

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ХИБРИДНА ПАСИВНА ОПТИЧНА МРЕЖА ПРИ ОБМЕНА НА ИНФОРМАЦИЯ В АКТИВНО-АДАПТИВНИТЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МРЕЖИ

Юри К. ЖЕЛЯЗКОВ

### STUDY OF HYBRID PASSIVE OPTICAL NETWORK IN THE EXCHANGE OF INFORMATION IN ACTIVE ADAPTIVE ELECTRICAL NETWORKS

Yuri K. ZHELYAZKOV

**ABSTRACT:** *In this paper, a study of a hybrid passive optical network in the exchange of information in Smart grid networks is performed. The perspectives for the development of TWDM PON technology are very high, as the use of optical amplifiers and adjustable optical components allows operators to deploy and develop passive optical networks with maximum flexibility. Administrators can choose the network development scenario that best suits their requirements. TWDM PON can co-exist with other PON technologies, enabling operators to develop and add new wavelengths to build new transmission channels in active adaptive electrical networks when the need arises. The results of the research can be used as a theoretical recommendation for selection and practical construction of hybrid passive optical network infrastructures for smart grids.*

**KEYWORDS:** *smart grids, passive optical network, time division multiplexing, wavelength division multiplexing, hybrid passive optical network*

#### ВЪВЕДЕНИЕ

Традиционните технологии за мрежов достъп не могат напълно да удовлетворят изискванията за обмен на информация при съвременните стратегии за изграждане на интелигентните мрежи. Оптичните пасивни мрежи за достъп от следващо поколение представляват най-ефективното решение за удовлетворяване на повишените изисквания за скорост на трансфер на информация, по-ниски разходи за внедряване и поддържане на такива мрежи. Един от основните проблеми при развитието на мрежата е изборът на технология за достъп в Smart Grid мрежовите комуникационни инфраструктури. Първоначално се използват методи за честотен достъп, след което с развитието на методите за цифрова обработка на сигналите стана възможно използването на метод за временен достъп. Спираловидното развитие предполага връщане към методите за честотен достъп или по-точно пълното използване на спектралното разделяне. Преходът към технологията TWDM е стъпка, която може да бъде последвана от преход изцяло към спектрално деление или мултиплексиране с деление по дължината на вълната. Настоящото изследване е посветено на оптичните мрежи за достъп от следващо

поколение, за да се осигури теоретична основа на подбора и практическата реализация на хибридни PON инфраструктури за интелигентни мрежови приложения.

#### 1. РАЗВИТИЕ НА СЪВРЕМЕННИТЕ PON МРЕЖИ

Пасивната оптична мрежа (PON) е система, която осигурява достъп до последната част от телекомуникационна мрежа, която осигурява комуникации директно до потребителите в активно-адаптивната електрическа мрежа. PON мрежата е комуникационна мрежа от точка до много точки (P2MP), която осигурява предаването на информацията от оптичния линиен терминал (OLT), разположен в централен офис (CO), по оптична разпределителна мрежа (ODN) към оптични мрежови устройства (ONU), разположени на местата на абонатите. PON могат да съдържат и отдалечени възли (RN), разположени между OLT и ONU, където са разположени много потребители.

През последните години по целия свят бяха разгърнати оптични мрежи с мултиплексиране с разделяне по време (TDM), като PON с пропускателна възможност за гигабитови (gigabit-capable PON (GPON)) и Ethernet PON (EPON)

системи за мултимедийни приложения. В TDM PON мрежите честотната лента се споделя от множество абонати, използвайки схема за множествов достъп с разделяне по време (TDMA).

Мультиплексирането с разделяне по дължината на вълната (WDM) PON се счита за многообещаващо решение за бъдещи широколентови услуги. WDM PON мрежите могат да осигурят високоскоростни връзки достигащи скорост на обмен до 10 Gb/s. В схема с множествов достъп с разделяне по дължина на вълната (WDMA), всеки ONU в мрежата PON WDM се обслужва от специален канал на определена дължина на вълната за комуникация с CO или OLT.

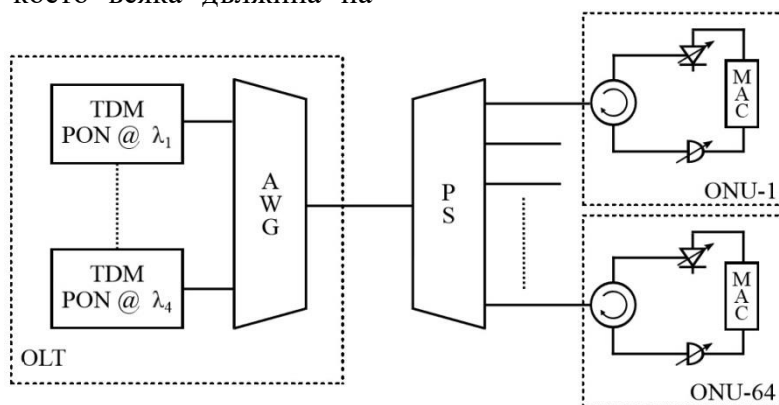
Последната стъпка в еволюцията на GPON мрежите е технологията TWDM PON - пасивни оптични мрежи с мультиплексиране по време и по дължина на вълната. Хибридните TWDM PON мрежи комбинират TDMA и WDMA мультиплексиране, за да поддържат по-висока пропускателна способност, така че един OLT да обслужва повече абонати с достатъчна честотна лента на абонат, като осигуряват скорост на предаване на данни по-висока от 10 Gb/s. По този начин, сигналите с различни дължини на вълната се мультиплексират заедно, по едно оптично влакно, при което всяка дължина на

вълната може да се споделя от множество потребители, използвайки схема TDMA.

## 2. ТЕХНОЛОГИЯТА ХИБРИДНА ПАСИВНА ОПТИЧНА МРЕЖА (TWDM PON)

Както се вижда на фиг. 1, технологията TWDM-PON използва четири дължини на вълните използвайки начин на достъп TDM PON в различни спектрални диапазони за организиране на дуплексни комуникационни канали. Всеки доставчик работи на фиксирана честота, обработвайки различни ONU, използвайки протокол за разделяне по време. Трябва да се отбележи, че поради наличието на разделител на мощността, ONU получават всички оптични сигнали, изпратени от OLT.

За образуването на потоци във възходяща посока (Upstream) се използват дължини на вълните ( $\lambda_1 - \lambda_4$ ), а за широколентово предаване на информацията в низходяща (Downstream) посока други четири различни дължини на вълните. Поддържат се както симетрични по скорост канали 10 Gbps /10 Gbps, 2.5 Gbps /2.5 Gbps, така и несиметрични 10 Gbps /2.5 Gbps канали.



Фиг. 1. Архитектура на TWDM-PON

В TWDM PON системите могат да се използват три честотни диапазона за предаване на потоците информация: 1260-1280/1570-1580nm - XG-PON - обхват, 1535-1540/1553-1558nm – C - диапазон, 1535-1540/1570-1580nm - C + L - лента.

В допълнение към по-големия брой дължини на вълните, използвани за формиране на потоци up/downstream, TWDM PON предполага използването на регулируеми оптични предаватели и селективни оптични приемници в

станционно и крайно оборудване (OLT и ONU/ONT).

Използването на регулируеми компоненти позволява TWDM PON мрежата да се мащабира, пренастройва на апаратно ниво, без да е необходимо физическо пренастройване на преносната мрежа. TWDM PON позволява, в допълнение към гъвкавите настройки на дължината на вълната, да се прецизира скоростта на предаване в рамките на един канал.

При използване на XG-PON - лента,

честотният план напълно повтаря работните диапазони на XG-PON: 1260-1280nm за възходяща посока и 1570-1580nm за низходяща посока. Използването на този честотен план позволява организирането на предаване на информация в рамките на една и съща мрежа: TWDM PON, GPON.

В тази честотна лента е невъзможно да се използват оптични усилватели EDFA. Използването на XG-PON лентата е оправдано, ако е необходимо да се добавят нови канали за предаване в съществуващата система GPON.

При използване на C-диапазона честотният план е стандартния за C-обхвата: 1535-1540nm за upstream и 1553-1558nm за downstream. Използването на такъв честотен план позволява организирането на предаване в рамките на една и съща мрежа: TWDM PON, GPON, XG-PON.

Поради използването на дължини на вълните от C-обхвата става възможно въвеждането на стандартни EDFA оптични усилватели за DWDM мрежи с работен диапазон 1529-1561nm. Оптичните усилватели са инсталирани от страната на главната станция, което позволява да не се променя съществуващата мрежова архитектура и да не се въвеждат допълнителни енергозависими елементи в пасивната мрежа.

C + L -диапазон. Този честотен план предполага използването на лента 1535-1540nm за upstream и лента 1570-1580nm за downstream потоците. Използването на този честотен диапазон позволява да се организира предаване на информация в рамките на една мрежа: TWDM PON, GPON.

Ако сравним съществуващите GPON системи с технологията TWDM PON, тогава могат да се разграничат следните отличителни черти, според които технологията TWDM е по-перспективна:

- Обща пропускателна способност на системата. За GPON системите скоростта на предаване е 10 Gb/s downstream и 2,5 Gb/s upstream, докато при TWDM PON се формират четири независими потока по 10 Gbit/s, което определя общата пропускателна способност на системата - 40 Gb/s;

- Честотен диапазон. Системите GPON използват две дължини на вълната, за да формират комуникационен канал. Трябва да се отбележи, че се използват широколентови сигнали  $\lambda_1 \pm 5$  nm. В същото време TWDM PON

системите използват четири двойки дължини на вълните с доста тесен спектър  $\lambda_1 \pm 1.6$  nm. Трябва също да се отбележи, че в бъдеще броят на включените дължини на вълните се планира да бъде увеличен до осем;

- Бюджет на затихването на оптична кабелна линия. Поради невъзможността да се използват оптични усилватели за GPON системите, оптичният бюджет е ограничен до  $<30 \sim 33$  dB, за разлика от TWDM PON системите, за които оптичният бюджет достига 38 dB.

Въз основа на горните отличителни характеристики на TWDM PON, се използват два основни начина на приложение на такива системи на практика.

Първият от тях предвижда постепенно въвеждане на технологията TWDM PON, като част от разширяването на съществуващата мрежа или по време на изграждането на нова такава. Броят на използваните двойки дължини на вълните (дуплексни комуникационни канали) директно зависи от броя на абонатите на мрежата, като с увеличаване на потребителите, операторът може да добави нови предавателни канали без изграждане на нови оптични комуникационни линии. Операторът елиминира необходимостта от нови вложения, като става възможно системното инвестиране в развитието на мрежата, което значително намалява финансовите рискове а също така минимизира грешките в стратегията за развитие на мрежата.

Вторият случай на използване на TWDM PON системите е необвързан достъп до абонатните линии. Този сценарий предполага съвместно използване на една мрежа PON от няколко оператора или умишлено фрагментиране на мрежата на един доставчик. В този сценарий се използва определена двойка дължина на вълната за всеки доставчик/оптична подмрежа, като по този начин се намаляват финансовите разходи на група оператори при изграждането на мрежа PON или се увеличава надеждността на мрежата на всеки оператор.

### 3. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Перспективите за развитие на технологията TWDM PON са много големи, тъй като използването на оптични усилватели и регулируеми оптични компоненти позволява на операторите да разгръщат и развиват пасивни оптични мрежи с максимална гъвкавост.

Администраторите сами могат да изберат сценария за развитие на мрежата, който най-добре отговаря на техните изисквания. TWDM PON може да съществува съвместно с други PON технологии, като това дава възможност на операторите при възникване на необходимост да развият и да добавят нови дължини на вълната за изграждане на нови предавателни канали в активно-адаптивните електрически мрежи.

## REFERENCES

1. Jisha V, Sunaina N, 2013, Performance

Analysis of Hybrid WDM/TDM PON Using Various Coding Techniques

2. Das G., Lannoo B., Dixit A., Colle D., Pickavet M., Demeester P., 2012, Flexible hybrid WDM/TDM PON architectures using wavelength selective switches

3. Abdalla M., Idrus S., Mohammad A., 2013, Hybrid TDM-WDM 10G-PON for High Scalability

## CONTACT INFORMATION

Юри К. Желязков  
ТУ - София, ИПФ – Сливен  
e-mail: yurik@mail.bg