

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное образовательное бюджетное
учреждение высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

Н. А. Борисова

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

**Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий**

СПб ГУТ)))

**Санкт-Петербург
2014**

УДК 621.391(075.8)
ББК 32.88я73
Б82

Рецензент
главный научный сотрудник ЛО ЦНИИС,
доктор технических наук
Н. А. Соколов

*Рекомендовано к печати
редакционно-издательским советом СПбГУТ*

Борисова, Н. А.
Б82 Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей : учебно-методическое пособие по проведению практических занятий / Н. А. Борисова ; СПбГУТ. – СПб., 2014. – 84 с.

Принципы построения инфокоммуникационных систем и сетей рассматриваются в контексте эволюции устройств и сетей, а также процесса постепенного освоения частотного диапазона. В качестве учебно-наглядного комплекса используется историческая экспозиция и современная инфокоммуникационная сеть Центрального музея связи имени А. С. Попова. Практические занятия проходят в музее и представляют собой комплекс из четырех учебных блоков, первые два больше связаны с телекоммуникационной составляющей, два вторых – с инфокоммуникационной.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов вузов по направлению подготовки специальности 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». Будет полезно обучаемым и по другим специальностям – всем, кто хочет систематизировать свои знания по инфокоммуникационным технологиям.

**УДК 621.391(075.8)
ББК 32.88я73**

© Борисова Н. А., 2014
© Федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего профессионального
образования «Санкт-Петербургский государственный
университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем	6
1.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы.....	6
1.1.1. Телекоммуникационная и информационная составляющие в современных инфокоммуникационных системах.....	6
1.1.2. Обобщенная структурная схема системы электросвязи и преобразование сигналов различной физической природы в электрический сигнал.....	7
1.1.3. Унификация сетей связи в рамках ЕАСС и ВСС РФ – важный шаг на пути к универсализации связи и интеграционным процессам.....	12
1.1.4. Цифровизация – технологическая основа создания цифровых систем передачи и первых систем интегрального обслуживания.....	16
1.1.5. Модель телекоммуникационной системы, рекомендованная МСЭ-Т.....	20
1.1.6. Сети следующего поколения NGN и сети будущего FN.....	24
Контрольные вопросы.....	26
1.2. Порядок проведения практического занятия.....	27
1.3. Методические указания по работе с маршрутным листом.....	28
2. Эволюционное освоение частотного диапазона и проблемы радиочастотного обеспечения современных ИКТ	34
2.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы.....	34
2.1.1. Эволюция проводной связи как история освоения частотного диапазона.....	34
2.1.2. Эволюция беспроводной связи как история освоения частотного диапазона.....	40
2.1.3. Регулирующая деятельность международных и национальных организаций.....	45
2.1.4. Проблемы радиочастотного обеспечения современных ИКТ.....	47
Контрольные вопросы.....	51
2.2. Порядок проведения практического занятия.....	52
2.3. Методические указания по выполнению заданий.....	53
3. Принципы построения инфокоммуникационных сетей на примере музейной сети связи	57
3.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы.....	57
3.1.1. Общие сведения о музейной инфокоммуникационной системе.....	57

3.1.2. Оборудование передачи данных.....	59
3.1.3. Серверное оборудование.....	62
3.1.4. Оборудование телефонии.....	63
3.1.5. Структурированная кабельная система.....	65
3.1.6. Электропитание и заземление.....	66
Контрольные вопросы.....	66
3.2. Порядок проведения практического занятия.....	67
3.3. Методические указания по выполнению заданий.....	68
4. Анализ и разработка технических решений доступа к музейной сети связи.....	72
4.1. Порядок проведения практического занятия.....	72
4.2. Практические задания и методические рекомендации по их выполнению.....	72
4.2.1. Цифровая телефония в музейной экспозиции.....	72
4.2.2. WEB-таксофонная связь в музейной экспозиции.....	76
4.2.3. IP-телефония в музейной экспозиции.....	78
4.2.4. RFID-метки в инвентаризации музейной экспозиции.....	80
Список литературы.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Практические занятия по дисциплине «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» организуются с целью систематизации, углубления, закрепления и практического осмысления полученных на лекционных занятиях теоретических знаний, и формирования на этой основе первоначальных практических умений анализировать и синтезировать технические решения в области систем и сетей связи, что необходимо для последующей профессиональной деятельности обучаемых. Методические указания составлены на основе программы дисциплины «Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей» в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки бакалавров по специальности 11.03.02 «Информационные технологии и системы связи».

Практические занятия проводятся в Центральном музее связи имени А. С. Попова, экспозиция и инфокоммуникационная сеть (ИКС) которого в данном случае являются практическим учебно-наглядным комплексом, иллюстрирующим эволюцию принципов построения систем и сетей электро-связи, а также принципы построения современных инфокоммуникационных сетей. Музейная ИКС построена с использованием ряда современных телекоммуникационных и информационных технологий и применяется в большей степени для технологической поддержки экспозиции и в меньшей степени – для решения административных и офисных задач.

Основная цель практических занятий в музее – придать профессионально-инженерную направленность знаниям студентов. Знакомство с техническими средствами, представленными в исторической и современной части музейной экспозиции, позволит по-новому осмыслить объект изучения и задуматься о типовых принципах построения инфокоммуникационных систем и сетей, закономерностях их развития. Все, что представлено в музее, хоть и берет начало в далеком прошлом, но в ряде вопросов не потеряло актуальность и по сей день. Знакомство с реальным оборудованием дает возможность трансформировать теоретические знания в практическое понимание основ построения инфокоммуникационных систем и сетей и способствует развитию аналитических, проектировочных, конструктивных умений у будущих бакалавров.

Учебно-методическое пособие представлено комплексом из четырех двухчасовых практических занятий. Первые два занятия больше связаны с телекоммуникационной составляющей ИКС, два вторых – с инфокоммуникационной.

Для каждого практического занятия определены: тема, цель, теоретический минимум, контрольные вопросы, содержание и порядок организации учебного процесса, методические рекомендации по выполнению, форма представления отчета.

1. ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

1.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы

1.1.1. Телекоммуникационная и информационная составляющие в современных инфокоммуникационных системах

Современные инфокоммуникации представляют собой технологическую систему, содержащую две составляющие – телекоммуникационную и информационную. Телекоммуникации, олицетворяющие собой средства доставки различной информации (*речь, видео, данные*) с помощью электрических сигналов, являются транспортной основой современной инфокоммуникационной системы. Образованные такими средствами сетевые структуры в соответствии с отечественной терминологией ранее назывались сетями электросвязи (в настоящее время – телекоммуникационными системами), в отличие от информационных (информационно-вычислительных, компьютерных) сетей, основу которых составляли средства хранения, обработки и поиска данных.

В прошлом телекоммуникационные и информационные технологии развивались практически самостоятельно. Судить о том, какая из этих составляющих имеет более давнюю историю, сложно. Все зависит от того, что брать за точку отсчета. Например, для информационных технологий (ИТ), в качестве ранней точки отсчета можно рассматривать первые попытки древнего человека делать счетные зарубки, а в качестве самой поздней – появление вычислительной техники и первого программного обеспечения, после чего дальнейшее развитие ИТ стало непосредственно связано с развитием компьютерного аппаратно-программного обеспечения. Информационные сети (как комплекс технических средств) появились позднее телекоммуникационных технологий. Они начали создаваться в середине XX в. с целью объединения друг с другом первых вычислительных машин (больших ЭВМ) и назывались информационно-вычислительными сетями (ИВС). Для транспортировки данных в ИВС использовались специально организованные каналы передачи данных, сначала на основе типовых каналов и трактов телефонных и телеграфных сетей, а затем на основе специализированных сетей передачи данных (СПД). По сути, ИВС представляли собой объединение вычислительных устройств и средств электросвязи. В отличие от традиционных сетей электросвязи, построенных на основе коммутации каналов (КК), в ИВС использовали другие методы – коммутацию сообщений (КС) и коммутацию пакетов (КП). Таким образом, развитие передачи данных как отдельного вида электросвязи в первую очередь было связано с применением больших ЭВМ. Далее, по мере развития вычислительной техники и появления сначала малых ЭВМ, потом персональных компьютеров,

с целью оперативного обмена информацией стали создаваться небольшие локальные вычислительные сети (ЛВС); потом в них начали использовать серверы – специализированные мощные компьютеры, к ресурсам которых имели доступ многие пользователи. Круг задач, решаемых компьютерными сетями, постоянно расширялся, что повышало специфичные требования к ним и способствовало появлению новых сетевых компьютерных технологий, систем управления базами данных (СУБД) и т. п. Таким образом, на непродолжительный срок пути развития телекоммуникационных и информационных сетей разошлись. Со временем, когда возникла необходимость в объединении разрозненных информационных сетей, находящихся на большом расстоянии друг от друга, появился Интернет (*inter* – между, *net* – сеть), который, по сути, стал «сетью сетей», так как объединил множество локальных сетей в глобальную сеть. Начав с передачи данных, Интернет освоил *IP*-телефонию и оказался способным составить конкуренцию традиционным телефонным сетям.

Слияние информационных сетей с телекоммуникационными – результат процесса конвергенции, начавшегося в 1990-х гг., и продолжающегося по сей день. В качестве инфокоммуникационной инфраструктуры глобального информационного общества в наши дни рассматриваются сети NGN. С одной стороны, их архитектура имеет не так много общего как с традиционными сетями электросвязи, так и с информационными сетями. С другой стороны, принципы построения NGN возникли не на пустом месте, а стали итогом многолетней эволюции телекоммуникационных и информационных сетей. Рассматривать эту эволюцию представляется целесообразным в контексте появления различных видов электрической связи, отличительным элементом которых является оконечное (терминальное) оборудование, такое как телеграф, телефон, радиоприемник, телевизор и т. п.

1.1.2. Обобщенная структурная схема системы электросвязи и преобразование сигналов различной физической природы в электрический сигнал

Передаваемая информация может быть представлена в различных формах, которые принято называть сообщениями. Физиологические способности человека определяют возможность восприятия им информации через посредство звука (речи, акустического сигнала и т. п.), неподвижного или подвижного изображения (светового сигнала) или в виде знаков некоторого алфавита. Сообщения формируются в одном из указанных видов и классифицируются соответствующим образом (речевые, звуковые, графические, видео, текстовые и т. д.). Наиболее удобным для восприятия человеком и передачи на расстояние является свет (оптические сообщения), а также звук (звуковые сообщения). Поэтому в доэлектрическую эру для

передачи информации на расстояние люди пользовались кострами и факелами, барабанной дробью и рупорами.

Передача сообщений сводится к их переносу в пространстве из одной точки в другую. Осуществляется такая доставка может двумя способами. Первый способ предполагает доставку сообщений посредством транспортных средств (*почтовая связь*), второй – с помощью электрических сигналов (*электросвязь*). С помощью электрического тока передаются сообщения звуковые (*речь, музыка*) и оптические, как в форме неподвижных объектов (*рисунков, фотографий, чертежей, текстов, газетных полос и т. п.*), так и в форме подвижных изображений (*видео*). Кроме звуковых и оптических сообщений передаче посредством электрического тока подлежат *данные* – закодированные слова, цифры, алгоритмы и т. п. Электрический сигнал удобно использовать в качестве переносчика сообщения в силу того, что его параметры можно менять в соответствии с законом изменения информационного параметра сообщения. Этот процесс называется модуляцией и используется в любой системе электросвязи – в передатчике осуществляется модуляция, в приемнике – демодуляция.

Обобщенная структурная схема системы электросвязи одинакова для передачи любых видов сообщений. *Передатчик, канал связи, приемник* – вот основные элементы телеграфных, телефонных систем связи, радиосвязи и радиовещания, телевидения, если рассматривать коммуникационный процесс в терминах прямой связи между отправителем и получателем сообщения. Электрические сигналы, отображающие сообщение (например, звук, оптическое изображение, текст) при помощи передатчика преобразуются в электрические сигналы, характеристики которых хорошо согласуются с характеристиками канала связи. В состав канала связи входят различные технические устройства и среда распространения сигнала. В процессе передачи электрический сигнал подвергается помехам. Средой распространения электрического сигнала могут быть искусственные сооружения (проводные линии связи), или открытое пространство. И в том, и другом случае сообщение передается посредством распространения электромагнитных волн. В приемном устройстве электрические сигналы обратно преобразуются в сигналы сообщения в виде звука, оптической или текстовой информации

Каждый новый вид связи, открываемый человеком, вносил свои особенности в структурную схему системы электросвязи. Прежде всего эти особенности проявлялись в оконечных (терминальных) устройствах, предназначенных для преобразования сигналов различной физической природы в электрический сигнал (в передатчике) и обратного преобразования (в приемнике).

При передаче звука на передающем конце происходит преобразование звуковых (акустических) колебаний в электрические. С этой целью в элек-

тросвязи используются микрофоны, различные по принципу действия и конструкции. Наиболее известными являются угольные микрофоны и электродинамические. В угольных микрофонах под воздействием звукового давления на мембрану меняется плотность угольного порошка; соответственно, меняется сопротивление электрическому току. В результате величина тока в цепи точно повторяет закон изменения звукового давления, действующего на мембрану. В электродинамическом микрофоне используется явление электромагнитной индукции. Катушка, находящаяся в поле постоянного магнита, колеблется вместе с соединенной с ней диафрагмой, на которую воздействует звуковое давление. Изменение напряжения, возникающего при этом на зажимах катушки, соответствует звуковым колебаниям. Обратный процесс преобразования электрического сигнала в звук осуществляется на приемной стороне либо в телефоне, либо в громкоговорителе. Существуют различные типы громкоговорителей, что объясняется условиями их применения и, соответственно, различными техническими требованиями. Одни из них используются в бытовой аппаратуре звукового вещания (встроенные в эфирные радиоприемники динамики, звуковые колонки), другие – в концертных залах, третьи – для озвучивания площадей, стадионов и т. п. Любой громкоговоритель имеет элемент, реагирующий на изменение электрического тока или напряжения звуковой частоты. Этот элемент, в конечном счете, вызывает механические колебания звуковой частоты – звук.

Микрофон и телефон конструктивно объединены в микротелефонную трубку, являющуюся составной частью телефонного аппарата. Имеются сотни модификаций телефонных аппаратов, отличающихся типами микротелефонов, принципами набора номера, конструктивным исполнением и т. п. Для осуществления телефонной связи, кроме телефонного аппарата, необходим телефонный канал связи. Канал связи состоит из технических средств, осуществляющих преобразование и усиление электрического сигнала, соединение (коммутацию) соответствующих участков линий связи, и среды распространения.

Для реализации звукового вещания кроме микрофона (передатчика) и громкоговорителя (приемника) также необходим канал связи. Канал звукового вещания – односторонней направленности и беспроводной – на первый взгляд представляется совершенно иным, чем телефонный. Тем не менее, в его составе есть технические средства аналогичные тем, что применяются при организации телефонной связи. Главное отличие – это односторонний характер связи (от одного – к многим), а также наличие передающей и приемной антенн.

Оптические сообщения, передаваемые по системам электросвязи, представляют собой подвижные или неподвижные изображения. Неподвижные изображения, с целью преобразования оптического сигнала в

электрический, наносятся на специальные носители (бумагу, пленку и др.). Информационным параметром неподвижных изображений является коэффициент отражения, определяемый как отношение светового потока, отраженного от участка изображения, к потоку, падающему на этот участок. Для преобразования неподвижных изображений в электрический сигнал используют фотоэлементы и фотоэлектронные умножители. Пример устройства, предназначенного для передачи неподвижных изображений – факсимильный аппарат. Передача газет, как вид электросвязи, является разновидностью факсимильной связи и не имеет отличий в схемной реализации. При передаче подвижных изображений используются аналогичные физические принципы с той лишь разницей, что существенно выше скорость считывания светового потока с элементарных участков изображения (скорость развертки). Для преобразования подвижных изображений в электрический сигнал используют специальные приборы – передающие электронно-лучевые трубки, например, видикон. На приемном конце для преобразования электрического сигнала в оптический в случае неподвижного изображения используют, как правило, различного рода пишущие устройства. Подвижные изображения можно восстанавливать посредством специальных приемных электронно-лучевых трубок – кинескопов – в которых применяется свойство люминофоров светиться под действием падающего на них потока электронов. В телевизоре конструктивно объединены преобразователь высокочастотного радиосигнала в низкочастотный (информационный) видеосигнал и кинескоп. В современных телевизорах с жидкокристаллическими и плазменными экранами применяются иные механизмы преобразования электрических сигналов в оптические.

Система телевизионного вещания, как и система радиовещания, строилась как широкопередаточная (от одного к многим). Отличительной чертой системы телевидения является наличие двух самостоятельных каналов – одного для видеоизображения, другого – для звукового сопровождения.

Свои особенности имеют оконечные устройства, предназначенные для передачи данных. Термином «данные» обозначается информация представленная в виде, пригодном как для обработки (хранения), так и для передачи букв, цифр, символов. Прежде, чем их подвергнуть преобразованию в электрические посылки (импульсы), предназначенные для передачи в канал связи, необходимо осуществить процесс кодирования и распределения элементов кодовой комбинации во времени. На приемной стороне осуществляется обратная процедура, состоящая из следующих этапов: последовательный поэлементный прием сигнала, в результате чего электрические импульсы преобразуются в элементы кодовой комбинации; накопление (запоминание) элементов комбинации, в результате чего восстанавливается кодовая комбинация; декодирование комбинации, т. е. определение знака, соответствующего принятой комбинации, печать знака на бумаге.

Первыми оконечными (терминальными) устройствами передачи данных принято считать телеграфные, которые использовались для обмена сообщений в виде закодированных телеграфных посылок. Наиболее известным в наши дни оконечным устройством передачи данных является компьютер.

Как упоминалось выше, обобщенная структурная схема системы электросвязи одинакова для передачи любых видов сообщений, когда речь идет о прямом соединении отправителя и получателя сообщения. Эта схема представляет самую простую сетевую структуру «точка – точка» («каждый с каждым»), но ее использование оправдано для соединения буквально нескольких источников сообщений. Поэтому уже на заре развития первых видов электрической связи стали применять коммутаторы и строить сети, на основе переключаемых коммуникационных звеньев, обеспечивающих возможность соединения между многими оконечными устройствами. В электросвязи использовали два вида сетевых структур: в телеграфной и телефонной связи – коммутируемую (двустороннюю) конфигурацию, в радиовещании и телевещании – ширококвещательную (одностороннюю) конфигурацию. В коммутируемой сети каждый абонент по своей собственной линии соединяется с коммутатором. Коммутатор действует (и на прием, и на передачу) как посредник, соединяя два оконечных устройства (например, телефонные аппараты) либо напрямую, либо через другие коммутаторы, связанные соединительными линиями. При использовании ширококвещательной конфигурации среда используется всеми оконечными устройствами совместно, и отправляемые сообщения принимаются всеми терминалами (например, эфирными радиоприемниками или телевизорами).

Таким образом, разнородность форм представления информации и разновременность открытия способов их доставки посредством электрических сигналов стала источником существования в течение многих лет различных видов электросвязи (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Виды электросвязи						
Передача звуковых сообщений		Передача неподвижных изображений			Передача подвижных изображений	Передача закодированных сообщений между ЭВМ
Звуковое вещание	Телефонная связь	Телеграфная связь	Факсимильная связь	Передача газет	Телевизионное вещание	Передача данных

В советское время классификация по виду передаваемых сообщений сетей электросвязи, предоставляющих услуги населению и организациям,

была закреплена в государственных нормативных документах. Структура таких сетей, как было отмечено выше, выбиралась в соответствии с особенностями передачи и распределения потоков сообщений, характерными для конкретного вида электросвязи.

Такая разобщенность отрицательно сказывалась на развитии электросвязи и удовлетворении потребностей в ней как населения и организаций, так и целых ведомств. Стационарная телефонная связь для населения долгие годы входила в разряд дефицитных услуг. Ведомства находили выход в том, что строили собственные сети. В нашей стране это вылилось в создание большого количества новых, изолированных друг от друга ведомственных сетей со своим оборудованием и обслуживающим персоналом. Так появились телефонные сети железнодорожников, металлургов, нефтяников, промышленных объединений и многие другие. В итоге к 1960-м гг. в нашей стране сложилась ситуация, когда при большом количестве связанного оборудования эффективность его использования в масштабах страны была низкой.

1.1.3. Унификация сетей связи в рамках ЕАСС и ВСС РФ – важный шаг на пути к универсализации связи и интеграционным процессам

Опыт эксплуатации сетей электросвязи, накопленный к началу 1960-х гг. не только в нашей стране, но и за рубежом, свидетельствовал в пользу эффективности объединения сетей. Чем мощнее сеть, чем больше пучки каналов и крупнее узлы и станции, тем она более эффективна, процесс передачи сообщений дешевле.

Для объединения сетей к тому времени сложился ряд объективных предпосылок. Во-первых, многие разнородные сети передавали свои сигналы в совпадающих географических направлениях. Во-вторых, к тому времени, когда необходимость объединения сетей назрела, Международным союзом электросвязи (МСЭ) была уже проделана большая работа по унификации методов преобразования, как аналоговых электрических сигналов (введены понятия «стандартный телефонный канал 300–3400 Гц», «типовые каналы и тракты»), так и цифровых (введено понятие «основной цифровой канал 64 кбит/с», разработана цифровая иерархия).

Ядром организационно-технического объединения сетей за рубежом стало образование либо фирменных сетей, как, например, в США, где компания АТ&Т (до демонополизации) обеспечивала почти 80 % связи страны, либо общегосударственных сетей, как например в Англии, Франции, ФРГ, СССР.

Первым шагом в направлении объединения разнородных сетей в СССР стало решение, принятое в середине 1960-х гг., о создании Единой автоматизированной сети связи (ЕАСС), которая должна была объединить все существующие в нашей стране сети независимо от вида связи, или их

ведомственной принадлежности. На первом этапе объединили однородные сети внутри каждого вида электросвязи и создали общегосударственные сети: телефонной связи (ОГСТфС), телеграфной связи (ОГСТгС), передачи данных (ОГСПД), распределения телевизионных программ (ОГСРТП), распределения программ звукового вещания (ОГСРПЗВ). Предполагалось, что в дальнейшем могут появиться и другие общегосударственные сети. В ЕАСС также были включены существующие ведомственные сети связи (кроме систем связи по управлению внутрипроизводственными технологическими процессами). Согласно ЕАСС, ведомственные сети имели право на существование, когда специальные требования отдельных министерств и ведомств (по надежности, условиям эксплуатации, структуре сети и др.) не могли быть удовлетворены общегосударственными сетями. Однако при этом необходимо было обеспечить их организационно-техническое единство с общегосударственными сетями.

На втором этапе сети различных видов объединили в единую систему с целью совместного использования технических средств систем передачи. Была создана так называемая *первичная сеть* – единая сеть каналов и трактов, рассредоточенных по территории нашей страны, и составивших «скелет» ЕАСС. Первичная сеть ЕАСС создавалась с учетом необходимости удовлетворения требований, предъявляемых различными сетями связи (телефонных, телеграфных, передачи данных, телевизионного и звукового вещания и других). Это был очень важный шаг в направлении универсализации сети и интеграционных процессов, которые стали бурно развиваться в последующие годы.

На начальном этапе развития ЕАСС основным *типовым каналом* был аналоговый канал тональной частоты (ТЧ) с полосой пропускания 300–3400 Гц. На основе канала ТЧ в первичной сети методом частотного уплотнения создавались *типовые групповые тракты (сетевые тракты)*: первичный (12 каналов ТЧ, полоса частот 60–108 кГц), вторичный (60 каналов ТЧ, полоса частот 312–552 кГц), третичный (300 каналов ТЧ, полоса частот 812–2044 кГц), четверичный (900 каналов ТЧ, полоса частот 8,5–12,4 МГц). В полосе частот всех этих групп можно было образовывать широкополосные каналы для передачи других видов информации: звукового вещания с полосой до 15 кГц, факсимильной передачи газетных полос в пункты децентрализованного печатания с полосой до 240 кГц, сигналов телевидения и звукового сопровождения в полосе 0,05–6000 кГц. Ко времени создания ЕАСС в нашей стране уже появились кабельные цифровые системы передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), такие, как ИКМ-12, ИКМ-30, ИКМ-120 и ИКМ-480, в которых аналоговый сигнал ТЧ с использованием ИКМ преобразовывался в основной цифровой канал (ОЦК) со скоростью 64 кбит/с с последующим объединением в потоки 2,048; 8,448 и 34,368 Мбит/с. На базе канала ТЧ предусматривалась организация дискретных каналов на скоро-

сти от 50 до 200 бит для телеграфной сети и низкоскоростной сети передачи данных ПД-200 и каналов от 600 до 9600 бит/с для передачи информации с помощью модемов по арендованным каналам ТЧ.

Структура первичной сети ЕАСС учитывала административное деление страны на зоны. Признаком зоны являлась единая 7-значная нумерация. Как правило, зоны совпадают с территориями областей. В соответствии с этим делением первичная сеть ЕАСС включала в себя: местные первичные сети (МСП), ограниченные территорией города или сельского района; внутризональные первичные сети (ВЗПС), охватывающие территорию зоны и обеспечивающие соединение местных сетей внутри зоны; магистральные первичные сети (СМП), соединяющие зональные сети. При этом каждая первичная сеть имела свои сетевые узлы, сетевые станции и каналы передачи. К первичным сетям связи было отнесено каналообразующее оборудование и линейно-технические сооружения кабельных линий связи, использующие симметричный, коаксиальный и волоконно-оптический кабель, а также беспроводные линии связи (радиорелейные и спутниковые).

Элементы в составе ЕАСС, обеспечивающие передачу сообщений от отправителей к получателям, стали называться *вторичными сетями* ЕАСС. В отличие от первичной сети, являющейся коллективным ресурсом, построенным на основе универсальных типовых каналов передачи и сетевых трактов, вторичные сети были специализированными. К ним относились такие сети, как телефонная, телеграфная, передачи данных, факсимильная, передачи газет, звукового вещания, телевизионного вещания. В состав каждой из вторичных сетей ЕАСС входили: оконечные абонентские установки, индивидуальные абонентские линии, коммутационные устройства (станции), каналы связи, образованные на базе первичной сети.

Работа по созданию сети ЕАСС к началу перестройки (конец 1980-х – начало 1990-х гг.) не была завершена и прекратилась в связи с распадом СССР и началом экономической реформы. Структура ЕАСС в связи с разрушением территориальной целостности страны, по существу, также оказалась разрушенной, правда не столько в техническом, сколько в экономическом и юридическом плане. Но администрации стран СНГ сумели в определенной степени сохранить взаимосвязь своих сетей и нашли пути взаимодействия в рамках созданного Регионального содружества в области связи (РСС).

Преемником проекта ЕАСС в новых геополитических и экономических условиях в России стал проект развития Взаимоувязанной сети связи Российской Федерации (ВСС РФ), утвержденный в 1995 г. и действовавший в течение почти 10 лет (до начала 2000-х гг.). Организационно ВСС стала позиционироваться как совокупность взаимоувязанных сетей электросвязи, находящихся в ведении различных операторов связи как юридических лиц, имеющих право предоставлять услуги электросвязи. К сетям

связи общего пользования были отнесены сети телефонной, документальной электросвязи и сети распределения программ теле- и радиовещания, к ведомственным сетям – сети электросвязи министерств, ведомств, федеральных органов исполнительной власти, промышленных объединений и предприятий, создаваемые для обеспечения производственных и специальных нужд и имеющие выход на сети связи общего пользования. Более четко в концепции ВСС (по сравнению с ЕАСС) был определен статус сетей связи для нужд обороны, безопасности и охраны правопорядка в РФ. В частности, было зафиксировано, что они создаются на базе каналов сетей связи общего пользования и ведомственных сетей, предоставляемых спецпотребителям на арендной основе.

Несмотря на то, что ВСС РФ являлась более современной (аналого-цифровой) сетью электросвязи, в отличие от ЕАСС (в основном, аналоговой), их структурные модели (архитектуры) были практически идентичны и носили иерархический характер, являющийся следствием дифференциации систем (служб) электросвязи в зависимости от видов услуг, предоставляемых пользователям (рис. 1.1).

Первый уровень модели – *универсальная первичная сеть* передачи, предоставляющая некоммутируемые каналы передачи для вторичных сетей. К этому уровню относится оборудование многоканальных систем передачи (каналообразующее и каналовыделяющее), среда передачи (линейно-кабельное оборудование, симметричные кабели, коаксиальные кабели, волоконно-оптические кабели, оборудование спутниковых систем и радиорелейных линий).

Второй уровень – *вторичные сети*, т. е. коммутируемые и некоммутируемые сети связи (телефонные, радиовещательные, документальной электросвязи и др.). Состав оборудования этих сетей в течение длительного времени менялся, но не революционными темпами. Это можно видеть на примере автоматических телефонных станций (АТС). В нашей стране массовая автоматизация телефонных сетей началась в 1929 г. пуском в эксплуатацию первой машинной АТС. В 1947 г. было принято решение о разработке и внедрении декадно-шаговых АТС (АТСДШ). Следующим этапом развития (с 1957 г.) стало производство более совершенных и удобных в эксплуатации координатных АТС (АТСК). Первые квазиэлектронные АТС,

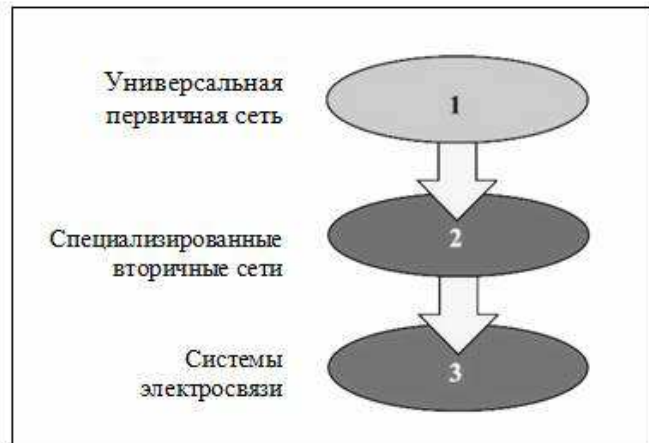


Рис. 1.1. Иерархическая трехуровневая модель ВСС РФ

в которых отказались от традиционных электромеханических коммутационных элементов, стали выпускаться в нашей стране с начала 1970-х гг. В это же время за рубежом стали внедряться первые электронные (цифровые) АТС, в которых (в отличие от квазиэлектронных) коммутация и управление были полностью цифровыми.

Третий уровень – это системы электросвязи или службы электросвязи, представляющие пользователям конкретные услуги связи и включающие в себя ряд дополнительных элементов, например, таких как подсистемы нумерации, сигнализации и т. п. Под службой электросвязи (*service* или *telecommunication service*) понимают совокупность аппаратных и программных средств, терминалов, линий и каналов, используемых администрацией сети электросвязи для предоставления услуг пользователям. Следует отметить, что службы электросвязи (услуги) и сеть электросвязи – это разные понятия. Например для оказания услуги передачи данных использовались сначала некоммутируемые каналы, телефонная сеть и сеть телекс, и только потом начали создавать специализированные сети ПД (с целью достижения более высокого качества ПД).

Телефонная связь, документальная связь (передача данных, телеграфная связь, передача газет), распределение программ телевизионного и звукового вещания – все эти системы электросвязи общего пользования вошли в структуру ВСС как самостоятельные единицы. Процессы интеграции, выразившиеся в объединении систем передачи в универсальную первичную сеть, их, практически, не затронули. Поэтому на модели, представленной на рис. 1.1, вторичные сети названы специализированными.

Деспециализация вторичных сетей происходила постепенно, во многом благодаря цифровизации. Одновременно с этими процессами создавались предпосылки к глубоким структурным изменениям и переходу к плоскостной модели «транспорт–доступ», рекомендованной МСЭ (пп. 1.1.5).

1.1.4. Цифровизация – технологическая основа создания цифровых систем передачи и первых систем интегрального обслуживания

По своей природе многие сигналы (телефонные, факсимильные, телевизионные) являются аналоговыми (непрерывными по уровню и времени) В ходе эволюции систем электросвязи вместо аналоговых (непрерывных) сигналов для передачи и распределения информации все чаще стали применяться цифровые (дискретные) сигналы, которые до этого использовались преимущественно в системах обработки информации (ЭВМ, АСУ и т. п.). Процесс перехода с аналоговой формы представления информации на цифровую был назван цифровизацией.

Переход на цифровые технологии передачи и распределения информации оказал огромное влияние на развитие связи, что обусловлено рядом причин. Во-первых, цифровой сигнал позволил создать помехоустойчивую

связь, поскольку сигнал «0» и сигнал «1» легко регенерировать (восстанавливать), не в пример искаженному помехами аналоговому сигналу. Во-вторых, цифровизация дала возможность использовать дискретную логику, микросхемы и т. д., что способствовало и продолжает способствовать миниатюризации оборудования связи в целом. В-третьих, применение унифицированной цифровой элементной базы позволило строить функциональные узлы систем передачи и систем коммутации на единых организационно-технических принципах. Предпосылок к созданию универсальных систем передачи, коммутации и других элементов связи было много: переносчиком сообщений различной физической природы являлся электрический ток, процессы передачи сообщений имели одинаковые этапы (преобразование сообщения в электрический сигнал, модуляция, усиление), системы различных видов связи содержали много одинаковых элементов (преобразователи частоты, фильтры, усилители и т. д.).

Под цифровизацией в широком смысле понимается процесс внедрения цифровых систем передачи (ЦСП) – на уровне первичных сетей, средств коммутации и управления, обеспечивающих передачу и распределение потоков информации в цифровом виде – на уровне вторичных сетей. Процесс цифровизации в перечисленном оборудовании не был одновременным.

Применять цифровые методы к обработке и передаче аналоговых сигналов в системах передачи стали раньше, чем в системах коммутации, и произошло это в середине XX в. Был использован принцип аналого-цифрового преобразования (АЦП) на основе импульсно-кодовой модуляции (ИКМ), основанный на дискретизации аналогового сигнала во времени, квантовании по уровню (амплитуде) и кодировании.

ЦСП строились по иерархическому принципу. В рекомендациях МСЭ представлено два типа иерархий ЦСП: плезиохронная цифровая иерархия (англ. *PDH* – Plesiochronous Digital Hierarchy) применялась в первых ЦСП на базе ИКМ, начиная с 1960-х гг.) и синхронная цифровая иерархия (англ. *SDH* – Synchronous Digital Hierarchy) применялась в более позднем оборудовании транспортных сетей. Иерархический принцип заключался в том, что число каналов ЦСП, соответствующее данной ступени иерархии, было больше числа каналов ЦСП предыдущей ступени в целое число раз, т. е. последующий уровень строился на основе n числа каналов предыдущего уровня.

Для плезиохронных ЦСП первичным сигналом являлся цифровой поток со скоростью передачи 64 кбит/с, называемый основным цифровым каналом (ОЦК). Первичный цифровой канал $E1$ обеспечивал скорость передачи 2048 кбит/с, объединяя 32 канала ОЦК (из них 30 – для передачи информации, 1 – для цикловой синхронизации, 1 – для сигнализации). Кроме того, различали: вторичный цифровой канал $E2$ (120 каналов ОЦК для передачи информации, скорость передачи 8448 кбит/с), третичный цифровой

канал *E3* (480 каналов ОЦК для передачи информации, скорость передачи 34368 кбит/с) и четверичный цифровой канал *E4* (1920 каналов ОЦК для передачи информации, скорость передачи 139246 кбит/с). В ЦСП для передачи нескольких цифровых потоков по одной линии связи применялось временное мультиплексирование (временное объединение/разделение каналов). Для получения второй ступени иерархии *E2* необходимо было объединить 4 *E1*, для получения третьей ступени иерархии *E3* необходимо было объединить 4 *E2*, для получения четвертой ступени иерархии *E4* необходимо было объединить 4 *E3*.

В стандарте SDH все уровни скоростей (и соответственно, форматы кадров для этих уровней) имеют общее название: Synchronous Transport Module level N (STM-N). Поддерживаемая технологией SDH иерархия скоростей: 155,520 Мбит/с (STM-1); 466,560 Мбит/с (STM-3); 622,080 Мбит/с (STM-4); 933,120 Мбит/с (STM-6); 1,244 Гбит/с (STM-8); 1,866 Гбит/с (STM-12); 2,448 Гбит/с (STM-16). Схемы мультиплексирования SDH гибкие и предоставляют разнообразные возможности по объединению пользовательских потоков PDH. Например, для кадра STM-1 можно реализовать такие варианты: 1 поток *E4*; 63 потока *E1*; 1 поток *E3* и 42 потока *E1*.

Таким образом динамика развития в направлении цифровизации прежде всего оказалась связана с созданием и совершенствованием транспортных технологий плезиохронной и синхронной цифровых иерархий. Причем, если PDH была ориентирована на передачу речи (каналы ОЦК), а первые поколения оборудования SDH на транспортирование информационных структур PDH, то более позднее оборудование SDH позволяло транспортировать в том числе и данные, предварительно размещаемые в ячейках ATM и кадрах Ethernet. Таким образом, с появлением в 1960-х гг. первых цифровых систем передачи на базе ИКМ начала создаваться единая транспортная среда для первичных сетей, предназначенная для передачи разных видов связи. Насущной проблемой оставалась цифровизация процессов коммутации и интеграция предоставляемых услуг. Так назрела объективная необходимость объединения на каждом сетевом узле (станции) коммутационных систем различных видов связи в интегрированные системы распределения разнородной информации. Одновременно начались работы по поиску возможностей предоставления всех видов связи пользователю по одной абонентской линии (АЛ), так как с ростом числа сервисов связи стала ясна нецелесообразность прокладки пользователю нескольких специализированных АЛ (телефонной, ПД, кабельного телевидения и др.). Значительный прогресс в этом направлении наметился в 1970-х гг., когда были достигнуты успехи в разработке теории цифровых методов передачи, обработки и распределения информации, а также в создании соответствующей элементной базы.

Начало объединению коммутационных систем различных видов связи в интегрированные системы распределения разнородной информации положили цифровые сети с интеграцией обслуживания ЦСНО (англ. Integrated Services Digital Network ISDN). В конце 1970-х гг. с развитием информационных технологий у пользователей стали формироваться потребности в расширении набора предоставляемых им услуг. Кроме традиционных услуг телефонной связи востребованными стали услуги передачи данных и телематических служб. В начале 1980-х гг. появилась идея интеграции услуг связи на уровне доступа с доведением цифрового потока до абонентской установки. В реализации такой интеграции были заинтересованы как абоненты, так и операторы связи. Абонентам это позволяло уменьшить число абонентских линий доступа к услугам, следовательно, и эксплуатационные расходы. Операторы связи предполагали, что возможности универсального доступа к услугам привлекут новых абонентов как делового, так и квартирного сектора.

Привлекательность ISDN заключалась в возможности одновременного обмена речью, текстом, данными и подвижным изображением по стандартным аналоговым телефонным линиям с более высокими скоростями передачи, чем у обычных модемов. Отличительными особенностями ISDN стали: сигнализация по общему каналу между АТС, канал сигнализации между абонентом и АТС и доступ к сети ISDN с двумя одновременно используемыми каналами передачи речи и данных. Разработка и стандартизация концепции интеграции сетей доступа была завершена МСЭ-Т в середине 1980-х гг., после чего началось строительство ISDN. В начале 1990-х гг. практически все экономически развитые страны мира уже эксплуатировали ISDN, которые стали называть узкополосными в отличие от широкополосных, позволяющих достичь еще более высокого использования ресурсов сети. В основу концепции широкополосных ISDN была положена технология АТМ (Asynchronous Transfer mode), позволяющая обеспечить высокоскоростную коммутацию и передачу информационных потоков самых различных видов (речь, аудио и видео, данные и т. д.) с гарантированным качеством. Предполагалось, что будет создана однородная транспортная инфраструктура распределения информации от терминалов любых служб, работающих со скоростями от 64 кбит/с до 150 Мбит/с. Но в конце 1980-х гг. к этому проекту потеряли интерес и разработчики в МСЭ, и производители телекоммуникационного оборудования, так как обширные маркетинговые исследования засвидетельствовали отсутствие достаточного спроса на универсальные широкополосные услуги со стороны потребителей. С середины 1990-х гг. стало меняться представление о способах построения широкополосных сетей связи, а также наметился переход от концепции создания массовых универсальных служб к услугам и приложениям, удовлетворяющим потребности отдельных групп и категорий поль-

зователей. К оборудованию связи стали предъявляться более жесткие требования по персонализации поддерживаемых услуг. Отсутствие персонализации стало причиной того, что для потребителей услуг связи и общества в целом цифровая революция, начавшаяся во всем мире в 1960-х гг. и закончившаяся в конце 1980-х гг., прошла практически незамеченной.

Для специалистов переход преимущественно на цифровые технологии передачи и распределения информации обусловил значительные изменения в системно-техническом облике и архитектуре сетей связи во всем мире. Это, в свою очередь, привело к дальнейшему развитию теории и практики построения телекоммуникационных систем (сетей).

1.1.5. Модель телекоммуникационной системы, рекомендованная МСЭ-Т

Иерархическая модель и соответствующая терминология, включающая понятия первичной и вторичной сети, была разработана и применялась в нашей стране сначала в рамках ЕАСС, потом в ВСС вплоть до 2004 г. В течение нескольких десятков лет эта модель достоверно отображала архитектуру телекоммуникационных сетей соответствующего этапа развития, для которого была характерна дифференциация сетей по виду связи и преобладание аналогового оборудования. На западе, где цифровизация оборудования практически завершилась к концу 1970-х – началу 1980-х гг., интеграционные сетевые процессы начались намного раньше, чем в нашей стране. Поэтому иерархическая сетевая структура для зарубежной связи не имела смысла, и там для анализа телекоммуникационной системы любого вида использовали модель «доступ – транспорт», предложенную МСЭ.

Переход от аналоговой аппаратуры к цифровой, происходящий в нашей стране позднее, чем в западных, промышленно развитых странах, положил начало постепенному переходу от иерархической модели МСЭ-Т к плоскостной (планарной), именуемой «доступ – транспорт».

На рис. 1.2 показана эволюция архитектуры сети от трехуровневой модели к плоскостной. Транспортной является та часть сети связи, которая выполняет функции переноса (транспортирования) потоков сообщений от их источников из одной сети доступа к получателям сообщений другой сети доступа путем распределения этих потоков между сетями доступа. Сетью доступа сети связи является та ее часть, которая связывает источник (приемник) сообщений с узлом доступа, являющимся граничным между сетью доступа и транспортной сетью.

В иностранной литературе часто используется другая интерпретация «плоскостной модели» в виде схемы, представленной на рис. 1.3.

В этой модели наименование основной части сети лишено каких-либо качественных признаков и именуется как «сердцевинная» (базовая сеть) сеть. По сути это транспортная (транзитная) сеть, функции которой состо-

ят в установлении соединений между терминалами, включенными в различные сети абонентского доступа, или между терминалом и средствами поддержки каких-либо услуг. Особое внимание следует обратить на то, что и трехуровневая модель, и плоскостная модель, и ее разновидность, представленная на рис. 1.3, являются функциональными и не отражают географические аспекты построения сетей связи. Базовая сеть может покрывать территорию, лежащую как в пределах одного города или села, так и между сетями абонентского доступа двух различных стран. К началу XXI в. базовые (транспортные) сети, как в России, так и за рубежом находились на разных уровнях развития, хотя представление о перспективных технологиях было единое, сформированное МСЭ. Для транспортных сетей перспективным считалось использование в качестве среды передачи оптического волокна, транспортных технологий – системы синхронной цифровой иерархии SDH, спектрального уплотнения WDM, пакетных технологий (ATM, IP, Ethernet).

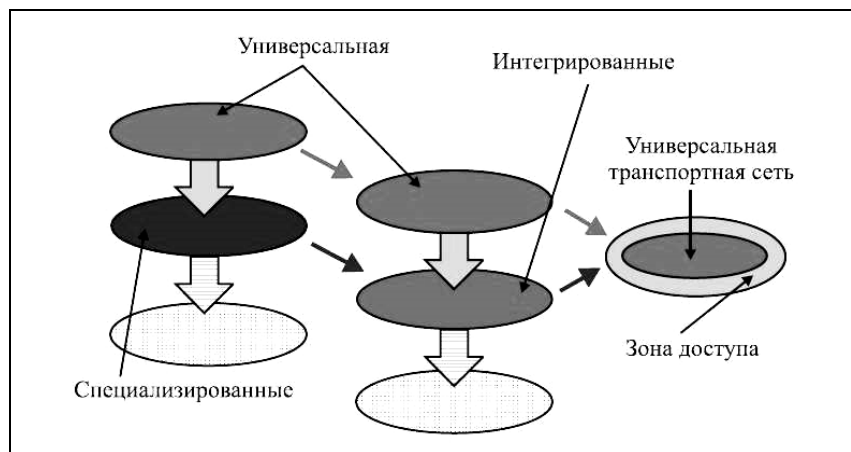


Рис. 1.2. Эволюция от трехуровневой модели ВСС к плоскостной модели МСЭ-Т «доступ-транспорт»

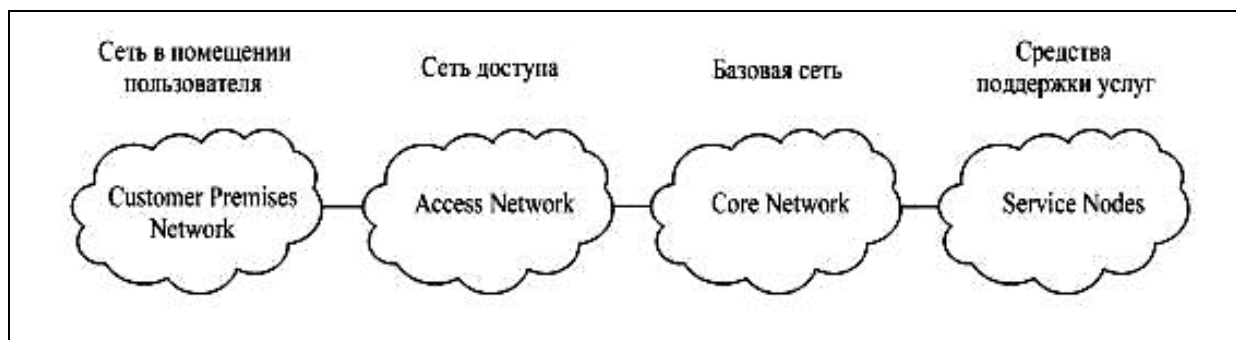


Рис. 1.3. Модель телекоммуникационной системы, предложенная МСЭ

Первый элемент в модели телекоммуникационной системы, представленной на рис. 1.3 – это совокупность оконечного (терминального) и иного

оборудования, которое устанавливается в помещении абонента (пользователя). В англоязычной технической литературе этот элемент соответствует термину Customer Premises Equipment (CPE). В зависимости от того, какая система связи (аналоговая или цифровая) используется, терминальным оборудованием являются телефонные аппараты с импульсным или тональным набором; цифровые телефонные аппараты; многофункциональные аппараты; ПК; факсы; интерфейсные платы; видеокамеры; автоматические датчики из состава контрольно-измерительного оборудования, считыватели RFID меток и другое оборудование.

Второй элемент в модели телекоммуникационной системы, представленной на рис. 1.3 – это сеть абонентского доступа. Ее роль состоит в том, чтобы обеспечить взаимодействие между оборудованием, установленным в помещении абонента, и базовой сетью. Наиболее часто устанавливаемое оборудование в точке сопряжения сети абонентского доступа с базовой сетью – это коммутационная станция. Пространство, покрываемое сетью абонентского доступа, лежит между оборудованием, размещенным в помещении абонента, и этой коммутационной станцией. В ряде случаев сеть абонентского доступа делится на два участка: абонентские линии АЛ (Loop Network), которые рассматриваются как индивидуальные средства подключения терминального оборудования, и сеть переноса (Transfer Network), реализуемую на базе систем передачи с применением устройств концентрации нагрузки. На уровне доступа в конце XX – начале XXI вв. наиболее популярные технологии – это ISDN-доступ, множество разновидностей xDSL, PON; нельзя не упомянуть также модемный низкоскоростной доступ по протоколу dial-up, который в начале XXI в. еще можно было встретить во многих домах не только России, но и за рубежом.

Последний элемент в модели телекоммуникационной системы представленной на рис. 1.3 – это узлы, поддерживающие доступ к различным услугам электросвязи (Service Nodes). Примером таких узлов могут быть рабочие места телефонистов-операторов и серверы, в которых хранится информация.

Революционные достижения последних десятилетий XX в. в области микроэлектроники, вычислительной техники, оптических и квантовых технологий позволили создать принципиально новые устройства обработки, передачи и хранения информации (микросхемы сверхвысокого уровня интеграции, процессоры, запоминающие устройства, и многое др.). Они послужили толчком к стремительному развитию современных ИКТ, совершенствованию средств связи, средств обработки, хранения и распределения информации. Развитие информационных технологий наряду с описанным выше процессом интеграции первичных и вторичных сетей и их эволюцией в направлении создания единой мультисервисной сети с предоставлением широкого спектра услуг потребителям привело к серьезным изменениям

в понимании сущности, методов построения и путей развития сетей, которые стали инфокоммуникационными (ИКС).

Процесс превращения телекоммуникационных сетей в ИКС происходил постепенно на фоне интеллектуализации традиционных сетей, выразившейся в проникновении в связь компьютерных технологий, увеличении доли программируемых компонентов в аппаратуре, возрастании роли программного обеспечения, как в аппаратуре, так и в сети в целом, компьютеризации абонентских терминалов. Развитие информационных технологий на уровне пользователей привело к расширению спектра предоставляемых услуг. При формировании новых услуг (например, таких, как доступ к базам данных или организация видеоконференции) клиентская часть сети размещалась в оборудовании пользователя, а серверная – на специальном выделенном узле сети, называемом узлом служб.

Отличие инфокоммуникационных услуг от услуг традиционных сетей связи наглядно видно, если обратиться к еще одной модели, представляющей собой широко распространенный метод описания сетевых сред. Это так называемые «открытые сети» с семиуровневыми протоколами взаимодействия абонент – сети – абонент. В 1984 г. Международной Организацией по Стандартизации (International Standard Organization, ISO) была разработана модель взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection, OSI). Являясь многоуровневой системой, она отражает взаимодействие программного и аппаратного обеспечения при осуществлении сеанса связи. Большинство инфокоммуникационных услуг оказываются на верхних уровнях модели ВОС (в то время как услуги связи предоставляются на нижних уровнях ВОС: физическом (первом), канальном (втором) и сетевом (третьем) уровне.

Таким образом, к концу XX в., в условиях, когда трафик данных во всем мире стал постоянно превышать голосовой трафик, развитие телекоммуникационных систем пошло по пути конвергенции сетей, конечных устройств пользователей и услуг, что нашло выражение в создании мультисервисных сетей. Для передачи изображений, в том числе телевизионных, интеграции различных видов информации в мультимедийных приложениях, организации связи локальных, городских и территориальных сетей необходимо было внедрять новые технологии, обеспечивающие повышенные скорости передачи информации. К решению задачи глобализации сети посредством мобильной связи (предоставлению услуг связи каждому в любое время и в любом месте) приближали успехи в области микроминиатюризации электронных устройств, снижение их стоимости.

Для нашей страны путь перестройки сетей был непростым: от различных поколений связного оборудования, включающего, например и морально устаревшие декадно-шаговые, координатные АТС, и не столь перспективные (как это казалось ранее) цифровые АТС до пакетных технологий и реализации в сетях мультисервисности.

Оценивая потребности создаваемой глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ), международное сообщество связистов было заинтересовано в построении таких сетей связи, которые бы поддерживали непрерывный контроль процессов обработки вызовов клиента и предоставления услуг по одним и тем же правилам, гарантирующим запрошенный уровень качества обслуживания, независимо от способов транспортировки данных и видов используемого оборудования.

1.1.6. Сети следующего поколения NGN и сети будущего FN

Идеи построения «сетей следующего поколения» (NGN – Next Generation Network) сформировались еще до того, как в 2004 г. МСЭ-Т сформулировал следующее определение NGN: «Сети связи следующего поколения – это всеохватывающее понятие для инфраструктуры, реализующей перспективные услуги, которые в будущем должны быть предложены операторам мобильных и фиксированных сетей одновременно с продолжением поддержки всех существующих на сегодняшний день услуг».

Эволюция телекоммуникационных сетей к NGN осуществлялась, начиная с конца XX в., как со стороны телефонных сетей, так и со стороны сетей передачи данных (в частности, Интернета), являющихся транспортом для информационных сетей. В телефонных сетях решали задачу перехода от передачи речи по сетям с коммутацией каналов, к передаче речи по сетям с коммутацией пакетов. С этой целью в конце 1990-х гг. стали создавать первые программные коммутаторы (Softswitch) как шлюзы между цифровыми АТС и IP-сетями. Эволюция со стороны сетей передачи данных выразилась в попытках решить проблему совместимости разных технологий и стандартов для передачи разнородного трафика в единой транспортной сети на базе IP. Интернет стали рассматривать в качестве альтернативы по отношению к транспортной инфраструктуре телефонной сети, что ознаменовалось появлением IP-телефонии.

По сути, NGN представляет собой результат слияния принципов построения телефонных сетей и сетей передачи данных, воплотивший лучшие черты, свойственные коммутации каналов (высокое качество передачи речи и данных) и коммутации пакетов (повышение эффективности использования канальных ресурсов и соответственно уменьшение стоимости услуг). Вместо принятой в традиционных телефонных сетях концепции каналов, в рамках которой коммутируемые соединения между абонентами строились по принципу «точка–точка», в NGN реализуется переход к идеологии виртуальных частных сетей (VPN), организующих доставку сервисов конечному пользователю поверх протокола IP. Именно поэтому в качестве фундамента NGN принята мультипротокольная/мультисервисная транспортная сеть связи на основе пакетной передачи данных, обеспечивающая перенос разнородного трафика с использованием различных протоколов передачи.

В соответствии с определением МСЭ-Т, сети связи нового поколения (NGN) – это сети с коммутацией пакетов, в которых функции коммутации отделены от функций предоставления услуг, причем они позволяют предоставлять широкий ассортимент услуг, добавлять новые, обеспечивают широкополосный доступ и поддерживают требуемое качество обслуживания QoS. Из этого следует, что транспортная платформа NGN должна являться широкополосной мультисервисной сетью, обеспечивающей передачу любых видов трафика на любое расстояние с требуемым качеством передачи. По сравнению с мультисервисными сетями NGN продвигается дальше по пути отделения транспорта от сервиса. Процесс, начатый отделением сигнализации от речевого канала, в NGN переходит в форму независимости сервиса от транспортной инфраструктуры, т. е. сервис предоставляется независимо от того, какая транспортная сеть доходит до клиента – беспроводная/кабельная/оптическая или какая-то другая, еще не изобретенная.

NGN – это сеть, способная обеспечить обслуживание вида «Triple Play» (данные, голос, видео). Само название Triple Play — это маркетинговый телекоммуникационный термин, описывающий модель, когда пользователям по одному кабелю широкополосного доступа предоставляется одновременно три сервиса – высокоскоростной доступ в Интернет, кабельное телевидение и телефонная связь. Под NGN понимаются разнообразные подходы, решения, оборудование, но все они едины в главном – в эру NGN данные оказываются важнее речи, коммутация пакетов и пакетный трафик оказывается важнее коммутации каналов и речевого трафика. Так уж сложилось, что NGN формируется в значительной мере под воздействием феномена VoIP. Дешевизна транспорта IP при приемлемом качестве изменила рынок междугородной и международной телефонной связи

Идеи, заложенные МСЭ в принципы NGN, находят продолжение в работах 3GPP и концепции IMS. Мультимедийная подсистема IP (IMS) должна стать основой для предоставления разнообразных сервисов, независимо от транспортной инфраструктуры.

На смену NGN уже формируется концепция сетей будущего – Future Networks (FN). В мае 2011 г. МСЭ принял Рекомендацию Y.3001 – первый из серии документов, посвященных FN. Необходимость появления новой концепции вызвана непрерывным изменением требований к телекоммуникационным сетям в связи с появлением принципиально новых приложений, позволяющих дистанционно управлять бытовой и другой техникой («Интернет вещей»), созданием «умных» сетей (smart grids), все более широким использованием «облачных» вычислений – новому воплощению архитектуры клиент-сервер, обеспечивающему единую, хорошо масштабируемую, среду исполнения разнообразного ПО.

NGN и FN близкие концепции, переход к сетям будущего будет носить не революционный, а эволюционный характер. По определению МСЭ, сеть

будущего FN – это глобальная информационная инфраструктура (ГИИ), которая объединит в себе уже существующие ИКТ-сети с учетом компонентов, которые только планируются к внедрению, с единым центром управления ГИИ и способная предоставлять полный спектр телекоммуникационных услуг (в любом географическом месте, с гарантированным качеством, по приемлемой стоимости и в любое время) на базе инновационных технологий. Для этого каждый человек будет иметь возможность получить в FN свой уникальный адрес, по которому он сможет авторизоваться в любой точке мира и получать все нужные ему услуги.

В архитектуре FN условно можно выделить три слоя: «облако», «труба» и «терминалы». Отличительной особенностью новой архитектуры является то, что на уровне приложений и услуг, в «облаке» (Cloud), широко используются информационные технологии, в том числе Cloud Computing – виртуализация хранения данных и программ, дающая возможность их использования непосредственно из общего «облака». Доступ к сложным информационным услугам без необходимости покупки дорогих программ и оборудования, некоторые авторы сравнивают с тем, что люди могут ежедневно использовать электричество, не покупая для этого собственные электростанции и топливо.

Период жизни FN, запланированный в рекомендации Y.3001 порядка 5 лет (2015–2020 гг.). Согласно прогнозам, которые обсуждались в МСЭ, после 2020 г. возможно появление новых сетевых протоколов, более совершенных, чем IP.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте определения телекоммуникационной и информационной составляющих инфокоммуникационной системы?
2. Назовите основные элементы обобщенной структурной схемы системы электросвязи для передачи звуковых сообщений.
3. Назовите основные элементы обобщенной структурной схемы системы электросвязи для передачи оптических сообщений (световых сигналов).
4. Назовите основные элементы обобщенной структурной схемы системы электросвязи для передачи данных.
5. Какие факторы способствовали объединению разнородных сетей, ориентированных на определенный вид связи, в единую сеть?
6. В чем суть концепции ЕАСС?
7. Опишите модель ВСС РФ.
8. В чем отличие первичных сетей связи от вторичных?
9. Приведите примеры оборудования, которое может быть отнесено к первичным сетям.
10. Какое оборудование входит в состав вторичных сетей связи?
11. Какое оборудование входит в состав службы электросвязи?
12. Служба электросвязи и сеть электросвязи – понятия идентичные или разные?

13. Что такое цифровизация сети связи?
14. Могут ли совместно работать в одной телекоммуникационной системе аналоговые и цифровые устройства и сети?
15. В какие сети (первичные или вторичные) раньше начали внедрять цифровые методы и почему?
16. Какие типы цифровых иерархий и в какой последовательности внедрялись в оборудование систем передачи?
17. В чем отличие канала ОЦК от канала *E1*?
18. Какая концепция положила начало объединению коммутационных систем различных видов?
19. В чем отличие узкополосной ISDN от широкополосной?
20. Назовите основные составляющие модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т.
21. В чем отличие модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т, от модели ВСС РФ?
22. Приведите примеры оборудования, которое может быть отнесено к сети в помещении пользователя в контексте модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т?
23. Приведите примеры оборудования, которое может быть отнесено к сети доступа в контексте модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т?
24. Приведите примеры оборудования, которое может быть отнесено к базовой сети в контексте модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т?
25. Что относится к средствам поддержки услуг в контексте модели телекоммуникационной системы, рекомендованной МСЭ-Т?
26. Какое место в телекоммуникационных системах занимает модель взаимосвязи открытых систем (OSI)?
27. Каковы тенденции развития транспортных сетей и сетей доступа в конце XX – начале XXI вв.?
28. Назовите отличительные признаки сети следующего поколения NGN.
29. Какими двумя путями осуществлялась эволюция к NGN со стороны традиционных сетей связи?
30. Назовите отличительные признаки сетей будущего FN.

1.2. Порядок проведения практического занятия

Тема. Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем.

Цели. Посредством знакомства с техническими средствами, демонстрируемыми в исторической и современной части экспозиции Центрального музея связи, формирование у студентов представлений:

а) об эволюции и закономерностях развития телекоммуникационных систем, выразившихся в унификации и универсализации, цифровизации и интеграции оборудования;

б) о месте оборудования различных эпох и времен в соответствующих своему времени моделях телекоммуникационной системы.

Место проведения. Центральный музей связи имени А. С. Попова.

Применяемое оборудование. В рамках данного практического занятия, в качестве учебно-наглядного комплекса используется оборудование, представленное в экспозиции Центрального музея связи имени А. С. Попова.

Длительность. 2 академических часа.

Организация учебного процесса

№	Наименование	Время, акад. ч	Место
1	Перед началом экскурсии по историческим разделам экспозиции и разделу «Современная связь»: а) ответы на вопросы студентов, возникшие при их самостоятельном ознакомлении с теоретическим материалом и контрольными вопросами; б) объяснение студентам цели практического занятия, выдача маршрутного листа с заданиями и изложение порядка работы с маршрутными листами в процессе экскурсии	0,2	Аванзал
2	Экскурсия с параллельным выполнением заданий и заполнением студентами маршрутного листа	1,0	Музейная экспозиция
3	Обсуждение результатов заполнения маршрутного листа. Доработка по результатам обсуждения и формирование студентами окончательной версии маршрутного листа, которая сдается преподавателю	0,8	Компьютерный класс

1.3. Методические указания по работе с маршрутным листом

1. Перед практическим занятием студентам необходимо (обязательно!) ознакомиться с теоретическими сведениями, представленными в п. 1.1., и затем осуществить самопроверку того, насколько усвоен материал, посредством ответа на контрольные вопросы. В самом начале занятия преподаватель ответит на вопросы, вызвавшие у студентов затруднения.

2. Маршрутный лист должен быть подписан с указанием ф. и. о. студента, номера группы, даты (каждое задание отдельно).

3. Темы практических заданий, входящих в маршрутный лист «Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем»:

а) задание № 1. Преобразование сигналов различной физической природы в электрический сигнал;

б) задание № 2. Трехуровневая иерархическая модель ВСС России;

в) задание № 3. Цифровизация устройств и сетей;

г) задание № 4. Модель «Доступ – базовая сеть», рекомендованная МСЭ-Т.

4. Содержание каждого из заданий представлено на соответствующей странице маршрутного листа, которые приведены на рисунках:

а) задание № 1. Маршрутный лист (рис. 1.4);

б) задание № 2. Маршрутный лист (рис. 1.5);

в) задание № 3. Маршрутный лист (рис. 1.6);

г) задание № 4. Маршрутный лист (рис. 1.7).

5. Перед практическим занятием студентам рекомендуется ознакомиться с содержанием практических заданий.

6. Задания № 1, № 2 рассчитаны на последовательное выполнение во время знакомства с оборудованием, представленным в том или ином разделе исторической части экспозиции. Ссылки на экспозиционный зал есть в тексте задания – обращайтесь на них внимание.

7. Задание № 4 должно выполняться во время экскурсии по экспозиционному разделу «Современная связь».

8. Задание № 3 – «Цифровизация устройств и сетей» – носит общий характер и по желанию студентов может выполняться либо по ходу экскурсии, либо на заключительном этапе практического занятия.

ТЕМА. ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

Задание №1

Преобразование сигналов различной физической природы в электрический сигнал

Определите, какой тип преобразований исходного сообщения в электрический сигнал иллюстрируют устройства, представленные в таблице.

- А. Свойства звука и преобразование звукового сигнала в электрический
- Б. Свойства света и преобразование оптического изображения в электрический сигнал
- В. Преобразование данных в электрический сигнал









Экспозиция «Физические основы электросвязи»	Экспозиция «Телеграфная и телефонная связь»	Экспозиция «Радиосвязь», «Радиовещание»
		
А Б В	А Б В	А Б В
		
А Б В	А Б В	А Б В
		
А Б В	А Б В	А Б В
		
А Б В	А Б В	А Б В

Рис. 1.4. Маршрутный лист «Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем». Задание № 1

ТЕМА. ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

Задание №2

Трехуровневая иерархическая модель ВСС России

Определите, к какому уровню трехуровневой иерархической модели ВСС принадлежит представленное оборудование

- А. Системы электросвязи
- Б. Вторичные сети
- В. Первичная сеть







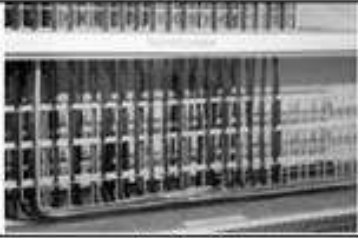

Экспозиция « Телефонные коммутаторы»	Экспозиция «Радиовещание»
 <p style="text-align: center;">А Б В</p>	 <p style="text-align: center;">А Б В</p>
 <p style="text-align: center;">А Б В</p>	 <p style="text-align: center;">А Б В</p>
 <p style="text-align: center;">А Б В</p>	 <p style="text-align: center;">А Б В</p>
 <p style="text-align: center;">А Б В</p>	 <p style="text-align: center;">А Б В</p>

Рис. 1.5. Маршрутный лист «Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем». Задание № 2

Маршрутный лист

ТЕМА. ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

Задание 3

Цифровизация устройств и сетей

Какое из представленного оборудования является аналоговым, а какое цифровым?
(подчеркните выбранный вариант)

		
Аналог / Цифра	Аналог / Цифра	Аналог / Цифра
		
Аналог / Цифра	Аналог / Цифра	Аналог / Цифра
		
Аналог / Цифра	Аналог / Цифра	Аналог / Цифра
		
Аналог / Цифра	Аналог / Цифра	Аналог / Цифра
		
Аналог / Цифра	Аналог / Цифра	Аналог / Цифра

Рис. 1.6. Маршрутный лист «Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем». Задание № 3

ТЕМА. ЭВОЛЮЦИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

Задание 4

Модель «Доступ – Базовая сеть», рекомендованная МСЭ-Т для телекоммуникационной системы

Определите, к какой части модели «Доступ – Базовая сеть» может принадлежать оборудование (или его элементы), демонстрируемые в экспозиции «Современная связь»

- А. Сеть в помещении пользователя
- Б. Сеть доступа
- В. Базовая сеть
- Г. Средства поддержки услуг










		
А Б В Г	А Б В Г	А Б В Г
		
А Б В Г	А Б В Г	А Б В Г
		
А Б В Г	А Б В Г	А Б В Г

Рис. 1.7. Маршрутный лист «Эволюция принципов построения телекоммуникационных систем». Задание № 4

2. ЭВОЛЮЦИОННОЕ ОСВОЕНИЕ ЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА И ПРОБЛЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

2.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы

2.1.1. Эволюция проводной связи как история освоения частотного диапазона

На первом практическом занятии эволюция телекоммуникационных систем была рассмотрена в контексте их развития в течение более полутора веков от простейших структур «передатчик – канал связи – приемник» (индивидуальных для каждого вида связи) до глобальных инфокоммуникационных сетей в виде «облака», мультисервисной «трубы», универсальных «терминалов». Основной акцент в этом укрупненном представлении был сделан на стремлении создателей сетей к повышению эффективности за счет универсализации и интеграции. За строкой такого рассмотрения остались многие параллельно протекавшие, более глубинные процессы, благодаря которым удалось добиться больших успехов в многовековой погоне за скоростью, объемом и доступностью передаваемой информации – движением, преобразующим не только технику, быт, но и экономику, политику, философию, образ жизни и мышления людей. Известный специалист в области проводной связи и историк техники Д. Л. Шарле называл эти глубинные процессы покорением страны «Эль-эф», которая является не страной добрых духов-эльфов, а конкретными физическими понятиями – длины, обозначаемой латинской буквой l (эль), и частоты, обозначаемой буквой f (эф). Вся история электрической связи, по мнению Шарле, – «не что иное, как стремление человечества к покорению страны «Эль-эф», т. е. к преодолению пространства (увеличению дальности l) и к максимально эффективному использованию линий связи».

Эволюционное освоение частотного диапазона соответствует движению вверх по шкале «эф», или движению вперед по классической шкале электромагнитных волн. Особо следует отметить, что в школьной физике, упомянутая шкала, как правило, изучается в контексте распространения электромагнитных волн в атмосфере, т. е. беспроводных видов связи. Не всегда обращается внимание, на то, что переменный электрический ток, передаваемый по проводам, является проявлением действия электромагнитного поля и также занимает соответствующее своей частоте место на шкале.

На первом практическом занятии в процессе рассмотрения обобщенной схемы передачи сообщений было раскрыто содержание устройств преобразования сообщений разного вида в электрические сигналы. Полученные на выходе таких устройств электрические сигналы должны быть пере-

даны телекоммуникационной системой. Что же это за сигналы? Раньше их называли первичными, подчеркивая, что они являются результатом преобразования исходного сообщения в телекоммуникационной системе. С появлением понятий первичной и вторичной сети, чтобы не вносить путаницы, такое название в технике электросвязи, практически, перестали использовать. Сигнал на выходе устройства преобразования сообщения часто называют информационным электрическим, отражая тем самым его сущность по отношению к сообщению (звуковому, оптическому, в виде знаков) или низкочастотным (на контрасте с высокочастотным переносчиком). На последнее название сигналов («низкочастотные») следует обратить особое внимание, так как оно важно с точки зрения понимания принципов построения телекоммуникационных систем, основанных на спектральном представлении сигналов.

Из теории электрических сигналов известно, что все сигналы имеют бесконечно широкий спектр частот, и, чтобы форма сигнала на приеме точно совпала с формой сигнала на передаче, необходимо с помощью телекоммуникационной системы передать весь бесконечный спектр. Сделать это нереально, но самое главное, что в этом нет необходимости. Спектральная плотность сигналов распределена по шкале частот неравномерно, так что основная часть спектра сосредоточена в конечном интервале частот. Поэтому на практике спектр сигнала ограничивают до такой степени, при которой еще возможно восстановление исходного сообщения. Ограничение спектра колебаний, передаваемых по линиям связи, дает возможность экономично строить и обслуживать телекоммуникационные системы. Та часть спектра, которую необходимо передать по системе электросвязи для уверенного восстановления на приеме называется «шириной спектра». Рассмотрим, какова эта величина для сообщений различной физической природы.

Полоса частот, воспринимаемая человеческим слухом, находится между 16 Гц и 20 кГц. Звуковые частоты от 16 Гц до 20 кГц называются слышимым звуком. Частотный спектр человеческой речи занимает меньшую полосу от 50–100 Гц до 8–10 кГц. При телефонной связи разборчивость речи и узнаваемость абонентов удовлетворительная, если ширина спектра находится в диапазоне 300–3400 кГц. Именно эти частоты были приняты Международным консультативным комитетом по телеграфии и телефонии (МККТ, ныне МСЭ-Т) в качестве границ эффективного спектра речи, а типовой канал шириной 300–3400 кГц, названный стандартным телефонным каналом, стал основой создания не одного поколения связного оборудования. Как уже отмечалось на предыдущем практическом занятии, формирование сигналов звукового вещания и их прием осуществляется так же, как и телефонных сигналов, но на приеме вместо телефона используются разные типы громкоговорителей, а на передаче – другие типы микро-

фонов. Главное отличие в том, что ширина спектра сигналов звукового вещания, соответствующих не только голосу человека, но и звучанию музыкальных инструментов, шире. Рекомендованная Международным консультативным комитетом по радиосвязи (МККР, ныне МСЭ-Р) ширина спектра для монофонического вещания около 10 кГц (от 50 Гц до 10 кГц), для появившегося позднее стереофонического вещания – около 15 кГц. В телевидении для передачи движущегося изображения используется формирование электрического сигнала посредством разложения изображения на элементы, построчного их считывания и формирования кадра. Передача движущихся изображений сводится к передаче кадров. Ширина спектра телевизионного электрического сигнала для обеспечения четкого изображения должна быть около 6 МГц (от 50 Гц до 6 МГц). Факсимильные сигналы, поддерживающие передачу неподвижных сигналов, требуют меньшей ширины спектра, например, при передаче газет – около 180 кГц. Наименьшей шириной спектра характеризуются телеграфные сигналы (0–100 Гц), передающие информацию посредством комбинаций импульсов и пауз различной длительности. Ширина спектра при передаче данных, связанная со скоростью передачи прямопропорциональной зависимостью, варьируется в широких пределах.

Таким образом, полоса пропускания канала связи должна быть не менее ширины спектра электрического информационного (низкочастотного) сигнала. Важными с точки зрения передачи являются также и другие параметры, такие как, например, «динамический диапазон», «пропускная способность». Но «ширина спектра» представляется наиболее значимой с точки зрения понимания принципов построения телекоммуникационных систем, основанных на спектральном представлении сигналов. Низкочастотный электрический сигнал в телекоммуникационной системе является объектом транспортировки, а в качестве транспорта (переносчика информации) используется электромагнитное поле в проводах (проводная связь), в открытом пространстве (радиосвязь), в виде светового луча (оптическая связь), а высокочастотное электромагнитное колебание при этом называется несущим. Процесс преобразования исходного низкочастотного информационного сигнала в изменение одного или нескольких параметров высокочастотного несущего сигнала, по которым на приеме можно восстановить отправленный информационный сигнал, называется модуляцией.

Процессы частотных преобразований спектра сигнала, к которым относится и модуляция, позволили освоить высокочастотные участки частотного спектра и увеличить дальность связи проводных систем, которые появились примерно на полвека раньше, чем беспроводные.

К проводным линиям связи относятся воздушные (первыми нашли широкое применение при строительстве телеграфных и телефонных линий), подводные, подземные.

Воздушные линии сейчас практически не используются. От них стали отказываться еще в середине 1950-х гг., когда появилась необходимость передавать сигналы многоканальных систем передачи и телевизионные сигналы, и стало очевидно, что возможности воздушных линий исчерпаны, так как их частотный диапазон не превышал 150 кГц.

Первые попытки применения подземных кабелей связи в середине XIX в. оказались неудачными. Технология изготовления подземных кабелей, несколько усовершенствованная, оказалась воплощенной сначала не в подземных, а в подводных телеграфных линиях связи. С изобретением телефона в 1876 г. началось производство **подземных (симметричных) кабелей** для городских телефонных сетей. В отличие от телеграфных кабелей, в них с целью уменьшения емкостных и электромагнитных помех стали применять двухпроводные скрученные цепи (пары). Для улучшения характеристик передачи сигналов хлопчатобумажная изоляция постепенно была заменена сухой воздушно-бумажной. В 1882 г. появились первые сооружения городской кабельной канализации из стальных, покрытых бетоном труб, в которых прокладывали освинцованные кабели. Число цепей (пар) в телефонных кабелях в XIX в. не превышало 200, но по мере телефонизации городов быстро возрастало: в 1901 г. был изготовлен 400-парный кабель, в 1910 г. – 900-парный, в 1932 г. – 2400-парный. Полоса пропускания таких кабелей обычно составляла величину порядка 4 кГц при длине 2–10 км. Эта полоса, соответствующая стандартному телефонному каналу (0,3–3,4 кГц), диктовалась нуждами аналогового голосового обмена в рамках коммутируемой телефонной сети. С появлением аналоговых многоканальных систем передачи требования к ширине пропускания симметричных кабелей увеличились. Например, для передачи многоканального сигнала 60-канальной системы «К-60», симметричный кабель должен был обеспечивать полосу пропускания не менее 252 кГц, с учетом того, что в диапазоне 212–252 кГц должны разместиться 60 стандартных телефонных каналов, занимающих полосу $4 \times 60 = 240$ (кГц). Возрастание емкости систем передачи потребовало применения впоследствии на магистральных, городских и местных телефонных линиях симметричных кабелей с шириной полосы пропускания до 1,0 МГц. Добиться увеличения ширины полосы вплоть до 200–350 МГц удалось только в симметричных электрических кабелях на небольших расстояниях (до 100 м). Речь идет о кабелях, входящих в состав так называемой структурированной кабельной системы (СКС), которая используется при прокладке ЛВС в зданиях. Здесь следует отметить, что в зарубежных источниках симметричный кабель часто называют «витой парой» (TP – twisted pair), независимо от того, для прокладки многокилометровых магистральных линий связи или локальных компьютерных сетей, он используется. В отечественных телекоммуникациях термин «витая пара» ассоциируется с СКС, а например, магистраль-

ные «витые пары» предпочитают называть симметричными магистральными кабелями.

Симметричный кабель долгие годы был самой дешевой и широко используемой направляющей средой, как в аналоговых системах передачи, так и в цифровых. Но для передачи больших объемов информации (многоканальных сигналов, телевизионных сигналов) требовался кабель, поддерживающий передачу с наименьшим затуханием на больших расстояниях. Такой кабель появился в середине 1930-х гг. Свое название (коаксиальный) кабель получил благодаря оригинальной конструкции, позволившей минимизировать затухание на линии. **Коаксиальный кабель** представляет собой два цилиндра с совмещенной осью, причем один цилиндр (сплошной внутренний проводник) концентрически располагается внутри другого полого цилиндра (внешнего проводника); проводники изолированы друг от друга диэлектрическим материалом. Благодаря конструкции (экранированию и концентрической структуре) электромагнитная энергия в коаксиальном кабеле не может излучаться в пространство и создавать таким образом взаимовлияние цепей. Как следствие – меньшая чувствительность к перекрестным помехам и интерференции, соответственно, меньше затухание сигнала. Частотные характеристики коаксиального кабеля намного лучше, чем витой пары (в начальный период полоса от 100 до 500 МГц, в последующем – до 2 ГГц). Поэтому его можно использовать на более высоких частотах и при большей скорости передачи данных. С годами возрастали требования по широкополосности телекоммуникационных систем, и витые пары проводов заменялись коаксиальными кабелями. Именно коаксиальные кабели стали транспортной средой для появившихся в середине 1960-х гг. первых телевизионных сетей и локальных сетей ЭВМ. Сфера применения коаксиальных кабелей в наши дни – телевидение, международная телефонная связь, каналы компьютерных сетей, локальные сети. Частотные характеристики современных коаксиальных кабелей стали еще лучше (появились кабели, поддерживающие передачу электрических сигналов вплоть до 30 ГГц).

Что касается цифр, характеризующих частотные свойства симметричных и коаксиальных кабелей, то необходимо понимать, что они усредненные. Бессмысленно говорить о полосе частот, которую тот или иной кабель предоставляет для передачи сигнала, не указывая соответствующей величины затухания, которая зависит от многих причин, в том числе от материала кабеля. Поэтому разные марки электрического кабеля могут иметь совершенно разные полосы пропускания.

К наиболее перспективным кабелям связи, превосходящим по своим частотным характеристикам и ряду других свойств коаксиальные кабели, относятся **волоконно-оптические кабели (ВОК)**, использующие в качестве среды распространения диэлектрические материалы (пластмассу, по-

лупроводники, стекло), в частности тонкие стеклянные (так называемые оптические) волокна или световоды. Оптическое волокно играет ту же роль, что и медный провод, используемый для передачи телефонных разговоров или компьютерных данных. Но в отличие от медного провода по волокну переносится свет, а не электрический сигнал, и что важно, с меньшим количеством потерь и отсутствием реакции на внешние электромагнитные излучения. Существует простая закономерность: чем выше несущая частота (меньше длина волны) канала связи, тем больше его пропускная способность. Свет – такая же электромагнитная волна, как и переменный электрический ток, с помощью которого осуществляется передача по кабелям связи, и радиоволны, только в десятки тысяч раз короче и с огромной шириной пропускания, поэтому по лазерному лучу можно передавать в десятки тысяч раз больше информации.

Распространение оптических (световых) электромагнитных волн может происходить в различных физических средах (не только в волоконно-оптических кабелях). Примером беспроводных систем являются, например, устройства так называемой лазерной связи, работающие только на небольших расстояниях и в хороших погодных условиях. Наиболее перспективной средой, нашедшей широкое применение, стали волоконные световоды, в которых свет за счет полного внутреннего отражения распространяется практически без потерь на многие сотни километров. Принцип передачи информации с помощью световых лучей, используемый в волоконной оптике, был впервые продемонстрирован в XIX в., но повсеместное применение оптической связи было затруднено отсутствием соответствующих технологий. В 1930-х гг. появилась идея передавать сигналы при помощи света по стержням чистого стекла. В начале 1960-х гг. были созданы передатчик оптического сигнала (полупроводниковый лазер, способный излучать когерентные и монохроматические электромагнитные волны) и приемник (фотодиод). Повсеместный переход на волоконно-оптические технологии состоялся только к 1970-м – 1980-м гг., когда удалось наладить коммерческое производство волокна с низким затуханием и решить множество проблем эксплуатационного характера, в частности, разработать контрольно-измерительную аппаратуру для волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). В нашей стране масштабный переход к строительству ВОЛС состоялся позднее – в начале XXI в. Электромагнитные излучения, используемые в ВОК, размещаются на границе диапазонов инфракрасного излучения и видимого света.

В настоящее время телекоммуникации располагают целой гаммой различных кабелей связи, по которым можно передавать одновременно сотни и тысячи сигналов с различной шириной спектра, соответствующих разным видам передаваемых сообщений. Линии связи сегодня – это не только среда распространения сигналов, но и комплекс сложных и дорогостоящих сооружений, содержащих современную электронную аппаратуру.

2.1.2. Эволюция беспроводной связи как история освоения радиочастотного спектра

Развитие беспроводной связи, как следует из данных, приведенных в табл. 2.1., шло по пути постепенного освоения все более высокочастотных участков радиочастотного спектра (соответственно – более коротких волн).

Таблица 2.1

30–300 кГц	Низкие	10–1 км	Длинные (километровые)	Радиовещание Навигация Морская связь
300 кГц–3 МГц	Средние	1 км – 100 м	Средние (гектометровые)	Радиовещание Радиосвязь Навигация Морская связь
3–30 МГц	Высокие	100–10 м	Короткие (декаметровые)	Радиовещание Радиосвязь
30–300 МГц	Очень высокие	10–1 м	Ультракороткие (метровые)	Радиовещание Телевещание Радиосвязь Радиорелейная
0,3–3 ГГц	Ультравы- сокие	100–10 см	Ультракороткие (дециметровые)	Телевещание Радиорелейная Спутниковая Мобильная
3–30 ГГц	Сверхвы- сокие	10–1 см	Ультракороткие (сантиметровые)	Радиорелейная Спутниковая Мобильная
30–300 ГГц	Экстре- мально высокие	10–1 мм	Ультракороткие (миллиметровые)	Спутниковая

На начальном этапе развития радиосвязи (начале 1900-х – середине 1920-х гг.) получили распространение два основных диапазона волн (доступные для техники того времени): **средние волны (СВ)** от 300 до 600 м) и **длинные волны (ДВ)** свыше 2000 м. С целью увеличения дальности связи и улучшения качества постоянно совершенствовались конструкции и схемы антенн, передающих и приемных радиосредств.

Передатчики на заре развития радиосвязи были искровыми. Но они создавали широкий спектр помех, генерировали затухающие колебания, и это вызывало много неудобств. Поэтому далее конструкторская мысль стала развиваться в направлении поиска способов генерации незатухающих колебаний. Переход к использованию незатухающих колебаний в радиосвязи происходил постепенно и занял около десяти лет (190–1915 гг.). За это время было разработано несколько методов генерирования незатухающих колебаний – с помощью электрической дуги, электрических машин повы-

шенных частот и посредством нового прибора – электронной лампы. Правда, надо отметить, что в области радиопередающих устройств изобретение лампы вначале прошло незамеченным. Столь маломощные устройства как первые электровакуумные приборы не могли поначалу решить проблемы передающих устройств. Но зато в области приемных устройств появление электронной лампы совершило революцию – появилась возможность усиливать слабые сигналы на приеме и таким образом повышать дальность связи.

Таким образом, средства радиосвязи в течение почти 20 лет развивались только в низкочастотных участках частотного спектра – в диапазонах длинных и средних волн. Почти двадцать лет **диапазон коротких волн (КВ)** у профессионалов считался непригодным для дальней радиосвязи, поэтому его (примерно к концу 20-летнего периода развития радиосвязи) предоставили радиолюбителям. Как ни удивительно, но на практике радиолюбители смогли получить дальность связи на коротких волнах намного больше, чем на длинных. Теоретическое объяснение этому нашлось позднее.

Было выявлено, что длина волны определяет специфику распространения электромагнитной энергии в условиях Земли, и что волны каждого из диапазонов имеют свои особенности распространения. Длинные и средние волны распространяются как поверхностные лучи. У длинных волн зона уверенного приема составляет 2000–3000 км. В диапазоне средних волн поверхностный луч претерпевает более сильные поглощения и может распространяться на расстояние 500–1500 км. КВ-лучи в виду своей малой длины имеют другую природу распространения. Они преодолевают огромные расстояния, многократно отражаясь от слоев ионосферы.

Кроме увеличения дальности, КВ-радиосвязь имела еще одно важное достоинство. За счет того, что КВ-каналы являются более широкополосными по сравнению с каналами связи в диапазонах длинных и средних волн, появилась возможность передачи большого объема радиовещательных, телефонных, телеграфных сообщений. Начавшаяся в начале XX в. эпоха радиоламп способствовала созданию в 1920-х гг. первых радиосредств КВ-диапазона, которые смогли передавать на большие расстояния намного больше информации. С помощью новых мощных радиоламп оказалось возможным создать новое для того времени поколение ламповых радиопередатчиков.

Электроламповые генераторы и приемники электромагнитных колебаний на долгие годы стали основой построения радиовещательных сетей, работающих во всех трех диапазонах (ДВ, СВ, КВ). Бытовые радиоприемники выпускались с возможностью настройки на радиостанции, работающие во всех трех диапазонах.

Следующие диапазоны частот, относящиеся к сверхвысоким (СВЧ) не развивались вплоть до появления электронных ламп, способных генерировать СВЧ-колебания. Диапазон **СВЧ** (так называемый микроволновый или

диапазон ультракоротких волн УКВ) на первых порах не интересовал связистов, так как дальность связи у микроволн небольшая. Радиоволны этого диапазона по свойствам в большей степени напоминают световые лучи. Они практически не отражаются от ионосферы, очень незначительно огибают земную поверхность и распространяются только в пределах прямой видимости. Но в этом оказалось скрыто преимущество для радиосвязи – появилась возможность многократного использования одних и тех же частот (без взаимных помех) радиостанциями, расположенными друг от друга на расстоянии, превышающем прямую видимость (150–200 км). Свойства радиоволн диапазона от 100 МГц и выше еще более близки к световым лучам, поэтому их можно сфокусировать в узкие пучки с помощью зеркал-антенн. Возможность фокусировки излучения – еще одно преимущество УКВ-диапазона. За счет направленного излучения создается меньше помех другим системам связи, находящимся не в створе луча, а также узкий луч обеспечивает меньшее рассеивание энергии в побочных направлениях, что позволяет применять менее мощные передатчики для достижения заданной дальности связи. Для низкочастотных волн такую антенну построить невозможно, так как слишком велики были бы ее размеры (диаметр зеркала должен быть намного больше, чем длина волны). Возможность фокусирования высокочастотных радиоволн обеспечила их широкое применение в радиолокации, радиорелейной связи, спутниковом вещании, беспроводной передаче данных, радиоастрономии и т. п.

Радиорелейная связь первой освоила микроволновый диапазон. Первые радиорелейные станции появились за рубежом еще в 1930-х гг. Этот вид связи относится к наземной радиосвязи, основан на многократной ретрансляции радиосигналов микроволнового диапазона ретрансляционными станциями. Радиорелейная связь осуществляется, как правило, между стационарными объектами. Отличительной особенностью радиорелейной связи от всех других видов наземной радиосвязи является использование узконаправленных антенн, а также дециметровых и сантиметровых (а позднее и миллиметровых) радиоволн. Разновидностью радиорелейной является тропосферная связь, использующая эффект отражения дециметровых и сантиметровых радиоволн от турбулентных и слоистых неоднородностей в нижних слоях атмосферы – тропосфере. Использование эффекта дальнего тропосферного распространения радиоволн УКВ-диапазона позволяет организовать связь на расстояние до 300 км при отсутствии прямой видимости между радиорелейными станциями. Дальность связи может быть увеличена до 450 км при расположении радиорелейных станций на естественных возвышенностях. Освоенный радиорелейными станциями УКВ-диапазон дал возможность передавать в узкой полосе, присущей высокочастотному диапазону, широкополосные сигналы телевизионного вещания. Исторически радиорелейные линии связи использовались для орга-

низации каналов связи телевизионного и радиовещания, а также для связи телеграфных и телефонных станций на территории со слаборазвитой инфраструктурой. Современные радиорелейные линии связи обеспечивают передачу больших объемов информации от базовых станций 2G, 3G и 4G к основным элементам опорной сети сотовой связи. В соответствии с рекомендацией ИТУ-R F.746 для радиорелейной связи прямой видимости утверждены диапазоны частот от 0,4 до 94 ГГц. Частотные диапазоны от 2 до 38 ГГц относятся к «классическим» радиорелейным частотным диапазонам.

Развитием традиционной радиорелейной связи в микроволновом диапазоне с начала 1960-х гг. стала **спутниковая связь**, организованная путем вынесения ретранслятора на очень большую высоту (от десятков до сотен тысяч километров). Вначале в спутниковой связи использовался сантиметровый диапазон волн, в последующем освоили и более высокие частоты. Спутниковые линии связи действуют по принципу ретрансляции сигналов, осуществляемой аппаратурой, расположенной на искусственном спутнике Земли (ИСЗ). Спутниковые линии позволяют осуществлять многоканальную связь на очень большие расстояния. На геостационарной орбите высотой 36 000 км спутник вращается со скоростью вращения Земли (один оборот за 24 часа). В этом случае можно с помощью трех спутников, расположенных под углом 120° , обеспечить связь на территории всего земного шара. Появление спутниковой связи (в 1960-х гг.) стало возможным только после того, как были созданы ракеты, способные вывести спутники на околоземную орбиту. Как известно, первый искусственный спутник Земли был запущен в СССР в 1957 г. Благодаря спутниковой связи появилась возможность доставлять телевизионные программы на обширную территорию нашей страны, во многих местах которой (особенно от Урала до Дальнего Востока) не было проводных линий. Первый экспериментальный спутник связи «Молния-1» в СССР был запущен в 1965 г. На основе таких спутников в нашей стране были созданы первые в мире сети спутникового телерадиовещания, которые постоянно совершенствовались: «Орбита» (1967 г.), «Экран» (1976 г.), «Москва» (1979 г.) и т. д. За рубежом первоначально спутниковая связь развивалась как средство передачи больших объемов международного (в том числе межконтинентального) телефонного трафика. Вскоре появились спутниковые системы, в которых можно было организовывать индивидуальные линии связи, используя недорогие земные станции с малыми антеннами (VSAT – Very Small Aperture Terrestrial). Спустя десятилетия, появилась мобильная спутниковая связь, в которой абонентское устройство имело такой же размер, как сотовый телефон. Благодаря спутниковым системам для миллионов жителей Земли, живущих в труднодоступных для создания наземной инфраструктуры местах, стала доступна и мобильная связь, и телерадиовещание. Продвижение спутниковых систем

во все более высокочастотные области связано с расширением задач, решаемых с помощью спутниковой связи – появились системы спутниковой навигации (GPS и ГЛОНАСС), спутниковая метеорология и спутниковые системы исследования Земли, в том числе картографирования всей поверхности Земного шара, и т. п. Частоты, используемые в спутниковой связи, разделяют на диапазоны, обозначаемые буквами. Ориентировочные значения даны в рекомендации ITU-R V.431-6: L – 1,5 ГГц; S – 2,5 ГГц; C – 4 ГГц, 6 ГГц; Ku – 11 ГГц, 12 ГГц, 14 ГГц; K – 20 ГГц; Ka – 30 ГГц.

Конкурентом радиорелейной и спутниковой связи, начиная с конца 1980-х – начала 1990-х гг., стала **мобильная сотовая связь**, которая как и радиорелейная, спутниковая относится к радиосвязи, основанной на многократной ретрансляции радиосигналов УКВ-диапазона. Только в данном случае эта ретрансляция осуществляется сетью наземных базовых станций. Предшественником мобильной сотовой персонализированной связи можно считать системы профессиональной подвижной связи, в частности, транкинговые. Сотовый принцип связи, предполагающий повторное использование частот был предложен в 1947 г. Практическое воплощение этого принципа стало возможно только спустя несколько десятков лет после того, как вычислительная техника и элементная база в своем развитии достигли уровня, позволившего создавать инфраструктуру мобильной связи и компактные абонентские терминалы. Мобильная сотовая связь родилась как связь, оказывающая на достаточно больших расстояниях только голосовые услуги и за 30 лет (начало 1980-х – начало 2010-х гг.) перечень услуг пополнился сначала данными, потом видео.

В настоящее время конкуренцию мобильной сотовой связи составил **мобильный широкополосный доступ**, для которого оптимальными являются те же частоты. Начинаясь в начале 1990-х гг. как передача данных в простейших компьютерных сетях, широкополосный доступ за 20 лет стал конкурентом мобильной сотовой связи, как по составу оказываемых услуг (их перечень пополнился видео и голосовой информацией), так и по получению разрешений на частоты.

Говоря об освоении инфокоммуникационными сетями высокочастотных участков частотного спектра, нельзя не отметить существование беспроводной оптической связи, которая, правда, не нашла столь широкого применения, как проводная оптическая связь. **Оптическая (атмосферная) связь** (иногда называемая лазерной) стала применяться в конце 1990-х гг., когда были разработаны недорогие полупроводниковые лазеры мощностью около 100 мВт и более, а применение цифровой обработки сигналов позволило избежать недопустимого затухания сигналов и выполнять повторную передачу пакетов при обнаружении ошибок. Тем не менее, обеспечить должное качество связи вследствие большого поглощения волн в атмосфере и разных помех другого рода удалось только на небольших расстояниях.

Поэтому сфера применения лазерной связи очень ограничена: для преодоления сложных участков сети (например, водной преграды), как временная связь при прокладке подземных линий связи или проведении мероприятий. Лазерная связь осуществляется посредством модуляции низкочастотным информационным сигналом электромагнитных волн инфракрасного диапазона (граничащих с видимым светом). Механизмы поглощения этих волн в атмосфере во многом аналогичны тем, которые происходят в оптоволокне. В результате в атмосфере электромагнитные волны (свет) распространяется в тех же «окнах прозрачности» (850, 1310, 1550 нм), что позволяет заимствовать элементную базу и технологии, применяемые в волоконно-оптической связи.

2.1.3. Регулирующая деятельность международных и национальных организаций

Движущей силой дальнейшего развития мировой телекоммуникационной индустрии становится предоставление широкого спектра новых инфокоммуникационных услуг, их персонификация, поэтому в информационном обществе радиочастотный спектр (РЧС) рассматривается в качестве ценного ресурса. Его острый дефицит, особенно в наиболее освоенных и удобных для пользования диапазонах, а не отсутствие современной аппаратуры, все чаще становится основным препятствием для дальнейшего расширения доступа к широкому спектру инфокоммуникационных услуг посредством развития современных систем радиосвязи, радиовещания и телевидения. Управление использованием радиочастотного спектра (РЧС) выполняется на двух уровнях – международном и национальном.

Управлять использованием спектра на международном уровне необходимо в связи с тем, что радиочастотный спектр (РЧС) – это ограниченный природный ресурс и его следует использовать рационально, эффективно и экономно, так, чтобы страны и группы стран могли иметь равноправный доступ к нему, не создавая при этом «помех» соседям. Основным документом, определяющим порядок управления использованием РЧС на международном уровне, является Регламент радиосвязи (РР) МСЭ, содержащий Международную Таблицу распределения частот (МТРЧ) между службами. На национальном уровне в России основными документами, определяющими порядок управления РЧС, являются национальная ТРЧ (НТРЧ) и Решения Государственной Комиссии по радиочастотам (ГКРЧ).

С каждым пересмотром Регламента радиосвязи постепенно повышалась верхняя граница спектра частот, регулируемого в международном масштабе, что отражало темпы освоения радиочастотного спектра. В 1927 г. верхней границей Международной таблицы распределения частот была частота 60 МГц, в 1948 г. – 10,5 ГГц, в 1959 г. – 40 ГГц, в 1979 г. – 225 ГГц. Освоение новых диапазонов связано с серьезными техническими пробле-

мами, поэтому происходит медленно, а существующие сегодня системы пока используют частоты до 200 ГГц. Чтобы поддерживать регламент радиосвязи в актуальном состоянии, отражая текущие изменения и потребности новых технологий, МСЭ периодически организует Всемирные (или региональные) административные радиоконференции по пересмотру Регламента радиосвязи, которые перераспределяют полосы радиочастот между радиослужбами, повышают верхнюю границу эксплуатируемого частотного спектра и рассматривают множество важных текущих вопросов. О резком повышении темпа развития перспективных технологий свидетельствует тот факт, что раньше конференции собирались достаточно редко, например, один раз в 20 лет в период 1959–1979 гг. Однако потом, когда к началу 1990-х гг. темпы развития телекоммуникационных и информационных технологий приобрели невиданных размах, конференции стали организовывать с периодичностью 2–3 года. Основным «продуктом» деятельности МСЭ-R, помимо присвоений радиочастот, являются Рекомендации, которые, как правило, играют роль всемирных стандартов в области электросвязи, а также конкретные проекты по развитию электросвязи.

В каждой стране, в том числе России, решение проблемы оптимизации использования радиочастотного ресурса возможно только общими усилиями государственных органов, регулирующих его распределение и использование, операторов связи, разработчиков современных технологий, а также специалистов в области законодательства и права. Представителем государства во взаимоотношениях с операторами связи в нашей стране выступает федеральное государственное унитарное предприятие «Главный радиочастотный центр» (ФГУП «ГРЧЦ»), который является составной частью единой системы радиочастотной службы и работает в сфере оказания услуг по обеспечению эффективного использования радиочастотного спектра.

Вопрос гармонизации частотного ресурса непросто решается во всех странах, а в России особенно трудно, так как, в силу ряда исторических причин, существуют сугубо национальные особенности использования РЧС. В годы «холодной войны» (в период 1950-х – 1980-х гг.) в СССР решения о выделении полос частот принимались часто без должного учета международного Регламента Радиосвязи. Не прогнозировалось возможное влияние принимаемых решений на развитие в будущем в стране систем радиосвязи и радиовещания.

Сравнение с распределением РЧС в некоторых европейских государствах и США показывает, что в России для гражданских средств выделено крайне мало радиочастотного ресурса, основная его часть используется в интересах структур управления государством, обороной, безопасностью и охраной правопорядка. Очень небольшая часть освоенной части спектра приходится в России на системы гражданского назначения, остальная часть спектра остается для них либо недоступной, либо ограниченно доступной,

либо условно доступной, поскольку в соответствии с национальной таблицей распределения частот имеет категории «ПР» или «СИ» (правительственного или совместного использования). В развитых странах в освоенных диапазонах частот доля радиочастотного спектра, используемая для нужд государственного управления, обороны и национальной безопасности, составляет менее 50 процентов. Остальной частотный ресурс отводится для преимущественного развития служб гражданского назначения.

В задачу российских специалистов, занимающихся проблемами управления РЧС, входит разработка и реализация мероприятий, которые позволили бы в наиболее короткие сроки сблизить национальную ТРЧ с РР и с разрабатываемой в настоящее время общеевропейской ТРЧ. Конверсия радиочастотного спектра представляется как совокупность действий по реализации правовых, экономических и технических мер по высвобождению в интересах развития рынка инфокоммуникаций.

Положительное влияние на развитие наземного и спутникового цифрового телевизионного вещания и радиовещания, беспроводного широкополосного доступа и подвижной радиотелефонной и радиосвязи на основе цифровых стандартов способствует не только конверсия радиочастотного спектра, но и внедрение принципа технологической нейтральности. Опыт мировой телекоммуникационной отрасли подтверждает возможность создания сетей, в которых технологии разных поколений используются одновременно. Десятки стран успешно используют для LTE часть существующих полос, предназначенных для GSM. В России принцип технологической нейтральности был разрешен в декабре 2013 г.

2.1.4. Проблемы радиочастотного обеспечения современных инфокоммуникационных технологий

Как следует из представленного выше обзора, вплоть до недавнего времени повышение скорости и объема информации достигалось посредством разработки новых технологий, занимающих все более высокие участки электромагнитного спектра. Платой за улучшение перечисленных показателей связи при этом становилось уменьшение радиуса действия аппаратуры связи, работающей на более высоких частотах, что связано с особенностью распространения электромагнитных волн различной длины. Длинные волны (ДВ-диапазон), освоенные в начальный период развития радиосвязи, могли огибать земной шар; микроволны (УКВ-диапазон), обладающие большим затуханием, были доступны в зоне прямой видимости; беспроводная оптическая связь (инфракрасный и световой диапазоны) способна действовать не просто на небольших расстояниях, а только в исключительно хороших погодных условиях (без дождя и туманов).

Наиболее наглядно проблема уменьшения дальности с увеличением частоты проявилась при освоении радиочастотного спектра технологиями

мобильной связи. Сети 2G/GSM работали на частотах 900 МГц, 1800 МГц, под сети 3G/HSPA был выделен диапазон 2 ГГц, сети 4G (в том числе LTE и мобильный WiMAX) вынуждены были осваивать еще более высокий диапазон 2,6 ГГц. С одной стороны, в более высокочастотном диапазоне (например, 2,5–2,7 ГГц) можно разместить втрое больше каналов связи, чем в диапазоне 800–900 МГц, но для обеспечения сплошного покрытия с целью обеспечения качества связи необходимо и втрое увеличить количество сот и, соответственно, базовых станций. Цена таких проектов (с учетом цены развития наземной кабельной инфраструктуры и увеличения количества базовых станций) возрастает, что повышает стоимость новых инфокоммуникационных услуг и негативно сказывается на доступности связи.

Несколько ослабить напряженность проблемы работы мобильных систем в высокочастотной области (но не решить ее!) может применение операторами связи фемтосот – компактных базовых станций, устанавливаемых в местах с проблемным покрытием, например, внутри зданий, и подключаемых через сеть широкополосного доступа к базовой сети мобильного оператора.

Таким образом, сегодня на пути превращения мобильного телефона в современное универсальное средство персональной связи для общения, работы и развлечений, стоит серьезная проблема, заключающаяся в необходимости понижения рабочих частот и возврата новых технологий (в частности LTE) в более низкие радиочастотные диапазоны (450–1800 МГц). Например, развитие LTE на частоте 1800 МГц в среднем на 60 % экономичнее, чем строительство сетей в высокочастотных диапазонах. Использование более низких частот позволяет сократить время выхода технологии LTE на рынок и ускорить его развитие. В еще более выгодном положении окажутся те компании, которые смогут провести рефарминг для нижних частот 800–900 МГц, где развертывание сетей LTE в несколько раз дешевле, чем в диапазонах выше 2 ГГц. Под рефармингом (переиспользованием) частот понимается согласованное с администрацией связи (регулятором) занятие частот, ранее выданных другим радиослужбам. Все в мире понимают, что для мобильной связи необходимо освободить частоты, занимаемые сегодня другими радиослужбами.

Положение усугубляется тем, что для того, чтобы новые инфокоммуникационные технологии могли развиваться, им надо выискивать не просто отдельные частоты, а достаточно большие по ширине сплошные участки спектра. За примером вновь обратимся к сотовой мобильной связи. Для голосовой сотовой телефонии поколения 2G необходимая непрерывная ширина полосы частот составляла величину порядка единиц и даже долей мегагерца. Для широкополосного доступа эта величина возросла до десятков мегагерц. Например, в действующей на практике технологии LTE (вплоть до релиза 8) требуемая ширина полосы может варьироваться от 1,4 до 20 МГц,

причем, чем выше требуемые скорости обмена, тем, естественно, шире требуемая полоса. При переходе к 4G в виде LTE-Advanced потребуются полосы уже в 30 МГц, причем расположенные парами с определенным разнесом по частоте. Организация таких каналов требует серьезной перепланировки уже выделенных диапазонов.

Эти вопросы в деятельности международных организаций в последние годы являются приоритетными. Все понимают, что в предстоящие годы потребность в частотном спектре для удовлетворения спроса на современные инфокоммуникационные услуги от мобильной связи («телефонистов») и цифрового телерадиовещания («радиистов») будет расти в геометрической прогрессии.

С целью наиболее эффективного использования частотного спектра на Региональной конференции по планированию цифрового телевизионного и звукового вещания (Женева, 2006 г.), проходившей под эгидой Международного союза электросвязи, было решено перераспределить в пользу новых ИКТ освобождающиеся при переходе от аналогового к цифровому вещанию участки спектра. Такая возможность появилась благодаря тому, что для передачи одинакового количества программного контента в цифровом формате требуется в несколько раз меньшее количество частотного ресурса: в одном телеканале может передаваться до 8–9 телепрограмм. В результате, появилось понятие «цифровой дивиденд», под которым обычно подразумевается некоторая часть радиочастотного спектра в диапазонах 174–230 МГц и 470–862 МГц, освобождающаяся при переходе от аналогового к цифровому вещанию.

Задумывалось, что освобождающиеся частоты могут быть использованы многими радиослужбами, в том числе и службами телерадиовещания, которых потеснили на частотной шкале, для предоставления новых инфокоммуникационных услуг. Практически, приоритет последующими решениями международных организаций и национальных регуляторов был отдан мобильным сетям с ШПД. На Всемирной конференции радиосвязи в 2007 г. для стран Района 1 (Европа, СНГ и Африка) в полосе спектра 790–862 МГц (так называемый «цифровой дивиденд 1») мобильные частотные присвоения получили первичный статус (с 17 июня 2015 г.) наряду с присвоениями для телевизионного вещания. В России решением ГКРЧ от 8 сентября 2011 г. полоса частот 790–862 МГц («цифровой дивиденд 1») была определена для создания сетей связи в стандарте LTE, и в том же решении частоты, подпадающие под «цифровой дивиденд 2», были признаны «перспективными» для дальнейшего развития LTE.

На Всемирной конференции радиосвязи 2012 г. было решено рассмотреть в 2015 г. распределение полосы частот 694–790 МГц для подвижной радиослужбы на первичной основе и для систем мобильной связи в странах Района 1 совместно с радиовещательной службой, что должно позволить

гармонизировать использование полосы частот 694–790 МГц системами мобильными телекоммуникациями на глобальной основе. Это распределение также будет действовать на совместной первичной основе с существующими распределениями (так называемый «цифровой дивиденд 2»).

На очереди у международных организаций рассмотрение вопросов эффективного использования различными радиослужбами полос частот, выделенных радиовещательной службе в дециметровом диапазоне (470–862 МГц).

После принятия в 2015 г. решения об условиях использования «цифрового дивиденда 2», как подвижной, так и вещательной службой, наступит время трудного выбора у национальных администраций связи, в том числе и России. С одной стороны, в странах с большой территорией и низкой плотностью населения высока социальная значимость телерадиовещания, с другой стороны – мобильная персонифицированная связь признана приоритетным направлением на пути движения к глобальному информационному обществу. Каким пользователям отдать предпочтение – это вопрос не только государственной политики в сфере инфокоммуникаций и средств массовой информации, но и технологических перспектив. Как говорят и пишут специалисты, «потребности и возможности «телефонистов» и «радиистов» в частотном спектре сформулированы еще нечетко, истина часто глубоко скрыта в амбициозных концепциях, маркетинговых лозунгах и рекламе».

Все слышаны о мобильном телевидении, но по опросам половина всех российских пользователей отмечает, что столкнулись с негативным опытом, полученным при просмотре видео с мобильных устройств. По данным исследований российских сотовых сетей в декабре 2013 г. 37 % всего видео, передаваемого в сетях 3G, зависало при просмотре и требовало повторной буферизации. В сетях 3G РФ более 16 % всего видео передается с битрейтом 300 кбит/с и менее, а для комфортного просмотра видео в формате HD требуется пропускная способность от 1,5 до 3 Мбит/с. Чтобы качество услуг мобильного ШПД росли, необходимо инвестировать средства в модернизацию сетей мобильной связи и наземную оптическую инфраструктуру, построенную на принципе All-IP. Готовы ли на деле мобильные операторы к этому?

Не меньшими проблемами, связанными с необходимостью огромных капитальных вложений, учитывая размеры нашей страны, обременено телерадиовещание. Тем не менее, со стороны «вещателей» предлагаются новые услуги в рамках концепции многофункционального цифрового ТВ-вещания. В отличие от традиционных двух форм «телесмотрения» – домашнего и мобильного, когда получателем осуществляется исключительно индивидуальный выбор предпочитаемой им видеoinформации, вводится понятие «ТВ-вещание в видеoinформационных системах (ВИС)». Новая

модель ТВ-тракта направлена на массовую интерактивную 2D/3D-экранизацию, включающую ТВ-вещание, ВИС и другие видео- и аудио-средства, совместно с мобильной связью, Интернетом, ШПД и всемирным информационным роумингом с высочайшим качеством ТВ-изображений на экранах крупных размеров. Реализация такой амбициозной концепции возможна только при условии доступа к «цифровым дивидендам».

Учитывая вышеизложенное, специалисты предвидят, что основные баталии по доступу к «цифровому дивиденду 2» между «телефонистами» и «радистами» развернутся после 2016–2017 гг.

Третий серьезный конкурент в «цифровом дивиденде 2» – профессиональная мобильная радиосвязь, которая в свое время на базе стандарта TETRA объединила все голосовые экстренные службы, а сейчас работает над единым стандартом (голос и данные) на основе LTE. Профессиональные LTE-системы уже получили общепринятое обозначение PPDR (Public Protection and Disaster Relief – обеспечение общественной безопасности и оказание помощи при бедствиях). На международном уровне в настоящее время рассматривается два диапазона для сетей PPDR – 400 и 700 МГц. Ассоциация TCCA (TETRA & Critical Communication Association) выступает за 700 МГц как единое гармонизированное мировое решение, которое позволит снизить стоимость оборудования. Катастроф, терактов и несчастных случаев в мире все больше и системам общественной безопасности уделяется все большее внимание, что делает реальной перспективу выделения под службу PPDR полосы шириной не менее 2×10 МГц в диапазоне 700 МГц.

Контрольные вопросы

1. Какова ширина спектра низкочастотных информационных сигналов, применяемых в электросвязи?
2. Что в телекоммуникациях является высокочастотным переносчиком?
3. Каковы основные этапы эволюционного развития проводных видов связи?
4. В каком диапазоне частот работали воздушные линии связи?
5. Каковы частотные свойства симметричных кабелей?
6. Каковы частотные свойства коаксиальных кабелей?
7. Каковы частотные свойства волоконно-оптических кабелей?
8. Каковы основные этапы эволюционного развития беспроводных видов связи?
9. Какие диапазоны частот были освоены в начальный период развития радиосвязи?
10. Свойства КВ-диапазона, влияющие на дальность связи?
11. Почему УКВ-диапазон является оптимальным для современной связи?

12. Что общего у радиорелейной, спутниковой и мобильной сотовой связи?
13. В каких частотных диапазонах работает радиорелейная связь?
14. В каких частотных диапазонах работает спутниковая связь?
15. В каких частотных диапазонах работает радиорелейная связь?
16. В каких частотных диапазонах работает мобильная сотовая связь?
17. Кто управляет использованием радиочастотного спектра на международном уровне?
18. Кто управляет использованием радиочастотного спектра в России?
19. Какие проблемы существуют с распределением частот в России?
20. Что такое таблица распределения частот?
21. Что такое принцип технологической нейтральности?
22. Почему для мобильной сотовой связи экономически не привлекательны диапазоны частот свыше 2 ГГц?
23. Что такое «цифровой дивиденд 1»?
24. Что такое «цифровой дивиденд 2»?
25. Каким образом телерадиовещательные компании собираются составить конкуренцию операторам связи, работающим с технологией 4 поколения (LTE)?

2.2. Порядок проведения практического занятия

Тема. Эволюционное освоение частотного диапазона и проблемы радиочастотного обеспечения современных ИКТ.

Цели. Посредством знакомства с техническими средствами, демонстрируемыми в исторической и современной части экспозиции Центрального музея связи, формирование у студентов представлений:

- а) об эволюции и закономерностях освоения телекоммуникационными устройствами частотного спектра;
- б) о проблемах радиочастотного обеспечения современных ИКТ.

Место проведения. Центральный музей связи имени А. С. Попова.

Применяемое оборудование. В рамках данного практического занятия используются:

- а) в качестве учебно-наглядного комплекса оборудование, представленное в экспозиции Центрального музея связи имени А. С. Попова;
- б) компьютеры, имеющие доступ в Интернет.

Длительность. 2 академических часа.

Организация учебного процесса

№	Наименование	Время, акад. ч	Место
1	Перед началом тематического прохода (шкала электромагнитных волн) по историческим разделам экспозиции и разделу «Современная связь»: а) ответы на вопросы студентов, возникшие при их самостоятельном ознакомлении с теоретическим материалом и контрольными вопросами; б) объяснение студентам цели практического занятия, выдача маршрутного листа с заданиями и изложение порядка работы с маршрутными листами в процессе тематического прохода по экспозиции	0,2	Аванзал
2	Тематический проход по экспозиции с параллельным выполнением заданий и заполнением студентами маршрутного листа с заданиями № 1 и № 2	0,5	Музейная экспозиция
3	Самостоятельная работа студентов с заданием № 3 с использованием таблицы распределения частот на сайте ФГУП «ГРЧЦ»	0,5	Компьютерный класс
4	Обсуждение результатов выполнения заданий № 1–3. Доработка по результатам обсуждения и формирование студентами окончательной версии маршрутного листа, которая сдается преподавателю	0,8	Компьютерный класс

2.3. Методические указания по выполнению заданий

1. Перед практическим занятием студентам необходимо (обязательно!) ознакомиться с теоретическими сведениями, представленными в п. 2.1, и затем осуществить самопроверку, насколько усвоен материал, посредством ответа на контрольные вопросы. В самом начале занятия преподаватель ответит на вопросы, вызвавшие у студентов затруднения.

2. Каждый лист с заданием должен быть подписан с указанием ф. и. о. студента, номера группы, даты (каждое задание отдельно).

3. Темы практических заданий, которые должны быть выполнены в процессе тематического прохода по экспозиции:

а) задание № 1. Частоты, используемые в различных видах электросвязи;

б) задание № 2. Телекоммуникационное оборудование на шкале электромагнитных волн;

4. Содержание каждого из заданий № 1 и № 2» представлено на рисунках:

а) задание № 1 – рис. 2.1;

б) задание № 2 – рис. 2.2;

5. Темы практического задания № 3, которое должны быть выполнено путем обращения к сайту ФГУП «ГРЧЦ» – «Таблица распределения частот в Российской Федерации» (рис. 2.3).

6. Перед практическим занятием студентам рекомендуется ознакомиться с содержанием практических заданий.

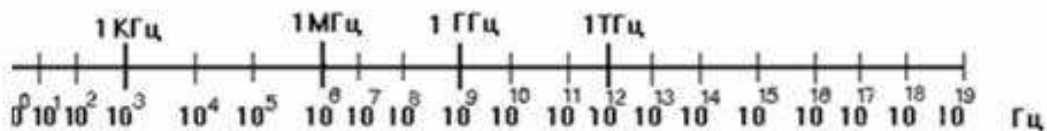
ТЕМА. Частоты, используемые в различных видах электросвязи

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

По мере развития электросвязи осваивались все более и более высокие частоты, соответствующие все более и более коротким волнам. Экспозиционное пространство в Центральном музее связи имени А.С.Попова построено по эволюционному признаку, учитывающему этот фактор. Проходя по залам музея, определите, какое место в частотном спектре занимают различные виды связи. Напишите рядом с вопросом вид связи и отметьте на шкале диапазон частот, в котором работает этот вид связи.

- Мобильная связь
- Воздушные линии
- Спутниковая связь
- Волоконно-оптические линии
- Радиосвязь
- Коаксиальный кабель
- Радиорелейная связь
- Симметричный кабель

Сверх- низкие	Очень низкие	Низкие	Средние	Высокие	Очень высокие	Ультра- высокие	Микро- волны	Инфракрасные лучи	Видимые лучи	Ультра- фиолетовые лучи	Рентгенов- ские (X) лучи	Космические лучи и гамма-лучи
------------------	-----------------	--------	---------	---------	------------------	--------------------	-----------------	----------------------	-----------------	-------------------------------	--------------------------------	--



	?
	?
	?
	?
	?
	?
	?
	?










Рис. 2.1. Задание № 2. Телекоммуникационное оборудование на шкале электромагнитных волн

Задание №2

ТЕМА. Телекоммуникационное оборудование на шкале электромагнитных волн;

Дата _____ Ф.И.О. _____ Группа _____

Отметьте, в каком частотном диапазоне работают представленные в таблице музейные предметы (устройства, блоки, элементы), поставив рядом с вопросом цифру или цифры (от 0 до 13), обозначающую частотный диапазон (диапазоны).

 ?	 ?	 ?
 ?	 ?	 ?
 ?	 ?	 ?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сверх- низкие	О ч е н ь н и з к и е	Н и з к и е	С р е д н и е	В ы с о к и е	О ч е н ь в ы с о к и е	У л ь т р а в ы с о к и е	М и к р о в о л н ы	Инфракрасные лучи	В и д и м ы е л у ч и	Уль- тра- фио- ле- то- вые лу- чи	Рентгенов- ские (X) лучи	Космические лучи и гамма-лучи

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Гц
		1 КГц				1 МГц			1 ГГц		1 ТГц									

Рис. 2.2. Задание № 2. Телекоммуникационное оборудование на шкале электромагнитных волн

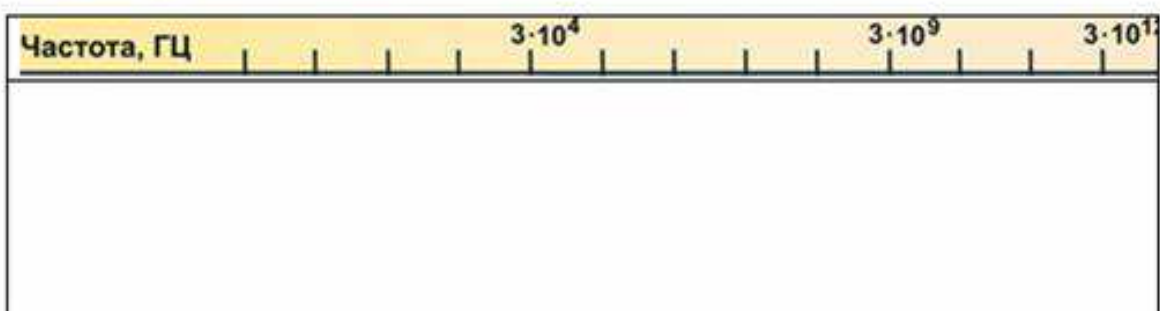
ТЕМА. Таблица распределения частот в Российской Федерации

1. Обратитесь к сайту Федерального государственного унитарного предприятия «Главный радиочастотный центр» (ФГУП «ГРЧЦ»), который является составной частью единой системы радиочастотной службы и работает в сфере оказания услуг по обеспечению эффективного использования радиочастотного спектра (<http://www.grfc.ru>)

2. Ознакомьтесь с терминологией и общей характеристикой служб, между которыми распределяется радиочастотный ресурс, обращая внимание на полосы радиочастот, системы, стандарты, технологии:

- a) Сухопутная подвижная служба
- b) Фиксированная служба
- c) ТВ и радиовещание
- d) Спутниковые системы связи (подвижная и фиксированная)
- e) Любительская служба
- f) Морская служба

3. Обратившись к таблице распределения частот, расположенной на сайте <http://www.grfc.ru>, выделите частотный диапазон, соответствующий «цифровому дивиденду 1» и нанесите на шкалу частот службы, имеющие разрешение на работу в этом частотном диапазоне.



4. Обратившись к таблице распределения частот, расположенной на сайте <http://www.grfc.ru>, выделите частотный диапазон, соответствующий «цифровому дивиденду 2» и нанесите на шкалу частот службы, имеющие разрешение на работу в этом частотном диапазоне.

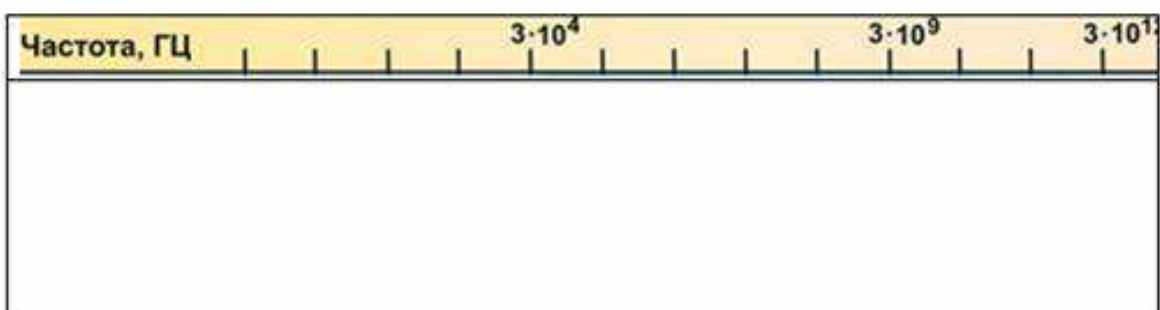


Рис. 2.2. Задание № 3. Таблица распределения частот

3. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ МУЗЕЙНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

3.1. Теоретические сведения и контрольные вопросы

3.1.1. Общие сведения о музейной инфокоммуникационной сети

В прошлом телекоммуникационные и информационные технологии развивались отдельно и, по сути, независимо друг от друга. Предоставление телекоммуникационных услуг входило в сферу деятельности операторов связи, которые выстраивали свой бизнес на продаже голосового трафика. Информационные технологии в свою очередь развивались самостоятельно и были связаны с разработкой программного обеспечения. Однако постепенное развитие технологий привело к появлению локальных вычислительных сетей (ЛВС). В них стали появляться специализированные мощные компьютеры – серверы, ресурсы которых стали доступны другим пользователям сети. То есть компьютеры сети стали сегментироваться, расширялся круг решаемых задач. Это в свою очередь способствовало развитию сетевых технологий, поскольку возрастала потребность в надежных высокоскоростных системах передачи. Интеграция телекоммуникаций и информационных технологий в единую отрасль – инфокоммуникации – общемировая тенденция, ориентированная на развитие телекоммуникационной сети и расширение на ее основе числа глобальных информационных сервисов.

Сеть связи музея, представляющая собой совокупность телекоммуникационной сети, а также средств хранения и обработки информации, включающая источники и потребителей информации, является инфокоммуникационной (ИКС). Именно это наименование будет использоваться в дальнейшем изложении в рамках данного практического занятия. ИКС была создана в Центральном музее связи имени А. С. Попова в 2003 г., когда к 300-летию г. Санкт-Петербурга усилиями многих людей, государственных и частных структур, учреждений здание музея было отреставрировано, и внутри была создана современная инфокоммуникационная инфраструктура.

Отдельным и совершенно новым разделом стала экспозиция «Современная связь». Экспозиция «Современная связь» предоставляет возможность доступного показа множества телекоммуникационных услуг: традиционной телефонии, IP-телефонии, проводной и беспроводной передачи данных, и т. д. Сеть музея, демонстрирующая все перечисленные услуги, является, таким образом, мультисервисной.

По территории охвата музейная ИКС является локальной (LAN), но структура ее построения идентична крупномасштабным сетям, таким как MAN и WAN. Есть «сетевое ядро», представляющее собой «транспорт» и

ряд устройств доступа (как одиночных, так и групповых). Перечень задач, решаемых музейной ИКС:

- технологическая поддержка экспозиции в части обеспечения интерактивного режима новых технологий в разделе «Современная связь» с целью демонстрации в режиме реального времени посетителям музея (главным образом, специалистам) уровня развития техники ИКТ начала XXI в.;

- технологическая поддержка экспозиции – демонстрация мультимедийного информационного материала, главным образом, на сенсорных экранах, а также обеспечение доступа посетителей к базе данных музея;

- обеспечение доступа в Интернет групповых пользователей (Интернет-центр, лекционный зал);

- обеспечение администрации музея телефонной связью, средствами доступа в Интернет и возможностью обмена в пределах сети мультимедийной информацией.

Основные характеристики музейной ИКС:

- параметры и протоколы используемых технических средств удовлетворяют требованиям нормативных и регламентирующих документов;

- условия эксплуатации удовлетворяют международным, национальным и общепринятым промышленным стандартам;

- сеть масштабируемая: есть возможность введения дополнительных функций и расширения числа пользователей, увеличения производительности и пропускной способности сети;

- удовлетворяются требования по унификации: использованы типовые решения, по возможности снижена номенклатура применяемых изделий;

- обеспечивается адаптируемость и гибкость по отношению к изменениям организационной структуры и состава экспозиционных интерактивных мест;

- обеспечивается высокая надежность отдельных компонентов и сети в целом за счет резервирования;

- обеспечивается безопасность сети от внешних и внутренних угроз;

- обеспечивается возможность осуществлять непрерывное слежение за техническим состоянием и управление в режиме удаленного доступа.

Основная часть оборудования музейной ИКС располагается в специально выделенном помещении – серверной, но некоторые устройства смонтированы непосредственно в экспозиции «Современная связь» с целью демонстрации технических устройств в действии. В серверной расположены четыре монтажных шкафа в виде модульных многослотовых конструкций. В одном из них находится активное сетевое оборудование, составляющее основу базовой сети (центральный коммутатор и оборудование подключений к нему), в другом – серверное оборудование. Пассивное кроссовое оборудование (патч-панели) сосредоточено в двух других шкафах (коммутационных). Один из них предназначен, главным образом, для коммутации

оборудования на экспозиции (СКС кат. 6е), другой – для офисного оборудования (СКС кат.5е). В серверной находится также оборудование цифровой учрежденческой автоматизированной телефонной станции (УАТС).

В терминах модели телекоммуникационной системы, предложенной ИТУ, к базовой сети музейной ИКС относится оборудование передачи данных (позволяющее организовать IP-сеть) в составе центрального коммутатора, пользовательских коммутаторов для проводного доступа и устройств, поддерживающих беспроводной доступ. К наиболее значимым элементам сети доступа следует отнести оборудование цифровой УАТС и IP-телефонии.

Оборудование передачи данных и телефонии, таким образом, образует «сетевое ядро» музейной ИКС (рис. 3.1), к которому с помощью структурированной кабельной системы подключены абонентские терминалы в виде телефонов, компьютеров, плазменных панелей, информационных киосков, видеокамер, видеопроекторов и проч., рассредоточенные по всей территории музея.

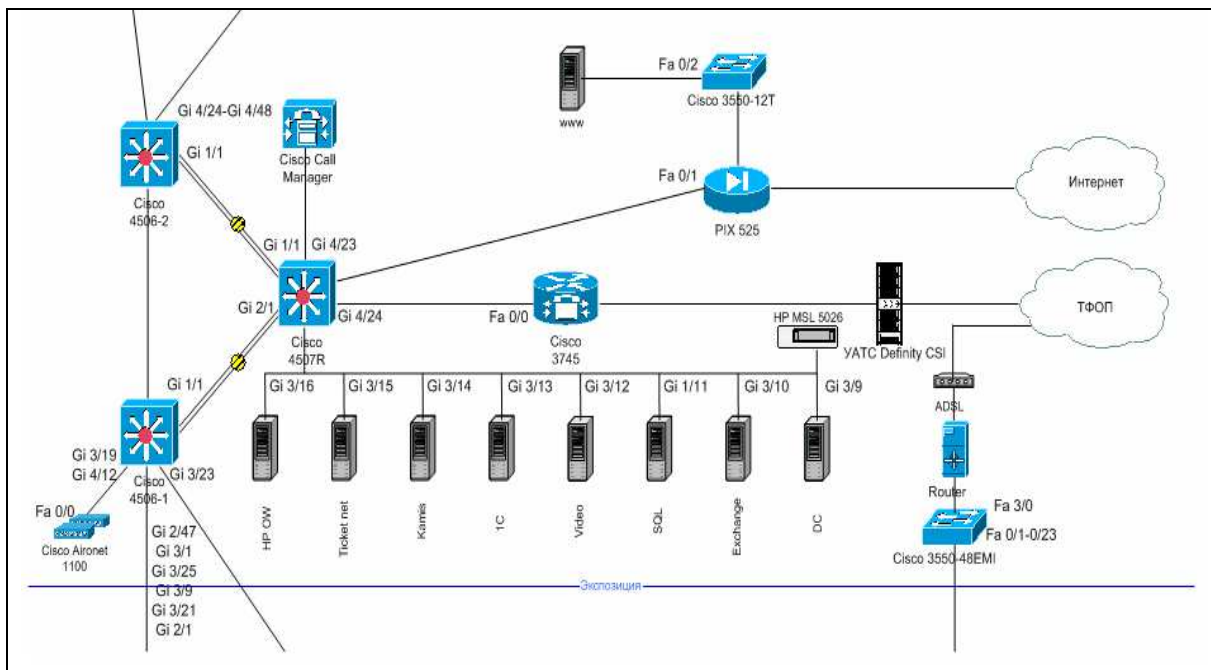


Рис. 3.1. Схема « сетевого ядра » музейной инфокоммуникационной системы

3.1.2. Оборудование передачи данных

Общая характеристика сети передачи данных (коммуникационного оборудования). Сетевая инфраструктура представлена коммутируемой локальной сетью на базе технологии Ethernet 10/100/1000. Интеллектуальная сетевая инфраструктура на базе IP-протокола включает в себя маршрутизаторы, коммутаторы, шлюзы и другое сетевое оборудование. IP-инфраструктура является основой для дальнейшего внедрения пользова-

тельских приложений. В качестве активного сетевого оборудования используется семейство Cisco Catalyst Family Switches, которое отвечает требованиям, предъявляемым к оборудованию масштаба предприятия, таким как максимальная производительность с возможностью наращивания; модульность, дублирование связей, а также возможность горячей замены неисправных узлов. Оборудование Cisco Catalyst Family Switches устанавливается в стойку (монтажный шкаф). В состав стойки входит следующее оборудование: Cisco Catalyst 4507R; Cisco Catalyst 4506; Cisco Catalyst 4506; Cisco PIX Firewall 525; Cisco Catalyst 3550-12T; Cisco Catalyst 3550-48EMI; Cisco 3745.

Центральный коммутатор Cisco Catalyst 4507. В качестве центрального коммутатора используется семислотовый Catalyst 4507R, который является многофункциональным многопротокольным маршрутизатором. Выполняет задачи подключения пользовательских коммутаторов к магистрали, объединение разделяемых серверных ресурсов и регулирование трафика. Многозадачная операционная система (программный продукт – Cisco IOS, от англ. Internetwork Operating System) управляет функциями сетевой организации, маршрутизации, коммутации и передачи данных. Используется два маршрутизирующих модуля Cisco Catalyst Supervisor (основной и дополнительный). Cisco Catalyst 4507R обеспечивает высокую надежность, устойчивость и стабильность при помощи резервирования супервизора. На каждом модуле Supervisor Engine IV имеются по два слота для установки гигабитных интерфейсов GBIC, которые используются для подключения пользовательских коммутаторов. Cisco Catalyst 4507R имеет два резервированных источника питания для сети переменного тока PWR-C45-2800ACV.

Пользовательские коммутаторы для проводного доступа Cisco Catalyst 4506. С целью подключения требуемого для музейной ИКС количества пользователей установлены два шасси Catalyst 4506 (Cisco 4506-1 и Cisco 4506-2) с управляющим модулем Cisco Catalyst Supervisor Engine IV. Производительности этих устройств достаточно для подключения 300 пользователей (работающих, как на скорости 100 Мбит/с, так и на скорости 1000 Мбит/с) к информационной магистрали сети. Коммутаторы Catalyst 4506 соединяются с центральным коммутатором оптическим многомодовым кабелем. Для работы по многомодовому оптическому волокну при подключении к магистрали используются интерфейсные модули GBIC, реализующие гигабитное соединение стандарта 1000BASE-SX. Для коммутации со структурированной кабельной сетью (СКС) используются разъемы RJ-45, расположенные на модуле WS-X4448-GB-RJ45 (Catalyst 4000 48-Port GE Module, 10/100/1000 Base-T RJ45). К пользовательским коммутаторам Catalyst 4506 подключаются экспозиционные автоматизированные рабочие места (АРМ), а также АРМ лекционного зала и место преподавателя. Для

выделения рабочих мест лекционного зала из общей сети они организуют отдельный VLAN. Сегментирование и администрирование АРМ лекционного зала производится администратором ЛВС, выход в Интернет осуществляется через общий сервер доступа, безопасность работы обеспечивается аппаратными и программными средствами мультисервисной сети. Электронный каталог и обучающие программы устанавливаются на серверах и являются общими ресурсами. Также администратором контролируется и при необходимости ограничивается доступ в Интернет.

Коммутатор для групповых проводных подключений Cisco Catalyst 3550. Для подключения пользователей Интернет-центра установлен коммутатор Cisco Catalyst 3550 (WS-C3550-48-EMI). Данный коммутатор имеет 48 портов 10/100BASE-T для подключения пользователей по витой паре, а также два слота для гигабитных модулей, которые можно использовать для подключения к магистрали. Наличие свободных портов обеспечивает возможность расширения. Места пользователей условно подразделяются на места Интернет-центра (только работа в Интернет) и места бизнес-центра (работа в Интернет и офисных приложениях); одно место предусмотрено для работы администратора Интернет-центра.

Точки беспроводного доступа Cisco Aironet 1100. Мобильные пользователи подключаются к музейной ИКС посредством беспроводного Wi-Fi доступа (стандарт IEEE 802.11b). По всему зданию музея размещаются точки доступа (базовые станции) Cisco Aironet 1100. Точное место расположения точек доступа в здании музея связи определено исходя из результатов тестирования. Устройство Cisco Aironet 1100 базируется на высокопроизводительной аппаратной платформе и поддерживает полный набор интеллектуальных сервисов и приложений масштаба предприятия, таких как виртуальные локальные сети, переключение между сетями без прерывания сессии (функциональность Mobile IP), качество услуг (QoS) и возможность модернизации. В свое время Aironet 1100 стало первой точкой доступа Cisco, работающей под управлением Cisco IOS Software – корпоративной операционной системы, разработанной для инфраструктуры проводных сетей, таких как коммутаторы и маршрутизаторы. Cisco Aironet 1100 имеет встроенную всенаправленную антенну и хорошо защищенную систему установки, которая позволила осуществить монтаж устройства в самых разных местах – от стен и пола до поверхностей музейных витрин.

Сетевой фильтр Cisco Pix Firewall. Используется для защиты музейной ИКС от несанкционированного доступа из Интернета, а также разграничения прав доступа внутри сети. В отличие от обычных загружающих процессор проху-серверов, Cisco PIX Firewall основан не на UNIX системе, а на защищенной, встроенной системе реального времени. Надежный, ориентированный на соединение, алгоритм адаптивной защиты ASA строит

свою работу на основе следующих данных о потоке: адрес источника и приемника пакета, номер TCP-последовательности, номер порта и дополнительные TCP-флаги. Эта информация накапливается в таблице, и все входящие и исходящие пакеты проверяются на совпадение с записями таблицы. Cisco PIX Firewall позволяет обслуживать более чем 16000 одновременных соединений, т. е. тысячи пользователей, без потери производительности. Сервера, работающие с Интернет с целью контроля доступа, включены в отдельный порт PIX Firewall.

Виртуальные локальные сети и распределение адресов. Все используемое в музейной сети связи активное сетевое оборудование поддерживает стандартную технологию построения виртуальных локальных сетей (Virtual Local Area Network – VLAN) IEEE 802.1Q. Для обеспечения возможностей по регулированию загрузки сети и внедрения политики безопасности по ограничению доступа к данным музейная ИКС разделена на VLAN-ы по подразделениям (по два VLAN на подразделение с выделенной IP-подсетью на каждую виртуальную группу). Связь между VLAN-ами регулируется коммутатором Catalyst 4507, который имеет развитые средства для идентификации принимаемых пакетов информации по различным признакам с последующей возможностью вводить необходимые ограничения по передаче на основании созданных администратором сети списков доступа (ACL access control list). Для подключения виртуальных локальных сетей музея зарезервирован диапазон адресов 192.168.X.0–192.168.X.255. Каждой информационной структуре выделяется одна подсеть с длиной префикса маски сети 24 бит из диапазона адресов 192.168.0.0 по 192.168.255.255. Такой размер подсети полностью перекрывает все текущие и планируемые потребности музейной ИКС.

3.1.3. Серверное оборудование

Все задачи, которые должна выполнять музейная ИКС, распределены по отдельным серверам (табл. 3.1), что позволяет избежать одномоментного отказа всей информационной составляющей музейной ИКС. При выходе из строя одного из серверов, музей не теряет функциональности всего комплекса, а лишь одного из его узлов. В музее используется серверное оборудование, в основном, компании Hewlett Packard. Оно представлено серверами (HP ProLiant ML370 X2800 – 4 шт., и HP ProLiant DL380 P2800 – 4 шт.) и ленточной библиотекой HP StorageWorks MSL5026SL. Все серверы установлены в отдельной стойке (монтажном шкафу). Там же размещены жидкокристаллический монитор HP TFT5110, клавиатурный переключатель и клавиатура. Сосредоточение оборудования в едином конструктиве обеспечивает простоту его эксплуатации, настройки, ремонта, проведения регламентных работ, безопасность, поддержку гарантированного электропитания.

Таблица 3.1

Распределение задач по серверам	
Сервер	Выполняемые функции
DC server	Сервер контроллера домена и DHCP-сервер. Выполняет функции аутентификации пользователей в сети, распределяет между рабочими местами в музее динамические IP-адреса. Содержит учетные записи, настройки прав, политики т. п. Является сервером резервного копирования данных с остальных серверов
Mail Server	Сервер электронной почты предприятия (e-mail). Обеспечивает функционирование системы обмена электронными сообщениями. Выполняет также функции резервного контроллера домена
1C Server	Сервер 1С, выполняет функции логистики, бухгалтерского учета
MS SQL Server	Сервер базы данных. Обеспечивает работу всех прикладных музейных приложений, функционирующих на основе СУБД MS SQL (информационная система музея, поддерживающая работу экспозиции; библиотечная автоматизированная система и т. п.)
WWW Server	Веб-сервер. Обеспечивает функционирование WEB-сайта и Интернет-сервисов (DNS и проч.)
HP OpenView Server	Сервер системы управления ЛВС HP OpenView. Обеспечивает мониторинг, слежение и управление серверами и активным сетевым оборудованием
Video Server	Сервер предоставления потоковой видео/аудио информации на различные устройства отображения информации в экспозиции. Обеспечивает трансляцию видео/аудио-материалов по запросу. Также выполняет функции сервера хранилища файлов и информации пользователей
КАМИС	Комплексная автоматизированная музейная информационная система, база данных фондов (музейных предметов и документов)
Ticket Net	Автоматизированная система заказов и продажи билетов, а также экскурсионного обслуживания

3.1.4. Оборудование телефонии

Доступ традиционной телефонии и поддержка автоматической телефонной связи музея. В музейную ИКС с целью организации сети доступа (для демонстрации услуг традиционной телефонии на экспозиции) была включена цифровая УАТС Definity (поставщик AVAYA). При покупке оборудования УАТС ее состав был скомплектован с учетом необходимости выполнения двух функций: первая (обозначенная выше) – экспозиционные цели, вторая – обеспечение местной и городской телефонной связью сотрудников музея. УАТС Definity, установленная в серверной музея, имеет кросс и три блока (основной кабинет А, кабинет расширения В, кабинет DECT Comract). Каждый кабинет выполнен в виде многослотовой конструкции. Основной кабинет А (Definity CSI) имеет 8 свободных слотов (из 10) для установки модулей (два первых слота заняты процессорным мо-

дулем и модулем генераторных тональных сигналов). В основном кабинете А находятся интерфейсные платы. Дополнительный кабинет Б (кабинет расширения) имеет 10 слотов для установки модулей, предназначенных главным образом для внутренних подключений абонентских терминалов. Кабинеты смонтированы в серверной на стене вплотную друг к другу, соединяются коротким кабелем (около 600 мм) – в качестве системной шины. УАТС обеспечивает полную поддержку технологии «цифровой сети с интеграцией услуг (Integrated Services Digital network – ISDN)». Все внешние системы имеют подключение к УАТС на первичной скорости ISDN-PRI через кросс станции Definity витой парой 5е категории. Вне помещения серверной комнаты расположены абонентские терминалы: цифровые (включаются в УАТС через платы ISDN-BRI) и аналоговые (включаются в УАТС через платы аналоговых абонентских портов). Все внутренние абоненты включены в кросс УАТС витой парой 3 категории с промежуточной коммутацией на патч-панелях абонентского кросса в коммуникационных шкафах серверного помещения. Пользователям, которым приходится много передвигаться по территории объекта, предоставляется возможность использовать микросотовую связь DECT, обеспечиваемую УАТС. Мобильные терминалы системы Definity DECT имеют такую же функциональность, как и проводные цифровые терминалы. Базовые станции DECT размещены по всему зданию музея.

Доступ IP-телефонии. Используются специализированные цифровые IP-телефоны Cisco, включаемые в коммутируемую локальную сеть Ethernet 10/100/1000. Они обеспечивают как традиционную функциональность цифровых телефонов, так и дополнительную, присущую IP-телефонам Cisco. Управляющий сервер Cisco CallManager обеспечивает управление установлением телефонных соединений и дополнительными сервисами в системе Cisco IP-телефонии. Он также обеспечивает администратора сети средствами для настройки и управления взаимодействием различных компонентов системы IP-телефонии. Управляющий сервер Cisco CallManager располагается в стойке, для серверное оборудование. Он подключен к той же коммутируемой локальной сети Ethernet 10/100. Под управлением Cisco CallManager IP-телефон Cisco реализует такие возможности, как удержание звонка (call hold); перевод звонка (call transfer); перенаправление звонка (call forward); перехват звонка (call park); идентификация вызывающего абонента (calling party identification) и индикация состояния нескольких линий. Для стыковки IP-телефонов с цифровой УАТС и с целью подключения к телефонной сети общего пользования (ТФОП) применяется голосовой шлюз на базе мультисервисного маршрутизатора Cisco 3745. Шлюз переводит голос из домена пакетной IP-коммутации в домен коммутации цепей ТФОП. К телефонной станции шлюз подключается с помощью платы цифровой соединительной линии (СЛ) с интерфейсом E1 (стык ISDN-PRI). Для

этого в шасси маршрутизатора устанавливаются карты NM-HDV-1E1-30 Single-Port 30 Channel E1 Voice/Fax Network Module.

3.1.5. Структурированная кабельная система

Топология структурированной кабельной системы (СКС) музейной ИКС определена архитектурным планом здания, в котором находится музей, сетевой технологией Ethernet (IEEE 802.3) и планом внешних и внутренних подключений пользователей. СКС представляет собой иерархическую кабельную систему здания, разделенную на структурные подсистемы. СКС музейной сети по своей архитектуре соответствует схеме «иерархическая звезда». Такая архитектура (одноточечного управления) обеспечивает соединение всех рабочих мест с главным кроссом.

Структурированная кабельная система состоит из следующих подсистем: рабочие места, предназначенные для подключения к кабельной сети различных оконечных устройств (состоит из соединительных шнуров, удлинителей); горизонтальная (связывает подсистемы рабочих мест с другими подсистемами в соответствии с выбранной архитектурой сети, обеспечивает подключение модулей розеток к кроссовому оборудованию); вертикальная (соединяет между собой этажи здания, обеспечивает связь и согласование горизонтальных подсистем, включает медный и в некоторых местах оптический кабель); управления (обеспечивает управление кабельной системой, состоит из кроссового оборудования, объединяющего горизонтальную и вертикальную подсистемы); главный кросс (обеспечивает соединение внешней подсистемы с вертикальной подсистемой с сетевым интерфейсом, состоит из кросс-панелей и соединительных шнуров).

Основные соединения в структурированной системе выполняют стандартным кабелем с четырьмя неэкранированными витыми парами. Горизонтальная составляющая кабельной сети реализована с помощью неэкранированной витой пары категории 6.

На рабочих местах установлены розетки с модулем типа RJ-45. Унифицированная проводка (4 витые пары + RJ-45) применяется для передачи всех видов сигналов – голоса, данных, видео, а также мультимедиа и графики. Для всех видов оконечного оборудования (абонентских терминалов) во всех помещениях музея применены однотипные розетки, но с разным количеством модулей (минимум 2). Они смонтированы на стенах офисных помещений и в фальшполах экспозиции.

При перемещении внутри здания рабочих мест персонала и экспозиционных рабочих мест достаточно аппаратуру из одних помещений перенести в другие и сделать необходимые переключения на кроссировочных панелях.

Длина кабельного сегмента между центральным оборудованием и конечным узлом не превышает 100 м. Для монтажа кабеля в подпотолочном

пространстве использованы металлические лотки и пластиковые трубы. Для монтажа кабеля в рабочих помещениях использованы пластиковые коробки. В помещении атриума прокладка кабеля выполнена в закладных стальных трубах в бетонном основании. В помещениях с фальшполом прокладка кабеля осуществляется в пластиковых трубах под фальшполом.

3.1.6. Электропитание и заземление

Электропитание. Музейную ИКС с учетом состава применяемого оборудования можно считать электроприемником I категории по классификации, рекомендованной «Инструкцией по проектированию электроустановок предприятий и сооружений электросвязи, проводного вещания, радиовещания и телевидения» ВСН 332-93 Минсвязи России. Электропитание таких устройств необходимо выполнять от 2 независимых вводов с их автоматическим переключением (или 1 ввод + ввод АДЭС) и обеспечивать резервирование от батареи источника бесперебойного питания (ИБП) на время, превышающее время переключения вводов (5–15 мин) в соответствии с этими требованиями, оборудование музейной ИКС обеспечивается электропитанием гарантированным напряжением 220 В от ИБП. В свою очередь, ИБП (PowerWare 9305) запитан от силового щита, электропитание которого выполнено от двух независимых вводов с их автоматическим переключением. Аккумуляторные батареи ИБП обеспечивают время резервирования до 20 мин (при 100 % нагрузке), что перекрывает время автоматического переключения источников электропитания.

Заземление. Все металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением в результате нарушения изоляции, имеют надежную гальваническую связь с заземленным нулем источников питания. Защитное заземление и зануление оборудования выполнено посредством его подключения штатными трехжильными сетевыми шнурами к существующим евророзеткам 220 В. Заземляющие контакты евророзеток соединены с шиной защитного зануления электрических щитов. Таким же способом заземлены металлоконструкции монтажных шкафов. Все элементы системы заземления имеют непосредственный гальванический контакт и объединяются на общем контуре заземления.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам музейная сеть может быть отнесена к инфокоммуникационным сетям?
2. По каким признакам музейная сеть может быть отнесена к мультисервисным сетям?
3. Какие задачи решает музейная ИКС?
4. Где располагается оборудование музейной ИКС?
5. Какое оборудование в музейной ИКС выполняет роль «транспорта»?

6. Какие абонентские терминалы (оконечные устройства) подключены к музейной ИКС?
7. На базе какой технологии построена коммутируемая локальная сеть?
8. Какие функции в музейной ИКС возложены на коммутатор Cisco Catalyst 4507R?
9. Какие функции в музейной ИКС возложены на коммутатор Cisco Catalyst 3550?
10. Какое оборудование в музейной ИКС защищает от несанкционированного доступа со стороны Интернета?
11. Какое оборудование поддерживает беспроводной доступ в музейную ИКС?
12. Каким образом в музейной ИКС поддерживается технология построения VLAN?
13. Какие серверы участвуют в процессе информационного обеспечения административной музейной деятельности?
14. Какие серверы участвуют в процессе поддержки музейной деятельности по учету и хранению фондов?
15. Как организована в музее традиционная телефонная связь?
16. Каким образом в музее поддерживается беспроводная телефонная связь?
17. С помощью какого интерфейса к цифровой УАТС подключаются абонентские терминалы?
18. С помощью какого интерфейса осуществляется внешнее подключение цифровой УАТС к ТФОП?
19. Какое оборудование музейной ИКС обеспечивает IP-телефонию?
20. Каковы функции управляющего сервера Cisco CallManager?
21. Какие функции в музейной ИКС возложены на мультисервисный маршрутизатор Cisco 3745?
22. Чем определяется топология СКС в музейной ИКС?
23. Какие подсистемы входят в состав СКС, смонтированной в здании музея?
24. Как организовано электропитание оборудования музейной ИКС?
25. Как осуществляется заземление оборудования музейной ИКС?

3.2. Порядок проведения практического занятия

Тема. Принципы построения инфокоммуникационных сетей на примере музейной сети связи.

Цель. Посредством знакомства с реальным телекоммуникационным и серверным оборудованием, а также схемой организации связи в музее, трансформировать теоретические знания студентов в практическое понимание основ построения инфокоммуникационных систем и сетей.

Место проведения. Центральный музей связи имени А. С. Попова.

Применяемое оборудование и материалы. Оборудование музейной инфокоммуникационной сети (ИКС), установленное в серверной. Маршрутный лист. Схема «сетевого ядра» музейной ИКС.

Длительность. 2 академических часа.

Организация учебного процесса

№	Наименование	Время, акад. ч	Место
1	Устный опрос с целью проверки теоретических знаний по контрольным вопросам. Постановка задачи перед посещением серверной и выдача маршрутного листа с заданиями	0,5	Компьютерный класс
2	Ознакомление с оборудованием, установленным в серверной. Заполнение маршрутного листа с практическими заданиями № 1–3	0,5	Серверная
3	Выполнение практического задания № 4. Сравнение и установление соответствия данных маршрутного листа (состав реального оборудования) со схемой «сетевого ядра» музейной ИКС	0,5	Компьютерный класс
4	Обсуждение принципов построения музейной ИКС. Формирование выводов по теме. Сдача выполненных практических заданий (маршрутного листа и схемы «сетевого ядра» музейной ИКС) преподавателю	0,5	Компьютерный класс

3.3. Методические указания по выполнению заданий

1. Перед выполнением практических заданий необходимо ознакомиться с общими принципами построения музейной ИКС и составом оборудования, уметь уверенно отвечать на контрольные вопросы, представленные в п. 3.1. Особое внимание следует обратить на состав оборудования музейной ИКС, представленный на рис. 3.1. «Схема «сетевого ядра» музейной инфокоммуникационной системы».

2. Маршрутный лист и схема «сетевого ядра» музейной ИКС должны быть подписаны с указанием ф.и.о. студента, номера группы, даты.

3. Ознакомление с оборудованием в серверной производится в присутствии представителя технического отдела музея, которому можно задать интересующие вопросы по теме.

4. Практические задания, которые необходимо выполнить в процессе ознакомления с оборудованием в серверной, оформлены в виде маршрутного листа.

5. Темы практических заданий:
- а) задание № 1. Состав оборудования музейной ИКС;
 - б) задание № 2. Оборудование передачи данных музейной ИКС;
 - в) задание № 3. Серверное оборудование музейной ИКС;
 - г) задание № 4. Сравнительный анализ состава оборудования в серверной со схемой «сетевого ядра» музейной ИКС.

Задание № 1. Практическое задание «Состав оборудования музейной ИКС» иллюстрирует рис. 3.2. Необходимо вписать номера соответствующих названий в схему расположения оборудования в серверной.

Состав оборудования музейной ИКС, расположенное в серверной

Вход

?	Источник бесперебойного питания (ИБП)
?	Коммутационный шкаф (СКС кат.5е)
?	Коммутационный шкаф (СКС кат.6е)
?	Кондиционер
?	Кросс УАТС
?	Оборудование передачи данных
?	Серверное оборудование
?	Щит источника бесперебойного питания
?	УАТС

Вид по стрелке А

?	УАТС
?	УАТС-ДЕСТ
?	Кросс УАТС
?	Кондиционер

Рис. 3.2. Практическое задание «Состав оборудования музейной ИКС»

Задание № 2. Практическое задание «Оборудование передачи данных музейной ИКС» иллюстрирует рис. 3.3.

В таблице представлен перечень оборудования, расположенного в монтажном шкафу. Необходимо определить, где конкретно располагается каждый из перечисленных блоков; осмотреть конструктив, выявить общие черты и отличия.

Разобравшись с местоположением блоков в стативе, следует заполнить клеточки с вопросами, вписав туда номер «посадочного места» блока в шкафу.

Состав оборудования передачи данных музейной ИКС



?	Cisco Catalyst 4507
?	Cisco Catalyst 4506
?	Cisco Catalyst 4506
?	Cisco PIX Firewall 525
?	Cisco Catalyst 3550-12T
?	Cisco Catalyst 3550-48EMI
?	Cisco 3745

Рис. 3.3. Практическое задание «Оборудование передачи данных музейной ИКС»

Задание № 3. Практическое задание «Серверное оборудование музейной ИКС» иллюстрирует рис. 3.4.

В таблице представлен перечень оборудования, расположенного в монтажном шкафу. Необходимо определить, где конкретно располагается каждый из перечисленных блоков; осмотреть конструктив, выявить общие черты и отличия.

Разобравшись с местоположением блоков в стативе, следует заполнить клеточки с вопросами, вписав туда номер «посадочного места» блока в шкафу.

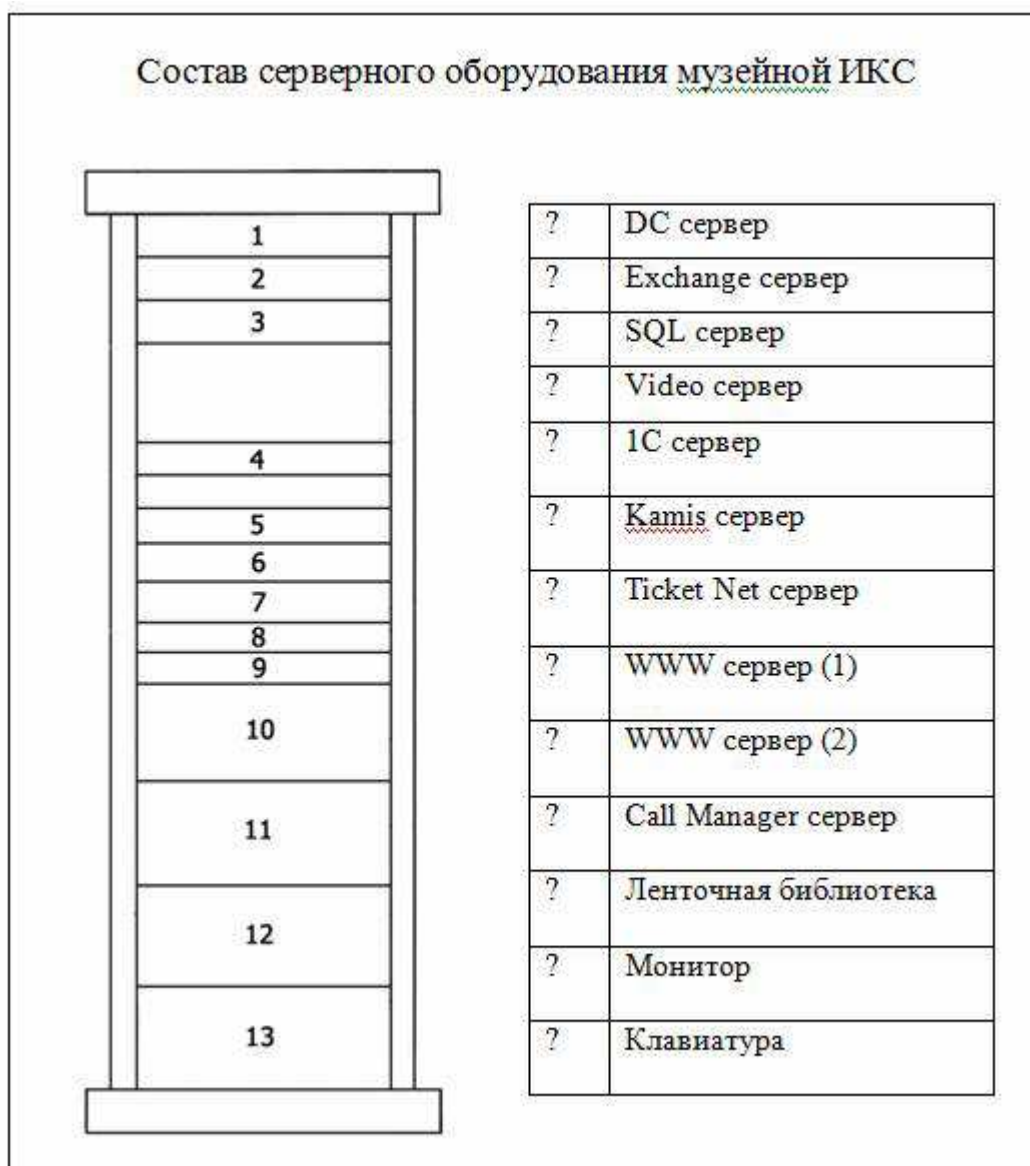


Рис. 3.4. Практическое задание «Состав оборудования музейной ИКС»

Задание № 4. Практическое задание «Сравнительный анализ состава оборудования в серверной со схемой «сетового ядра» музейной ИКС». Необходимо определить, какое место в схеме занимает реальное оборудование, установленное в серверной. Для этого необходимо выделить и подписать на схеме «сетового ядра» музейной ИКС три блока: «Оборудование передачи данных», «Оборудование телефонии», «Серверное оборудование».

4. АНАЛИЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДОСТУПА К МУЗЕЙНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

4.1. Порядок проведения практического занятия

Тема. Цифровая телефония в музейной экспозиции.

Цель. Приобретение навыков «чтения» схем и анализа заказных спецификаций на оборудование, а также разработки технических решений по подключению отдельных абонентских терминалов (оконечных устройств) к инфокоммуникационной сети.

Место проведения. Центральный музей связи имени А. С. Попова.

Применяемое оборудование и материалы. Оборудование музейной инфокоммуникационной сети (ИКС), установленное в экспозиционном разделе «Современная связь». Схема « сетевого ядра » музейной ИКС.

Длительность. 2 академических часа.

Организация учебного процесса

№	Наименование	Время, акад. ч	Место
1	Разделение студентов на небольшие группы (по 4–5) человек и распределение заданий между группами. Постановка задачи	0,5	Компьютерный класс
2	Ознакомление с экспозиционными абонентскими терминалами, подключенными к музейной ИКС и определение тех, которые имеют отношение к полученному практическому заданию	0,5	Экспозиция (атриум)
3	Работа в группе: анализ или разработка технического решения (в соответствии с полученным заданием) и отражение принципа его реализации на схеме « сетевого ядра » музейной ИКС. Подготовка 3-минутной презентации	0,5	Компьютерный класс
4	Представление подготовленных презентаций	0,5	Компьютерный класс

4.2. Практические задания и методические рекомендации по их выполнению

4.2.1. Задание № 1. «Цифровая телефония в музейной экспозиции»

Задание

На основании анализа заказной спецификации на приобретение цифровой УАТС Definity необходимо дополнить схему « сетевого ядра » музейной ИКС недостающими элементами внешних и внутренних подключений.

Исходные данные

1. Схема «сетевого ядра» музейной ИКС и ее описание. Сведения представлены в п. 3.1 данного учебного пособия.

2. Общие сведения о технологии ISDN. ISDN – Integrated Services Digital Network (интегральная сеть цифрового обслуживания). Технология разработана в 1970-х гг. Основана на коммутации каналов. Информация передается в цифровом виде: ИКМ-речь + данные. Привлекательность ISDN в начальный период развития заключалась в возможности одновременного обмена речью, текстом, данными и даже подвижными изображениями по стандартным аналоговым телефонным линиям. Абонентский доступ ISDN имеет два варианта реализации – базовый (BRI – basic rate interfase) и первичный (PRI – primary rate interfase). Базовый доступ осуществляется по обычной двухпроводной медной паре, которая используется в аналоговой телефонии. Условное обозначение интерфейса (2B+D), т. е. два информационных канала и один канал сигнализации. Базовый доступ осуществляется по двухпроводной медной паре, которая используется обычно в аналоговой телефонии. Условное обозначение интерфейса (2B+D), т. е. 2 информационных канала и один канал сигнализации. Первичный доступ осуществляется с использованием четырехпроводной медной линии, по которой в аналоговых телефонных сетях передаются потоки E1 (2 Мбит/с). Условное обозначение интерфейса (30B+D), т. е. 30 информационных каналов и один канал сигнализации.

3. Общие сведения о спецификациях. Разработка спецификации оборудования, изделий и материалов для проектной документации регламентирует ГОСТ 21.110-95. Спецификация должна оформляться в виде таблицы, включающей следующие графы: Позиция; Наименование и техническая характеристика; Тип, марка обозначение документа, опросного листа; Код оборудования, изделия, материала; Завод-изготовитель; Единица измерения; Количество; Масса единицы, кг. Унифицированная форма спецификации рассчитана на все случаи: производство, плановые расчеты, закупки и проч. Узаконенного толкования термина «заказная спецификация» не существует. В рассматриваемом варианте спецификация названа «заказной», так как телекоммуникационное оборудование (в том числе и приводимая в качестве примера УАТС) покупается в комплектации, которая формируется «под заказ».

4. Заказная спецификация на приобретение цифровой УАТС Definity

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код оборудов., изделия, материала	Единица измерения	Кол-во
1	2	3	4	5	6
1	Avaya Definity Server CSI		Bundle 1a		1

1	2	3	4	5	6
2	Дополнительная лицензия на 1 абонентский/транковый порт	BASIC SSP SFTW LIC 1PT	175228	Лицензия на 1 аб./транк. порт	69
3	Кабинет расширения для Definity csi (СМС-кабинет)	DEF CSI EXP CAB	106946	Кабинет	1
4	Соединительный кабель для вертикального крепления	DEF CABL TDM LAN VRTL	117720	Кабель, шт.	1
5	Плата цифровой СЛ с интерфейсом E1 (1 поток)	TN2464BP	151422	Плата	3
6	Кабель для платы TN2464BP	DEF DSI CABLE	102938	Кабель, шт.	3
7	Плата аналоговых двухпроводных СЛ (8 портов)	TN747B	105167266	Плата	1
8	Плата цифрового абонентского интерфейса ISDN BRI S (12 портов)	TN556D	108267097	Плата	1
9	Плата аналоговых абонентских портов (24 порта)	TN2793B	108551763	Плата	1
10	Базовое программное обеспечение Audix	DEF AUD VLCTY SRVR LIC- INTL ON- LY R4.0	108741844	Программа	1
11	Система голосовой почты Audix (4 порта/100 ч/100 открытых лицензий на голосовые почтовые ящики)	DEF AUD VLCTY CUST 100X4 R4	120056	Плата	1
12	Базовый стив системы микросотовой связи	DEF WRLS DECT SHELF STARTER KIT	114262	Стив	1
13	Блок питания для базового стива или стива расширения	DEF WRLS DECT PWR SUP AC INPUT DC OUTPUT	407960335	Блок	1
14	Кабель питания	PWR CORD 98IN EUROPE 12013S	407786623	Кабель, шт.	1
15	Плата для подключения 4 базовых станций и одного потока ISDN PRI	DEF WRLS DECT CCC PRI EXPA-NDER KIT	114282	Плата	1

1	2	3	4	5	6
16	Плата для подключения 4 базовых станций	DEF WRLS DECT CCC EXPA- NDER KIT	115075	Плата	2
17	Базовая станция на 6 каналов	DEF WIRE- LESS DECT R2 6CH KIT	114303	BS	12
18	Мобильный аппарат	WT9620	161146	Ап-т	30
19	Зарядное устройство для WT9620	DEF WRLS DECT WT9620 CHARGER	700031321	Устр-во	30
20	Блок питания для зарядного устройства	DEF WRLS DECT WT9620 PWR SUPP	700031289	Блок	30
21	Лицензия на 1 мобильного абонента	X-STATION MOBILITY RTU LIC	173566	Лицензия	30
22	Плата классификатора вызовов	TN744E	700059645	Плата	1
23	Кроссовый комплект с кабелями для кабинета Definity CSI (СМС-кабинет)	DEF PROLODIX CONN MODLR 110A HRDW	847987187	Комплект	2
24	Катушка с кроссировочным кабелем (300 м)	DEF WIRE 1 PR 24 GAUDE SPOOL 1000 (Y/B)	108628892	Катушка	3
25	Цифровой телефон	6408D+ (grey)	700020126	Телефон	7
26	Цифровой телефон 6424D (grey)	TELSET 6424D02B (90) INTL GRY CLASS B	108807553	Телефон	3
27	Консоль расширения на 24 кнопки к аппаратам 6416D и 6424B (grey)	Expansion Mod 6416/24D +M Global Gray	108544511	Консоль	3
28	Блок питания для консоли расширения	PWR UPS KIT 1151A1 W/FILTER CORD EU	170057	Блок	3
29	TIPTTEL 192			Ап-т	2
30	DIALOG 3145/MW			Ап-т	7
31	DIALOG 3185 PREMIUM			Ап-т	5

Рекомендации к выполнению задания № 1

1. Используя материал прошлого практического занятия (разд. 3 данного учебного пособия) и схему «сетевого ядра» музейной ИКС, выделите задачи, решаемые УАТС Definity. Особое внимание обратите на характер внешних и внутренних подключений, четко разделив их на две группы – индивидуальные и групповые.

2. Прочитайте представленную в исходных данных информацию о технологии ISDN, обратив особое внимание на интерфейсы BRI и PRI.

3. Вспомните материал прошлого практического задания (п. 3.1) в отношении состава оборудования телефонии, установленного в серверной.

4. Изучите позиции заказной спецификации, затем разделите их на следующие элементы: конструктивы, порты PRI, порты для подключения внешних СЛ, порты BRI, аналоговые абонентские порты, абонентские терминалы (по отдельности цифровые и аналоговые телефонные аппараты), вспомогательное оборудование и материалы.

5. Нанесите на схему «сетевого ядра» музейной ИКС цифровые телефонные аппараты, проверив, достаточно ли портов BRI. Если да, то укажите их свободный остаток.

6. Нанесите на схему «сетевого ядра» музейной ИКС аналоговые телефонные аппараты, проверив, достаточно ли портов аналоговых абонентских портов. Если да, то укажите их свободный остаток.

7. Нанесите на схему «сетевого ядра» музейной ИКС блок микросотовой связи DECT и мобильные телефонные трубки DECT.

8. «Расшифруйте» на схеме «сетевого ядра» музейной ИКС линию связи с ТФОП, обозначив соответствующие порты из спецификации, с учетом внешних подключений – с одним провайдером цифровой телефонии и с двумя провайдерами аналоговой телефонии по соединительным линиям.

4.2.2. Задание № 2. «WEB-таксофонная связь в музейной экспозиции»

Задание

Разработать возможные технические решения по подключению WEB-таксофона, расположенного в музейной экспозиции, к внешним сетям с целью обеспечения обмена, как голосовой информацией, так и текстовой/видео.

Исходные данные

1. Общие сведения о WEB-таксофоне. WEB-таксофон – это многофункциональное устройство, объединяющее традиционный таксофон и терминал для работы в Интернете, оснащенный фотокамерой. С его помощью могут предоставляться различные мультисервисные услуги, такие как городская, междугородная и международная телефонная связь; доступ к

справочно-информационным службам; Интернет-доступ; отправка сообщений по электронной почте; отправка фотографий, сделанных встроенной фотокамерой, по электронной почте; отправка SMS. Для передачи данных, в том числе для работы в сети Интернет, WEB-таксофон чаще всего использует технологию ADSL со скоростью передачи до 8 Мбит/с в сторону терминала. Также возможно применение технологии ISDN.

2. Общие сведения о технологии ADSL. ADSL является аббревиатурой от Asymmetric Digital Subscriber Line, что в переводе обозначает «асимметричная цифровая абонентская линия». Асимметричность данной технологии проявляется в том, что пропускная способность канала в направлении пользователь-провайдер и наоборот не одинакова. В результате, на одной аналоговой телефонной линии образуется три канала связи: скоростной канал передачи данных из Интернета в компьютер со скоростью до 8 Мбит/с, обратный канал передачи данных из компьютера в Интернет с невысокой скоростью, достигающей 1 Мбит/с, а также обычный канал телефонной связи. Технология ADSL позволяет осуществлять телефонные разговоры одновременно с доступом в Интернет, так как все три перечисленных канала занимают в полосе частот разные позиции. Передача данных ведется в так называемом надтональном спектре (выше стандартного телефонного канала 0,3–0,4 кГц). Для реализации технологии ADSL провайдер должен иметь на АТС специальное оборудование – DSL-концентратор (DSLAM) и ADSL-модемы для связи с клиентами. У клиента должен быть ADSL-модем и Сплиттер (разделитель). Сплиттер, содержащий в своем составе два фильтра, разделяет трафик телефонии и передачи данных.

3. Общие сведения о технологии ISDN. ISDN – Integrated Services Digital Network (интегральная сеть цифрового обслуживания). Технология разработана в 1970-х гг. Основана на коммутации каналов. Информация передается в цифровом виде: ИКМ-речь + данные. Привлекательность ISDN в начальный период развития заключалась в возможности одновременного обмена речью, текстом, данными и даже подвижными изображениями по стандартным аналоговым телефонным линиям. Абонентский доступ ISDN имеет два варианта реализации – базовый (BRI – basic rate interface) и первичный (PRI – primary rate interface). Базовый доступ осуществляется по обычной двухпроводной медной паре, которая используется в аналоговой телефонии. Условное обозначение интерфейса (2B+D), т. е. два информационных канала и один канал сигнализации. Базовый доступ осуществляется по двухпроводной медной паре, которая используется обычно в аналоговой телефонии. Условное обозначение интерфейса (2B+D), т. е. 2 информационных канала и один канал сигнализации. Первичный доступ осуществляется с использованием четырехпроводной медной линии, по которой в аналоговых телефонных сетях передаются потоки

E1 (2 Мбит/с). Условное обозначение интерфейса (30B+D), т. е. 30 информационных каналов и один канал сигнализации.

Рекомендации к выполнению задания № 2

1. Прочитайте информацию о WEB-таксофоне и определите состав оборудования в помещении пользователя.

2. Ознакомьтесь с краткой информацией о технологии ADSL и ответьте на вопрос, есть ли в составе музейной ИКС устройства, необходимые для сопряжения WEB-таксофона с ТФОП. Если нет, то каких именно? Обсудите этот вопрос с преподавателем.

3. Нанесите на схему музейной ИКС дополнительные элементы и подключения, необходимые для вариантов подключения WEB-таксофона к внешним сетям по технологии ADSL.

4. Ознакомьтесь с краткой информацией о технологии ISDN и ответьте на вопрос, есть ли в составе музейной ИКС устройства, необходимые для сопряжения WEB-таксофона с ТФОП по технологии ISDN. Если нет, то каких именно? Обсудите этот вопрос с преподавателем.

5. Нанесите на схему музейной ИКС дополнительные элементы и подключения, необходимые для вариантов подключения WEB-таксофона к внешним сетям по технологии ISDN.

4.2.3. Задание № 3. «IP-телефония в музейной экспозиции»

Задание

Необходимо разработать схему демонстрационной IP-сети на базе оборудования «сетевого ядра» музейной ИКС и экспозиционных привитринных телекоммуникационных модулей с целью интерактивного показа в экспозиционном разделе «Современная связь» возможностей IP-телефонии.

Сеть IP-телефонии должна включать в себя сетевое оборудование и так называемые АРМ посетителя – пользовательские места на экспозиции (IP-телефоны в количестве 6 шт., телефон традиционной телефонии в количестве 1 шт., а также средства отображения информационных комментариев).

Исходные данные

1. Схема «сетевого ядра» музейной ИКС и ее описание. Сведения представлены в п. 3.1 данного учебного пособия.

2. Общие сведения о IP-телефонии. Термин «IP-телефония» отражает факт реализации телефонных переговоров с использованием протокола межсетевое взаимодействия (Internet Protocol). IP-телефония, по сути, является одним из системных приложений компьютерной телефонии. Компьютерную телефонию, возникшую в середине 1990-х гг., поддерживала

программа голосового интернет-чата VocalTec iPhone. Она позволяла осуществлять голосовые соединения через Интернет с помощью микрофона и наушников (или колонок), подключенных к звуковой плате ПК. Внедрение IP-телефонии существенно изменило подход к обеспечению телефонной связи. В телефонии с начала XX в. использовались коммутируемые каналы с гарантированной полосой пропускания, чем и обеспечивалась непрерывная связь. Каждому абоненту при этом выделялась отдельная линия связи. В IP-телефонии используется коммутация не каналов, а пакетов. При коммутации пакетов несколько пользователей используют один и тот же канал. Уплотняя трафик (путем разбиения на пакеты непрерывного разговора) и эффективно заполняя ими доступный канал, можно существенно понизить стоимость использования дорогого цифрового канала для каждого отдельного пользователя. В этом смысле стоимость разговоров для абонента IP-телефонии значительно ниже соединения через традиционную ТФОП. По IP-сетям наряду с речью стало возможным осуществлять передачу данных, текста и видео. Начиная с 2001 г., услуги IP-телефонии стали по-настоящему массовыми. Важным рубежом, который тогда перешагнула IP-телефония, стал ее приход в корпоративную среду. IP-телефония внедрялась в корпоративные сети, как со стороны телефонии, так и со стороны передачи данных. Первое направление – это разработка новых УАТС, способных коммутировать не только каналы, но и пакеты. Второе направление – это разработка программных коммутаторов (CallManager) и голосовых шлюзов для работы с традиционными телефонными коммутаторами. В музее представлены оба этих направления и в разделе «Современная связь» показывается, что для внутрикорпоративного обмена информацией часто используют возможности IP-телефона по проведению аудиоконференций, созданию корпоративных телефонных справочников и программ поддержки текущей деятельности, таких, как например, ресторанные меню, график приема врачей в поликлинике и т. п. Используемые в музее IP-телефоны подключаются непосредственно в сетевой разъем Ethernet RJ45, отличающийся от традиционного телефонного разъема RJ11. Они имеют техническую возможность стыковаться с 10BaseT Ethernet (RJ-45). Связь между IP-телефонами и традиционными телефонами осуществляется с помощью голосового шлюза.

3. Сведения о привитринных телекоммуникационных модулях.

В основном пространстве Атриума (экспозиционный раздел «Современная связь») находятся 6 витрин с телекоммуникационными модулями, позволяющими осуществлять подключения различного оборудования. К стороне витрины размером 1720 мм примыкает телекоммуникационный модуль (с монитором и системным блоком), обеспечивающий возможность подключения еще 2 мониторов и 2 системных блоков, а также обеспечивающий возможность выхода в СКС музея (RJ45). Для демонстрации изобра-

жений или видео в реальном времени в экспозиции используются сенсорные мониторы TouchScreen.

Рекомендации к выполнению задания № 3

1. Изучите представленную в исходных данных информацию о IP-телефонии, обращая внимание на типовой состав оборудования, возможность совместной работы с традиционной телефонной связью и способ подключения к сети IP-телефонов.

2. Используя материал прошлого практического занятия (разд. 3 данного учебного пособия), выделите в схеме « сетевого ядра » музейной ИКС устройства, участвующие в обмене IP-трафиком внутри музея.

3. Найдите на схеме « сетевого ядра » музейной ИКС устройство, позволяющее обмениваться голосовой информацией между абонентами IP-телефонии и традиционной телефонии.

4. Прочитайте сведения о привитринных телекоммуникационных модулях и осмотрите их на месте (в атриуме, где располагается экспозиционный раздел « Современная связь »). Обратите внимание на то, как представленные на экспозиции IP-телефоны и традиционные телефоны посредством СКС включаются в музейную ИКС.

5. Нанесите на схему « сетевого ядра » музейной ИКС дополнительные элементы и подключения, необходимые для реализации демонстрационной сети, обеспечивающей взаимосвязь шести IP-телефонов и одного телефона из состава традиционной УАТС

4.2.4. Задание № 4.

«RFID-метки в инвентаризации музейных предметов»

Задание

Необходимо разработать техническое решение, поддерживающее использование RFID-меток для инвентаризации музейных предметов аппаратного фонда. Техническое решение должно содержать две схемы.

Первая схема (для экспозиции) должна показывать, как организуется связь устройства считывания меток с сервером КАМИС (музейной базой данных) в основном здании музея на ул. Почтамтской.

Вторая схема (для территориально удаленного хранилища аппаратных фондов на ул. Пилютова) должна показывать, как при инвентаризации аппаратных фондов обеспечивается территориально удаленный доступ к серверу КАМИС.

Исходные данные

1. **Схема « сетевого ядра » музейной ИКС и ее описание.** Сведения представлены в п. 3.1 данного учебного пособия.

2. Общие сведения о технологии RFID. Технология радиочастотной идентификации (РЧИ или RFID – Radio Frequency Identification) основывается на использовании небольших по размеру и невысоких по стоимости радиоответчиков, называемых радиометками или метками (транспондерами). В состав оборудования, поддерживающего технологию RFID, кроме метки, содержащей закодированные данные о музейном предмете, входит считыватель информации (Reader), имеющий антенну; устройство для обработки информации – компьютер. Антенна считывателя испускает радиосигнал малой мощности, который улавливается антенной радиозначка и запрашивает встроенную в радиозначку микросхему. Используя эту энергию, радиометка, находящаяся в радиополе считывателя, вступает с ним в радиообмен для самоидентификации и передачи данных. Частоты электромагнитного излучения считывателя и обратного сигнала, передаваемого меткой, значительно влияют на характеристики работы радиочастотной системы в целом. Как правило, чем выше диапазон рабочих частот системы RFID, тем больше дальности, на которых считывается информация с радиочастотных меток. Наименьшими размерами и стоимостью обладают пассивные метки класса Read Only (только чтение) и малой дальности (расстояние до считывателя не более 2 м). Полученную от радиометки информацию считыватель пересылает контролирующему компьютеру для обработки и управления. На контролирующем компьютере устанавливается специальное программное приложение, управляющее обменом информацией с базой данных. В зависимости от объема решаемых задач, центральный компьютер, на котором находится база данных, может быть обычным персональным компьютером, мэйнфреймом или мини-компьютером, или сетью из нескольких компьютеров.

3. Сведения о комплексной автоматизированной музейной информационной системе (КАМИС). Сетевая комплексная автоматизированная система КАМИС 2000, установленная на сервере КАМИС, предназначена для автоматизации решения учетных и научно-хранительских задач в отделах музея. Система представляет информацию, комментирующую и объясняющую сюжетную и тематическую основу экспозиции; информацию о музейных предметах, находящихся в экспозиции и в фондохранилищах. Кроме того, система представляет информацию из классификаторов и справочников, и ее взаимосвязи с музейными экспонатами. Электронный каталог КАМИС обладает интерфейсом, обеспечивающим эффективный поиск и навигацию. Система интегрирована с музейной базой данных.

4. Зона внедрения технологии RFID. Растространяется на экспозицию (ул. Почтамтская) и на хранилище аппаратных фондов (ул. Пилютова).

Рекомендации к выполнению задания № 4

1. Изучите представленную в исходных данных информацию о технологии RFID, зонах ее внедрения в музее и краткую справку о системе КАМИС. Определитесь с составом оборудования, необходимого для инвентаризации музейных предметов методом считывания RFID меток, прикрепленных к музейным предметам.

2. Для первого варианта (инвентаризация в здании музея). Изучите описание схемы «сетевого ядра» музейной ИКС и выделите устройства, поддерживающие поставленную задачу. Отметьте на схеме музейной ИКС выделенные устройства. Нанесите на схему музейной ИКС дополнительные элементы и подключения.

3. Для второго варианта (инвентаризация в территориально удаленном хранилище). Предложите вариант удаленного подключения (через Интернет) к серверу КАМИС (ул. Почтамтская, 7) компьютера, работающего с метками в хранилище (ул. Пилютова). Отметьте на схеме музейной ИКС устройства, задействованные для этого варианта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Величко, В. В. Основы инфокоммуникационных технологий : учебное пособие для вузов / В. В. Величко, В. П. Шувалов, Г. П. Катунин / под ред. проф. В. П. Шувалова. – М. : Горячая линия-Телеком, 2009. – 172 с.

Дополнительная

2. Перспективные телекоммуникационные технологии / Под ред. Л. Д. Реймана, Л. Е. Варакина. – М. : МАС, 2001. – 256 с.

3. Гольдштейн, Б. С. Сети связи : учебник для вузов / Б. С. Гольдштейн, Н. А. Соколов, Г. Г. Яновский. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.

4. Кох, Р. Эволюция и конвергенция в электросвязи / Р. Кох, Г. Г. Яновский. – М. : Радио и связь, 2001. – 280 с.

5. Бутенко, В. В. Основные направления развития цифрового ТВ-вещания в России / В. В. Бутенко // Электросвязь. – 2013. – № 11.

Электронные ресурсы

6. Перспективы 4G в России // URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5004700.html> (дата обращения: 12 ноября 2013).

7. Таблица распределения полос частот между радиослужбами РФ // URL: http://www.rfs-rf.ru/rfs/sprav_info/tab1_chastot/index.htm (дата обращения: 2 апреля 2014).

Борисова Нина Александровна

ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий

Редактор *Л. К. Паршина*
Компьютерная верстка *Е. А. Головинской*

План 2014 г., п. 16

Подписано к печати 18.09.2014 г.
Объем 5,25 усл.-печ. л. Тираж 50 экз. Заказ 512

Редакционно-издательский центр СПбГУТ
191186 СПб., наб. р. Мойки, 61
Отпечатано в СПбГУТ

Н. А. Борисова

**ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

**Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий**

**Санкт-Петербург
2014**