

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

*Кафедра компьютерной физики и метаматериалов
на базе Саратовского филиала
Института радиотехники и электроники
имени В.А. Котельникова РАН*

РАЗДЕЛЕНИЕ КАНАЛОВ В ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ WDM

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
(БАКАЛАВРСКОЙ) РАБОТЫ
студента 4 курса 432 группы
направления 03.03.02 «Физика» физического факультета
Лазоренко Даниила Владимировича

Научный руководитель
к.ф.-м.н. доцент А. И. Конюхов

Заведующий кафедрой
д.ф.-м.н. профессор В.М. Аникин

Саратов
2018

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуализация проблемы. WDM (DWDM) – технология, позволяющая одновременно передавать несколько информационных каналов по одному оптическому волокну на разных несущих частотах (длинах волн) с использованием уже проложенных волоконно-оптических линий.

Современные системы WDM можно подразделить на три группы:

- грубые WDM (англ. coarseWDM, сокращенно CWDM) – системы с частотным разносом каналов более 2500 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 18 каналов;

- плотные WDM (англ. denseWDM, сокращенно DWDM) – системы с разносом каналов около 100 ГГц, позволяющие мультиплексировать до 40 каналов;

- высокоплотные WDM (англ. highdenseWDM, сокращенно HDWDM) – системы с разносом каналов 50 ГГц и менее, позволяющие мультиплексировать более 64 каналов.

Целью работы является ознакомление с принципами работы технологии плотного спектрального уплотнения каналов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Принцип работы WDM-систем (wavelength-divisionmultiplexing, WDM) поясняет рис. 1.

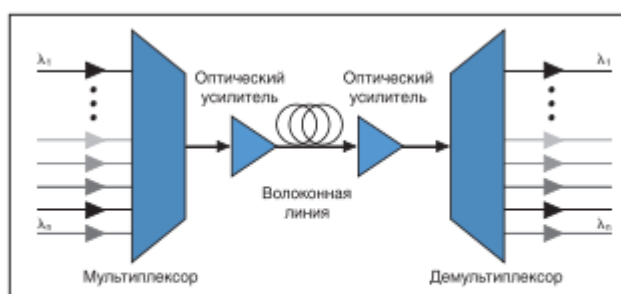


Рис. 1. Структура волоконно-оптической линии связи со спектральным мультиплексированием

Световые сигналы с разными длинами волн, генерируемые несколькими оптическими передатчиками, объединяются мультиплексором и вводятся

в оптическое волокно линии связи. При больших расстояниях передачи на линии связи устанавливается один или несколько оптических усилителей. На приемном конце линии связи демультиплексор принимает составной сигнал, выделяет из него исходные компоненты с разными длинами волн и направляет их на соответствующие фотоприемники. Такая система передачи «точка-точка» обеспечивает увеличение пропускной способности линии связи между двумя узлами. Однако возможности и преимущества технологии WDM в еще большей степени раскрываются в сложных насыщенных сетях связи, содержащих много различных узлов. На промежуточных узлах некоторые каналы могут быть добавлены или выделены из составного сигнала посредством мультиплексоров ввода/вывода, а остальные каналы проходят через узел без преобразования в электрический сигнал.

В некоторых узлах устройства оптической кросс-коммутации позволяют перенаправлять каналы по новым направлениям (рисунок 2). Первые исследования WDM-технологии, проведенные в 1980-х годах, продемонстрировали возможность объединения оптических несущих, разделенных спектральным интервалом 10–25 нм, для передачи сигналов по многомодовому волокну в локальных сетях, при этом рабочие длины волн лежали в первом (850 нм) и втором (1310 нм) окнах прозрачности.

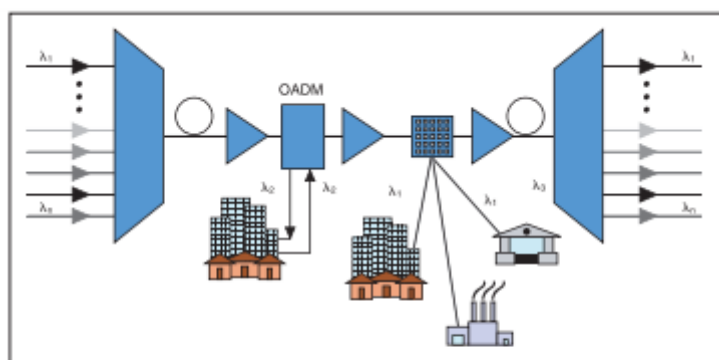


Рис. 2. Принцип работы WDM-систем передачи информации в сложных сетях. OADM – мультиплексор ввода/вывода, ОС – оптический кросс-коммутатор

Технология DWDM. Плотное спектральное уплотнение DWDM (dense wavelength-division multiplexing) – это современная технология передачи большого числа оптических каналов по одному волокну, которая лежит в основе нового поколения сетевых технологий. В настоящее время

телекоммуникационная индустрия претерпевает беспрецедентные изменения, что является следствием бурного развития Internet-технологий и разнообразных сетевых приложений. С крупномасштабным развертыванием сетей передачи данных происходит модификация самой архитектуры сетей. Именно поэтому требуются фундаментальные изменения в принципах проектирования, контроля и управления сетями. В основе нового поколения сетевых технологий лежат мнговолновые оптические сети, базирующиеся на плотном волновом мультиплексировании DWDM (рисунок 3).

Технология WDM позволяет существенно увеличить пропускную способность канала, причем она позволяет использовать уже проложенные волоконно-оптические линии. Благодаря WDM удается организовать двустороннюю многоканальную передачу трафика по одному волокну. Преимуществом DWDM-систем является возможность передачи высокоскоростного сигнала на сверхдальние расстояния без использования промежуточных пунктов (без регенерации сигнала и промежуточных усилителей). Эти преимущества крайне востребованы для передачи данных через малонаселенные пункты

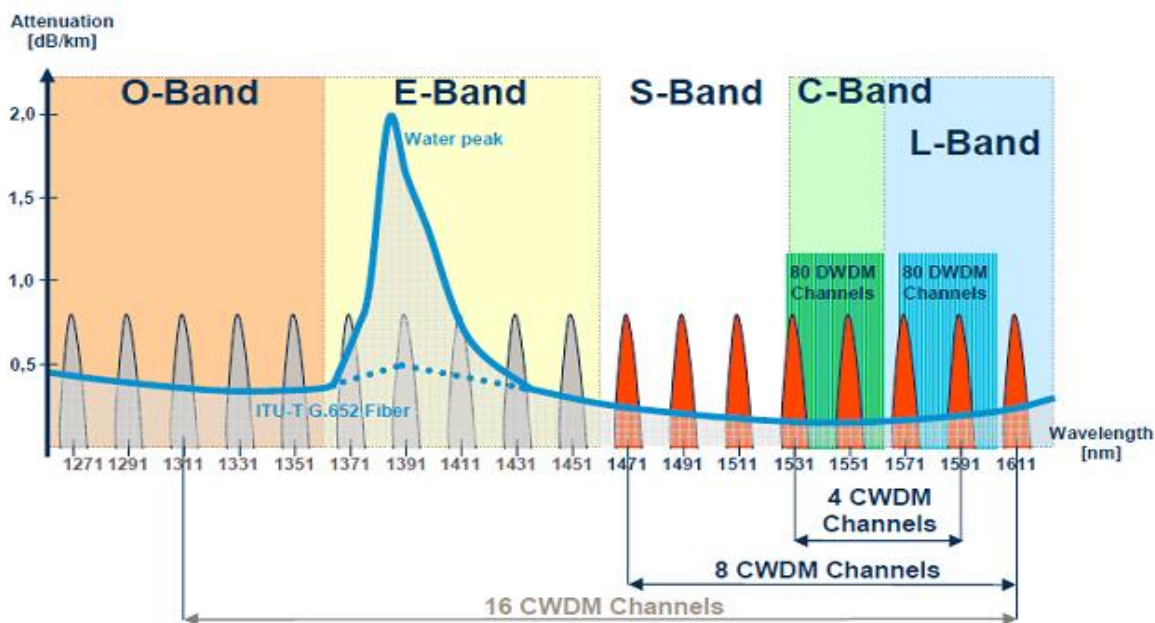


Рисунок 3. Диапазоны DWDM

Отличия и ограничения DWDM. DWDM предназначено для передачи данных на дальние расстояния, когда длины волн расположены близко друг к другу. Разработчики предлагают различные методы совмещения 32,

64, или 128-битных длин волн в одном волокне. С использованием волоконного усилителя, легированного эрбием (EDFA), который повышает производительность высокоскоростных систем передачи данных, такие системы могут работать на расстояниях в тысячи километров.

Каналы с высоким уплотнением также имеют свои ограничения.

Во-первых, требуются высокоточные фильтры для выделения одной конкретной длины волны таким образом, чтобы это не оказывало влияния на соседние длины волн. Это недешево.

Во-вторых, высокоточные лазеры должны направлять каналы точно в цель. Это почти всегда означает, что лазеры должны работать при постоянной температуре. Высокоточные, высокостабильные лазеры дороги, так же как и соответствующие системы охлаждения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа посвящена описанию работы WDM систем: рассматриваются схемные решения, оптические компоненты, схемы мультиплексирования и разделения каналов, влияние помех и другие вопросы согласно источнику:

Agrawal G.P. Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. The Institute of Optics. University of Rochester. Rochester: NY. WILEY, 2002.

Самым важным параметром в технологии плотного волнового мультиплексирования бесспорно является расстояние между соседними каналами. Стандартизация пространственного расположения каналов нужна, уже хотя бы потому, что на ее основе можно будет начинать проведение тестов на взаимную совместимость оборудования разных производителей. Сектор по стандартизации телекоммуникаций международного союза по электросвязи ITU-T утвердил частотный план DWDM с расстоянием между соседними каналами 100ГГц (нм). В тоже время большие дебаты продолжаются вокруг принятия частотного плана с еще меньшим расстоянием между каналами 50ГГц (нм). Равномерное распределение каналов позволяет оптимизировать работу волновых конвертеров, перестраиваемых лазеров и других устройств

полностью оптической сети, а также позволяет легче выполнять ее наращивание.

Частотный план для DWDM систем определяется стандартом ITU G.694.1. Согласно рекомендациям ITU в DWDM системах используются «С» (1525...1565нм) и «L» (1570...1610нм) окна прозрачности. В каждый диапазон попадают по 80 каналов с шагом 0.8нм (100ГГц). Обычно используется только «С» диапазон, поскольку количество каналов, которые можно организовать в этом диапазоне итак хватает с избытком, к тому же затухание в волокне стандарта G.652 в С-диапазоне несколько ниже, чем в L диапазоне. Таким образом, используя лишь С-диапазон, можно организовать до 40 каналов по одному оптическому волокну.

DWDM можно использовать и тогда, когда пропускной способности CWDM системы уже не хватает. В CWDM-окно 1550/1530нм попадает 16 несущих DWDM. Таким образом, появляется возможность поверх CWDM организовать от 1 до 8 DWDM каналов по одному волокну.

Также DWDM системы предъявляют более высокие требования к компонентам, чем CWDM (ширина спектра источника излучения, узкополосные оптические фильтры), из-за чего стоимость DWDM-систем несколько больше, чем у CWDM-систем.

Помимо того, что на DWDM можно организовать большее число каналов, еще одно преимущество перед CWDM заключается в том, что в С и L диапазонах возможно усиление сигнала при помощи недорогих и эффективных эрбиевых усилителей (ErbiumDopedFiberAmplifier, EDFA), тем самым можно организовать протяженные оптические линии с большой пропускной способностью без использования промежуточной электрической регенерации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Р.Р. Убайдуллаев, Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз 2001г 267с.
2. И. С. Гольдфарб. Развитие техники оптических кабелей: Обзор информации / ЦНИИ Связи. - М.: ЦНТИ «Информсвязь», 1996. - 84 с.
3. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических ли-

ний связи: Учебник для ВУЗов / под. ред. Б. В. Попова - М.: Радио и связь, 1996. - 200 с.

4. J. Hecht. Understanding Fiber Optics, Sams Publishing, 1993. - 477 p.
5. W. Hioki. Telecommunications, 2nd ed., Prentice Hall, 1995. - 501 p.
6. G.P. Agrawal, Fiber-Optic Communications Systems, Third Edition. The Institute of Optics. University of Rochester. Rochester: NY. WILEY, 2002.
7. B. Mukherjee, Optical WDM Networks, Springer US, New-York, 956 C., 2006.
8. Волоконно-оптические системы передачи и кабели: Справочник / И. И. Гроднев, А. Г. Мурадян, Р. М. Шарафутдинов и др. - М.: Радио и связь, 1993. - 264 с.