

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НУКУССКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**



ФАКУЛЬТЕТ: Компьютерный инжиниринг

КУРСОВАЯ РАБОТА

По предмету: «Разработка программного обеспечения встроенных систем»

На тему: «Создание системы передачи информации по сети»

Выполнила:

Нурыллаев Н.

Принял:

Татлымуратов Н.

НУКУС 2017

Создание системы передачи информации по сети

План:

- 1. Введение**
- 2. Основные понятия и определения**
- 3. Канал связи, аппаратура передачи данных**
- 4. Сети связи и их структуры**
- 5. Структуры сетей связи**
- 6. Разновидности линий связи**
- 7. Перспективные системы передачи информации**
- 8. Магистральные сети передачи информации**
- 9. Заключение**
- 10.Список литературы**

Введение

В РЭС локации, навигации, управления, связи и т.д. приходится осуществлять передачу информации между пунктами. Ниже излагаются основные понятия техники передачи информации, описываются классификация и структура сетей связи, принципы построения многоканальных систем связи, разновидности линий связи. Основное внимание уделяется цифровым методам передачи информации. Учитывается возможность передачи информации управления, локации и т.д. по неспециализированным сетям связи.

Основные понятия и определения

Сообщение, информация, сигнал.

Творческая деятельность человека, действие ряда автоматических устройств связаны с хранением, переработкой и передачей разновидностей *сообщений*: речи, текста, изображений и т.д. Сведения, содержащиеся в таких сообщениях, как и получаемые в локации и навигации, называют *информацией*. Информацию, пригодную для обмена между вычислительными устройствами, называют *данными*. Физические возмущения среды, цепей и т.п. в виде волновых процессов, токов и т.д., обеспечивающие передачу информации, называют *сигналами*. Сообщения и сигналы разделяют на *непрерывные и дискретные*. Примерами непрерывных сообщений являются речь и музыка, примерами дискретных -- телеграфные, буквенные и цифровые сообщения.

Преобразование, кодирование, модуляция.

Являются операциями передающего устройства при превращении сообщения в сигнал.

Преобразование. В технике связи так называют перевод не электрической величины в первичный электрический сигнал. В телефонии эту функцию выполняет микрофон.

Кодирование. Это преобразование сообщений или первичных сигналов в определенные сочетания дискретных символов (например, видеоимпульсов), называемые кодовыми комбинациями или словами. Целью кодирования является согласование источника сообщений с каналами связи, обеспечивающее требуемую скорость передачи информации и

помехоустойчивость. Операция кодирования в простейших случаях может отсутствовать.

Коды. Это системы соответствий между сообщениями и комбинациями символов (дискретных сигналов), с помощью которых эти сообщения могут быть зафиксированы, переданы на расстояние или использованы для дальнейшей обработки. Символы, из которых формируются кодовые комбинации, называют *элементами кода*. Число различающихся между собой элементов называют *основанием кода*. Так, элементами двоичного кода являются символы "1" и "0". Число I элементов, образующих кодовую комбинацию, называют *значностью кода*. Число N различных кодовых комбинаций называют *объемом (мощностью) кода*. Если все кодовые комбинации состоят из одинакового числа элементов равной длительности, то код называют *равномерным*. Такие коды наиболее распространены в системах передачи данных и телеуправления. Устройство, предназначенное для кодирования сигнала, называется *кодером*; устройство, решающее обратную задачу, — *декодером*. Совокупность кодера и декодера называют *кодеком*. Символы, полученные при кодировании, используются для модуляции сигнала.

Модуляция. При передаче информации — это изменение параметра сигнала в соответствии с передаваемым сообщением. Модуляцию дискретными сигналами называют *манипуляцией*. Параметрами, подлежащими модуляции, могут быть амплитуда, частота, фаза; возможны и комбинированные методы модуляции. От вида модуляции зависят помехоустойчивость и пропускная способность системы связи. Совокупности модуляторов и демодуляторов называют *модемами*.

Кодово-импульсная модуляция.

Для передачи по каналу связи квантованные сигналы преобразуют в кодовые комбинации импульсов с одинаковыми амплитудами и длительностью, иначе, в цифровую форму, что обеспечивает кодово-импульсную модуляцию — КИМ (ИКМ). Простейший способ кодирования предполагает выражение его числового значения в двоичной форме. Так, одноразрядное десятичное число можно заменить трехразрядным двоичным числом **101**. Комбинация в виде наличия первого и третьего и отсутствия второго видеоимпульса передает это число. Общее число передаваемых уровней, включая нулевой, равно t , где t — число разрядов. Возможно дальнейшее перекодирование для повышения помехоустойчивости за счет введения дополнительных кодовых символов, в частности.

Скорость передачи дискретных сообщений

Определяют как число единичных элементов сигнала, передаваемых за 1 с. Единичным элементом сигнала при одноканальной КИМ является кодовый символ — бит информации. Скорость передачи сообщений в одноканальной двоичной системе

где — длительность передачи единичного элемента.

Величины V измеряются в битах за секунду — или в бодах.

Каналы, тракты, системы передачи данных и связи

Канал связи, аппаратура передачи данных.

Являются элементами канала передачи данных (рис), обеспечивающего обмен информацией между абонентами (ЭВМ) через аппаратуру сопряжения (АС).

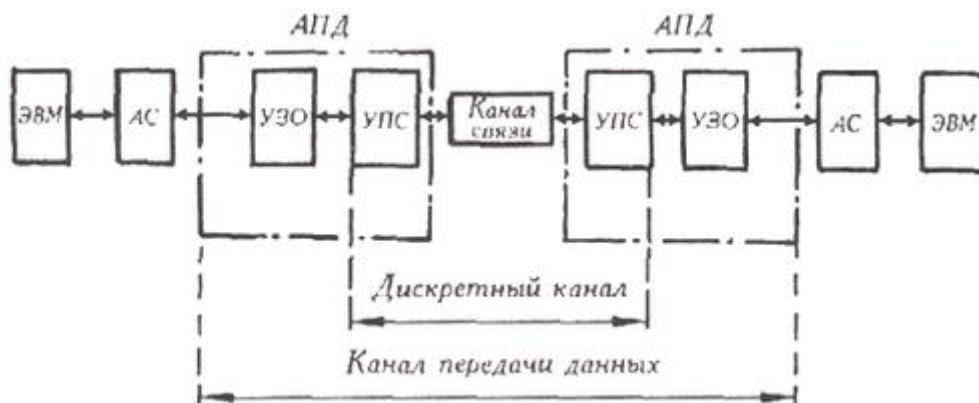


Рис. Аппаратура передачи данных

Канал связи. Это совокупность технических средств, обеспечивающих независимую передачу сигналов от передатчика к приемнику по линии связи (паре проводов, кабелю, волноводу, области пространства), в которой распространяются сигналы. Каналы связи бывают симплексные и дуплексные. Симплексные каналы обеспечивают передачу сигналов в одном направлении, дуплексные — в обоих.

Аппаратура передачи данных (АПД). Это совокупность:

- устройства преобразования сигналов (УПС);
- устройства защиты от ошибок (УЗО);
- аппаратуры контроля и документирования.

Решает задачи:

- приема данных от источника информации;

- кодирования;
- преобразования импульсов в сигналы, пригодные для передачи по каналу связи, и обратного преобразования;
- декодирования и выдачи информации потребителю;
- синхронизации и фазирования приемных устройств;
- контроля и коммутации рабочих и резервных комплектов аппаратуры и каналов связи;
- документирования передаваемой информации.

Взаимодействие элементов канала передачи данных.

Передачик -(модулятор) УПС преобразует однополярные сигналы, поступающие из УЗО, в сигналы тональной или высокой частоты путем модуляции несущего колебания. В приемнике УПС осуществляются обратные преобразования. В декодирующем устройстве приемника УЗО производится проверка верности принятых кодовых комбинаций. При обнаружении ошибок декодирующее устройство приемника УЗО либо исправляет их, либо вырабатывает сигнал для организации повторной передачи комбинации, принятой с обнаруженными ошибками. Помимо выполнения своей основной задачи по уменьшению влияния ошибок УЗО попутно осуществляет преобразование параллельного кода в последовательный и при необходимости цикловую синхронизацию

Тракт передачи данных, система передачи данных, сеть связи.

Для повышения надежности передачи информации используют несколько каналов передачи данных (как правило, два-три). Связанные групповым устройством (ГУ), они образуют *тракт передачи данных*. *Система передачи данных*. Это совокупность трактов и отдельных каналов передачи данных, решающих единую информационную задачу. *Сеть (система) связи*. Это совокупность станций, узлов и линий связи, развернутых для решения совокупности информационных задач.

Сети связи и их структуры

Ниже рассматриваются разновидности и структуры сетей связи, вопросы управления ими. Различают сети связи: аналоговые и цифровые; не коммутируемые и коммутируемые; первичные и вторичные.

Первичные сети.

Включают располагаемые на неподвижных или подвижных объектах элементы: типовые цепи и тракты; сетевые узлы и станции; соединяющие их линии. Первичные сети являются основой для создания вторичных.

Вторичные сети.

Отличаются ведомственной принадлежностью и предназначением. По предназначению различают следующие виды сетей. Телефонная сеть. Обеспечивает разборчивую передачу речи в полосе частот 300...3400 Гц. По рекомендации Международного консультативного комитета по телефонии и телеграфии (МККТТ) эта полоса стандартизована и именуется полосой пропускания канала *тональной частоты* (ТЧ).

Сети телеграфной связи. Обеспечивают передачу дискретных сигналов (телеграмм) со стандартными скоростями 50, 75 или 100 бит/с (бод). Разделяются на сети общего пользования и абонентского телеграфа (телетайпов).

Сети факсимильной связи. Обеспечивают передачу неподвижных изображений, документов, карт и т.д. в полосах частот от 40 до 240 кГц в зависимости от требуемой скорости передачи.

Сети передачи данных. Обеспечивают обмен информацией между вычислительными комплексами. Различают три вида скоростей передачи данных: низкие (50, 75, 100 и 200 бит/с); средние (600, 1200, от 2400 до 9600 через 1200 бит/с); высокие (свыше 9600 бит/с).

Сети распределения программ звукового и телевизионного вещания. Обеспечивают доведение вещательных программ до слушателей и зрителей. В странах бывшего СССР установлены три класса звукового вещания:

Телевизионное вещание организуется в метровом и дециметровом диапазонах длин волн.

Сети передачи газет. Обеспечивают передачу газетных полос из центральных типографий в областные.

Интегральная сеть. Передает сообщения, принадлежащие различным видам связи (телефон, телеграф, телевидение, передача данных и др.) в едином цифровом представлении.

Сеть Интернет. Быстроразвивающаяся международная информационная сеть связи.

Коммутируемые и некоммутируемые сети

В некоммутируемых сетях обеспечивается длительное (постоянное или временное) соединение абонентов. В коммутируемых сетях соединение абонентов обеспечивается только на время передачи сообщений по запросу или в соответствии с заданной программой. Коммутируемые сети подразделяются на сети с коммутацией каналов, с коммутацией сообщений и с коммутацией пакетов.

Сети с коммутацией каналов. Образуют сквозной канал для взаимодействующих абонентов на время информационного обмена.

Сети с коммутацией сообщений. Осуществляют передачу информации без предварительного соединения взаимодействующих абонентов. Сообщения передаются по свободным каналам сети и хранятся на промежуточных узлах коммутации, если участки сети заняты.

Сети с коммутацией пакетов. Передают сообщения короткими кодовыми комбинациями, что снижает время задержки пакета на промежуточных узлах. Абоненты взаимодействуют при этом так же, как при создании для них сквозного канала

Структуры сетей связи.

Наиболее характерными из них являются: радиально-узловая; радиальная; линейная; кольцевая; многосвязная; смешанная. Сети с *радиально-узловой* и *радиальной* структурами имеют ряд достоинств: взаимная независимость направлений информационного обмена; минимальная задержка передачи информации; возможность использования каналов связи Министерства связи для передачи данных; простота наращивания системы путем увеличения числа направлений информационного обмена. Для повышения надежности и живучести передачу сообщений в каждом направлении часто осуществляют по 2-3 каналам, причем вдоль географически разнесенных трасс (рис.2).

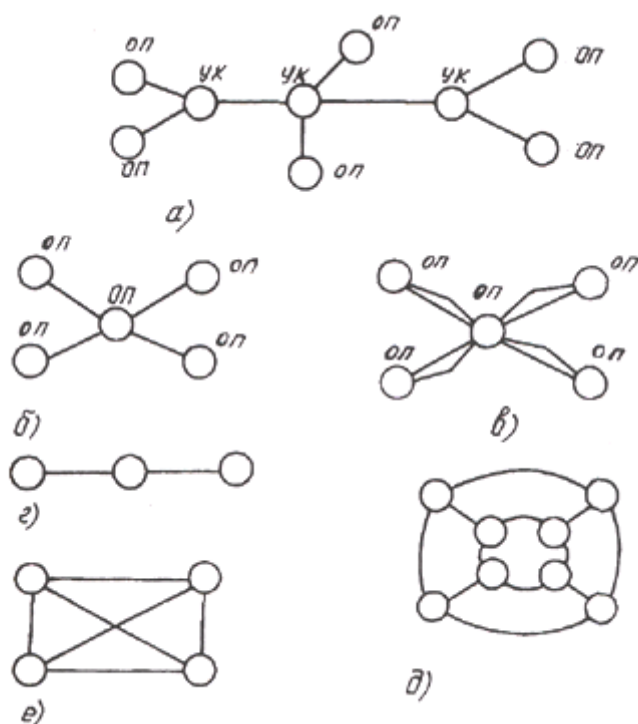


Рис. Структуры каналов связи

На рис. , а, б, в: ОП — оконечные пункты; УК — узлы коммутации.

Линейная структура (рис. 2, г) характеризуется использованием одной общей линии связи с организацией в ней каналов связи для каждого из конечных пунктов; обеспечивает высокую эффективность использования линий связи, но отличается пониженной надежностью и живучестью. Кольцевая структура (рис. 2, д) обеспечивает повышение надежности и живучести сети. Многосвязные структуры (рис. 2, д, е) обеспечивают независимую связь между каждой парой конечных пунктов при максимальной живучести сети, обусловленной наличием обходного пути передачи информации. Однако они требуют наибольшего (по сравнению с другими структурами) числа линий связи.

Управление в сетях связи.

Рассчитано на эффективное использование ресурсов этих сетей для своевременной передачи сообщений. Его реализуют по заранее согласованным правилам — протоколам. Протоколы различных уровней предусматривают: сопряжение абонентов с линиями связи; синхронизацию и фазирование приемной аппаратуры, коррекцию ошибок; коммутацию и маршрутизацию сообщений; доставку пакетов сообщений; организацию сеансов связи и т.д.

Многоканальные системы связи

Системы связи, в которых по одной линии осуществляется одновременная независимая передача сигналов между несколькими парами корреспондентов, называют *многоканальными*. Сообщения между абонентами следуют в этих системах по своим каналам. Использование общей линии для осуществления многоканальной связи принято называть *уплотнением* или *разделением* каналов. Применяемую для этой цели аппаратуру называют аппаратурой уплотнения (разделения).

Принципы многоканальной связи.

Структурная схема многоканальной системы связи приведена на рис. 3. Сообщения от n независимых источников поступают на устройство уплотнения. С помощью канальных кодеров и модуляторов они преобразуются в канальные сигналы. В процессе этого преобразования канальные сигналы приобретают отличительные признаки, по которым на приемной стороне производится их разделение. Такими признаками могут быть, например, время излучения сигнала, его частота, форма. Все n канальных сигналов суммируются и образуют групповой сигнал который ($= 1$ поступает в общий групповой канал многоканальной системы связи. В системах радиосвязи групповой сигнал обеспечивает модуляцию несущего колебания передатчика, в результате чего образуется *линейный сигнал*. После

демодуляции линейного сигнала на приемной стороне групповой сигнал восстанавливается с наложением шума.

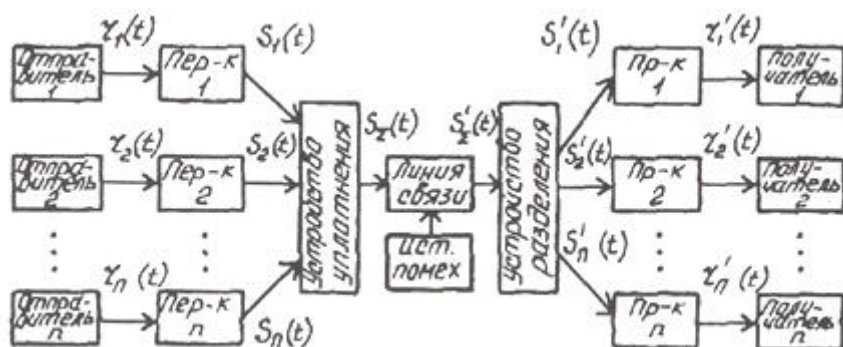


Рис. Структурная схема многоканальной системы связи

Восстановленный групповой сигнал поступает на устройство разделения. Его селекторы разделяют линейный сигнал на каналные составляющие, а демодуляторы преобразуют эти составляющие в сообщения. Неидеальность разделения может вести к переходным помехам. Условием эффективного разделения каналных сигналов является линейная независимость реализаций. Сигналы считаются линейно независимыми, когда любой из них не может быть образован линейной комбинацией других сигналов. Широкое применение нашли многоканальные системы с частотным и временным уплотнением каналов.

Частотное уплотнение каналов.

Предполагает выделение каждой паре абонентов частотного участка в полосе пропускания линии связи. Согласно принятому стандарту каждому каналу ТЧ с учетом защитного интервала отводится полоса частот $\Pi = 4$ кГц. В диапазоне частот 60...108 кГц, по рекомендациям МККТТ, размещается 12 каналов ТЧ (и на рис. 4). В качестве несущих выделены частоты от 64 до 108 кГц с интервалом 4 кГц. Формируемая таким образом 12-канальная группа (К-12) называется первичной группой. Из первичных групп могут формироваться вторичные группы, в частности 60-канальные группы (К-60) в полосе частот 312...552 кГц. Для передачи такого сигнала по кабельной линии его преобразуют в область частот 12...252 кГц. Аналогично, из вторичных групп могут формироваться третичные и четверичные группы.

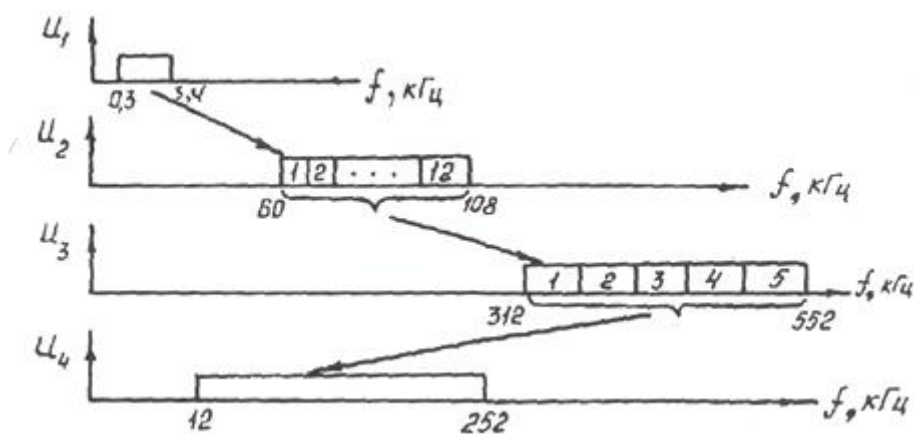


Рис. Частотное уплотнение каналов

Вторичное частотное уплотнение. Состоит в использовании канала ГЧ для передачи сигналов нескольких других каналов, обладающих более узкими полосами частот (например, телеграфных).

Временное уплотнение каналов.

Предполагает поочередное подключение абонентов к общей линии связи с помощью синхронных коммутаторов на передающей и приемной сторонах. Информация передается путем модуляции видеоимпульсов: кодово-импульсной, по амплитуде, временному положению, длительности. Импульсам каждого из каналов отведены свои временные интервалы. Частоту дискретизации 8 кГц задают с некоторым запасом по отношению к требованиям теоремы Котельникова. В стандартизованном интервале между импульсами одного канала мкс размещаются импульсы всех других каналов (рис. 5), а также тактовые импульсы, если они передаются. В цифровых (кодово-импульсных) каналах каждый отсчет согласно стандарту кодируется 8 двоичными разрядами. В результате частота следования импульсов одного канала достигает 64 кГц (скорость передачи 64 Кбит/с).

При временном уплотнении, как и при частотном, выделяют первичные, вторичные и т.д. стандартные группы. Первичная 30-канальная группа ИКМ-30 рассчитана на скорость передачи цифрового сигнала $V = 2048$ кбит/с (с учетом служебных сигналов и сигналов 30 каналов по 64 кбит/с). Вторичная 120-канальная группа ИКМ-120 состоит из четырех первичных ИКМ-30 и рассчитана на скорость передачи цифрового сигнала $V = 8448$ кбит/с. Варианты цифрового телевидения рассчитаны на частоту дискретизации 12,672 МГц и скорость передачи 114,048 Мбит/с

Синхронизация при временной уплотнении.

Подразделяется на тактовую и цикловую.

Тактовая синхронизация. Обеспечивает согласование частот и периодов подключения абонентов к линии. Достигается подстройкой частоты и фазы местных генераторов принимаемыми сигналами.

Цикловая синхронизация. Обеспечивает одновременное подключение абонентов одного и того же канала к линии связи. Для этого импульсам определенного (1г-го) канала придают отличительные признаки: передают их парами или тройками (рис. 5), либо передают перед ними специальную кодовую комбинацию. Расстановка сигналов по каналам осуществляется после выявления указанных признаков.

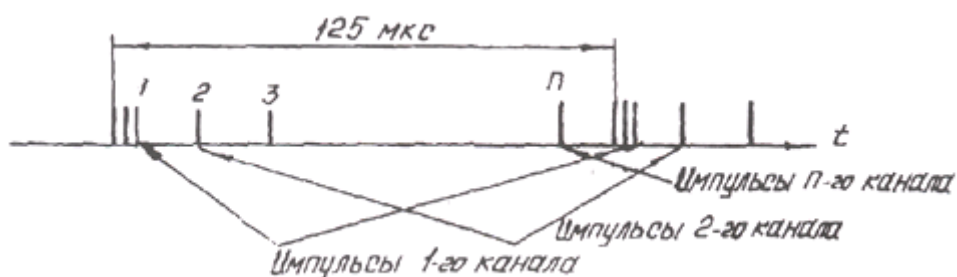


Рис. Синхронизация при временной уплотнении

Специальные виды уплотнения.

Подразделяются на кодовое, комбинационное, смешанное (комбинированное) и статистическое.

Кодовое уплотнение. Двоичные сигналы каждого из каналов кодируются при этом в соответствии с адресами абонентов. Декодирующее устройство на приемной стороне выделяет сигнал заданного адреса. Достоинством такого метода уплотнения является возможность асинхронного подключения абонентов.

Комбинационное уплотнение. В этом случае групповой сигнал определяется сочетанием двоичных разрядов передаваемых сообщений отдельных каналов, что позволяет повысить скорость передачи (см. системы ДЧМ, ДЧТ, ДОФМ).

Смешанное (комбинированное) уплотнение. Использует ранее рассмотренные способы уплотнения в различных сочетаниях.

Статистическое уплотнение. Обеспечивает организацию дополнительных связей по существующим каналам в паузах речевых сигналов, используя их статистические свойства.

Разновидности линий связи

Кабельные линии.

Представляют собой совокупности оконечных и промежуточных усилительных пунктов, соединенных кабелями. Усилительные пункты разделяются на обслуживаемые (ОУП) и не обслуживаемые (НУП). Последние работают автоматически и управляются дистанционно с ОУП по каналам телеуправления и телесигнализации. Питание для усилителей НУП поступает с ближайшего ОУП по жилам магистрального кабеля. В зависимости от условий прокладки различают подземные, подводные и воздушные кабели, а по конструкции симметричные и коаксиальные. Симметричный кабель содержит несколько четверок проводов, заключенных в свинцовую (алюминиевую или стальную) оболочку. Коаксиальный кабель содержит от 4 до 8 пар, также заключенных в оболочку. Подземный кабель укладывается под землей на глубине от 0,8 до 1,2 м. Для предохранения от проникновения влаги при повреждении оболочки под нею с использованием специальных баллонов на усилительных пунктах часто поддерживается избыточное давление инертного газа (0,5...0,7 атмосферы). Одна пара симметричного кабеля имеет полосу пропускания до 500 кГц, что позволяет организовать в ней до 120 каналов ТЧ, а одна пара коаксиального кабеля — до нескольких десятков мегагерц, что позволяет организовать до нескольких тысяч каналов ТЧ (для К-10800 организуется 10 800 каналов ТЧ). С увеличением числа каналов, организуемых в линии связи, уменьшается расстояние между усилительными пунктами. Так, в линии связи на симметричном кабеле емкостью 24 канала протяженность участка между усилительными пунктами составляет 40 км, а в линии емкостью 60 каналов — около 20 км. При использовании коаксиального кабеля это расстояние еще меньше.

Оптические линии.

Сравниваемые параметры	Спутниковая На основе ВОЛС	
Достоверность	$10^{-7} \dots 10^{-11}$	$10^{-7} \dots 10^{-11}$
Доступность (КГ), %	99,98	99,98
Задержка передачи, мс	250	50
Время передачи, мс	350...800	200...700
Пропускная способность, Гбит/с	1...3,2	0,84...2,5

Различают волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) и оптические линии с распространением волн в неограниченном пространстве. Волоконно-оптические линии связи. Обычно работают на волнах оптического диапазона длиной 0,3...30 мкм. Отличаются малыми массой и объемом, высокой электромагнитной совместимостью, большой пропускной способностью. Обеспечивают передачу сигналов с шириной спектра до нескольких гигагерц

на расстояние до нескольких сотен километров без промежуточных усилительных пунктов. Оптические волокна с диаметром 0,1...0,2 мм изготавливаются из кварцевого стекла с добавлением окиси германия и функционируют как диэлектрические волноводы. Как и в металлических волноводах, возможны различные распределения (моды) электрического и магнитного полей по поперечному сечению. Если же может распространяться только одна мода, волокна называют *одномодовыми*.

Волоконно-оптический кабель состоит из нескольких или даже нескольких десятков волокон. Источниками света в волоконно-оптических линиях являются полупроводниковые лазеры или светодиоды. Приемники содержат обычно pin-фотодиоды или лавинные фотодиоды. Кремниевые фотодиоды используются в диапазоне 0,3...0,8 мкм, а германиевые — в диапазоне 1,3...1,7 мкм. Скорость передачи достигает нескольких сот мегабит в секунду. Требования к точности синхронизации при этом ужесточаются, что стимулирует использование так называемых самосинхронизирующихся кодов.

По мере развития системы на основе ВОЛС становятся конкурентоспособными со спутниковыми системами связи. В табл. 1 сопоставляются возможности ССС и систем на основе ВОЛС по следующим показателям: достоверность (10 — одна ошибка примерно на 1000 страниц текста); доступность, иначе коэффициент готовности — КГ; задержка в передаче сигналов; время передачи; пропускная способность спутниковой и на основе ВОЛС.

Оптические линии с распространением волн в неограниченном пространстве. Могут использовать направленное лазерное излучение. Из-за поглощения волн в атмосфере обеспечивают связь на малых дальностях. Возможно использование оптических волн для ретрансляции через ИСЗ.

Перспективные системы передачи информации

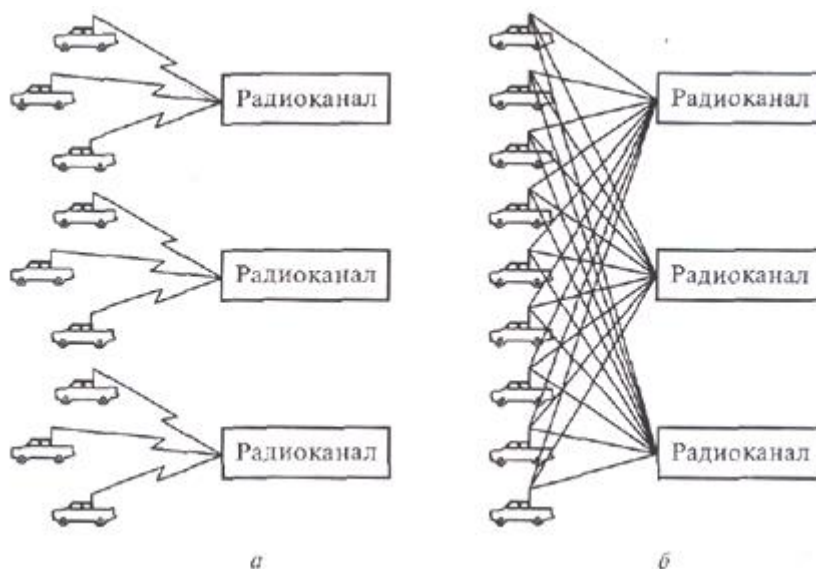


Рис. Подвижные системы радиосвязи

Разработки подвижных систем с общедоступным пучком каналов (или, иначе, транкинговых систем). В системах предыдущего поколения передатчик и приемник проектировались для работы на определенной фиксированной частоте. Каждый радиоканал был закреплен за сравнительно небольшой группой абонентов, как показано на (рис. 9а), которые использовали его как общедоступную линию связи. Если число абонентов превышало возможности одного канала, образовывали другую группу, за которой закрепляли другой радиоканал.

В системе с общедоступным пучком каналов всем абонентам сети, доступна целая группа каналов (рис. 9б). При поступлении вызова за парой абонентов закрепляется один из свободных в этот момент каналов. После отбоя канал освобождается и может быть предоставлен любой другой паре абонентов. Технически это выполняется либо последовательным поиском радиостанцией свободного канала (например, по специальному маркерному сигналу незанятости), либо специально выделенным общим каналом сигнализации, на который настроены все радиостанции сети в режиме дежурного приема.

Пропускная способность системы с общедоступным пучком каналов существенно выше, чем системы с закрепленными каналами. Например, единственный канал при вероятности блокировки (т. е. непредоставления канала из-за его занятости) 10% и средней продолжительности разговора 2,5 мин на одного абонента в час наибольшей нагрузки позволит обслужить не более двух-трех абонентов. Двадцать таких каналов, используемых порознь (см. рис. 9а), позволят обслужить около 50 абонентов. При тех же условиях система с общедоступным пучком каналов, использующая те же 20 каналов, сможет обслужить уже 420 абонентов, т. е. ее пропускная способность возрастает более чем в 8 раз.

Изложенный транкинговый принцип был положен в основу построения радиальных сетей подвижной связи. По этому принципу в 60-х гг. XX в. была создана отечественная система подвижной связи «Алтай», которая в модернизированном виде функционирует и по настоящее время. В Европе радиальные сети широко используются для создания внутрикорпоративных систем связи.

Радиальные сети подвижной связи проектируются по аналогии с вещательными сетями: достаточно мощный передатчик работает через высокоподвешенную антенну, охватывая территорию в пределах прямой видимости радиусом до 40...50 км. При этом на площади обслуживания в абонентах может быть доступно несколько десятков радиоканалов.

И тем не менее эффективность транкинговых систем с радиальной структурой сети оказывается недостаточной для удовлетворения массового спроса на услуги подвижной связи в густонаселенных районах. Так, для Москвы с ее 10-миллионным населением обеспечение только 0,1 % жителей подвижной связью при стандартных условиях качества обслуживания (средняя длительность переговоров 1,5 мин, вероятность блокировки 5 %) требует выделения примерно 250 радиоканалов или при ширине полосы одного канала в 25 кГц, соответственно, двух полос частот по 6,25 МГц каждая.

Проблему организации подвижной связи для густонаселенных районов удалось решить путем построения сетей подвижной связи по сотовому принципу, который определяет иной по сравнению с вещательной моделью подход к проблеме радиопокрытия зоны обслуживания. Сотовая система использует большое число маломощных передатчиков, которые предназначены для обслуживания только сравнительно небольшой зоны, скажем, радиусом в 1...2 км. Например, вместо использования единственного передатчика для обслуживания территории Москвы город можно разбить на множество небольших зон покрытия, называемых сотами. Чтобы понять, как это изменит общую картину, предположим, что все имеющиеся в распоряжении частотные каналы могут повторно использоваться в каждой ячейке сотовой структуры. Тогда требуемые для 0,1 % жителей Москвы 250 каналов можно получить, например, разделением обслуживаемой территории радиусом в 50 км на 25 ячеек радиусом по 10 км с организацией в каждой ячейке только 10 радиоканалов с одним и тем же набором частот.

Аналоговые системы сотовой подвижной связи

Аналоговые системы сотовой подвижной связи (ССПС) принадлежат к первому поколению сотовых систем. Эти системы обеспечивают входение в связь и регистрацию стоимости разговора, организацию связи между подвижными абонентами и абонентами стационарной телефонной сети

общего пользования и т. п. Сравнительные характеристики систем сотовой связи основных используемых стандартов NMT-450 и AMPS представлены в табл.

Аналоговый стандарт

Характеристика аналоговых стандартов сотовой связи -----1-----
AMPS NMT-450

Диапазон частот, МГц	825...845	453...457,5	463...467,5
Радиус ячейки, км	2...20	2...45	
Количество каналов ПС	666	180	
Количество каналов БС	96	30	
Мощность передатчика БС, Вт	45	50	
Ширина полосы частот канала, кГц	30	25	
Время переключения канала на границе ячейки, мс		250	1250
Максимальная девиация частоты в канале управления, кГц		8	3,5
Максимальная девиация частоты в речевом канале, кГц		12	5
Минимальное отношение сигнал—шум, дБ		10	15

Изначально системы связи стандарта NMT (Nordic Mobile Telephone) были предназначены для пяти североевропейских стран. Это были аналоговые системы первого поколения, которые работали в диапазоне 450..467 МГц и имели 180 каналов связи шириной по 25 кГц каждый. За счет многократного использования частот эффективное количество каналов составляло 5568. Среднее количество каналов, выделяемое БС, было равно 30. Ячейки с радиусом, находящимся в диапазоне 5..25 км, покрывали территории этих стран.

В настоящее время более 40 стран мира используют системы ССПС стандартов NMT-450 и NMT-900, работающие в диапазоне частот 450 и 900 МГц соответственно. Основное различие между этими стандартами заключается в том, что с повышением используемых частот стало возможным

Характеристика цифрового стандарта Цифровой стандарт

	GSM	D-AMPS	JDC	CDMA
Метод доступа		TDMA	TDMA	TDMA CDMA
Количество речевых каналов на несущую		8(16)	3	3 32
Рабочий диапазон частот, МГц		935...960	824...840	810...826 824...840
		890...915	869...894	940...956 869...894
		(1710...1785)	1429...1441	
		(1805...1880)	1447...1489	
		1501...1513		
Разнос каналов, кГц		200	30	25 1250
Разговорный канал, кГц		25(12,5)	10	8,3 —

Вид модуляции	0,3 GMSK	n/4	n/4 DQPSK	QPSK
	DQPSK			
Скорость передачи информации, кбит/с	270	48	42	
Скорость преобразования речи, кбит/с	13(6,5)	8	11,2(5,6)	
Алгоритм преобразования речи	RPE-LTR	VSELP	VSELP	
Радиус соты, км	0,5...35,0	0,5...20,0	0,5...20,0	0,5...25,0

Стандарт GSM предоставляет своим пользователям ряд услуг, которые не реализованы (или реализованы не полностью) в других стандартах сотовой связи.

Полоса частот 890...915 МГц используется для передачи сообщений с ПС на ВС, а полоса частот 935...960 МГц — для передачи сообщений с ВС на ПС (абоненту). Причем при переключении каналов во время сеанса связи разность между этими частотами постоянна и равна 45 МГц. Разнос частот между соседними каналами связи в стандарте GSM составляет 200 кГц. Таким образом, в отведенной для приема/передачи полосе частот шириной 25 МГц размещается 124 канала связи.

В стандарте GSM используется многостанционный доступ с временным разделением каналов — TDMA, что позволяет на одной несущей частоте разместить восемь речевых каналов одновременно. В качестве речепреобразующего устройства используется речевой кодек со скоростью преобразования речи 13 кбит/с.

Для защиты от ошибок, возникающих в радиоканалах, применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения ПС достигается медленным переключением рабочих частот в процессе сеанса связи (со скоростью 217 скачков в секунду).

Для борьбы с интерференционными замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс.

Для модуляции радиосигнала применяется спектрально-эффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK).

Модуляция GMSK характеризуется следующими свойствами:

- постоянная по уровню огибающая, позволяющая использовать передающие устройства с усилителями мощности класса С;

- узкий спектр на выходе усилителя мощности передающего устройства, обеспечивающий низкий уровень внеполосного излучения;
- хорошая помехоустойчивость канала связи.

Оборудование сетей GSM включает в себя ПС (радиотелефоны) и БС, цифровые коммутаторы, центр управления и обслуживания, различные дополнительные системы и устройства. Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется с помощью ряда интерфейсов.

Подвижные станции состоят из оборудования, которое предназначено для организации доступа абонентов сетей GSM к существующим сетям связи. В рамках стандарта GSM приняты пять классов ПС: от модели 1-го класса с выходной мощностью до 20 Вт, устанавливаемой на транспортных средствах, до модели 5-го класса с максимальной выходной мощностью до 0,8 Вт (табл. 4). При передаче сообщений предусматривается адаптивная регулировка мощности передатчика, обеспечивающая требуемое качество связи. Подвижная и базовые станции независимы друг от друга.

Параметры ПС

Класс модели ПС	Максимальная мощность передатчика, Вт	Допустимые отклонения, дБ
1	20	ГЗ
2	8	1,5
3	5	1,5
4	2	1,5
5	0,8	у>

Структура и формирование сигналов. В стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов — TDMA (Time Division Multiple Access).

В общем виде временная диаграмма процесса передачи выглядит следующим образом. Сначала осуществляется преобразование аналогового речевого сигнала в цифровую последовательность, которая подвергается шифрованию и кодированию, что необходимо для защиты информации от ошибок в процессе передачи и приема. Для этого используются:

- блочное кодирование — для быстрого обнаружения ошибок при приеме;
- сверточное кодирование — для исправления одиночных ошибок;
- перемежение — для преобразования пакетов ошибок в одиночные ошибки.

В результате этих преобразований каждый отсчет уровня исходного аналогового сигнала представляется в виде зашифрованного сообщения, состоящего из 114 бит — двух самостоятельных блоков по 57 бит (рис. 19), разделенных между собой эталонной (обучающей) последовательностью (26 бит). При приеме этой последовательности определяется характер искажений в тракте распространения сигнала и эквалайзер приемника работает уже применительно к конкретным условиям в данный момент времени.

Для передачи информации по каналам управления и связи, подстройки несущих частот, обеспечения временной синхронизации и доступа к каналу связи используются пять видов временных интервалов (окон):

- NB (Normal Burst) — нормальный временной интервал;
- FB (Frequency correction Burst) — временной интервал подстройки частоты;
- SB (Synchronization Burst) — интервал временной синхронизации;
- DB (Dummy Burst) — установочный интервал;
- AB (Access Burst) — интервал доступа.

При передаче по одному разговорному каналу в стандарте GSM используется нормальный временной интервал NB (пакет) длительностью 0,577 мс, который включает в себя: 114 бит зашифрованного сообщения; две конечных комбинации ТВ (Tail Bits) по 3 бит каждая; два контрольных бита, разделяющих зашифрованные биты сообщения и эталонную последовательность; защитный интервал GP (Guard Period) длительностью, равной времени передачи 8,25 бит. Это означает, что интервал NB содержит 156,25 бит, а длительность одного бита составляет 3,69 мкс.

Временной интервал подстройки частоты FB содержит 142 нулевых бита, две конечных комбинации ТВ и защитный интервал. Повторяющиеся временные интервалы подстройки частоты образуют канал установки частоты (FSSN).

Интервал временной синхронизации SB используется в ПС для синхронизации работы аппаратуры. Он состоит из синхропоследовательности длиной 64 бит и двух зашифрованных блоков (по 39 бит каждый), несущих информацию о номере TDMA-кадра и идентификационном коде БС. Этот интервал передается вместе с интервалом установки частоты. Повторяющиеся интервалы синхронизации образуют так называемый канал синхронизации (SCH). Установочный интервал DB обеспечивает установление и тестирование канала связи. По своей структуре установочный интервал совпадает с нормальным временным интервалом NB. Их различие состоит лишь в том, что интервал DB содержит установочную последовательность длиной 26 бит и в нем отсутствуют контрольные биты.

Интервал доступа АВ обеспечивает разрешение доступа ПС к новой БС. Он содержит большой защитный интервал GP длительностью 252 мкс (68,25 бит), две концевых комбинации ТВ (по 3 бит каждая), синхропоследовательность длиной 41 бит и 36 зашифрованных бит. Большой защитный интервал (252 мкс) обеспечивает возможность связи с подвижными абонентами в сотах радиусом до 35 км, поскольку он перекрывает время распространения радиосигнала в прямом и обратном направлениях, которое может составлять при этом до 233,3 мкс.

Передача информации при временном разделении каналов осуществляется в составе TDMA-кадра. Каждый временной интервал этого кадра обозначается номером от 0 до 7, т. е. в одном кадре одновременно могут передаваться восемь речевых каналов. Физический смысл временных интервалов (иначе — окна) — это время, в течение которого осуществляется модуляция несущей цифровым информационным потоком, соответствующим речевому сообщению или данным. Цифровой информационный поток представляет собой последовательность пакетов, размещаемых в этих временных интервалах (окнах). Пакеты формируются немного короче, чем интервалы, их длительность составляет 0,546 мс, что необходимо для приема сообщения при наличии временной дисперсии в канале распространения. Общая длительность одного TDMA-кадра составляет 4,615 мс.

Одной из особенностей формирования сигналов в стандарте GSM является использование медленных скачков по частоте в процессе сеанса связи — SFH (Slow Frequency Hopping). Главное назначение таких скачков — обеспечение частотного разнесения в радиоканалах, функционирующих в условиях многолучевого распространения радиоволн. Медленные скачки частоты используются во всех подвижных сетях, что повышает эффективность кодирования и перемежения при медленном движении АС.

Принцип формирования медленных скачков по частоте состоит в том, что сообщение, передаваемое в выделенном абоненту временном интервале TDMA-кадра 0,577 мс, в каждом последующем кадре передается (принимается) на новой фиксированной частоте. В соответствии со структурой кадров время для перестройки частоты составляет около 1 мс.

В процессе скачков по частоте постоянно сохраняется разнос 45 МГц между каналами приема и передачи. Всем активным абонентам, находящимся в одной соте, ставятся в соответствие непересекающиеся последовательности переключения частот, что исключает взаимные помехи при приеме сообщений абонентами. Параметры последовательности переключений частот (частотно-временная матрица и начальная частота) назначаются для каждой ПС в процессе установления канала связи. Каналы связи в стандарте GSM можно подразделить на физические и логические. Физический канал образуется путем комбинирования временного и частотного разделения сигналов и

определяется как последовательность радиочастотных каналов (с возможностью скачков по частоте) и временных интервалов TDMA-кадра.

Каждая несущая содержит восемь физических каналов, размещенных в восьми временных интервалах в пределах TDMA-кадра. Каждый физический канал использует один и тот же временной интервал в каждом TDMA-кадре. До формирования физического канала сообщения и данные, представленные в цифровом виде, группируются и объединяются в логические каналы двух типов:

- канал связи — для передачи кодированной речи и данных;
- канал управления — для передачи сигналов управления и синхронизации.

Перспективы развития спутниковых и сотовых систем подвижной связи

Основные подходы к развитию сотовых систем третьего поколения.

Несмотря на многообразие и высокое качество предоставляемых услуг, ССПС второго поколения не способны удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к сетям подвижной связи в следующем столетии. К ним в первую очередь относятся: глобальная мобильность, качество передачи речи, емкость сетей, высокая скорость передачи данных.

Глобальная мобильность. Подвижные абоненты должны иметь возможность перемещаться без каких-либо ограничений и при этом иметь доступ к привычному набору услуг, находясь за пределами своей «домашней» сети. Это можно достигнуть через систему стандартов, гармонизированных на глобальной основе.

Качество передачи речи. Оно должно соответствовать качеству передачи речевых сообщений стационарных телефонных сетей, что может быть обеспечено применением высокоэффективных вокодеров с адаптивной скоростью.

Емкость сетей. Быстро растущая потребность в услугах подвижной связи и ограниченность частотного ресурса определяют повышенные требования к возможности перспективных ССПС обслуживать большое число абонентов на ограниченной территории.

Высокая скорость передачи данных. Стремительный рост вычислительных сетей разного уровня, в частности Internet, появление новых приложений выдвигают в качестве одного из главных требований возможность передачи гетерогенного мультимедийного графика.

Перечисленные задачи не могут быть решены без радикального изменения радиointерфейсов и реализации дополнительных функций сетевого взаимодействия, что нельзя сделать в рамках существующих технологий сетей подвижной связи второго поколения.

Необходимость выработки единых глобальных подходов к построению ССПС третьего поколения побудила Международный союз электросвязи (МСЭ) к попытке создания единого стандарта для «Будущей наземной системы подвижной связи общего пользования», переименованной в дальнейшем в ИМТ-2000 (International Mobile Telecommunications — Международная подвижная связь). Здесь число 2000 символически указывает используемый диапазон частот (2000 МГц). Однако при переходе от этапа разработки серии концептуальных рекомендаций к созданию конкретных спецификаций стало очевидно, что коммерческие интересы различных региональных производителей аппаратуры и операторов связи практически невозможно объединить в рамках единого стандарта, и была выдвинута «концепция семейства» систем третьего поколения, членами которого могут стать региональные и национальные стандарты, отвечающие ряду обязательных требований по их взаимной совместимости и обеспечению глобального роуминга.

Внедрение систем ИМТ-2000, запланированное на первые годы ХХТ в., положит начало периоду совместного существования ССПС второго и третьего поколений. В течение этого времени будут постепенно вытесняться системы предыдущего поколения, в первую очередь за пределы территорий с наивысшей плотностью абонентов, т. е. за пределы мегаполисов. Переходный период может растянуться на годы, в течение которых будет происходить дальнейшее развитие ССПС второго поколения. Важнейшим вопросом при создании ССПС третьего поколения является выбор способа радиодоступа к будущей сети подвижной радиосвязи. Предложенные технологии построения радиointерфейса базируются на конкурирующих методах многостанционного доступа — с временным (ТDMA) и кодовым (СDMA) разделением, каждый из которых имеет свои существенные достоинства. Рассмотрим вкратце особенности вариантов стандартов СDMA.

Особенности стандартов систем СDMA третьего поколения.

Эволюция стандарта IS-95. В настоящее время ведутся работы по созданию перспективных версий этого стандарта. Наиболее существенным дополнением, предусмотренным в стандарте IS-95В, является увеличение верхней границы скорости передачи данных без изменения занимаемой полосы частот 1,25 МГц. Благодаря возможности объединения до восьми каналов трафика СDMA скорость передачи данных может достигать значений 115 кбит/с (8х14,4 кбит/с), причем производители оборудования смогут постепенно наращивать число объединяемых каналов. Так компания QUAL-

СОММ на начальном этапе предлагает использовать два или четыре объединенных канала в прямом направлении (от БС к АС), что обеспечит скорость 28,8 или 57,6 кбит/с соответственно, и один канал в обратном направлении. Этот выбор отражает несимметричную природу трафика, характерную для таких приложений, как электронная почта и доступ в сеть Internet.

В последующей версии стандарта — IS-95C — предусматривается повышение частотной эффективности и емкости системы CDMA. Для этого используемый набор из 64 кодов Уолша будет дополнен группой из 64 кодов, передаваемых по квадратурному каналу. Несмотря на изменения, система сохранит обратную совместимость со стандартами IS-95A и B и будет занимать прежнюю полосу частот 1,25 МГц.

Новая версия стандарта cdma2000 еще больше расширит возможности по высокоскоростной передаче данных. Она даст возможность организовать канал передачи данных с базовой скоростью 144 кбит/с, что позволит увеличить тактовую частоту «расширяющей спектр» псевдослучайной последовательности (ПСП) в 3 раза по сравнению со стандартом IS-95 ($3 \times 1,2288 \text{ МГц} = 3,6864 \text{ МГц}$). Возможно также дальнейшее увеличение скорости передачи в канале от БС к АС до 1 Мбит/с за счет объединения нескольких каналов трафика.

Система W-CDMA. *Европа.* Одним из предложений Европейского сообщества по стандарту третьего поколения является система W-CDMA, использующая для начала полосу частот ШПС — 5 МГц с последующим расширением ее до 15 МГц. Европейский институт стандартов телекоммуникаций (ETSI) для предоставления нового варианта радиодоступа W-CDMA решил взять за основу базовой сети UMTS усовершенствованную коммутационную сеть GSM. Таким образом, система W-CDMA может сосуществовать с системой GSM и с помощью двухрежимных мобильных терминалов будет поддерживать полный роуминг и handoff от одной системы к другой. Использование двухрежимных терминалов на стадии внедрения W-CDMA даст абонентам возможность поддерживать связь с остальными пользователями GSM с самого начала внедрения.

Стандарт W-CDMA позволяет осуществлять комбинированные услуги на скорости передачи от 8 кбит/с до 384 кбит/с при полосе сигнала 5 МГц. Кроме того, можно комбинировать услуги с коммутацией пакетов и коммутацией каналов в одной и той же линии связи, обеспечивая, таким образом, предоставление действительно мультимедийных услуг. Также могут быть обеспечены услуги с различными требованиями к качеству передачи, например голосовая связь и пакеты данных.

Стандарт ИМТ-2000 охватывает широкий диапазон систем и применений от обычных сотовых сетей связи до персональной спутниковой телефонии и систем фиксированного радиодоступа, часто называемых Wireless Local Loop — беспроводная местная связь (WLL).

Магистральные сети передачи информации

Задачи оперативной передачи информации в масштабах региона, расширение различных информационных потоков, необходимость обеспечения надежной связи с внешними информационными ресурсами, как в России, так и за рубежом требуют создания развитой региональной телекоммуникационной инфраструктуры.

Основой такой инфраструктуры являются магистральные сети передачи информации. Для создания оптимальной территориально-распределенной телекоммуникационной системы на техническом уровне необходимо обеспечить такое решение, которое:

- обеспечивало бы высокие скорости передачи информации и малые времена задержки сигнала;
- позволяло бы расширить виды услуг, в которых заинтересованы пользователи. Прежде всего, это передача голоса и данных, конференцсвязь, видеопочта, видеoinформация, видеотелефония, видеоконференцсвязь и др.;
- интегрировало бы другие, ныне существующие некомпьютерные технологии передачи информации, такие, как телетайп, телекс, факс;
- позволяло бы осуществить интегра
- ию с существующими сетями, другими технологиями и обеспечить совместимость продукции различных фирм-производителей,
- имело бы достаточный запас по основным техническим параметрам для обеспечения развития информационной системы, по меньшей мере, на ближайшие пять-десять лет.

Технологии высокоскоростных глобальных сетей (PDH, ISDN, SDH, Frame Relay) и традиционные технологии локальных сетей (Ethernet, Token Ring, FDDI и др.) оказались непригодными для комплексного решения таких задач.

Важной проблемой для магистральных сетей является организация транспортной системы. Транспортная система должна поддерживать передачи через разнородные сети с различными принципами работы транспортных протоколов и осуществлять поддержку быстрых протоколов, таких, как FastEthernet, FDDI и др. Из-за того, что в корпоративной сети, как правило, используются многочисленные приложения, сетевым администраторам

приходится иметь дело с большим количеством протоколов сетевого уровня. Обеспечение их совместной работы отнимает слишком много сил и времени.

Современные технологии позволяют создавать магистральные каналы связи, обеспечивающие эффективную систему передачи различных информационных потоков. В настоящее время в мировой практике построения информационных магистралей доминируют технологии SDH и АТМ. В данной статье хотелось бы подробнее остановиться на преимуществах и недостатках каждой из этих технологий. Для этого сравним возможности АТМ и SDH по следующим параметрам:

- обеспечение работы приложений, чувствительных к времени задержки передачи сигналов (телефония, сигналы релейной защиты, видеоконференции, кабельное телевидение);
- обеспечение обмена данными ЛВС;
- оптимальность использования полосы пропускания;
- возможность работы как по двум параллельным физическим каналам связи, так и по одному основному физическому каналу связи с автоматическим переключением на второй канал в случае отказа первого;
- стоимость.

Обеспечение работы приложений, чувствительных к времени задержки передачи сигналов

И сеть SDH, и сеть АТМ обеспечивают работу приложений, чувствительных к времени задержки передачи сигналов, однако, применение сети АТМ является предпочтительным по ряду причин.

- Сеть SDH не может сама коммутировать цифровые голосовые каналы, поэтому коммутацию должны осуществлять УАТС предприятий. Это означает, с одной стороны, увеличенное время коммутации, поскольку вызов абонента может проходить через несколько последовательных УАТС, а с другой - увеличение стоимости самих станций, поскольку суммарное количество их подключений к SDH магистрали должно, как минимум в 2 раза, превышать их значение, необходимое для обеспечения заданной номерной емкости на внешние интерфейсы. Недавнее принятие стандарта сети АТМ, позволяющего ей самой коммутировать виртуальный голосовой канал по набранному номеру цифровой телефонной сети ISDN, дает возможность в два раза сократить количество интерфейсов подключения УАТС к магистрали, а, значит, снизить их стоимость.
- В настоящее время все ведущие производители УАТС ведут разработки интерфейсных модулей к сети АТМ. Это позволит минимизировать

число портов подключения УАТС к магистрали, а, соответственно, повысить надежность и снизить стоимость подключения в сравнении с подключением по нескольким 2 Мб/с каналам к сети SDH. Для передачи сигналов кабельного телевидения требуется широковещательный режим. Стандартные сети SDH не позволяют этого сделать, то есть число портов подключения студийного оборудования к магистрали должно быть равно числу объектов, на которые производится вещание. Это увеличивает его стоимость. Напротив, сети АТМ поддерживают широковещательный режим и позволяют подключить студийное оборудование к магистрали всего по одному интерфейсу.

- Современные технологии сжатия телевизионных изображений, например, по стандарту MPEG позволяют получить прекрасное качество изображения при полосе сигнала всего в 6 МБ. Для передачи такого сигнала по сети SDH требуется выделение полосы в 34 Мб/с. При этом полоса в 28 Мб/с становится недоступной для других приложений и не используется вообще. В сети АТМ приложению можно выделить ровно такую полосу пропускания, которая необходима для его нормальной работы.

Обеспечение обмена данными ЛВС

И сеть SDH, и сеть АТМ обеспечивают возможность обмена данными ЛВС, однако, вторая из них гораздо лучше справляется с этой задачей по следующим причинам.

- Сеть SDH, которая проектировалась для передачи голосовых каналов, имеет минимальную единицу коммутации - канал в 2 Мб/с. Для подключения ЛВС к такому каналу применяются дорогостоящие маршрутизаторы удаленного доступа, работающие на 3-м уровне модели открытых систем (модель OSI). Коммутаторы, работающие на 2-м уровне и являющиеся более дешевыми сетевыми устройствами, для этого не годятся, так как не имеют 2 Мб/с портов. Для подключения же ЛВС к сети АТМ применяются именно коммутаторы с АТМ портами.
- Для современных приложений ЛВС скорость обмена данными в 2 Мб/с является явно недостаточной. В сети SDH ее можно повысить или, задействуя несколько каналов 2 Мб/с в параллельном режиме, или переходом на порт в 34 Мб/с. И в том, и в другом случае стоимость маршрутизаторов ЛВС катастрофически возрастает. Напротив, для подключения коммутатора к сети АТМ можно использовать порт в 155 Мб/с в режиме с негарантированной полосой пропускания и таким образом получить максимально возможную скорость обмена данными тоже в 155 Мб/с.

- Сеть SDN не может сама коммутировать данные ЛВС. Это означает, что для коммутации необходимо использовать опять маршрутизаторы ЛВС, то есть суммарное число портов маршрутизаторов ЛВС должно, как минимум в 2 раза, превышать число самих подключаемых ЛВС, что также ведет к росту стоимости маршрутизаторов.

Заключение

На начальной стадии постепенного внедрения систем третьего поколения будут применяться, как правило, мультирежимные переносные терминалы, предоставляющие возможность доступа к услугам 3G в местных сетях при сохранении нормальных функциональных возможностей систем второго поколения, когда пользователи, осуществляющие роуминг, попадают в зоны, где сети третьего поколения еще не функционируют. Таким образом, операторам будет представлено необходимое время для модернизации оборудования и получения прибылей в результате инвестиций в инфраструктуру систем второго поколения.

Внедрение систем третьего поколения окажет революционное влияние на использование сетей подвижной связи. Полностью цифровые системы 3G должны обеспечить пакетную передачу данных и полную совместимость с другими цифровыми устройствами, начиная от пультов игровых приставок и компьютеров и заканчивая цифровым телевидением и Internet.

Системы 3G должны поддерживать скорости передачи данных до 2 Мбит/с. Это обстоятельство открывает широкий диапазон возможностей для пользователей новых служб — от быстрого доступа к сети Internet в реальном масштабе времени до проведения персональных видеоконференций с применением специально разработанных для этого телефонных трубок с большим экраном. Дальнейшее расширение диапазона услуг подвижной связи станет возможным на основе систем стандартов четвертого поколения, важнейшим требованием при разработке которых будет увеличение скорости передачи до 10 Мбит/с. Достижение таких скоростей обеспечит возможность мобильному пользователю получения полного набора мультимедийных услуг с качеством, не уступающим тому, какое обеспечивается цифровыми сетями наземной связи.

Список литературы

1. Каган Б. М. Электронные вычислительные машины и системы. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Компьютеры на СБИС: В 2-х кн. Кн. 1: Пер. с япон. / Мотоока Т., Томита С., Танака Х. и др. ? М.: Мир, 1988.

3. Ричард Рид (*Richard Read*). Основы теории передачи информации = The Essence of Communication Theory (Essence of Engineering). — М.: [«Вильямс»](#), 2004. — С. 304.