

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ DWDM OVER CWDM В ОПТИЧНИХ МЕРЕЖАХ ДОСТУПУ

Ліла Д.В., Бердников О.М.

Інститут спеціального зв'язку та захисту
інформації, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: dimalila61@gmail.com; 2507bot@gmail.com

APPLICATION OF DWDM OVER CWDM TECHNOLOGY IN OPTICAL ACCESS NETWORKS

Implementation of the combined DWDM over CWDM technology on optical access networks provides an opportunity to increase the bandwidth of such networks by increasing the number of optical paths formed. When “AWG” technology is used for optical multiplexing, their number increases up to 10 times, and the implementation of “AWG” technology for optical multiplexing together with the “Interleaving” procedure provides an increase of up to 20 times.

Впровадження ВОСП за технологією спектрального ущільнення (СУ) *CWDM* (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*) в оптичні мережі доступу (ОМД) здійснюються наростаючими темпами. Це викликано виходом корпоративних абонентів за межі міської розподільної мережі і значним зростанням пропускної здатності корпоративних ОМД, що продовжують трансформувати шляхи спільного використання в ОМД технології *CWDM* та інших технологій СУ: *WDM*, *DWDM*, *HDWDM* тощо. Практично сьогодні в ОМД відбувається інтегрування технологій *CWDM* та *DWDM* в єдину *DWDM over CWDM* з подальшим їх розвитком для створення гібридних мереж, які об'єднують магістральні, розподільні і місцеві оптичні мережі в єдину оптичну транспортну мережу.

Один з варіантів застосування ВОСП *CWDM* в ОМД (направлення приймання) пояснює рис. 1, який надає варіант перетворення 10 оптичних потоків технології *SDH* рівня *STM-16* (2,5 Гбіт/с) в 10240 потоків *E1* і як ці потоки відеоімпульсів поступають у двадцять 512-квартирних будівель для обслуговування 10240 абонентів (аб). З центрального оптичного вузла зв'язку (ЦОВ) 10 потоків рівня *STM-16*, що прийняті з виходу оптичного демультиплексора *ODMX* (*Optical Demultiplexer*) фотонного лінійного терміналу *PLT* (*Photon Transport Terminal*) магістральної ВОСП *CWDM*, потрібно передати на оптичне мережне закінчення ОМД. Для цього, при двосторонньому обміні, необхідно використовувати 10 пар ОВ. Але якщо на ЦОВ встановлюється ВОСП *CWDM* з оптичним мультиплексором *OMX* (*Optical Multiplexer*) технології *AWG-10* (*Arrayed Waveguide Gratings* – дифракційна фазова решітка на масиві хвилеводів), на десять входів якого подаються зазначені 10 потоків, тоді для передачі такого навантаження достатньо однієї пари волокон. На виході *OMX* утворюється оптичний потік зі швидкістю передачі 25 Гбіт/с. Цей потік вводиться в волокно і передається до місця розташування оптичного мережного терміналу *ONT* (*Optical Networks Terminal*), наприклад, в технічне приміщення одного з обслуговуваних будинків рис. 1. Тут прийнятий потік демультиплесуються на 10 оптичних потоків рівня

STM-16, кожен з яких далі роз'єднується на 16 потоків рівня *STM-1*. В результаті в пункті установки обладнання *ONT* приймається $10 \times 16 = 160$ потоків рівня *STM-1*. Ці потоки поступають на 160 оптичних приймачів де й закінчується *ONT*. Отримані на виході приймачів 160 потоків відеоімпульсів в електронному демультиплексорі–*DMUX* перетворюються в $160 \times 64 = 10240$ потоків *E1*, які розводяться по квартирах (аб).

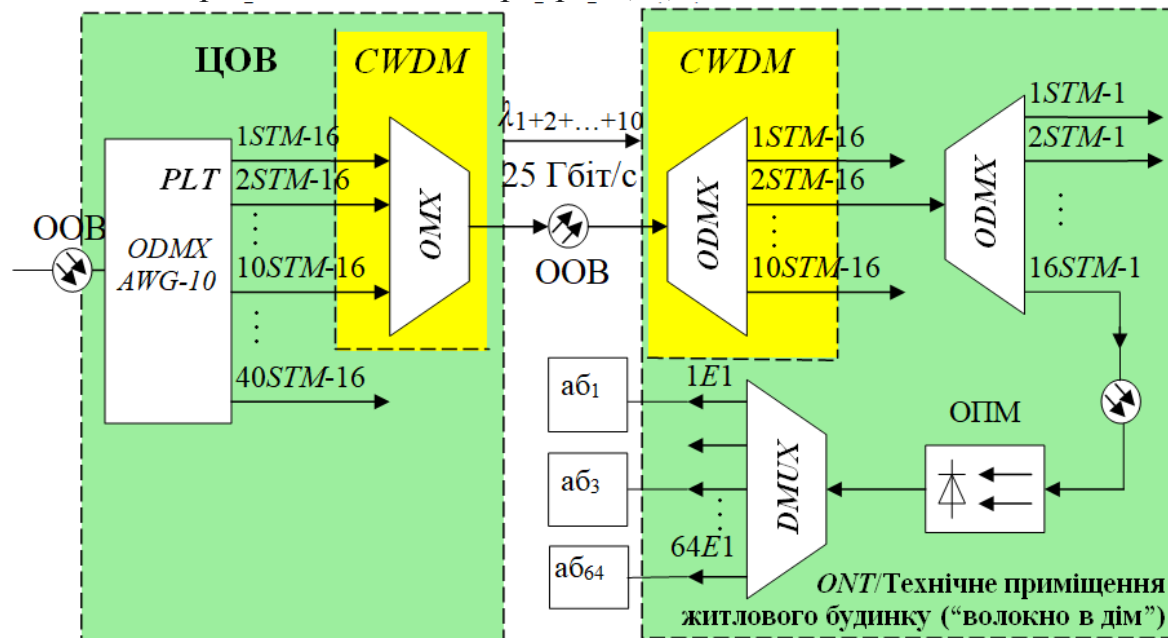


Рис. 1. Варіант застосування ВОСП CWDM в ОМД (направлення приймання).

Практично це формується для мікрорайону міста де знаходиться шістнадцять 16-поверхових 512-квартирних будинків на 8 під'їздів. У під'їзді на майданчику кожного поверху 4 квартири. В результаті в під'їзді $4 \times 16 = 64$ квартири, а в будинку – $64 \times 8 = 512$ квартир. Отже, в мікрорайоні $512 \times 20 = 10240$ квартири. Для їх обслуговування до кожного будинку підводиться десять зі 160-ти оптичних потоків рівня *STM-1*, кожен з яких зводиться до відповідного під'їзду. У під'їздах кожен потік рівня *STM-1* подається на вхід оптичного приймача для оптико-електронного перетворення. Цими приймачами в будинках закінчується оптичне мережеве обладнання. На виході кожного приймача виходить потік відеоімпульсів зі швидкістю передачі 155,52 Мбіт/с, який далі демультиплексується в 64 потоки *E1*. Ці потоки розлучаються по поверхах, а на поверхах – по квартирах абонентів.

Такий спосіб використання обладнання технології *CWDM* на ОМД є недостатньо ефективним. Найважливішою характеристикою гібридної мережі є її здатність до масштабування, тобто до нарощування пропускної здатності мережі за потреби вже в процесі її експлуатації практично без заміни та збільшення складу використовуваного обладнання. Створення гібридної мережі – це найкращий спосіб збільшення числа оптичних трактів (ОТр) між пунктами доступу (ПД), тобто збільшення пропускної здатності між цими ПД без заміни та розширення складу обладнання. Зараз, коли відбувається створення гібридних мереж, доцільно застосовувати варіант *DWDM over CWDM* з використанням ВОСП *CWDM* в територіально рознесених мережах доступу.

Ідея побудови такої мережі полягає в тому [рис. 2], що по одному ОТр ВОСП *CWDM* передаються сигнали декількох ОТр, що отримані за допомогою деякої ВОСП *DWDM* з розносом між сусідніми ОТр 100 ГГц (0,8 нм). На мережах ОМД протяжністю понад 100 км можливе застосування волоконне оптичних підсилювачів (ВОП) для збільшення ділянок посилення (ПД). При цьому кожен ОТр ВОСП *CWDM* заповнюється сигналами 10 ОТр технологією ВОСП *DWDM*.

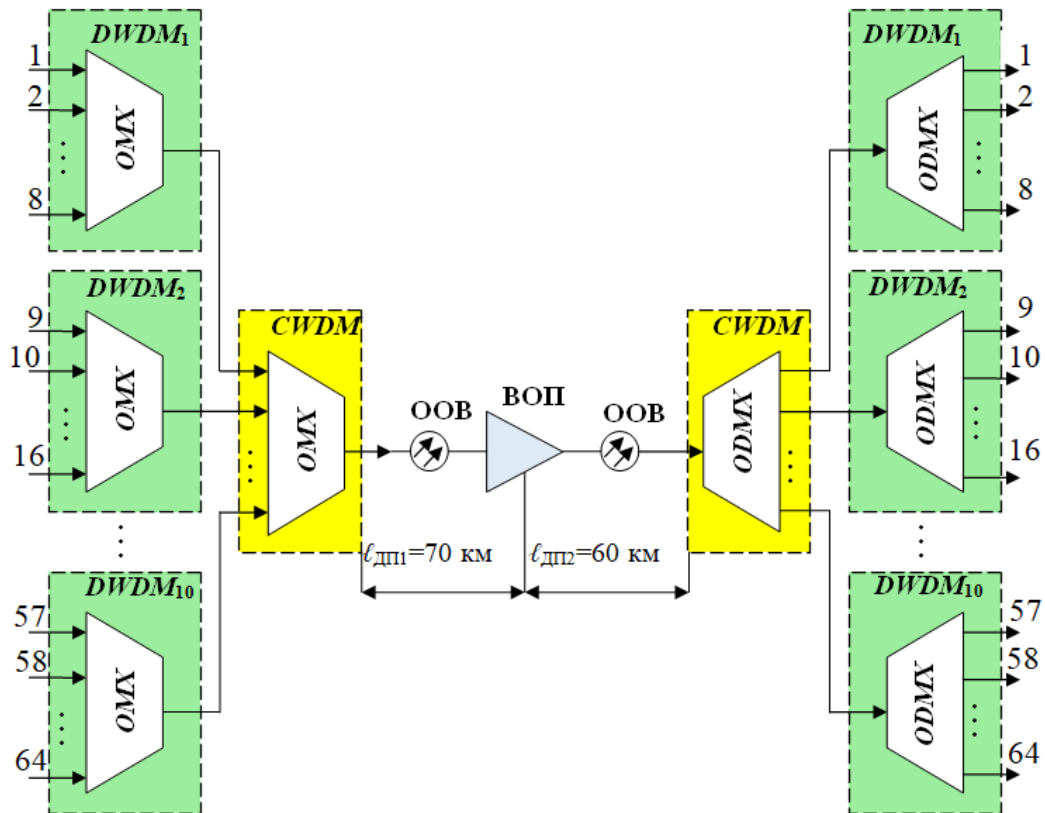


Рис. 2. Інтеграція мереж різних рівнів при використанні технології DWDM over CWDM.

В результаті пропускна здатність ОВ зростає в 10 разів. Наприклад, по 10 ОТр технології *CWDM* передавалися десять сигналів технології *SDH* рівня STM-64 (10 Гбіт/с), що забезпечувало пропускну здатність ОВ 100 Гбіт/с. При використанні комбінованої технології *DWDM over CWDM* утворюється всього 100 ОТр з розносом 100 ГГц (0,8 нм). Якщо по кожному з них транспортувати навантаження різних технологій (10GbE, IP, SDH) зі швидкістю передачі 10 Гбіт/с, то пропускна здатність волокна складе 1 Тбіт/с.

У ВОСП СУ кожен ОТр фактично являє собою віртуальне волокно, що утворить реальне середовище передачі оптичного сигналу на заданій довжині хвилі. У ОМД, в яких використовується технологія *DWDM over CWDM*, що утворюють ОТр на довжинах хвиль $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M$, практично створюються M реальних оптичних мереж.

Література

1. Хмелев К.Ф. Основы фотонного транспорта. – Киев: Техніка. 2008. – 680 с.
2. Буханець О.С., Бердников О.М. Максимальне наближення швидкостей передачі ВОСП ХМ до граничних меж. XIV Міжнародна науково-технічна конференція "Перспективи телекомунікацій" ПТ-2020: Збірник матеріалів конференції. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 62...64.