

## БЛОК ОПТИЧНОГО МЕРЕЖЕВОГО МОДУЛЮ КОРПОРАТИВНОЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ DWDM

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Доповідь призначена для ознайомлення, з особливостями та принципами роботи технології DWDM, технологією оптичних мереж PON, принципами та структурою роботи оптичних мереж PON, типами оптичних сигналів та мережевими модулями ONU.*

**Ключові слова:** оптичні мережі, DWDM, PON, OLT, ONU

### **Abstract**

*The report is intended to acquaint with the features and principles of DWDM technology, PON optical network technology, principles and structure of PON optical networks, types of optical signals and ONU network modules.*

**Keywords:** optical networks, DWDM, PON, OLT, ONU.

### **Технологія DWDM та її особливості**

Телекомунікації широко використовують оптичні методи, у яких несуча хвиля належить класичному оптичному домену. Хвильова модуляція дозволяє передавати аналогові або цифрові сигнали до декількох гігагерц (ГГц) або гігабіт за секунду (Гбіт/с) на носії з дуже високою частотою, зазвичай від 186 до 196 ТГц. Фактично, бітрейт може бути додатково збільшений, використовуючи кілька несучих хвиль, які розповсюджуються без значної взаємодії на одному волокні. Вочевидь, кожна частота відповідає іншій довжині хвилі. Щільне мультиплексування з розподілом по довжині хвилі (DWDM) зарезервоване для дуже близького частотного інтервалу.[1].

Технологія DWDM є розширенням оптичних мереж. Пристрої DWDM (мультиплексор або Mux скорочено) поєднують вихідні дані кількох оптичних передавачів для передачі одного оптичного волокна. На стороні, що приймає, інший пристрій DWDM (демультиплексор або DeMux для стислості) розділяє об'єднані оптичні сигнали і передає кожен канал на оптичний приймач. Тільки одне оптичне волокно використовується між пристроями DWDM (напрямок передачі). Замість того, щоб вимагати одного оптичного волокна на пару передавача та приймача, DWDM дозволяє кільком оптичним каналам займати один волоконно-оптичний кабель..

Ключовою перевагою DWDM є те, що він не залежить від протоколу та бітрейту. DWDM-мережі можуть передавати дані в IP, ATM, SONET, SDH та Ethernet. Тому мережі на основі DWDM можуть передавати різні типи трафіку з різною швидкістю оптичним каналом. Передача голосу, електронна пошта, відео та мультимедійні дані є лише деякими прикладами послуг, які можуть одночасно передаватись у системах DWDM. Системи DWDM мають канали на довжинах хвиль із інтервалом 0,4 нм.

DWDM – це тип мультиплексування з частотним поділом (FDM). Фундаментальна властивість світла стверджує, що окремі світлові хвилі різних довжин можуть співіснувати незалежно всередині. Лазери здатні створювати імпульси світла із дуже точною довжиною хвилі. Кожна окрема довжина хвилі світла може бути іншим каналом інформації. Комбінуючи світлові імпульси різних довжин хвиль, багато каналів можуть передаватися по одному волокні одночасно. Волоконно-оптичні системи використовують світлові сигнали в інфрачервоному діапазоні (довжина хвилі від 0,74 до 2мкм) електромагнітного спектру. Частоти світла в оптичному діапазоні електромагнітного спектру зазвичай ідентифікуються за їх довжиною хвилі, хоча частота (відстань між лямбд) забезпечує більш конкретну ідентифікацію. Система DWDM зазвичай складається з п'яти компонентів: оптичних передавачів/приймачів, фільтрів Mux/DeMux DWDM, оптичних мультиплексорів введення/виводу (OADM), оптичних підсилювачів, транспондерів (перетворювачів довжини хвилі).

Принцип спільної роботи цих компонентів:

1. Транспондер приймає вхідні сигнали у вигляді стандартного одномодового або багатомодового лазерного імпульсу. Вхідні дані можуть надходити з різних фізичних носіїв та різних протоколів та типів трафіку.
2. Довжина хвилі вхідного сигналу прийомовідповідача, відображається на довжину хвилі DWDM.
3. Довжини хвиль DWDM від транспондера мультиплекуються з сигналами від прямого інтерфейсу для формування складового оптичного сигналу, який запускається у волокно.
4. Підсилювач підвищує силу оптичного сигналу під час виходу з мультиплексора.
5. OADM використовується у віддаленому місці для видалення та/або додавання потоків біт певної довжини хвилі.
6. Додаткові оптичні підсилювачі можуть використовуватися по довжині волокна за необхідності.
7. Попередній підсилювач підсилює сигнал перед входом до мультиплексора.
8. Вхідний сигнал демультиплексується в окремі довжини хвиль DWDM.
9. Індивідуальні DWDM lambdas або порівнюються з необхідним типом виходу через транспондер, або передаються безпосередньо на клієнтське обладнання.

Отже, використовуючи технологію DWDM, системи DWDM забезпечують пропускну здатність для великих обсягів даних. Фактично, пропускну здатність систем DWDM зростає по мірі просування технологій, які забезпечують близьку відстань між робочими хвилями, та відповідно забезпечують більшу кількість довжин хвиль. Але DWDM виходить за свої рамки, та може стати основоположною технологією для всіх оптичних мереж. При розробці технологій для систем DWDM можуть знадобитися більш сучасні компоненти для отримання більших переваг.

### PON та його структура

По мережі оптичних зв'язків передають двонаправлену інформацію між центром OLT та множинністю оптичних мережевих модулів ONU, які з'єднані один з одним вузлами волоконних світловодів. Кожен оптичний мережевий модуль ONU передає відповідний потік даних до центру OLT, з використанням асинхронної CDMA методики, модулюючи отримані опорні імпульси з відповідним потоком даних в electro/optical модулі (CI) і кодує коди модульовані опорні імпульси в CDMA кодері (CI), з використанням CDMA методики.

Варіант даної конструкції описаний на рис. 1. Це центр OLT, який з'єднаний через вузли волоконних світловодів з окремими оптичними мережевими модулями ONU. Для передавальної інформації з центру OLT до мережевих модулів ONU, вузли волоконних світловодів виконані, використовуючи оптичні дільники у зіркоподібній або деревоподібній топології. Незалежно від цих вузлів волоконних світловодів, там існує додатковий вузол волоконних світловодів, які також виконані у зіркоподібній або деревоподібній топології з метою передачі інформації від оптичних мережевих модулів ONU до центру OLT.

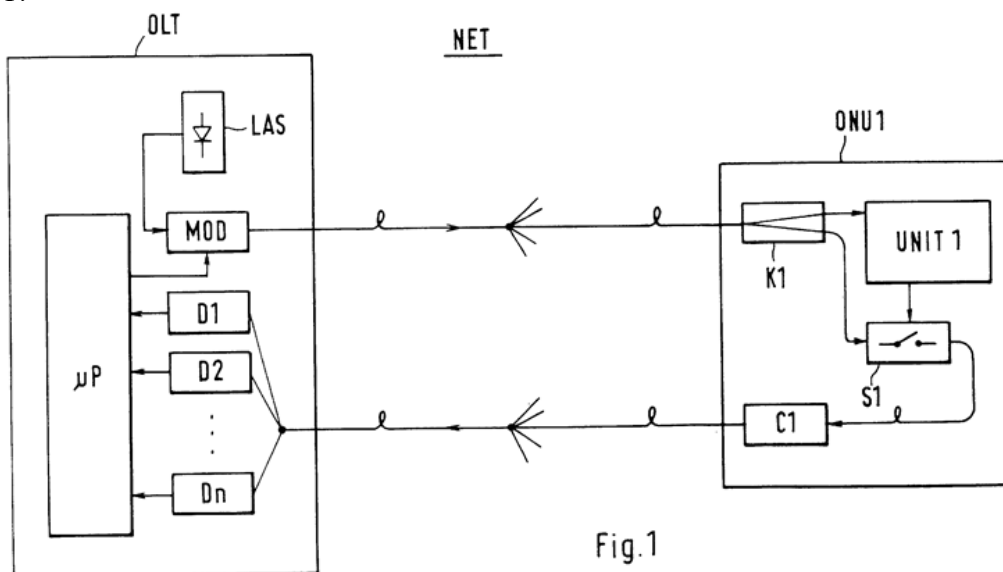


Рис. 1. Принцип роботи та структура PON

Інформація передана із центру OLT до оптичних мережевих модулів ONU, використовуючи оптичне часове ущільнення або методики часового розділу каналів. Для цієї мети є пакети даних, згенеровані в центрі OLT, які передані послідовно водночас до всіх оптичних мережевих модулів ONU через вузли скловолкна. Початок кожного пакета даних містить адресу, що визначає мережевий модуль ONU, для якого пакет даних призначено. Окрім пакетів даних, центр OLT також генерує опорні імпульси. Опорні імпульси передані періодично і обслуговують дві функції: спочатку, оптичні мережеві модулі можуть використовувати ці опорні імпульси, щоб встановити синхронізацію щодо отриманої інформації. По-друге, оптичні мережеві модулі(блоки) ONU, можуть використовувати отримані оптичні опорні імпульси, щоб передати інформацію до центру OLT без того, щоб мати власний передавач, модулюючи оптичні опорні імпульси з їх власним потоком даних та передаючи ці сигнали до центру OLT через вузли волоконних світловодів. В результаті центр OLT передає складові сигнали, що становлять пакети даних та опорні імпульси. Пакети даних передаються протягом інтервалів між опорними імпульсами.

Передачу інформації з оптичних мережевих модулів ONU до центру OLT забезпечують асинхронні CDMA методики. CDMA - методика доступу, у яких кожен оптичний мережевий модуль ONU має призначений код. Кожен оптичний мережевий модуль ONU отримує від центру OLT складові сигнали, що становлять пакети даних та опорні імпульси. Пакети даних оцінені, якщо адреси відповідають (узгоджують). Отримані опорні імпульси модулюються з потоком даних, що містить інформацію, яка буде передана і згодом закодовані, використовуючи методику CDMA перш, ніж вони передані до центру OLT через вузли волоконних світловодів. Кожен оптичний мережевий модуль ONU використовує власний індивідуальний код для кодування. Код, наприклад, адреса відповідного оптичного мережного модуля ONU. У центрі OLT опорні імпульси, закодовані з CDMA методикою отримані, декодуються та оцінені.

Центр OLT – так зване Оптичне Завершення Лінії. Це джерело світла - лазер, electro/optical модулятор MOD, кілька CDMA декодерів D1, D2,..., Dn та арифметичний модуль. N - ціле число, що відповідає числу(номеру) оптичних мережевих модулів ONU, що адаптується для реверсивного зв'язку, при чому кожен з цих модулів включає один CDMA кодер. Джерело світла становить лазерний діод для отримання безперервного світлового потоку в діапазоні хвиль 1520 nm до 1570 nm. Арифметичний модуль  $\mu P$  виконаний як мікропроцесор. В арифметичному модулі  $\mu P$  генеруються електричні сигнали. Електричні сигнали - складові сигнали, що складаються з пакетів даних та опорних імпульсів. Опорні імпульси передані, періодично, щоб дати можливість оптичним мережевим модулям ONU встановити синхронізацію щодо опорних імпульсів і модулювати та кодувати опорні імпульси з їх власними потоками даних для передачі до центру OLT, так, щоб оптичні мережеві модулі ONU могли передавати інформацію до центру OLT без того, щоб вимагати їхнього власного індивідуального передавача.

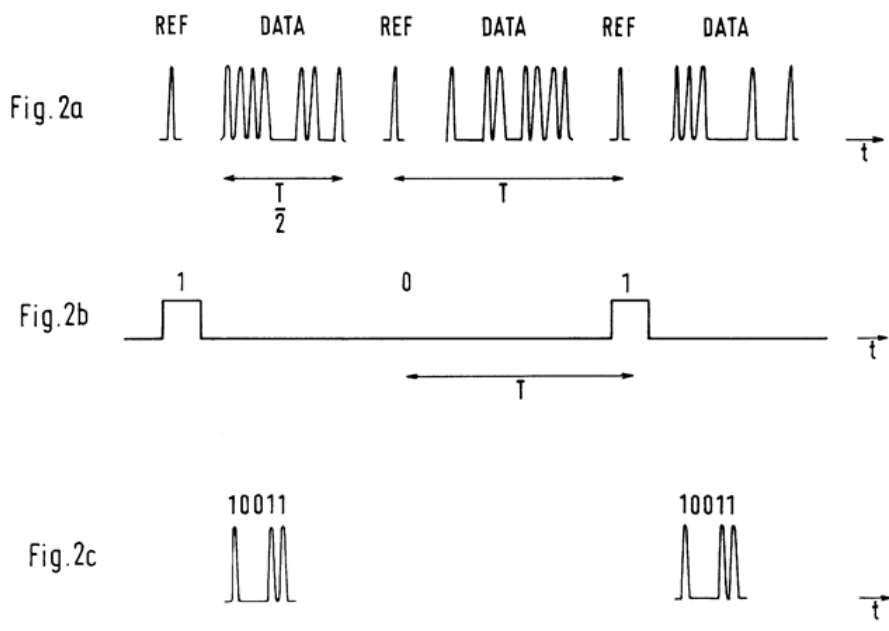


Рис. 2(a,b,c). Діаграми форм сигналу

Рис. 2а описує діаграму форми сигналу отриманого складового сигналу. Складовий сигнал містить пакети даних та опорні імпульси. Два послідовні опорні імпульси відокремлюються інтервалом часу  $T$ .

Рис. 2b показує діаграму форми сигналу потоку даних, згенерованого в процесорі UNIT1. Потік даних - цифровий потік даних у двійковому коді, що становить логічні нулі та одиниці. Два послідовні значення сигналу відокремлюються інтервалом часу  $T$ .

Рис. 2с показує діаграму форми сигналу CDMA закодований опорний імпульс. При кожному логічному потоці даних, послідовність характеристики сигналів для відповідного оптичного мережевого модуля ONU згенерована з модулюючого опорного імпульсу. На рис. 2с, наприклад, послідовність символів - 10011. Це відповідає 5-розрядного кодування. У той же час, послідовність сигналів може також відповідати адреси оптичного мережевого модуля ONU.

На закінчення варіант конструкції тепер буде описаний відносно рис. 3. Схематична конструкція CDMA кодера 1 рис.. CDMA кодер C1 складається з двох оптичних дільників, п'яти electro/optical світів S2 - S6, та контролера CTRL.

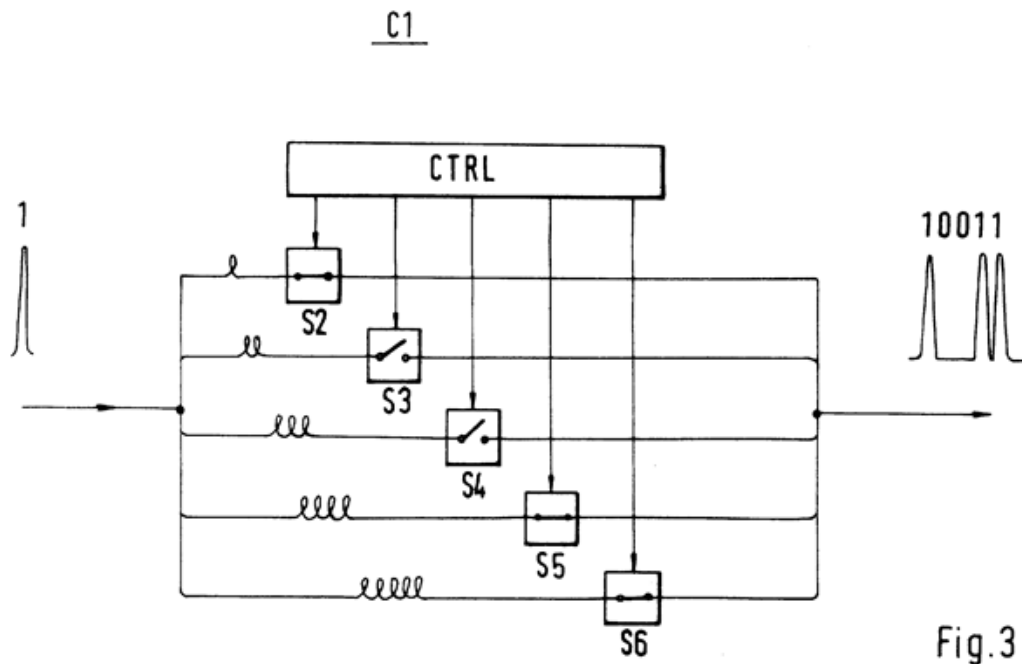


Рис. 3. Схематична конструкція CDMA кодера C1 та контролеру CTRL.

Опорні імпульси, що модулюються з потоком даних, передані до CDMA кодера C1 через компонування волоконного світловоду. Кожен з п'яти вузлів волоконних світловодів має різну довжину так, щоб сигнали, що пропускають ці п'ять вузлів мали різні затримки.

В кожному з цих п'яти вузлів волоконних світловодів, встановлено electro/optical на свічах S2 – S6. Кожен з оптичних світів керується контролером CTRL і здатен до переривання власної компоновки волоконного світловоду так, щоб послідовність характеристики сигналів для кожного з оптичних мережевих модулів ONU, не була згенерована при поданому адресі оптичного мережевого модулю ONU

### Висновки

Аналізуючи дану роботу можна зрозуміти що технологія DWDM можна буде вважати основоположною для всіх оптичних мереж за рахунок своєї пластичності та великої пропускної здатності, але вона ще не показала повністю свій потенціал, тому швидкості передачі даних можуть стати значно більші. Технологія PON, та її мережеві особливості, показали її, як не дуже складну структуру передачі інформації(сигналів), що потужне джерело світла може гарантувати безперервний перебіг інформації від центру OLT до мережевих модулів ONU, які в свою чергу мають доволі просту схему реагування на джерело світла, і як результат, при всіх узгодженнях, що даний код інформації належить до даного мережевого модулю ONU, вони без проблемно передають інформацію разом з цим потоком світла назад до центру OLT.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Телекоммуникационные технологии. DWDM [Электронный ресурс] URL: <https://lanmarket.ua/entsiklopediya/telekommunikatsionnye-tehnologii/dwdm.html>
2. Patent US № 006011637, 04.01.2000. OPTICAL NETWORK UNIT AND CENTER OF AN OPTICAL COMMUNICATION NETWORK // Patent United State № 006011637. 13.05.1997. № 08/855,377 / Thomas Pfeiffer, Stuttgart, Germany.

**Войнаровський Віталій Сергійович** – студент 4 курсу, групи КОІС-18б, факультет інформаційних електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail – [vitalijvojnarskij@gmail.com](mailto:vitalijvojnarskij@gmail.com)

Науковий керівник: **Лисенко Геннадій Леонідович** – канд. техн. наук, професор кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Voynarovsky Vitaliy Serhiyovych** - 4th year student, COIS-18b group, Faculty of Electronic Information Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail – [vitalijvojnarskij@gmail.com](mailto:vitalijvojnarskij@gmail.com)

Supervisor: **Hennadii Lysenko** – Cand. Sc. (Eng.), Professor of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic System, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia