

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА ОПТИЧНИ GPON МРЕЖИ

Емилия Димитрова, Божидар Розев
edimitrova@bitex.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: оптични мрежи, GPON, проектиране, изграждане

Резюме: GPON (Gigabit Passive Optical Network) мрежите са сравнително нова технология, но намират все по-голямо приложение в изграждането на оптични мрежи: както на къси разстояния, така и мрежи на разстояния около 50 км. GPON е мрежова архитектура тип точка до много точки, която осигурява оптично свързване на сгради и използва захранвани оптични сплитери, през които сигналите се доставят по едно оптично влакно до много частни домове и офис помещения. Пасивната оптична мрежа съдържа устройство за терминиране на оптичната линия (OLT), което се намира в централния офис на доставчика, и определен брой оптични мрежови устройства (ONU), монтирани близо до крайните клиенти. Конфигурацията GPON намалява броя на оптиката и на централното оборудване, изисквано при архитектури тип точка до точка. Особеност при GPON мрежите е използването на мултиплексиране чрез различни дължини на вълната (WDM) за осигуряването на работа в пълен дуплекс върху едно влакно. Приема се, че данните към клиента се предават на 1310 nm, а в обратната посока – на 1490 nm. Сигнал с дължина на вълната 1550 nm се използва понякога за предаване на данни към клиента при предоставяне на допълнителна услуга. В доклада са представени правила при проектирането на GPON оптична мрежа, разгледани са изискванията при използване само на оптичен кабел и пасивни компоненти (сплитери и обединители, без усилватели, ретранслатори и др.). Стойността на тези мрежи е значително по-ниска от тези, които използват активни компоненти.

ВЪВЕДЕНИЕ

Комуникационните услуги се характеризират с бурно развитие през последните няколко години [1-3]. В продължение на много години частните потребители използваха телефония като единствена комуникационна услуга, но вече има много други услуги. Телекомуникационните оператори, които предоставяха аналогова телефония, също искаха да осигурят достъп до новите комуникационни услуги на своите клиенти. Технологията ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), използвана в мрежите за достъп между телефонните централи и клиентите, е достатъчна в някои случаи, но обхватът на ADSL решенията е сравнително ограничен и затова тази технология отстъпва място на нови – със значително по-разширени възможности.

Оптичната технология се използва от много години в комуникациите на дълги разстояния. Разработени са мрежови решения за достъп, базирани на оптични влакна, позволяващи много бързи връзки към крайните клиенти. Дори и в случаите, когато влакната стигат до крайните клиенти, оптичните сигнали обикновено се доставят до позиция, близка до група клиенти, и оттам се разделят за всеки отделен клиент. Такива системи обикновено се изпълняват като пасивни оптични мрежи (PON), което означава, че няма активни компоненти (като усилватели и ретранслатори) между крайните точки на оптичната мрежа, а само пасивни компоненти като сплитери и комбиниращи устройства. Това опростява мрежата и я поддържа значително, но в същото време ограничава обхвата ѝ приблизително до 50 km – при активна оптична мрежа (AON) обикновено достига до 100 km [5, 6, 7]. Разделянето на влакно в GPON (Gigabit Passive Optical Network) е типично 1:32 или 1:64 (т.е. всеки PON може да обслужва до 32 или 64 клиенти). Някои системи поддържат разделяне до 1:128.

ОСОБЕНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗГРАЖДАНЕ НА GPON МРЕЖИ

Проектирането на GPON мрежи се състои в определяне на всички физически и структурни елементи, които изграждат топологията на Оптична разпределителна мрежа ODN (Optical Distribution Network), от нейното начало до всеки битов или корпоративен абонат. Основно тук се избира броят на крайните точки ONU (Optical Network Unit) в начална фаза на разгръщане на мрежата, като се отчита очакваното развитие; броят на оптичните сплитери и затихването с отчитане нивата на сигналите в права и обратна посока и чувствителността на приемните устройства. След определянето на структурните елементи може да се пристъпи към проектиране на активната част от мрежата, която се състои в избора на всички комуникационни съоръжения и други активни елементи, които позволяват преноса на данни от централата до офисите и домовете на всички крайни потребители на услугите. Тази втора част е свързана и със специфични изисквания към устройствата в зависимост от това каква политика би избрал доставчикът за пренос на данни или телевизия, което предполага изключително много и различни конфигурации на различни производители. Основно тук се избира концепцията GPON, видът и броят на главните терминали OLT (Optical Line Termination) (фиг. 1а), както и видът на крайни устройства ONU (фиг. 1б), изчисляват се енергийните нива, видът и характеристиките на устройствата за мултиплексване по дължината на светлинната вълна WDM (Wavelength Division Multiplexing), които използват GPON в права посока 1310 nm, в обратна посока 1490 nm [1, 2, 3].

Изграждането на GPON се извършва с помощта на оптични влакна, като по едно влакно може да се изпраща сигнал до множество клиенти. Всеки клиент получава своя сигнал в различен времеви интервал. Структурата Point-to-Multipoint – от точка до множество точки, съдържа главен терминал OLT, инсталиран в средата на мрежата, към който са свързани множество крайни устройства ONU, а при крайния потребител услугата се предоставя посредством 1:N оптичен сплитер (фиг. 1в).

ОСНОВИ НА GPON МРЕЖИ

Оборудването за предаване в GPON мрежата се състои само от терминаращи оптични устройства (главен терминал OLT в централното оборудване, а при абонатите ONT – optical network terminal) и оптично мрежово устройство (ONU). Започвайки от централното оборудване, има само едно оптично влакно (едномодово) до пасивния оптичен разделител на мощност близо до местоположенията на потребителите (фиг. 2). Това устройство разделя оптичната мощност на N брой отделни линии към абонатите. Броят на пътеките при разделяне може да варира от 2 до 64 – от оптичния сплитер към индивидуалните потребители.



Фиг.1а OLT оборудване



Фиг.1б ONU оборудване



Фиг. 1в Видове крайни разпределителни кутии

Оптичният обхват на преноса на влакна от централното оборудване до всеки потребител може да бъде до 50 km [1, 6, 7].

ХАРАКТЕРИСТИКИ НА GPON МРЕЖИ

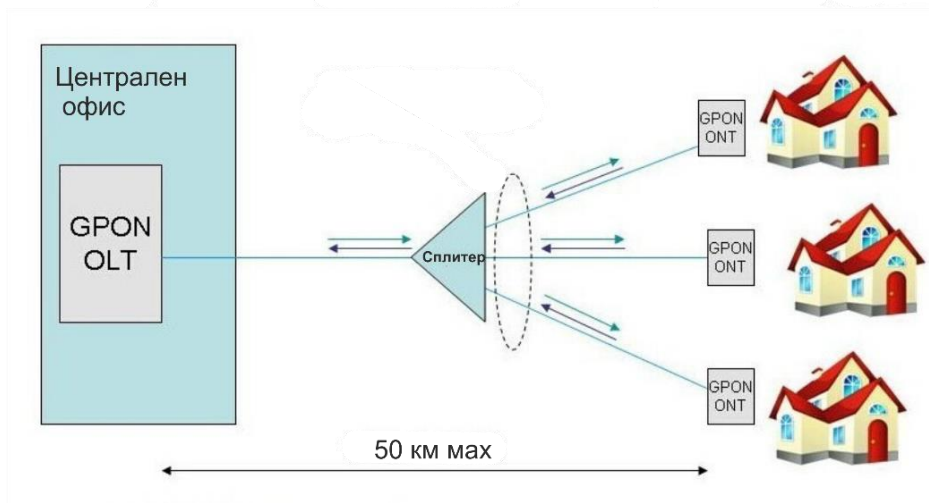
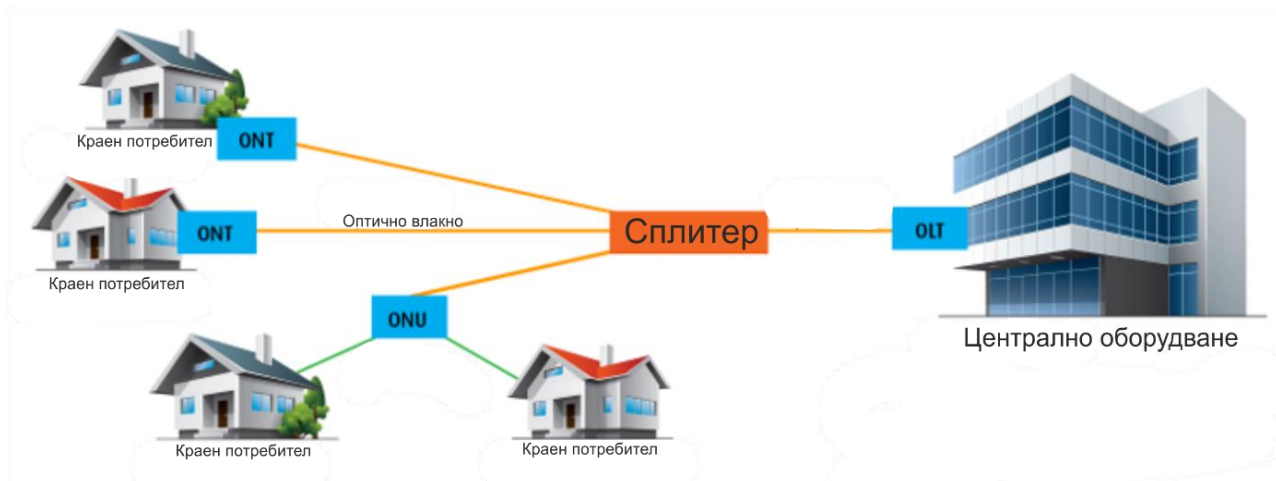
Работният диапазон на дължината на вълната е 1310 nm в една посока и 1490 nm в обратна посока. В допълнение, диапазонът на вълната 1550-1560 nm се използва за разпространение на видео сигнал.

-Forward Error Correction (FEC)

Корекция на грешките (FEC) е математическа техника за обработка на сигнала, която кодира данни, така че да могат да бъдат открити грешки и коригирани. С FEC е налице излишна информация, предавана заедно с оригиналната информация. FEC води до увеличаване на затихването в линията до приблизително 3-4 dB.

- Предавателни пакети (контейнери)

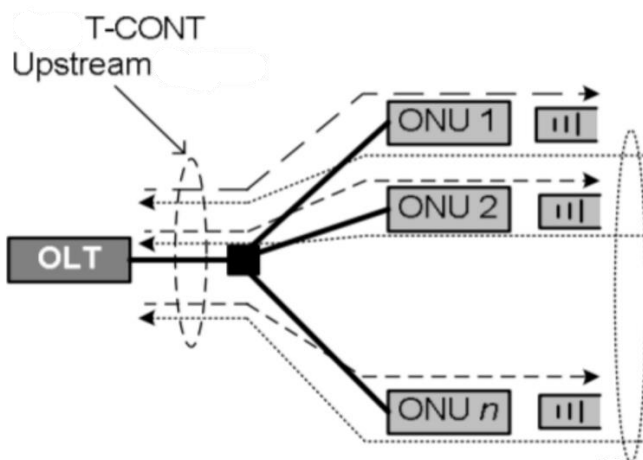
Използват се предавателни контейнери (T-CONT) за управление на пренос на данни по веригата за разпределение в GPON. ONU изпраща трафик, използвайки един или повече контейнери T-CONTs. Това позволява качеството на услугата да се подобри (Фиг. 3).



Фиг. 2. Оптичен обхват до краен потребител

-Динамично разпределение на честотната лента

Динамичното разпределение на честотната лента (DBA) е методология, която позволява бързо приемане на потребителските разпределения на честотната лента въз основа на текущия трафик. DBA се контролира от OLT, като разпределя обема на честотната лента за ONU [1, 3, 4].



Фиг. 3. T-CONT разпределение от абонатите към главния терминал

ОПТИЧНИ СПЛИТЕРИ

Типичният PON свързва едно влакно от оптичен линеен терминал (OLT) към множество оптични мрежови крайни устройства (ONU). Връзката между OLT и множество ONU се получават с помощта на един или повече пасивни разклонителни устройства по пътя на влакното. В същността на PON е пасивен оптичен сплитер. Това устройство има един вход и множество изходи. Обикновено броят на изходите са 2^n (например, 2, 4, 8 и т.н.) и оптичната мощност се разделя равномерно между изходите. От правилото на палеца оптичната мощност на всеки изход е намалена спрямо входа с коефициент $n \times 3.5$ dB:

$$(1) \quad 10 \lg 2^n = n \cdot 10 \lg 2$$

Много разпространен метод за изчисление на внесените загуби A от затихване от оптичен сплитер е:

$$(2) \quad A = \alpha L = 10 \cdot \lg(\phi_t / \phi_r), \text{ dB}$$

където ϕ_t е оптичната мощност в началото на оптичното влакно;

ϕ_r - оптична мощност в края на оптичното влакно с дължина L ;

$\alpha = A/L$, dB/km – коефициент на затихване.

Коефициентът на разделяне е ключов параметър на оптичния сплитер. Самият процес на разделяне се изпълнява от пасивен метод, който се постига чрез разделяне на сплитера на 1:2, което може да се направи чрез използването на къси влакна, слети заедно. Друг важен параметър на пасивния оптичен сплитер е стойността на общата загуба на A_s , който се състои от загубата на A_D поради процеса на разделяне на входната оптична мощност на N -изхода и също от остатъчна загуба A_z . Загубата A_D зависи от съотношението на разделяне 1: N (то зависи от броя на изходите N). Остатъчната загуба A_z представлява допълнителната загуба във влакна, съединители, производствени толеранси и др. Загубата A_D поради разделяне на входната оптична мощност може да се изрази като:

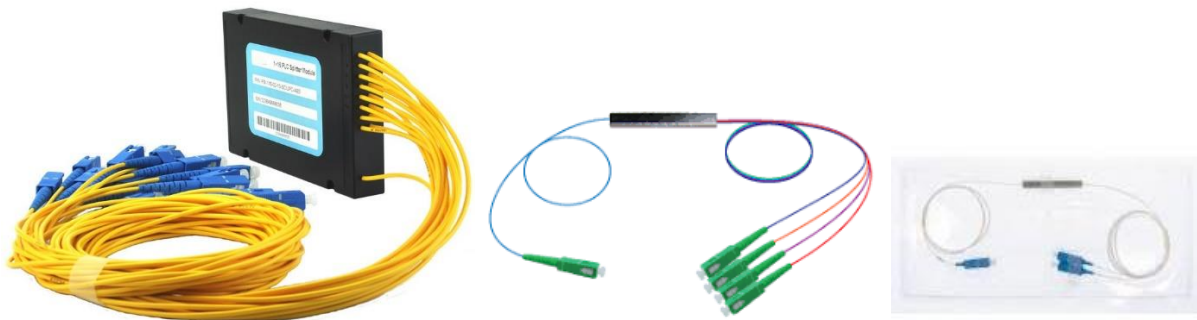
$$(3) \quad A_D = 10 \lg \left(\frac{P_{in}}{P_{outi}} \right), \text{ dB}$$

A_D загубата, дадена чрез отношението на оптичния сигнал на входа с оптична мощност P_{in} , към мощността на оптичния сигнал на съответния i изход P_{outi} .

Обобщеният израз на оптичната мощност се дава чрез обобщаване на всички изходи:

$$(4) \quad P_{in} = P_{out} = \sum_i P_{outi}, \text{ W}$$

Оптичният сплитер е двупосочно устройство. Поради това понякога се споменава сплитерът като сплитер / съединител. Оптичният сигнал затихва с около $\sim (n \times 3.5 \text{ dB})$ в двете посоки. Сплитерът се изработва чрез прецизно слайсване на две влакна заедно. По-високи съотношения на разделяне се постигат чрез каскадни множества сплитери 1x2. PLC сплитер (Фиг. 4) [1 - 4].



Фиг. 4. Видове оптични сплитери

СИГУРНОСТ И ЗАЩИТА НА GPON МРЕЖИ

GPON данните по веригата се излъчват към всички ONU и всяко ONU има определено време, когато данните принадлежат на него (като TDM – time division multiplex – времево мултиплексиране). Заради това, някои злонамерени потребители могат да препрограмират собствените си ONU и да улавят всички принадлежащи по веригата данни, свързани с основния OLT. В посока към клиента GPON използва връзка от точка до точка, така че целият трафик е обезпечен от подслушване. Поради това всяка поверителна възходяща информация, като ключът за сигурност, може да бъде изпратена в ясен текст. Според стандарт GPON G.984.3 се осигурява механизъм за сигурност, който гарантира, че на потребителите е позволен достъп само до данните, предназначени за тях [8]. Най-добрият алгоритъм за шифроване, който се използва, е Advanced Стандарт за криптиране (AES) .Той приема 128, 192 и 256 байта ключове, което прави криптирането изключително трудно за компрометиране. Ключът може да бъде периодично променян, без да се нарушава информационният поток за повишаване на сигурността [4] .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптичната мрежа GPON има капацитет да поеме огромен пренос на информация и да отговори на бъдещите предизвикателства на световната мрежа. GPON технологията е една изключително надеждна мрежа, която не се влияе от останалите потребители, притежава пълен капацитет на услугата, не се влияе от външните климатични условия като бури и гръмотевици. Оптичното влакно е в пъти по-тънко от стандартния меден кабел, не излъчва електромагнитни вълни, които вредят на хората, за разлика от безжичните мрежи и от стандартните медни мрежи. GPON технологията е планирана да подкрепя ефективността на текущи и бъдещи услуги. По отношение на обхвата - GPON превъзхожда много други опции за оптично захранване с по-голямата си предлагана честотна лента. Сигурността може да се реализира с различни кодиращи техники, най-използвана е AES. За осигуряване на трафик, GPON използва 12-битови идентификатори на портове, каквито се използват и при Ethernet. GPON поддържа фрагментация на данните, позволяваща ефективното им изпращане през комуникационната среда. GPON осигурява адекватни честотна лента и качество на услугата, както за частни клиенти и малки предприятия, така и за големи корпоративни мрежи. Намира широко приложение при разработване на оптични мрежи за предоставяне на интернет услуги, цифрова телевизия, видео наблюдение, охранителни системи, пожаро-известяване и др.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Тошков А., Проектиране и изграждане на оптични мрежи, БСУ, 2011
- [2] Харлов Б., Огнян Велчев Проектиране на оптичните мрежови структури при преминаване от ‘LAN’ към ‘PON’ мрежи в наши условия, XXIV Telecom 2016, 162-170
- [3] Chinlon Lin, editor. Broadband – Optical Access Networks and Fiber-to-the-home. England, John Wiley & Sons Ltd., 2006
- [4] Gerd Keiser. FTTH - Concepts and applications. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2006
- [5] V. Dimitrov, G. Nedjib, Peculiarities in construction of SCADA system for monitoring of electrical power supply networks, 10th Electrical Engineering Faculty Conference BULEF-2018 IEEEExplore Digital Library, DOI: 10.1109/BULEF.2018.8646952, 2018
- [6] Инструкция за изграждане на оптична линия, 2015
- [7] Passive Optical LAN (POL) - Design Guide, CommScope Inc., 2014

[8] Transmission systems and media, digital systems and networks – G.984.3, ITU-T – Telecommunication standardization sector of ITU, 2009

PECULIARITIES IN DESIGN AND CONSTRUCTION OF OPTICAL GPON NETWORKS

Emiliya Dimitrova, Bozhidar Rozev
edimitrova@bitex.bg

Higher School of Transport "Todor Kableshkov"
1574 Sofia, 158 Geo Milev,
BULGARIA

Keywords: *Optical Networks, GPON, Design, Construction*

Abstract: *GPON (Gigabit Passive Optical Network) networks are a relatively new technology, but they are increasingly used in the construction of optical networks: both short-range networks and networks about 50 km away. GPON is a point-to-multipoint network architecture that provides home optical connectivity and uses powered optical splitters through which signals are delivered on a single fiber to many private homes and office spaces. The passive test network contains an Optical Line Termination Device (OLT) located in the provider's central office and a number of optical networking devices (ONUs) installed close to end customers. The GPON configuration reduces the number of optics and central equipment required for point-to-point architectures. A feature of GPON networks is the use of WDM to provide full duplex operation on a single fiber. Customer data is assumed to be transmitted at 1310 nm and in the opposite direction to 1490 nm. A wavelength of 1550 nm is sometimes used to transmit data to the customer when providing an additional service. The paper presents the rules for designing a GPON optical network, examines the requirements for using only fiber optic cable and passive components such as splitters and couplers, without amplifiers, repeaters, and more. The value of these networks is significantly lower than those using active components.*