

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «АмГУ»)**

Кафедра ФИЗИКИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«СРЕДСТВА СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ»

Основной образовательной программы по специальности 010701.65 – «Физика»

Благовещенск 2012

УМКД разработан кан. физ.-мат. наук, доцентом кафедры ФИЗИКИ
Стуковой Еленой Владимировной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры ФИЗИКИ

Протокол заседания кафедры от «___» _____ 2012г. № _____

И.о. зав. кафедрой

_____ / _____ /

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМСС 010701.65 – «Физика»
от «___» _____ 2012г. № _____

Председатель
УМСС

_____ / _____ /

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Содержание	
Рабочая программа	4
Лекционный курс	7
Самостоятельная работа	9
Виды контроля	10
Критерии оценки	10
Примерные вопросы к экзамену	11
Пример теста для промежуточного контроля	11
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
Конспекты лекций	13

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ В.В. Проказин
« _____ » _____ 201__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
Средства связи и передачи информации
(наименование учебной дисциплины/модуля)

для специальности 010701.65 – «Физика»

по специализациям: «Информационные технологии в образовании и научной
деятельности»
«Медицинская физика»

Квалификация выпускника: ФИЗИК

Курс V

Семестр 9

Экзамен 9
(семестр)

Лекции 42 (час.)

Самостоятельная работа 11 (час.)

Общая трудоемкость дисциплины 53 (час.)

Составитель Е.В. Стукова, доцент, канд. физ.-мат. наук.
(И.О.Ф., должность, ученое звание)

Факультет: инженерно-физический

Кафедра: теоретической и экспериментальной физики

Благовещенск 2012 г.

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и авторских разработок по направлению подготовки 010701.65 – «Физика», квалификация: физик

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики

«__» _____ 201__ г., протокол № _____

И.о. заведующего кафедрой _____ Е.А.Ванина

Рабочая программа одобрена на заседании учебно-методического совета по направлению подготовки 010701.65 – «Физика»

«__» _____ 201__ г., протокол № _____

Председатель УМСС _____

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики от _____

протокол № _____

Председатель _____ Е.А. Ванина

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики от _____

протокол № _____

И.о. заведующего кафедрой _____ Е.А.Ванина

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

«__» _____ 201__ г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель УМС факультета

«__» _____ 201__ г.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

«__» _____ 201__ г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«__» _____ 201__ г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины являются изучение базовых принципов передачи информации.

Задачи:

1. Изучение представления информации в современных вычислительных системах,
2. Изучение методов передачи информации, помехоустойчивости и эффективных методов и алгоритмов шифрования данных.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО:

Дисциплина «Средства связи и передачи информации» является дисциплиной, входящей в блок дисциплин специализаций СД.ДС.Р.11 для специальности 010701 «Физика».

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) информатику;
- 2) радиоэлектронику;

3. ЗНАНИЯ И УМЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины студент должен:

иметь представление об основных принципах функционирования телекоммуникационных систем, обеспечивающих современные виды информационного обслуживания такие, как аналоговая и цифровая телефония, спутниковая связь, электронная почта, телеконференции, и факсимильная передача информации;

знать особенности применения протоколов глобальных и локальных вычислительных сетей различных типов, а также современные требования, предъявляемые к данным сетям.

уметь применять полученные знания при анализе и разработке систем и сетей передачи информации.

владеть терминологией, и системным подходом к решению задач по построению телекоммуникационных сетей различных типов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 53 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы		Формы текущего контроля
		Лекции (час.)	СРС (час.)	
1	ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ	2	1	Составление конспектов по самостоятельной работе.
2	АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ	4	1	Составление конспектов по самостоятельной работе.

3	ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИ ОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ	6	1	Составление конспектов по самостоятельной работе. Письменный опрос
4	СИСТЕМЫ ТЕЛЕФОННОЙ И ТЕЛЕГРАФНОЙ СВЯЗИ	6	2	Составление конспектов по самостоятельной работе.
5	ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СООБЩЕНИЙ В ЦИФРОВУЮ ФОРМУ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СООБЩЕНИЙ	6	2	Составление конспектов по самостоятельной работе. Письменный опрос
6	МЕТОДЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВА НИЯ И ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРО ВАНИЯ	6	1	Составление конспектов по самостоятельной работе.
7	КАНАЛЫ СВЯЗИ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ	6	1	Составление конспектов по самостоятельной работе
8	МОДУЛЯТОРЫ И ДЕМОДУЛЯТОРЫ И РАДИО- И ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	2	1	Составление конспектов по самостоятельной работе
9	ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ	4	1	Составление конспектов по самостоятельной работе
	Итого в 9-м семестре	42	11	Экзамен

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекционный курс

ТЕМА I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Классификация систем связи. Назначение, условия функционирования, принципы построения, структурные схемы телекоммуникационных систем и их основных подсистем, показатели качества. Сети связи. Структура сетей связи.

ТЕМА II. АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Основные понятия и определения. Эталонная модель взаимосвязи открытых систем (модель OSI), общие сведения о протоколах эталонной семиуровневой модели. Логическая структура коммуникационных сетей с маршрутизацией и селекцией информации и их компонентов, основные характеристики информационных сетей. Особенности современных сетевых архитектур. Глобальные и локальные сети. Архитектурные особенности современных локальных сетей. Протоколы физического и канального уровней. Особенности сети Internet и работы с её ресурсами.

ТЕМА III. СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Роль стандартов в области телекоммуникаций, российские и международные организации по стандартизации, виды стандартов для телекоммуникационных систем и сетей.

ТЕМА IV. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Системы телефонной связи. Системы телеграфной связи. Коротковолновые и ультракоротковолновые системы связи. Радиорелейные системы связи. Телевизионные системы связи. Спутниковые системы связи. Волоконно-оптические системы связи. Техничко-экономические предпосылки перехода к цифровым технологиям передачи сообщений. Современные виды информационного обслуживания: факсимильная передача информации; электронная почта; телеконференция; видеотекст; телетекст. Цифровая телефония. Интеграция услуг передачи информации разного вида на единой цифровой технологической основе. Мультимедийные телекоммуникационные системы общего и специального (профессионального) назначения. Цифровые сети с интеграцией служб (ISDN) и широкополосные цифровые сети с интеграцией служб (B-ISDN). Интеграция телекоммуникационных систем подвижной, фиксированной и спутниковой связи. Сети интегрального обслуживания.

ТЕМА V. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СООБЩЕНИЙ В ЦИФРОВУЮ ФОРМУ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СООБЩЕНИЙ

Виды сообщений и их характеристики, принципы преобразования аналоговых сообщений в цифровую форму (дискретизация по времени, квантование по уровню, кодирование информации в системах связи) и обратно (декодирование и интерполяция). Информационная емкость и избыточность сообщений. Цифровой поток. Понятие о сжатии информации. Принципы эффективного и помехоустойчивого кодирования информации. Схемная реализация. Алгоритмы кодирования и декодирования. Методы модуляции в системах связи. Основные типы модемов. Дискретные вокодеры. Международные стандарты аналого-цифрового преобразования и сжатия аудио- и визуальной информации. Технические характеристики и принципы функционирования современных модемов.

ТЕМА VI. МЕТОДЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ И ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

Особенности цифровых систем многоканальных передач сообщений. Уплотнение информации в системах связи. Способы объединения цифровых потоков. Совместное использование (разделение) ресурсов физической среды несколькими источниками сообщений, многоканальные системы и концентраторы, методы мультиплексирования и демультимплексирования сообщений, основанные на частотном, временном и кодовом

разделении, а также на адресации блоков данных. Проблема синхронизации при использовании временного и кодового разделения. Особенности передачи цифровых сигналов по цифровым каналам. Помехи и искажения, возникающие при практической реализации систем передачи цифровых и аналоговых сообщений.

ТЕМА VII. КАНАЛЫ СВЯЗИ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Определение понятия "канал" в теории связи в зависимости от рассматриваемых сечений линии "точка-точка". Связь с понятиями модели OSI. Концептуальные модели каналов (что учитывается, для чего предназначена). Методы коммутации информации. Особенности сетей с коммутацией каналов, сообщений, пакетов. Маршрутизация и управление потоками в сетях связи. Основные математические модели физических каналов и информационных (в первую очередь, двоичных) каналов. Сигналы в телекоммуникационных системах и сетях. Сигналы в локальных сетях. Сигналы в кабельных сетях связи. Сигналы в радиосистемах подвижной, спутниковой и специальной связи. Сигналы в волоконно-оптических линиях.

ТЕМА VIII. МОДУЛЯТОРЫ И ДЕМОДУЛЯТОРЫ РАДИО- И ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Принципы построения модуляторов и демодуляторов для наиболее употребительных приложений. Совмещение функций модуляции и демодуляции

ТЕМА IX. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Показатели достоверности принятых сообщений: отношение сигнал-шум, коэффициент ошибок. Задержка и надёжность доставки сообщений. Скорость передачи и пропускная способность. Постановка задачи оптимизации канала передачи в целом и основные результаты ее решения (теоремы Шеннона). Нормируемые специальные показатели и экспертные оценки качества передачи информации. Стандарты.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

В течение семестра студентами должны быть самостоятельно изучены следующие вопросы:

№ п/п	Форма самостоятельной работы	Кол-во уч. часов
1	Составление конспекта на тему «Обеспечение требуемой достоверности передачи информации. Подходы к обеспечению требуемой достоверности».	1
2	Составление конспекта на тему «Сущность методов помехоустойчивого кодирования. Особенности построения помехоустойчивых кодеков».	2
3	Составление конспекта на тему «Применение информационной и решающей обратной связи для обеспечения требуемой достоверности. Связь с функциями уровней моделей OSI».	2
4	Составление конспекта на тему «Защита информации и оборудования от несанкционированного доступа в телекоммуникационных сетях».	2
5	Составление конспекта на тему «Место аппаратных и программных средств в общем комплексе мер защиты информации и оборудования от несанкционированного доступа в телекоммуникационных системах и сетях».	2

6	Составление конспекта на тему «Особенности применения специальных сигналов и методов шифрования (криптографии) для защиты информации в телекоммуникационных системах и сетях».	2
	Всего	11

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Вид инноваций	Перечень инноваций
1. Методы, применяемые в обучении	Неимитационные методы обучения: <i>проблемная лекция, лекция-консультация</i> . Неигровые имитационные методы обучения: <i>контекстное обучение, метод решения творческих задач</i> (применяется в ходе практических занятий); <i>кейс-метод</i> (используется в ходе лабораторных занятий).
2. Технологии обучения	Компетентностно-ориентированное обучение
3. Информационные технологии	Лекции проводятся с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования.
4. Информационные системы	Электронный ресурс библиотеки АмГУ: http://www.biblio@amursu.ru/ .
5. Инновационные методы контроля	Компьютерное интернет-тестирование.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения аудиторных занятий посредством устного опроса, проведения контрольных работ или осуществления лекции в форме диалога.

Промежуточный контроль осуществляется один раз в семестр в виде контрольной работы.

Экзамен – итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде устного или письменного экзамена при ответах экзаменуемого на два вопроса в билете и дополнительные вопросы по желанию экзаменатора.

Знания студента оцениваются как **отличные** при полном изложении теоретического материала экзаменационного билета и ответах на дополнительные вопросы со свободной ориентацией в материале и других литературных источниках.

Оценка **“хорошо”** ставится при твердых знаниях студентом всех разделов курса, но в пределах конспекта лекций и обязательных заданий по самостоятельной работе с литературой.

Оценку **«удовлетворительно»** студент получает, если дает неполные ответы на теоретические вопросы билета, показывая поверхностное знание учебного материала, владение основными понятиями и терминологией; при неверном ответе на билет ответы на наводящие вопрос.

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за незнание студентом одного из разделов курса. Студент не дает полные ответы на теоретические вопросы билета, показывая лишь фрагментарное знание учебного материала, незнание основных понятий и терминологии; наводящие вопросы остаются без ответа.

Для допуска к экзамену студент должен защитить реферат по самостоятельной работе. Так же учитываются результаты промежуточного контроля.

8.1. Примерные вопросы к экзамену

1. Общие понятия о передаче информации. Основные определения
2. Общее определение уровней передачи
3. Параметры первичных сигналов
4. Обобщенная структурная схема систем электросвязи
5. Современные виды электросвязи
6. Основные сведения о сетях электросвязи. Основные определения
7. Сети передачи индивидуальных сообщений
8. Сети передачи массовых сообщений
9. Структура Взаимоувязанной системы связи
10. Кабельные и воздушные линии связи на основе металлических проводников
11. Волоконно-оптические линии связи
12. Радиолинии
13. Методы модуляции в системах связи
14. Кодирование. Общие положения
15. Корректирующие коды
16. Линейные коды
17. Совершенные и квазисовершенные коды
18. Циклические коды
19. Прочие классы кодов. Метод перемежения
20. Системы с обратной связью
21. Основы теории многоканальной передачи сообщений
22. Частотное разделение сигналов
23. Временное разделение каналов
24. Разделение сигналов по форме
25. Двусторонняя передача сигналов
26. Каналы связи
27. Особенности построения цифровых систем передачи
28. Волоконно-оптические системы передачи и перспективы их развития
29. Радиолинии и системы передачи сообщений с радиоканалами
30. Радиопередающие устройства
31. Радиоприемные устройства
32. Радиорелейные системы передачи
33. Спутниковые системы связи
34. Принципы построения сотовых систем связи.
35. Принципы функционирования сотовых систем связи.

8.2. Примерные вопросы для промежуточного контроля

Вариант 1

1. Приведите классификацию систем телекоммуникации.
2. Основные понятия и определения эталонной модели взаимосвязи открытых систем (модель OSI).
3. Российские и международные организации по стандартизации.
4. Дайте характеристику телекоммуникационным системам общего и специального (профессионального) назначения.

5. Приведите примеры интеграции телекоммуникационных систем подвижной, фиксированной и спутниковой связи.

Вариант 2

1. Назовите принципы построения телекоммуникационных систем.
2. Дайте характеристику основным типам структурных схем телекоммуникационных систем и их основных подсистем.
3. Приведите основные характеристики информационных сетей.
4. Виды стандартов для телекоммуникационных систем и сетей.
5. Предпосылки и условия перехода к цифровым технологиям передачи информации.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ»

а) основная литература:

1. **Курицын, С.А.** Телекоммуникационные технологии и системы [Текст] : учеб. пособие / С. А. Курицын. - М. : Академия, 2008. - 300 с.
2. **Попов, В.Б.** Основы информационных и телекоммуникационных технологий [Текст] : учеб. пособие / В. Б. Попов. - М. : Финансы и статистика, 2007. - 335 с.
3. **Панин, В.В.** Основы теории информации [Текст] : учеб. пособие для вузов: рек. УМО / В.В. Панин. - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2009. – 439С.

б) дополнительная литература:

1. **Олифер, В.Г.** Компьютерные сети. Принципы технологии, протоколы [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. –Спб.: Питер, 2005, 2009, 2010.
2. **Бобровников, Л. З.** Электроника [Текст] : учеб.: доп. Мин. обр. РФ / Л. З. Бобровников. - 5-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Питер, 2004. - 558 с.

в) периодическая литература:

- Журнал «Новости электротехники».
- Журнал «Проблемы передачи информации»

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://network-journal.mpei.ac.ru	Вычислительные сети. Теория и практика: электронный журнал.
2	http://www.aboutphone.info/photo.html	Виртуальная экскурсия: здания, сооружения, оборудование связи
3	Электронная библиотечная система « Университетская библиотека-online » www.biblioclub.ru	ЭБС по тематике охватывает всю область естественно-научных знаний и предназначена для использования в процессе обучения в высшей школе, как студентами так и преподавателями.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Комплект ТСО

1. Интерактивная доска
2. Видеопроектор Epson
3. Мультимедийный проектор-03г
4. Ноутбук Пентиум 100-03г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по специальности.

ТЕМА I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Сеть связи — это совокупность линий связи и промежуточного оборудования/промежуточных узлов, терминалов/оконечных узлов, предназначенных для передачи информации от отправителя до получателя с заданными параметрами качества обслуживания.

Линия связи представляет собой совокупность физической среды распространения сигналов и оборудования, формирующих специализированные каналы, имеющие определённые стандартные показатели: полосу частот, скорость передачи и т.п.

Каналы связи могут быть непрерывными(аналоговыми) и дискретными(цифровыми). Также каналы связи различаются по направленности передачи. Выделяют три типа передачи информации:

- симплексная передача (Simplex Transmission) — передача данных в одном, предварительно определённом направлении;
- полудуплексная передача (Half-Duplex Transmission) — передача данных, при которой данные пересылаются в обоих направлениях, но только в одном;
- дуплексная передача (Duplex Transmission) — передача данных, при которой данные пересылаются одновременно в обоих направлениях.

Обмен информацией между узлами сети обеспечивается с помощью технологий коммутации:

- коммутация каналов (Circuit Switching) — режим передачи, при котором
- формируется составной канал (соединение) через несколько транзитных узлов из нескольких последовательно «соединённых» каналов на время передачи информации (до разъединения соединения);
- коммутация сообщений (Message Switching) — режим передачи, включающий приём, хранение, выбор исходящего направления и дальнейшую передачу сообщений без нарушения их целостности;

- коммутация пакетов (Packet Switching) — режим передачи сообщений, при котором сообщения разбиваются на пакеты ограниченного размера, причём канал передачи занят только во время передачи пакета и освобождается после её завершения;
- коммутация ячеек (Cell Switching) — режим передачи пакетов фиксированного размера.

Понятие протокола. Иерархия протоколов. Интерфейсы и сервисы

В широком смысле под протоколом понимается правило взаимодействия двух сущностей. Сетевой протокол определяет набор правил, позволяющих осуществлять соединение и обмен информацией между двумя элементами (узлами) сети. Большинство протоколов строится как иерархический набор уровней (Layers), каждый последующий из которых вводится над предыдущим. Нижележащий уровень предоставляет некоторый набор услуг (сервисов) для вышележащего, скрывая детали реализации предоставляемой услуги.

Взаимодействие производится между уровнем n одного узла и уровнем n другого. Используемые правила и соглашения называются протоколом уровня n . Между парой смежных уровней находится интерфейс, определяющий набор сервисов, предоставляемых нижележащим уровнем вышележащему. Активный элемент каждого уровня называется сущностью (Entity). Сущности одного уровня на разных узлах называются одноранговыми сущностями. Сущности уровня n (поставщики услуг) реализуют услуги, используемые уровнем $n + 1$ (потребители услуг). Для предоставления этих услуг уровень n может использовать услуги уровня $n + 1$. Сервис, или услуга (Service), представляет собой набор примитивов, которые предоставляются вышележащему уровню нижележащим. Сервис определяет, какие именно операции уровень будет выполнять от лица своих пользователей, но никак не оговаривает, как должны реализовываться эти операции. Сервис описывает интерфейс между двумя уровнями, в котором нижележащий уровень является поставщиком услуги, а вышележащий – её

потребителем. Протокол определяет набор правил, описывающих формат и назначение пакетов, которыми обмениваются одноранговые сущности внутри уровня. Сущности используют протокол для реализации определений их сервисов. Протоколы могут меняться, но предоставляемые услуги должны оставаться неизменными.

Услуги доступны через точки доступа к услуге (Service Access Point, SAP). Чтобы два уровня могли обмениваться информацией, необходима договорённость о наборе правил используемого интерфейса. Сущность уровня $n + 1$ передаёт элемент данных интерфейса (Interface Data Unit, IDU), состоящий из элемента данных услуги (Service Data Unit, SDU) и некоторой управляющей информации (Interface Control Information, ICI), сущности с номером n через точку SAP. Для передачи SDU сущности уровня n может понадобиться разбить его на несколько фрагментов и послать их в виде отдельных элементов данных протокола (Protocol Data Unit, PDU) или пакетов.

По типу установления соединения протоколы можно разделить на два типа:

- протоколы с установлением соединения (Connection Oriented) — перед обменом данными отправитель и получатель должны сначала установить соединение и, возможно, выбрать некоторые параметры протокола, а после завершения сеанса они должны разорвать соединение;
- протоколы без предварительного установления соединения (Connectionless), или датаграммные (дейтаграммные) протоколы — передача данных осуществляется, не дожидаясь установления соединения.

Используемый системой список протоколов называется стеком протоколов. Набор уровней и протоколов называется архитектурой сети.

Сети телекоммуникаций можно классифицировать по нескольким параметрам:

1) по размеру сети:

- локальные сети (Local Area Network, LAN) — сети здания или организации;
- региональные сети (Metropolitan Area Network, MAN) — сети уровня города или региона;
- глобальные сети (Wide Area Network, WAN) — сети, охватывающие большие территории и включающие в себя десятки и сотни тысяч компьютеров;

2) по типу коммутации:

- сети с коммутацией пакетов (например, TCP/IP, IPX/SPX, ATM, сети сотовой связи 3G);
- сети с коммутацией каналов (например, ТфОП, сети сотовой связи 1G и 2G);
- смешанные (например, сети сотовой связи 2,5G);

3) по установлению виртуального канала:

- с установлением виртуального канала (например, сети X.25, Frame Relay, ATM, ТфОП);
- без установления виртуального канала (например, TCP/IP, IPX/SPX)

4) по используемому стеку протоколов;

5) по количеству используемых стеков протоколов:

- монопротокольные сети;
- мультипротокольные сети (например, IP over ATM, IP over SDH/SONET);

6) по спектру оказываемых услуг:

- моносервисные сети (передача данных, передача голоса);
- мультисервисные сети;

7) по типу передаваемой информации:

- сети передачи данных;
- сети передачи голоса;

- сети передачи видео;
- 8) по наличию сигнализации:
- сети с выделенной сигнализацией (SS7);
 - сети без выделенной сигнализации (TCP/IP);
- 9) по топологии сети:
- сети с топологией шина;
 - сети с топологией кольцо;
 - сети с топологией звезда;
 - сети со смешанной топологией;
- 10) по среде передачи:
- проводные сети:
 - связь осуществляется по медному кабелю;
 - связь осуществляется по оптоволокну;
 - беспроводные сети.

Стандартизирующие организации

Организации в международной системе стандартизации можно разделить следующим образом:

официальные международные организации стандартизации:

- Международная организация по стандартизации (International Organization for Standardization, ISO). Создана в 1946 г., включает в себя национальные организации стандартизации из 157 стран мира, в частности, ANSI (США),
- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Россия),
- BSI (Великобритания), AFNOR (Франция) и др., обладает полномочиями для координирования на международном уровне разработки различных промышленных стандартов и принятия их в качестве международных стандартов

- Международный союз электросвязи, МСЭ (International Telecommunication Union, ITU). Занимается стандартизацией международных средств связи и состоит из трёх основных секторов: сектор стандартизации телекоммуникаций (ITU-T) — занимается вопросами, связанными с телефонными системами и системами передачи данных; сектор радиосвязи (ITU-R) — распределяет радиочастоты между конкурирующими компаниями, решает спорные вопросы в данной области; сектор развития (ITU-D) — занимается вопросами стратегии и политики развития систем электросвязи;
- региональные организации стандартизации:
- Европейский институт стандартизации в области телекоммуникаций (European Telecommunications Standards Institute, ETSI). Создан в 1988 г. Отвечает за стандартизацию информационных и телекоммуникационных технологий в пределах Европы.
- Центр сетевых информационных технологий Азиатско-Тихоокеанского региона (Asia Pacific Network Information Centre, APNIC). Отвечает за распределение сетевых ресурсов в Азиатско-тихоокеанском регионе;
- национальные организации стандартизации:
- Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Россия);
- Американский институт национальных стандартов (American National Standards Institute, ANSI);

промышленные консорциумы:

- Сообщество инженеров по электротехнике и электронике (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE). Целью данной организации является продвижение теоретических и прикладных достижений электротехнической и электронной индустрии.
- Рабочая группа по проектированию Интернет-технологий (Internet Engineering Task Force, IETF). IETF представляет собой сообщество разработчиков, операторов, изготовителей и исследователей в области

сетевых технологий. В основе Интернет-стандартизации лежит технология издания и поддержания RFC-документов — спецификаций, разработанных различными организациями и рабочими группами IETF

- Интернет-сообщество (Internet Society, ISOC). ISOC представляет собой ассоциацию экспертов, отвечающих за разработку стандартов технологий сети Интернет.
- Консорциум, специализирующийся в области разработки и развития стандартов WWW-технологий (World Wide Web Consortium, W3C).

ТЕМА II. АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Архитектурой называется системное описание сети, отображающее все разнообразие ее элементов, связей между ними и правил взаимодействия. Под системным описанием понимают многоуровневое описание объекта в виде моделей, каждая из которых отображает объект в определенном аспекте его рассмотрения (уровня абстрагирования).

Модель – это такое отображение объекта, которое позволяет исследовать его основные элементы, не отвлекаясь на несущественные, с точки зрения поставленной цели, детали. Уровни абстрагирования обычно располагаются в иерархическом порядке (подчинения по старшинству). Модельное описание сети как сложной системы (описание ее архитектуры) можно осуществить лишь единственным путем – расчленением ее на множество структур, каждая из которых отображает взаимосвязь определенной группы элементов, выделенных на некотором уровне рассмотрения сети. Этот процесс носит творческий характер и нередко сравнивается с древнейшим искусством проектировать и строить – зодчеством. Таким образом, архитектура является емким понятием, отражающим взаимосвязь различных структур сети: конфигурации линий, объединяющих ее пункты (топологии); организационной структуры, отображающей устройство сети; функциональной структуры, поясняющей логику работы сети; программной структуры, характеризующей состав

чрезвычайно сложного и многоцелевого программного обеспечения сети; протокольной модели сети, описывающей правила установления связи и обеспечения информационного обмена; физической структуры, позволяющей оценить физические ресурсы сети, типы используемого оборудования.

Такое всестороннее исследование сети следует проводить с позиций системного подхода, основанного на методологических принципах системологии(науки, изучающей большие (сложные) системы). Сеть связи наделена всеми признаками сложных систем и подчиняется свойственным им закономерностям. Перечислим некоторые из них. Иерархичность – расположение частей и элементов целого в порядке от высшего к низшему. Следуя этой закономерности, мы можем расчленять сеть на отдельные подсети (сегменты) низшего порядка.

Коммуникативность – закономерность, указывающая на множество связей (коммуникаций) системы: внешних – с средой и внутренних – с подсистемами и элементами. Это означает, что любую сеть связи можно рассматривать как подсеть (подсистему) или элемент системы более высокого порядка (например, как элемент Глобальной Информационной Инфраструктуры) и в то же время она может рассматриваться как самостоятельная система, включающая подсистемы (сегменты) более низкого порядка.

Эмергентность – закономерность, заключающаяся в проявлении системой интегрированного качества – целостности, не свойственной отдельным ее элементам. Так, например, в сети связи мы можем выделить такие функционально важные и относительно независимые подсистемы, как транспортная система, система распределения информации, система управления сетью. Ни одну из перечисленных систем нельзя отождествить с сетью связи в целом, и только их взаимосвязь отражает это понятие. С другой стороны, рассматривая и изучая структуры отдельных подсистем, мы углубляем свое представление о системе в различных аспектах. Понятие

архитектуры характеризует целостное представление об устройстве сети и, следовательно, отражает ее эмергентность.

Следуя указанным выше закономерностям, можно любую из подсистем сложной системы рассматривать как самостоятельную систему со свойственной ей архитектурой, отражающей ее эмергентное свойство. Так, в зависимости от уровня рассмотрения в иерархическом представлении систем, мы можем говорить об архитектуре сети в целом, архитектуре терминального комплекса, архитектуре коммутационной системы, вычислительной машины и даже отдельной интегральной схемы.

Следует отметить, что видение архитектуры сети во многом определяется профессиональной ориентацией исследователя. Например, оператор сети, приступая к анализу архитектуры сети, прежде всего видит и понимает, как уже отмечалось, ее физическую структуру. Проектировщик, анализируя архитектуру сети, начинает с исследования таких ее структур, как топология, функциональная структура. Поэтому нередко понятие «архитектура» употребляется в более узком смысле, имея в виду, например, топологию сети, протокольную модель, программное обеспечение и или иную модель низшего уровня.

Для описания архитектуры сети могут быть использованы различные способы модельного представления. Так, например, для отображения топологии сети, взаимосвязи подсистем и элементов используются графовые модели, для отображения работы программного обеспечения сети – алгоритмические модели. Правила взаимодействия элементов различных уровней представления и детализации сети обычно представляются так называемыми протокольными моделями многоуровневого описания сети.

В начале 1980-х гг. ряд международных организаций по стандартизации (ISO, ITU-T) разработали эталонную модель взаимодействия открытых систем (International Standards Organization / Open System Interconnection Reference Model, ISO/OSI). Модель ISO/OSI чётко определяет уровни

взаимодействия систем, стандартизует имена уровней и указывает услуги и функции каждого уровня.

Принципы построения эталонной модели ISO/OSI

Эталонная модель ISO/OSI базируется на следующих принципах:

- 1) уровень должен создаваться по мере необходимости выделения отдельного уровня абстракции;
- 2) каждый уровень должен выполнять строго определённую функцию;
- 3) функции для каждого уровня должны выбираться с учётом создания стандартизованных международных протоколов;
- 4) границы между уровнями должны выбираться так, чтобы поток данных между интерфейсами был минимальным;
- 5) количество уровней должно быть достаточно большим, чтобы различные функции не объединялись в одном уровне без необходимости, но не слишком высоким, чтобы архитектура не становилась громоздкой.

Уровни в модели OSI

Одним из важнейших принципов OSI является то, что сетевые системы взаимодействуют друг с другом на одинаковых уровнях модели. Дадим краткое описание уровней модели OSI.

Уровень 1: Физический уровень

Физический уровень (Physical Layer) обеспечивает передачу битовых потоков без каких-либо изменений между логическими объектами уровня звена данных по физическим соединениям. На данном уровне определяются базовые механизмы кодирования и декодирования двоичных данных в физическом носителе, а также специфицируются соединители, но не сама среда. Среда, согласно эталонной модели, рассматривается как нечто, лежащее ниже физического уровня. Битовый поток в носителе должен быть независим от типа среды. Физический уровень предоставляет канальному уровню следующие услуги и элементы услуг:

- физические соединения;
- физические сервисные блоки данных;

- физические оконечные пункты соединения;
- осуществляет идентификацию канала данных;
- осуществляет упорядочение;
- осуществляет оповещение об ошибках;
- определяет параметры качества услуги.

На физическом уровне выполняются следующие функции:

- активизация и деактивизация физического соединения;
- передача физических сервисных блоков данных;
- административное управление физическим уровнем.

Уровень 2: Канальный уровень

Канальный уровень (Data Link Layer) также носит названия уровень управления передачей данных (Data Link Control, DLC) или уровень звена данных. Канальный уровень обеспечивает функциональные и процедурные средства для установления, поддержания и разрыва соединений канального уровня между сетевыми логическими объектами и для передачи сервисных блоков данных этого уровня. Соединение канального уровня строится на основе одного или нескольких физических соединений.

Канальный уровень обнаруживает и по возможности исправляет ошибки, которые могут возникнуть на физическом уровне. Кроме того, канальный уровень обеспечивает для сетевого уровня возможность управлять подключением каналов данных на физическом уровне. Единицу информации на канальном уровне называют кадром (Frame). Канальный уровень предоставляет следующие услуги или элементы услуг сетевому уровню:

- соединение канального уровня;
- сервисные блоки данных канального уровня;
- идентификаторы оконечного пункта соединения канального уровня;
- осуществляет упорядочение блоков данных;
- осуществляет оповещение об ошибках;
- управляет потоком данных;

— определяет параметры качества услуги.

На канальном уровне выполняются следующие функции:

- установление и разрыв соединения канального уровня;
- отображение сервисных блоков данных канального уровня;
- расщепление соединения канального уровня;
- разграничение и синхронизация;
- упорядочение блоков данных;
- обнаружение ошибок;
- восстановление при ошибках;
- управление потоком данных;
- идентификация и обмен параметрами;
- управление переключением каналов данных;
- административное управление канальным уровнем.

Уровень 3: Сетевой уровень

Сетевой уровень (Network Layer) предоставляет средства установления, поддержания и разрыва сетевого соединения, а также функциональные и процедурные средства для обмена по сетевому соединению сетевыми сервисными блоками данных между транспортными логическими объектами. Сетевой уровень обеспечивает транспортным логическим объектам независимость от функций маршрутизации и ретрансляции, связанных с процессами установления и функционирования данного сетевого соединения. Все функции ретрансляции и расширенные протоколы последовательного переноса данных, которые предназначены для поддержания сетевых услуг между оконечными открытыми системами, функционируют ниже транспортного уровня. Единицу информации на сетевом уровне называют датаграммой или дейтаграммой (Datagram). Основной услугой сетевого уровня является обеспечение передачи данных без каких-либо изменений между транспортными логическими объектами, т.е. структура и содержание данных, предоставляемых для передачи, определяется уровнями, расположенными выше сетевого.

Услуги, предоставляемые на каждом из концов сетевого соединения, одинаковы и в том случае, когда сетевое соединение проходит через несколько подсетей, каждая из которых предоставляет различные услуги.

Сетевой уровень предоставляет следующие услуги:

- сетевые адреса;
- сетевые соединения;
- сетевые идентификаторы оконечных пунктов соединения;
- осуществляет передачу сетевых сервисных блоков данных;
- определяет параметры качества услуги;
- оповещает об ошибках;
- упорядочивает блоки данных;
- управляет потоком данных;
- осуществляет передачу срочных сетевых сервисных блоков данных;
- осуществляет сброс;
- осуществляет разрыв сетевого соединения.

Некоторые из этих услуг являются необязательными, т.е.:

- пользователь должен запросить услугу;
- поставщик сетевой услуги может удовлетворить запрос или сообщить, что запрошенная услуга недоступна.

Функции сетевого уровня обеспечивают использование различных конфигураций для поддержки сетевых соединений: от соединений, поддерживаемых двухпунктовыми сетевыми конфигурациями, до сетевых соединений, поддерживаемых сочетаниями подсетей с различными характеристиками.

Сетевой уровень выполняет следующие функции:

- маршрутизацию и ретрансляцию;
- организацию сетевых соединений;
- мультиплексирование сетевого соединения;
- сегментирование и объединение;
- обнаружение ошибок;

- восстановление при ошибках;
- упорядочение блоков данных;
- управление потоком данных;
- передачу срочных данных;
- сброс;
- выбор услуги;
- административное управление сетевым уровнем.

Уровень 4: Транспортный уровень

Транспортный уровень (Transport Layer) обеспечивает передачу данных без

каких-либо изменений между сеансовыми логическими объектами и освобождает их от выполнения операций, обеспечивающих надёжную и экономически эффективную передачу данных. Транспортный уровень оптимизирует использование доступных сетевых услуг, чтобы обеспечить пропускную способность, требуемую каждым сеансовым логическим объектом, при минимальных затратах. Эта оптимизация достигается путём внесения ограничений, обусловленных совместными требованиями со стороны всех одновременно работающих сеансовых логических объектов, а также общим качеством и объёмом сетевых услуг, предоставляемых транспортному уровню. Все протоколы, определённые на транспортном уровне, имеют межконечный характер. Под окончаниями понимают связанные транспортные логические объекты. Поскольку сетевые услуги обеспечивают сетевые соединения между транспортными логическими объектами по принципу «каждый с каждым», включая использование последовательно соединённых подсетей, то транспортный уровень освобождается от функций маршрутизации и ретрансляции. На транспортном уровне имеются функции, обеспечивающие требуемое качество услуг на основе услуг, предоставляемых сетевым уровнем. Качество сетевых услуг зависит от того, как они реализуются.

Транспортный уровень однозначно идентифицирует каждый сеансовый логический объект с помощью транспортного адреса. Транспортные услуги предоставляют средства для установления, поддержания и разрыва транспортного соединения. Транспортное соединение обеспечивает дуплексную передачу между двумя транспортными адресами. Для одной пары транспортных адресов может быть установлено несколько транспортных соединений. Сеансовые логические объекты используют идентификаторы конечных пунктов транспортных соединений, обеспечиваемые транспортным уровнем для распознавания этих пунктов. Качество услуг при предоставлении транспортного соединения зависит от класса обслуживания, запрашиваемого сеансовым логическим объектом при установлении транспортного соединения. Выбранное качество обслуживания поддерживается в течение существования транспортного соединения.

Транспортным уровнем предоставляются следующие виды услуг:

- установление транспортного соединения;
- передача данных;
- разрыв транспортного соединения.

На транспортном уровне могут быть реализованы следующие функции:

- преобразование транспортного адреса в сетевой;
- межоконечное мультиплексирование транспортных соединений в сетевые;
- установление и разрыв транспортных соединений;
- межоконечное упорядочение блоков данных по отдельным соединениям;
- межоконечное обнаружение ошибок и необходимый контроль за качеством услуг;
- межоконечное восстановление после ошибок;
- межоконечное сегментирование, объединение и сцепление;
- межоконечное управление потоком данных по отдельным соединениям;
- супервизорные функции;
- передача срочных транспортных сервисных блоков данных.

Уровень 5: Сеансовый уровень

Сеансовый уровень (Session Layer) реализует службу имён (отображение логических имён в сетевые адреса), устанавливает сеансы между службами и создаёт точки для контрольной синхронизации в случае потери связи. Сеансовый уровень выполняет следующие функции:

- отображение сеансового соединения на транспортное соединение;
- управление потоком данных в сеансовом соединении;
- передачу срочных данных;
- восстановление сеансового соединения;
- административное управление сеансовым уровнем.

\ Уровень 6: Уровень представления

Уровень представления (Presentational Layer) устанавливает способы представления информации, которой обмениваются прикладные логические объекты или на которую они ссылаются в процессе этого обмена.

Уровень представления охватывает два взаимодополняющих аспекта способов представления информации:

- представление данных, подлежащих передаче между прикладными логическими объектами;
- представление структуры данных, которую прикладные логические объекты намереваются использовать в своём диалоге, наряду с представлениями совокупности действий, которые могут быть выполнены над этой структурой данных.

На этом уровне определяется общий синтаксис (способы представления данных), но не семантика, которая известна только прикладным логическим объектам. Уровень представления обеспечивает способы представления информации, которые являются общими для взаимодействующих прикладных логических объектов. Таким образом, прикладные логические объекты освобождаются от функции представления информации, поскольку используется общий способ представления, и для них обеспечивается синтаксическая независимость. Такая независимость может быть реализована двумя путями.

1) На уровне представления обеспечиваются элементы поддержки синтаксиса, являющиеся общими для использующих их прикладных логических объектов.

2) Прикладные логические объекты могут использовать произвольный синтаксис, а уровень представления обеспечивает преобразование этих синтаксисов. Для обмена между прикладными логическими объектами применяется общий синтаксис. Такое преобразование выполняется внутри открытой системы. На другие открытые системы это не влияет и, следовательно, не оказывает влияние на стандартизацию протоколов уровня представления.

Уровень представления обеспечивает сеансовые услуги и добавляет к ним следующие возможности:

- преобразование синтаксиса;
- выбор синтаксиса.

Преобразование синтаксиса связано с преобразованием кодовых и символьных наборов, с модификацией расположения данных и с адаптацией действий над структурами данных. Выбор синтаксиса предоставляет средства первоначального выбора синтаксиса и последующего изменения сделанного выбора. Прикладным логическим объектам предоставляются услуги сеансового уровня в виде услуг представления. На уровне представления выполняются следующие функции, с помощью которых реализуются услуги представления:

- запрос на установление сеанса;
- передача данных;
- соглашение по выбору и повторному выбору синтаксиса;
- преобразование синтаксиса, включая преобразование данных, форматирование и специальные функции преобразования;
- запрос на завершение сеанса.

Уровень 7: Прикладной уровень

Прикладной уровень (Application Layer) является наивысшим уровнем в эталонной модели OSI. Поэтому прикладной уровень не имеет интерфейса с более высоким уровнем. Он является единственным средством доступа прикладных процессов к функциональной среде OSI.

Прикладной уровень поддерживает локальные операционные системы, предоставляя им набор разнообразных протоколов, с помощью которых производится доступ к сетевым ресурсам. Единицу информации на прикладном уровне называют сообщением (Message). Прикладные процессы обмениваются информацией с помощью прикладных логических объектов, прикладных протоколов и услуг уровня представления. Прикладные услуги отличаются от услуг, предоставляемых другими уровнями, тем, что они не предоставляются какому-либо верхнему уровню и не связаны ни с каким пунктом доступа к услугам. Кроме передачи информации может предоставляться следующий набор услуг:

- идентификация партнёров, собирающихся инициировать связь;
- установление уровня авторизации для взаимодействия;
- авторизация партнёров, собирающихся инициировать взаимосвязь;
- определение параметров качества услуг, считающихся приемлемыми;
- идентификация ограничений на синтаксис данных;
- и другие.

На прикладном уровне выполняются все функции связи между открытыми системами, которые не выполняются нижележащими уровнями. В их число включаются функции, выполняемые программными средствами, и функции, выполняемые людьми.

ТЕМА III. СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Стандарты – это особая форма законов – не государственных или физических, но имеющих непосредственное отношение и к тем, и к другим. Стандарты широко используются для самых разных целей. Они определяют конкретный аспект того или иного предмета или устройства - цвет или

размер карандашного грифеля, шрифты или операционные системы компьютеров. Стандарты очень важны в процессах производства и распределения, хотя для работы самих устройств они не являются абсолютно необходимыми. Если бы каждая пожарная машина была окрашена в свой оттенок красного, пожар все равно бы потушили. Если бы у каждого карандаша был свой диаметр грифеля, он не перестал бы от этого писать. Если бы на каждом компьютере стояла своя операционная система, свои программы и свой набор шрифтов, им все равно можно было бы пользоваться.

Совсем иначе обстоит дело с телекоммуникационными стандартами. Стандарты, которые непосредственно поддерживают телекоммуникации, например физические размеры разъемов, электрические характеристики сигналов или протоколы передачи данных для телекоммуникаций, являются принципиально необходимыми. Для того, чтобы связь могла состояться, стандарты должны определять свойства двух устройств - передающего и принимающего. Без передающего и совместимого с ним принимающего устройства связь не сможет быть установлена. Телекоммуникационные стандарты описывают требования к совместимости, а не к идентичности. Этим они радикально отличаются от стандартов на механизмы.

История телекоммуникационных стандартов

Термин "стандарт" был впервые применен в 1138 году в описании "Битвы за Стандарт". Тогда доблестные рыцари бились не на жизнь, а на смерть за королевское знамя. Таким образом, этот термин изначально употреблялся для обозначения флага (штандарта) или ключевой позиции. Позже термин стал обозначать определенные физические параметры, часто называемые эталоном или "королевским стандартом". Телекоммуникационные стандарты по своей сути близки к понятию ключевой позиции. С меньшей геральдической пышностью, но с технической скрупулезностью они описывают любую точку соединения или подключения в системе телекоммуникаций.

В 1138 году единственным создателем стандарта был король. Короли уступили место правительствам. А создание стандартов связи повлекло необходимость взаимодействия многих правительств. В 1865 году желание создать взаимосовместимую телеграфную систему привело к организации Международного телеграфного союза, предшественника нынешнего МСЭ (Международный союз электросвязи). В 1885 г., всего через двадцать лет после создания, МСЭ заложил формальные основы международной телефонии. МСЭ - организация, созданная несколькими правительствами, - определила первые в мире межгосударственные телекоммуникационные стандарты - законы, которые обеспечивали взаимную сочетаемость и совместимость телеграфной и телефонной систем.

В наши дни национальные стандарты создаются и правительствами, и компаниями, которые работают совместно в составе национальных комитетов по телекоммуникационным стандартам (например, ATIS, TIA, TTC, ETSI). Затем результаты работы этих организаций передаются в МСЭ. И уже под покровительством МСЭ правительства и компании совместно создают международные стандарты.

Комитеты по стандартам, основанные на принципе членства

Такие компании, как IBM и - позже - AT&T, доминировали в области телекоммуникационных стандартов в Северной Америке на протяжении 1980-х годов. Для уравнивания их мощи различные коммерческие организации профинансировали создание ряда комитетов, занимающихся разработкой формальных стандартов - таких, как IEEE 802, TIA TR и ATIS T1. Вне Северной Америки государственные телефонно-телеграфные службы (TTC) различных стран смогли учесть интересы крупных компаний и свести их к стандартам TTC (в Японии), ETSI (в Европе) и другим региональным телекоммуникационным стандартам. Региональные комитеты стали вторым ярусом в системе стандартизации. Они занимаются подготовкой национальных стандартов, которые затем представляются в МСЭ. Работа этих комитетов регламентируется набором правил,

обеспечивающих честную, непредвзятую позицию и максимальное согласие (консенсус) между членами комитета, вне зависимости от того, представляют они правительства или коммерческие компании. Таким образом, комитеты по стандартам создают непересекающиеся, то есть единые стандарты - стандарты по согласию между производителями и правительствами.

Воздействие технологии на стандарты

Современные технологии позволяют использовать множество пересекающихся и несовместимых телекоммуникационных стандартов. Программно-управляемое телекоммуникационное оборудование может при необходимости менять протокол, уменьшая тем самым потребность в жестких телекоммуникационных стандартах для высших уровней OSI. К таким протоколам можно отнести процедуру контроля за ошибками V.42 в модемах и поддержку разных систем оцифровки голоса и алгоритмов сжатия в оборудовании телефонных сетей.

Дальнейший рост производительности микропроцессоров, обрабатывающих цифровые сигналы, делает возможным создание универсального телекоммуникационного оборудования, в которое алгоритмы для обработки сигналов загружаются по желанию пользователя. Практически, таким образом обеспечивается открытая архитектура оборудования. В таких системах связь возможна и при отсутствии единых стандартов. Просто появляется возможность переключения с одного стандарта на другой.

Глобальная информационная магистраль

Разработка телекоммуникационных стандартов сделает возможным существование Глобальной информационной магистрали (ГИМ). ГИМ - это не что иное, как единая система телекоммуникаций, которая сможет в будущем обеспечить почти безграничные возможности для общения и передачи информации. В частности, Internet наглядно показывает, что всемирная телекоммуникационная сеть, основанная на стандартах низших уровней модели ISO, может поддерживать столько приложений, сколько ее

пользователи могут себе представить. Это демонстрирует возможности Internet как трамплина на пути к Глобальной информационной магистрали, возможности и применения которой ограничиваются только воображением.

Несколько сот лет назад, когда в ходе формирования Соединенных Штатов Америки в качестве независимого государства обсуждались проблемы свободы и ответственности, отцы нации решили разработать хартию, на которую можно было бы постоянно ориентироваться. МСЭ как организация, созданная ООН для поддержки телекоммуникаций, вполне могла бы взять на себя роль координатора по выработке и написанию "Декларации телекоммуникационной независимости". Такая хартия могла бы дать очень многое для формирования верного взгляда на глобальную информационную магистраль.

ТЕМА IV. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Исторически наиболее распространенными направляющими системами в настоящее время являются симметричные кабели. Их отличительной чертой является наличие цепей, состоящих из двух проводников с одинаковыми конструктивными и электрическими свойствами. Современные кабели используются для передачи электромагнитной энергии в диапазоне частот 0–1 ГГц. В настоящее время наиболее актуально использование симметричных кабелей связи в сфере абонентского доступа. Это связано с тем, что все большему числу пользователей телефонных и компьютерных сетей требуется недорогой высокоскоростной доступ к сети Интернет. Операторы связи для предоставления абоненту широкого спектра услуг успешно внедряют оборудование на основе xDSL-технологии. Это дает возможность увеличить скорость передачи информации по кабелям городской телефонной сети (ГТС) до 56 Мбит/с. Использование для этих целей обычного телефонного кабеля не позволяет добиться его 100 % уплотнения, так как существуют пары в кабеле, которые не отвечают

требованиям современных цифровых систем передачи по параметрам взаимной помехозащищенности.

Наиболее распространенным является кабель марки ТП. В строительстве кабельных систем связи по сравнению с периодом 1980–1995 г. произошли следующие изменения: при новом строительстве практически не применяются кабели с жилами 0,32 мм. Основная масса кабелей производится с жилами 0,4/0,5/0,7 мм, это связано с особенностями строительства в городах – ведется точечная застройка, длина абонентских линий увеличивается. Изолированные жилы в кабеле обычно скручены в пары или четверки с шагом не более 100 мм, причем в четверке две жилы, расположенные по диагонали, образуют рабочую пару. Число пар от 5 до 2400 определяется в зависимости от марки кабеля.

Кабели для сельской телефонной сети (СТС) предназначены для линий межстанционной (транспортной) сети и абонентской связи. Они используются в системах передачи с временным разделением каналов с импульсно-кодовой модуляцией и обеспечивающих скорость 2,048 Мбит/с при постоянном напряжении дистанционного питания до 500 В. На Российском рынке производятся следующие марки кабелей: КСПП, КСППБ, КСПЗП, КСПЗПБ. Токопроводящие медные жилы диаметром 0,9 и 1,2 мм изолированы полиэтиленом толщиной соответственно 0,7 и 0,8 мм с допуском 0,1 мм. Четыре изолированные жилы скручиваются в четверку с шагом 150 и 170 мм. Две жилы, расположенные по диагонали, образуют рабочую пару.

Низкочастотные междугородные симметричные кабели применяются на относительно коротких соединительных линиях, а также для устройства кабельных вводов и вставок в воздушные линии, в том числе с цепями, уплотняемыми в спектре до 150 кГц, а также для устройства соединительных линий АТС и между АТС и МТС.

Симметричные низкочастотные кабели имеют токопроводящие жилы диаметром 0,9 и 1,2 мм, диаметр поверх изоляции 1,9 и 2,4 мм. Четыре жилы

скручены в четверку вокруг полиэтиленового корделя – заполнителя с шагом не более 300 мм. Низкочастотные кабели в зависимости от марки предназначены для прокладки в телефонных канализациях, коллекторах, тоннелях, шахтах, по мостам и в мягких устойчивых грунтах без повышенного электромагнитного влияния и опасности повреждения грызунами или непосредственно в грунтах всех категорий, не агрессивных к стальной броне и не подвержены мерзлотным деформациям.

Междугородные высокочастотные кабели (ВЧ) предназначены для эксплуатации на магистральных линиях, во внутризональных первичных сетях и соединительных линиях городских телефонных сетей (ГТС). В настоящее время эти ВЧ кабели используются как в аналоговых системах передачи типа К-60, так и в цифровых системах передачи со скоростью 8448 кбит/с и 34 368 кбит/с, или в аналоговых системах передачи в частотном диапазоне до 5 МГц, работающих при переменном напряжении дистанционного питания до 960 В или постоянном напряжении до 1000 В. Токопроводящие жилы кабелей изготавливаются из медной проволоки диаметром 1,2 мм, обмотанной цветной полистирольной нитью (корделем) диаметром 0,8 мм и полистирольной лентой толщиной 0,045 мм, наложенной с перекрытием в сторону, противоположную направлению обмотки нитью. Четыре жилы с изоляцией различного цвета скручивают в четверку с заполнением в центре круглой полистирольной нитью и обматывают цветной хлопчатобумажной или синтетической пряжей или лентой. Шаги скрутки изолированных жил в четверку различные и не превышают 300 мм.

На сегодняшний день городские телефонные кабели типа ТПП, ТППЭп, ТППЗП, ТППЭп-НДГ по объему производства остаются на одной из лидирующих позиций на рынке кабельной продукции, хотя просматривается тенденция к уменьшению спроса на них, так как по своим свойствам продукция не соответствует требованиям современного рынка информационных технологий (пропускная способность, защита информации). Поэтому доля использования медного кабеля в сетях связи

будет уменьшаться за счет использования волоконно-оптических и беспроводных технологий.

Применение оптического и медного кабеля постепенно устанавливается в определенной пропорции: оптические – на магистральных участках, медные – ближе к абонентам. По мнению специалистов, такая тенденция останется в течение 10–15 лет.

Перспективы развития цифровых радиорелейных линий связи передачи данных, должны соответствовать стандарту SDH (Synchronous Digital Hierarchy – синхронная дискретная иерархия), определяющему основные характеристики линий для цифровой сети передачи данных. Такие линии обеспечивают передачу любых видов данных: текста, звука, речи, изображений и видеофильмов с помощью дискретных электрических сигналов.

Диапазон применения современных цифровых радиолиний достаточно широк, это объясняется тем, что они позволяют:

- оперативно наращивать возможности системы связи путем установки оборудования РРС в помещениях узлов связи, используя антенно-мачтовые устройства и другие сооружения, что уменьшает капитальные затраты на создание радиорелейных линий связи;
- организовать многоканальную связь в регионах со слабо развитой (или с отсутствующей) инфраструктурой связи, а также на участках местности со сложным рельефом;
- развертывать разветвленные цифровые сети в регионах, больших городах и промышленных зонах, где прокладка новых кабелей слишком дорога или невозможна;
- восстанавливать связь в районах стихийных бедствий или при спасательных операциях и др.

Сеть РРС может строиться как однопролетная линия, многопролетная линия и радиорелейная сеть. Однопролетная РРЛ состоит из двух территориально разнесенных РРС. Такие радиолинии могут создаваться для

соединения базовых центров сотовой связи, АТС и других аналогичных объектов. Примерами такой структуры могут служить радиолинии, разработанные фирмой Nera (Норвегия). Радиолиния с пропускной способностью 140 Мбит/с для российского телевидения соединила телецентр на Ямском поле с земной станцией спутниковой связи в Клину, обеспечив одновременную передачу 17 телевизионных каналов. РРЛ с пропускной способностью 155 Мбит/с и емкостью 1920 цифровых каналов РФ связала Центробанк с его подразделением, удаленным на 140 км.

Примером радиорелейной сети может служить созданная в Киргизской Республике в качестве первичной сети цифровая радиорелейная магистраль из 16 РРС, замкнутых в кольцо, от узловых станций которой отведены три радиолинии с семью другими РТС. Горный рельеф позволил увеличить некоторые пролеты между РРС до 165 км. Сеть охватывает все регионы республики и имеет выходы на наземную станцию спутниковой связи COMSTAT (США) с антенной, направленной на искусственный спутник Intelsat 630, что обеспечивает прямой выход сети связи республики на национальные сети связи и телекоммуникаций многих стран Азии и Европы.

Широкое применение получили малогабаритные, быстро разворачиваемые РРС диапазонов 18, 23 и 36 ГГц, которые способны передавать на расстояние до 25 км как аналоговую (телевизионную), так и цифровую информацию (со скоростью до 34 Мбит/с). Типичное применение цифровых РРС данных диапазонов – организация сетей местной связи, сетей сотовой и транкинговой связи. В последнем случае, как правило, применяются однопролетные РРЛ «базовая станция» – «базовая станция» и «базовая станция» – «коммуникационная станция».

РРС могут быть использованы также вместо широкополосных оптоволоконных линий, создаваемых в городских условиях для связи между узловыми АТС и другими объектами связи. Такие РРС могут быть встроены в телекоммуникационные сети, отвечающие стандартам SDH/SONET.

Основными направлениями применения радиолиний в этом случае могут быть:

- магистраль РРЛ вписывается в городские сети SDH/SONET и служит для замыкания колец, для соединения между кольцами и для подключения удаленных узлов доступа. Линия может использоваться как альтернатива оптоволокну;
- организация доступа к сети АТМ. РРЛ соединяется с оконечным сетевым устройством АТМ и сетевым концентратором доступа АТМ;
- сопряжение между собой сетей АТМ, FAST ETHERNET и других.

С 1993–1994 гг. отечественная промышленность начала выпускать РРС серии «Радан-МС», «Радан-МГ», семейство станций «Эриком», «Пихта-2», «Радиус-15», «Комплекс-15» и ряд других. В тот период эти РРС по техническому уровню и надежности не могли сравниться с зарубежными аналогами. В дальнейшем положение изменилось, и были разработаны РТС нового поколения – серия станций «Просвет», станции «Радиус-ДС», «Радиус-15М», «Звезда-11», «Радиус-18» и ряд других, которые сравнимы с зарубежными аналогами [30].

Таким образом, учитывая, что инфраструктура мировой и национальных сетей цифровой связи, развивается как интегрированная первичная транспортная сеть, обеспечивающая передачу любого вида информации, базируется на комплексном использовании проводной, радио, радиорелейной, тропосферной и спутниковой (космической) связи. Радиорелейная связь занимает в этой структуре свое достойное место.

Вопрос о применении того или иного вида связи или их комбинации в сетевой инфраструктуре диктуется конкретными географическими условиями, а также экономическими, социальными и политическими факторами, нуждами обороны и безопасности страны. Технические средства связи и методы их применения должны быть увязаны в единую систему. Этим обуславливается возрастающее внимание к решению вопросов связи и необходимость дальнейшего развития

технических средств и методов эффективного применения всех видов связи, в том числе и радиорелейной.

Основные тенденции развития спутниковой связи РФ

Для организации спутниковой связи в Российской Федерации создана орбитальная группировка из геостационарных спутников, работающих в С–Ku– и L – диапазонах. Космические аппараты расположены в орбитальных позициях на дуге от 14 градусов западной долготы до 145 градусов восточной долготы. Их зоны обслуживания охватывают территории России, СНГ, Европы, Азии, Северной и Южной Америки, Африки. Эта национальная спутниковая группировка связи и вещания принадлежит государству: ФГУП «Космическая связь» (ГПКС).

Спутники: Экспресс–А4, Горизонт № 44, Экспресс–А 3, Экран
Спутники: Экспресс –А4, Горизонт № 44, Экспресс –А3, Экран-М №18, Экспресс-А2, Горизонт №40 и Горизонт № 45 работают за пределами их официального срока активного существования. Спутники: Экспресс АМ-44, Ямал-300 №2, Экспресс-АТ, Ямал-300 №1, Экспресс-АМ33, Экспресс-МД планируются к запуску в ближайшие годы. Спутник Eutelsat W4 относится к группировке Eutelsat, с него арендуются несколько стволов в интересах российской группировки.

Первые спутники, необходимые для построения в России сети цифрового телевидения в рамках федеральной целевой программы - спутники «Экспресс АМ-44» и «Экспресс-МД1» выведены на орбиту. Следом за этими спутниками должен последовать запуск еще несколько тяжелых спутников, в том числе «Экспресс-АМ5» и «Экспресс-АМ6».

Кроме российских спутников территорию России захватывают рабочие зоны многих зарубежных спутников связи как в С–, так и в Ku–диапазонах, но для практического применения в Ku–диапазоне наиболее приемлемыми являются: Intelsat-904 (60E); Intelsat-704 (66E); IS8 (ранее Panamsat-8, 166E) – Дальний Восток (без Чукотки); IS2 (Panamsat-8, 166E) – Дальний Восток (без

Чукотки); IS-12 (Panamsat-12, 45E) и IS-10 (ранее Panamsat-10, 68, 5E) для использования в регионах России за исключением Дальнего Востока.

Новая система на базе трех спутников серии Экспресс-RV со сроком службы 15 лет поможет кроме телекоммуникационного обслуживания обеспечить передачу сервисной информации (карта, погода, дифференциальные поправки, ГЛОНАСС и GPS).

Новый состав группировки позволит обеспечить взаимное резервирование космических аппаратов на всей орбитальной дуге и гарантировать развитие и функционирование систем спутниковой связи и телерадиовещания в интересах государственных пользователей на всей территории нашей страны.

Для организации систем связи и вещания, а также для контроля и управления космическим флотом используются шесть телепортов ГПКС в России (среди которых крупнейший телепорт Восточной Европы – ЦКС «Дубна», волоконно-оптическая сеть с общей пропускной способностью до 5 Гбит /с, а также технический центр коммутации каналов связи и компрессии сигналов в Москве).

Развитие сети спутниковой связи характеризуется частотным ресурсом российской спутниковой группировки, к которой относятся наиболее значимые для российского рынка спутники, имеющие международную регистрацию под названием «Спутниковые сети «Экспресс». В таблице 7.3 представлена емкость российских спутников связи и спутников непосредственного вещания, работающих на территории России, по состоянию на 2006 год. Частотный ресурс спутников связи «Горизонт» (и их аналога – первой серии космических аппаратов (КА) «Экспресс») в расчет не принят, так как данные спутники работают за пределами гарантированного срока службы.

К 2007 году ГПКС полностью перевело все транслируемые телерадиопрограммы с аналоговых на цифровые технологии. Пакет общероссийских программ телерадиовещания распространяется через

спутники ГПКС на пять вещательных зон, с учетом временного сдвига, и доступен на всей территории России, а международные версии программ – и в странах Азиатско-Тихоокеанского и Атлантического регионов.

В соответствии с концепцией развития цифрового телерадиовещания до 2015 г. в России ГПКС вводит в эксплуатацию новый центр компрессии сигналов телерадиопрограмм по стандарту MPEG-4 part 10 и передающую станцию, которая обеспечит трансляцию потока в стандарте DVB-S2 [33]. В настоящее время формирование и подъем на спутники пакетов общероссийских телерадиопрограмм осуществляется в стандарте MPEG-2/DVB-S, при этом в транспондере размещены до 8 программ стандартного качества. Планируемый стандарт MPEG-4 в сочетании с DVB-S2 позволит передавать порядка 20 программ стандартного качества или 10 программ телевидения высокого качества в одном транспондере. Широкое внедрение стандарта MPEG-4 позволит создать условия для охвата населения России многопрограммным вещанием, обеспечить переход к телевизионным программам нового качества - телевидению высокой четкости (ТВЧ). Это поможет и дальнейшему развитию непосредственного телевизионного вещания со спутника – вещание на мобильные терминалы конечных пользователей, в том числе и в интерактивном режиме.

Спутники, к созданию которых ГПКС уже приступило, будут обладать транспондерами с повышенной энергетикой для развития телевидения, решения многоаспектных задач построения сетей телерадиовещания, включая эволюцию мобильного телевидения. В конфигурацию новых космических аппаратов заложены по три перенацеливаемых антенны: одна - С-диапазона, две другие – Ku-диапазона. Энергетические характеристики новых спутников будут улучшены как минимум на 3–5 дБ по сравнению с эксплуатируемыми космическими аппаратами «Экспресс-АМ», что позволит применять наземные антенны около метра в диаметре. Все это поможет ГПКС оперативно реагировать на меняющиеся потребности рынка, а также выйти на неосвоенные пока регионы.

Среди операторов наземных сетей спутниковой связи выделяют три основные категории: операторы интерактивных VSAT-сетей; операторы сетей типа «точка – точка»; операторы крупных корпоративных сетей. Развитие операторов интерактивных VSAT – сетей началось в 2003 г. и было стимулировано применением новых VSAT-технологий типа DVB-RCS и им подобных. Формирование операторов сетей типа «точка-точка» началось в 1990-х годах. Довольно часто такие компании создавались крупными операторами, контролирующими наземные сети общего пользования. Операторы крупных корпоративных сетей, как правило, являются подразделениями своих головных компаний и не имеют цели предоставления услуг связи на коммерческой основе. Из представленных выше операторов наибольший интерес представляют операторы быстро развивающихся интерактивных VSAT-сетей, в собственности которых находятся центральные станции этих сетей (HUB). За период 2003–2008 гг. в России построено не менее 20 центральных станций.

В настоящее время наиболее активно развивается предоставление услуг с использованием интерактивных технологий VSAT для конечных пользователей, а не для провайдеров. Основной целью создания интерактивных сетей VSAT было предоставление высокоскоростного доступа в Интернет по узкополосным каналам, что и обеспечивает коммерческий успех этого сервиса. В России для работы VSAT – станций выделены две полосы частот в Ku – диапазоне для фиксированного применения на долговременной основе.

В настоящее время наиболее динамично развивающимся сектором спутниковой связи является сектор мультисервисных услуг на базе технологий VSAT. Мультисервисные услуги базируются на перспективной технологии IPTV. Основным фактором ее развития являются наличие большого числа центральных станций интерактивных сетей VSAT, которые подходят для распространения сигналов IPTV, и возможность

предоставления данной услуги по низкоскоростным каналам связи, которых в России подавляющее большинство. Предполагается, что к 2010 году в

Традиционные интерактивные сети спутниковой связи VSAT с прямой ретрансляцией сигналов большинства современных операторов имеют, как правило, топологию «звезда». Мультиплексирование сигналов и формирование информационных потоков происходит на центральной земной станции (ЦЗС, или HUB). Доставка информационных потоков провайдеров услуг на центральную станцию требует наличия наземных каналов передачи информации. Данное обстоятельство приводит к значительному увеличению затрат на организацию наземных линий связи при значительном удалении провайдера услуг. Даже если имеется возможность организации сети с топологией «каждый с каждым» (mesh) с использованием «прозрачного ретранслятора в один «скачок», это требует существенных энергетических затрат на спутнике или значительного увеличения размеров антенн и мощности передатчиков абонентских станций. Следовательно, повышается себестоимость таких каналов по сравнению с каналами в строго централизованной сети с топологией «звезда».

Связь в два «скачка» используется очень редко, как из-за удвоения задержки, так и из-за двойного использования ресурса и удорожания канала. Возникающая за счет двойного «скачка» задержка сигнала вызывает проблемы в организации телефонной и видеоконференцсвязи. В рамках большинства интерактивных VSAT-сетей на базе «прозрачных» ретрансляторов с центральной станцией проблема создания mesh – сетей вообще неразрешима, поскольку такую структуру традиционная центральная станция не поддерживает. Если же центральную станцию со всеми ее функциями модуляции/демодуляции, кодирования/декодирования, мультиплексирования и коммутации разместить на борту спутника, то можно получить новое качество предоставляемых услуг. Такая центральная станция в космосе обеспечит мультимедийные услуги теле- и радиовещания, передачи данных, телефонии, доступа в Интернет, видеоконференцсвязи в

едином цифровом потоке на линии «вниз» в пределах всей зоны обслуживания спутника. При этом возникают существенные преимущества по сравнению с традиционными сетями:

- организация связи непосредственно между пользователями в один «скачок» по принципу «каждый с каждым» или «каждый со всеми»;
- полная регенерация (подавление помех) сигнала на борту спутника;
- исключение несанкционированного доступа к ретранслятору спутника (ресурс выделяется только после процедуры идентификации пользователей сети);
- исключение необходимости строительства наземных линий связи с центральной станцией мультиплексирования (провайдеры услуг могут непосредственно работать через ретранслятор спутника), что наиболее актуально для региональных операторов, которые не имеют собственных центральных земных станций.

Приборы обработки сигналов на борту спутника связи получили название бортовых цифровых платформ (БЦП). Таким образом, развитие сети спутниковой связи базируется не только на расширении спутниковой группировки, но и совершенствовании методов обработки сигнала не только на центральных наземных станциях, но и непосредственно на космических аппаратах. При комплексном решении указанных проблем спутниковая как фиксированная, так и мобильная спутниковая мультисервисная связь может занять существенную долю рынка инфотелекоммуникационных услуг.

Современные тенденции развития телекоммуникационных сетей

Современное состояние телекоммуникационных сетей можно определить термином «движение к совершенству». Вряд ли можно предугадать, как они будут выглядеть в будущем, сколько поколений сетей и технологий предстоит еще пройти. Однако уже сегодня видны первые наработки: мощные сети передач и коммутации пакетов, высокоскоростные линии доступа, оптические телекоммуникационные технологии и т. д., которые и определяют следующие поколения телекоммуникационных сетей.

Сети связи для предоставления услуг телефонии появились в начале XX века и за последующее время претерпели ряд изменений с точки зрения емкости, скорости обмена, используемых технологий и функций узлов коммутации. В настоящее время принято выделять три основных этапа развития телефонных сетей общего пользования, оборудование которых продолжает активно использоваться.

Сети первого поколения – это традиционные телефонные сети, или POTS (Plain Old Telephone Service), которые включают в себя совокупность технологических и структурно-сетевых решений, использовавшихся для построения сетей до появления концепции цифровых сетей с интеграцией служб (Integrated Service Digital Network - ISDN). К POTS относят сети, использующие аналоговые системы передачи и узлы коммутации декадно-шаговых, координатных, квазиэлектронных и ранних версий цифровых систем коммутации.

С появлением цифровых систем передачи с середины 1980-х годов начала развиваться сетевая концепция ISDN. Несмотря на то, что при этом первоначально предполагалось создание интегральной сети, позволяющей предоставлять в рамках единой сетевой структуры различные виды услуг связи, основным приложением осталась услуга телефонии. Сети ISDN предусматривали использование цифровых систем передачи и цифровых узлов коммутации. При этом, для организации взаимодействия аппаратуры узлов коммутации между собой и с подключаемым терминальным оборудованием были разработаны достаточно мощные системы сигнализации, позволяющие передавать не только сигнальную информацию, связанную с установлением базового вызова, но и сведения, относящиеся к состоянию элементов сети связи, маршрутизации вызовов, согласованию параметров передачи и т. д. В связи с тем, что к моменту появления решений на основе концепции ISDN уже были созданы достаточно мощные сетевые структуры в рамках POTS, вновь внедряемое оборудование должно было обеспечить взаимодействие с существующими сетевыми фрагментами

без снижения качества их работы и сокращения функциональных возможностей по предоставлению услуг доступа. До последнего времени существующая сетевая структура для предоставления услуг телефонии включает в свой состав сетевые фрагменты как на основе решений POTS, так и на основе ISDN. При этом наблюдается тенденция постепенного замещения морально устаревающего телекоммуникационного оборудования первого поколения.

В конце 90-х годов с появлением Интернета основными пользователями стали физические лица, что привело к увеличению разветвленности и повышению емкости сети. В результате возникла потребность в сетевой структуре, не уступающей по своим масштабным характеристикам телефонной сети общего пользования (ТфОП). Однако использование двух параллельных сетевых структур по экономическим и эксплуатационным показателям было не эффективным. Это потребовало разработки технологических решений, обеспечивающих передачу различных видов информации и предоставления различных видов услуг связи в рамках единой сетевой структуры. В основе такого решения должен был лежать единый метод передачи информации на основе коммутации пакетов. Формирование этого метода привело к появлению сетей третьего поколения – сетей NGN (Next Generation Network). Первое из этих решений – идея гибкого программного коммутатора (softswitch) как средства централизованного управления VoIP-сетью, то есть набором VoIP-шлюзов. В каком-то смысле появление концепции softswitch было реакцией «телефонного» сообществ на развитие IP-технологий. Заменяв телефонные коммутаторы на шлюзы (media gateways), и установив softswitch в качестве центрального управляющего элемента, задающего логику маршрутизации вызовов между шлюзами, получили что-то похожее на телефонную сеть. Таким образом, softswitch «отвечает» за работу сети в целом (реализация общих для всей сети правил, обеспечение интеллектуальной динамической

маршрутизации, централизованные номерные планы, взаимодействие с сетью сигнализации ОКС 7).

Обобщенная концепция такого построения сети получила название сети связи следующего поколения (Next Generation Network, NGN). NGN – это гетерогенная мультисервисная сеть, основанная на пакетной коммутации, и обеспечивающая предоставление практически неограниченного спектра телекоммуникационных услуг. При этом предполагалось, что NGN в качестве технических средств будет использовать аппаратно – программные средства, ориентированные на стек протоколов TCP/IP.

Следует отметить, что понятие «сеть NGN», как и более раннее «сеть ISDN», является технологическим, то есть определяет вид сетей связи по принципу используемой технологии, а не по принципу предоставления услуг. Это означает, что ТфОП остается сетью, предназначенной для предоставления услуг телефонии независимо от того, какой технологический базис используется для ее построения. Такая сеть должна поддерживать передачу разнородного трафика с различными требованиями к качеству обслуживания и обеспечивать соответствующие запросы оператора и абонентов. Таким образом, идеология NGN представляет собой передачу любой информации в единой форме представления – IP-пакете. Традиционные сети не могут поддерживать обмен трафиком в формате IP. Этот факт подразумевает необходимость реконструкции всей архитектуры сети: транспортной инфраструктуры, уровня доступа и сетевой иерархии. Остановимся более подробно на каждом из этих элементов.

Транспортный уровень

В большинстве российских регионов транспортная сеть имеет ряд особенностей, существенных с точки зрения перевода их на IP-технологии. Важнейшими из них считаются использование устаревших линий передачи, чрезмерная удаленность и труднодоступность некоторых населенных пунктов. От технологий, используемых на уровне NGN, во много зависит качество работы всей сети и количество предоставляемых сервисов. В

качестве транспорта могут быть использованы ATM, MPLS, Ethernet и другие сети.

Технология ATM более адаптирована к применению NGN, прежде всего благодаря наличию встроенных механизмов обеспечения заданного качества сервиса, возможности адаптации к разнородному трафику данных, гибкого перераспределения полосы пропускания между различными сервисами. Эта достаточно дорогая технология применяется, прежде всего, в больших сетях, что обусловлено ее надежностью и гибкостью. В качестве транспортной среды передачи технология ATM часто использует SDH. Такое сочетание позволяет добиться высочайшей надежности и управляемости транспортной сети.

Сети IP, основанные на Ethernet-коммутаторах и маршрутизаторах, это наиболее дешевое решение, а потому достаточно часто встречающееся в небольших сегментах NGN. Такие сети просты в проектировании и эксплуатации, легко наращиваются и модернизируются, однако, они имеют ряд недостатков, ограничивающих их применение в качестве транспортной среды для NGN. Основной из них – недостаточная адаптированность к пропуску разнородного трафика, особенно потоков данных, используемых наиболее востребованными приложениями (VoIP, Video IP). При использовании IP-сетей очень сложно обеспечить требуемое качество работы таких приложений. Единственный выход – это увеличение пропускной способности магистралей, что не всегда приводит к положительному результату.

Развитие технологии Ethernet привело к появлению нового транспорта – PoS (Pocket over SDH/SONET), или New Gen SDH (NG SDH). По сути, это симбиоз двух хорошо знакомых технологий Ethernet и SDH/SONET. Такая технология имеет преимущества системы передачи SDH, характеризующейся высочайшей надежностью и управляемостью сети IP, позволяющей предоставлять все необходимые услуги передачи пакетного трафика, включая такие приложения как VPN, VoIP и др.

Другое направление развития IP-сетей – это использование оптических кабелей в качестве среды передачи непосредственно. Наращивание скорости передачи до 1 или 10 Гбит/с подразумевает использование оптических технологий и создание так называемого Optical Ethernet. В городах строительство транспортных оптических сетей оправдывается наличием потребительского спроса на широкополосные услуги и территориальной концентрацией абонентов. Возможность построения подобной транспортной сети в сельской местности на сегодняшний день довольно призрачна. Однако даже с учетом огромной полосы пропускания каналов такая IP-сеть методологически несет в себе все недостатки «младших» Ethernet. Дальнейшее совершенствование IP-сетей привело к созданию MPLS.

Технология MPLS изначально задумывалась как средство снижения нагрузки на маршрутизаторы и адаптации IP-сетей к разнородному трафику данных. Она давала путь сопряжения сетей IP и ATM и закономерно стала одной из технологий транспортного уровня NGN. Это произошло, прежде всего, благодаря реализованным на ее основе приложениям: управление трафиком, таким как TE (Traffic Engineering), виртуальные частные сети (VPN), быстрое восстановление соединений - FRR (Fast Re-Route), обеспечение качества обслуживания. Технология MPLS заключается в том, что устройства опорной сети передают пакеты только с использованием меток и не анализируют заголовки IP-пакетов. В точке выхода метки удаляются, пакеты передаются в пункт назначения. Таким образом, на основе метки осуществляется ускоренная коммутация пакетов в узлах сети, дифференцируется трафик и поддерживается сквозное качество услуг IP-сети [34]. Технология MPLS позволяет строить множество виртуальных частных IP-сетей с собственной (изолированной) системой IP-адресации на базе единой транспортной сети и, таким образом, может служить основой для построения масштабируемых мультисервисных сетей. Сегодня большинство производителей оборудования NGN, так или иначе, декларируют поддержку технологии MPLS.

Уровень доступа

На современном этапе развития инфокоммуникационной системы формируется спрос на услуги, требующие существенного расширения пропускной способности доступа. Решение данных задач может осуществляться за счет использования проводных и беспроводных средств связи.

На заре развития связи ручные коммутаторы, установленные в городских телефонных сетях (ГТС) были основой телефонной сети общего пользования (ТфОП). Позже они были вытеснены автоматическими телефонными станциями (АТС). На рис. 7.4 представлены три типа АТС: декадно-шаговые, координатные и цифровые. Кроме того, в телефонных сетях применялись также машинные АТС. Между координатными и цифровыми АТС на телекоммуникационном рынке – в небольших объемах – появилось квазиэлектронное коммутационное оборудование. Цифровые системы коммутации, по всей видимости, – последнее поколение АТС. На смену им приходят системы распределения информации, отвечающие требованиям NGN.

Развитию сетей доступа свойственны иные законы. После появления двухпроводных абонентских линий начался период, который можно назвать стагнацией. Двухпроводные физические цепи надолго стали единственным средством построения сетей доступа, хотя экономически он был и остается не эффективным. Долгое время другого решения не было. Период стагнации сменился почти одновременным появлением множества решений, среди которых можно выделить три крупных направления: xDSL (цифровой тракт по физическим цепям), FTTx (доведение кабеля с оптическими волокнами до некоторой точки «х»), WWA (широкополосные беспроводные средства доступа, которые ориентированы на подключение терминалов без использования кабелей связи) (рис. 7.5). В семейство решений WWA входит и технология WiMAX. В связи с тем, что все новые системы доступа появились практически одновременно, каждой из систем приходится

доказывать свое преимущество и определять оптимальную сферу своего применения.

С уровнем доступа чаще всего сталкиваются клиенты сети. Под термином «доступ» подразумевается очень широкое понятие от цифровых абонентских линий до пограничных шлюзов и конвергентной сигнализации. Доступ в общем виде – это все оборудование, которое связывает сеть NGN с традиционными TDM – сетями и даже небольшими локальными сетями передачи данных. Естественно, здесь нельзя забывать и абонентов сети. Можно выделить несколько способов включения их в сеть следующего поколения. Наиболее интересный – это непосредственное подключение пользователей к пакетной сети через IP-телефоны. Такое подключение наиболее «удобно» с точки зрения NGN, предоставление мультимедийного трафика, управления ресурсами сети. Однако в силу многих технологических трудностей, связанных с невозможностью доставить к абоненту сеть Ethernet или MPLS в чистом виде, операторы не могут оказать такой услуги. IP-телефонами чаще всего пользуются корпоративные абоненты, постоянно работающие в интегрированной локальной NGN сети. Остальные абоненты включаются в сеть через широкополосную сеть доступа. Природа такого подключения может быть разной: DSL-системы, использующие медные кабельные пары (наиболее часто встречающийся тип), системы кабельного телевизионного вещания, активно развивающиеся сейчас беспроводные системы (Wi-Fi и WiMAX), оптические технологии доступа, например, PON. Объединяет их одно – в качестве конечного интерфейса абоненту они предоставляют IP-подключения, которые дают возможность использовать интеллектуальный терминал с доступом к большому количеству дополнительных сервисов. Гораздо сложнее ситуация с подключением абонентов TDM –сетей. Единственный возможный вариант для них – это опосредованное включение в NGN через шлюзы стандартной телефонии. Естественно абоненты «старой» сети не могут получить всего перечня услуг,

доступного IP-абонентам, но даже здесь NGN позволяет предоставлять некоторые услуги цифровой сети нового поколения всем абонентам.

С экономической точки зрения наиболее оптимальным решением выглядит введение в эксплуатацию оборудования, способного включаться как в традиционные сети с коммутацией каналов (по тракту E1 через интерфейсы V5.2 и PRI), так и в перспективные сети с коммутацией пакетов (по протоколам SIP, MGCP, MEGACO/H.248). Одним из примеров такого типа оборудования может послужить мультисервисный абонентский концентратор (Media Gateway, MG).

Media Gateway, MG – это представитель оборудования нового поколения для предоставления абонентам услуг интегрированного широкополосного доступа. Он обеспечивает доступ к традиционным сетям ТфОП, к сетям передачи данных и к мультисервисным сетям NGN. В случае поддержки одной или нескольких технологий семейства DSL такой концентратор может использоваться в качестве IP DSLAN. В сельских сетях применение концентраторов предпочтительно ввиду нерациональности использования больших АТС в сетях малой емкости.

Технологии xDSL

Главное достоинство xDSL-технологий состоит в возможности одновременного предоставления по одной медной паре как телефонной связи, так и высокоскоростной передачи данных. Сегодня на рынке индивидуального доступа одна из наиболее экономических технологий DSL – асимметричная ADSL. Однако пропускная способность линии ADSL снижается с увеличением расстояния, а также вследствие дефектов кабелей или установки цепей коррекции.

В качестве главного технологического конкурента ADSL специалисты рассматривают симметричный доступ SHDSL, использующий более эффективный линейный код и занимающий узкую полосу частот при любой скорости. Более того, спектральная плотность сигнала SHDSL имеет форму, обеспечивающую его почти идеальную совместимость с сигналами ADSL,

что является чрезвычайно важным обстоятельством для обеспечения устойчивой работы в условиях широкого внедрения технологий xDSL в будущем. Рынок пока не пришел к однозначному выводу о том, какая из технологий – ADSL или SHDSL – более перспективна, поэтому в концентраторах MG целесообразно предусмотреть поддержку обеих технологий.

Беспроводный IP-доступ

Одна из самых привлекательных областей использования технологии WiMAX – телефонная сеть общего пользования. Это обусловлено тем, что именно ТфОП фактически стала базой для создания NGN-сети связи следующего поколения. Возможные сферы применения технических средств, которые основаны на технологии WiMAX, обусловлены многими факторами. Для городских телефонных сетей (ГТС) (с учетом ее трансформации в сеть следующего поколения) можно выделить три основных варианта использования технологии WiMAX.

Первый вариант использования WiMAX – подключение выносных модулей в тех случаях, когда организация тракта до АТС средствами проводной связи не представляется целесообразной, например, площадь, парк. В качестве такого модуля показан мультисервисный абонентский концентратор (МАК) под индексом МАК 1. Если в одном здании с АТС2 расположено оборудование WiMAX, то передачу широкополосной информации можно осуществить на основе использования беспроводного доступа, т. е. МАК1 включается в АТС2 с помощью транспортных ресурсов системы WiMAX.

Второй вариант – обеспечение быстрого подключения новых клиентов. В левой части рисунка такая возможность показана для МАК и двух учрежденческих АТС (УАТС).

Третий вариант применения технологии WiMAX представлен в правой нижней части рисунка. Он может быть эффективен для повышения надежности доступа для некоторых групп пользователей. В частности, для

абонентов, включенных в МАКЗ, организуется два независимых по условиям распространения пути установления соединений: через АТС2 и АТС3.

В сельской местности прокладка опτικο-волоконных линий не всегда бывает экономически оправданной. В сельской местности сельские телефонные сети (СТС) служат основой для поддержки большинства других видов обслуживания. В некотором смысле интеграционные процессы в СТС более ощутимы, чем в ГТС. Поэтому вопросы применения технологии WiMAX следует рассматривать с точки зрения формирования NGN.

Сеть IP, в которой показатели качества обслуживания обеспечиваются за счет технологии многопротокольной коммутации по меткам (MPLS), создается Оператором заранее. Она обеспечивает выход в СТС и доступ в Интернет. Первый из установленных концентраторов (МАК1) удален от точки подключения к сети IP/MPLS на 4 км. Даже при таком небольшом расстоянии технология WiMAX экономичнее по сравнению с вариантами прокладки кабеля или строительства радиорелейной линии. Очевидно, что планируемая установка следующих концентраторов, которые будут расположены на расстояниях до 30 км от точки подключения к сети, экономически выгодна.

Сетевая иерархия

В модернизированной сети работой концентраторов MG управляет мультисервисный коммутатор доступа Media Gateway Controller (MGC), выполняющий функции Softswitch. Для организации внутрizonовой, междугородной и международной связи MGC включают в магистральный или транзитный коммутатор, что определяется принципом организации дальней связи, принятым в регионе. При этом MG функционирует как вынос от центральной станции. Такое включение целесообразно для большинства групп пользователей.

Для взаимодействия оборудования MG и MGC чаще всего используются протоколы SIP или H.248. Оборудование технического обслуживания для сбора аварийных сигналов, контроля состояния аппаратно-

программных средств и ведение статистики чаще всего поддерживается протоколом SNMP. Для связи MGC с уже эксплуатируемыми коммутационными станциями целесообразно устанавливать шлюзы (IP-Telephony Gateway, ITG). Эти шлюзы обеспечивают взаимодействие с любыми (по типу оборудования и уровню иерархии) станциями ТфОП за счет поддержки сигнализации по E-DSS1, OKC7 и 2BCK.

Весьма эффективное использование ITG обеспечивается в тех случаях, когда они состоят из тех же аппаратно-программных средств, которые применяются для построения MG. При последующей замене старых коммуникационных станций на MG в оборудование шлюза необходимо лишь вставить дополнительные платы и добавить соответствующее программное обеспечение. Такое решение приводит к тому, что шлюзы, в отличие от большинства используемых ныне конверторов, при модернизации сети не утилизируются, а преобразуются в MG. Данный подход способствует снижению расходов на модернизацию телефонной сети.

Уровень управления

Все многообразие устройств, которые транслируют и коммутируют трафик данных, преобразуют информацию, заложенную в пакеты, в стандартную телефонную сигнализацию и соединения, сопрягают цифровые сети различной природы, терминируют на себе различные виды трафика, управляется из одного мощного ядра. Это третий уровень NGN – управляющий.

Данный уровень часто связывают с таким понятием, как SoftSwitch. Основная функция третьего уровня NGN – управление соединением абонента А с абонентом Б. Занимается этим специализированный сервер, или «сервер соединений» – по терминологии SoftSwitch. Большая мощность и производительность подобных серверов – важное условие бесперебойной работы сети. Кроме того, при проектировании SoftSwitch учитывают специфические факторы IP-сетей – это необходимость обеспечения параметров качества обслуживания (QoS) сети VoIP, разделение маршрутов

потоков голоса и данных, управление маршрутизацией при наличии довольно пестрого спектра устройств: маршрутизаторов, конверторов сигнализации, пограничных контроллеров, шлюзов, прокси-серверов, абонентских терминалов, мультиплексоров и контроллеров абонентского доступа различной природы.

Уровень услуг

Последним уровнем NGN принято считать уровень приложений. Его задача – обеспечение всего спектра услуг, доступного на сетях следующего поколения. Идеология построения NGN обеспечивает возможность предоставления абонентам услуг Triple-Play (передача речи, данных и видео) на базе мультисервисных сетей, создаваемых путем модернизации существующих сетей электросвязи. Переход к NGN открывает практически неограниченные возможности по реализации услуг и для корпоративного сектора. В традиционных сетях такие услуги предоставляются локальными операторами, и их подключение нередко требует больших временных или финансовых затрат. В случае использования однородной IP-среды существует единый набор услуг для всех пользователей. Механизм их подключения также заметно упрощается: достаточно выбрать интересующую услугу из списка и послать соответствующий запрос. Уже сегодня популярны новые широкополосные услуги: «видео по требованию», «расширенное телевидение» (ТВ+Интернет), ТВ – коммерция и т. д. [36].

Таким образом, переход к сетям нового поколения предопределен. Перспективным направлением модернизации выглядит постепенный переход к NGN за счет внедрения в традиционные сети оборудования, способного работать с технологиями обоих поколений.

7.5. Перспективы развития цифрового телевидения

Наше стандартное телевидение, которое мы видим на своих экранах каждый день уже давно устарело. Российское телевидение вещает в стандарте Secam, который обеспечивает лишь 25 кадров в секунду при чересстрочной (по научному – интерлейсной) развёртке изображения.

Количество точек в этом формате составляет лишь 720×576 (по горизонтали и вертикали соответственно). Другие страны вещают в различных версиях форматов PAL, которые отличаются от Secam лишь способом кодирования цвета. Версии стандарта PAL опять же различаются искусственно, чтобы телевизионные каналы соседних стран не мешали друг другу. Иными словами, чтобы одна страна не могла смотреть телевидение другой.

Самые развитые в технической области телевидения страны, которыми являются: Япония, Мексика, Канада, Южная Корея, Тайвань, США и даже Гондурас, вещают в современном стандарте NTSC 3.58. Стандарт NTSC 3.58 даёт 29.97 кадров в секунду, при этом количество вертикальных строк уменьшается с 576 до 480. Некоторые специалисты приближают 29.97 кадр/с до 30 кадр/с – это неправильно. Тридцать кадров в секунду это уже другой стандарт (мало распространённый), который не совместим с NTSC.

Пять–десять лет назад консорциум из нескольких начинающих телевизионных компаний начал разработку нового телевизионного стандарта HDTV. Перевод аббревиатуры HDTV означает High Definition Television на русский язык – телевидение высокой четкости.

Обычный телевизор «выдает» разрешение, (т. е. плотность точек) 720×480 , или 345 600 пикселей (pixels). Естественно, что чем большей плотности точек удастся достичь, тем выше качество изображения. Разработчики формата HDTV достигли разрешения 1920×1080 , т. е. больше 2 миллионов пикселей. При этом получено не просто 1080 точек, а так называемое 1080 interlaced (чересстрочная развёртка кадра), когда, упрощённо говоря, изображение не просто передается покадрово, а кадры как бы частично накладываются друг на друга, что ещё более усиливает эффект четкости изображения.

В настоящее время транслируют изображение в формате HD компании спутникового телевидения (Dish Network и DirecTV). Их всего несколько, но в их число уже входят и ряд спортивных каналов, и есть все основания утверждать, что через год-два большинство каналов будет транслироваться в

формате HD. Кабельное телевидение пока не транслирует HD сигнал, но очевидно, что конкуренция со стороны компаний спутникового телевидения заставит кабельщиков прийти к HDTV. Интересно, что принимать HD программы можно при наличии соответствующего телевизора, на обычную комнатную или наружную антенны, и пока не все программы, а только некоторые.

Существует два вида HD телевизионных приёмников. Это так называемые HDTV Upgradeable и HDTV Built-in. Upgradeable модель телевизора, обеспечивает возможность смотреть передачи в формате HD только при условии приобретения HDTV ресивера и обязательного подключения к сервису компании – поставщика телевизионных программ.

В свою очередь, HD телевизоры Built-in с ресивером уже имеют встроенный так называемый Through-the-air ресивер, что позволяет принимать на обычную комнатную или наружную антенну передачи в формате HD, транслирующиеся в настоящее время на обычных не платных каналах (именуемых VHF-каналы, или телестанции). В формате HD эти каналы пока транслируют не все передачи, а лишь некоторые. Как правило, все HD телевизоры имеют PIP (Picture-in-Picture) – устройство, позволяющее одновременно смотреть два или несколько телеканалов. Поэтому те, кто может приобрести HDTV с Built-in ресивером, могут, имея «тарелку» и HDTV ресивер, смотреть одновременно в формате HD и программы спутникового телевидения и программы VHF- каналов. Говоря о HDTV, нельзя обойти стороной так называемые плазменные телевизоры, толщиной всего около 7 см, которые можно даже вешать на стену практически как обычную картину. Эти телевизоры (размером экрана 42" и 50") в настоящее время несколько дороже кинескопных и прожекторных телеприёмников.

Как известно, обычные телевизоры, к которым мы до сих пор привыкли, имеют пропорцию (ширины и высоты) 4:3. Новые, особенно же прожекторные HDTV приёмники, имеют пропорцию экрана 16:9 – это так называемые wide screen TV. Желая смотреть обычные передачи по

телевизору с экраном 16:9 в полный экран, зритель получит вытянутое в ширину и поэтому слегка искажённое изображение. Впрочем, все HD телевизоры уже имеют возможность при необходимости менять формат изображения: т. е. на экране 16:9 получать изображение 4:3, на экране 4:3 – 16:9, и при этом часть экрана в обоих случаях будет обрезана соответственно или по бокам или сверху и снизу.

Часто, интересуясь аспектами цифрового телевидения, люди задают вопрос: в чём же состоит различие между DTV и HDTV? Если коротко попытаться ответить на вопрос о различии между HDTV и DTV, то он прост. Разница между обычным, аналоговым телевидением и DTV для телезрителя небольшая, и качество изображения в последнем случае будет не обязательно существенно лучшим. Если попытаться упростить терминологию, то цифровой сигнал просто более гибок и удобен в его обработке и передаче. Однако HDTV обеспечивает изображение с разрешением 1920×1080 пикселей, с чем DTV и близко конкурировать не может.

В последнее время все большее распространение получают DVD-плееры. При этом, имеющим или планирующим приобрести HD телевизор, покупая такой DVD, следует знать, что необходимо выбирать плеер, имеющий возможность воспроизведения в формате Progressive Scan (прогрессивной развёртки, когда каждый кадр передаётся не черезстрочно, а сразу весь). Дело в том, что при просмотре видео DVD даже на HD-телевизорах ещё нет возможности получить HD качество изображения. Однако, DVD-плеер, имеющий функцию Progressive Scan, позволяет получить разрешение $1280 \times 1080 = 1.382.400$ пикселей, что является очень высоким и почти приближающимся к HD, в то время как при отсутствии Progressive Scan зритель получает всего лишь $960 \times 720 = 691.200$ пикселей. Такие диски называются HDCD. На один диск DVD вмещается 2 – 4 часа видео в формате Mpeg 2 с размером кадра 720×576 для PAL и 720×480 для NTSC и с 6-канальным звуком качества 64 Кбит/с на канал (это очень мало). Формат же HD предусматривает скорость видеопотока Mpeg 2 со скоростью

28.8 Мбит/с, что в 3–4 раза больше чем у DVD. Такого большого носителя информации сегодня ещё нет. Но уже не за горами новейшие лазерные диски Blue-Ray, на которых вмещается около 24 Гбайт. Своё название эти диски получили от цвета считывающего их лазера, обычные диски считываются красным лазером. Российские производители уже представили на выставке информационных технологий в Брюсселе СеiBT новейший оптический диск на основе ферромагнетика, вмещающий в себя 1Тбайт (это 1000 Гбайт, т. е. это около 212 DVD дисков), размеры которого всего лишь 13 см в диаметре и 2 мм в толщину.

ТЕМА V. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СООБЩЕНИЙ В ЦИФРОВУЮ ФОРМУ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ СООБЩЕНИЙ

Цифровая модуляция

Ранее уже говорилось о том, что существующие телекоммуникационные сети в соответствии с их назначением можно разделить на транспортные сети и сети доступа. Транспортные сети, в соответствии с регионами, которые они обслуживают, делятся на местные(они, в свою очередь, подразделяются на городские и сельские), внутрizonовые и магистральные сети. В тоже время, по предполагаемым сферам обслуживания и характеру абонентов телекоммуникационные сети можно разделить на телефонные сети общего пользования(ТфОП) и корпоративные (ведомственные) или технологические сети. Разумеется, характер абонентов этих сетей, номенклатура услуг и специфика передаваемой по ним информации накладывают на различные сети различные требования.

Однако общего в методах формирования цифровых сигналов и их передачи по линиям связи для перечисленных выше сетей гораздо больше, чем различий между ними. Поэтому в дальнейшем мы будем говорить, в основном, о ТфОП, оговаривая, при необходимости, специфику работы корпоративных сетей. Характерной чертой ТфОП

является то, что она, с одной стороны, принадлежит к наиболее распространённым сетям, а с другой— то, что в том состоянии, в котором она находится в настоящее время, очень сложно обеспечить её нормальное функционирование в составе магистральной цифровой сети. И ещё: абонентский доступ в ТфОП в основном осуществляется по парам медного кабеля. Начнём с главного: что же такое цифровая передача, и как перейти к ней от привычных нам аналоговых методов обработки и передачи телекоммуникационных сигналов. Целью любого метода передачи является передача как можно большего объёма информации с максимально высоким качеством и скоростью, и при этом обеспечить приемлемую экономическую эффективность этого процесса. Оптимальным вариантом является передача любого сообщения в цифровой форме, то есть в виде последовательности посылок только двух типов: единиц«1» и нулей«0». Такой сигнал и формировать просто, и распознавать несложно, а самое главное— его можно в каждой точке переприёма распознавать и формировать заново, очищая, тем самым, от прилипших к нему по дороге помех и искажений. Такой процесс называется регенерацией.

Известно, что наибольший объём передаваемых в сетях связи сообщений(70%) занимают аналоговые телефонные каналы, остальные30% - это сигналы передачи данных(в литературе часто используется аббревиатура ПДИ). При построении цифровых сетей аналоговые абонентские сигналы преобразуются в цифровую форму(оцифровываются), после чего производится формирование группового цифрового сигнала методами временного уплотнения каналов. Подключение цифровых абонентов к сети по аналоговым абонентским линиям производится при помощи типовых модемов(наиболее часто встречающийся вариант подключения к Интернету). Однако абонент может быть непосредственно включён в цифровую сеть с интеграцией обслуживания(ЦСИО или ISDN). Передача цифровых сигналов по абонентским линиям реализуется с использованием специальных способов кодирования, позволяющих

обеспечить передачу со скоростями, достигающими величин нескольких десятков мегабит в секунду(так называемая технология xDSL).

В цифровых системах передачи телефонные сообщения, передаваемые от абонентов непосредственно в аналоговой форме, преобразуются в цифровые при помощи цифровой модуляции. В этом случае последовательно производимые опробования абонентского сигнала кодируются и передаются в виде импульсной последовательности.

Импульсно-кодовая модуляция

Термин«импульсно-кодовая модуляция» (ИКМ) используется для обозначения метода преобразования сигнала, при котором опробования речевого или цифрового сигналов передаются в виде бинарных кодовых слов. ИКМ используется в технике связи как в цифровых системах передачи(ЦСП), так и в системах цифровой электронной коммутации(ЦЭАТС). Как правило, цифровая информация, поступающая от ряда источников, уплотняется, то есть собирается в единый поток, который затем передаётся по линии связи, а на другом её конце разделяется на отдельные каналы, поступающие к получателям. Такое уплотнение получило название временного.

Все методы преобразования, передачи и коммутации сигналов должны быть стандартизованы для того, чтобы обеспечить нормальное взаимодействие аппаратуры, выпускаемой различными мировыми производителями и, тем самым, обеспечить нормальное функционирование интегральной сети связи. В основе всех методов аналого-цифрового преобразования, включая ИКМ, лежит теория дискретизации. В соответствии с этой теорией: при передаче по линии гармонического(плавно меняющегося) аналогового сигнала, он может быть преобразован в импульсный путём его стробирования импульсами с определённой длительностью и частотой следования. Такой процесс принято называть дискретизацией. В результате дискретизации на выходе стробирующего устройства(электронного ключа) формируется амплитудно-

импульсно модулированный сигнал. Первоначально его импульсы имеют форму вершины, соответствующую форме исходного аналогового сигнала на участке стробирования. Однако такой сигнал(его принято называть амплитудно-импульсно модулированным сигналом первого рода или АИМ-1) сложно передавать и обрабатывать. Поэтому представляется целесообразным преобразовать его в последовательность импульсов с различной амплитудой, но с плоскими вершинами(его принято называть амплитудно-импульсно модулированным сигналом второго рода или АИМ-2). На другом конце линии связи исходный аналоговый сигнал может быть в определённых пределах восстановлен из этого импульсного сигнала(имеется в виду АИМ-2) путём его пропускания через интегрирующую схему(часто говорят о восстановлении исходного сигнала при помощи оптимального фильтра, но такой фильтр— это вещь чисто умозрительная).

Теорема Котельникова говорит, что основным условием реализации этого процесса является то, что частота дискретизации должна превышать удвоенную верхнюю частоту спектра аналогового сигнала. Для удовлетворительной передачи человеческого голоса достаточно использовать полосу частот от 300 Гц до 3,4 кГц. Установлено: для того, чтобы огибающая сигнала на выходе фильтра приёмного устройства максимально соответствовала исходному аналоговому сигналу, необходимо выбрать частоту стробирования, равную 8 кГц.

Однако полученный таким путём импульсный сигнал никак нельзя назвать цифровым, то есть последовательностью единиц и нулей. Его передача по линии связи, в конечном счёте, оказывается ещё более сложной, чем передача исходного аналогового сигнала. Для реализации всех преимуществ цифровой передачи сигнал АИМ надо преобразовать в последовательность бинарных символов «1» и «0». Для этого аналоговый сигнал пропускается через фильтр нижних частот, затем стробируется, затем

сигнал АИМ-1 преобразуется в АИМ-2 и полученные импульсы отсчётов преобразуются в цифровой сигнал путём кодирования (Рис. 1). При этом амплитуда каждого импульса сравнивается с соответствующим эталонным сигналом, разбитым на определённое число уровней или шагов квантования.

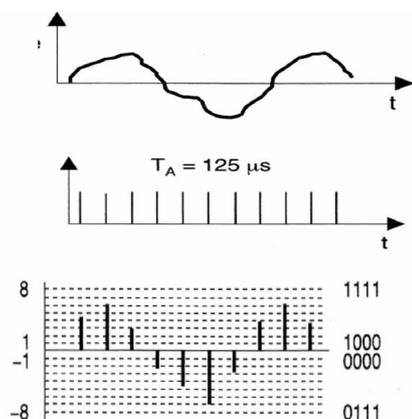


Рис. 1. Временные диаграммы ИКМ сигнала.

Амплитуда аналогового сигнала может принимать различные значения. Число уровней квантования, достаточное для цифрового кодирования этих значений, ограничено, что обуславливает возникновение искажений при декодировании. Эти искажения получили название шумов квантования и являются неизбежными при использовании ИКМ. Если все шаги квантования выбрать одинаковыми, большие значения амплитуды будут воспроизводиться более точно, чем малые значения, что, соответственно, даст меньшее значение шумов. В результате соотношение сигнал/шум будет сильно зависеть от амплитуды сигнала. Указанный недостаток можно преодолеть, применяя нелинейное кодирование.

В настоящее время в Европе повсеместно используется так называемая нелинейная А-характеристика компандирования, подробно излагаемая в рекомендации МСЭ-TG.711. На рис. 2 показана её положительная ветвь.

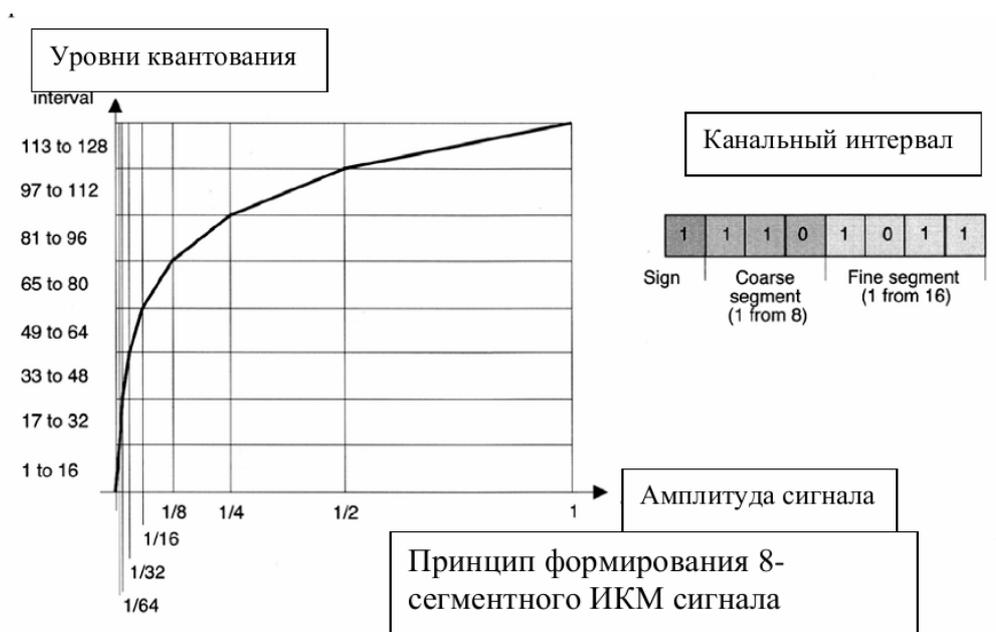


Рис. 2: А-характеристика компрессора.

1. Уровень квантования
2. Полярность.
3. Номер сегмента(от1 до8).
4. Уровень квантования внутри сегмента(от1 до16) .
5. Нормализованная амплитуда.

Чтобы минимизировать скорость передачи, число бит, необходимое для кодирования сигнала, необходимо свести к минимуму. А-характеристика состоит из8-ми сегментов положительной и, соответственно, 8-ми сегментов отрицательной ветвей, причём два сегмента, примыкающие к нулю, образуют как бы один линейный сегмент. Каждый сегмент делится на16 уровней квантования, в то время как примыкающий к нулю сегмент имеет как бы32 уровня. Величина амплитуды сигнала для каждого из сегментов уменьшается в два раза по сравнению с сигналом расположенного выше сегмента. А-характеристика имеет128 градаций в положительной, и столько же- в отрицательной ветвях. В этом случае для обозначения256 градаций уровня сигнала достаточно8 бит.

Эксперименты показали, что при линейной характеристике кодирования для получения такого же качества передачи необходимо

обеспечить распознавание около 4000 градаций уровня. Соответствующая такой величине пропускная способность линии оказывается слишком высокой и, соответственно, экономически невыгодной. Амплитуда исходного сигнала ограничивается так же, как и его частота. В результате, все системы передачи, использующие ИКМ, в отличие от аналоговых систем, характеризуются отсутствием области перегрузки.

Нелинейное квантование, использующее восьмиразрядное кодирование, позволяет обеспечить соотношение сигнал/шум, приближающееся к 40 дБ. Эта величина остаётся практически постоянной для широкого диапазона амплитуд, что позволяет осуществить компрессию речевого сигнала даже при высоком уровне помех. Использование восьмиразрядного кодирования определяет скорость передачи цифрового сигнала при ИКМ преобразовании исходного стандартного аналогового канала ТЧ. Эта скорость равна 64 кбит/с.

Канал передачи цифровой информации со скоростью передачи 64 кбит/с получил название основного цифрового канала (ОЦК). Соответственно, тактовая частота ОЦК будет равна 64 кГц. Отсчёты ряда каналов собираются вместе в рамках временного спектра цифрового сигнала. На приёмном конце линии импульсы отсчётов разделяются и поступают на фильтры нижних частот. При этом достаточно точно воспроизводится исходный аналоговый сигнал. Абонентские стыки современных мультиплексоров используют интегральные микросхемы высокой степени интеграции (СБИС), позволяющие одновременно формировать ряд ИКМ сигналов. Одним из наиболее важных факторов, определяющих качество передачи звукового сигнала, является соотношение сигнал/шум. Оно определяется формулой

$$A = 10 \log (S/N) \text{ дБ} \quad (2.1)$$

Отношение сигнал– шум (S/N), ширина полосы (B) и пропускная способность канала (C) связаны между собой формулой Шеннона:

$$C = B \times 10 \log (1+S/N) \quad (2.2)$$

Ценным качеством ИКМ является то, что сохраняется возможность неискажённой передачи даже при малом соотношении сигнал-шум, а также то, что появляется возможность расширения полосы частот абонентского сигнала.

Для работы аналоговых систем передачи необходимо обеспечить соотношение сигнал-шум, лежащее в пределах от 40 до 50 дБ. В то же время величина этого соотношения, равная 15 - 19 дБ, достаточна для получения адекватного качества ИКМ канала. При ИКМ преобразовании широкополосных аналоговых сигналов (каналов радиовещания или видеосигналов) возможна следующая альтернатива: или необходимо увеличить число уровней квантования и, тем самым, увеличить скорость передачи указанного канала (это самый распространённый вариант организации передачи), или при сохранении стандартной скорости передачи ОЦК пойти на заведомое ухудшение качества передачи.

Методы компрессии речевого сигнала

В настоящее время для того, чтобы уменьшить стоимость каналов телефонной связи, практикуется уменьшение скорости передачи канала ТЧ в цифровой форме до величины, меньшей 64 кбит/с. В этом случае при сохранении типовых значений скорости передачи группового цифрового сигнала и, соответственно, стоимости группового линейного оборудования, увеличивается пропускная способность группового тракта. Соответственно, уменьшаются удельные расходы на один канал. Скорость передачи речевого сигнала, преобразованного в цифровую форму, можно уменьшить путём компрессии сигнала на стадии его аналого-цифрового преобразования. Этот процесс не должен приводить к потере индивидуальных особенностей (тембра) речи абонента. Нижний предел преобразования сигнала определяется моментом приближения задержки сигнала к критическому значению. При высокой степени компрессии задержка тонального сигнала при его передаче может достигать 100 мс в отличие от задержки, равной 125 мкс, которая возникает при ИКМ

преобразовании аналогового сигнала в цифровой со скоростью передачи 64 кбит/с. В таблице 1 даны основные сведения о различных вариантах компрессии.

Табл. 1

Способ Кодирования	Скорость передачи	Стандарт	Область применения
ИКМ	64 кбит/с	ITU-T G.711	Телефонные сети
АДИКМ	32 кбит/с	ITU-T G.726	Телефонные сети со сжатием речи
LD-CELP	16 кбит/с	ITU-T G.728	Цифровые радиотелефоны
RPE-LPC	13 кбит/с	ETSI GSM	Цифровые сотовые радиотелефоны
VSELP	5,6 кбит/с	ETSI GSM	Цифровые сотовые радиотелефоны
		0,5 скорости	

Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (АДИКМ)

Адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция (АДИКМ) базируется на свойстве речевого сигнала в силу его гармонического характера незначительно (в пределах нескольких бит) менять значение каждого последующего опробования при его оцифровке. Поэтому появляется возможность предсказывать величину каждого следующего опробования, и передавать только разницу между реальной и предсказанной величинами опробований. ИКМ и АДИКМ реализуют принцип кодирования аналогового сигнала. Более высокую степень сжатия можно получить, используя лингвистические методы. Такие параметры человеческой речи, как амплитуда, частота и число слогов моделируются, и полученные результаты передаются в виде блоков информации. Алгоритм преобразования может оптимизироваться также и в случае первоначального кодирования сигнала путём ИКМ. В этом случае сигнал ИКМ может быть преобразован в сигнал АДИКМ чисто цифровыми методами. В 1995 г. МСЭ-Т выпустил рекомендацию G.723, содержащую общие стандарты компрессии речевого сигнала. В настоящее время указанные методы компрессии позволяют передавать канал ГЧ в цифровой форме со скоростями до 4 кбит/с при сохранении удовлетворительного качества речи. При этом следует помнить, что использование способов

передачи, снижающих её скорость, в то же время приводит к значительному увеличению величины задержки сигнала и уровня шумов квантования. Известно, с какими трудностями сталкиваются операторы связи при попытке использовать каналы АДИК для передачи факсимильных сообщений.

ТЕМА VI. МЕТОДЫ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ И ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ

Формирование первичного цифрового потока(E1)

Не нуждается в развёрнутом доказательстве тезис, что рентабельность систем связи в значительной мере определяется количеством цифровых и телефонных каналов, передаваемых по групповым трактам. Мультиплексоры цифровых сигналов объединяют ряд цифровых каналов в большие блоки, образуя иерархию ЦСП, то есть совокупность цифровых систем передачи, позволяющую объединять или разделять цифровые потоки с стандартизованными скоростями и пропускными способностями в рамках единой цифровой сети.

Большая часть ЦСП базируется на формировании основного цифрового канала (ОЦК) со скоростью передачи 64 кбит/с. В соответствии с европейским стандартом формирования иерархии ЦСП, 30 ОЦК объединяются, образуя цифровой поток со скоростью передачи 2048 кбит/с, получивший название первичного цифрового потока, который обозначается, как E1 или 2М. 4 потока 2 Мбит/с мультиплексируются, образуя на следующем уровне иерархии вторичный цифровой поток E2 или 8М со скоростью передачи 8448 кбит/с. Далее этот процесс повторяется дважды, причём формируются цифровые потоки 34368 кбит/с (E3 или 34М) и 139264 кбит/с (E4 или 140М). Совокупность ЦСП, работающих с указанными выше величинами пропускных способностей и скоростей передачи групповых сигналов, получила название плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ или PDH). Характерной особенностью указанного метода цифрового группобразования является не кратность скоростей передачи на

различных ступенях иерархии, обусловленная тем, что за исключением формирования сигнала E1 на остальных ступенях иерархии мультиплексируются сигналы различных источников(систем передачи или цифровых электронных АТС), скорости передачи и, соответственно тактовые частоты которых различаются в пределах нормированных величин разбросов номиналов частот их генераторного оборудования.

Отклонение скорости передачи от нормированной величины 2048 кбит/с может достигать величины, превышающей $+50 \times 10^{-6}$, что составит примерно +100 бит/с. Поэтому для того, чтобы избежать проскальзываний, которые могут привести к потерям передаваемой информации, в указанных системах передачи используется метод уравнивания скоростей или стаффинга. При стаффинге в составе группового сигнала передаётся ряд дополнительных битов, предназначенных для уравнивания скоростей. Кроме того, в групповые сигналы высших ступеней иерархии вводятся каналы постанционной служебной связи и дистанционного контроля аппаратуры. В настоящее время при сохранении основных положений рекомендации МСЭ-TG.702, регламентирующих формирование плезиохронной цифровой иерархии, групповые сигналы высших ступеней могут формироваться, минуя промежуточные этапы формирования. Так, например, цифровой поток 34 Мбит/с может прямо формироваться из 16 цифровых потоков 2 Мбит/с.

Современные универсальные узлы доступа магистральных сетей формируются на базе стыков 2 Мбит/с. Например, для ЦСИО(ISDN), стык S (PRA) 2 Мбит/с является связующим звеном между магистральной сетью и цифровой УАТС или локальной сетью. Он же связывает пользователей GSM в мобильных цифровых сетях. Стык E1 является самым массовым стыком компонентных сигналов синхронной цифровой иерархии, более подробно об этой иерархии рассказывается в разделе 7 данной книги. С помощью стыка E1 организуется связь между сетями конкурирующих операторов, поэтому в случае возникновения конфликтов при поиске неисправностей в

сетях необходимо обеспечить оперативное измерение основных параметров передачи указанного стыка.

Структура цикла сигнала 2 Мбит/с

На рис. 4 показана стандартная структура цикла сигнала 2 Мбит/с, определённая рекомендацией МСЭ-TG.704.

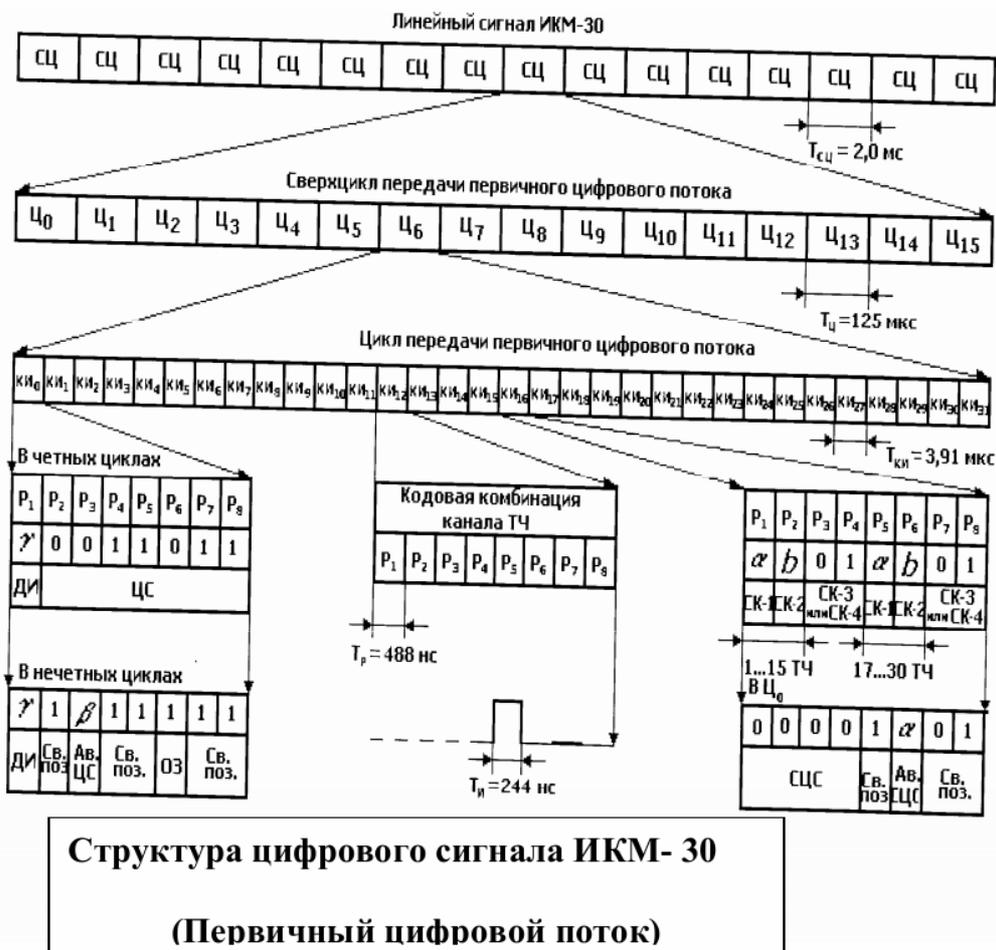


Рис. 4: Структура цикла сигнала 2 Мбит/с.

Цикл сигнала Е1 состоит из 30 временных интервалов, соответствующих каналам 64 кбит/с, (так называемых канальных интервалов, или КИ) и двух добавочных вспомогательных канальных интервалов, содержащих сигналы синхронизации и телефонную сигнализацию (канальные интервалы 0 и 16). Цикл содержит 256 бит и повторяется каждые 125 мкс (соответственно, частота следования циклов равна 8 кГц). Таким образом, время передачи каждого канала равно $125 \text{ мкс} / 8 = 3,906 \text{ мкс}$. Нулевой канальный интервал попеременно содержит или

не содержит сигнал цикловой синхронизации(ЦС). Соответственно, он обозначается, какFAS (с ЦС) илиNFAS (без ЦС). Сигнал2 Мбит/с можно считать простейшим протоколом цифрового сигнала. NFAS передаётся во всех нечётных, аFAS во всех чётных циклах.

В качестве сигнала цикловой синхронизации используется семиразрядная кодовая комбинация 0011011, являясь в этом случае как бы“флагом”, обозначающим начало пакета цифровой информации длиной 32 x8 бит. Для того чтобы оборудование демультиплексирования группового сигнала вошло в режим цикловой синхронизации, то есть правильно идентифицировало появление ЦС в составе группового сигнала и обеспечило бы распознавание и разделение каналов на приёме, необходимо, чтобы сигнал цикловой синхронизации был им принят 4 раза подряд с интервалом в250 мкс. NFAS выполняет функции передачи так называемых битовS, которые последовательно структурируются в качестве минипротокола, обеспечивающего дополнительный мониторинг ошибок и позволяющего передавать дополнительную служебную информацию по групповому тракту. Кроме того, третий и четвёртый биты NFAS предназначены для передачи сигналов аварии оконечного мультиплексорного оборудования. Таким образом, можно организовать надёжную обратную связь между передатчиком и приёмником информации, служащую для обнаружения их неисправностей. В сигнале, не содержащем цикловую синхронизацию, бит A= 1 означаетполную аварию, а бит S = 0- неполную аварию.

16-ый канальный интервал(КИ) служит для передачи сигналов управления и взаимодействия коммутационного оборудования(СУВ) при работе в сети. В каждом цикле в 16-ом КИ передаются СУВ, соответствующие двум абонентским каналам(1 и 16, 2 и 17, 3 и 18, и т.д.). Поэтому для передачи всех СУВ, соответствующих30 информационным каналам, необходимо использовать15 циклов. В свою очередь, для того, чтобы обеспечить необходимое распознавание СУВ различных каналов,

нужно соответствующим образом промаркировать указанные 15 циклов, для чего в состав группового сигнала перед циклом, содержащим в 16-ом КИ СУВ1-ого и 16-ого каналов, включается цикл, содержащий в 16-ом КИ сигнал сверхцикловой синхронизации(СЦС).

Указанные 16 циклов образуют сверхцикл, содержащий 4096 бит информации. Длительность сверхцикла соответственно составит 2 мс, а частота следования 0,5 кГц. Цикл, не содержащий сигнала цикловой синхронизации, используют также для передачи элементарной информации, могущей выполнять функции «посредника», в частности на сетевых стыках. Другими словами, он обеспечивает передачу информации о неисправностях на стороне абонента или оператора сети при помощи так называемых Sa битов. Таким образом, он помогает выяснить, кто отвечает за поиск неисправности или кто несет материальную ответственность в случае ее появления. Если для мониторинга системы передачи использовать NFAS, то биты от Sa5 до Sa8 используются в составе сверхцикла для передачи короткого 4-битового сигнала контроля первичных мультиплексоров. Биты Sa могут применяться для передачи команд от АТС до сетевых абонентских стыков. Их можно также использовать для передачи сигналов аварии от первичных мультиплексоров до коммутационного узла в случае полного выхода из строя оборудования (например, пропадания электропитания). Скорость передачи бит Sa равна 4 кбит/с. Другой функцией NFAS является организация аварийной сигнализации.

МСЭ-Т определяет два типа сигналов аварии. Биты SA3 служат для передачи так называемой «срочной» аварийной сигнализации (индикация аварии удаленной станции или RDI). Биты SA4 служат для передачи несрочной аварийной (или предупредительной) сигнализации. Если дальнейшая передача невозможна, то есть коэффициент ошибки группового сигнала превышает величину 10^{-3} , выходят из строя кодеки или блоки питания, или входящий сигнал E1 (2048 Мбит/с) выходит из синхронизма, то бит SA3 в ряде систем передачи устанавливается в положение «0». Однако

следует помнить, что позиция указанного бита, не нормируется, и для некоторых систем передачи и ЦЭАТС авария передается «1».

«Несрочная» аварийная или предаварийная сигнализация передается в случае превышения коэффициентом ошибок величины 10^{-6} . Существующие технические требования на отечественное оборудование систем передачи обозначают предаварийное состояние оборудования при величине коэффициента ошибок, равной 10^{-5} . Следует учитывать, что уровень коэффициента ошибок, установленный для предаварийной сигнализации, может быть изменен при помощи системы управления мультиплексора. При превышении установленного уровня каналы, по которым передаются большие объемы цифровой информации или компрессированные телефонные каналы (например, в системах мобильной связи), отключаются или переключаются на резервные.

Передача информации по цифровым каналам и трактам.

Гибкие мультиплексоры. Структурная схема системы передачи 2 Мбит/с. Сигналы 2 Мбит/с передаются по металлическим кабелям, оптическим волокнам, радиорелейным и спутниковым линиям. В отличие от мультиплексоров, типы функциональных узлов линейного оборудования систем передачи зависят от выбранного метода передачи. На рис. 5 показаны два наиболее распространенных варианта построения систем передачи ИКМ-30. На верхнем рисунке показана стандартная система, включающая в себя мультиплексоры, оконечное оборудование линейного тракта и регенераторы. Такой метод мультиплексирования и передачи сигнала может найти применение в магистральных сетях (например, в сетях СЦИ). В нижней части рисунка показан первичный мультиплексор, входящий в состав ЦСИО (ISDN).

В случае передачи цифрового сигнала на значительные расстояния, в состав системы передачи включаются регенераторы. Их функцией является восстановление амплитуды, формы и временных соотношений сигнала, передаваемого по линии с затуханием, лежащим в пределах от 0 до 40 дБ.

При построении линии связи на базе медных кабелей электропитание регенераторов организуется дистанционно с оконечного линейного оборудования. Регенераторы должны быть прозрачными для всех передаваемых посылок, включая нули, в отличие от оконечного мультиплексного оборудования и узлов тактовой синхронизации. Если участок регенерации входит в линию, не проходящую через ЦЭАТС, то узел тактовой синхронизации регенератора выделяет хранирующий сигнал из группового сигнала, поступающего от оконечного оборудования.

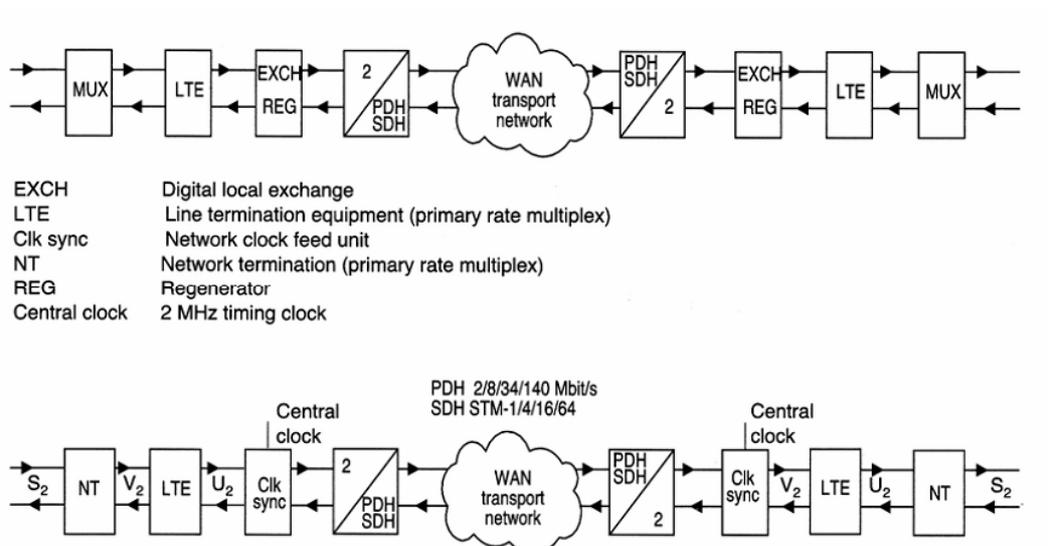


Рис.5:Линия передачи сигнала 2 Мбит/с

EXCH ЦЭАТС

LTE Оконечное линейное оборудование

Clk sync Узел тактовой синхронизации

NT Сетевой терминал(первичный мультиплексор)

REG Регенератор

Central clock Генератор сигналов тактовой синхронизации 2МГц

Конверторы сигнализации(на рисунке не показаны) необходимы для приема и передачи сигналов управления и взаимодействия аналоговых АТС и оконечного оборудования. Обычно они входят в состав мультиплексоров. По мере повсеместного внедрения ЦЭАТС необходимость в них падает.

Основные операционные параметры и аварийные состояния индицируются на лицевой панели мультиплексора при помощи светодиодных индикаторов и одновременно транслируются на компьютер системы контроля и управления.

Цифровой поток, поступающий на демультиплексор оконечного оборудования, в процессе установки соединения маркируется 7-символьным кодовым словом, входящим в состав цикла группового сигнала. После обнаружения указанного кодового слова можно отсчитать следующие 265 бит, то есть полный цикл, и синхросылка обнаруживается, если второй бит последующего кодового слова (цикла, не содержащего синхросигнала) будет представлять собой «1». В этом случае вторая кодовая комбинация цикловой синхронизации будет обнаружена после прохождения еще 256 бит. При четырёхкратном обнаружении циклового синхросигнала система входит в синхронизм, и можно реализовать процедуру контроля по CRC-4. (См. ниже). Кодовые слова цикловой синхронизации и CRC постоянно отслеживаются в процессе передачи.

Как уже говорилось ранее, выход мультиплексора из синхронизма может произойти, если цикловая синхросылка не будет принята четыре раза подряд. То же самое может произойти, если более чем 914 отсчетов CRC-4 из тех 1000, которые производятся в течение 1 секунды, не совпадут с исходными. Если коэффициент ошибок при приёме циклового синхросигнала поднимется до величины 10^{-3} , на удаленный конец линии будет передан сигнал аварии.

Аналогично производится синхронизация нетипового мультиплексорного оборудования, такого, как, например, NTPRA или генератора сигнала тактовой синхронизации 2 МГц при работе оконечного оборудования в ведомом режиме.

Оборудование гибкого мультиплексирования

В течение последних лет в мире резко возросла потребность в новых видах услуг связи, в частности, в низко-, средне- и высокоскоростных каналах

передачи данных при условии оптимального использования пропускной способности цифровых каналов и трактов. Для организации трансляции видеосигналов, высококачественного радиовещания или других видов сигналов передачи данных корпоративных клиентов, требуются каналы ПДИ со скоростью передачи 64 кбит/с и $64 \times n$ кбит/с. Эти каналы могут вводиться непосредственно в первичный цифровой поток 2 Мбит/с. Если их скорость передачи меньше 64 кбит/с, но кратна 8 кбит/с, такие сигналы могут вводиться в любой канальный интервал группового сигнала ИКМ-30 методом синхронного ввода. В этом случае в канальном интервале занимает от одного до восьми тактовых интервалов в зависимости от скорости передачи абонентского сигнала. В случае передачи цифровых сигналов со скоростями, равными $64 \times n$ кбит/с, они будут занимать канальных интервалов. Аналогично при передаче сигналов ЦСИО занимает 2 целых КИ и несколько (от 2 до 4) бит в третьем КИ. Аппаратура ПДИ в этом случае синхронизируется сигналами, поступающими от группового оборудования. Структура группового сигнала может гибко изменяться в соответствии с командами управления режимом мультиплексирования.

Обязательным требованием к аппаратуре данной категории является то, что гибкие мультиплексоры должны работать в рамках существующей сети наряду с обычным оборудованием ИКМ-30. С другой стороны, они должны оснащаться широкой номенклатурой абонентских интерфейсов, обеспечивающих ввод различных цифровых и аналоговых абонентских сигналов и аналого-цифровое преобразование последних как при помощи ИКМ, так и АДИКМ. Другим аспектом использования гибких мультиплексоров является необходимость передачи данных со скоростями, не кратными 8 кбит/с. Мультиплексирование таких сигналов возможно только путем их асинхронного ввода в групповой сигнал.

В этом случае необходимость уравнивания скоростей приводит к неполному использованию пропускной способности каждого канального

интервала, однако, его пропускная способность безусловно будет превышать возможности передачи данных по аналоговым каналам ТЧ при помощи модемов.

Функцией гибких мультиплексоров является также обеспечение работы коммутационных станций различных типов в рамках интегральной цифровой сети. Другими словами, мультиплексоры играют роль конвертеров сигнализации. И, наконец, возможности гибких мультиплексоров позволяют ставить мультиплексорное оборудование не только в терминальный, но и в транзитный режим. В этом случае на каждом периферийном пункте, оснащенный указанным оборудованием, возможен ввод и вывод ряда аналоговых или цифровых каналов. Возможность гибкого изменения структуры цикла при неизменности методов цикловой и сверхцикловой синхронизации и работы сервисных подсистем позволяет обеспечить работу групповых трактов в режиме организации конференц-связи, передачи сигналов оповещения, трансляции вещания и т. п., а также кросс-коннект каналов при совместной работе ряда мультиплексоров в рамках одного периферийного пункта или сетевого узла.

В силу перечисленных преимуществ гибких мультиплексоров их можно считать наиболее перспективной категорией оборудования формирования первичного группового сигнала, позволяющего строить распределительные системы передачи, обеспечивающие оперативное изменение абонентской емкости каждого узла и номенклатуры абонентских сигналов. В этом случае сеть широкополосного цифрового доступа может строиться на основе гибких мультиплексоров, размещаемых на ее узлах.

ТЕМА VII. КАНАЛЫ СВЯЗИ И ИХ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Точное математическое описание любого реального канала связи обычно весьма сложное. Вместо этого используют упрощенные математические модели, которые позволяют выявить важнейшие

закономерности реального канала. Рассмотрим наиболее простые и широко используемые связи модели каналов.

Непрерывные каналы. Идеальный канал без помех вносит искажения, связанные с изменением амплитуды и временного положения сигнала и представляет собой линейную цепь с постоянной передаточной функцией, обычно сосредоточенной в ограниченной полосе частот. Допустимы любые входные сигналы, спектр которых лежит в определенной полосе частот ΔF , имеющие ограниченную среднюю мощность P_{cp} . Эта модель используется для описания каналов малой протяженности с закрытым распространением сигналов (кабель, провод, волновод, световод и т. д.).

Канал с гауссовским белым шумом представляет собой идеальный канал, в котором на сигнал накладывается помеха:

$$U(t) = \mu \cdot S(t - \tau) + n(t) \quad (1.4)$$

Коэффициент передачи μ и запаздывание τ считаются постоянными и известными в точке приема; $n(t)$ – аддитивная помеха. Такая модель, например, соответствует радиоканалам, с приемо-передающими антеннами работающими и находящимися в пределах прямой видимости.

Гауссовский канал с неопределенной фазой сигнала

Эта модель отличается от предыдущей модели тем, что в ней запаздывание является случайной величиной. Для узкополосных сигналов выражение (1.4) при постоянном μ и случайных τ можно представить в виде:

$$U(t) = \mu \cdot [S(t) \cdot \cos \Theta - \tilde{S}(t) \cdot \sin \Theta] + n(t) \quad (1.5)$$

где $\tilde{S}(t)$ – преобразование Гильберта от сигнала $S(t)$; $\Theta = -\omega_0 \tau$ – случайная фаза.

Распределение вероятностей Θ предполагается заданным, чаще всего равномерным на интервале от 0 до 2π . Эта модель удовлетворительно

описывает те же каналы, что и предыдущая, если фаза сигнала в них флуктуирует. Флуктуации фазы обычно вызываются небольшими изменениями протяженности канала, свойств среды, в которой проходит сигнал, а также фазовой нестабильностью опорных генераторов.

Дискретно-непрерывные каналы. Дискретно-непрерывный канал имеет дискретный вход и непрерывный выход. Примером такого канала является канал, образованный совокупностью технических средств между выходом кодера канала и входом демодулятора. Для его описания необходимо знать алфавит входных символов $x_i, i = 1, 2, 3 \dots m$, вероятности появления символов алфавита $p(x_i)$, полосу пропускания непрерывного канала $F_{\text{НК}}$, входящего в рассматриваемый канал и плотности распределения вероятностей (ПРВ)

$w\left(\frac{U(t)}{x_i}\right)$, появления сигнала $U(t)$ на выходе канала при условии, что передавался символ x_i .

Зная вероятности $p(x_i)$ и ПРВ $w\left(\frac{U(t)}{x_i}\right)$, по формуле Байеса можно найти апостериорные вероятности передачи символа :

$$p\left(\frac{x_i}{U(t)}\right) = \frac{p(x_i) \cdot w\left(\frac{U(t)}{x_i}\right)}{\sum_{i=1}^m p(x_i) \cdot w\left(\frac{U(t)}{x_i}\right)}$$

Решение о переданном символе обычно принимается из условия максимума

$$p\left(\frac{x_i}{U(t)}\right)$$

Дискретные каналы. Примером дискретного канала без памяти может служить m -ичный канал. Канал передачи полностью описывается если заданы алфавит источника $x_i, i = 1, 2, 3 \dots m$, вероятности появления символов алфавита $p(x_i)$, скорость передачи символов V_N , алфавит получателя y_j, j

$=1,2,3,\dots,n$ и значения переходных вероятностей $P\left(\frac{y_j}{x_i}\right)$ появления символа y_j при условии передачи символа x_i .

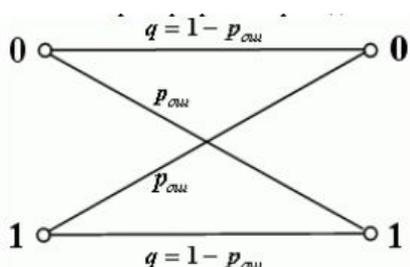
Первые две характеристики определяются свойствами источника сообщений, скорость V_N – полосой пропускания непрерывного канала, входящего в состав дискретного. Объем алфавита выходных символов зависит от алгоритма работы решающей схемы; переходные вероятности $P\left(\frac{y_j}{x_i}\right)$ находятся на основе анализа характеристик непрерывного канала.

Стационарным называется дискретный канал, в котором переходные вероятности $P\left(\frac{y_j}{x_i}\right)$ не зависят от времени.

Дискретный канал называется каналом без памяти, если переходные вероятности $P\left(\frac{y_j}{x_i}\right)$ не зависят от того, какие символы передавались и принимались ранее.

В качестве примера рассмотрим двоичный канал (рис. 1.). В этом случае, т.е. на входе канала алфавит источника и алфавит получателя состоит из двух символов «0» и «1».

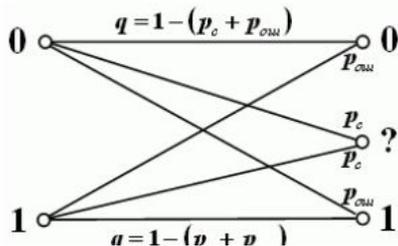
рис. 1



Стационарный двоичный канал называется симметричным, если алфавиты на входе и выходе совпадают. Каждый переданный кодовый символ может быть принят ошибочно с фиксированной вероятностью и правильно с вероятностью .

Необходимо отметить, что в общем случае в дискретном канале объемы алфавитов входных и выходных символов могут не совпадать. Примером может быть канал со стиранием (рис. 2). Алфавит на его выходе содержит один добавочный символ по сравнению с алфавитом на входе. Этот добавочный символ (символ стирания «») появляется на выходе канала тогда, когда анализируемый сигнал не удается отождествить ни с одним из передаваемых символов. Стирание символов при применении соответствующего помехоустойчивого кода позволяет повысить помехоустойчивость.

рис. 2



Большинство реальных каналов имеют «память», которая проявляется в том, что вероятность ошибки в очередном символе зависит от того, какие символы передавались до него и как они были приняты. Первый факт обусловлен межсимвольными искажениями, являющимися результатом рассеяния сигнала в канале, а второй – изменением отношения сигнал-шум в канале или характера помех.

В постоянном симметричном канале без памяти условная вероятность ошибочного приема ()-го, символа если -й символ принят ошибочно, равна безусловной вероятности ошибки. В канале с памятью она может быть больше или меньше этой величины.

Наиболее простой моделью двоичного канала с памятью является марковская модель, которая задается матрицей переходных вероятностей:

$$P = \begin{bmatrix} 1-p_1 & p_1 \\ p_2 & 1-p_2 \end{bmatrix},$$

где p_1 – условная вероятность принять (0) -й символ ошибочно, если (1) -й принят правильно; p_2 – условная вероятность принять (1) -й символ правильно, если (0) -й принят правильно; $1-p_1$ – условная вероятность принять (0) -й символ правильно, если (0) -й принят ошибочно; $1-p_2$ – условная вероятность принять (1) -й символ правильно, если (1) -й принят ошибочно.

Безусловная (средняя) вероятность ошибки в рассматриваемом канале должна удовлетворять уравнению:

$$P\left(\frac{x_{i+1}}{x_i}\right) = p_2 \cdot P_{\text{ош}}(x_i) + p_1 \cdot P_{\text{прав}}(x_i) \quad \text{или}$$

$$P\left(\frac{x_{i+1}}{x_i}\right) = \frac{p_1}{1+p_1+p_2}.$$

Данная модель имеет достоинство – простоту использования, не всегда адекватно воспроизводит свойства реальных каналов. Большую точность позволяет получить модель Гильберта для дискретного канала с памятью. В такой модели канал может находиться в двух состояниях S_0 и S_1 . В состоянии S_0 ошибок не происходит; в состоянии S_1 ошибки возникают независимо с вероятностью p . Также считаются известными вероятности перехода из состояния S_0 в S_1 и вероятности перехода из состояния S_1 в состояние S_0 . В этом случае простую марковскую цепь образует не последовательность ошибок, а последовательность переходов.

ТЕМА IX. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Сегодня, функционирование и развитие любого современного производства невозможно без использования автоматизированных систем управления (АСУ) и средств связи. В последнее десятилетие идет широкое внедрение

вычислительной техники и средств передачи данных, обеспечивающих обмен информацией между вычислительными центрами и объектами АСУ.

Построение распределенных вычислительных сетей (РВС) связано с решением вопросов организации сбора, хранения, обработки и автоматической передачи больших объемов информации. Достоверность информации является одной из важнейших характеристик, определяющих качество информационного обмена. Таким образом, система передачи данных является важнейшей частью территориально-распределенных АСУ и информационно-вычислительных сетей, определяет их эффективность и качество функционирования в целом.

Подавляющее большинство современных территориально-распределенных АСУ использует каналы связи Минсвязи РФ. К сожалению, инфраструктура существующих распределенных сетей связи Российской Федерации во многом устарела и нуждается в неотложной модернизации. Это объясняется тем, что до 1992 года на капиталовложения в их развитие направлялось лишь 0,15 % валового национального продукта. Существующие сети связи характеризуются слабой развитостью каналов междугородной, межрегиональной и международной связи, низкой пропускной способностью отдельных участков магистральных каналов и недостаточным развитием каналов связи между отдельными регионами.

Наиболее распространена в нашей стране телефонная сеть общего пользования (ТфОП). Максимально возможная скорость соединения аппаратуры передачи данных (АПД) на ней составляет от 33600 до 57600 бит/с, а реально устойчивая работа идет на скоростях не выше 14400 бит/с. Это связано с тем, что в этой сети преобладает аналоговое коммутационное и каналообразующее оборудование.

Существуют также распределенные вычислительные сети, построенные на основе выделенных аналоговых и цифровых каналов. Цифровые междугородные каналы еще слабо внедрены в существующую сеть, поэтому ее основу составляют аналоговые каналы. В аналоговых сетях применяется

такая же АПД, как и на ТфОП, за исключением того, что возможно использование 4-проводных модемов. В отличие от ТфОП на выделенных каналах реальная скорость соединения колеблется от 19200 до 31200 бит/с. Кроме того, использование выделенных каналов позволяет снизить затраты на междугородную передачу данных.

Для организаций, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга (в пределах города), целесообразно использовать прямые провода. На сегодняшний день существует АПД, которая позволяет работать на скоростях от 64 Кбит/с до 6 Мбит/с на расстоянии нескольких километров. По стоимости она соизмерима с модемами для телефонных каналов, что делает этот вид связи очень перспективным.

Мобильная связь имеет ограниченное применение в РВС, так как при этом возникают проблемы, связанные с распространением радиоволн: затухание сигнала, перерывы, из-за переключения с одной частоты на другую при переходе из одной сотовой зоны в другую. Перечисленное выше ограничивает скорость передачи данных 4800 бит/с.

Использование технологии ISDN дает абоненту возможность работать со скоростями от 64 Кбит/с. Но на сегодняшний день этот вид связи имеет ограниченное распространение на территории России из-за высокой стоимости оборудования и трафика.

Самые высокие показатели качества и скорости передаваемой информации имеют волоконно-оптические линии связи (ВОЛС), так как в них используется отличная от медного кабеля среда распространения, что позволяет работать на них со скоростями в несколько Гбит/с. При многих преимуществах ВОЛС имеет главный недостаток - высокую стоимость прокладки кабеля (для Москвы от 5000 до 6000 \$/км).

Если организация не имеет проложенного кабеля и стоимость его прокладки очень высока, возможно использование радиосвязи или спутниковой связи. Радиоканал позволяет передавать данные со скоростями от 64 Кбит/с до 2,048 Мбит/с. Организация спутникового канала достаточно дорога. Прежде

всего это стоимость оборудования (десятки тысяч долларов), а также повременная оплата канала связи, составляющая для спутников Inmarsat от 4 \$/мин (для аналогового канала, скорость до 9600 бит/с) до 10 \$/мин (для цифрового канала, скорость 64 Кбит/с).

Из вышесказанного следует, что модернизация существующих сетей связи требует значительных капиталовложений и не может носить революционный характер. Поэтому актуальность проблемы использования существующих средств связи, с учетом развивающихся информационных технологий, постоянно возрастает. Это особенно характерно для России со сложившейся структурой аналоговых кабельных сетей, с устаревшим парком связного оборудования, с сотнями тысяч километров кабельных сетей.

Особенностью российских сетей связи является достаточно развитая сеть аналоговых каналов, а их замена на цифровые каналы не представляется реальной в ближайшие 5 - 10 лет в связи с экономическим кризисом в стране. Поэтому построение глобальных корпоративных вычислительных сетей на основе существующих аналоговых каналов делает проблему исследования качества передачи данных по таким каналам особенно актуальной.

Теоретическим и экспериментальным исследованиям среды передачи данных РВС посвящены многие работы. Вместе с тем, практика подтверждает потребность в проведении дальнейших исследований, направленных на разработку способов оценки каналов тональной частоты (ТЧ), предназначенных для передачи данных в АСУ. Данная проблема особенно актуальна на этапе формирования канала.

Одним из методов контроля каналов передачи данных является контроль по вторичным статистическим характеристикам - статистике ошибок в последовательности дискретных элементов и блоках информации с учетом зависимого характера их искажения [1].

Для оценки неизвестной вероятности используется, как правило, коэффициент ошибок по единичным элементам (кодовым комбинациям). Однако его применение целесообразно лишь на каналах с распределением

ошибок, близким к независимому. Оценка состояния каналов, характеризующихся группированием ошибок элементов (что приводит к взаимосвязи искажений передаваемых блоков информации) при использовании указанного метода становится явно неадекватной и ведет к значительным ошибкам контроля. Поэтому применимость этого метода ограничивается периодом квазистационарности состояния канала связи.

Состояние канала оценивается вероятностью положительного исхода события (ошибка элемента, искажение кодовой комбинации или блока информации), а задача контроля может быть сведена к задаче проверки статистических гипотез относительно неизвестной вероятности, что позволяет характеризовать достоверность контроля вероятностями ошибок первого и второго рода.

Основной проблемой этого метода оценки канала является выбор минимально возможной длины контрольной передаваемой последовательности, а также времени проведения испытаний.

Длина контрольной последовательности выбирается исходя из конкретных условий работы (тип АПД, ее скорость) методом последовательного анализа. Длительность передачи, согласно рекомендациям МККТТ, должна составлять не менее 15 минут. Временем для испытания выбирается час наибольшей нагрузки.

Преимущество этого метода контроля заключается в том, что не требуется никакой измерительной аппаратуры, а весь контроль можно осуществить с помощью АПД и специального комплекса программ. Кроме того, этот метод подходит для контроля любых видов каналов (радиоканалов, каналов, образованных кабельными линиями связи.). С помощью этого метода можно предсказывать поведение канала, и эта оценка аналогична для каналов, образованных различными системами передачи.

Другой метод контроля - это контроль первичных статистических характеристик каналов тональной частоты (дрожание фазы, амплитудно-

частотная характеристика, групповое время прохождения и другие) с помощью измерительной аппаратуры.

В общем случае этот метод можно реализовать в трех вариантах:

Автоматический контроль состояния каналов ТЧ без вмешательства человека в процессе эксплуатации по одной или нескольким первичным статистическим характеристикам.

Оценка скорости каналов передачи данных по первичным статистическим характеристикам.

Оценка качества передачи данных по первичным статистическим характеристикам.

В первом варианте аппаратура для контроля располагается на междугородных станциях. Например, автоматический контроль канала связи в процессе его эксплуатации по одному из параметров осуществляется по остаточному затуханию или уровню помех. В случае превышения или занижения этих характеристик автоматически выдается заключение, что канал неисправен. К сожалению, этот вариант не позволяет оценить скорость и качество работы АПД.

Один из способов реализации второго варианта был предложен фирмой Аналитик-ТС [2]. Ею также было проведено исследование таких каналов на предмет влияния их на передачу данных, в результате чего был обобщен опыт оценки возможной скорости, при известных первичных статистических характеристиках.

Одна из работ по оценке качества каналов передачи данных по первичным статистическим характеристикам (третий вариант) была выполнена в ВНИИ прикладных автоматизированных систем [3]. В ней исследовались различные модели модемов, работающих со скоростями до 19200 бит/с. Результатом исследований были рекомендации по оценке работоспособности модемов для передачи данных по выделенным каналам.

В целом метод контроля и оценки выделенных каналов по первичным статистическим характеристикам имеет свои недостатки:

с помощью измеренных характеристик нельзя достоверно предсказать, как будет вести себя АПД при работе на этом канале;

отсутствие оперативности, так как для измерения характеристик требуется значительное время и для этого надо прервать работу АПД.

К преимуществам метода можно отнести следующее:

возможность определить причину возникновения ошибок и устранить ее;

он позволяет, сняв первичные статистические характеристики и сопоставив их со способом передачи данных (вид модуляции, входные и выходные уровни АПД, чувствительность этой аппаратуры), сделать вывод о том, что можно ожидать от данного канала передачи данных (с какой скоростью на этом канале может работать АПД, какова будет устойчивость работы, вероятность появления ошибки). Следует подчеркнуть, что для каждого типа канала (спутниковые, радио, радиорелейные, кабельные) методика предсказания будет отличаться, так как у них различается среда распространения, а значит, и параметры, влияющие на качество передачи данных.

Таким образом, лучшим методом контроля каналов тональной частоты можно считать контроль по первичным статистическим характеристикам. Этот метод хорош как на этапе предварительной организации канала, так и в процессе эксплуатации канала передачи данных, но с обязательным контролем по вторичным статистическим характеристикам.