Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391.63

ГУРИНОВИЧ
ЕгорДмитриевич

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ФОТОННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

Научный руководитель
канд.техн.наук, доцент
УРЯДОВ ВладимирНиколаевич

Минск 2014

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль

_____

(фамилия, имя, отчество)

_____

(дата, подпись)

Библиотека БГУИР

ВВЕДЕНИЕ

Одной из доминирующих тенденций развития телекоммуникационных сетей является процесс «фотонизации», результатом которого должен явиться переход к полностью оптическим транспортным сетям.

В основу фотонных сетей в первую очередь положен принцип динамической волновой коммутации (маршрутизации). Это означает, что в системах со спектральным (волновым) разделением, которые будут основой таких сетей, увеличится не только количество каналов, но и количество мультиплексоров/демультиплексоров в оптическом тракте вдоль всего маршрута следования информации. Поэтому в последнее время возникает повышенный интерес к таким оптическим компонентам, как мультиплексоры-демультиплексоры и влиянию их параметров на качество передачи информации.

Таким образом, в процессе эксплуатации инфокоммуникационных сетей регулярно возникает задача модернизации и преобразования структуры существующей транспортной сети. Исследования в данном направлении ведутся в рамках повышения эффективности процессов модернизации и преобразования транспортных инфокоммуникационных сетей.

Соответственно, задачу настоящей работы можно сформулировать следующим образом. Необходимо создать поэтапный план модернизации и развития транспортных инфокоммуникационных сетей, исходя из заданных начальных условий и ограничений на характеристики качества связи, характеристики надежности. При решении задачи надо принимать во внимание предполагаемый рост трафика, создание новых узлов связи, подключение новых сетей, ввод в эксплуатацию новых линий связи. Модернизация заключается в монтаже новых линий связи, установке нового, замене или перемещении коммутационного и оконечного оборудования, перераспределении существующих информационных потоков.

Также, актуальными научными задачами являются исследование принципов построения фотонных инфокоммуникационных сетей, в частности исследования принципов реализации фотонных сетей на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода, а также оценка влияния оптической среды существующих волоконно-оптических линий связи на качество передачи информации в оптических каналах систем SDH и DWDM. Эти исследования позволят определить предельные параметры систем SDH и DWDM, при которых обеспечивается требуемое качество передачи информации с учетом особенностей передаваемого трафика.

Библиотека БГУИР

Основной недостаток существующих решений актуальных задач в области фотонных инфокоммуникационных сетей состоит в том, что оптимизация транспортных инфокоммуникационных сетей проводится для одного периода времени, не учитывая длительности и этапности реализации проекта транспортной сети, и существование ограничений для каждого этапа. Кроме того, существующие исследования в области фотонных сетей не учитывают архитектурных особенностей современного сетевого оборудования и дискретности изменения пропускной способности каналов связи.

Объектом исследования настоящей диссертации являются фотонные инфокоммуникационные сети со спектральным разделением каналов. Основными целями диссертации являются обзор и анализ фотонных инфокоммуникационных сетей на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода, современных транспортных технологий и принципов построения и реализации фотонных сетей, выбор оптимальной топологии фотонных сетей, разработка методики расчета линейного тракта и надежности фотонной сети.

Для достижения поставленной цели с учетом общих принципов организации инфокоммуникационных систем и оценки качества их функционирования в диссертации решена задача по исследованию фотонных инфокоммуникационных сетей, а также произведен расчет основных параметров фотонной сети на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода.

Библиотека БГУИР

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Целью настоящей работы является исследование фотонных инфокоммуникационных сетей. Задачи проводимых исследований:

- Изучить принципы построения фотонных инфокоммуникационных сетей;
- Сравнить транспортные технологии, применяемые в фотонных инфокоммуникационных сетях;
- Проанализировать транспортные технологии и выявить их влияние на развитие фотонных инфокоммуникационных сетей;
- Исследовать принципы реализации фотонных инфокоммуникационных сетей;
- Разработать методику расчета фотонных сетей на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода.

Бурное развитие современных технологий передачи данных, диктуемое ростом трафика, и необходимость роста скоростей и пропускной способности фотонных инфокоммуникационных сетей требуют модернизации последних. Тенденции создания сетей следующего поколения ведут к созданию мультисервисных транспортных платформ и сокращению уровней иерархии транспортных сетей. Вследствие чего необходимо исследование и внедрение фотонных инфокоммуникационных сетей.

В работе даны рекомендации по применению технологий передачи данных на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода. Рассмотрен сценарий миграции к фотонным инфокоммуникационным сетям на основе мультиплексоров ввода-вывода. Разработана методика расчета основных параметров фотонной сети на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода.

Библиотека БГУИР

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **Введении** дается краткая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы ее цель, практическая значимость, научная новизна и основные этапы исследований.

Глава 1 посвящена обзору и анализу принципов построения фотонных инфокоммуникационных сетей. Кратко описываются наиболее распространенные транспортные технологии, используемые при построении фотонных сетей в настоящее время. Описана эволюция транспортных технологий и тенденции по их конвергенции. Рассмотрены протоколы, применяемые в фотонных сетях, в частности протокол MPLS. Подробно рассмотрены технологии SDH и DWDM, выделены их основные достоинства и недостатки. Кратко описана технология OTN, как дальнейшее развитие технологии DWDM.

В **Главе 2** рассмотрены принципы реализации фотонных сетей. В данной главе описаны требования, предъявляемые к фотонным транспортным сетям. Рассмотрены решения для транспортных сетей на базе различных технологий: PDH, SDH, WDM, ATM, IP, Ethernet.Описаны полностью оптические транспортные сети, выделены их достоинства и недостатки. Описываются различные модели и протоколы фотонной сети, в частности модель на основе протокола MPλS. Рассмотрены методы создания фотонных сетей, устройства оптической маршрутизации и коммутации.

В **Главе 3** предлагается методика расчета фотонной сети на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода. Описаны различные топологии фотонных сетей на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода, приведена общая классификация оптических интерфейсов (рисунок 1).

Описана технология прокладки оптического кабеля. Предложена методика расчета системных параметров проектируемого линейного тракта, в частности подробно рассмотрена схема бюджета мощности.

Рассмотрен расчет многопролетного участка оптической транспортной сети многоканальной ВОСП со спектральным разделением каналов.

Представлена схема многопролетного участка транспортной сети с применением оконечных мультиплексора (OM) и демультиплексора (ODM), мультиплексоров вывода/ввода (OADM), оптического кросс-коммутатора (OXC), оптических усилителей и волоконно-оптического кабеля (рисунок 2).

Библиотека БГУИР

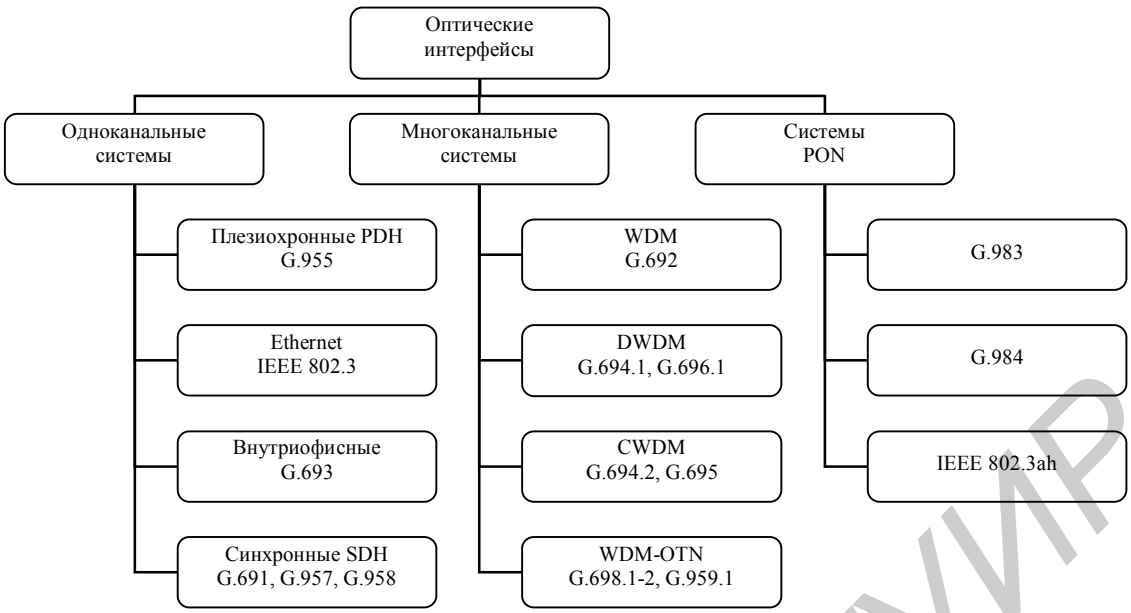

Рисунок 1 – Общая классификация оптических интерфейсов

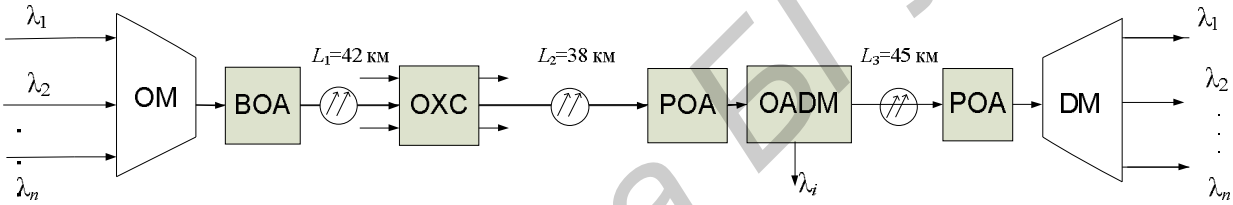

Рисунок 2 – Схема участка оптической транспортной сети

Выполнен расчет линейного тракта сети, расчет основных параметров надежности сети (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет диаграммы уровней

Рассчитываемые параметры	Участки и длины оптического кабеля, км		
	L1, 42	L2, 38	L3, 45
Затухание участка, дБ	9,7	8,74	10,35
Затухание участка с учетом компенсатора дисперсии, дБ	12,5	11,54	13,15
Уровень мощности на входе участка, дБм	+1	-10	-10
Уровень мощности на выходе участка и компенсатора, дБм	-11,5	-21,54	-23,15

Рассчитана вероятность безотказной работы (таблица 3):

Таблица 3 – Вероятность безотказной работы

Вероятность безотказной работы	Интервал времени t, ч				
	0	1	720	8640	86400
P(t)	1	0,99997	0,97522	0,74064	0,04924

Библиотека БГУИР

Разработан алгоритм проектирования оптического тракта (рисунок 3).

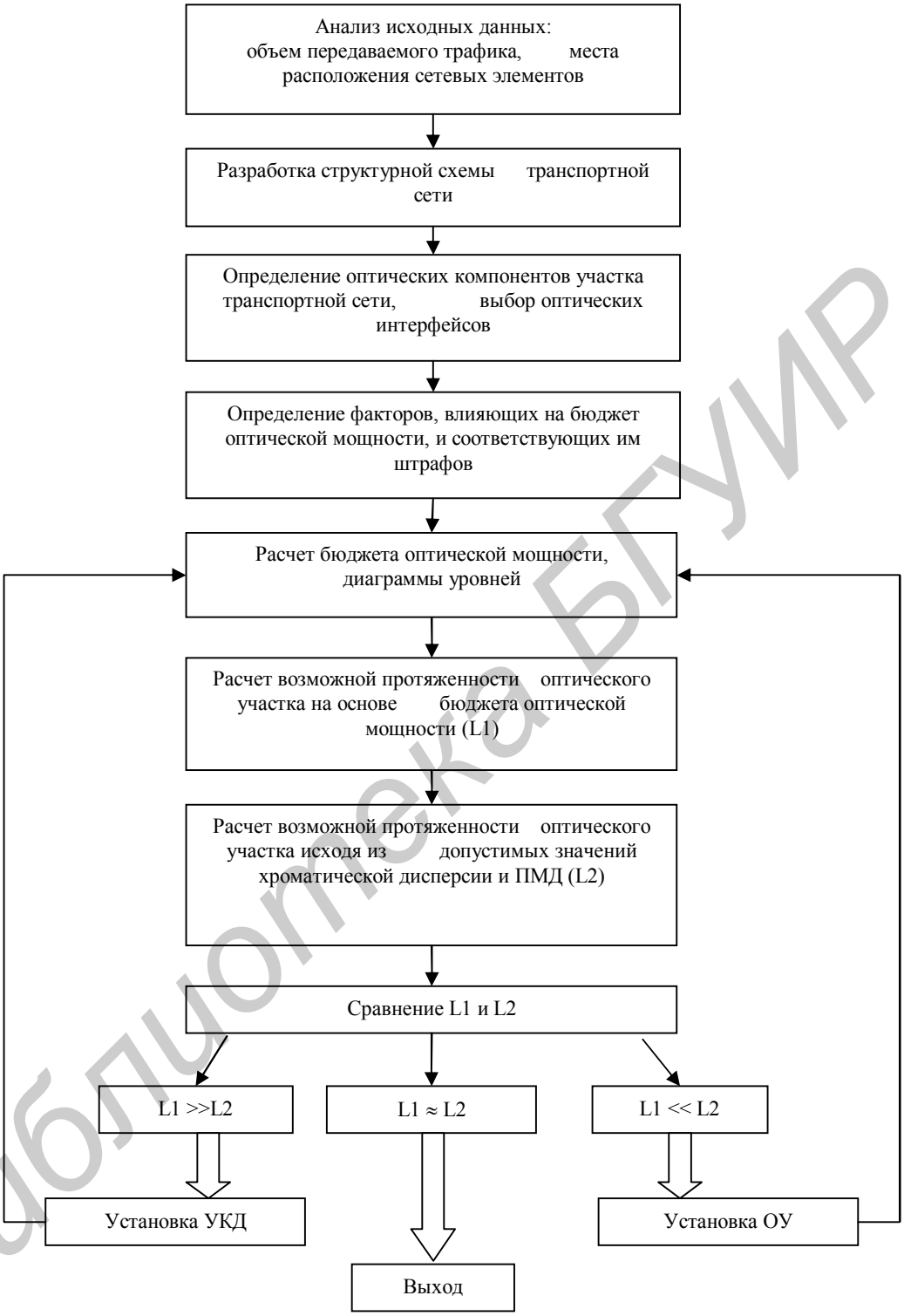

Рисунок 3 – Алгоритм проектирования оптического тракта

Выполнен сравнительный анализ эффективности использования волнового и временного уплотнения каналов в системах с p-i-n и ЛФД фотоприемниками. В результате сделаны выводы о перспективности технологии WDM с точки зрения сохранения бюджета системы и

Библиотека БГУИР

целесообразности ее использования в фотонных инфокоммуникационных сетях с гигабитной скоростью передачи.

Дана оценка эффективности использования спектра и максимальной пропускной способности систем WDM. Приведены нормативные значения основных параметров ВОСП.

В **Заключении** диссертации сформулированы основные результаты выполненной работы:

- Был произведен анализ оптических транспортных сетей телекоммуникаций на основе технологий SDH и DWDM;
- Были исследованы протокольных решений транспортных сетей;
- Опираясь на тенденции трафика и требования конвергенции, рассмотрена мультисервисная транспортная платформа;
- Были исследованы полностью оптические транспортные сети с пакетной коммутацией.

Библиотека БГУИР

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы над диссертацией с учетом проведенного анализа и расчетов были исследованы фотонные инфокоммуникационные сети являющейся современным стандартом системы передачи на магистральных сетях и обладающих большими функциональными возможностями.

В диссертации был рассмотрен вопрос прокладки фотонной сети с применением технологии DWDM. Выбранная технология в настоящее время широко применяется в волоконно-оптических линиях связи, она позволяет повысить пропускную способность магистрали и увеличить качество передаваемой информации.

В работе была разработана методика расчета фотонной сети на основе оптических мультиплексоров ввода-вывода, произведен расчет линейного тракта и надежности сети. Все результаты расчетов, которые были произведены в работе, соответствуют нормам и стандартам связи, что говорит о правильном выборе применяемой технологии.

Для решения поставленных задач и достижения выше обозначенных целей в данной магистерской диссертации было произведено:

- Анализ оптических транспортных сетей телекоммуникаций на основе технологий SDH и DWDM;
- Исследование протокольных решений транспортных сетей;
- Опираясь на тенденции трафика и требования конвергенции, рассмотрена мультисервисная транспортная платформа;
- Были исследованы полностью оптические транспортные сети с пакетной коммутацией;

В данной диссертации был произведен анализ фотонных транспортных сетей инфокоммуникаций. За основу были взяты технология SDH и развивающаяся технология DWDM. В результате анализа можно сделать следующие выводы:

- Технология SDH является доминирующей в магистральных сетях и сетях масштаба города;
- Транспортные сети SDH строятся по территориальному принципу, что позволяет изменять конфигурацию сети и управлять действиями персонала по восстановлению поврежденных соединений;
- Основными преимуществами SDH сетей является эффективное использование пропускной способности, повышенная надежность, живучесть, масштабируемость и отказоустойчивость;
- Технология SDH является транспортной технологией для IP и ATM, что компенсирует слабо развитые транспортные функции последних;

Библиотека БГУИР

- Посредством новых развивающихся технологий, таких как MPLS, GFP и др. создаются оптические мультисервисные транспортные платформы;

- Происходит конвергенция и как следствие уменьшение числа слоев модели сети, в результате чего наблюдается тенденция к развитию новых возможностей технологии SDH как транспортной основы сетей NGN;

- К числу основных недостатков традиционной среды SONET относятся следующие: ограниченная гибкость, большой объем необходимого оборудования, большие сроки подготовки линий, и нерациональный расход производительности полосы пропускания;

- DWDM-технология рассматривается уже не только как средство повышения пропускной способности оптического волокна, а как наиболее надежная технология для опорной инфраструктуры мультисервисных и мобильных сетей, обеспечивающая резкое повышение пропускной способности сети и реализующая широкий набор принципиально новых услуг связи. Возможность DWDM интегрироваться с перспективными технологиями и протоколами передачи цифровой информации делает ее незаменимой в процессе конвергенции между различными видами и службами связи;

- Развитие технологии DWDM подталкивается целым рядом факторов. DWDM имеет множество потенциальных применений. Главным образом, она найдет спрос у компаний связи, поскольку благодаря ей они могут увеличить объем передаваемых данных без прокладки дополнительного кабеля. В большинстве случаев DWDM вписывается в имеющуюся инфраструктуру волоконно-оптических линий с минимальными изменениями;

- Практическое использование технологии DWDM постоянно расширяется в связи с быстрым развитием сетей связи всех уровней, в ближайшем будущем данная тенденция сохранится. Оборудования DWDM применяется как для создания новых волоконно-оптических сетей, так и для модернизации и расширения существующих сетей в целях существенного повышения их пропускной способности и доступности.

Библиотека БГУИР