

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ЛИНЕЙНОГО ТРАКТА

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Мойсевич Ю.С.

Тарченко Н.В. – к.т.н., доцент

Современный этап развития систем связи характеризуется интенсивными разработками и внедрением волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Это связано с большими возможностями и перспективами, которыми обладают оптические системы. В первую очередь это большая пропускная способность (сотни Тбит/с) и надежность. Способы организации передачи информации по оптическому волокну достаточно многообразны и постоянно совершенствуются, поэтому существенную помощь при их изучении и моделировании оказывает классификация.

В результате проведения библиографического поиска и анализа литературы предложена следующая классификация ВОСП, которая представлена на рисунке 1 [1,2,3,4]:

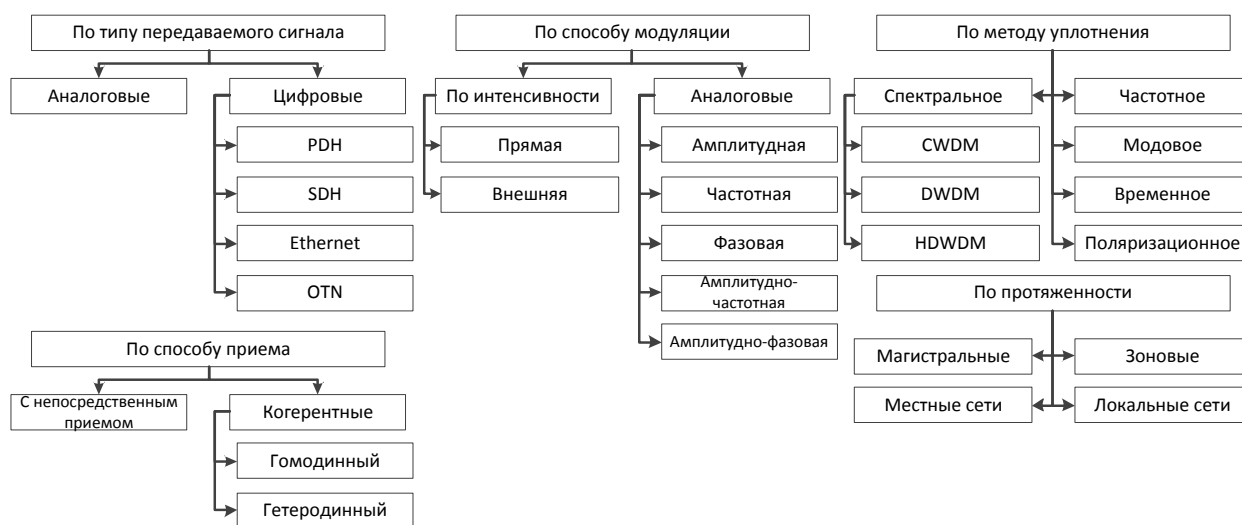


Рис. 1 – Классификация ВОСП

Можно выделить следующие основные классификационные признаки.

1. По типу передаваемого сигнала ВОСП делятся на:

1.1 аналоговые, если каналообразующее оборудование строится на основе аналоговых методов модуляции параметров гармонической несущей частоты (амплитудная, частотная, фазовая модуляции и их комбинации) или параметров периодической последовательности импульсов (амплитудно-импульсная, широтно-импульсная, фазоимпульсная модуляции и их комбинации). В настоящее время используются при передаче на небольшие расстояния в системах кабельного телевидения;

1.2 цифровые, при которых сигнал, передаваемый по оптическому волокну, является цифровым. В зависимости от применяемой технологии различают PDH, SDH, Ethernet, OTN.

Технология PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy – плезиохронная цифровая иерархия) – это принцип построения цифровых систем передачи, которые используют групповой мультиплексированный ИКМ-сигнал, состоящий из 30-канальных потоков (E1 – 2,048 Мбит/с) и требующий синхронизации скоростей цифровых потоков на входе оборудования группообразования. Последующие уровни иерархии образуются мультиплексированием четырех потоков предыдущего уровня. Таким образом, скорость передачи на следующих уровнях составляет 8 Мбит/с (E2), 34 Мбит/с (E3) и 140 Мбит/с (E4).

Технология SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная цифровая иерархия) появилась как результат эволюционного скачка, когда PDH перестала удовлетворять требованиям по пропускной способности, гибкости переключения и выделения цифровых потоков, оперативности управления и соответствию структуре услуг связи. Основная скорость передачи составляет 155,250 Мбит/с (STM-1), максимальная скорость – 40 Гбит/с (STM-256).

Ethernet – семейство технологий пакетной передачи данных. В зависимости от скорости передачи данных и передающей среды выделяют огромное количество вариантов технологии. В настоящее время существует стандарт 40GbE, который позволяет передавать данные со скоростью 400 Гбит/с, ведутся разработки 1TbE (1 Тбит/с).

Технология OTN (Optical Transport Network – оптическая транспортная сеть) является на сегодняшний день основной технологией построения магистральных волоконно-оптических сетей связи. Принцип технологии заключается в упаковке сигналов различных форматов в стандартные контейнеры, которые затем передаются по оптическому волокну. В настоящее время достигнута скорость 100 Гбит/с (ODU-4).

2. По способу модуляции оптического излучения ВОСП делятся на:

2.1 системы с модуляцией интенсивности оптического излучения, при которой мощность выходного оптического сигнала изменяются в соответствии с информационным сигналом;

2.2 системы передачи с аналоговыми методами модуляции оптического излучения (оптической несущей): амплитудной, фазовой, частотной модуляциями и их комбинациями.

При модуляции интенсивности различают прямую и внешнюю модуляцию. В передатчиках с прямой модуляцией в соответствии с информационной последовательностью модулируется ток накачки, под действием которого модулируется выходная мощность светового излучения лазера.

При внешней модуляции излучение источника, имеющее постоянное значение, подается на модулятор, в котором модулируется под действием информационного сигнала.

3. В зависимости от способа приема оптического сигнала различают ВОСП:

3.1 с непосредственным приемом, при котором происходит непосредственное преобразование интенсивности оптического излучения в электрический сигнал, напряжение или ток которого однозначно отражают изменение интенсивности оптического сигнала;

3.2 когерентные, в которых применяется гетеродинное или гомодинное преобразование частоты независимо от вида модуляции оптического излучения, осуществляемое на промежуточной частоте.

При гетеродинном приеме одновременно с оптическим сигналом частоты f_c на фотодетектор подается достаточно мощное оптическое излучение местного гетеродина с частотой f_r , на выходе фотодетектора выделяется промежуточная частота $f_{\text{ПР}} = f_c - f_r$, на которой и осуществляются дальнейшие преобразования оптического сигнала в электрический.

При гомодинном методе приема частоты колебаний принимаемого оптического излучения и местного гетеродина должны быть одинаковыми, а фазы синхронизированы.

4. По методам уплотнения оптического волокна различают ВОСП:

4.1 со спектральным уплотнением с разделением длин волн (WDM – Wavelength Division Multiplexing), при котором по одному оптическому волокну одновременно передается несколько спектрально разнесенных оптических несущих, каждая из которых модулируется многоканальный сигналом. В свою очередь современные системы WDM в зависимости от частоты разнеса каналов можно подразделить на CWDM (Coarse WDM – грубые WDM) с частотным разнесом каналов более 2500 ГГц (не более 18 каналов), DWDM (Dense WDM – плотные WDM) с разнесом каналов около 100 ГГц (до 40 каналов), HDWDM (Highdense WDM – высокоплотные WDM) с разнесом каналов 50 ГГц и менее (более 64 каналов);

4.2 с частотным уплотнением (FDM – Frequency Division Multiplexing), при котором исходным многоканальным сигналам различных источников в линейных трактах отводятся определенные полосы частот. Поэтому для получения близко расположенных спектральных каналов в ВОСП используются различные несущие не от разных источников, а от одного, но достаточно стабильного, с помощью соответствующего сдвига оптической несущей;

4.3 с временным уплотнением (TDM – Time Division Multiplexing), при котором для передачи каждого компонентного потока по одному оптическому волокну отводится свой временной интервал;

4.4 с модовым уплотнением (MDM – Mode Division Multiplexing), которые находят применение в системах передачи, основанных на использовании многомодового оптического волокна. С помощью модовых селекторов на входе и выходе волокна осуществляется передача независимых информационных потоков (каналов) на соответствующих модах.

4.5 с уплотнением по поляризации (PMD – Polarization Division Multiplexing), т. е. уплотнение потоков информации с помощью оптических несущих, имеющих линейную поляризацию. При этом плоскость поляризации каждой несущей должна быть расположена под своим углом. В отличие от модового уплотнения здесь в качестве среды передачи группового потока может быть использовано одномодовое волокно.

5. По дальности передачи ВОСП подразделяются на:

5.1 магистральные и международные, предназначенных для передачи информации на тысячи километров и соединяющих между собой центры государств или их краев, областей, крупные промышленные и научные центры и др.;

5.2 зоновые, предназначенные для организации связи в административных пределах стран и протяженностью до 600 км;

5.3 для местных сетей, предназначенные для организации межстанционных соединительных линий на городских и сельских телефонных сетях;

5.4 для локальных сетей, обеспечивающие связь между вычислительными машинами, организацию локальных компьютерных сетей и сетей кабельного телевидения.

Представленная классификация не является исчерпывающей и полной. Существует большое количество классификационных признаков, но в данной работе были выделены основные.

Список использованных источников:

1. Фокин В. Г. Когерентные оптические сети : Учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики; каф. многоканальной электросвязи и оптических систем. – Новосибирск, 2015. – 372 с.

2. Леонов А.В., Наний О.Е., Слепцов М.А., Трещиков В.Н. Тенденции развития оптических систем дальней связи; в журнале Прикладная фотоника, том 3, № 2, 2016 – с. 123-145.

3. Зингеренко Ю. А. Оптические цифровые телекоммуникационные системы и сети синхронной цифровой иерархии. – Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 393 с.

4. Соломенчук В.Д., Мищенко В.А., Гура К. Н. Оптические транспортные сети. – Киев: Центр последипломного образования ПАО «Укртелеком», 2014 – стр. 294.