

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ РЕСУРСІВ PON З ДОСТУПОМ ДО СЛУЖБ ТА ПОСЛУГ ІНТЕРНЕТ

Сабурова С.О., Холод Л.М.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії ім. В.В. Поповського»,
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: svtlana.saburova@nure.ua,
leonid.kholod@nure.ua

Abstract

Meta work – robotic of models and schemes for monitoring, analysis and evaluation of parameters of productivity and capacity of PON with different technologies for access to services of the Internet. The basic principles of providing passive optical resources with access to Internet services, their functional nodes and components reviewed. The features of DWDM-PON monitoring with different technologies for access to services of the Internet analyzed. In the robotic model and the scheme of monitoring DWDM-PON, with different technologies, access to services of the Internet.

Однією з найбільш популярних оптичних технологій для корпоративних мереж доступу до служб та послуг Інтернет є технологія пасивних оптичних мереж (Passive Optical Network – PON). Її ідея полягає в побудові мережі доступу до служб та послуг Інтернет з великою пропускною здатністю при мінімальних капітальних витратах. Це рішення передбачає створення розгалуженої мережі (переважно деревоподібної топології) без активних компонентів – на пасивних оптичних розгалужувачах. Інформація для всіх користувачів передається одночасно з тимчасовим поділом каналів від центрального вузла – оптичного лінійного терміналу (Optical Line Terminal – OLT) до кінцевих оптичних абонентських вузлів (Optical Network Terminal – ONT). Передача і прийом в обох напрямках виробляються по одному оптичному волокну, але на різних довжинах хвиль [1].

Сучасні технології оптичного доступу надають користувачеві досить високі швидкості (до 1 Гбіт/с). Вже є 3D-відеоігри, в декількох країнах почали мовлення канали 3DTV, а з часом, можливо, з'явиться і голографічне телебачення. Тривимірні технології проникнуть і в сферу корпоративних послуг, наприклад, у формі 3D-телеконференцій. Крім того, обсяги переданих даних неминуче зростуть у зв'язку з просуванням «хмарних технологій», віддаленого зберігання даних. Все це вимагає вже декількох сотень Мбіт/с у напрямку до одного абонента.

Одним з найбільш перспективних варіантів вирішення цієї проблеми може стати нове покоління технологій пасивних оптичних мереж яке використовує спектральний поділ каналів (DWDM). Ця технологія вже зараз забезпечує передачу даних на швидкості 1 Гбіт/с і вище на одного абонента.

Застосування технології DWDM-PON в мережах доступу має чимало переваг: економія волокон в абонентських оптичних кабелях; значна економія оптичних випромінювачів на центральному вузлі; можливість надання трьох видів інформації: голосу, відео і даних згідно концепції Інтернет (Triple Play); відсутність необхідності електроживлення мережних елементів (крім кінцевих); невеликі витрати на обслуговування; проста можливість підключення абонентів (навіть без перерви зв'язку); можливість динамічного розширення смуги – це збільшення швидкості передачі працюючих абонентів за рахунок непрацюючих в даний момент; подальше збільшення швидкості передачі (до 10 Гбіт/с) і вище без заміни обладнання лінійного тракту (оптичні кабелі, перехідники, з'єднувачі). З цього випливає еволюція PON в мережах доступу, яка приведена на рис. 1.

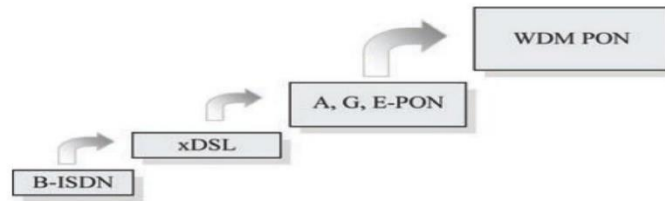


Рис. 1. Еволюція мереж доступу

Відповідно до реальної практики забезпечення транспортних ресурсів з доступом до служб та послуг Інтернет при тестуванні пасивних оптичних мереж (DWDM-PON) за допомогою підсистем контролю та діагностики волоконно-оптичної лінії зв'язку (ПКД ВОЛЗ) слід розрізняти умови: виконання: негайно, періодично або за заданою в часі програмою; виконання: по сигналу тривоги від мережного обладнання; виявлення порушень для наступних процесів; автоматичного вимірювання з використанням маркерів або без них; визначення втрат і виявлення порогу віддзеркалення; встановлення рівнів контролю для точок мережі доступу; виявлення зміни втрат; вибір режиму виконуваних дій: візуалізація та запис; відновлення при тривозі [2].

Дана методика застосовна для всіх елементів ВОЛЗ. У загальному випадку моніторинг DWDM-PON може виконуватися в одноразовому режимі ручного запуску, а також в режимах спостереження і прогнозування обслуговування. Одноразовий режим ручного запуску використовується для отримання рефлекторами негайно, дозволяючи проконтролювати лінію в довільний момент часу, наприклад, зразу ж після виконання ремонтно-відновних робіт. Характерною особливістю даного режиму є те, що після його виконання здійснюється перехід в режим прогнозуючого обслуговування, якщо він був встановлений до запуску ручного режиму.

Режим спостереження використовується для отримання еталонної рефлекторами, а також для автоматичного виявлення порушень оптичного кабелю шляхом: завдання установок і критеріїв порівняння; зняття та порівняння одержаної рефлекторами з еталонною; математичної обробки результатів вимірювання. У даному режимі при виявленні відхилення параметрів DWDM-PON мережі формується сигнал тривоги і відбувається передача повідомлення з детальною інформацією результатів ідентифікації і локалізації місць порушень з урахуванням параметрів якості і топологічних ідентифікаторів.

У режимі прогнозуючого обслуговування виконуються всі процедури режиму спостереження при регулярному автоматичному накопиченні в базі даних характеристик і результатів вимірювань пасивних оптичних волокон (ослаблення, втрат самих рефлекторам та ін.), що, у свою чергу, дозволяє: встановлювати статус мережі; контролювати параметри якості DWDM-PON мережі; проводити оцінку характеристичних параметрів по декількох індикаторам норм.

При аварії процесу передачі режими спостереження і прогнозуючого обслуговування дозволяють ідентифікувати і усунювати порушення перш, ніж на об'єкт вийде бригада обслуговування, якщо порушення не викликані зміною параметрів DWDM-PON мережі.

При тестуванні параметрів якості DWDM-PON мережі оператора зв'язку зазвичай хвилюють два основні питання: реальне згасання в оптичній лінії між центральним вузлом та абонентським пристроєм (діючим або таким, що готується до підключення); розташування проблемної ділянки, якщо реальне загасання в мережі виявилось вище за очікуване (розрахункове або опорне).

Для відповіді на перше питання, досить провести прості виміри за допомогою оптичного тестера. Друге питання складніше і вимагає застосування оптичного рефлектометра (OTDR), а також певного досвіду розшифровки рефлектограм. Як правило, бажано, щоб усі необхідні вимірювання могли проводитися на мережі DWDM-PON без відключення абонентів (крім, можливо, тестованого). Таке тестування здійснюється на неробочій довжині хвилі із застосуванням додаткових пристроїв (хвильових мультиплексорів DWDM, фільтрів) щоб випромінювання вимірювальної апаратури не вносило перешкод в корисний сигнал. Як уже згадувалося, у DWDM-PON мережі для прямого каналу (від вузлів Інтернету до абонентів) використовується довжина хвилі 1490 або 1550 нм (для відео), для зворотного – 1310 нм. Для тестування DWDM-PON мережі зазвичай використовують довжину хвилі 1625 в резервних оптичних трактах [3].

Випромінювання вимірювальної апаратури (тестер, рефлектометр) вводиться у волокні відразу після OLT з використанням хвильового мультиплексора (DWDM). Це випромінювання здатне викли-

кати перешкоди оптичного приймача абонентського пристрою, тому перед кожним абонентським пристроєм ONT необхідно встановити фільтр. Для того щоб можна було проводити тестування без відключення мережі, хвильовий мультиплексор та фільтри повинні бути стаціонарно включені в оптичний тракт (рис. 2).

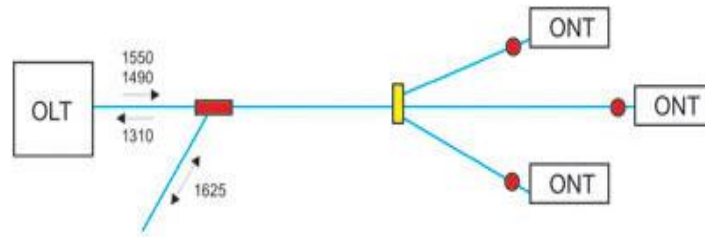


Рис. 2. Схема підключення хвильового мультиплексора та фільтрів до DWDM-PON мережі

Для вимірювання згасання оптичної лінії між OLT і ONT використовується оптичний тестер на 1625 нм. Передавач тестера підключається до вільного кінця хвильового мультиплексора OLT. Приймач тестера підключається до вільного кінця волокна перед фільтром (див. рис.3).

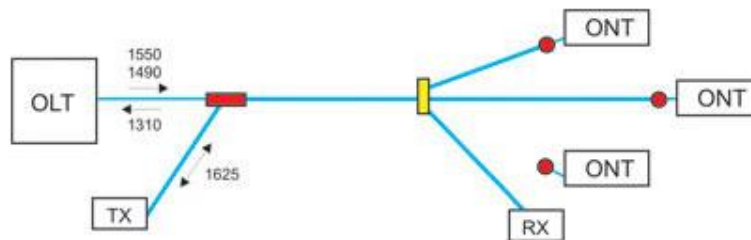


Рис. 3. Схема вимірювання згасання з вимкненням абонентського пристрою до DWDM-PON мережі

Можна виміряти згасання і без вимкнення абонентського пристрою. Для цього на ONT потрібно використовувати не фільтр, а хвильовий мультиплексор, як на центральному вузлі (рис.4).

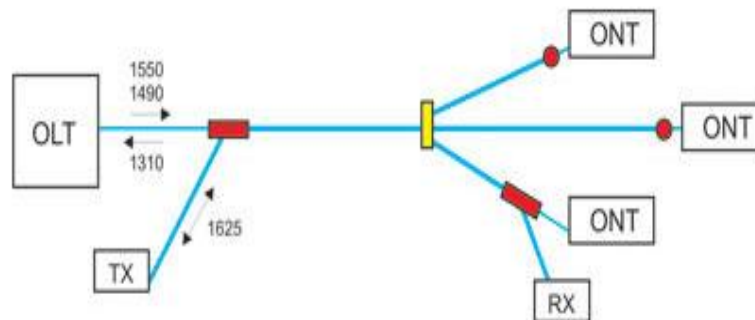


Рис. 4 Вимірювання згасання без відключення абонентського пристрою до DWDM-PON мережі

Вимірювання DWDM-PON мережі за допомогою оптичного тестера дозволяє отримати реальне значення згасання на ділянці від OLT до ONT, але не дає відповіді на питання, де знаходиться проблемна ділянка, якщо це згасання виявилось вище за очікуваний (розрахунковий або опорний). Для локалізації проблемної ділянки використовується складніший пристрій – оптичний рефлектометр (OTDR).

Рефлектометр з тестовим модулем на 1625 нм підключається до вільного кінця хвильового мультиплексора на OLT (рис.5). Випромінювання рефлектометра поширюється по дереву DWDM-PON мережі і за рахунок відбиття на перешкодах та зворотного розсіювання в оптичному волокні частково надходить назад на вхід рефлектометра. Таким чином, знімається рефлектограма дерева DWDM-PON мережі – це графік загасання у лінії залежно від відстані. Кожен пік або стрибок згасання на цьому графіку відповідає певному елементу DWDM-PON мережі або шкідливі події у волокні.

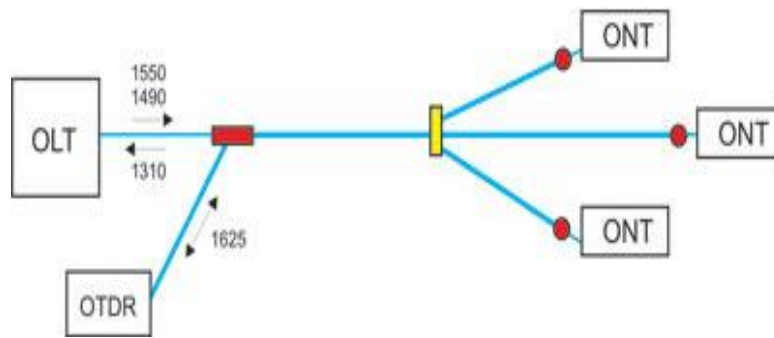
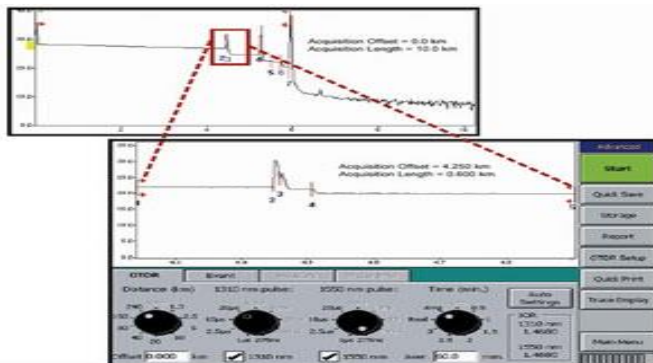


Рис.5. Схема зняття рефлектограми дерева DWDM-PON мережі

Методика тестування DWDM-PON мережі з використанням рефлектометра, ось у чому після кожної зміни її топології (підключення нового абонента, заміни спліттера тощо) знімається опорна (еталонна) рефлектограма, що відповідає нормальному стану об'єкту. При виявленні проблем у DWDM-PON мережі (наприклад, якщо згасання, виміряне оптичним тестером, виявилось вище за розрахунковий) знімається нова рефлектограма, яка порівнюється з опорною. Нові події на рефлектограмі локалізують розташування проблемної ділянки DWDM-PON мережі, (рис.6).



згасання:

0.4 дБ/км, 0.5 дБ на конектор;

0.03 дБ на точку зварювання;

3.5 дБ на спліттер 1:2;

7.2 дБ на спліттер 1:4;

10.7 дБ на спліттер 1:8;

14.4 дБ на спліттер 1:16.

Рис. 6 Аналіз нових подій на рефлектограмі DWDM-PON мережі

За допомогою рефлектометра можна вести моніторинг DWDM-PON мережі та виявляти деградацію волокна ще до того, як виникнуть проблеми. Для цього необхідно регулярно (наприклад, раз на тиждень) знімати рефлектограму DWDM-PON мережі та порівнювати її з опорною рефлектограмою. З появою будь-яких відхилень і більше шкідливих подій на рефлектограмі необхідно аналізувати їх можливі причини і за необхідності проводити адекватні профілактичні заходи.

Хоча вартість розгортання пасивних оптичних корпоративних мереж нового покоління DWDM-PON/CWDM-PON об'єктивно вище, ніж у існуючих (мережі побудовані на мідних кабелях або PON), вони забезпечують більш високі параметри надійності та швидкості передачі і, які в перспективі, здатні задовольнити зростаючі вимоги до пропускної здатності «останньої милі».

Література

1. WDM-PON vs GPON vs XG-PON [Електронний ресурс] – Доступ до ресурсу: <https://community.fs.com/ru/blog/wdm-pon-vs-gpon-vs-xg-pon.html>.
2. Let's do WDM PON [Електронний ресурс] – Доступ до ресурсу: <https://medium.com/krisprice/lets-do-wdm-pon-187a950b060c>.
3. WDM-PON vs GPON vs XG-PON [Електронний ресурс] – Доступ до ресурсу: https://xakinfo.ru/network_devices/wdm-pon-vs-gpon-vs-xg-pon/.