

ПОРІВНЯННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЛІНІЙНИХ ТРАКТІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Щирий А.В., Бердников О.М.

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: shchiriy21@gmail.com

Comparison of ways to increase the throughput of optical linear paths

With the development of information technology, there is a need to increase the bandwidth of optical linear pathways. There are several ways to solve this problem. The paper considers the comparison of technologies that can be applied to existing fiber-optic transmission systems.

Метою порівняння є дослідження доцільності застосування методів хвильового (ХМ) Wavelength Division Multiplexing (WDM) і часового мультиплексування Time Division Multiplexing (TDM) для збільшення пропускної здатності волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП), що застосовують для формування лінійних трактів одномодові оптичні волокна (ООВ).

Порівнювати такі методи, як метод частотного мультиплексування Frequency-Division Multiplexing (FDM) і мультиплексування по поляризації Polarization-Division Multiplexing (PDM), немає необхідності в зв'язку з тим що вони не знайшли застосування для телекомунікаційних транспортних систем (ТТС) [2].

Технології ХМ і TDM передбачають об'єднання декількох вхідних “низькошвидкісних” трактів в один високошвидкісний тракт, але в ВОСП TDM – технології застосовується одна довжина хвилі (λ), а в ВОСП технології ХМ – декілька центральних довжин хвиль ($\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$) [1, 2].

У зв'язку з цією обставиною, для нарощування кількості трактів в 4 рази за технологією TDM ієрархії PDH перехід на наступний щабель ієрархії ВОСП здійснюється за принципом $30 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4$, що дозволяє збільшити пропускну здатність ТТС з кожною сходинкою в 4 рази, а за технологією ХМ – шляхом додавання нових оптичних несучих $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{N+i}$ або шляхом зменшення розносу між центральними довжинами хвиль.

Для нарощування кількості трактів за технологією TDM ієрархії SDH необхідно збільшувати швидкість передачі STM-1 за принципом $4 \times 4 \times 4 \times 4$ тобто в STM-256, що дозволяє отримати тракт зі швидкістю передачі 40 Гбіт/с, або STM-N в STM-1 \times N, а за технологією ХМ – шляхом додавання нових оптичних несучих $\lambda_{N+1}, \lambda_{N+2}, \dots, \lambda_{N+i}$ або шляхом зменшення розносу між центральними довжинами хвиль.

При високій швидкості передачі ТТС значний вплив на якість передачі мають такі характеристики ООВ, як поляризаційна модова дисперсія і хроматична дисперсія. При цьому в більшій мірі зростає складність кінцевого та проміжного обладнання ТТС та в цілому значно підвищується загальна

вартість проекту.

Для нарощування кількості трактів за технологією ХМ можливо використання k потоків технології TDM, що модулюються окремо в оптичні сигнали на різних довжинах хвиль оптичних трактів (ОТр). Потім ОТр об'єднуються в оптичному мультиплексорі в єдиний груповий мультиплексний сигнал виду $\lambda_{1+2+3...N}$, який передається по лінійному тракту ТТС. В результаті пропускна здатність ВОСП збільшується в k раз [3].

Варто відзначити суттєвий позитивний момент – зменшення тих обмежень по дисперсії і іншими показниками, які були притаманні при використанні технології TDM. При цьому відзначається, що технологія ХМ може використовуватися паралельно з технологією TDM для підвищення її ефективності, залишаючи практично без змін більшу частину наявного обладнання.

Порівняльні характеристики двох методів мультиплексування наведені в таблицях 1 і 2, які пояснюють, що технологія ХМ є найбільш економічно вигідна в порівнянні з часовим методом мультиплексування.

Таблиця 1 – Технічні характеристики

Параметри	TDM – часове мультиплексування	Хвильове мультиплексування
Надійність	Висока	Висока
Пропускна спроможність	Висока	Дуже висока
Комутаційні пристрої	Складна	Складна
Завантаженість ОВ	Середня	Висока
Об'єм апаратури	Великий	Середня

Таблиця 2 – Економічні характеристики

Параметри	TDM – часове мультиплексування	Хвильове мультиплексування
Вартість кінцевих пунктів	Практично однакові	
Вартість лінійного тракту	Середня	Середня
Вартість тракту	Низька	Низька
Вартість передачі інформації	Низька	Низька

З точки зору вартості обладнання системи ТТС порівняно з вартістю апаратурної частини за технологією TDM в побудові розгалуженої мережі, більш ефективно використовувати побудову обладнання ТТС за технологією ХМ (ТТС ХМ). Наприклад, виділення та ввід складних цифрових потоків в проміжних пунктах при часовому мультиплексуванні ієрархії PDH вимагає наявності великого обсягу обладнання, тоді як при технології ХМ для виділення трактів для простої мережі досить декількох пасивних елементів (мультиплексорів і демультиплексорів).

Обидві технології ХМ та TDM застосовуються для збільшення інформаційної пропускної здатності ВОСП. Хоча вони не виключають, а скоріше доповнюють одна одну, тому можна порівняти такі їх характеристики, як гнучкість структури ліній зв'язку та швидкість передачі на телекомунікаційних транспортних мережах (ТТМ).

З точки зору гнучкості структури ліній передачі, що створюють мережу зв'язку, технологія TDM дає можливість передачі по лінії зв'язку трактів різнорідних за типом та швидкістю передачі. Системи ТТС за технологією TDM також дозволяють створювати по оптичному кабелю (ОК) тракти і канали, по яких з різними швидкостями передаються різні типи трафіку, шляхом застосування різних способів розподілу тайм-слотів, наприклад, IP-технології, Gigabit Ethernet, Fiber Channel, Coupling Links тощо. Вони можуть бути постійно закріплені за певними програмами або виділятися на вимогу за правилами DAMA (Demand Assignment Multiple Access). Можна змінювати тривалість тайм-слотів або повністю їх виключити. В останньому випадку трафік передається у вигляді окремих пакетів, кожен з яких включає адресу джерела і відправника (статистичне мультиплексування). Незважаючи на всі ці можливості, технологія TDM працює найкраще, коли за всіма логічних трактах передається один тип трафіку, а всі тайм-слоти мають однакову тривалість і постійно закріплені за окремими трактами. Цей варіант технології TDM досить простий в реалізації і управлінні, і його експлуатаційні витрати також менше.

В технології XM тракти повністю незалежні, трафік передається по OTr, що створюються за принципом з кінця в кінець, тобто формується комбінована технологія, наприклад, IP over XM. На практиці на ТТМ України застосовуються відомі типи IP over XM – IP over DWDM та IP over HDWDM (щільне та високо щільне XM відповідно). Отже технології XM дає більшу гнучкість для структур ліній і мереж зв'язку, ніж технологія TDM [1, 3].

З точки зору швидкості передачі, в технології TDM пропускна здатність збільшується за рахунок збільшення швидкості передачі в лінійному тракті системи передачі. Тому швидкість передачі сигналів обмежується можливостями перетворення в використовуваних електронних компонентах. Отримання цифрових потоків, зберігання, передача тощо – все це вимагає застосування цифрових інтегральних схем. Вони повинні працювати зі швидкістю майже на сумарній швидкості передачі лінії зв'язку. Для кожної лінії передачі має бути встановлено обладнання, що підтримує повну пропускну здатність лінії зв'язку.

Обладнання за технологією XM може підтримувати тільки швидкість передачі по окремому OTr, а не повну швидкість складеного сигналу. Таким чином, повна пропускна здатність лінії зв'язку на ОК не обмежена швидкістю роботи використовуваних електронних пристроїв. Найшвидшу лінію зв'язку TDM, яку тільки можна створити з використанням найсучаснішої техніки, в ТТС XM на ОК можна передавати як один з багатьох трактів. Наведене порівняння надає, що технологія XM має незаперечну перевагу перед іншими технологіями за якими будуються телекомунікаційні транспортні системи.

Література

1. Хмелев К.Ф. Основы фотонного транспорта. – Киев: Техніка. 2008. – 680 с.
2. Каток В.Б., Руденко І.Е., Ранський Є.Г., Однорог П.М. Волоконно-оптичний зв'язок / Під ред. Катка В.Б. – К.: Логос, 2015 – 383 с.
3. Бердников О.М., Хмельов К.П. Застосування технології WDM на телекомунікаційних мережах. / Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2003. – № 3. – с. 5...11.