



**УНИВЕРСИТЕТ ПО БИБЛИОТЕКОЗНАНИЕ И
ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ**

**КАТЕДРА "ИНФОРМАТИКА И КОМПЮТЪРНИ НАУКИ"
МАГИСТЪРСКА ПРОГРАМА
"ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИИ"**

МАГИСТЪРСКА ТЕЗА

на тема:

Оптичесна комуникация. AON и PON мрежа.

Дипломант:
София Трифонова
заочно обучение
Ф.№ 516-имз

Научен ръководител:.....
(проф. И. Гарванов)

София
2018

Трифорова, С., Оптична комуникация. АОН и PON мрежа. Научен ръководител проф. Иван Гарванов, С. 2018., Катедра “Информатика и компютърни науки” . Магистърска програма „ Информационни системи и технологии“. УНИБИТ. 2018 С. Брой източници –14

Цели на магистърската теза са- подробно разглеждане на предимствата и недостатъците на оптичната мрежа и предложение за нейното подобрене.

Ключови думи: Оптична комуникация, PON, АОН, GPON мрежа

Съдържание

УВОД.....	5
-----------	---

ПЪРВА ГЛАВА

1. Общи сведения за мрежата.....	6
1.1. Оптична мрежа.....	7
1.2. Характеристики на стъклата.....	7
2. Същност на оптичната комуникация.....	8
3. Преносната система по оптичен кабел.....	16
3.1. Режим на работа на оптичните кабели.....	16
3.2. Характеристики и изисквания към оптичното влакно.....	17
3.3. Оптичен кабел за въздушно полагане.....	20
3.4. Оптичен кабел за подземно полагане.....	21
4. Принцип на действието.....	25
4.1. Разпространение на светлината с многомодови влакна.....	26
4.2. Особености на едномодовите влакна.....	27

ВТОРА ГЛАВА

1. PON мрежа.....	29
1.1. Архитектура на мрежата.....	31
1.2. Елементи на мрежата при PON.....	36
2. Видове PON мрежа.....	41
2.1. GPON.....	41
2.2. WDM-PON.....	43

2.3.CWDM.....	44
2.4 Ethernet.....	54
3. Сравнение на разпределението на динамичния трафик за EPON, GPON и TDM PON от следващо поколение.....	57
3.1. Стандарти на EPON и GPON.....	58
3.2. Предимства и недостатъци на PON.....	60
Заключение.....	65
Библиография.....	67
Списък на използваните съкращения.....	69

УВОД

Постоянното нарастване на търсенето на широколентови услуги и последвалото увеличаване на обема на генерирания трафик в комуникационните мрежи, мотивира необходимостта от внедряване на мрежи от следващо поколение.

Тази магистърска теза има за цел да обясни дизайна и планирането на пасивна оптична мрежа (PON). Основната идея на този проект е да се изгради една фиктивна среда, която ще позволи да се проучи задълбочено FTTx мрежите и да се реши кой е най-оптималният вариант за тази среда. За да се направи това възможно, на първо място, ще бъде разгледан основният елемент на тези мрежи- оптичните влакна, за да се запознаят с техните принципи на работа и най-важните подробности. Теоретичната част, ще бъде последвана от определението за самата оптична комуникация и след това същността на FTTx мрежи и конфигурации от точка до точка и от точка до много точки.

Предложена е една примерна технология за изготвяне на оптична муфа, както и технология за изграждане на FTTB и GPON инфраструктура. Показани са най-необходимите уреди, инструменти и материали за свързване на оптични кабели и влакна, и е даден пример за една реализирана и работеща реално оптична мрежа.

В настоящата магистърска теза, ще бъде отговорено на следните въпроси- Каква е разликата между оптичните и медните кабели? Защо оптиката става все по търсена в сферата на телекомуникациите? Какъв е сигналът при оптичните влакна? По какъв начин се реализира една оптична мрежа?

ПЪРВА ГЛАВА

1. Общи сведения за мрежата

Мрежата представлява два или повече компютъра, свързани един с друг, с помощта на хардуер и програмни средства, позволяващи им да обменят информация помежду си и между други устройства. Хардуерната връзка между отделните компютри, и другата участваща в мрежата периферия, може да бъде изградена с помощта на кабели или с помощта на някоя безжична технология.

Съществуват два основни вида мрежа-LAN (Local Area Network- локална мрежа) и WAN(Wide Area Network- мрежа върху широка област). Първата е мрежа между множество компютри и периферия, физически разположени в една достатъчно малка като размер област. Втората е мрежа, която може да се простира на огромно разстояние, като главната и цел е да свързва съществуващите LAN в една мрежа. Също така WAN може да бъде свързана към друга WAN, образувайки по-висше ниво в мрежовата йерархия.

Скоростта на предаване на данни между две мрежови устройства се измерва в брой битове предавани за една секунда. В синхрон с нарастващите скорости на предаване на данни се появяват съвсем логично и съответните съкращения от типа на Kbps, Mbps, Gbps, означаващи хиляди, милиони и милиарди битове за секунда.¹

¹ Ганчев, И. Компютърни мрежи и комуникации. Пловдив, ИМН, 1999.с. 67-71

1.1 Оптична мрежа

Оптичната мрежа е вид комуникационна мрежа за данни, построена с технологията на оптични влакна. Кабелите и оптичните влакна са използвани като основна комуникационна среда за преобразуване на данни и предаване на данни като светлинни импулси между възлите на изпращача и приемника.

Чрез използването на светлината като предавателна среда, оптичната мрежа е една от най-бързите комуникационни мрежи. Тя работи като използва оптично предавателно устройство за преобразуване на електрически сигнал, получен от мрежов възел, в светлинни импулси, които се поставят върху оптичен кабел за транспортиране до приемно устройство.

За разлика от мрежите, базирани на мед, светлинните импулси на оптичната мрежа могат да бъдат транспортирани до известна степен, докато импулсите бъдат регенерирани, чрез оптично устройство за повторно възпроизвеждане. След като сигналят се предаде в целевата мрежа, той се преобразува в електрически сигнал през оптично приемно устройство и се изпраща до възелът на получателя.

Оптичната мрежа е по-малко склонна към външни фактори и може да достигне по-висока скорост на честотната лента от медните мрежи².

1.2 Характеристики на стъклата

Когато твърдотелните материали (преди всичко сплави на силиций) бъдат стопени и отново охладени, те не минават през фазов преход между течна и твърда фаза. Няма определена температура, при която се извършва

² Рабов, С. , Христов, Л., Оптични комуникации , София 2002, с. 11

такъв преход. Когато такива материали се охладят, те просто стават все повече и повече визкозни и никога не преминават през преход към твърдо състояние. В много книги стъклата се класифицират като силновизкозни течности, а не като твърди тела. Молекулите в късче стъкло са без конкретен порядък и са със случайно разпределение.

В оптичните влакна обикновено се смесват³ германиев двуокис (4% до 10%) и силиций, с което, при необходимост, се повишава показателя на пречупване. Той може да бъде намален с добавяне на B_2O_3 . Други често използвани легиращи съединения, с които се повишава показателя на пречупване, са двуфосфорният пентоксид (P_2O_5), титановият диоксид (TiO_2) и двуаломиниевият триоксид.

Отслабването на сигнала най-вече се дължи на светлината, която се разсейва от локални вариации в плътността на сплавта на стъклото. Това разсейване се нарича “Релеево разсейване“. Релеевото разсейване също е причината за това небето да е синьо, а залезът на слънцето да е червен.

2. Същност на оптичната комуникация

Влакната осигуряват много широка честотна лента (до 10 GHz за SM). Освен това, те покриват големи разстояния с минимални въздействия върху сигналите. Постигнатите днес рекорди без регенериране на пакета са от порядъка на 300 - 400 км, със специални технологии, дори 10 000 км. Реално в градски среди се ползват до 10 км. Друго предимство на оптиката е защитеността от електромагнитни въздействия, макар че при радиация влакната с германий имат проблеми. При промени в налягането и магнитни полета се получават някои фини явления в едномодовите влакна, които се използват за разработката на нови уреди, като жирокопите например. Ниското тегло на оптичния кабел също не е за пренебрегване, а

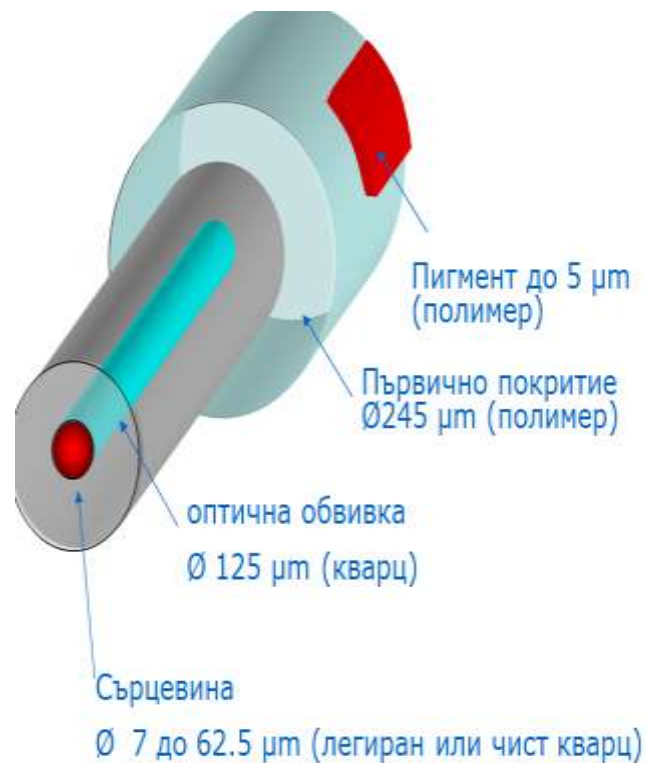
³ В определени пропорции

малкият му диаметър осигурява компактност при инсталация. При оптиката подслушването на пренасяната информация е много по-трудно, отколкото при медните инсталации, използващи електрически сигнали. Не че е невъзможно, но тъй като се налага физическо прекъсване на пътя на светлинния лъч, винаги може да се установи кога и къде е поставено подслушвателно устройство. На практика хакерите се насочват към полесни обекти като сървъри и др. устройства, обработващи или съхраняващи информацията в по-достъпен вид. Стъклените влакна са и по-безопасни, тъй като са защитени от гръм, не се влияят от индустриални и активни химически среди. Те осигуряват и лесно добавяне на нови приложения. Монтажът на оптични влакна става все по-лесен, а и има контрол на всички технологични нива, тъй като всички елементи се контролират при изграждането на системата. Сред недостатъците на подобно решение са високата цена на първоначалните инвестиции, както и на активното оборудване. Трябва да се отбележи също, че при монтаж на оптиката има редица особености (фини операции, последователност, умения и знания), неспазването на които може да оскъпи допълнително инсталацията.

Един от митовете, свързани с оптичната комуникация, е твърдението, че оптичните влакна не са издръжливи на опън, колкото медните кабели. Информацията се пренася през оптиката с помощта на светлинни лъчи, като задължително трябва да се има предвид двойственият характер на светлината - тя се разглежда едновременно като лъч и като вълна. От целия светлинен спектър за пренос на информация се използва само инфрачервената част, като са дефинирани 3 прозореца, осигуряващи най-добри условия за пренос - 1550 nm, 1300 nm и 850 nm. Самото стъклено влакно има сърцевина от легиран кварц с диаметър от 7 до 62,5

микрометра, следва оптична обвивка (125 микрометра), първично покритие (обикновено полимер - 245 мметра) и 5-микронен пигмент.

Фиг.1⁴



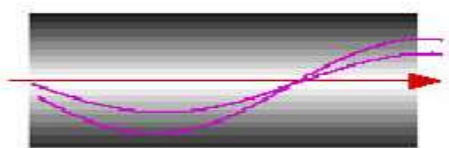
В зависимост от приложенията и използвания честотен (вълнов) диапазон са разработени различни видове оптични влакна: Стъпални многомодови (от

80 до 1000 микрометра)- при тях има области, рязко различаващи се по коефициент на пречупване. Те позволяват използване на светлинен източник с много широка апартура, което води до поевтиняване на активните устройства. Дисперсията, т.е. колко ще се разшири импулсът, варира в рамките на 25 до 50 MHz.km; градиентни многомодови (62,5 или 50 микрометра - оптимизирани честотно). Коефициентът на пречупване се изменя плавно. За тях са необходими лазери със значително по-тясна апартура. Дисперсията е в границите 500 до 1000 MHz.km; едномодови (7,8 или 10,5 микрометра). При тях лъчът следва сърцевината и се разпространява само около нея, което налага използване на скъпи фокусирани лазери. Хроматичната дисперсия обаче е не по-голямо разстояние- от 3 до 20 ps.km/nm, като се компенсират и т.нар. хроматична дисперсия⁵.

⁴ Фиг.1 илюстрация на слоевете на оптичен кабел.

⁵ Пак там , с. 21-26

Процесът на затихване при стъклените влакна се дължи на отражение от нееднородни частици, като е изчислено, че 4% от енергията се връща от краищата на влакното. Този параметър също варира в широки граници - от 20 dB/км до 0,17 dB/км за одномодови влакна. Оптичната система включва активни и пасивни елементи. В пасивните влизат кабелите, конектори, адаптери, разпределителни панели, муфи и др. Според вида на инсталацията са разработени кабели за външно и за вътрешно полагане. Кабелите за външно полагане са устойчиви на влага, температурни колебания, механични въздействия, ултравиолетови лъчи. Има и специална защита срещу гризачи, срещу въздействия на агресивна среда и др. Този род кабели типично имат следната конструкция. Стъклените влакна с първично покритие са положени в тръбички с хидрофобно желе, отгоре има бандажна лента, метална армировка, корда за надлъжно разрязване на обвивката и най-отгоре е самата полимерна обвивка. Важни характеристики при кабелите за вътрешно полагане са неразпространение на горене и неотделяне на задушливи газове, гъвкавост, голяма якост на опън, компактна конструкция. Влакната се намират в тръбичка, върху която има кевлар, а най-отгоре също има полимерна обвивка.



- Влакна с градиентен профил на коефициента на пречупване на светлината или “градиентни“



- Влакна със стъпален профил на коефициента на пречупване на светлината или “стъпални“



Оптични вълноводи или “едномодови оптични влакна”

Друг вид оптични кабели са пач кабели, пигтейли и съединителни шнуrowe. Пач кабелите представляват оптичен кабел, терминиран в двата си края със стандартни конектори, който свързва 2 оптични устройства, които по принцип се включват и изключват многократно. Пигтейлът (pigtail), от своя страна, е късо парче оптично влакно, постоянно свързано (фиксирано) към оптично устройство. Той се ползва за свързването му към по-дълго влакно с помощта на заварка или конектор.

Оптични конектори. ST конекторът е най-евтин, но не се препоръчва за едномодови влакна, а при MM се ползват за 10 Mbps LAN. Затихването при тях е до 0,75 dB. За LAN и телеком мрежи по-често се ползват конектори SC (APC или PC), които осигуряват затихване до 0,4 dB както при SM, така и при MM влакна. Те вече се изместват от LC конекторите. На пазара се предлагат и усъвършенствани конектори E2000 (PC и APC), при които затихването е едва 0,2 dB, а RL параметърът (потискане на загубите от върнат сигнал) са над 40 dB при PC и над 70 dB при APC. При PC вариантите има физичен контакт между двете влакна, който е под 90 градуса, а при APC (Angled Physical Contact) краят на влакното е отрязан под ъгъл 8 или 9°, което намалява отразения сигнал. MT-RJ моделът се използва за MM влакна, а корпусът му съответства на RJ конектора от медните системи. Той се ползва за 10/100/1000 Mbps LAN инсталации и загубите са до 0,2 dB ⁶.

⁶ Инструкция за строителство на оптични кабелни линии, БТК, НИИС, 2004

Към пасивните елементи спадат и разпределителните панели. Те биват от стенен тип, за монтаж в шкаф, модулен тип. Има също разпределителни и съединителни муфи. Първите осигуряват разпределяне на 1 сноп от влакна на 2 посоки (напр. 24 влакна се разделят на два снопа по 12). Вторият тип муфи служат за съединяване на два оптични кабела.

Заваряването е един от методите за свързване на две оптични влакна. Той включва няколко операции:

1. сменя се първичното и вторичното покритие на влакното, след което то се почиства с кърпичка, напоена с изопропилов алкохол.

2. Срязване на влакното със специален механичен уред за получаване на идеална повърхност на среза.

3. Начално позициониране в апарата за заваряване, автоматична проверка на местоположението, заваряване, оценка на затихването в мястото на заварката.

4. Защита на заварката с тръбичка от термосвиваем материал, който се изпича при 150° и се охлажда. Често на това място се поставя и стоманена пръчица. Уредите за заваряване използват електродъгова вълна. Предимствата на метода са малкото времетраене, ниската цена на материалите и осигурените ниски затихвания в мястото на заварката. Недостатък е високата цена на оборудването. Съществуват уреди от класове А, В и С. Първите са по-евтини, имат микроскоп за наблюдение на заварката, но те не правят оценка на среза и качеството на заварката. Осигуряват затихване не по-голямо от 0,1 dB. Уредите от клас В предлагат

затихване от 0,05 до 0,1 dB, а високият клас С гарантира максимум 0,03 до 0,05 dB ⁷.

Активните елементи са оптични източници, предаватели, детектори и конвертори. Източниците на светлина са лазерни диоди и LED диоди. Лазерните имат висока оптична мощност, концентрирана в тесен честотен спектър. Те осигуряват модулиране на сигнала без изменения при честоти над 10 GHz. Лазерите обаче са скъпи и изискват охлаждане, тъй като работят добре само в тесен температурен интервал, чувствителни са към статично електричество, а и експлоатационният им живот е значително по-кратък. LED излъчват в широк спектър с малка мощност и осигуряват модулация до около 1GHz. От друга страна, LED диодите са с ниска цена, високонадеждни и имат малка температурна зависимост, но и малко бързодействие.

Оптичните детектори са ПИН фотодиоди (PIN PD) и лавинни фотодиоди (APD). Първите имат ниска цена, висока надеждност, малка температурна зависимост. Те обаче нямат усилване, затова е необходимо да се инсталира предусилвател на сигнала с малък входен шум. Лавинните фотодиоди осигуряват широка честотна лента, усилване на сигнала от 10 до 10 хил. пъти в самия детектор. Цената на подобен приемник е по-висока, необходима е температурна стабилизация или стабилизация на усилването. APD са чувствителни към претоварване по оптичен път, затова трябва внимателно да се избира дължината на оптичното трасе. Медийните конвертори, както показва името им, служат за преобразуване на електрическите сигнали в оптични и обратно.

⁷ Тошков, А., Анализ на връзките между конструктивните и експлоатационните параметри на оптичните влакна, Варна 2011, с.2-20

Правилното проектиране на мрежата е най-важната част от предлаганото цялостно решение на клиента. Тя включва следните етапи: избор на топология (обикновено двойна звезда) разполагане на звездните центрове планиране на основни информационни потоци определяне на разстоянието до крайните точки избор на преносна среда (типове кабели), кабелна арматура и линейни устройства изготвяне на топологичен план на мрежата и план на връзките определяне на технология за извършване на монтажа и календарен график с последователност на операциите. При големи мрежи е добре да се направи енергиен баланс. Затихването в оптичните влакна е достатъчно малко, за да не е необходима неговата оценка в една локална мрежа в рамките на една сграда. То се изчислява предварително само с цел контрол на монтажните операции. Този параметър е от значение при по-дълги линии, тогава трябва да се провери и енергийният баланс при известна динамика на приемопредавателните устройства. Малкото затихване понякога също е проблем. Някои крайни устройства не работят при затихване близо до "0 dB". Ethernet връзките с медия конвертори не могат да се пускат на разстояние повече от 2 км, като ограничението не идва от затихването ⁸.

3. Преносната система по оптичен кабел

Оптичният кабел се състои от едно или повече стъклени или пластмасови влакна, които предават светлината. Множеството влакна могат да бъдат включени в един оптичен кабел, което позволява множество мрежи да предават данни по него. Всяко влакно е оградено от метален слой, обвит в слой пластмаса, наречен буфер. Най-горният слой има твърда пластмасова обвивка.

⁸ Тошков А.,З., Ethernet в оптичните мрежи, БСУ, Бургас , 2011г.

Влакнесто оптичните кабели осигуряват шумоустойчивост на сигналите и безпогрешно предаване на големи разстояния при най-високо ниво на защитата на информацията в мрежата.

В днешно време, оптичните кабели са най-скъпото окабеляване. Голяма част от разходи при използването им, са свързани с човешкия труд, тъй като с оптичните кабели се работи много по-трудно и се изисква специално обучение и уред, с който да се заварява влакното. Този уред се нарича сплайсер.

3.1. Режим на работа на оптичните кабели

Съществуват два режима на работа на оптичен кабел- единичен режим и множествен режим. Първият е характерен с това че светлината пътува по оста на кабела. Той се използва предимно в WAN мрежите за разстояние до 70км. При вторият светлинните вълни навлизат в стъкления канал под различни ъгли като непрекъснато се отразяват и отскачат от стените на стъклената тръба. Той е по-бавен заради дисперсията на светлината. Използва се в LAN мрежите за разстояния до 2000км.

3.2. Характеристики и изисквания към оптичното влакно

Материалите за изготвяне на оптичните влакна трябва да имат голяма пропускателност за светлинана, т.е. малки загуби от поглъщане и малко разсейване. Оптичното влакно се изготвя от диелектричния материал кварц (SiO_2) или от прозрачен за оптичното лъчение пластичен материал (силикатно стъкло). С най-голяма чистота е кварцовото стъкло, което в областта на сърцевината има по-висок коефициент на пречупване от този на обхващащата го оптична обвивка. Според начина на промяна на

коэффициента на пречупване се различават следните най-разпространени оптични влакна: многомодово оптично влакно със стъпален профил на коэффициента на пречупване, многомодово оптично влакно с градиентен профил на коэффициента на пречупване и одномодови със стъпален профил на коэффициента на пречупване.

Съществуват два вида влакна с отражение - одномодово и многомодово влакно със стъпаловидни профили на коэффициента на пречупване. При влакната с пречупване има само един вид - многомодово влакно с градиентен профил на коэффициента на пречупване.

За физиците модата е сложно математическо и физическо понятие, което описва разпространението на електромагнитните вълни.

За нашите цели моди се наричат различните пътища, по които светлината може да премине във влакното. Понятието одномодово влакно означава, че има само един път за светлината, а многомодово влакно - че съществуват няколко пътя.

Прозрачните материали имат коэффициент на пречупване. Този оптичен параметър се означава с n и може да бъде пресметнат по формулата:

$$(2) n = c / v$$

В равенството C е скоростта на светлината във вакуум, а V скоростта на светлината в някакъв материал. Коэффициентът на пречупване на сърцевината n_1 при оптичните влакна е по - голям от коэффициента на пречупване на обвивката n_2 , т.е. $n_1 > n_2$.

Друг основен параметър на оптичните влакна според теорията на геометричната оптика е тяхната честотна лента. Тя се ограничава от така наречената дисперсия, която от своя страна се разделя на модова и хроматично материална. И двете дисперсии са свързани със скоростта на

преминаване на светлината през оптичното влакно. Както е известно, скоростта се изменя обратно пропорционално на индекса на пречупване n , който от своя страна зависи от изменението на дължината на вълната λ на излъчвателя. Ако излъчвателят е със спектрална полуширина $\Delta\lambda$ и излъчва различни съставни, всяка от които е с дължина на вълната λ_i , то в този случай всяка съставна се разпространява в световода с различна скорост, тъй като индексът на пречупване n зависи от дължината на вълната λ_i .

Когато в един и същ момент се въвежда различни λ_i на входа на световода, те пристигат с различно време на изхода на световода предизвиквайки разширение на импулса. За да се намали материалната дисперсия е необходимо да се използват излъчватели с тесен изходен спектър.

Светоизлъчващите диоди СИД, имащи широк излъчващ спектър $\Delta\lambda=(40\div 120 \text{ nm})$ в следствие дисперсията на материала ограничават честотната лента до 50 MHz/km , за диапазона $0,85 \text{ }\mu\text{m}$. В диапазона $1,3 \text{ }\mu\text{m}$ материалната дисперсия на влакната клони към нула и честотната лента в този случай е по-широка. При този вариант постиганата честотна лента със СИД може да варира от $220\div 400 \text{ MHz/km}$ в зависимост от бързодействието му.

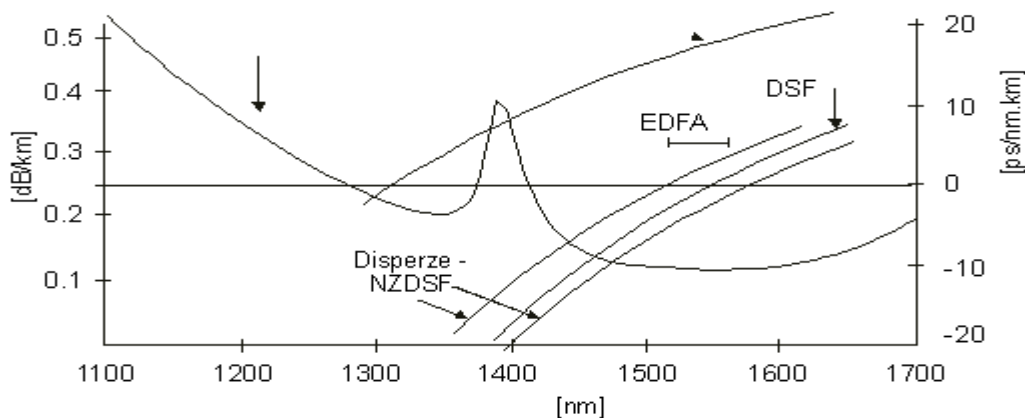
При лазерните диоди (ЛД) $\Delta\lambda$ не надвишава 5 nm , при което материалната дисперсия е значително по-малка и се записва чрез израза:

$$(3) M(\lambda) = \frac{\lambda}{c} \cdot \frac{d^2 n}{d\lambda^2},$$

където n е индексът на пречупване, а c - скоростта на светлината. В многомодовите влакна всяка мода изминава различен път във функция от нейната траектория. Ако индексът на пречупване на сърцевината " n " е постоянен (случай на влакна с постоянен индекс) се получава едно

значително ограничаване на честотната лента от разликата във времето на преминаване на висшите и нисши моди. Тази дисперсия се нарича МОДОВА ДИСПЕРСИЯ. В центъра на сърцевината " n " е голямо, а приближавайки се към периферията индексът намалява. По тази причина модите, които се разпространяват в центъра на сърцевината са забавени от по - високия индекс " n ", в сравнение с модите, които се разпространяват в периферията на ядрото.

Размерите на оптичното влакно, според препоръка G.652 са 9/125 μm . Коефициентът на затихване според препоръките е в обхвата 0,3-0,4 dB/km, като максималната стойност е 0,4 dB/km за дължина на вълната 1310 nm⁹. В зависимост от дължината на вълната коефициентът на хроматична дисперсия може да приема следните стойности:



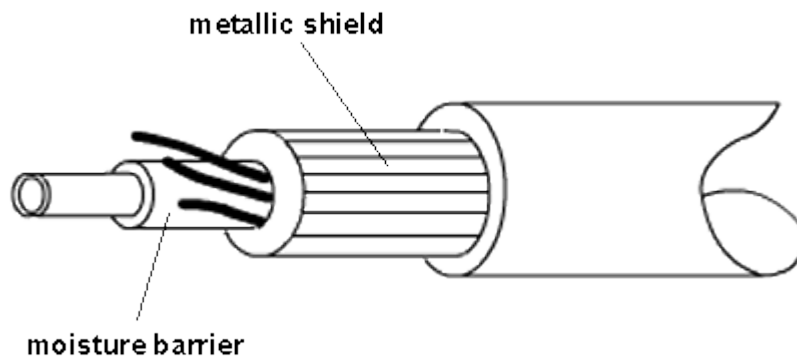
Фиг.2¹⁰

3.3. Оптичен кабел за въздушно полагане

^{9 9} Рабов, С. , Христов, Л., Оптични комуникации , София 2002, с. 55-67

¹⁰ Диаграма с коефициентът на хроматична дисперсия

За въздушно полагане е подходящ одномодовия оптичен кабел. Той е диелектричен, издръжлив на опън, с малко тегло и относително добра цена. При него трябва да се имат предвид климатичните условия и релефа на местността и района, където ще се полага кабела. Той трябва да бъде от типа ADSS (All-Dielectric Self-Supporting Aerial) от вида A-DQ(или F)2Y(ZN)2Y AxВ E 9/125 или еквивалентен тип кабел, изцяло диелектричен с трекингоустойчиво покритие.



Брой оптични влакна		До 144
Номинален външен диаметър	mm	9,6-14.5
Приблизително тегло	Kg/km	71-155
Минимално натоварване	kN	5.6-6.4
Минимален радиус на огъване	mm	200-240
Работна температура	°C	-30 to+70

Таб. 1¹¹

За закрепване на оптичния кабел върху стълбовете трябва да се използват два вида устройства:

изпъващо устройство (анкеровка), осигуряващо твърдо захващане на кабела към стълба;

¹¹ Таблица със стойностите на одномодовия оптичен кабел

поддържащо устройство – ролка, осигуряваща окачването на кабела на междинните стълбове.

3.4. Оптичен кабел за подземно полагане

Обикновено кабелът се изтегля в положената в изкопа защитна HDPE (high-density polyethylene), полиетиленова тръба. При преминаването през мостове и тунели кабелът трябва да бъде инсталиран също в защитна HDPE тръба. Може да бъде предвидена втора тръба, положена успоредно на първата за бъдещи разширения.

Изкопът за каналната мрежа се изпълнява от външната страна на отводнителните канавки на разстояние най-малко на 1 м. от тях и не повече на 0,5 м. от края на сервитутната ивица.

Оптичният кабел, в тунелите се инсталира в метална тръба и защитна HDPE тръба. Изграждат се необходимите шахти и подземни контейнери за монтаж на оптични муфи. Шахтите и контейнерите за муфи се изграждат на такава дълбочина, че да могат да се затрупат с минимум 30-40 см земя. Шахтите се изграждат така, че да могат да са затворени (заклучени) и херметизирани.

Муфите на кабела са монтирани в шахтите, като от всяка страна на муфата се предвижда технологична резерва.

При преминаване на мостове оптичният кабел се инсталира в метална тръба и защитна HDPE тръба до мястото, където изискваната дълбочина за полагане на оптичния кабел може да бъде реализирана. Участъкът от тръбата извън моста се покрива с бетон.

Основни параметри на характеризиращи муфите за оптични кабели :
Брой връзки на оптични влакна, които могат да поемат (от 12 до над 600)
Тип на кабелното съединение (съединително-разклонителни, крайна)

Брой кабелни портове и тип (овални за връзки без прекъсване на влакна, кръгли-за единични кабели)

Брой касети и брой влакна за касета (4,12-24 или 8-16 влакна)

Тип на защитата на заварките (размер на термосвиваемите маншони, брой влакна в защита)

Наличие на елементи за електрическа непрекъснатост и заземления ¹².



13

Съществуват три вида муфи:

❖ Съединителна муфа

¹² Пак там , с.188-197

¹³ Видове муфи

В нея се свързват два оптични кабела. Има един входящ и един изходящ оптичен кабел.

❖ **Разклонителна муфа**

Конструктивно съединителните и разклонителните муфи се различават само по съдържанието на монтажните комплекти.

В разклонителната муфа се свързват повече от два оптични кабела. Допускат се различни конфигурации, например един входящ и два или повече изходящи кабели и др.

❖ **Крайна муфа**

Съединителна или разклонителна муфа, която се намира в крайните станции на оптичната кабелна линия и в нея се свързват външния със стационарния оптичен кабел.

Задължително е материалите, използвани при изработването на оптичните муфи да са съвместими един с друг, както и с материала на външната обвивка на кабела.

Задължително конструкцията на муфата позволява следващо отваряне за ремонт и допълване без да се налага прекъсване на работещите оптични влакна.

Конструкцията на муфата осигурява задължително и надеждно механично и галванично свързване на металните части на обвивката и силовите елементи на кабелите помежду им и към външни заземителни точки без това да нарушава нейната херметичност.

Съществен елемент от конструкцията на оптичната муфа е касетката за организация на съединенията на оптичните влакна, която се затваря задължително с капак. Тя изпълнява следните функции:

Осигурява подреждането и съхраняването на съединенията на оптичните влакна.

Осигурява минимален радиус на огъване на влакната не по-малък от 30mm с цел да няма остатъчно напрежение върху тях, което намалява техния живот, както и да не се внасят допълнителни загуби в линията.

Осигурява лесна идентификация и достъп до всяко влакно с цел ремонт без да се причини повреда на друго влакно и прекъсване на линията.

Осигурява подреждането и съхранението на резерва от влакната, необходим при работата по свързването им, както и при евентуален ремонт.

Оптичната муфа задължително се затваря херметично, като в зависимост от конструкцията това става с гумени уплътнители, еластопластични ленти и шнурове или термосвиваеми маншони.¹⁴

4. Принцип на действието

Размерът на влакната обикновено се цитира като размера на сърцевината, следван от диаметъра на обвивката. Стандартните многомодови влакна имат диаметър на сърцевината или 62.5, или 50 микрона, с краен диаметър на обвивката, и в двата случая, 125 микрона. Тези стойности се цитират като 50/125 или 62.5/125 микронни влакна. Обикновено сърцевината е от SiO_2 легиран с около 4% GeO_2 .

Светлината, разпространяваща се по протежение на влакното, изпитва влиянието на по-висок показател на пречупване от светлината, която се разпространява под ъгъл, към обвивката на влакното. Така светлината, разпространяваща се в по-къса траектория се разпространява по-бавно от тази, вървяща в по-дълга траектория. Влакната с градиентно разпределение на показателя на пречупване са със същите размери, както и тези със

¹⁴ Тошков А., Проектиране и изграждане на оптични мрежи, Бургас, 2011 с. 101-124

стъпално разпределение на показателя на пречупване. В тях показателят на пречупване се променя плавно от оста на влакното към обвивката. Постига се промяна на количеството на легиращия материал по сечението на влакното.

Диаметърът на сърцевината на влакното е между 8 и 9 микрона, докато диаметърът на обвивката е 125 микрона. Едномодовите влакна се ползват за специални цели и при по-малки диаметри на сърцевините до 4 микрона. Разликата в показателите на пречупване между сърцевините и обвивките на влакната са малки, типично около 0.1. Това се прави с цел да се понижи затихването на сигнала.

Около 20% от сигнала в едномодовите влакна се разпространява в обвивката. Заради това в областта, в която се разпространява основната част от енергията, е малко по-голяма от размера на самата сърцевина. Областта, в която, в едномодово влакно, се разпространява светлината, се нарича „модов обем“ и обикновено се цитира размера на мода, а не диаметъра на сърцевината.

Едномодовите влакна обикновено имат значително по-малко затхване от многомодовите. Дължи се на това че имат малка разлика в показателите на пречупване между сърцевината и обвивката, което означава по-малко легиране на сърцевината и по-малко изгубици на загуби.

В процеса на производство, влакната се покриват с много тънък слой полимер върху обвивката. Така се предотвратява дифундирането на вода във влакното. Водата може да причини микро-пукнатини по повърхността на влакното. Също така ако полимерът има по-висок показател на пречупване от стъклото на обвивката, то се ползва да филтрира нежеланите модове в обвивката на влакното.

4.1.Разпространение на светлината с многомодови влакна

В многомодовите влакна светлината се задържа във влакното благодарение на ефекта „пълно вътрешно отражение“, който се наблюдава на границата между сърцевината и обвивката. Най-важното свойство на модовете, е че всички модове на разпространение в едно влакно са ортогонални, т.е. едно влакно с перфектно качество, не може да има прехвърляне на енергия от един мод към друг.

Слабо водещи влакна са тези с нисък контраст на показателя на пречупване. Важно е да се отбележи, че слабо водещи не означава слабо концентриране на светлината във влакното, ами че ако се правят математически пресмятания за разпространение на светлината във влакното и контрастът на показателя на пречупване е по-малък от 0.45, се получава опростена система от уравнения известни като уравнения в приближение на слабо водене.

4.2. Особености на едномодовите влакна

Характеристиките на едномодовите влакна са специфицирани от the International Telecommunications Union (ITU) през 1980г., като едни от най-важните спецификации са диаметъра на обвивката (125 микрона), диаметъра на мода (9-10 микрона при дължина на вълната 1300nm), дължината на вълната при отсичане (1 100-1280nm).

Типично за системи, ползващи едномодови влакна, спектрите на оптичните импулси, ползвани в телекомуникациите, са с ширина от около 0.2nm до около 5nm. Материалната дисперсия се причинява от факта, че показателят на пречупване на стъклото се променя с дължината на вълната¹⁵.

¹⁵ Dutton, H., Да разбираме оптичните комуникации, 1998 стр.14-18

Оптичното влакно е най-модерната среда за предаване и единствената способна да поддържа услуги от следващото поколение. Основните предимства на оптичните влакна са много: по-висока честотна лента, по-дълги разстояния от централната до абонатът, по-голямо е съпротивлението на електромагнитните смущения, намалена е деградацията на сигнала .

Разпространението на широколентови приложения като телевизия с висока разделителна способност (HDTV), широколентов достъп до интернет или работа на разстояние, създава по-голям интерес на доставчиците на услуги, чрез подобряване на мрежите за предоставяне на широколентови услуги до жилищния и малкия бизнес. За да стане това възможно, трябва да има висока ефективност между общите разходи за инфраструктура и услуги, които могат да бъдат предложени на крайните потребители. Мултиплексирането с разделяне на дължината на вълната (WDM) е технологията, която може да достави най - доброто решение, като се има предвид мултиплексирането с плътна дължина на вълната (DWDM) за приложения за дълги разстояния и мултиплексиране с динамично разделяне на дължината на вълната (CWDM) като идеалното решение за мрежите за достъп и метрополните области, като се вземе предвид компромис между цената на компонентите и способността на предлаганите услуги

Тези мрежи, които вече са направили първите си стъпки в някои области от източната част на ЕС и Япония се наричат FTТх (Fiber To The x). Ето защо, във втора глава това ще бъде подробно разгледано, как може да се осъществи разгръщането на оптични влакна във фиктивна среда образувана от пет различни области, които лесно могат да се впишат в разширяването на големия град.

ВТОРА ГЛАВА

1. PON мрежа

Пасивна оптична мрежа (PON) е point-to-multipoint (от точка до много точки), е оптична свързаност до помещението, в която се използват пасивни (работата им не изисква захранване с ел. ток) оптични сплитай, за да позволят едно оптично влакно да обслужва множество точки на достъп.

Пасивната оптична мрежа е мрежа, която по своя характер осигурява разнообразие от широколентови услуги за потребителите, чрез използването на оптични влакна. PON позволява премахването на всички активни компоненти между сървъра и клиента, въвеждащи оптични пасивни на място компоненти и насочва трафика по цялата мрежа. Основният и елемент е оптичен сплитер. Използването на пасивна архитектура може да намали значително разходите поради което се използва главно във FTTH мрежи.

Накратко, това е от точка до точка конфигурационна мрежа. Преминавайки от мрежата към потребителя, PON архитектурата се състои от следното оборудване: терминал за оптична линия (OLT) който се намира в обособена сграда на доставчика на услугата, преминава се към оптични мрежови единици (ONU) и накрая на мрежата стои ONT в близост до крайните потребители¹⁶.

GPON (Gigabit PON) е гигабитовият вариант на PON. Той е специфициран за скорости от 2.4Gbps downstream и 1.2Gbps upstream двупосочно по едно оптично влакно. Използва се изключително за пренос на Ethernet.

¹⁶ Chang-Hee Lee, Wayne V. Sorin, Byoung Yoon Kim Fiber to the Home Using a PON Infrastructure, IEEE, vol.24, no. 12, dec 2006

Сигналите Upstream и downstream по течението не могат да бъдат пренесени на същата дължина на вълната, в едно и също влакно без да има затруднения. Това предполага, че така е по-удобно за насочване на трафика нагоре и надолу по течението към отделни влакна ако те заемат същата дължина на вълната. Ако се използва едно влакно, надолу по веригата и трафикът нагоре трябва да заемат отделни дължини на вълните. Според стандартите на PON, обикновено дължината на вълната е 1490 nm за низходящите и 1310 nm дължина на вълната за трафика нагоре по веригата.

Транспортирането надолу по веригата в PON мрежата е критичен проблем. В посока нагоре, данните се прехвърлят от точка на точка и сигурността на комуникацията не е застрашена. Един от начините за осигуряване на сигурен трансфер е да се разпредели отделна дължина на вълната за всеки краен потребител. Това решение обаче не може да се счита за крайно, защото броят на дължините на вълните не съответства с броя на крайните потребители. По отношение на наличността на мрежата и качеството на услугата, защитата на мрежовите връзки също може да бъде важен въпрос. При PON защитата обикновено се предоставя с допълнителни влакна и защитно превключване.

PON се превръща в постоянна алтернатива за предлагане на решения за достъп в среда от типа FTTH. PON предлагат повече базирани на мед решения и те са значително по-скъпи от оптичните решения от точка до точка. Също така, PON се основават на напълно пасивно външно захранване, което не изисква никакво външно. По този начин няма нужда да се намират съоръжения, контролирани от околната среда, за инсталиране на оборудване в областта.

Ethernet PON (EPON) и Gigabit PON (GPON) са тези два стандарта, които се конкурират сега, за да имат преобладаваща позиция на пазара за FTTH. GPON, разработена от ITU-T (FSAN), доставя 2,448 Gb / s надолу по веригата и 1,244 Gb / s нагоре по веригата. Една от основните му характеристики е, че методът за капсулиране на GPON позволява ефикасно „опакване“ на потребителския трафик, със сегментиране на кадрите, за да се постигне качество на услугата (QoS), което подготвя мрежата да доставя мултимедийно съдържание, като гласови и видео стрийминг. От друга страна, EPON стандарт (IEEE 802.3 ah), разработен от IEEE и базирани на Ethernet, осигурява 1 Gb / s симетрично предаване на Ethernet рамки.

Стандартите PON са разработени, за да бъдат приложени върху физическата топология на дървото. Тази топология предлага добър баланс на мощността и гарантира, че всички потребители имат подобни изисквания за бюджетен капацитет (PB), въпреки че количеството на разгърнатата структура не е оптимално и не осигурява никаква гъвкавост при работа.¹⁷.

1.1 Архитектура на мрежата

В този раздел се анализират и сравняват системните характеристики на предлаганата мулти-OLT PON със схемата за разпределение на широчината на честотната лента FS и схемата за разпределение на широчината на честотната лента LS, като се сравнява със съществуващия единичен OLT PON по отношение на последователното време за планиране на безвъзмездните средства, средно забавяне на пакета за еднородни и нееднородни натоварвания на трафика. За варианта на

¹⁷ Ram Krishna DDG (FLA), Mrs. Laxmi Director (FLA), Naveen Kumar ADG (FLA). WDM PON: Emergence from TDMA to WDM for FTTx-based Applications, Telecommunications Engineering Centre, Govt of India, Jan 2013

трафичния модел (като се има предвид максималният размер на пакета) между терминалите FTTH и CHs на WSN, резултатите от системата PON multi-OLT също се анализират, използвайки различни размери на пакетите за FTTH терминали и WSN, като се вземат предвид различни максимални допустими размери на прозорците W.

Две PON дървета са свързани към централния разпределителен пръстен от всеки RN, което ще бъде разгледано по-долу. Надолу по веригата и нагоре са мултиплексирани с дължина на вълната, така че всеки RN изпуска две дължини на вълната надолу и вмъква две нагоре по течението в посока от -към пръстена.

RNs са базирани на 3-те мощни клемореди и филтри за дължини на вълните. Съединителите за мощност, които са свързани към пръстена са x / y ($x + y = 1$), които са проектирани в зависимост от броя на RNs, за да се минимизират шумовете. Третият съединител, който осигурява връзка с двете посоки на пръстена, е 50/50. На изхода на съединителя 50/50, два филтъра (тънки филми, специално в нашата настройка) избират специфичните предишни и нагоре потоци от вълни на двете дървесни PON секции, които са свързани към RN. Причината да свържете два PON сегмента към всеки RNis, за да се възползвате от двата изходни порта на съединителя 50/50, който се използва за гъвкавост. С този дизайн RN изпълнява прозрачно независима от посоката на входящата низходяща светлина и предава сигнала нагоре по посока на потока в двете посоки на пръстена. Тази функция е ключът за осигуряване на решаването в случай на фиксирано нарязване на централния пръстен.

В централния офис (CO), всеки RN интерфейс (RNI) е съставен от два лазера и четири фоторецептора. Всеки лазер е свързан в двете посоки на пръстена, чрез оптичен инхибитор. Чрез фиксиране на дължината на вълната на лазера, предаването пренасочва сигнала към посоката на

пръстена, в зависимост от броя на предаваните RNs. Това може да стане чрез наблюдение на нивата на мощността нагоре по течението и преминаване към посоката, която предлага по-висока мощност. Излишните фотоприемници разкриват входящите сигнали от двете посоки на звъненето и избира тази с по-добро ниво на мощност. Това също е един от начините за предлагане на гъвкави възможности. В случай на окончателно рязане, лазерът ще промени дължината на вълната на предаване, за да избере най-добрата посока, за да обслужва RN, докато един от фоторецепторите не получи сигнала за предаване нагоре по веригата¹⁸.

Важен параметър, който прави мрежата съвместима със стандартите EPON / GPON, е свързана с преодоляването на РВ. В допълнение към етапа на разделяне на дърветата, предложената мрежа добавя загуби от преминаване и отпадане, заедно със загубите от вмъкване на дължини на вълните. За да се преодолеят тези загуби в главния пръстен, трябва да се държи на пасивното външно захранване. За тази цел в СО са включени два 1480-nmpumping лазера¹⁹.

За опростяване са показани само две OLTs, OLT1 и OLT2 / PANC и четири ONU с дървовидна мрежова топология, за да се обяснят мрежовата структура и последователностите на предаване на данни за двете нагоре и надолу по веригата. Всички предавания в предложеното мулти-OLT PON се извършват между две OLTs в корена и четири ONUs в листата на дървесната топология. Тук OLT1 е свързан с терминали за данни FTTH, ONU1 и ONU3. От друга страна, OLT2 / PANC е свързан със статичните CHS на WSN, ONU2 и ONU4. Всички връзки между OLT и ONU се установяват чрез оптични влакна и пасивен сплитер / комбинатор.

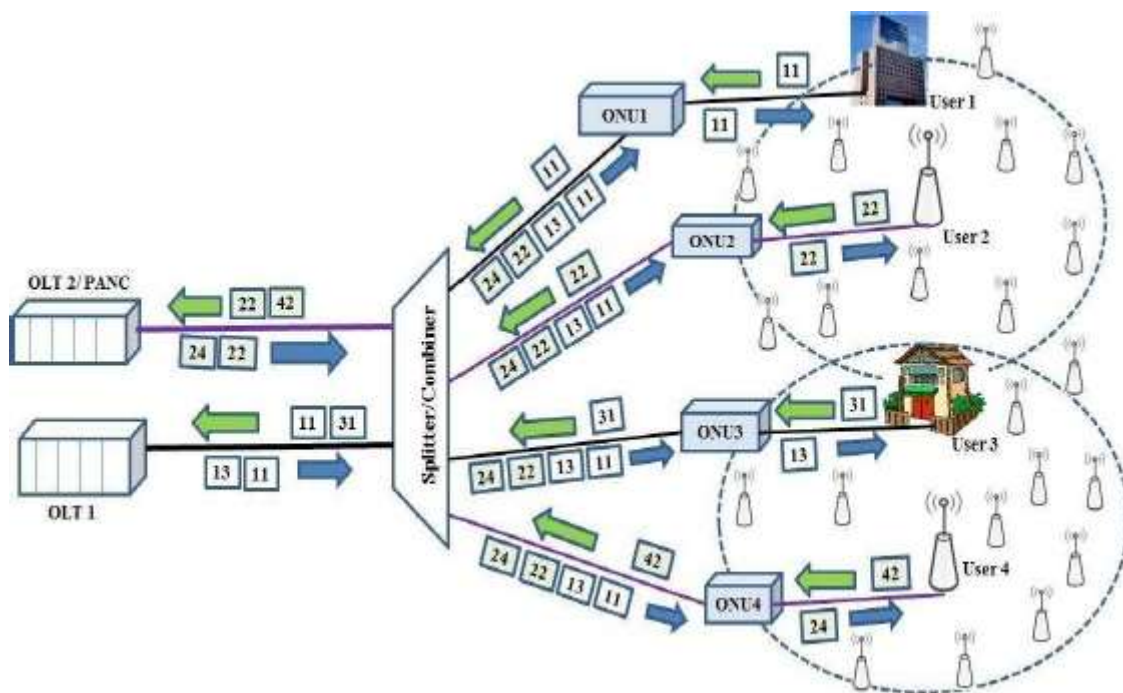
В зависимост от забавянето на RTT между OLT и ONU, 1^{то} грантовото съобщение може да бъде насрочено от който и да е от OLT, тъй

¹⁸ International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 3, No. 6, December 2011

¹⁹ по един във всяка посока на пръстена за устойчивост

като RTT зависи от физическите разстояния между OLT и ONU. Тъй като всички предавания надолу по веригата се излъчват (от точка до многоточково предаване) от OLT към ONU, OLT излъчват своите Grant съобщения, чрез оптичен сплитер и всяка ONU филтрира получените пакети съобразно адреса си за местоназначение.

В настоящия модел се разглеждат схемите за разделяне на време с множествен достъп (TDMA), за да се гарантира използването на една дължина на вълната нагоре по веригата за всички потребители и един приемник в главния край, за да се намалят разходите за системата. Съгласно принципа на предложената система с множество OLT PON, OLT1 приема данни само от ONU на терминали FTTH (ONU1, ONU3) и OLT2 приема данни само от ONUs на WSN (ONU2, ONU4).



20

фиг.3

²⁰ система с множество OLT PON

Основният аспект на алгоритъма за гласуване е планирането на предаването на данни на ONU. Обикновено протоколът за гласуване е базиран на цикли, който се използва за избягване на голямо натоварване на трафика, както и на сблъсък на данни, и ограничава максималния прозорец на предаване за всяка ONU. Най-често използваният алгоритъм за избиране е кръгъл-робин, който периодично разпорежда предаването на всяка ONU. За подобряване на производителността на мрежата се използва интерфейсно проучване с адаптивно време за цикъл (IPACT). Интерфейсният алгоритъм за гласуване може да има и различни политики, като алгоритъм за препращане с и без спиране. Във всички алгоритми за преобразуване на заявки OLT съдържа таблица за избиране, която предоставя информация за RTT на всяка ONU и тяхното действие.

По време на предаването нагоре по веригата в един-OLT PON, всички ONU споделят единичен стълб от оптични влакна нагоре, свързан с OLT. За да се предотврати сблъсъкът на данни, дължащ се на множество ONU, предаващи едновременно, се разработва многопрофилен контролен протокол (MPCP). Обикновено операцията MPCP в PON изисква две контролни съобщения, Grant and Report. Съобщението "Отчет" съдържа текущата дължина на опашката на всяка ONU, за да информира OLT. От друга страна, OLT приписва на ONU временен слой от съобщение за безвъзмездна помощ. Планирането на безвъзмездните съобщения от OLT зависи от RTT и от размера на прозореца на предаване на ONU. Тъй като планирането на съобщенията за безвъзмездна помощ зависи от RTT и от размера на прозореца, началното съобщение за безвъзмездната помощ може да бъде изпратено от който и да е от двата OLT²¹.

²¹ Ганчев, И. Компютърни мрежи и комуникации. Пловдив, ИМН, 1999.с. 67-71

1.2 Елементи на мрежата при PON

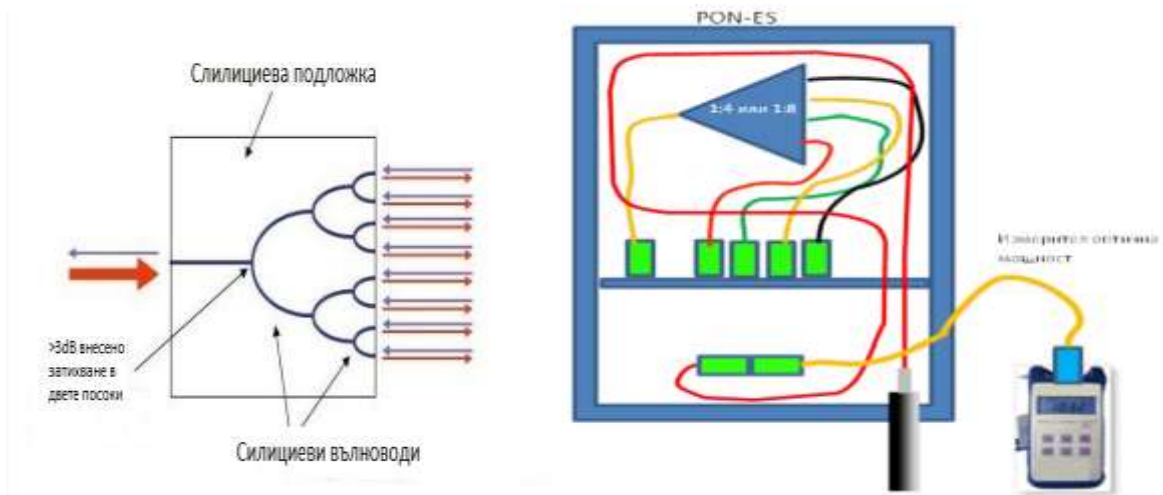
Един от най-важните елементи при изграждането на PON мрежа е разпределителният сплитер. Поради тази причина, той ще бъде разгледан като първи елемент, и ще бъде обяснено каква функция всъщност изпълнява той.

Сплитерите са пасивни разделители на мощност, които позволяват комуникация между OLT и съответните им ONT. Те представляват двупосочно оптично разпределение между устройства с един вход и няколко изхода. Сигналят, който влиза от входния порт (връзката надолу), преминава от OLT и той се разделя на няколко изходни порта. Сигналите, които влизат от изходите (връзката нагоре), идват от ONT и те са комбинирани на входа.

Фактът, че са напълно пасивни елементи, им позволява да работят без външно захранване, намалявайки разходите за внедряване, експлоатация и поддръжка. Те просто въвеждат загуба на оптична мощност върху комуникационните сигнали, които са присъщи за природата.

Монтаж на оптичен сплитер в ES второ ниво ST2 се извършва при заявка за първа услуга. В ES, изпълнителя монтира предварително входящият оптичен кабел /drop cable/. Входящият оптичен кабел е включен в адаптера който се укрепва към дъното на кутията в ES, с помощта на залепващи лепенки. В зависимост от проекта, в ES се монтира оптичен сплитер 1/4 или 1/8.





22

Видове конектори и адаптери използвани при GPON

SC/APC конектор

LC/UPC конектор

ST/PC конектор

FC/PC конектор



Optical Line Terminal

OLT се намира в централен офис и контролира двупосочния поток от информация в мрежата за оптично разпространение (ODN). OLT трябва да

може да поддържат предавателни разстояния между ODN до 20 км (в момента могат да бъдат повече с EDFA). В посока надолу трябва да влезе функцията на OLT глас, данни и видео трафик от мрежа за далечни разстояния и да бъдат предавани до всички ONT модули на ODN. В обратна посока (нагоре) OLT приема и разпространява целия трафик от потребителите на мрежата.

Едновременно предаване на отделни типове услуги на едно и също влакно в ODN се активира, чрез използване на различни дължини на вълните за всяка посока. За трансмисии надолу по веригата, PON използва дължина на вълната 1490 nm за комбиниран трафик на глас и данни за дължина на вълната 1550 nm за видеоразпределение. Използват се трафик на глас и данни нагоре по течението с дължина на вълната 1310 nm . Всеки OLT има за задача да избягва смущения между съдържанието на връзката надолу и uplink канал, като се използват две различни дължини на вълните, които са насложени. За това, техниките за WDM (мултиплексиране с разделяне на дължини на вълните) се използват и се основават на използването на оптични филтри.

Измерването на оптичната мощност при OLT също е необходимо, за да се гарантира това че на ONT се доставя достатъчно мощност. Това трябва да се направи по време на първоначалното активиране, тъй като не може да се повтаря, без да се прекъсва услугата на цялата мрежа.

И накрая, е важно да се спомене, че OLT не излъчва същото излъчване на светлина към всички ONT-та равномерно, зависи от разстоянието, на което те се намират от за него. Следователно, потребител близо до централата се нужда от по-малко енергия, докато отдалечен потребител, ще се нуждае от по-голяма мощност.



OLT²³

[http://www.motorola.com/Video-Solutions/XP-EN/Products-and-Services/Broadband-Access/Optical-Line-Terminals/AXS2200_XP-EN]

Optical Network Terminal

ONT се намира директно в помещенията на клиентите. Целта му е да осигури оптична връзка към PON от страна в посока нагоре и да се свърже електрически към клиентското оборудване от другата страна. Зависи от изискванията за комуникация на клиента или блока от потребители, ONT обикновено поддържа комбинация от телекомуникационни услуги, включително различни тарифи на Ethernet, T1 или E1 (1.544 или 2.048 Mbps) и DS3 или E3 (44.736 или 34.368 Mbps) телефон връзки, ATM интерфейси (155 Mbps) и цифрови и аналогови видеоформати.

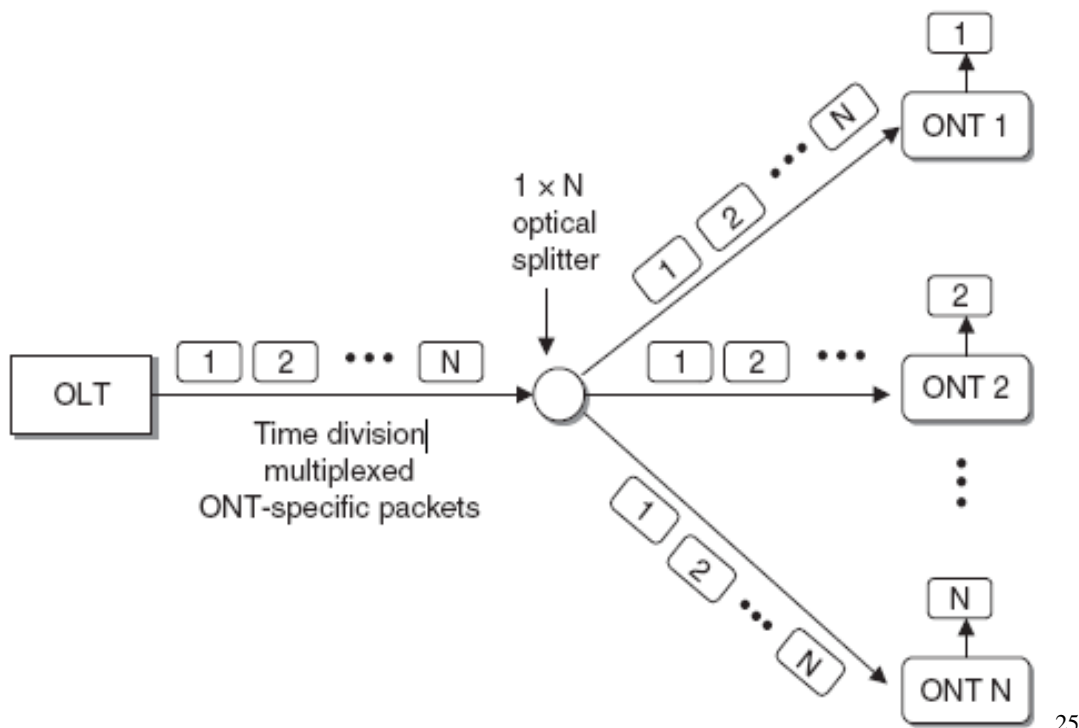
Широко разнообразие от ONT функционални дизайни и конфигурации на

²³ OLT

шасито са достъпни за посрещане на нуждите на различните нива на търсене. Размерът на ONT може да варира от проста кутия, която може да бъде прикрепена към външната страна на къща до значително усъвършенстван модул, монтиран в стандартна вътрешна батерия за електроника за използване в големи MDU или приложения на MTU, като жилищни комплекси или офис сгради.

Накратко, може да се каже, че ONT са елементи, способни да филтрират свързана с конкретен потребител от OLT. Те също така имат функцията за капсулиране на информацията на потребителя и изпращане към OLT заглавката до пренасочване към съответната мрежа. Информацията на OLT се предава, чрез излъчване TDM и достига до всички ONT. Въпреки това, ONT има задачата да филтрира информация, която се насочва само по себе си (в даден интервал от време). Фигурата по-долу показва графично мултиплексиране с разделяне по време на процеса на работа²⁴:

²⁴ Juan Salvador Asensi Pla DESIGN OF PASSIVE OPTICAL NETWORK , 2011, p. 46-53



25

2. Видове PON мрежа

2.1 GPON

Непрекъснато се увеличава търсенето на честотна лента за услуги като Internet Protocol TV (IPTV), видео по заявка (VoD), Voice over Internet Protocol (VoIP) и високоскоростен достъп до интернет. Пасивната оптична мрежа (PON) е мрежова архитектура от точка до много точки, в която мрежовите оптични сплитери се използват, за да се използва един оптичен кабел за обслужване на множество помещения. Пасивната оптична мрежа е форма на фиброоптична мрежа за достъп. Изходящите сигнали се излъчват във всички помещения, разделящи множество проводници. Сигналите

²⁵ Схема за предаване на услуги от OLT до краен клиент

нагоре се предават в начин на мултиплексиране по времетраене на времето (TDM). PON обикновено се състои от централен офис (CO) Оптичен линеен терминал (OLT), един или повече потребителски номера, наречени Оптични мрежови единици (ONU), както и файловете и сплитери между тях, наречени Optical Distribution Network (ODN). Gigabit пасивна оптична мрежа GPON произлиза от PONs мрежите с много висока скорост на бита в Gigabits в секунда. Технологията GPON е еволюирала от Bandwidth Passive Optical Network (BPON), която има скорост на предаване в стотици Megabits per. GPON се превърна в обещаваща технология, тъй като може да достави мулти-услуги с изискваната QoS. Има много PON като ATM PON, BPON, Ethernet PON (EPON), сега GPON и следващото поколение WDM PON. В следващите редове за GPON мрежата, ще бъдат отбелязани и недостатъците като скалируемост и оперативна съвместимост.

GPON е стандартизирано по серия препоръки ITU G.984.1 до G.984.4. GPON има подобрени възможности с APON и BPON. GPON мрежовата архитектура е FTTx network архитектура. GPON може да поддържа много услуги като глас, Ethernet, безжичен разширение и т.н. Тя също така поддържа различни скорости на данни. Понастоящем данните, които се използват, са 24Gbits / sec нагоре и 2.44G бита / сек надолу. Работните дължини на вълните, използвани в GPON диапазона от 1480-1500 nm за посоката надолу и 1260-1360 за посока нагоре. GPON архитектурата се състои от Optical Networking Unit (ONU) на потребителския край и терминала на оптичната линия (OLT) в централния офис. ONU се контролира от OLT, използвайки протокол като OMCI (ONT Management Control Interface). Данните се предават от OLT към ONT надолу по веригата като външен начин и като Time Division Multiplexing (TDM) нагоре по веригата, т.е. от ONT до OLT.

Данните в OLT се преобразуват в електрически сигнали и преминават през фиксатора, който представлява канал за преминаване на сигнала. Разделител, който е пасивен (не консумирана мощност) и се използва за разделяне на сигнала на различни потребители. Но съществуват ограничения за броя на потребителите, използващи единично разделяне на PONas, което намалява енергийния сигнал. Днес тя може да бъде разделена на 128 потребители. Тъй като всички данни (може и да не съответстват на желания потребител) се изпращат с една дължина на вълната на светлината, ONT трябва да филтрира данните, които са предназначени за абонирания потребител. В ONT електрическите сигнали се преобразуват обратно в данни и достъпни от краен потребител.

GPON използва Трансмисионни контейнери (T-CONT) за разпределяне на горната честотна лента. T-Counts дават възможност за качество на услугата в посока нагоре. Има различни видове T-CONTs, които се използват в зависимост от времето, чувствително като VoIP, което е чувствително към времето, така че той разпределя фиксирана честотна лента. GPON е с динамично разпределение на пропускателната способност, която динамично разпределя честотната лента в зависимост от броя на пакетите, налични в T-CONT. След като OLT прочете броя на пакетите, изчакващи в T-CONT, то присвоява честотната лента. Ако в пакета няма чакащи в T-CONT, тогава OLT присвоява трафик на други T-CONT, които имат пакети, чакащи T-CONT. Ако ONT има дълга опашка, OLT може да прехвърли T-CONTS на тази ONT.

2.2. WDM-PON

Най-привлекателният и промоционален начин за достъп до по-голям трафик е WDM-PON. GPON има проблеми със скалируемост, оперативна съвместимост с различни доставчици и споделяне на времето за трафик,

тъй като е споделена мрежа и увеличаваща се в трафика на следващото поколение мрежи от 2,488 Gb / s 10 Gb / s, което води до по-тежки проблеми.

WDM PON е следващото поколение PON, което използва по-големи електронни честотни ленти по електронен път. За разлика от GPON или друг TDM PON, който използва единична дължина на вълната за предаване на данни, WDM PON използва множество неприпокриващи се дължини на вълните на една и съща фигура между ONT и OLT с желаните скорости от крайния потребител. Тъй като WDM PON не е споделена мрежа, може да се използва огромна честотна лента. Стандартите за WDM PON все още не са стандартизирани и все още са в процес на проучване.



2.3 CWDM






Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM) е технология, която се използва като ценово ориентирано решение за пренос на големи обеми от данни при телеком операторите или в комерсиалните мрежи. Оптичните мрежи и специално използването на CWDM технологията, са се доказали като най-ефикасният ценови модел.


CWDM обикновено има способността да пренася до 16 канала (дължини на вълните) в честотната рамка от 1270 nm до 1610 nm през 20 nm интервал на каналите. Всеки канал може да оперира на 1.25, 2.5, 4 или 10 Gbit/s.

CWDM уплътнителните устройства се състоят от пасивни филтри и оптични конектори. При спазване на изискванията на производителя за експлоатация реалният им експлоатационен живот е практически неограничен.

Уредите, инструментите и консумативите не се различават от необходимите за експлоатация на оптични кабелни линии. Специфични са начините на измерване и оценка на стойностите.

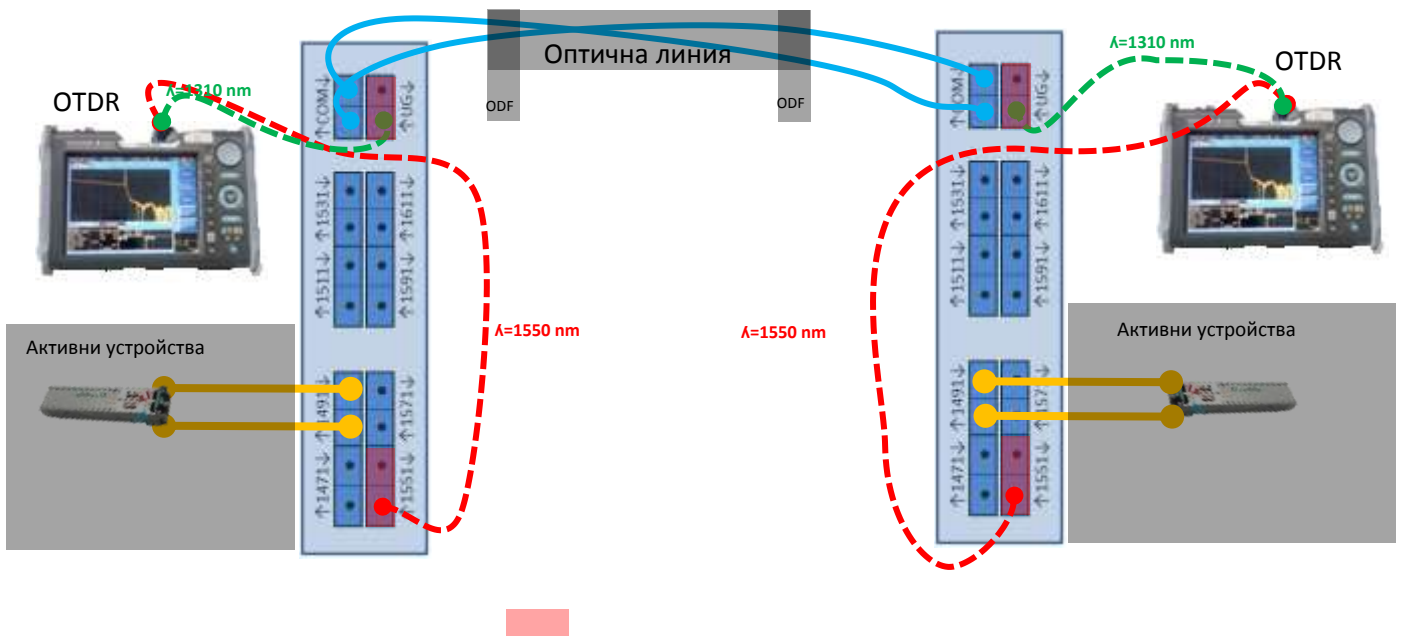
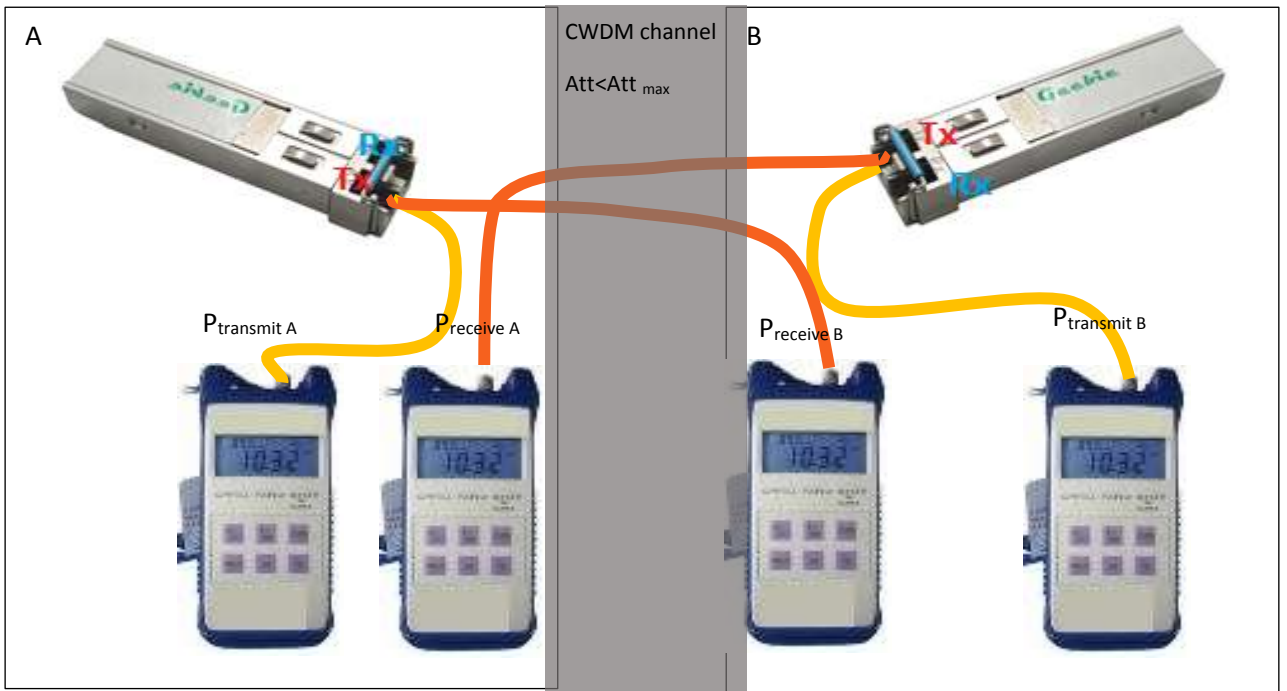
Уред	Параметри (препоръчителни)	Приложение	Изглед (примерен)
Оптичен рефлектометър (OTDR)	<p>Дължина на вълната: 1310,1550,1625(1650) nm</p> <p>Динамичен обхват при: 1000ns – 40dB 10ns – 26 dB</p>	<p>За измерване на затихвания и разстояния до събития в оптични влакна. За локализиране на неизправности във влакна и съединители</p>	
Стабилизиран оптичен източник	<p>Дължина на вълната: 1310nm до 1550nm</p> <p>Оптична мощност в SM : 0.1mW (-10.0 dBm)</p> <p>В качеството на нестабилизиран оптичен източник с CWDM дължини на вълната може да се ползват и Tx портовете на SFP.</p>	<p>За измерване на загуби в оптични кабели и пасивни оптични елементи. Нестабилният източник може да се ползва за индикация и измерване с малка точност (+- 1dB).</p>	

<p>Оптичен източник – видима светлина</p>	<p>Дължина на вълната: ~625-660 nm Оптична мощност в SM : 10-30mW Механичен интерфейс към конектори Ф2,5mm</p>	<p>За визуално локализиране на повреди в оптични влакна на къси разстояния. За контрол при монтаж на оптични съединители.</p>	
<p>Измерител на оптична мощност</p>	<p>Калибрирани дължина на вълната: 1310, 1490, 1550 nm. Диапазон на измерване: +10dBm до – 60 dBm</p>	<p>За измерване на нива на оптичния сигнал в CWDM канали*. За измерване на затихване в оптични линии и пасивни елементи.</p>	
<p>Микроскоп</p>	<p>Увеличение: 100X до 400X Накрайник за: LC/UPC SC/UPC</p>	<p>За наблюдение на челата на оптичните съединители, повреди, дефекти, замърсявания.</p>	
<p>Буферни оптични влакна 2 бр.</p>	<p>L=200m (1000m) ITU.G.652 SC/UPC-LC/UPC</p>	<p>За измерване на съединители в близкия и далечния край на линията с рефлектометър</p>	
<p>Пач-кабели</p>	<p>SC/UPC-LC/UPC – 2m SC/UPC-SC/APC –</p>	<p>За връзка към линията</p>	

	2m Гарантирани стойности на затихването и RL		
Инструменти за почистване на оптични съединители	За SC, LC с чела UPC и APC	За почистване на съединители и адаптери на SC, LC	

При измерване на CWDM канал, с неизвестна дължината на вълната или такава, за която OPM не е калибриран, се избира измерване на оптична мощност (dBm) при $\lambda=1550\text{nm}$. Отклонението на измерената по отношение на действителната мощност е в рамките на 0,5dB за обхвата 1470nm-1610nm.

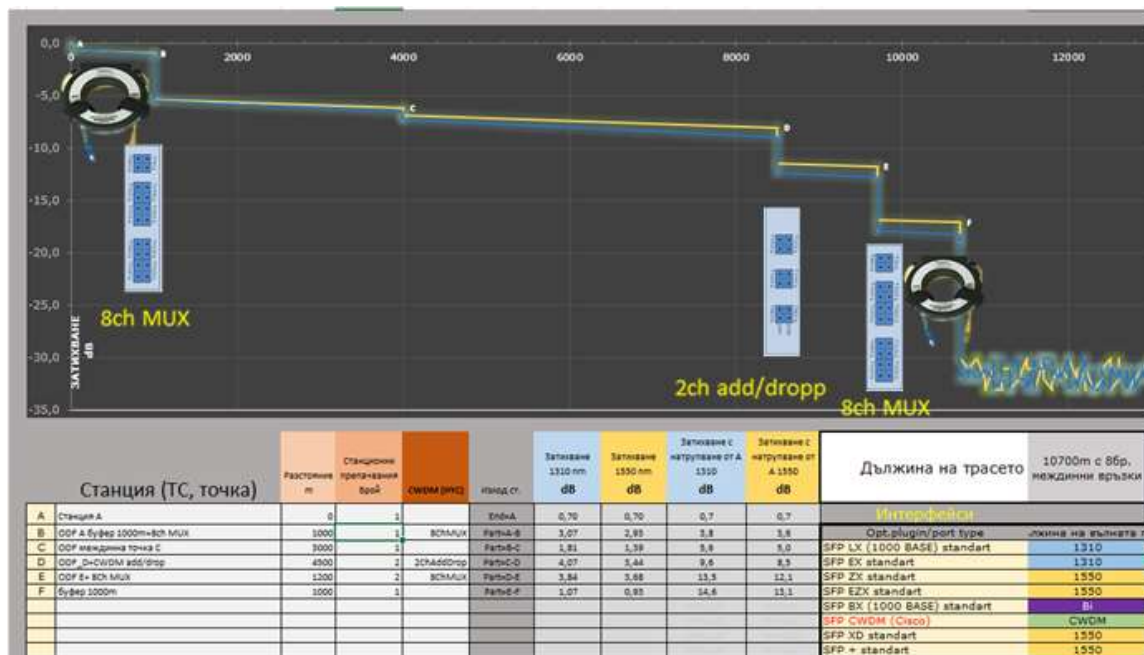
Вид на SFP / производител	тип	Максимално затихване A-B Att max(dB)
SFP CWDM (Cisco)	CWDM	28
SFP 1.25 Gbit/s (Multirate) (HUAWEI)	CWDM	19
SFP 2.67 Gbit/s (Multirate) (HUAWEI)	CWDM	28



²⁶ Портове на CWDM, които могат да се ползват за проверка на линията с OTDR

За локализиране на кабелни повреди във влакна уплътнени с CWDM се използва оптичен рефлектометър – OTDR (Optical Time Domain Reflectometer).

OTDR дължина на вълната	Порт на CWDM за свързване на OTDR
1310 nm	UG IN
1310 nm	1310 nm IN
1550 nm	1551 nm IN
1450 nm, 1550 nm, 1625 nm, 1650 nm	EXP IN



Фиг.4²⁷

²⁷ Норми за затихване в линията

При правилно въвеждане на данните за елементите на трасето в калкулатора рефлектограмата не трябва да показва по-високи стойности на затихванията на мултиплексори, пачове и линиинна част.

На графиката са показани местата и типа на мултиплексорите, така както биха били разположени по рефлектограмата на едно реално трасе.

Проверки с визуални локатори на дефекти – Visual Fault Locator (VFL)



28

Визуалните локатори на дефекти представляват лазери с червена светлина, които позволяват визуално откриване и локализиране на дефекти. С подаването на светлина от видимата област на спектъра лесно могат да се установят настъпили огъвания и прекъсвания на пач-кабели, прекъсвания в съединители и заварки.

VFL не могат да се използват за локализация на повреди в CWDM мултиплексори поради селективния характер на пропускане на филтрите в тях. VFL дава информация само за неизправности в оптичните влакна преди устройството.

Условия, които трябва да се спазват при ползването на VFL

- Няма закачени активни оптични устройства по посока на излъчване на VFL.
- Мястото, което се наблюдава да не е изложено на пряка слънчева светлина;

²⁸ Visual Fault Locator (VFL)

- Да не се гледа директно срещу конектори и влакна, по които се очаква да се получи видимият сигнал.
- Да се използва пулсиращ режим на излъчване, за да се избегнат заблуди при слаб сигнал.

Когато няма “светене“ на проверяваното влакно, но искаме да се уверим в правилността на избора на влакното може изкуствено да въведем огъване с диаметър 1,5-2 cm. В мястото на огъването при въведена достатъчно мощност трябва да се появи дифузно видимо светене. При отсъствие на светене означава, че до точката на огъване не достига светлина от VFL или, че влакното не е това, което се търси.

Параметри на основните градивни елементи на CWDM тракта

Таб.2²⁹

Кабелна част на тракта	ODF	CWDM	Елемент и параметър	Дължина на вълната	Средна стойност	Максимална стойност
X	X		Оптично влакно – коефициент на затихване - a_{fiber}	1310 nm	0.32 dB/km	0.35 dB/km
X	X		Оптично влакно – коефициент на затихване - a_{fiber}	1550 nm	0.19 dB/km	0.25 dB/km
X			Заварка на оптично влакно – затихване - a_s	***	0.10 dB	0.15 dB
X	X		Заварка на оптично влакно – от рефлектограмата – a	***	0,10 dB	+/-0.20 dB*

²⁹ Затихвания и обратни отражения

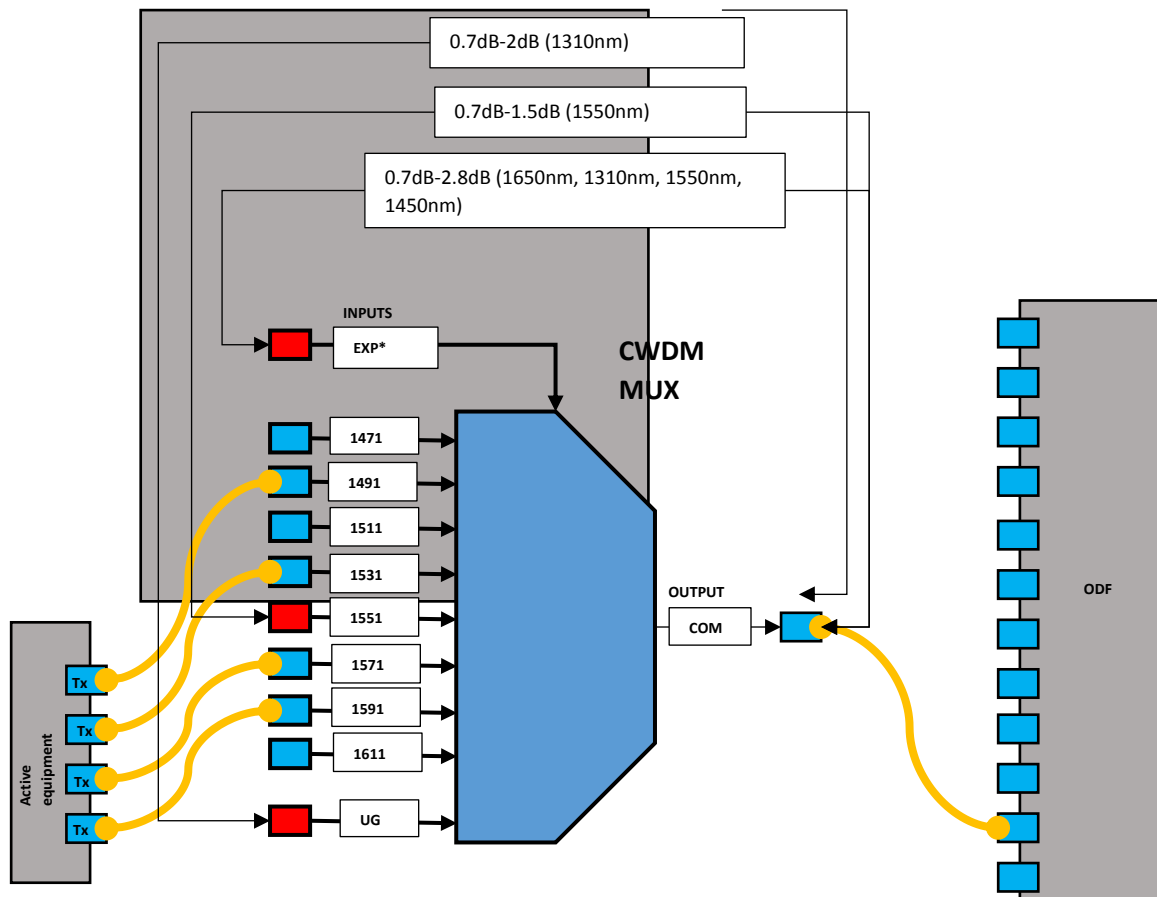
			spl			
x	x	x	Оптичен съединител SC, LC - затихване IL	***	0.25dB	0.5 dB
x	x	x	Оптичен съединител SC, LC UPC - RL			45dB
x	x	x	Оптичен съединител SC, LC APC- RL			55dB**
x	x	x	8 канален CWDM порт IN 1551nm – IL channel	1550 nm	1.5 dB	1.7 dB****
		x	8 канален CWDM порт IN UG - IL band	1310 nm	0.7dB	1.0 dB ****
		x	4-8 канален CWDM порт IN EXP – IL band	1310 nm 1550 nm 1650 nm	0.5 dB	0.7 dB

При заваряване на оптични влакна от един и същи тип (ITU-T G.652 към ITU-T G.652 или ITU-T G.657 към ITU-T G.657). При заваряване на влакна от различни типове са възможни и заварки с по-голяма негативна стойност на скока на рефлектограмата. В тези случаи задължително се провежда измерване в двете посоки за оценка на затихването и определяне на типова стойност на отклонението.

Стойността е за несвързан съединител. При свързан съединител е нормално стойностите да са над $RL > 60\text{dB}$.

Стойностите на затихване за 1310nm и 1550nm не трябва да се различават повече от 0,05dB;

Стойността е за индивидуално затихване само в MUX или само в De-MUX устройство. Когато се измерват последователно общото затихване в канала не може да надвишава 3,7dB.



фиг.5³⁰

EXP порт има само при CWDM MUX/DeMUX с 4 канала. В край В на линията нещата изглеждат симетрично в DeMUX устройството.

Необходими помощни средства:

- 2 буферни влакна SC/UPC-LC/UPC минимум 200m;

³⁰ Диаграма на точките на измерване за мултиплексорите

- Адаптерни пач-кабели SC/APC-SC/UPC и адаптер SC, ако OTDR е с SC/APC съединител
- VFL
- Комплект за почистване на LC, SC съединители ³¹.

2.4 Ethernet

Докато електрическите 10 и 100 Mbit / s Ethernet връзки се използват в мрежа за достъп, оптичните 1 и 10 Gbit / s Ethernet (GbE) връзки стават все по-популярни в основната мрежа. Понастоящем могат да бъдат 1 GbE сигнали носещ електрически и оптичен сигнал, а над 10 GbE сигнали са само оптични. IEEE наскоро определи и оптичен Интерфейс 100 Mbit / s за достъп на абоната. 1 GbE връзки използват 8B/10B блоковото кодиране, което води до линейна скорост от 1,25 Gbit / s, а 10 GbE използва 64B/66B блоково кодиране в резултат на 10,3 Gbit / s линейна скорост. Функцията OAM изисква допълнителен контролен протокол.

Причините за популярността на Ethernet са сравнително ниската цена, лекота на използването и инсталирането и използването на Ethernet в транспорта на жилищни данни. Ethernet се използва в основната мрежа главно от новите доставчици на услуги с налична мрежова инфраструктура и от други доставчици, които не поддържат наследствен гласов транспорт, като например кабелни оператори.

Услугите за достъп до Ethernet са логическа еволюция към потребителите, базирани на пакети достъп. Тези услуги предлагат конфигурируема широчина на честотната лента (повече гъвкавост от

³¹ Инструкция за строителство на оптична инфраструктура БТК 2015, актуализация 2016, 2017

налични в транспорта E1 или STM-1), могат да бъдат използвани върху влакна или медни линии и имат прост интерфейс за абонатно оборудване.

Най-важното е че Ethernet услугите за достъп позволяват мащабируем модел на приходите за превозвачите, тъй като много видове услуги могат да бъдат предоставени на клиентите по една и съща физическа връзка. Едно нещо обаче е сигурно, за да поддържат услугите за достъп до Ethernet, основната мрежата трябва да поддържа Ethernet транспортните услуги.

Ethernet транспортните услуги са известни също като Ethernet Wide Area

Мрежови (WAN) услуги. По принцип тези услуги могат да бъдат класифицирани като точка, и много точки към много точки.

Ако трябва да разгледаме положителните и отрицателните черти на Ethernet трябва да се отговори на няколко основни въпроса:

- Ограничения на броя на клиентите? Виртуална локална мрежа идентификаторът (VLAN ID), използван за идентифициране на трафика, е 12 бита и по този начин ограничава превозвача до 4096 клиенти.
- Следене на услугата? Ethernet няма вграден механизъм за мониторинг на услугата.
- Мащабиране на гръбнака L2? Протоколът за прокарване на дървета не се мащабира за честотна лента, но блокира няколко порта, за да предотврати появяването на кръгове топологии.
- Предоставяне на услуги? Маркерът VLAN трябва да бъде пренесен в цялото мрежа, което не е лесна задача и води до невъзможна мрежа

машабиране.

- Работейки съвместно с наследство? Frame Relay е широко разпространено и е необходима функционалност, позволяваща Ethernet и Frame Relay услуги да работят заедно.

Услуги от точка до точка? Това също е известно като Ethernet Line Service (ELS) и той може да бъде разделен на два типа услуги: Ethernet Wire Service (EWS) и Ethernet релейно обслужване (ERS). EWS е Ethernet аналог към частната линия или частна телени услуга, където се установява физическа връзка между два обекта. В зависимост от използвания метод на транспортиране (капсулиране на рамката или на местния превозвач), може да бъде предоставена различна функционалност между крайни точки. ERS е услугата Ethernet аналогова към FR, където е множество връзките от точка до точка са установени между два обекта. Това изисква координиране на Ethernet VLAN ID и дава възможност за услуга мултиплексиране между сайтове. В резултат на това той предлага Hub-and-Spoke свързаност на предприятието, както и Доставчик на интернет услуги (ISP) към клиентската свързаност.

Услуга от няколко точки до много точки? Това също е известно като Ethernet LAN Услуга (E-LAN) и може да бъде разделена на две категории: Ethernet Мултипойнт услуга (EMS) и Ethernet реле мултиплицитна услуга (ERMS). EMS е аналог на WAN към многоточковата възможност за Ethernet LAN Уникаст рамки се доставят с помощта на стандартни възможности за самообучение и препращане на Ethernet мостовете и излъчваните кадри се репликират на всички сайтове. Като например, EMS е добър начин за свързване на няколко университета заедно. ERMS е а

комбинация от EMS и ERS и позволява едновременна употреба на многоточкови слоеве-2 услуги и достъп до интернет в една и съща UNI. Той се използва от ISP, които са заинтересовани от предлагането на услугата мултиплексирани услуги от множество точки до много точки³².

2. Сравнение на разпределението на динамичния трафик за EPON, GPON и TDM PON от следващо поколение

Динамичното разпределение на честотната лента в пасивно-оптичните мрежи представлява ключов въпрос за осигуряване на ефективно и справедливо използване на честотната лента на PONupstream, като същевременно се поддържат QoSrequirements на различните класове трафик. Тук е направено сравнение на типичните характеристики на DBA, като използване на широчина на честотната лента, закъснение и трептене при различни натоварвания на трафика, в рамките на два стандарта за PON, Ethernet PON и Gigabit PON. Специален PON стандарт определя рамката за работата на DBA и ограниченията, с които се сблъсква. Илюстрирани са различията между EPON и GPON чрез симулации за двата стандарта. Освен това се разглежда еволюцията на двата стандарта към техните следващи поколения генериране с битрейт от 10 Gb / s и последиците за DBA. Един алгоритъм за новини от GPON DBA се използва за илюстриране на ефективността на GPON. Показано е, че дължината на цикъла на гласуване играе решаваща, но различна роля за работата на DBA в двата стандарта.

³² Тошков А.,З., Ethernet в оптичните мрежи, БСУ, Бургас , 2011г.

Пасивните оптични мрежи (PON) осигуряват мощно решение от точка до много точки, за да задоволи нарастването на търсенето на капацитет в частта за достъп до комуникационната инфраструктура, между централните офиси на доставчиците на услуги и сайтовете на клиентите. PON се състои от оптичен терминал (OLT), намиращ се в доставчика на СО и множество оптични мрежови единици (ONU) в помещенията на клиента. В трафик на множествен път (TDM) PONdownstream трафикът се обработва от излъчвания от OLT към всички свързани ONUs, докато в посока нагоре е необходим арбитражен механизъм, така че само на едно ONU да е позволено да предава данни в даден момент от времето поради споделения канал нагоре по веригата. Началният час и дължината на всеки слот за време за предаване на ONU са планирани, като се използва схема за разпределение на широчината на лентата. За да се постигне гъвкаво споделяне на честотната лента сред ползвателите и използването на широколентови мрежи, е необходима схема за динамично разпределение на честотната лента (DBA), която може да се адаптира към постоянното търсене на трафик.

Съществуват два основни стандарта за PON, Ethernet PON (EPON) и гигабит PON (GPON). Поради значителните различия между стандартите EPON и GPON (различни формати на контролните съобщения и т.н.), има много последствия за подходите на DBA и начина, по който схемата за ефективно разпределение на честотната лента трябва да бъде проектирана за тези два сигнала.

2.1 Стандарти на EPON и GPON

В тази точка, ще бъдат сравнени двата стандарта EPON и GPON, които определят рамката за работа с DBA. Двата стандарта обхващат различни

философии, като EPON е базиран на класически стандарт с по-свободни хардуерни изисквания и GPON, базиран на относително комплексен стандарт с по-строги хардуерни изисквания и по-голям фокус върху осигуряването на качество на услугата (QoS). Тези основни различия определят, че DBA трябва да се проектира, за да се справи с наложените изисквания за трафик и справедливост, като същевременно запази ефективното използване на споделения нагоре канал на PON. GPON е изправен пред различни предизвикателства и е необходимо да бъдат разработени нови алгоритми на DBA, специално пригодени към стандарта GPON.

В EPON, линиите надолу и нагоре са 1,25 Gb / s, но поради 8B / 10B lineencoding, скоростта на предаване на данни е 1 Gb / s. Времето за сигурност между два съседни времеви слота, съставени от времето на лазерното включване, автоматичния контрол на печалбата (AGC) и часовниковата честота (CDR) се използват за диференциране на предаването от различни ONU в даден канал.

IEEE 802.3ah има определени стойности (класове) за AGC и CDR. В EPON, Multiple Control Protocol (MPCP) се изпълнява на слоя за достъп до средата на достъп (MAC), за да се извърши разпределение на честотната лента, процес на автоматично откриване и обхват. Съобщението GATE пренася предоставената от оператора информация за широчината на лентата на ONU в посока надолу по веригата, докато съобщението REPORT се използва от ONU, за да докладва заявката си за широчина на честотната лента към OLT в посока нагоре. Техният обмен позволява да се определят времевите слотове според трафика и индивидуалните ONU и

наличната ширина на лентата. Размерът на REPORT and GATE се определя като най-малкия размер на Ethernet рамката (64 байта).³³

GPON осигурява прост и ефикасно средство за настройка на система за множество класове услуги. В GPON могат да се задават няколко режима за отчитане на състоянието. Сравнението между EPON и GPON се основава на сравним тип комуникационен режим между OLT и ONU, където ONU изпращат съобщения или отчети за състоянието, съдържащи буферни размери, докато OLT изпраща съобщенията на ONUs GATE или grants, които съдържат предоставените времеви интервали.

Текущите GPON и EPON стандарти се намират на границата с развитието на стандартите за генериране на нови технологии, подкрепящи 10 Gb /s downstream разпределение на честотната лента, заедно с по-висока поддръжка на трафик нагоре. Решенията, базирани на EPON, са опити за голямото навлизане на пазара и са широко разгърнати, особено на азиатския пазар. За да се отговори на все по-нарастващите изисквания за широчина на честотната лента от крайните потребители, е създадена 10G EPON Task Force, известна като IEEE 802.3av, с инициатива да стандартизира изискванията за следващото поколение 10G EPON през 2006 г. 10G EPON използва 64B / 66B линейно кодиране с линейна скорост 10.3125 Gb / s вместо 8B / 10B кодиране на линия с линейна скорост от 1.25 Gb / sused в 1G EPON. За EPON се предполага, че времето за осигуряване на сигурност е със същото време, докато контролните съобщения (т.е. REPORT / GATE) са едни и същи в байтови единици.³⁴

2.2 Предимства и недостатъци на PON

³³ Sameer Ashfaq Malik (2008). 10G EPON- Unleashing the Bandwidth Potential. ZTE White Papers.

³⁴ A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON, academia.edu ,(25/02/2018 11:00)

За да се разбере защо FTТх архитектурата се основава на PON мрежа, е необходимо да се направи пряко сравнение между точките от точка до точка (P2P), пасивната мрежова точка (PON) и активните мрежи от точка до много точки (AON). PON са най - подходящи за дизайна на физическа мрежова архитектура за внедряване на FTТх. Фактът, че има линии специално предназначена за потребителя към централния офис (където е OLT), значително намалява разходите за първоначално внедряване на мрежата.

Що се отнася до активните мрежи, включването на активни елементи увеличава не само разходите за внедряване на самата мрежа, но и за експлоатацията и поддръжката на същата, като я принуждава да я управляват и централизират на софтуерно и хардуерно ниво.

PON намалява тези ненужни разходи. В заключение, използването на PON архитектури означава много важни предимства при проектирането, инсталирането и последващата поддръжка на мрежата.

Много от свойствата на PON се дават чрез използването на влакна и разбира се на пасивни елементи, които съставят мрежата и които са добавени към конкретната конфигурация на звезда или дърво и дават някои предимства пред други топологии. Това дава на PON две несъмнено важни предимства: спестяване на разходи при изпълнение и капацитет и честотната лента на пасивните оптични мрежи. Тези предимства обаче не са единствените. Някои от тях, ще бъдат изброени по-долу:

PON позволява по-дълги разстояния между централните офиси и клиентските помещения. Докато цифровата абонатна линия (DSL) е с максимално разстояние между централния офис и клиента само около 5.5км. Локалната електрическа верига PON може да работи на разстояние от над 20 километра.

Възможност за предоставяне на всеки информационен източник с различна дължина на вълната, избягвайки смесването на сигнали помежду си, и улеснявайки разпространението от OLT до различните ONT.

Използването на пасивни елементи в мрежата предполага по-ниска цена на изпълнението. От една страна, тя намалява разходите за инсталиране на активни елементи, а от друга страна, цената на пасивния елемент е много по-ниска.

Инсталирането на PON от тези елементи е много по-икономично, и предотвратява разходите за експлоатация и поддръжка, като липса на падане или поддръжката на мрежовите емисии. Накрая, трябва да се отбележи, че високата честотна лента, позволена от системите въз основа на PON архитектури, които могат да достигнат скоростта от 10 Gbps до потребителя. Нуждата от увеличаване на честотната лента и скоростта в днешно време са само още една обосновка за използването на PON.

Въпреки многото предимства, които имат PON да притежава собствена конфигурация, има и някои недостатъци, свързани с нея. Един от първите недостатъци, които трябва да се имат предвид, е причинен от разпространението на информация от OLT до различните ONT. Фактът, че делител разпределя информация от OLT до всички ONT води до намаляване на ефективността на мрежата. Общият капацитет е разделен на много ONT свързани към сплитер, така че ефективността на канала е по-ниска, отколкото във връзката от точка до много точки. В допълнение, трябва да се отбележи че PON има предварително зададена скорост, тя е принудена да работи с тази скорост, но осигурява азлични скорости за обслужване на клиенти. Например ONT, който осигурява 100 Mbps към клиента се изисква да работи при по-високи скорости: 1,25 Gbps или 2,5

Gbps.

Освен това фактът, че цялата информация се предава през един и същ физически канал увеличава вероятността от загуба на сигурност и принуждаване да се създаде високо ниво на криптиране.

По отношение на сигурността PON архитектурата е чувствителна към външен саботаж. Този проблем се дължи на естеството на самата предавателна среда. Инжектиране на константа светлината до определена дължина на вълната маскира всички комуникации и услугите имат тенденция да падат. Грешка в OLT заявката предполага голямо въздействие тъй като всички ONT и сплитери, свързани с него, са засегнати. Инсталирането на няколко OLT предполага достатъчно намаляване на разходите за разгръщане на мрежата значително. ONT на PON са доста чувствителни към нивата на спада, а в много случаи и бюджетът за хранване на мрежата е доста ограничен. Този бюджет е пряко свързан с:

- Капацитетът на сплитери. По-голям брой потребители, с по-малка мощност до всички от OLT.
- Максимално разстояние за постигане. Колкото по-голямо е разстоянието между OLT и крайните потребители, по-малко мощност ще достигне съответните ONT.

Въпреки недостатъците, посочени по-горе, най-изгодно конфигурацията за внедряване на FTТх е PON. Две от най-важните условията, които оправдават използването на тази архитектура, са: Икономическите спестявания, произтичащи от разгръщането на мрежите на PON по отношение на други две конфигурации (от точка до точка и активна оптична мрежа) и гъвкавостта на мрежата, която позволява използването на канал чрез а голям брой потребители.

Няма дефинирана стандартизация на нивата на структурите и функциите на FTTx мрежи, освен физически. Някои организации са развили определена характеристика на FTTx мрежи, включително структурни нива, подобни на нивата на OSI. Една FTTx мрежа може да се счита, че има различни слоеве:

пасивната инфраструктура, включваща канали, влакна, заграждения и други външни инсталации; на активна мрежа, включваща електрическото оборудване; услуги на дребно, които предвиждат интернет свързаност и управлявани услуги като IPTV; и разбира се крайните потребители.

Пасивната инфраструктура включва всички необходими физически елементи за изграждане на оптичната мрежа. Това включва физически обекти като оптичните влакна, окопи, тръбопроводи и стълбове, върху които е разположена, ES, оптични разпределителни рамки, пач панели, рафтове за снаждане и така нататък. Организацията, която отговаря за този слой, обикновено отговаря за планирането на мрежови маршрути, преговори за право на пътуване и строителните работи за инсталиране на влакното.

Активната мрежа се отнася до необходимото електронно мрежово оборудване, което да осигури жизнеспособна пасивна инфраструктура, както и оперативна поддръжка на системи, необходими за комерсиализиране на оптичната свързаност³⁵.

³⁵ Juan Salvador Asensi Pla DESIGN OF PASSIVE OPTICAL NETWORK , 2011, p. 53-57

Заклучение

Оптичните влакна могат да бъдат използвани като алтернатива на медните проводници за телекомуникация, защото са гъвкави и могат да бъдат свързани заедно в кабел. Влакната могат да бъдат направени както от прозрачна пластмаса, така и от стъкло, но в далекосъобщителните мрежи влакната са винаги от стъкло, заради по-ниските загуби от поглъщане. Принципът на предаване на светлина по оста на влакното използва ефекта на пълно вътрешно отражение в средата, който се постига с изработването на влакното от ядро и външен слой с различен показател на пречупване на светлината. Това важно свойство на оптичното влакно не позволява преплитането на информация между отделните влакна в един кабел и позволява кабелът да се извива и усуква. Използваната светлина обикновено е с дължина на вълната от инфрачервената област, а светлинните източници са най-често лазерни. За предаване на информация влакната обикновено се използват по двойки, като всяко от влакната носи сигнал само в една посока. Двупосочната комуникация е възможна и само по една нишка, стига да се използват две различни дължини на вълните (цвята) и подходящи съединители, отклонители и разклонители.

Влакната, използвани в телекомуникацията, са най-често с диаметър 125 μm . Макар и толкова тънко, оптичното влакно може да се разглежда като цилиндричен диелектричен вълновод, в който разпространението на светлината се подчинява на законите за разпространение

на електромагнитното излъчване. В частност, интензитетът на светлината има няколко възможни конфигурации или моди. При разпространение само на един мод влакната се наричат едномодови, а на няколко мода – многомодови. Ядрото на едномодовите влакна е с диаметър 9 μm , докато многомодовите ядра са с диаметър 50 μm или 62,5 μm .

Влакната, използвани за преодоляване на големи разстояния, са едномодови, тъй като типичният едномодов оптичен кабел може да поддържа разстояния от 80 до 200 km. Той има много по-добра функционалност в сравнение с многомодовите влакна, където предадената чрез различните моди светлина пристига по различно време и в резултат сигналът се разсейва. Затова повечето многомодови се използват на максимално разстояние от 300 до 500 m. Едномодовото оборудване е обикновено по-скъпо от многомодовото.

Поради забележително ниските загуби и отличното поведение при провеждане на светлината, при едномодовите оптични влакна са възможни скорости до 40 Gbps при реални условия, ако се използва една дължина на вълната. При използване на повече вълни на една и съща нишка, тя може да провежда честотна лента от много терабита в секунда.

Съвременните кабели могат да съдържат хиляди нишки, така че успешно да задоволят дори днешните огромни изисквания за пренос на информация от точка до точка.

Библиография

Библиографско описание на нормативни документи :

Инструкция за строителство на оптични кабелни линии, БТК , НИИС, 2004

Инструкция за строителство на оптична инфраструктура БТК 2015, актуализация 2016, 2017

Наредба За правилата за изграждане на кабелни далекосъобщителни мрежи и съоръженията към тях, БТК, 2005

Библиографско описание на на книга от един автор :

Ганчев, И. Компютърни мрежи и комуникации. Пловдив, ИМН, 1999

Тошков, А., Анализ на връзките между конструктивните и експлоатационните параметри на оптичните влакна , Варна 2011г.

Тошков А.,З., Ethernet в оптичните мрежи, БСУ, Бургас , 2011г.

Тошков А., Проектиране и изграждане на оптични мрежи , Бургас 2011

Dutton, H., Да разбираме оптичните комуникации, 1998

Juan Salvador Asensi Pla DESIGN OF PASSIVE OPTICAL NETWORK , 2011

Sameer Ashfaq Malik (2008). 10G EPON- Unleashing the Bandwidth Potential. ZTE White Papers.

Библиографско описание на книга от двама автори :

Рабов, С. , Христов, Л., Оптични комуникации , София 2002

Chang-Hee Lee, Wayne V. Sorin, Byoung Yoon Kim Fiber to the Home Using a PON Infrastructure, IEEE, vol.24, no. 12, dec 2006

Rich Baca and Muneer Zuhdi. Technological challenges to G-PON operation, IEEE, OFC/NFOEC 2008

Библиографско описание от Internet:

A comparison of dynamic bandwidth allocation for EPON, GPON, and next-generation TDM PON, academia.edu ,(25/02/2018 11:00)

Ram Krishna DDG (FLA), Mrs. Laxmi Director (FLA), Naveen Kumar ADG (FLA). WDM PON: Emergence from TDMA to WDM for FTTx based Applications, Telecommunications Engineering Centre, Govt of India, Jan 2013

International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN) Vol. 3, No. 6, December 2011 www.researchgate.net (последно посетен 01.03.2018г.)

Списък на използваните съкращения

APON ATM Passive Optical Network

AON Active Optical Network

ATM Asynchronous Transfer Mode

CWDM Coarse Wavelength Division Multiplexing

DWDM Dense Wavelength Division Multiplexing

EDFA Erbium-Doped Fiber Amplifier

EPON Ethernet Passive Optical Network

FSAN Full Service Access Network

FTTB Fiber To The Building

FTTH Fiber To The Home

FTTx Fiber To The x

GPON Gigabit Passive Optical Network

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

IPTV Internet Protocol TV

ISP Internet Service Provider

ITU-T International Telecommunications Union - Telecommunication
Standardization

Sector

LAN Local Area Network

MAN Metropolitan Area Network

OAM Operations, Administration and Maintenance

ODN Optical Distribution Network

OLT Optical Line Termination

ONU Optical Network Unit

ONT Optical Network Termination

PON Passive Optical Network

TDM Time Division Multiplex

TDMA Time Division Multiple Access

WDM Wavelength Division Multiplexing

WDM-PON Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network

10G-EPON 10 Gigabit Ethernet Passive Optical Network