

## **НАПРЯМКИ ПОБІЛЬШУВАННЯ ШВИДКОСТЕЙ ПЕРЕДАЧІ ЛІНІЙНИХ ТРАКТІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

**Бердников О.М., Щирий А.В.**

*Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського*

*E-mail: shchiriy21@gmail.com*

### **The directions for increasing transmission speeds linear paths of a telecommunication transport system**

The telecommunication transport systems (TTS) classification and capability of wavelength division multiplexing (WDM) of the optical range for long-distance communication were conducted. The traces of increasing the linear paths transmission rate TTS were analyzed, the recommendations to improve the capacity of telecommunications transport networks and access networks were provided.

Сучасний стан мереж зв'язку та інформатизації характеризується широким упровадженням додаткових мультимедійних послуг, високим зростанням обсягу інформаційного обміну у всесвітній мережі Internet, масовим упровадженням технологій високошвидкісної передачі цифрових сигналів із комутацією пакетів.

Реалізація цих процесів вимагає різкого збільшення пропускної спроможності телекомунікаційних транспортних мереж та мереж доступу, підвищення їхньої гнучкості, забезпечення ефективної маршрутизації при передачі текстової та мовної інформації, рухомих і нерухомих зображень, інших мультимедійних послуг. Наприклад, ріст трафіка Internet у США подвоюється кожні шість місяців, тому вже зараз потрібна загальна пропускна спроможність мережі зв'язку, що перевищує терабітних значень. Тому особливий інтерес представляє середовище передачі, що повинне мати високу потенційну пропускну спроможність та дозволяти збільшувати обсяг переданої інформації без особливих витрат на модернізацію кабельно-лінійних споруд. Цим вимогам відповідають одномодові оптичні волокна (ООВ), що визначені рекомендаціями ІТУ-Т G.652, G.653, G.654, G.655, G.656, G.657

Реальна можливість підвищення ефективності використання задіяних у прокладених оптичних кабелях – це застосування технології, що називається мультиплексуванням за поділом по довжині хвилі WDM (Wavelength Division Multiplexing) або хвильове мультиплексування (ХВ). Основна мета впровадження технології ХВ – це суттєве збільшення, у сотні та тисячі разів, пропускної спроможності ООВ [1].

Якщо розділити робочий діапазон довжин хвиль ООВ на множину оптичних трактів (ОТр) і зберегти в кожному з них швидкість передачі сигналів на рівні, наприклад, 10 Гбіт/с, то загальний обсяг сигналів, одночасно переданих по волокну, збільшиться. Саме ця ідея реалізована в технології ХВ.

Суть технології ХВ полягає в тому, що в ній множина  $N$  вихідних оптичних сигналів  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$  різноманітних систем передачі, що використовують метод TDM, наприклад, СП SDH, мультиплекуються в єдиний оптичний лінійний сигнал  $\lambda_{1+2+\dots+N}$ , який передається по одному ООВ лінійного тракту телекомунікаційної транспортної системи технології ХВ (ТТС ХВ). Системи ТТС ХВ по параметру розносу довжин хвиль  $\Delta\lambda$ , або по ширині смуги пропускання  $\Delta f$  утворених ОTr можна класифікувати таким чином [табл. 1]:

Табл. 1. Класифікація технологій хвильового мультиплексування за шириною смуги частот (діапазону довжини хвилі), що відведено на оптичний тракт (ОTr)

Позначення	Назва		Рознос за:		Діапазон	Кількість ОTr	Рекомендації ІТУ-Т
	англ.	укр.	довжиною хвилі $\Delta\lambda$ , нм	частотою $\Delta f$ , ГГц			
CWDM	Coarse WDM	грубе (неточне)	10	1250	C	4	G.694.2 (2002 р.)
			20	2500	S+C+L*	8	
WDM	WDM	просте (звичайне)	1,6	200	C	20	G.692 (1998 р.)
			3,2	400		10	
			4,0	500		8	
			8,0	1000		4	
DWDM	Dense WDM	щільне	$\approx 0,8$	100	C	32 або 40	G.692 (1998 р.)
					C+L*	64 або 80	
HDWDM	High Dense WDM	високощільне	0,4	50	C	64 або 80	G.692 (1998 р.)
					C+L*	160 або 192	
					S+C+L*	273	
NWDM	Narrow-band WDM	вузькосмугове	0,2	25	C	160	G.694.1 (2002г.)
UNWDM	Ultra Narrow-band WDM	понадвузькосмугове	0,1	12,5			
			0,08	10			
			0,04	5			
			й менш				

Комплекси волоконно-оптичних засобів, що утворюють ТТС ХМ дозволяють по ООВ передавати десятки і сотні незалежних оптичних сигналів. Це, в свою чергу, дозволило освоїти і практично використовувати в інтересах високошвидкісного зв'язку величезний оптичний діапазон смуги пропускання прокладених ООВ [2].

Більша частина існуючих телекомунікаційних транспортних мереж (ТТМ) побудована системами ТТС ХМ на технологіях щільного і високощільного хвильового мультиплексування (*DWDM* і *HDWDM*). Телекомунікаційна транспортна мережа України, в основному, сформована ТТС ХМ *DWDM*, які працюють в смуги пропускання С-оптичного діапазону, рекомендованому ІТУ-Т для дальньої оптичного зв'язку [табл. 2]. При цьому по парі ООВ утворюється до 40 оптичних трактів, що дозволяє при передачі по кожному з них 10 або

40 гігабітних цифрових потоків отримати сумарну швидкість передачі оптичного лінійного тракту (ОЛТ) ТТС ХМ в 400 або 1600 Гбіт / с. Такі швидкості передачі поки здатні задовольнити потреби трафіку ТТМ України на найближчі роки. Для подальшого збільшення швидкості передачі по ОЛТ можливо використовувати такі підходи.

Перший передбачає організацію ОЛТ не тільки в *C*-діапазоні, а й в *L*-, а в подальшому і в *S*-діапазонах оптичного зв'язку. Такий шлях багаторазово збільшує пропускну здатність ТТМ, але веде до чималих матеріальних і технічних витрат, так як потребує перебудови ОЛТ, що складаються з великого числа проміжного обладнання.

Інший шлях полягає у використанні ТТС ХМ технології *HDWDM* (високощільне хвильове мультиплексування), а в подальшому і ТТС ХМ *NWDM* (вузькосмугове хвильове мультиплексування). Тоді, за рахунок зменшення розносу між центральними довжинами хвиль (частот) трактів також можливо значно збільшити, аж до терабітних значень, швидкість передачі ОЛТ по парі ООВ. В цьому варіанті по парі ООВ можливо утворювати від 80 до 160 ОТр, що дозволяє при передачі по кожному з них 10 або 40 гігабітних цифрових потоків отримати сумарну швидкість передачі лінійного тракту ТТС ХМ в 800 (3200) або 1600 (6400) Гбіт / с. Однак, зі зростанням щільності оптичних сигналів в ООВ починають проявлятися нелінійні ефекти, наприклад, чотирьоххвильове змішування, що викликає між сигналами оптичних трактів перехідні перешкоди.

Порівняння параметрів і характеристик обладнання та аналіз засобів необхідних для реалізації узагальнених структур ТТС ХМ і їх ОЛТ дозволяє сформулювати рекомендації та умови для збільшення швидкостей передачі лінійних трактів телекомунікаційних транспортних систем та мереж.

Табл. 2. Робочі діапазони довжин хвиль ООВ за Рекомендаціями ІТУ–Т

№№ з/п	Найменування діапазонів	Позначення діапазонів	Діапазон довжин хвиль / $\Delta\lambda$ , нм	Кількість оптичних трактів	
				Технологія DWDM	Технологія HDWDM
1	Основний (Original)	О-діапазон	1260...1360 / 100	125	250
2	Розширений (Extended)	Е- діапазон	1360...1460 / 100	125	250
3	Короткохвильовий (Shortwavelength)	S- діапазон	1460...1530 / 70	87	174
4	Стандартний (Conventional)	C- діапазон	1530...1565 / 35	≈ 40	≈ 80
5	Довгохвильовий (Longwavelength)	L- діапазон	1565...1625 / 60	75	150
6	Понаддовгохвильовий (Ultra-Longwavelength)	UL-діапазон	1625...1675 / 50	62	124

### Література

1. Хмелев К.Ф. Основы фотонного транспорта. – Киев: Техніка. 2008. – 680 с.
2. Бердников О.М., Хмельов К.П. Застосування технології *WDM* на телекомунікаційних мережах. / Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ «КПІ». – 2003. – № 3. – с. 5...11.