

**МОДЕЛИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ШИРОКОЛЕНТОВА ОПТИЧНА
КОМУНИКАЦИОННА СИСТЕМА БАЗИРАНА НА ПАСИВНА
ОПТИЧНА МРЕЖА**

**MODELING AND ANALYSIS OF BROADBAND OPTICAL
COMMUNICATION SYSTEM BASED ON A PASSIVE OPTICAL
NETWORK**

Krasen Angelov

Technical University of Gabrovo

Stanimir Sadinov

Technical University of Gabrovo

Panagiotis Kogias

TEI – Kavala, Greece

Michail Malamatoudis

Technical University of Gabrovo

Abstract

Broadband Passive Optical Networks (BPONs) are widely used by telecom operators to provide broadband access to packet services such as the Internet, cable TV, video on demand, pay-TV content, telephony etc. A major problem with the design of this type of network is to provide the ability to pre-analyze and examine the behavior of the network with different configuration settings of the equipment and the search for an optimal solution for the combination of parameters to ensure the best quality of the service. The main purpose of this paper is to present an approach for modeling and analysis of a broadband passive optical network for the delivery of interactive services.

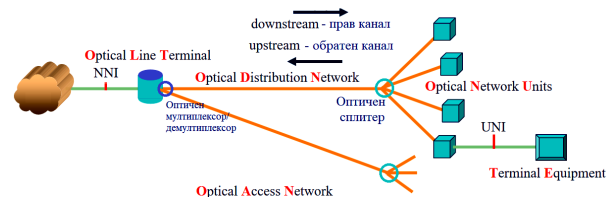
Keywords: broadband passive optical network, optical power, optical spectrum, simulation model.

ВЪВЕДЕНИЕ

Типичната архитектура на пасивната оптична мрежа (PON) е мрежа от типа точка до множество точки. PON мрежата се състои от устройство за терминиране на оптичната линия, наречено OLT (Optical Line Termination) от страната на мрежата на доставчика на услуги, а от страната на потребителите – от множество оптични мрежови устройства, наречени ONU (Optical Network Unit) [2].

Широколентовата пасивна оптична мрежа (BPON) (стандарти ITU-T G.983В, С [6-8]) позволява до 622,08 Mbps пропускателна способност по прав и обратен канал. Тя позволява висока степен на защита на данните, функции за управление на пренасяната информация (глас, видео и данни), добавяне на дължини на вълната за видео разпръскване и динамично разпределение на честотната лента.

На фиг. 1 е показана структурата на BPON мрежа.



Фиг. 1. Структура на широколентовата пасивна оптична мрежа

Основните блокове в структурата на PON са:

- OLT – устройство за терминиране на оптичната линия (оборудване в главната станция);
- ONU – оптично мрежово устройство (клиентско устройство);
- TE – клиентско оборудване;
- OAN – оптична мрежа за достъп (цялата оптична мрежа);

- ODN – оптична разпределителна мрежа (оптична мрежа разпределяща оптичните сигнали към отделни клъстери от абонати);
- NNI (Network-to-Network interface) – интерфейс „от мрежа към мрежа“ за връзка между OLT и глобалната мрежа;
- UNI (User Network Interface) – потребителски мрежови интерфейс, който разделя мрежата на доставчика от мрежата на потребителя.

PON мрежата използва мултиплексиране по различни дължини на вълната (Wavelength Division Multiplexing – WDM) за осигуряването на работа в пълен дуплекс върху едно оптично влакно. Приема се че данните към клиента се предават на 1490 nm, а в обратната посока – на 1310 nm. Сигнал с дължина на вълната 1550 nm се използва понякога за предаване на данни към клиента при предоставяне на допълнителна услуга, например кабелна телевизия [2].

МОДЕЛИРАНЕ НА ВРОН МРЕЖА

За моделирането на широколентовата пасивна оптична мрежа е използван софтуерният продукт OptiSystem [5,10].

Симулационният модел е показан на фиг. 2. Той се състои от OLT устройство в главната станция и 8 ONU устройства за крайните потребители. OLT устройството работи на дължина на вълната 1550nm (прав канал), а ONU устройствата работят на 1310nm (обратен канал). Двете дължини на вълните са комбинирани с помощта на WDM мултиплексор. Мултиплексираният сигнал се предава двупосочно по едномодово оптично влакно. Двупосочният сплитер играе ролята на WDM демултиплексор, за отделяне на двете дължини на вълната по потоци от и към ONU устройствата. Всяко ONT устройство съдържа оптичен разклонител и ONU-устройство при потребителя. Всяко ONU се състои от фотодетектор с нискочестотен филтър за оптичния сигнал по прав канал и оптичен предавател за сигнала по обратен канал. Тъй в обратния канал се използват осем предавателя с една и съща дължина на вълната, за да могат да преда-

дат своята информация по едно и също време се използва TDMA мултиплексиране.

За измерване и оценка на основните параметри и характеристики на сигналите се използват различни визуализатори. Основните параметри и характеристики, които се подлагат на измерване са: Q-фактора, коефициентът BER, око диаграмата, времедиаграмата и спектралната характеристика на оптичните сигнали [1, 3, 4].

Основните параметри на симулационния модел са:

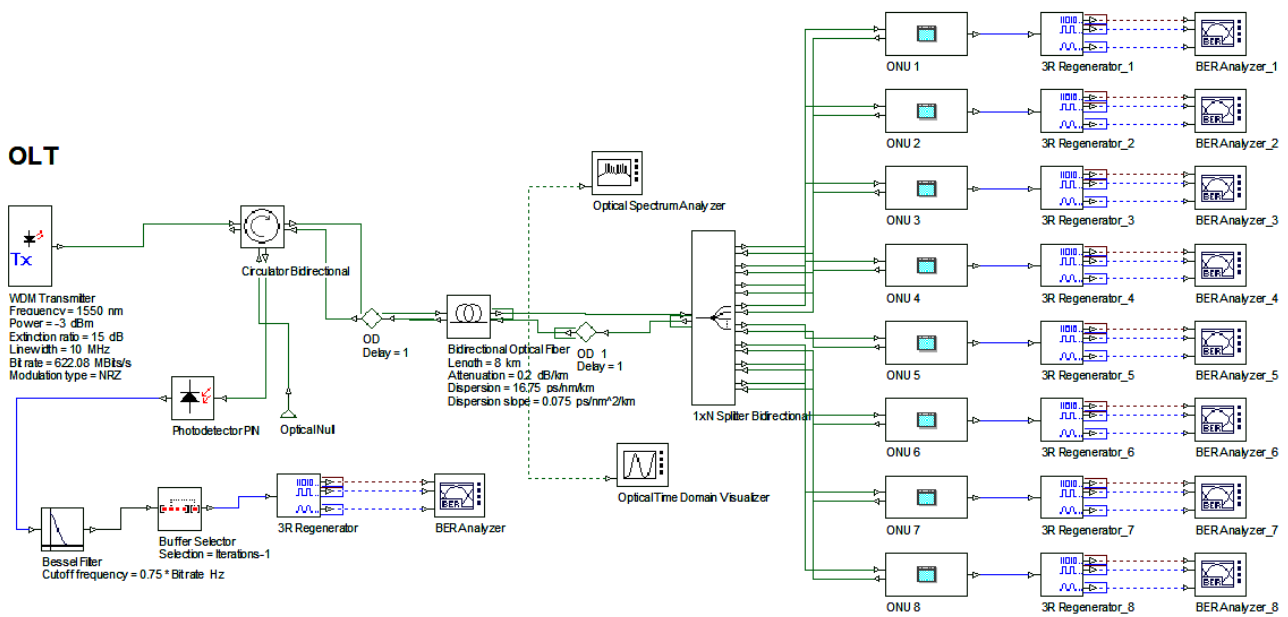
- пропускателна способност по прав и обратен канал: 622 Mbps;
- дължина на вълната за правия канал: 1550 nm;
- дължина на вълната за обратния канал: 1310 nm;
- кодиране на оптичния сигнал: NRZ;
- изходно ниво по мощност на OLT и ONU: -3dBm
- дължина на оптичната линия: 8 km;
- километрично затихване на оптичното влакно: 0,2 dB/km;
- дисперсия на оптичното влакно: 16,75 ps/nm/km.

Разработеният модел позволява да бъде използван за:

- Определяне на оптималната стойност на Q-фактора (респективно необходимата стойност на оптичното отношение сигнал/шум OSNR) на линията когато е зададена необходимата стойност на коефициента BER, т.е. да се определи Q_{BER} .
- За изследване на BER характеристиките на оптичния канал при различни входни параметри;
- За определяне на изискваната стойност на OSNR на оптичната линия при дадена чувствителност на използвания оптичен приемник.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДЕЛ НА ВРОН МРЕЖА

Използвайки показания на фиг. 2 симулационен модел е направено изследване при три различни стойности на въведената в оптичното влакно мощност P_{TX} : -3 dBm, 0 dBm и 3 dBm.



Фиг. 2. Моделиране на широколентова пасивна оптична мрежа

При критерий поставена най-лоша стойност на коефициента $BER = 1.10^{-13}$ [9] се извършва определяне на максимално възможната дължина на оптичната линия L. Резултатите са обобщени в таблица 1.

Таблица 1. BER и Q-фактор на оптичния сигнал

P_{TX} , dBm	L, km	Q-фактора	BER
-3	8	12,69	$3,06.10^{-37}$
0		25,44	$4,39.10^{-143}$
3		50,26	0
-3	20	7,27	$1,76.10^{-13}$
0		14,58	$1,83.10^{-48}$
3		29,14	$5,15.10^{-187}$

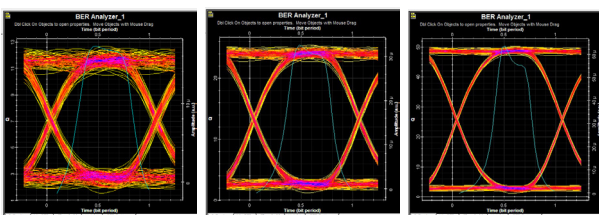
3 dBm и критерий за допустима стойност на $BER = 1.10^{-13}$ за максимално възможната дължина на линията се получава 20 km. Изхождайки от допустимите максимални нива на приетата оптична мощност в оптичните приемници с цел предпазването им от насищане, за минимална дължина на линията се получава 8 km.

В таблица 2 е представена оценка на нивото по мощност на приетия оптичен сигнал P_{RX} .

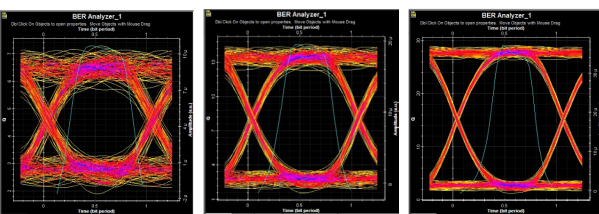
От представените резултати се вижда, че дори и за най-лошия случай, нивото на приетата оптична мощност не е по-лошо от -17 dBm, което е над чувствителността на най-често използваните за кабелни телевизионни мрежи оптични приемници (-22 dBm).

Таблица 2. Приета оптична мощност на оптичния сигнал

P_{TX} , dBm	L, km	P_{RX} , dBm
-3	8	-14,392
0		-11,242
3		-8,092
-3	20	-16,910
0		-13,762
3		-10,612



а) -3dBm, 8km б) 0dBm, 8km в) 3dBm, 8km

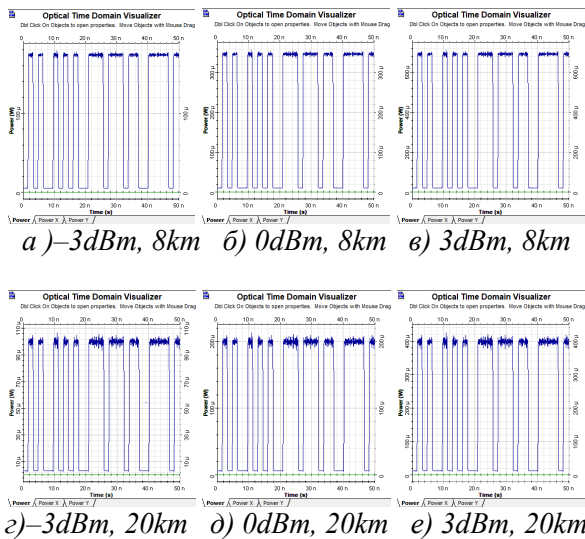


г) -3dBm, 20km д) 0dBm, 20km е) 3dBm, 20km

Фиг. 3. Око-диаграми на оптичния сигнал

Както се вижда от таблица 1 при стандартна изходна оптична мощност за масово използваните оптични предаватели в OLT –

На фиг. 4 са показани резултатните времедиаграми на оптичния сигнал за трите случая на входна оптична мощност и двете гранични дължини на оптичната линия.



Фиг. 4. Времедиаграми на оптичния сигнал

Вижда се, че като цяло няма забележимо деградиране на оптичните импулси в резултат на дисперсията във влакното. Основните разлики в получените времедиаграми са в амплитудата на приетите оптични сигнали, която при високо ниво дори и в най-лошия случай е достатъчно голяма за да не се получат грешки в решаващото устройство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният модел на широколентов пасивна оптична мрежа позволява дълбоко и детайлно изследване на поведението на мрежата при широк набор от комбинации от конфигурационни параметри на оптичното оборудването.

Основно предимство се явява възможността за решаване на оптимизационни задачи чрез различни итерации на изследване.

БЛАГОДАРНОСТ

Този доклад и изследванията в него са реализирани по проект „Създаване на иновативни информационно - базирани образователни модули за обучение по комуникаци-

онна техника и технологии”, договор 1712Е / 2017 г. към УЦНИТ при ТУ-Габрово.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Angelov K., S. Sadinov, N. Varbanova, Optical Receiver Sensitivity Evaluation in Presence of Noise in Digital Communication System, ICEST 2012, Proc. of Papers, Vol. 1, pp.85-88, ISBN 978-619-167-002-4, V. Tarnovo, Bulgaria, 2012.
- [2] Effenberger F., An Introduction to PON Technologies, IEEE Communications Magazine, March 2007, pp. 517 -525.
- [3] Kadhim D., Rahman N., Performance Analysis of xPON Network for Different Queuing Models. IJETE, Vol.44, Issue.1, ISSN: 2051-3240, 2013, pp.1131-1137.
- [4] Koitchev K., K. Angelov, S. Sadinov, Determining Bit Error Rate in Digital Optical Transmission Network Using the Q-Factor, ICEST 2010, Proc. of Papers, Vol. 1, pp.53-56, ISBN: 978-9989-786-57-0, Ohrid, Macedonia, 2010.
- [5] Radev D., G. Petkov, T. Iliev, M. P. Iliev. Modeling of Communication Channels with Random Structure. IN: Proceedings VII National Conference with International Participation ETAI'2005, Ohrid, Macedonia, 2005, pp. T79-T82
- [6] Recommendation G.983.1: Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON), ITU-T, 2005.
- [7] Recommendation G.983.2: ONT management and control interface specification for B-PON, ITU-T, 2005.
- [8] Recommendation G.983.3: A broadband optical access system with increased service capability by wavelength allocation, ITU-T, 2005.
- [9] Varbanova N., K. Angelov, S. Sadinov, Estimation of Optical Link Length for High-Speed Applications, ICEST 2011, Proc. of Papers, Vol. 3, pp.607-610, ISBN: 978-86-6125-033-0, Niš, Serbia, 2011.
- [10] <https://www.optiwave.com>