0,8 \text{ жыл.}$$

Есептеулерден шыққан қорытындылардан Абсолютті экономикалық тиімділігі мен өтімділігі есептеліп шықты. Барлық негізгі нәтижелер экономикалық негізгі көрсеткіштері кестесіне енгізілді. Кестелердегі мәндер теңгемен көрсетілген. Шығындар көлемі бір жыл номиналымен алынған. Шығындар қанша көп болғанымен, небәрі 664 адамдық аймақта кеткен шығынымыз рентабелділігі 1 жылға тең болып отыр. Сегіз айдың ішінде кетірген шығындарды толығымен қайтарамыз деген жоспар нәтижесі көрінді. Шыққан мәндерден таңдалынған жобаның тиімділігін көруге болады.

4.4 К е с т е - Экономикалық негізгі көрсеткіштер

Көрсеткіштер атауы	Мәндері
Капиталдық шығындар, тенге	6514416
Эксплуатациялық шығындар, тенге	32967678
Әлеуметтік салық, тенге	310200
Амортизациялық бөлінулер, тенге	11725950
Материалдар және бөлшектер, тенге	26891000
Электроэнергия шығыны, тенге	1093248
Пайда, тенге	49803190
Таза пайда, тенге	16835512
Абсолютті экономикалық тиімділік көрсеткіші	1.25
Жобаның қайтарылым мерзімі, жыл	0.8

Жоғарыдағы кестеде барлық есептеулер нәтижесінде көріп отырғанымыздай, экономикалық тиімділік көрсеткіші 1,25 ал қайтарылым мерзімі 0,8 жыл. Яғни жобаланатын желі жарты жыл ішінде өзін-өзі ақтап, пайда әкеле бастайды. Финансты жоспарда мен әр үйден қосылу үшін алатын қаражатты ескерген жоқпын. Сол арқылы қосылушылар саны артатыны анық. Бірақ конкуренттердің жоқ болуы, ол жолды таңдауға да мүмкіндік беретінін ескеру қажет. Алынған есептеулер нәтижесінен келесі тұжырым айқындалады: GPON желісін ұйымдастыру телекоммуникация саласы үшін өте табысты болып саналады.

5 ЕҢБЕКТІ ҚОРҒАУ

Берілген бітіруші жұмысымда Алматы қаласы Әуезов ауданының Таугүл 3 ықшам ауданындағы коттежді аймаққа GPON технологиясын орнату жобаланады.

Шаймерденов, Жандосов, Әділов көшелерімен шектелген бөлікте барлығы 664 үй бар.

Аймақ желісіндегі мыс кабелді оптикалық-талшықты кабеліне ауыстырудың нәтижесінде желінің жалпы жылдамды жоғарлап, коллизияның болу мүмкіндіктері кемітіледі. Сонымен қатар қызметтің түрлерін, яғни әлемдік интернет торабына шығу, теледидар бағдарламаларымен қамтамасыз ету, телефония мен видеобақылау қызметтерінің бір ғана оптикалық кабелдің көмегімен ұсыну мүмкіндігі туады.

Бұл артықшылықтар бөлінген аумақ желісінде GPON технологиясының қолданылуымен жаңартылған желінің арқасында жүзеге асады. Желіде Cisco компаниясы-ның Catalyst 3750 Series Switches құрылғысы қолданылған, бұл құрылғының эксплуатациясына берілетін кепілдік өте жоғары.

5.1 Аппараттық және операторлық залдардың еңбек жағдайын талдау

Бүкіл зал аппараттық және операторлық бөлмелерден тұрады. Бұл бөлмелердің жалпы көлемдік өлшемі: ұзындығы 10м, ені 10м, биіктігі 3 м. Ауданы 100м².

Бөлме жарық, қабырғалары ашық түсті және терезелеріне жұқа перделер ілінген. Терезенің өлшемі 2х1,8 м. Көрермендік жұмыс разряды - III. Нормаланған жарық – 300 лк.

Операторлық бөлім қауіптілігі төмен бөлме типіне жатады, себебі: жоғары қауіпсіздіктерді тудыратындай еш белгілер көрсетілмеген. Ол белгілерге дымқылдық, токөткізуші шаң, токөткізуші едендер, жоғарғы температура жатады.

Аппараттық залды қауіпсіздігі жоғары типті бөлмелге жатқызуға болады, себебі: оған тән бір белгі бар, ол адамның бір уақытта жермен қосылған металл конструкциялы ғимаратқа, технологиялық аппараттар мен механизмдерге жанасу мүмкіндігін айтады.

Синхронизациялық жүйелердің құрылғыларының өртенуінің алдын алу бір жылда бір реттен аз болмауды талап етеді және операторлық бөлме сәулені шығарушы құрылғыдан қорғалған.

Берілген бөлімде өлшемі 10х10м. және биіктігі 3м. болатын бөлмені қарастырамыз.

МЕСТ 12.1.005-88 ССБТ Бұл бөлмеде жұмыс істейтін адамдар екінші категорияға жатады. Жұмыс орнының ауасы, санитарлық-гигиенаның жалпы талаптары 5.1-кестеде көрсетілген.

5.1 К е с т е – Организмнің энергошығыны бойынша жұмыс категориясы

Жұмыс	Категория	Энергошығын организмі, (ккал/сағ) Дж/с,	Жұмыс сипаттамасы
Физикалық	Iб	138 - 172	Отырып немесе тұрып жұмыс істейді, жеңіл физикалық жүктеме

Келтірілген кестеде барлық өндіріс жайларда тұрақты жұмыс орындарының микроклимат параметрлері СН «Өндіріс жайларының микроклиматы» талаптарына сай болады. Операторлық жұмыс, пульттермен немесе есептегіш машиналармен жұмыс істейтін залдарда микроклимат параметрлері келесі болады:

5.2-кесте МЕСТ 12.0.003-74. ССБТ сәйкес біздің қызмет ету түйініміздің микроклимат жағдайлары оңтайлы деп сипаттауға болады.

5.2 К е с т е – Микроклимат сипаттамасының оптималды нормасы

Жұмыс істеу мерзімі	Жұмыс категориясы	T ⁰ , C	Ауаның жылдамдығы, м/с-денкем емес
Салқын	Iб	21 – 23	0.1
Жылы	Iб	22 – 24	0.2

Жоғарыда келтірілген кестеде кез-келген жыл мезгілінде біздің түйініміздің микроклимат параметрлері шектеулі мәндерінен асып түседі: СН 245-71: Жаз мезгілінің температурасы: плюс 25 °C, қыс мезгілінің температурасы плюс 15– 17 °C, қатысты ауа ылғалдылығы – 47% температураның 27 °C-дан төмен болған жағдайда, кез-келген жыл мезгілінде ауаның қозғалу жылдамдығы 0,2 м/с-тен көп емес. Біздің жағдайымызда жаз мезгілінде жайымыздың температурасы асып тұрады (28 °C-ге дейін жетеді), сондықтан автозалда салқындатқыш орнатамыз.

Желдету өндіріс жайларда қалыпты санитарлы - гигиеналық шарттарды қамтамасыз ететін өте маңызды құрал болып есептелінеді.

Оператордың жұмыс орнын ұйымдастыру. Оператордың жұмыс орнында қолданылатын заттар:

- мәліметті көрсету құрылғысы (дисплей);
- мәліметті енгізу құрылғысы (клавиатура);
- байланыс құрылғылары және мәліметті тарату (телефон аппараты, модем);
- құжаттау құрылғысы және мәліметті сақтау (принтерлер, дисктер);
- көмекші құрылғылары.

Оператордың жұмыс орнын келесідей ұйымдастырамыз. Дисплей горизонтальды және вертикалды бағытта бұрыла алатындай айналу алаңымен қамтамасыз етілген.

Дисплейді үстел үстіне бақылаушы мен дисплей арасы 450-500 мм болатындай етіп орналастырамыз.

Дисплей экранын, дисплей экранының ортасы мен түзу арасындағы бұрыш 20 болатындай етіп орналастырамыз.

Клавиатураны үстел үстіне немесе арнайы орнына еденнен 650-800 мм биіктікте болатындай етіп орналастырамыз, клавиатураның көлбеулігін 5-10 градус қылып орналастырамыз. Компьютерді стандартты столда орнатумен қатар биіктіктігі өзгертілетін (от 380 до 450-500 мм) және аяқ қоюға ыңғайлы орындық қолданамыз.

Жалпы жағдайда оператордың жұмысы төрт сатыдан тұрады: енгізу, сұраныс, мәліметті қабылдау, алынған мәліметтерді қайта өндіру.

Оператордың еңбегі өнімді болуы үшін, табиғи шарттары мен басқару құралдарының орналасуының жайлылығы еске алынған, айналадағы орта рационалды ұйымшыл болуы қажет.

Желдету, жылыту және ауа тазарту жүйелері ҚНЖЕ 11-33-75 «Жылыту, желдету және ауа тазарту» сәйкес орындалуы қажет.

5.1 Қондырғылардың бөлетін айқын жылу мөлшерін анықтау.

Қондырғы орнатылатын жайда жылдың жылу кезіндегі, келесі жылу бөлу көздерін ескеретін: операторладың, күн радиациясының, жасанды жарық-тандырудың, коммутация қондырғыларының бөлетін айқын жылу мөлшерін анықтаймыз.

Температура алмасуы барысынан жылу алу немесе жылу жоғалту:

$$Q_{огр} = V_{бөлме} \cdot X_0 (t_{Нрасч} - t_{Врасч}), \quad (5.1)$$

мұндағы: $V_{бөлме}$ - бөлме көлемі, $V_{бөлме} = 10 \cdot 10 \cdot 3 = 300 м^3$;

X_0 - меншікті жылу сипаттамасы, $X_0 = 0,42 \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$;

$t_{Нрасч} = 27^\circ$ - жылы мезгіл уақытындағы есептелетін сыртқы температура;

$t_{Нрасч} = -22^\circ$ - суық мезгіл уақытындағы есептелетін сыртқы температура (4.4 кесте);

$t_{Врасч} = 22^\circ$ - жылы мезгіл уақытындағы есептелетін қолайлы ішкі температура;

$t_{Врасч} = 19^\circ$ - суық мезгіл уақытындағы есептелетін қолайлы ішкі температура.

Операторлық зал қауіпсіздігі төмен бөлмелерге жатады, себебі: жоғары қауіпсіздікті тудыратындай ешқандай белгілері көрсетілмеген. Ол белгілерге дымқылдық, токөткізуші шаң, токөткізуші едендер, жоғарғы температура жатады.

Адамның сыртқы ортаға жылу бөлуі, Вт келесі кестеде көрсетілген.

5.3 К е с т е – Адамның сыртқы ортаға жылу бөлуі, Вт

Сыртқы орта температура- турасы °C	Отырғандағы жағдай			Тұрғанда немесе жеңіл қозғалыс			Ауыр жұмыс		
	Анық	Жасырын	Жалпы	Анық	Жасырын	Жалпы	Анық	Жасырын	Жалпы
20	82	21	103	92	42	133	140	110	250
22	76	26	102	84	48	132	117	132	249
30	40	60	100	41	89	130	48	198	246
32	20	78	98	22	106	128	31	213	244

Кестеде бөлменің қалыпты температурасы 22° тең. Бір уақытта бөлмеде 6 адам отырады. 22° температура кезінде бір адам отырған күйінде 76 Вт анық жылу бөледі.

Адамдардың анық жылу бөлуі, Вт:

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = 76 * 6 = 456$$

Жалпы жылу, Вт:

$$Q_{\text{л}}^{\text{o}} = 102 * 6 = 612$$

Адамдардан бөлінетін көмірқышқылгаз және ылғал мөлшері 5.4 кестеде келтірілген:

5.4 К е с т е – Адамдардан бөлінетін көмірқышқылгаз және ылғал

Параметрлері	Ауа температурасының бөлмедегі мәні °C				
	15	20	25	30	35
Ылғал г/сағ	40	40	50	75	115
Көмқ.газ г/сағ	45	45	45	45	45

Кестеде 22° температура үшін бөлінетін көмірқышқылгаз және ылғал мәні:

$$\text{Ылғал} - 44\text{г/сағ} \quad 6 * 44 = 264 \text{ г/сағ} ;$$

$$\text{Көмірқышқылгаз} - 45\text{г/сағ} \quad 6 * 45 = 270 \text{ г/сағ} .$$

Бөлменің жасанды жарықтылық жүйесінен және оргтехникадан бөлінетін жылу. Жарықтандырғыш құрылғылардан бөлінетін жылу:

$$Q_{жар} \eta \cdot N_{жар} F_0 \quad (5.2)$$

мұндағы: α – электрлік энергияның жылулыққа айналуындағы коэффициенті (люминесцентті лампалар үшін):

$$\eta = 0.5 \div 0.6 .$$

Жарықтандырғыш құрылғының қуаты, Вт:

$$N_{жар.}=50,$$

еден ауданы, м²:

$$F_{еден}=10*10=100,$$

Сонда, Вт:

$$Q_{жар.}=0,5*50*100=2500.$$

Өндірістік құрылғымен бөлінетін жылуды мына формуладан көруге болады:

$$Q_{құр}=P_{құр} * n \quad (5.3)$$

Бөлмеде орналасқан өндірістік құрылғымен бөлінетін жылуды орташа есеппен бір компьютерге 300 Вт деп аламыз,Вт:

$$Q_{орг}=300*6=1800 .$$

Жалпы шығындық жылу мына формуламен анықталады:

$$Q=Q_{орг}+Q_p+Q_{л}+Q_{жар}+ Q_{орг} \quad (5.4)$$

Жылы мерзім үшін, Вт:

$$Q=630+190,8+456+2500+1800=5576,8.$$

Суық мерзім үшін, Вт:

$$Q=378+190,8+456+2500+1800=5324,8.$$

Кестеде бөлмедегі жылу-ылғал балансын есептеу келтірілген

5.5 К е с т е – Жұмыс сипатына байланысты температура мен ылғал

Жұмыс сипаты	⁰ C, ауа температурасында, W, кг/сағ ылғалбөліну				
	15	20	25	30	35
Тыныштық жағдайы	0,035	0,040	0,062	0,094	0,150
Жеңіл физ. жұмыс	0,082	0,125	0,175	0,230	0,300
Орта физ. жұмыс	0,130	0,180	0,240	0,300	0,350
Ауыр физ. жұмыс	0,240	0,310	0,365	0,400	0,430

Жұмыс сипатына байланысты температура мен ылғал мәндері жоғарыдағы кестеде көрсетілген.

$$W_{\text{л}} = d * n(\text{кг} / \text{сағ}), (4.5)$$

$$W_{\text{л}} = 0,137 * 6 = 0,822 \text{кг} / \text{сағ}.$$

Төменгі кестеде барлық жасалған есептеулер негізінде жылы және суық уақыт мерзіміндегі АТС-ғы жылу алмасудың балансын құраймыз.

5.6 К е с т е – АТС-ғы жылу алмасу

Жылуалмасу	Жылулық қуат	
	Вт	кДж
Жарық көздерінен	190,8	686,88
Адамдардан	456	1641,6
Жарықтылық жүйесінен	2500	9000
Өндірістік құрылғыдан	1800	6480
Температура айырмашылығынан болатын жылу жоғалту	378	1360,8
Барлығы жазда:	5324,8	19169,28
Барлығы қыста:	4946,8	17808,48

Кестеде АТС-ғы жылудың әр құрылғыдан бөлінуі сандық мәнмен көрсетілген.

5.2 Ауа алмасуды есептеу және кондиционерді таңдау

Бөлмеге қажетті берілетін ауа мөлшері, $\text{м}^3/\text{сағ}$:

$$G_{я} = \frac{Q_{я}}{c \cdot (t_{yx} - t_{пп})}, \quad (5.6)$$

мұндағы: $Q_{я}$ – айқын жылудың бөлінуі, Вт;

c – желдеткішпен жойылатын және жайға берілетін құрғақ ауаның жылу сыйымдылығы, $t_{yx}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{пп}=17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Бөлінетін айқын жылу,Вт:

$$Q_{\beta} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (5.7)$$

мұндағы: Q_1 – құрылғыдан бөлінетін жылу;

Q_2 – жарық көздерінен бөлінетін жылу;

Q_3 – адамдардан бөлінетін жылу;

Q_4 – терезеден өтіп күн радиациясынан берілетін жылу;

$$Q_{я} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 190,8 + 456 + 2500 + 1800 = 4946,8$$

Айқын жылудың ауа алмасуын анықтаймыз, $\text{м}^3/\text{сағ}$:

$$G_{я} = \frac{4946,8}{1 \cdot (22 - 17)} = 989,4$$

Суық және жылы жыл мезгілдері үшін қажетті ауа алмасуды келесі формула бойынша есептейміз:

$$G = \frac{m \cdot L}{I_{pz} - I_{np}}, \quad (5.8)$$

мұндағы: m – жұмыс зонасына түсетін жылу мөлшерін анықтайтын коэффициент, $m=1$;

Q – айқын жылудың бөлінуі, $Q=6731\text{ кДж/сағ}$;

I_{pz} және I_{np} – ауаға байланысты жылусыйымдылығы және жұмыс орнындағы ауа алмасуы, $I_{pz}=55\text{ кДж/сағ}$ $I_{np}=51,5\text{ кДж/сағ}$;

Жазғы уақыт кезіндегі ауа мөлшері, кг/сағ :

$$G_{л} = \frac{19169,28}{55 - 51,5} = 5476,9$$

Қысқы уақыт кезіндегі ауа мөлшері, кг/сағ :

$$G_3 = \frac{17808,48}{55 - 51,5} = 5088,1$$

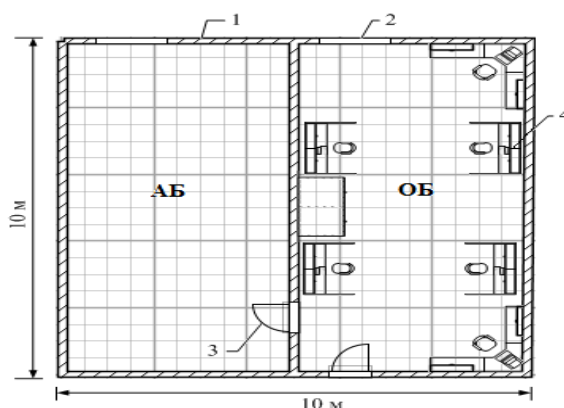
5.3 Желдеткішті таңдау

Кондиционер сплит-жүйесі кассеталы түрі үлкен бөлмелерге арналған, мысалға: банктер, офистер, супермаркеттер. Ішкі блок қабырға мен шатырдың түйіскен жеріне қондырылады. Ауа ішкі блоктың ортасындағы тор арқылы алынып, арнайы жалюздерден шығарылады. Осылайша бөлме ішінде тұрақты ауа алмасуды қамтамасыз етеді. Жүргізілген есептеулер нәтижесінде құрылғының орналасу жайында SUA-0151 модельді кондиционерін таңдаймыз. Ол ауаны салқындату, берілген температураны автоматты тұрақтандыру, ауаны шаңнан тазарту, вентиляция, ауа ылғалдығын азайту, ауа ағынының жылдамдығы мен бағытын өзгерту, қоршаған ортамен ауа алмасуын қамтамасыз етеді. Қолданылып отырған кондиционер құрылғының жайына ауа алмасуды толығымен қамтамасыздандырады. Кондиционердің сипаттамасы 5.7-кестеде келтірілген.

5.7 К е с т е – Таңдалған кондиционердің сипаттамасы

Моделі	Ішкі блок өлшемі, мм	Электр жылытқыш, кВт	Ауа шығыны, м ³ /сағ		Суыту қуаты, кВт	
			макс.	мин.	суық	жылы
SUA-0151	1740x550x450	2,2	1580	1040	6,2	5,9

Осы кестеде сараптап алынған кондиционердің техникалық параметрі көрсетілген. Интеллектуалды қызмет көрсететін операторлық зал мен аппараттық залды ұйымдастыру сұлбасы 5.1-суретте көрсетілген.



1 – терезе ; 2 – кондиционер; 3 – есік; 4- жұмыс орны; АБ – Аппараттық бөлме; ОБ – Операторлық бөлме

5.1 Сурет – Кондиционерлердің бөлмелерде орналасуы

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жоба Әуезов ауданында GPON желісін жобалау тақырыбының бойымен жүрді. Жоба барысында GPON технологиясының техникалық сипаттамалары көрсетілді. Таңдалған аппаратура OLT, ONU лардың, оптикалық тарту кабельдерінің және жұмыс бағаларының есептеулерінің нәтижесінде, сондай ақ желі өшулігі мен бөлгіш сплиттерлердегі сөнуді, станциялық құрылғының қуаты мен әр тармақтағы өшуді есептеудің нәтижесінде мұндай желі типін құру операторлардың аз шығын шығарып, көп пайда табуына көмектесетінін көрсетті.

Алматы қаласының желілерін толық оптикаға ауыстыру Қазақтелеком АҚ компаниясының алға қойған міндеттерінің бірі болып отыр. Жақын арада бұл үрдіс қала шетіне де жайылады деп ойлаймын. Себебі қала сыртындағы тұрғындар саны жылдан жылға артып, потенциалды клиенттер саны сәйкесінше өсуде.

Дипломдық жобада Қазақстанда әлі қолданыс таппаған оптикалық кабельді тросс өзекше арқылы әуемен тарту технологиясы қолданылды. Бағаналармен тартылатын бұл технология түрі дамыған елдерде қолданысқа ие, себебі қала сыртындағы тар көшелі аудандарда эксплуатация шығындары мен уақытты анағұрлым аз жұмсайды.

Экономикалық бөлімде таңдалынған жолмен құрылатын желі стандартты құрудан 2 есе арзан болатыны есептеулер нәтижесінде нақты дәлелденіп көрсетілді. Абоненттерден қосылу үшін ақы алмағанның өзінде проекті өзін өзі бір жылда ақтап шығып, екінші жылдан бастап пайда әкелетіні көрсетілді.

Әдебиеттер тізімі

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 3-е изд - СПб, Питер-пресс, 2006
2. А. Б. Семенов. Волоконная оптика в локальных и корпоративных сетях. - Москва, АйТи-Пресс, 2003
3. А. Б. Семенов, С. К. Стрижаков, И. Р. Сунчелей. Структурированные Кабельные Системы АйТи-СКС, издание 3-е. - Москва, АйТи-Пресс, 2001
4. Компьютерные сети: Учебный курс Microsoft Corporation – М.: Издательский отдел «Русская редакция», 2005
5. Дипломное проектирование: Методические указания к выполнению дипломных проектов. А. Берикулы. – Алматы, АИЭС, 2007
6. Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров (для студентов всех форм обучения специальности 050719 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации) – Алматы: АИЭС, - 2008. -19 с.
7. С.А. Алибаева. Методические указания по дипломному проектированию (для студентов всех форм обучения направления– 652400 – Радиоэлектроника и телекоммуникации). – Алматы: АИЭС, - 2001. - 17 с.
8. Безопасность жизнедеятельности: Методические указания к выполнению раздела в дипломных проектах, М.К. Дюсебаев. – Алматы, 2001
9. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. Н.И. Баклашев, Н.Ж. Китаева, П.Д. Терехов. - М.: Радио и связь, 1989
10. Гаскевич Е., Леснова Л. Сети PON в России. Особенности применения в жилом секторе. - CONNECT, 2011, №10.
11. Гаскевич Е. Воздушные волоконно-оптические сети доступа для малоэтажной застройки. – Технологии и средства связи, 2011, №1 (март).
12. Гаскевич Е., Петренко И., Убайдуллаев Р. Волоконно-оптические сети доступа для районов малоэтажной застройки. – Вестник связи, 2011, №4.
13. <http://www.nestor.minsk.by/>
14. <http://www.skomplekt.com/tovar/1/0/pon/>
15. <http://www.teralink.ru/>
16. <http://wikipedia.com/>
17. <http://www.xdsl.ru/> - xDSL технологиясы
18. <http://www.univers-spb.ru/technologys/>
19. <http://www.citforum.ru/nets/articles/xdsl.shtml>
20. <http://www.lightwave-russia.com/> GPON технологиясы
21. <http://www.flexlight-networks.com/>

ҚЫСҚАРТЫЛҒАН СӨЗДЕР

OLT (Optical Line Terminal) – Оптикалық сызықты терминал
ODN (Optical Distribution Network) – Оптикалық межелеу желісі
ONU/ONT (Optical Network Unit/Terminal) – Оп-лық желілік терминал
LLID (Longitude Latitude Identification) – Ұзақылық идентификация
TDM (Time Division Multiplexing) – Уақыт бойынша мультиплекстеу
MAC (Media Access Control) – Медиа рұқсаттық басқару
CPA (Clock phase alignment) – Уақыт фаза бойынша түзеу
PLOAM (Physical Layer Operations, Administration and Maintenance)
MBS (Mortgage-Backed Security) – Орнатылған сақтандыру
RTT (round trip time) – айналу уақытының айналасында
SDH (Synchronous Digital Hierarchy) – Санды синхронды иерархия
LMSC (LAN/MAN standards committee) – LAN/MAN стандарт комитеті
EFM (Ethernet in the first mile) – алғашқы мильге Ethernet
EFMA (EFM access) – EFM рұқсат
EFMC (EFM copper) – EFM кабель
EFMF (EFM fiber) – EFM талшық
EFMP (EFM PON) – EFM ПОН
NRZ (non-return-to-zero) – нөлге қайтып келмеу
GFP (Generik Frame Procedure)
CRC (Circle Redundant Check)
DA (Destination Address) – Межеленген мекенжай
L/T (Length/Type)
FCS (Frame Check sequence)
OPCODE (Optical Code)
TS (Time Stamp)