

УДК 621.396.2

Г. Л. Лисенко, І. І. Тютюнник

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ОСТАННЬОЇ МИЛІ В ОПТИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Вступ

Для провайдерів оптичних мереж дуже важливо гарантувати користувачам надійність і безпеку передачі даних.

Існує багато різних систем моніторингу, кожна з яких має свої унікальні переваги, але майже всі з них достатньо складні і дорогі [1,2,3].

Тому створення системи, що є простою та недорогою з аналогічними параметрами є актуальним.

Будова системи

Пропонується система для моніторингу оптичних мереж з використанням часового ущільнення каналів (TDM) з фіксованими тайм-слотами. В залежності від протяжності лінії останньої милі можливі два варіанти будови системи. Перший варіант (більш простий і дешевий) призначений для мереж з максимальною довжиною волокна до 100м. Це пов'язано з тривалістю тайм-слотів в сучасних магістралях, яка становить 1мкс. За цей час світло у волокні проходить приблизно 200 м, але оскільки використовується рефлектометричне дослідження волокна, то це відповідає максимальній довжині 100 м. Другий варіант (більш складний, будується на базі першого) призначений для мереж з максимальною довжиною волокна більшою за 100 м.

Розглянемо спочатку будову першого (простого) варіанта системи.

Система складається з модуля керування, ОЧІР (оптичного часово-імпульсного рефлектометра), двох оптичних перемикачів та персонального комп'ютера (рис. 1).

Модуль керування координує роботу всієї системи. Він підключений до ОЧІР і до обох оптичних перемикачів. Він має інтерфейс з комп'ютером, який дозволяє керувати роботою системи. Також він підключений до мультиплексора та демультиплексора для синхронізації з тайм-слотами.

Оптичний перемикач №1 підключений до модуля керування і до оптичного перемикача №2. Він перемикає оптичні волокна, які йдуть до чи від користувачів до магістралі або до оптичного перемикача №2.

Оптичний перемикач №2 підключений до модуля керування, до оптичного перемикача №1 і до ОЧІР. Він підключає ОЧІР до входу (виходу) оптичного перемикача №1, який підключений до волокна, що йде до чи від користувача.

ОЧІР може працювати у двох режимах: моніторингу потужності, коли у волокно посилається лише один імпульс, а середня потужність сигналу що повернувся передається модулю керування, і в режимі моніторингу волокна, коли у волокно посилається лише один імпульс, а повна рефлектограма сигналу що повернувся передається модулю керування. Модуль керування запам'ятовує усі дані, які отримані від ОЧІР у вбудовану пам'ять.

Персональний комп'ютер під'єднаний до модуля керування. Він дозволяє налаштувати та управляти системою, переглядати стан системи, переглядати рефлектограми.

Другий варіант (складний) системи складається з модуля керування, ОЧІР, чотирьох оптичних перемикачів, мультиплексора хвильового ущільнення та персонального комп'ютера (рис. 2).

Модуль керування, ОЧІР та персональний комп'ютер виконують тут ті ж функції, що і у попередньому варіанті системи.

Оптичний перемикач №3 підключений до модуля керування, оптичного перемикача №4 і до оптичного перемикача №1. Він перемикає оптичні волокна, які йдуть до чи від магістралі, або до оптичного перемикача №4, або до оптичного перемикача №1.

Оптичний перемикач №4 підключений до модуля керування, оптичного перемикача №3 і до мультиплексора хвильового ущільнення. Він перемикає одне з оптичних волокон, які йдуть від оптичного перемикача №3, на мультиплексор хвильового ущільнення.

Мультиплексор хвильового ущільнення служить для об'єднання сигналів на різних довжинах хвилі, що подаються на нього від оптичного перемикача №3 та ОЧІР.

Оптичний перемикач №2 підключений до модуля керування, до оптичного перемикача №1 і до мультиплектора хвильового ущільнення. Він підключає вихід мультиплектора хвильового ущільнення до входу (виходу) оптичного перемикача №1, який підключений до волокна, що йде до чи від користувача.

Оптичний перемикач №1 підключений до модуля керування, оптичного перемикача №3 і до оптичного перемикача №2. Він перемикає оптичні волокна, які йдуть до чи від користувачів, до мультиплектора хвильового ущільнення або до оптичного перемикача №2.

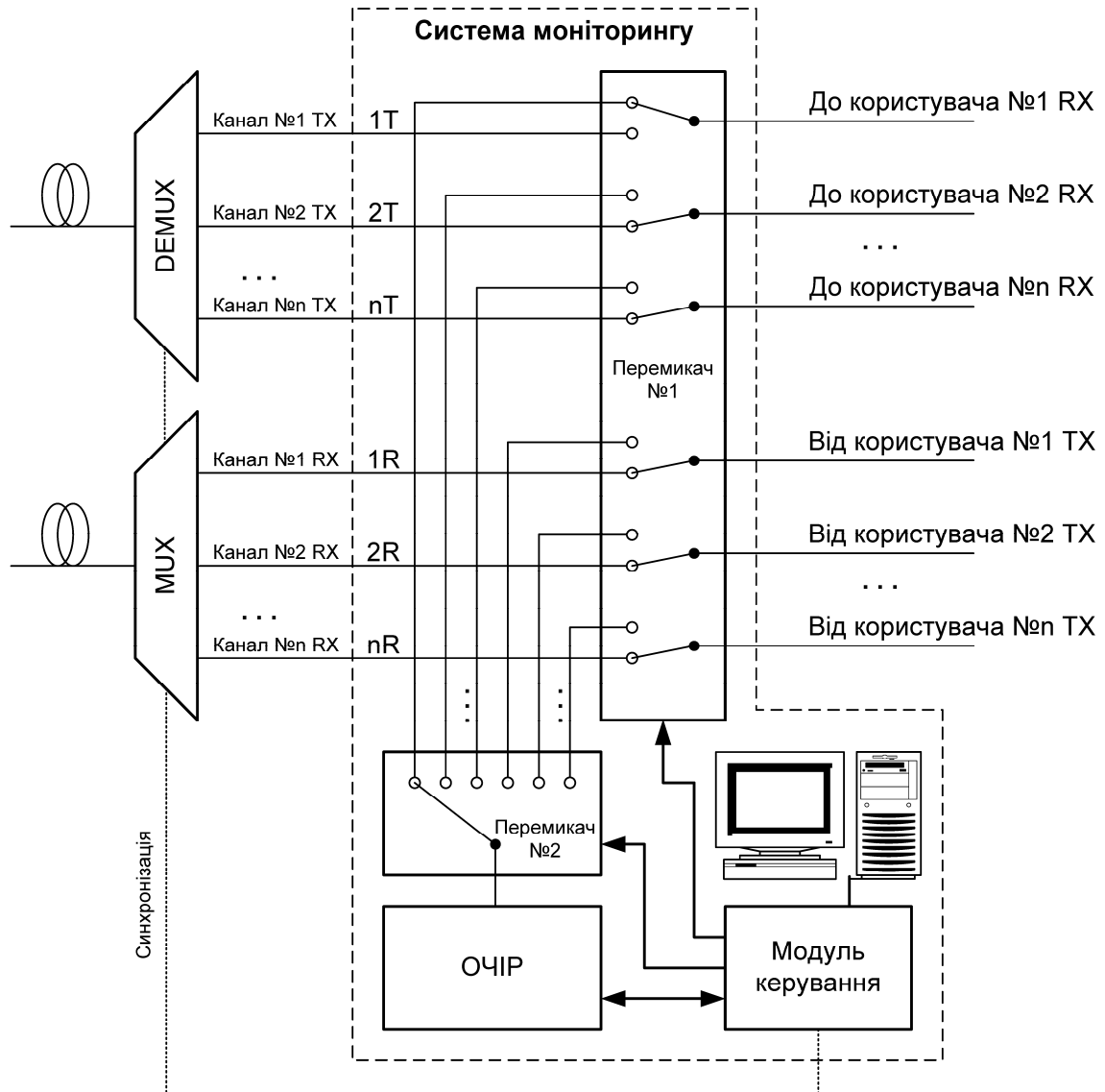


Рис. 1. Система моніторингу (перший варіант)

Робота системи

Розглянемо спочатку роботу першого (простого) варіанта системи.

В повнодуплексній оптичній мережі з часовим ущільненням каналів, коли магістраль розгалужується на волокна останньої милі (через демультиплексор та мультиплексор), в будь-який момент часу тільки по двох волокнах останньої милі будуть передаватись дані (перше – TX: від магістралі, друге – RX: до магістралі) [4]. За кожним волокном останньої милі зафіксований конкретний тайм-слот. Всі інші волокна останньої милі “темні” у цей час. Тому вони можуть бути легко перевірені. Але, як уже згадувалось вище, тайм-слоти досить коротко-тривалі, що обмежує максимальну протяжність тестування волокон.

Коли волокно перевіряється, воно підключається через два оптичних перемикачі (№1 та №2) до ОЧІР. Кожна перевірка вирівнюється в часі з початком тайм-слоту модулем керування.

ОЧІР посиляє сигнал у волокно і отримує відбитий сигнал [5]. Він вираховує середню потужність відбитого сигналу і посиляє його модулю керування. Модуль керування зберігає це значення у пам'ять і порівнює його з попередніми значеннями. Якщо різниця між значенням поточної середньої потужності і декількома попередніми значеннями не дуже різка, він підключає волокно назад до мультиплектора чи

демультимплектора, і чекає на початок наступного тайм-слоту щоб почати перевірку наступного волокна. Якщо ж різниця велика, і втручання незаплановане оператором для цього волокна, модуль керування

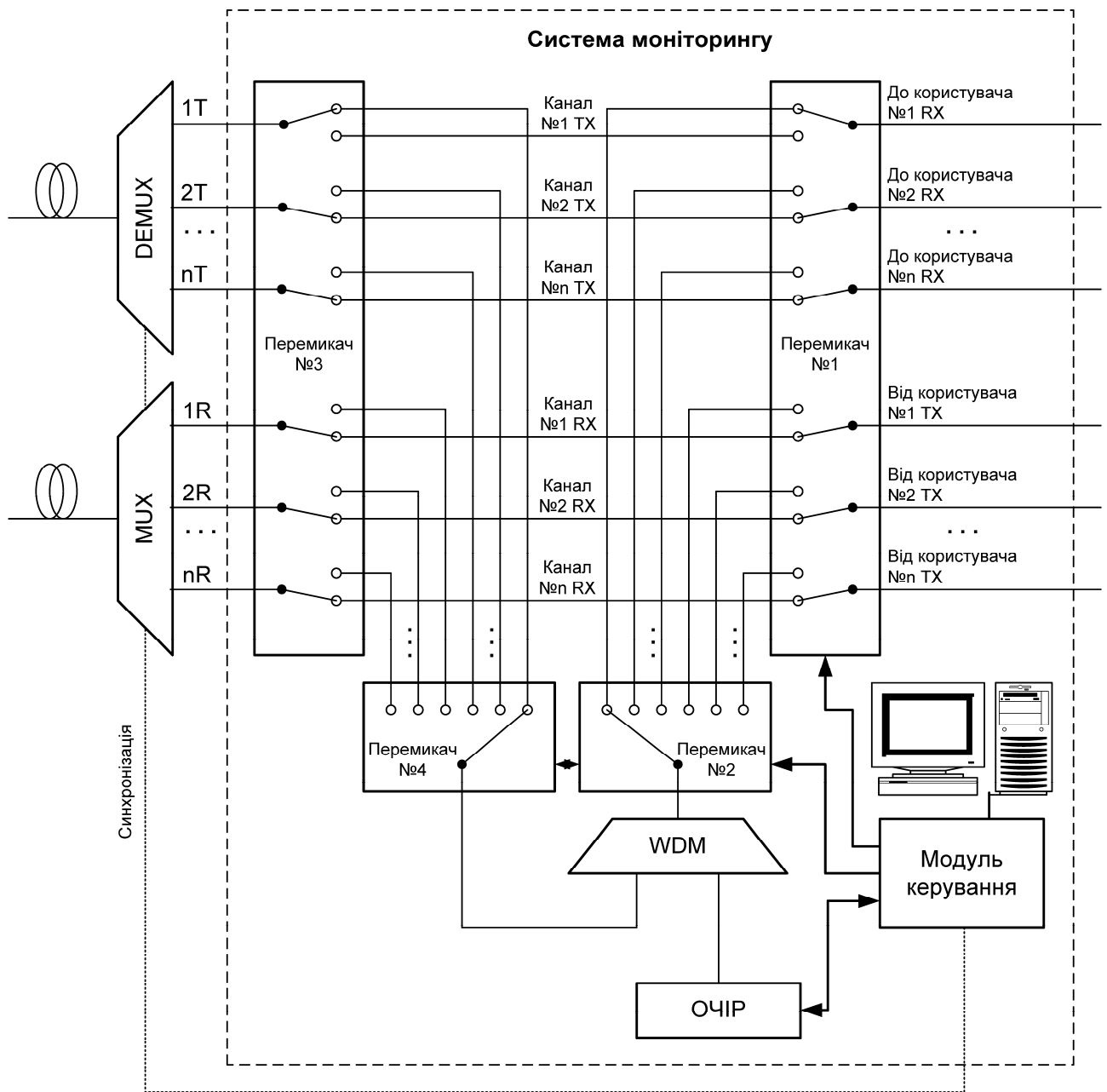


Рис. 2. Система моніторингу (другий варіант)

повідомляє комп'ютер про тривогу і помічає (у своїй пам'яті) весь цей канал як можливо пошкоджений – обидва волокна (і передаюче і приймаюче) підключаються оптичним перемикачем №1 до оптичного перемикача №2 (іншими словами – ізолюються від мережі). Це спричинить втрату пакетів, отож обидві системи (передавальна і приймальна) можуть ідентифікувати пошкодження або несанкціонований доступ. Після цього модуль керування чекає на початок наступного тайм-слоту, щоб почати перевірку наступного волокна. Але в декількох наступних перевірках помічених волокон ОЧІР буде вже передавати модулю керування повну рефлектограму. Модуль керування, усереднюючи декілька таких рефлекторів, побудує якісну рефлектограму і передасть її комп'ютеру, де програмне забезпечення може визначити і розпізнати втручання чи пошкодження. (рис. 2). Помічені волокна будуть ізольовані доки оператор не підтвердить їх підключення до мережі (рис. 3).

Послідовність тестування дуже проста. Нехай N – загальна кількість тайм-слотів. Цикл перевірки складається з двох півциклів. В першому півциклі перевіряються волокна, що йдуть від демультимплектора (будемо нумерувати їх jT , де j – номер TX тайм-слоту). Номер волокна що перевіряється F у даний момент, визначається як $C_{TX} - 1$, де C_{TX} – поточний TX тайм-слот (якщо $F=0$ то воно стає рівне N). В другому півциклі перевіряються волокна, що йдуть від мультиплектора (будемо

нумерувати їх jR , де j – номер RX тайм-слоту). Номер волокна, що перевіряється F у даний момент, визначається як $C_{RX} - 1$, де C_{RX} – поточний RX тайм-слот (якщо $F=0$ то воно стає рівне N). Якщо ми маємо N тайм-слотів, то повний цикл перевірки пройде за час $2 \cdot N \cdot t_s$, де t_s – період одного тайм-слоту.

Підключення волокна F на тестування досягається підключенням його оптичним перемикачем №1 до оптичного перемикача №2, який підключає це волокно до ОЧІР.

Другий варіант системи (складний) працює за аналогічними принципами.

За рахунок хвильового ущільнення сигналу тестування та корисних даних в одному волокні останньої милі даний варіант системи може працювати з волокнами досить великої довжини (десятки кілометрів) незалежно від тривалості тайм-слотів.

Коли волокно перевіряється, воно підключається через два оптичних перемикачі (№1, №2) до мультиплексора хвильового ущільнення, який в свою чергу підключений до ОЧІР та до двох інших оптичних перемикачів (№3, №4), які підключають його до магістралі. Кожна перевірка вирівнюється в часі з початком тайм-слоту модулем керування. Це виконується для того, щоб уникнути перекомутації волокна до ОЧІР в момент передачі даних по ньому.

При цьому загальний алгоритм роботи системи залишається такий же як і простому варіанті системи. Змінюється лише механізм підключення волокна на тестування, який в цьому випадку виконується за допомогою не двох, а чотирьох перемикачів.

Цикл перевірки, тобто принцип відбору наступного волокна для тестування в даному варіанті системи, інший. Всі волокна системи виставляються в “черзі”. Як тільки волокно, що знаходиться першим у “черзі” перестало бути активним (по ньому перестали передаватись дані), воно за допомогою перемикачів перепідключається до ОЧІР і магістралі через мультиплексор хвильового ущільнення. Після цього воно перевіряється за певний проміжок часу (в залежності від його довжини, яка заздалегідь відома системі). Після проведення перевірки, в залежності від її результатів, волокно перепідключається назад в напрямі до магістралі, або залишається ізольованим від мережі. При цьому в “черзі” це волокно переміщається у самий кінець. Першим тепер стає наступне у “черзі” волокно. Коли воно перестає бути активним, проводяться дії по його перевірці, і тепер воно переноситься у кінець “черги”. Таким чином по черзі перевіряється кожне волокно. Повний цикл перевірки пройде за час

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{2L_i}{v}$$

де v – швидкість світла у волокні, L_i – довжина i -го волокна, n – кількість волокон.

Наприклад, в системі, в якій використовується ущільнення каналів з чотирма тайм-слотами, при використанні першого (простого) варіанта системи моніторингу, цикл перевірки буде складатися з восьми перевірок. Перші чотири перевірки будуть становити перший півцикл (рис. 4). Спочатку буде перевірятись четверте волокно, що йде до користувача – $F = 4T$ (оскільки в даний момент активний перший TX тайм-слот – $C_{TX} = 1$). Потім $1T, 2T, 3T$. Наступні чотири перевірки будуть становити другий півцикл. Першим буде перевірятись третє волокно, що йде від користувача – $F = 3R$ (оскільки в даний момент активний четвертий RX тайм-слот – $C_{RX} = 4$). Далі будуть перевірятись волокна $4R, 1R, 2R$. На цьому цикл перевірки закінчиться і все почнеться спочатку.

Висновки

Дана система достатньо гнучка оскільки може працювати з декількома оптичними волокнами. Отже вона може бути використана не тільки провайдерами, але й у офісах і підприємствах з оптичними мережами. Вона може бути використана у поєднанні з брандмауером. Також вона може бути застосована у системах де дані мають проходити через оптичні волокна, що встановлені у небезпечних місцях, оскільки дана система може точно встановити місце спроби несанкціонованого зчитування даних з волокна.

Великою перевагою даної системи над іншими є її можливість нарощування від простої до складної в залежності від росту масштабності мережі, що дозволяє зекономити кошти при використанні її в малих мережах.

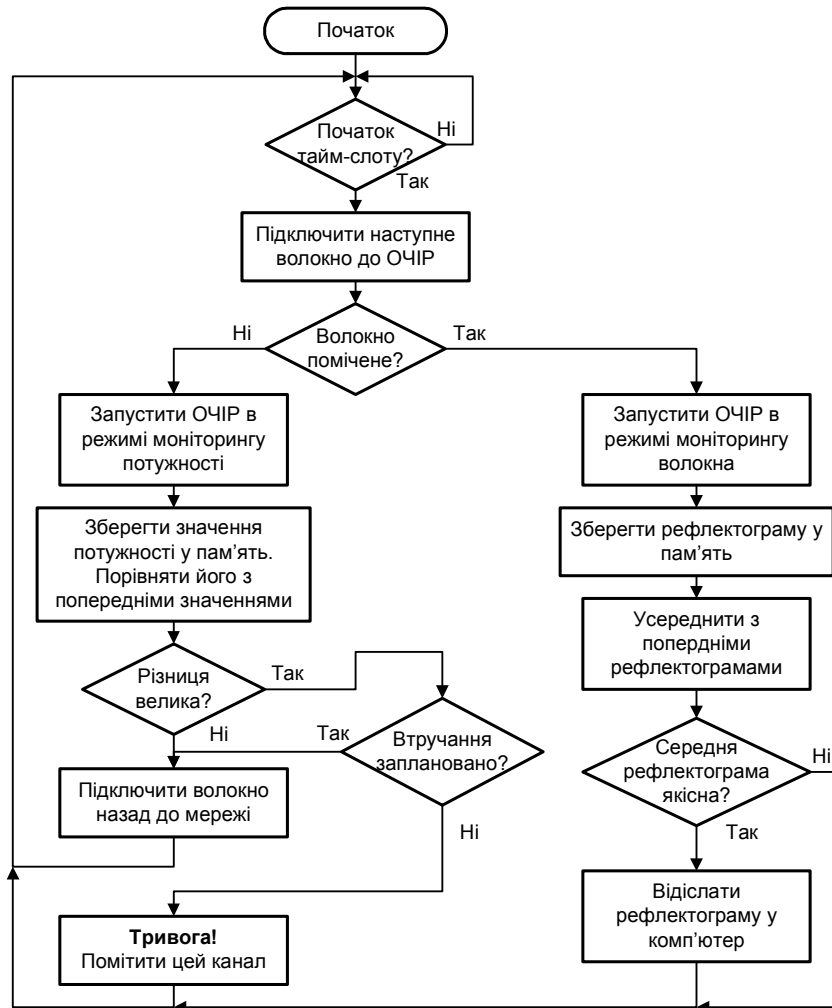


Рис. 3. Алгоритм процедури перевірки



Рис. 4. Алгоритм роботи модуля керування



Рис. 5. Цикл перевірки (в системі з чотирма тайм-слотами)
(Т – TX волокно, R – RX волокно)

Список літератури

1. US Patent. 5,093,568 Monitoring system for fiber optic cables utilizing an OTDR for detection of signal loss and automatic location of faults in the cable. John Maycock. (March 3, 1992).
2. US Patent. 6,519,026 Optical time-domain reflectometer (OTDR). Holland, William R. (August 6, 1999).
3. US Patent. 6,141,089 Optical time domain reflectometer for measurements in optical networks with currently applied traffic signals. Thoma Peter, Hoffmann Peter. (October 31, 2000).
4. Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. — М.: Эко-Трендз, 2001 - 267с.
5. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. — М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. - 671с.

Лисенко Геннадій Леонідович, заступник проректора з навчальної та науково-методичної роботи Вінницького національного технічного університету, к.т.н., доцент кафедри ЛОТ, 8(0432)447678 E-Mail: lgl@vstu.vinnica.ua

Тютюнник Ігор Ігорович, студент гр. ЛОТ-01 кафедри Лазерної та оптоелектронної техніки ІнАЕКСУ Вінницького національного технічного університету. Тел. 8(0432)355497 E-Mail: igors@vn.ua