

# Сети связи и системы коммутации

# Введение

- Целью преподавания дисциплины является изучение принципов построения и основ функционирования сетей телекоммуникации.
- Стремительный прогресс в области телекоммуникационных и информационных технологий привел к возможности интеграции разнородных сетей в единую мультисервисную сеть, которая позволяет предоставлять пользователям разнородные телекоммуникационные услуги – передачу голоса, видеоизображения и данные.

Курс	Семестр	Аудит. занятия	Лек-ции	Лабор. работы	Практич. занятия	Курсовая работа	Экзамен
3	6	38	22	15	15	6	6

# Развитие сетей телекоммуникации

- Первая глобальная сеть была создана с помощью электрического телеграфа, которая достигла глобального размаха в 1899 г. Телефонные сети были вторыми, которые достигли глобального статуса, в 1950-х г. А в настоящее время – взаимосвязанные IP-сети (Интернет в 2009) и мобильные GSM сети связи образуют крупнейшие в мире сети из всех ранее созданных.
- Стремительный прогресс в области телекоммуникационных и информационных технологий привел к возможности интеграции разнородных сетей в единую мультисервисную сеть связи, которая позволяет представлять разнородные телекоммуникационные услуги – передачу голоса, видео, текста и др.

# Мультисервисная сеть связи

- Мультисервисная сеть связи может быть создана непосредственно на основе как существующих цифровых, так и виртуальных сетей.
- Интенсивное развитие цифровых систем передачи (ЦСП) объясняется существенными достоинствами этих систем по сравнению с аналоговыми системами передачи (АСП): высокой помехоустойчивостью, слабой зависимостью качества передачи от длины линии связи; стабильностью электрических параметров каналов связи, эффективностью использования пропускной способности при передаче дискретных сообщений и др.

# Основные направления развития интеграционных процессов

- - электронизация, то есть переход всей техники и технологии электросвязи на электронную базу;
- - компьютеризация – насыщение техники и технологии электросвязи компьютерами;
- - цифровизация – введение в существующую сеть цифровых компонентов;
- - интеллектуализация, которая, будучи естественным проявлением интеграционных процессов, способствует появлению и развитию новых услуг электросвязи;
- - унификация, являющаяся фактором для развития систем электросвязи, удешевления оборудования и элементной базы, оптимизации взаимодействия сетей и служб электросвязи;
- - персонализация, проявляющаяся, прежде всего в переходе от адресации терминалов к единой системе адресации пользователей, когда каждый пользователь будет иметь единый адрес независимо от того, в какую сеть он включен, какой вид связи использует и где находится в данный момент времени. Естественно, что для реализации этого направления интеграционных процессов необходима интеграция существующих систем адресации в сетях;

# Основные направления развития интеграционных процессов

- - глобализация, вытекающая из идеи создания ГИИ – составляющей которой будут мощные транспортные сети связи и распределенные сети доступа, предоставляющие информацию пользователям;
- - стандартизация, базовыми документами которой являются стандарты. Поскольку система электросвязи должна гармонично объединиться с мировой, то и казахстанские стандарты в области связи должны быть как можно ближе к мировым.
- Требованиями к перспективным сетям связи являются:
- - мультисервисность, под которой понимается независимость технологий предоставления услуг от транспортных технологий;
- - широкополосность, под которой понимается возможность гибкого и динамического изменения скорости передачи информации в широком диапазоне в зависимости от текущих потребностей пользователя;
- - мультимедийность, под которой понимается способность сети передавать многокомпонентную информацию (речь, данные видео, аудио) с необходимой синхронизацией этих компонент в реальном времени и использованием сложных конфигураций соединений;
- - интеллектуальность, под которой понимается возможность управления услугой, вызовом и соединением со стороны пользователя или поставщика услуг;
- - инвариантность доступа, под которой понимается возможность организации доступа к услугам независимо от используемой технологии;
- - многооператорность, под которой понимается возможность участия нескольких операторов в процессе предоставления услуги и разделение их ответственности в соответствии с областью деятельности.

# Основные виды телекоммуникационных систем и сетей

- - телефонная связь – вид электросвязи, обеспечивающий передачу и прием речевых сообщений. Для организации связи используется типовой канал тональной частоты (ТЧ), спектр которого составляет 300-3400 Гц;
- - звуковое вещание (ЗВ) – вид электросвязи, обеспечивающий передачу программ для непосредственного приема населением. Требования к типовому каналу ЗВ зависят от желаемого класса звучания. Источниками звука при передаче программ вещания обычно являются музыкальные инструменты и голос человека. Первое занимает более широкую полосу частот, чем звучание речи. Кроме того динамический диапазон сигналов вещательной передачи значительно шире, чем при передаче речи. Например, речь диктора имеет динамический диапазон 25-33 дБ, при художественном чтении – 40-50 дБ, симфонический оркестр – до 65 дБ. Спектр ЗВ занимает полосу частот 15Гц – 20кГц.
- - телевидение обеспечивает передачу программ черно-белого и цветного телевидения. Для него предусматриваются два типовых канала – для передачи звуковых сигналов сопровождения и передача изображения.

# Основные виды телекоммуникационных систем и сетей

- - передача данных – осуществляет передачу и прием сообщений в цифровой форме для обработки вычислительными машинами – компьютерами. Для этого вида электросвязи при низких скоростях передачи используются каналы телеграфной связи, а при высокоскоростных передачах организуют специализированные сети передачи данных.
- - факсимильная связь – обеспечивает передачу неподвижных черно-белых изображений. Сигнал формируется построчной разверткой. Частотный спектр определяется характером передаваемого изображения, скоростью развертки, верхняя частота сигнала может составлять 732, 1100 и 1465 Гц;
- - передача газетных полос – полосы газет передаются в спектре частот 48 кГц (требуется объединить 12 каналов ТЧ) или 240 Гц (60ТЧ);
- - видеотелефонная связь - обеспечивает одновременную передачу речевых сообщений и изображений говорящих. Требуется наличие двух типовых каналов: изображения и речевого канала ТЧ.



# Стандартизация в области телекоммуникаций

- - МСЭ (ISO) – является автором стандартов в различных областях деятельности, включая стандарты по телекоммуникациям. Членами ISO являются национальные организации стандартизации. Участие в ISO является добровольным. Известным стандартом ISO в области телекоммуникации является эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМВОС);
- - МСЭ-Т (ITU-T) – международная организация, разрабатывающая стандарты в области связи. Штаб-квартира этой организации размещена в Женеве (Швейцария). Ранее называлась Международным Консультативным Комитетом по Телеграфии и Телефонии, сокращённо МККТТ (ССИТТ). В состав МСЭ также входят МСЭ-Р (сектор радиосвязи) и МСЭ-D (сектор развития электросвязи). Стандарты ITU-T охватывают практически всю область телекоммуникаций;
- - Институт Инженеров по Электротехнике и Электронике (IEEE) – профессиональная организация, разрабатывающая стандарты для локально-вычислительных сетей;

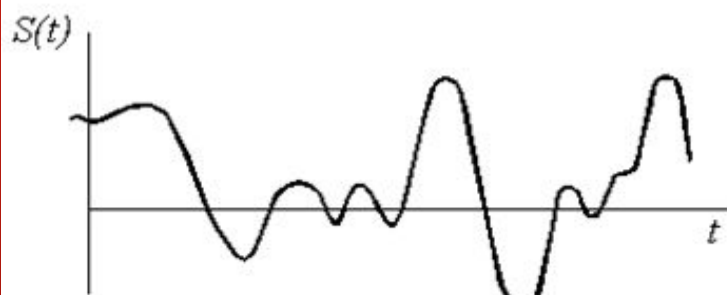
# Стандартизация в области телекоммуникаций

- - Европейский институт стандартизации электросвязи (ETSI). Создан в 1988 году организацией CEPT и определяет техническую политику в области телекоммуникации для стран Европейского сообщества. Наиболее известным стандартом ETSI является стандарт сотовой системы подвижной радиосвязи GSM;
- - Европейская конференция администраций почт и электросвязи (CEPT) создана в 1959 г. В сферу ее деятельности входит коммерческая кооперация участников телекоммуникационного рынка, а также стандартизация по техническим и организационным вопросам;
- - Европейская ассоциация производителей ЭВМ (ECMA);
- - Американский Национальный Институт Стандартизации (ANSI) - является координирующим органом добровольных групп по стандартизации в пределах США. ANSI является членом ISO. Широко известным стандартом ANSI по коммуникациям является FDDI;
- - Ассоциация Телекоммуникационной Промышленности (TIA) – одна из групп ANSI, выпускающая стандарты по телекоммуникациям. Самым известным стандартом TIA является стандарт сотовой системы подвижной радиосвязи США IS-54;
- - Ассоциация Электронной Промышленности (EIA) входит в группу ANSI;
- - Федеральная комиссия по связи (FCC) США. Правительственная организация США, занимающаяся регулированием в отрасли связи, в том числе распределением спектра радиочастот;
- - Совет по Регуляции Работы Internet (IAB) – определяет основную политику в области глобальной сети Internet. Включает в себя два подкомитета: исследовательский - IRTF и стандартизации - IETF. Стандарты IAB называются RFC (запрос для комментария).

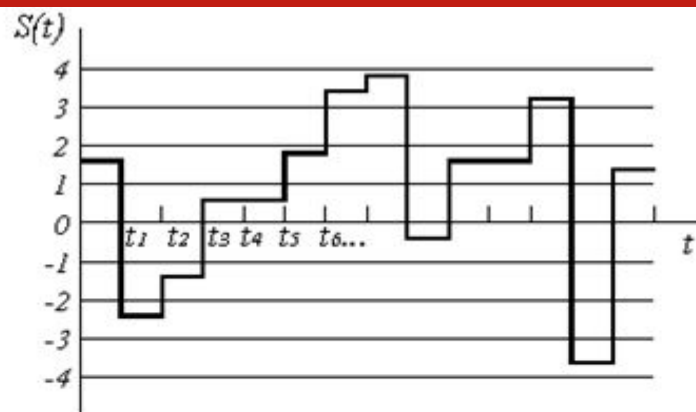
# Первичные электрические сигналы и их характеристики

- Сигнал передает (развертывает) сообщение во времени, то есть всегда является функцией времени. Различают четыре вида сигналов:
- - непрерывный сигнал непрерывного времени (см. рисунок 1а);
- - непрерывный дискретного времени (см. рисунок 1б);
- - дискретный непрерывного времени (см. рисунок 1в);
- - дискретный дискретного времени (см. рисунок 1г).

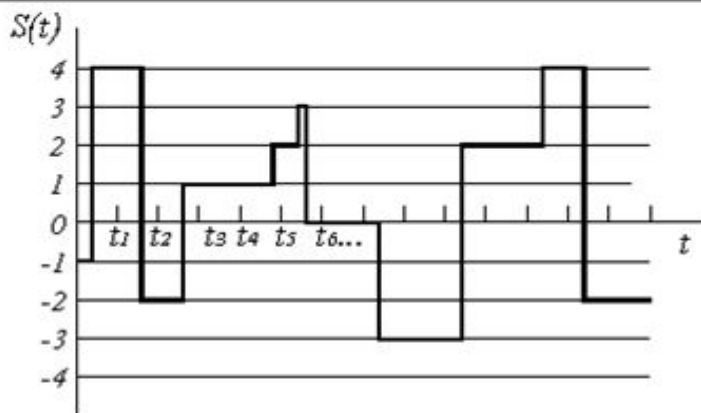
# Первичные электрические сигналы и их характеристики



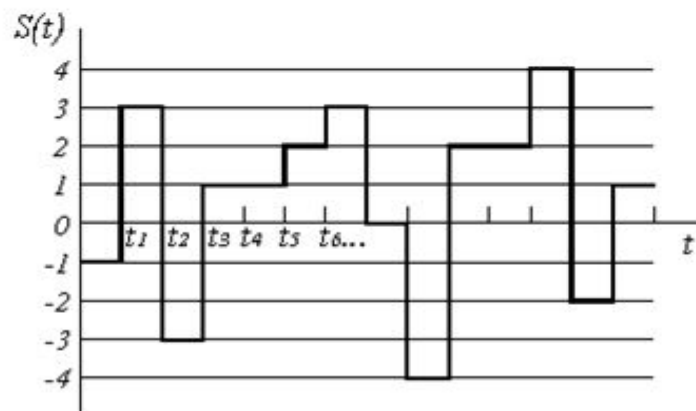
a)



б)



в)



г)

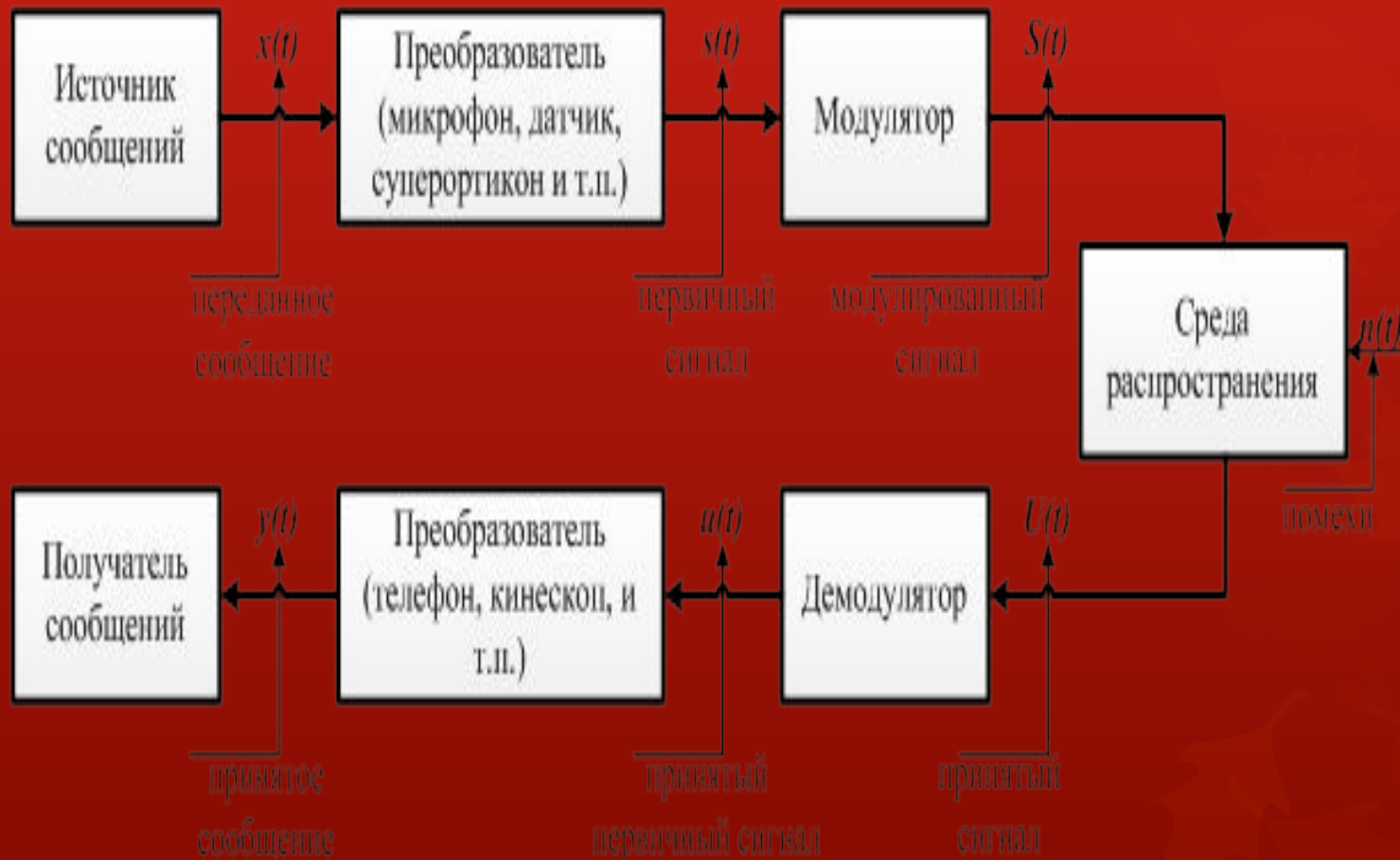
# Первичные электрические сигналы и их характеристики

- Непрерывные сигналы непрерывного времени называют сокращенно непрерывными (аналоговыми) сигналами. Они могут изменяться в произвольные моменты, принимая любые значения из непрерывного множества возможных значений (синусоида).
- Непрерывные сигналы дискретного времени могут принимать произвольные значения, но изменяться только в определенные, наперед заданные (дискретные) моменты  $t_1, t_2, t_3, \dots$
- Дискретные сигналы непрерывного времени отличаются тем, что они могут изменяться в произвольные моменты, но их величины принимают только разрешенные (дискретные) значения.
- Дискретные сигналы дискретного времени (сокращенно дискретные) в дискретные моменты времени могут принимать только разрешенные (дискретные) значения.

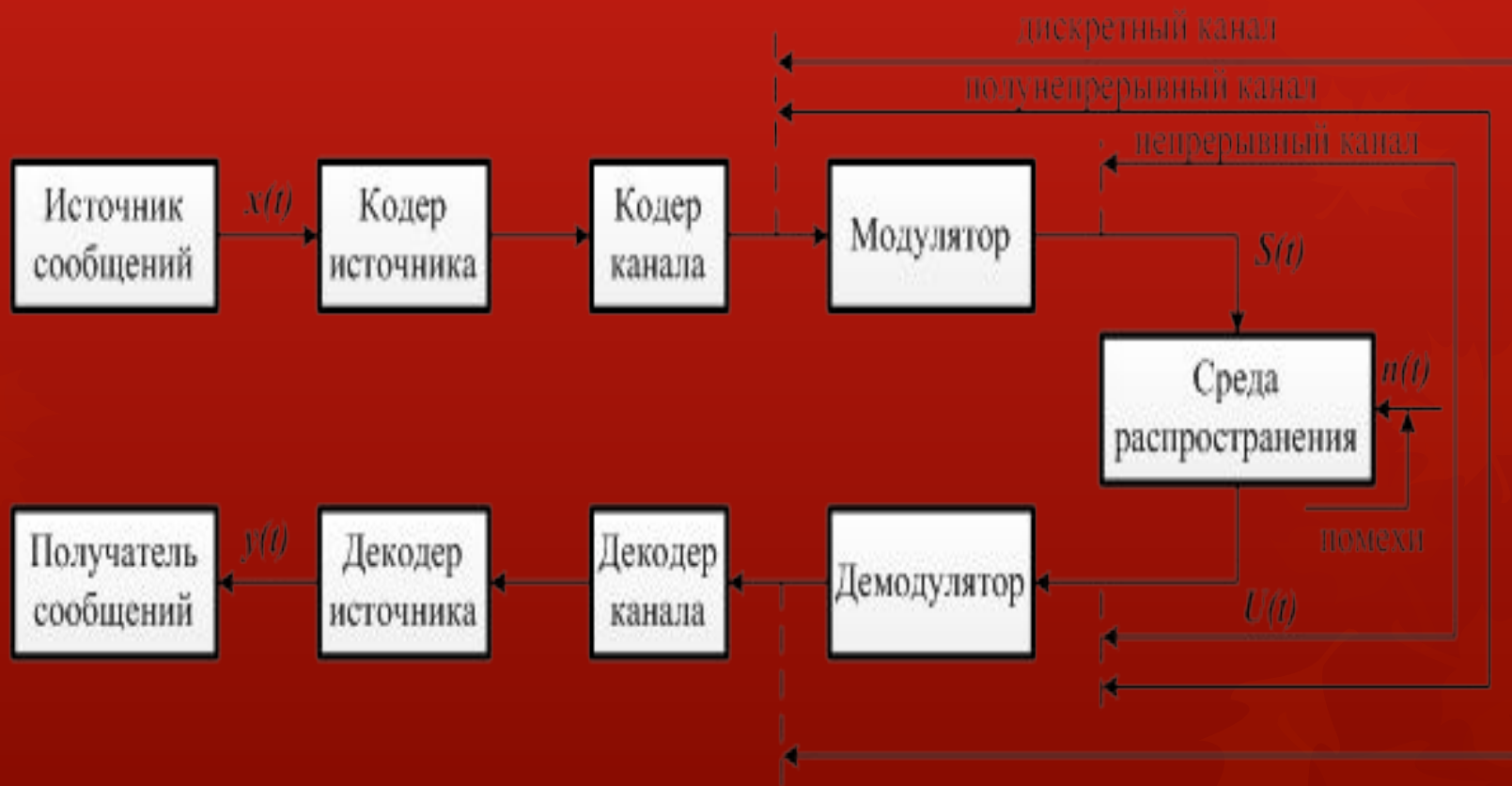
# Структурная схема системы электросвязи (СЭС)

- - источник сообщения – физический объект, который формирует сообщение  $x(t)$  (люди, ЭВМ, датчики);
- - преобразователи сообщения в электрический сигнал (микрофон, датчик), который превращают сообщение  $x(t)$  в первичный сигнал  $s(t)$ ;
- - модулятор – осуществляет преобразование первичного сигнала  $s(t)$  во вторичный сигнал  $S(t)$ , удобный для передачи в среде распространения в условиях действия помех;
- - среда распространения служит для передачи электрических сигналов от передатчика к приемнику. Это может быть кабель или волновод, в системах радиосвязи это область пространства в котором распространяется электромагнитная волна от передающей антенны к приемной;
- - демодулятор - устройство, в котором из принятого сигнала  $U(t)$  выделяется первичный электрический сигнал  $u(t)$ , который из-за действия помех может значительно отличаться от переданного  $s(t)$ .
- - преобразователь необходим для формирования  $y(t)$  сообщения из принятого первичного сигнала  $u(t)$ . Качество СЭС определяется степенью соответствия принятого сообщения  $y(t)$  переданному сообщению  $x(t)$ .

# Структурная схема системы электросвязи (СЭС)



# Структурная схема системы электрической связи для передачи дискретных сообщений





# Структурная схема системы электрической связи для передачи дискретных сообщений

- Кодер источника служит для преобразования сообщений в кодовые символы с целью уменьшения избыточности источника сообщения, т.е. обеспечении минимума среднего числа символов на одно сообщение и представления в удобной форме (например, в виде двоичных чисел).
- Кодер канала, предназначен для введения избыточности, позволяющей обнаруживать и исправлять ошибки в канальном декодере, с целью повышения достоверности передачи.
- Декодер канала обеспечивает проверку избыточного (помехоустойчивого) кода и преобразование его в последовательность первичного электрического сигнала без избыточного кода.
- Декодер источника (ДИ) – это устройство для преобразования последовательности первичных электрических сигналов (ПЭС) без избыточного кода в сообщение.

# Принцип работы телевизора

- Первичный телевизионный сигнал формируется методом электронной развертки с помощью развертывающего луча телевизионной передающей трубки, преобразующей оптическое изображение в видеосигнал, или сигнал яркости. Подвижное изображение передается в виде мгновенных фотографий – кадров, сменяющих друг друга. Причем для создания эффекта плавного движения передается 25 кадров/с. Каждый кадр разлагается на строки, число которых определяется установленными стандартами. В широко распространяемом стандарте каждый кадр раскладывается на 625 строк. Чтобы смена кадров на экране кинескопа была незаметной, число изображения должно составлять не менее 50 кадров/с [3].

# Принцип работы телевизора

- В основе цветного телевидения лежат следующие физические процессы:
- - оптическое разложение многоцветного изображения с помощью специальных цветных светофильтров на три одноцветных изображения в основных цветах – красном (R – red), зеленом (G – green) и синем (B-blue);
- - преобразование трех одноцветных изображений в передающей телевизионной трубке в соответствующие им три сигнала ER, EG, EB;
- - передача этих трех электрических сигналов по каналу связи;
- - обратные преобразования электрических сигналов изображения в специальном кинескопе в три одноцветных оптических изображения красного, зеленого и синего цветов. Каждый цвет характеризуется двумя параметрами яркостью и цветностью;
- - оптическое сложение в определенных пропорциях трех одноцветных изображений в одно многоцветное.

# Единая сеть телекоммуникации РК

- В 1960 г. перспективным направлением построения сети электросвязи было ЕАСС, которая базировалась на объединении разрозненных и многочисленных мелких сетей в общегосударственные сети каждого вида электросвязи, а затем в единую сеть с целью совместного использования определенных технических средств, и, в первую очередь, систем передачи и систем коммутации. При создании ЕАСС было учтено, что определенные технические средства участвуют в процессе передачи независимо от вида сообщений, т. е. являются общими. В связи с этим вся сеть страны стала подразделяться на две взаимосвязанные составляющие:
  - - первичная сеть (совокупность сетевых станций, сетевых узлов и соединяющих их линий передачи, которая позволяет организовать сеть каналов передачи и групповых трактов);
  - - вторичная сеть (совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сообщений определенного вида).

# Единая сеть телекоммуникации РК

- До распада СССР первичная сеть связи РК строилась по основным принципам построения первичной сети в соответствии концепции ЕАСС. Первичная сеть была полностью аналоговая. Связь с дальним зарубежьем осуществлялась ручным способом через Россию.
- 1999 г. принят закон «О связи» в РК. В результате принята новая концепция построения сети ВСТ, то есть – это комплекс технологически сопряженных сетей электросвязи на территории РК, объединенных общим централизованным управлением. При этом предполагали, что ВСТ РК является составной частью Всемирной сети связи WCN (Worldwide communication network). При этом задачей модернизации стала цифровизация. Цифровая сеть связи РК стала подразделяться на 2 составляющие:
  - - транспортная сеть – часть сети связи, охватывающая магистральные узлы (МУ), междугородные станции (МС), а также соединяющие их каналы и узлы (междугородные, международные);
  - - сеть доступа – совокупность АЛ и станций местной сети, обеспечивающая доступ абонентских терминалов к транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть.

# Единая сеть телекоммуникации РК

- В 2004 г. принят новый закон «О связи», в соответствии с которой начался новый этап – информатизация общества. Сетевой основой РК стала, ЕСТ [4]. Задачей ЕСТ РК является объединение всех сетей электросвязи, расположенные на территории РК. В состав ЕСТ РК входит СТОП и сети связи ограниченного пользования, которые включают в себя: ведомственные и выделенные сети, сети телекоммуникаций специального назначения, корпоративные и др. сети передачи информации посредством электромагнитных сигналов . СТОП – составная часть ЕСТ РК, отличается широкой разветвленностью, охватывает всю территорию страны, обслуживает основной контингент населения, органы управления народным хозяйством, обороной, а также любых других потребителей без каких-либо ограничений. СТОП строится по территориальному принципу и включает в себя магистральный, внутризоновый и местный участки. Ведомственные сети связи создаются и функционируют для обеспечения реализации управленческих и организационных целей соответствующих государственных органов, и органов местного самоуправления в соответствии с их полномочиями, а также для обеспечения реализации производственных и управленческих целей государственных предприятий, находятся в их ведении и эксплуатируются ими.

# Единая сеть телекоммуникации РК



# Телефонные сети, виды и принципы их построения

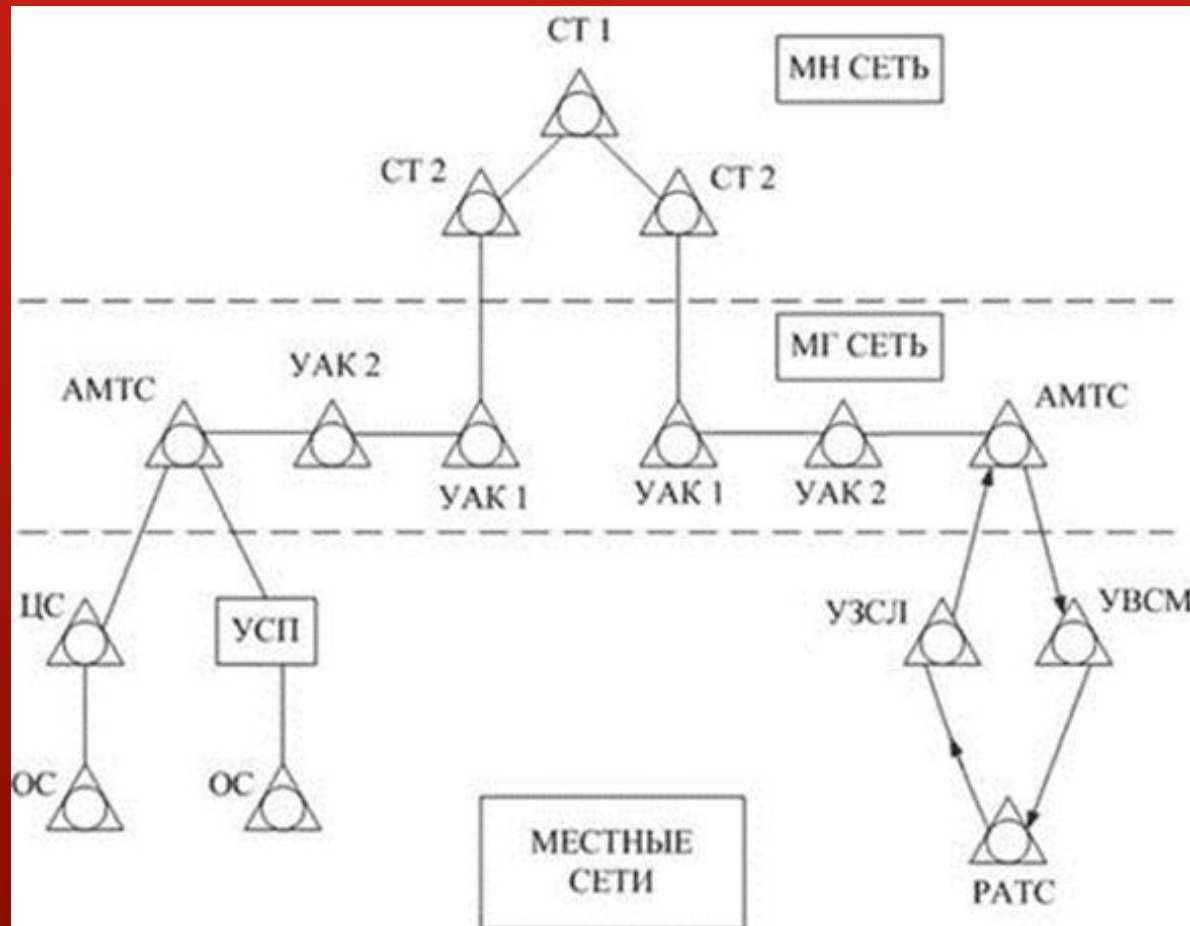
- Базовые принципы определяют общие основы построения сетей связи:
- - взаимосвязанности взаимодействия сетей различных типов и назначений;
- - принцип иерархического построения сетей;
- - принцип разделения сетей на сети общего и ограниченного пользования;
- - принцип устойчивого и надежного функционирования сетей;
- - принцип соответствия международным и национальным стандартам и рекомендациям.



# Международные сети связи

- Международные сети связи – сети электросвязи технологически сопряженные с сетями связи других государств (см. рисунок 4.1). В соответствии с рекомендацией E.171 МСЭ-Т сеть строится на базе устройств автоматической коммутации 3х классов: СТ-1, СТ-2 и СТ-3, являющихся окончными международными станциями. СТ-1 и СТ-2, кроме того, выполняют функции центров автоматического транзита. Вся территория земного шара разделена на 8 зон коммутации («телефонных континентов»), в каждой из которых установлены центры коммутации первого класса СТ-1: Северная и Центр-я Америки (код 1), Африка (код 2), Европа (коды 3 и 4), Южная Америка (код 5), Малая Азия, Австралия и Океания (код 6), Россия (код 7), Центральная Азия и Дальний Восток (код 8), Индия и Ближний Восток (код 9). В зоне действия СТ-1 строятся СТ-2 и СТ-3. СТ-2 объединяет несколько стран. Зона СТ-3, как правило, ограничивается территорией страны. В странах СНГ центры СТ-3 не создавались.

# Международные сети связи



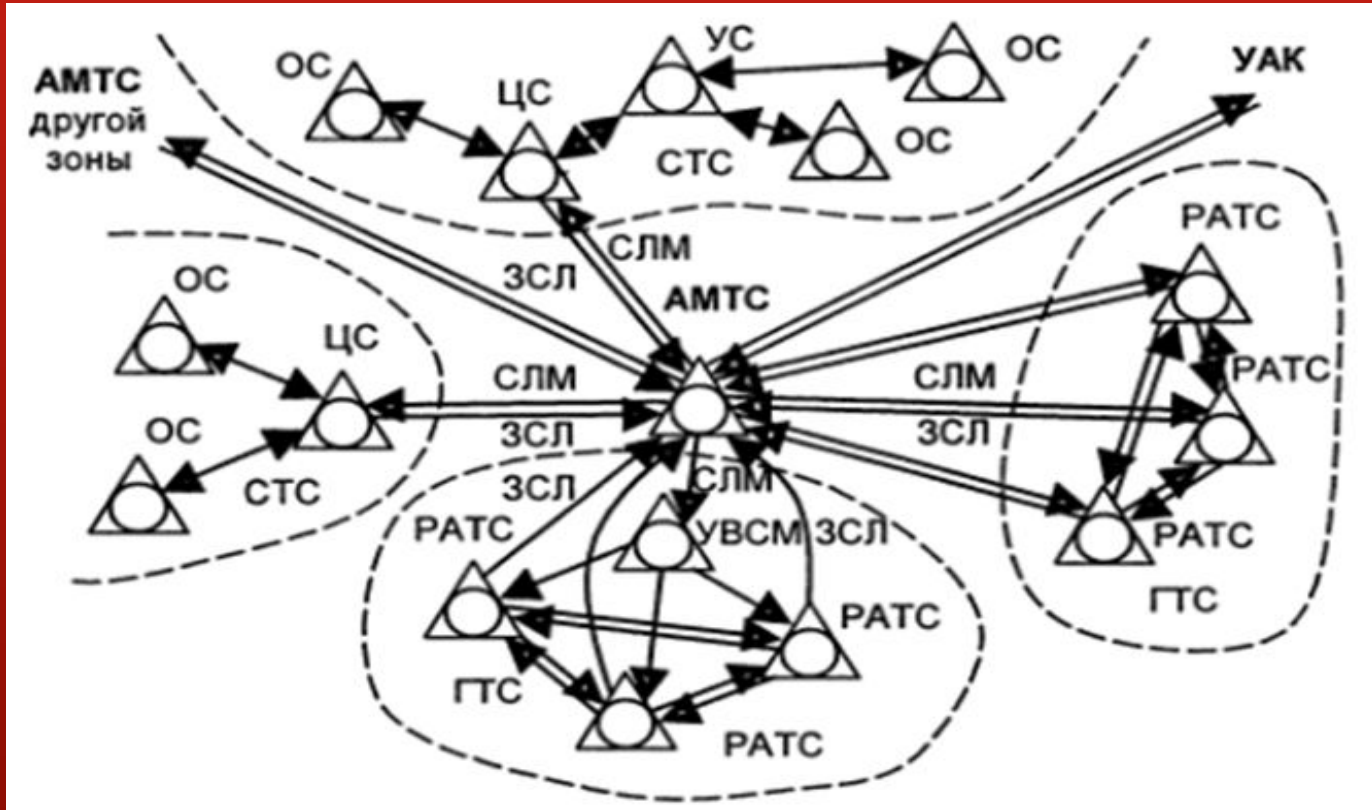
# Телефонные сети, виды и принципы их построения

- СТ-1 соединены по принципу «каждый с каждым» пучками последнего выбора (ППВ). Пучки каналов ППВ образуют базовую структуру. Для ППВ используются по возможности наземные каналы связи. МСЭ-Т не рекомендует включать два и более скачков спутниковой связи в один международный соединительный тракт. Между центрами СТ любого класса могут быть организованы прямые пучки каналов высокого качества (ПВК) с вероятностью блокировки не более 1% или пучки каналов высокого использования (ПВИ) с вероятностью блокировки порядка (15–20)%. В соответствии с рекомендацией Е.171 число коммутируемых участков, участвующих в установлении международного соединения, не должно превышать 12. В исключительных случаях и для небольшого числа соединений число коммутируемых участков может достигать 14.

# Магистральные сети связи

- Магистральные сети связи – технологически сопряженные сети электросвязи, образуемые между зонами. Магистральная сеть соединяет Астану с центрами зон (областей), а также зоны между собой.

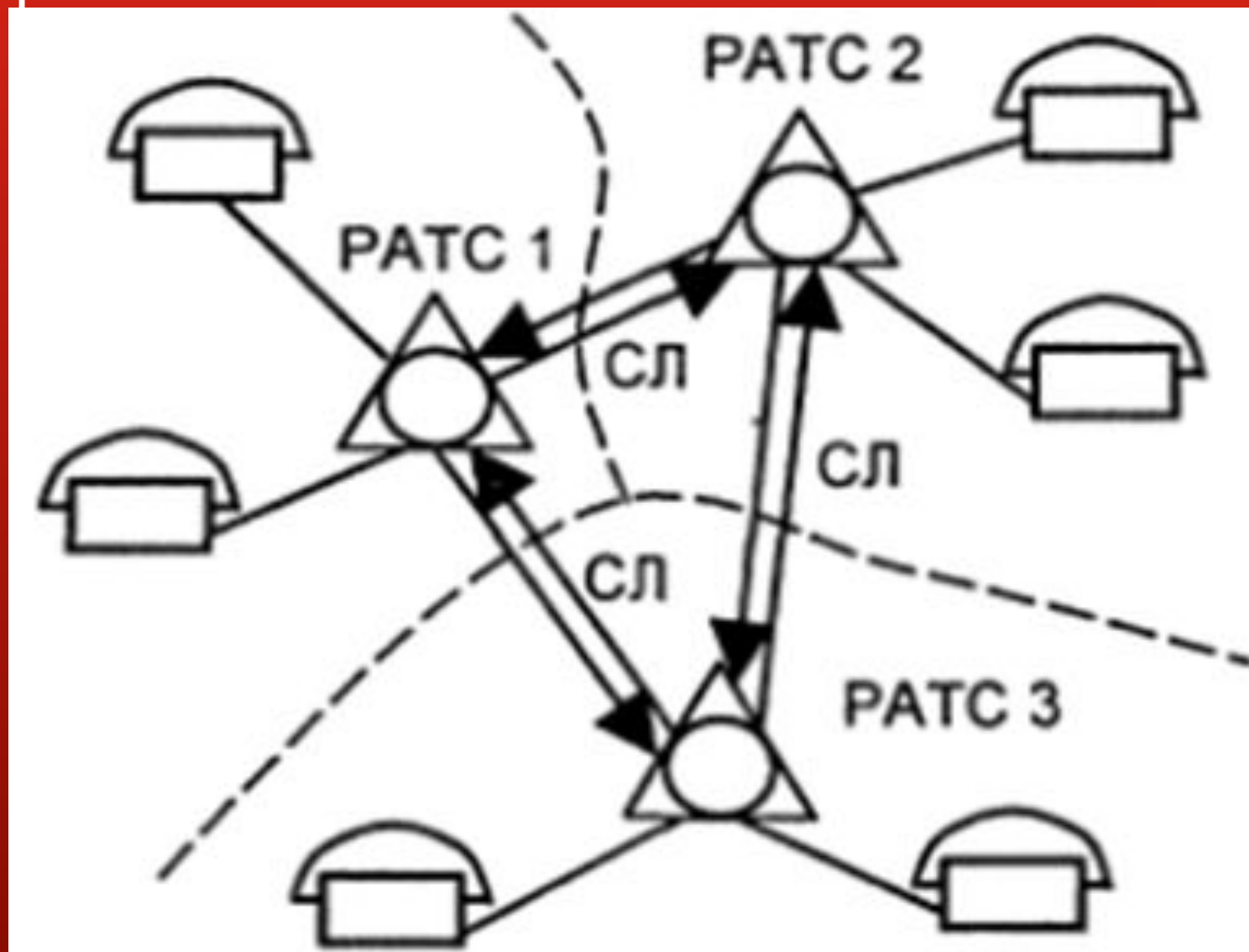
# Внутриобластная (внутризоновая) сеть



# Городская телефонная сеть

- С учетом имеющихся тогда технических средств коммутации предусматривались следующие разновидности структуры ГТС [7]:
- - нерайонированная ГТС. На такой сети устанавливается одна АТС, куда включаются АЛ. Абоненты могут подключаться к АТС либо непосредственно, либо через УПАТС. Придельная емкость АТС 7000. Нумерация пятизначная. Межстанционные СЛ в такой сети отсутствуют;
- - районированная ГТС. В этом случае территорию города разделяют на районы. В каждом из них размещается районная ПАТС, в которую включаются абоненты этого района. Придельная емкость районных АТС 70000 абонентов. Нумерация пятизначная, где первая цифра является кодом районной АТС. ПАТС связаны между собой пучками СЛ по принципу «каждая с каждой»

# Внутризоновая сеть

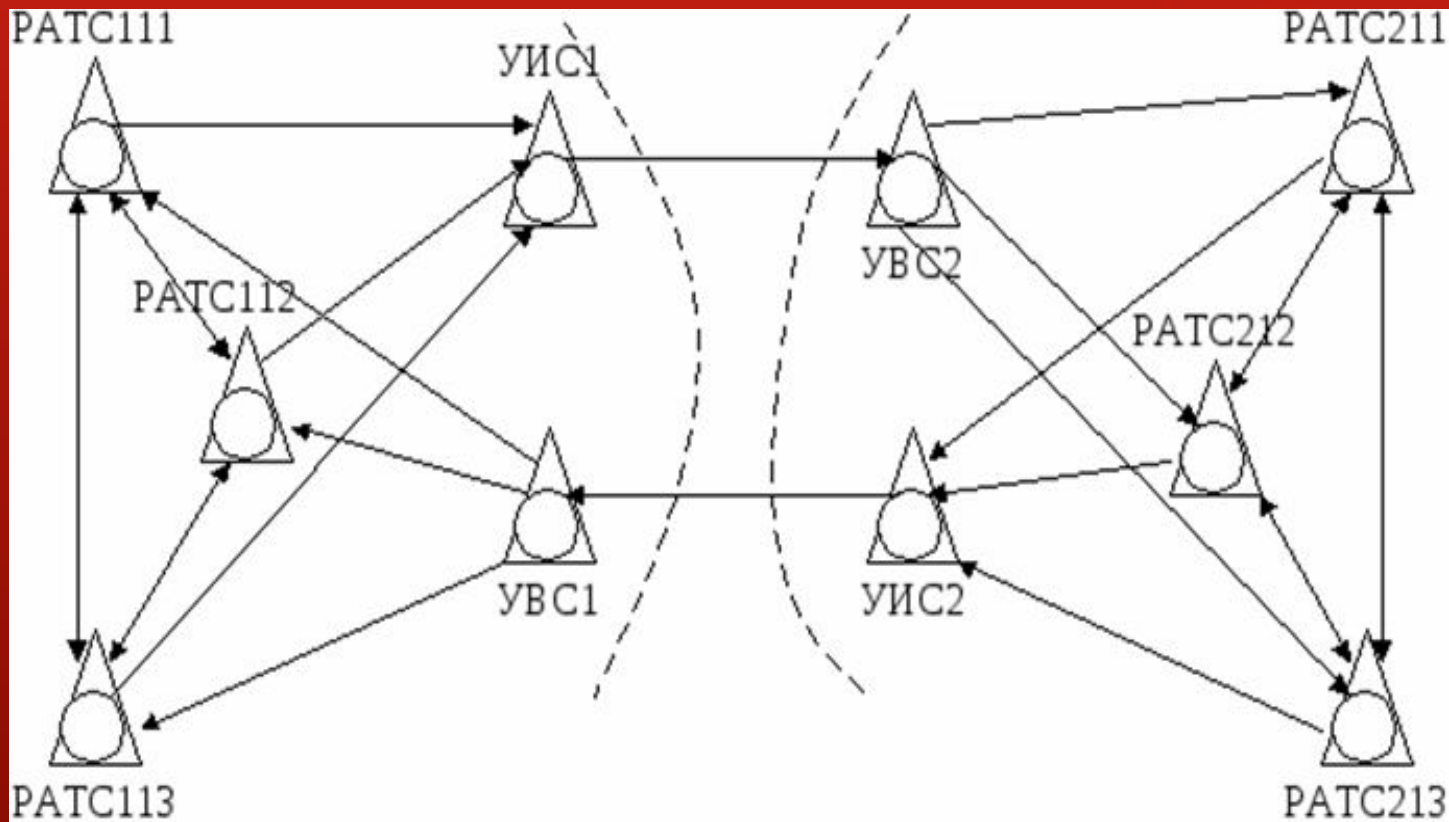


# Городская телефонная сеть

- районированная ГТС с УВС, содержащие несколько узловых районов. РАТС одного узлового района могут быть соединены между собой по принципу «каждая с каждой» (узловой район 1) или связываться через УВС своего узлового района (узловой район 2).  
Нумерация шестизначная;
- - районированная ГТС с УВС и УИС.



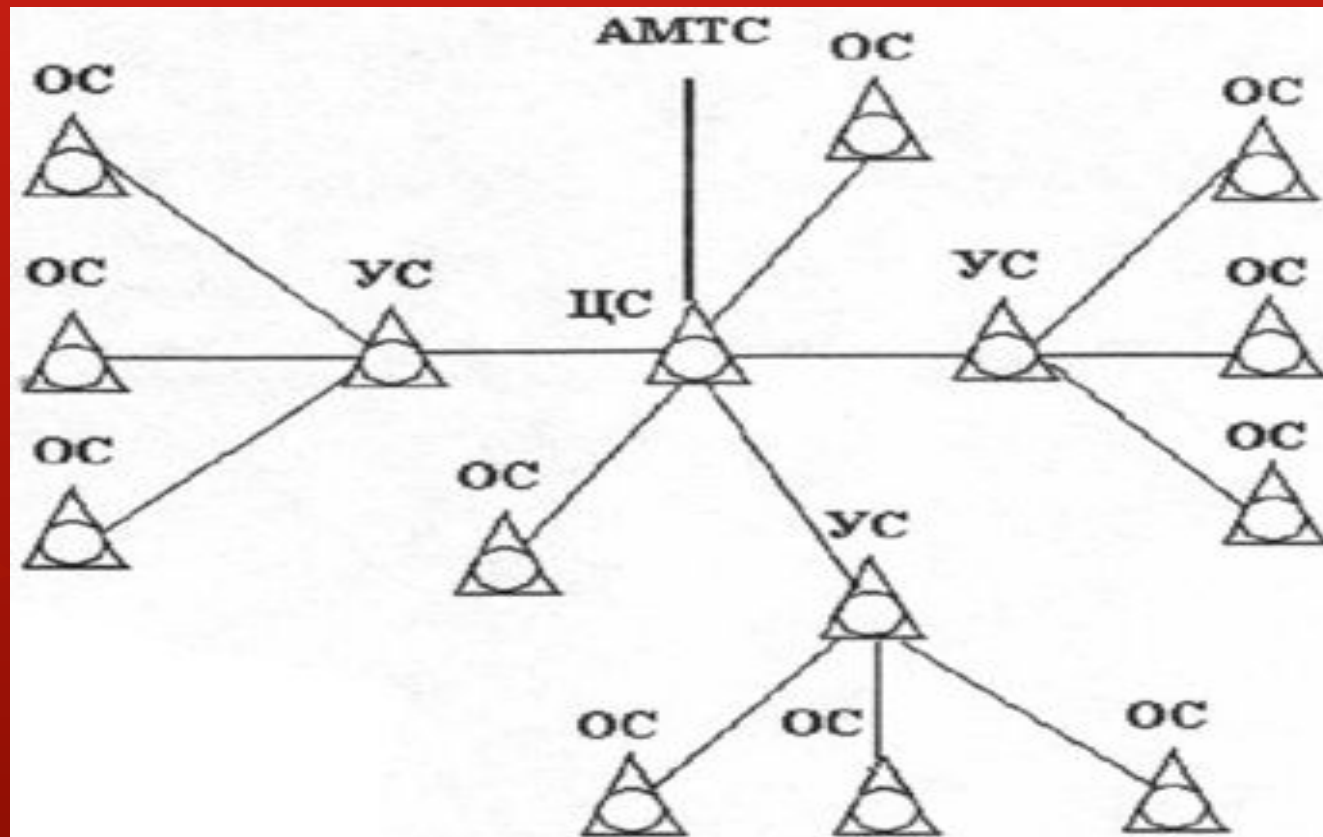
# Районированная ГТС с УВС и УИС.



# Сельская телефонная сеть

- Разновидности структуры построения СТС:
- - радиальная;
- - радиально-узловая ;
- - комбинированная.

# Радиально-узловая СТС



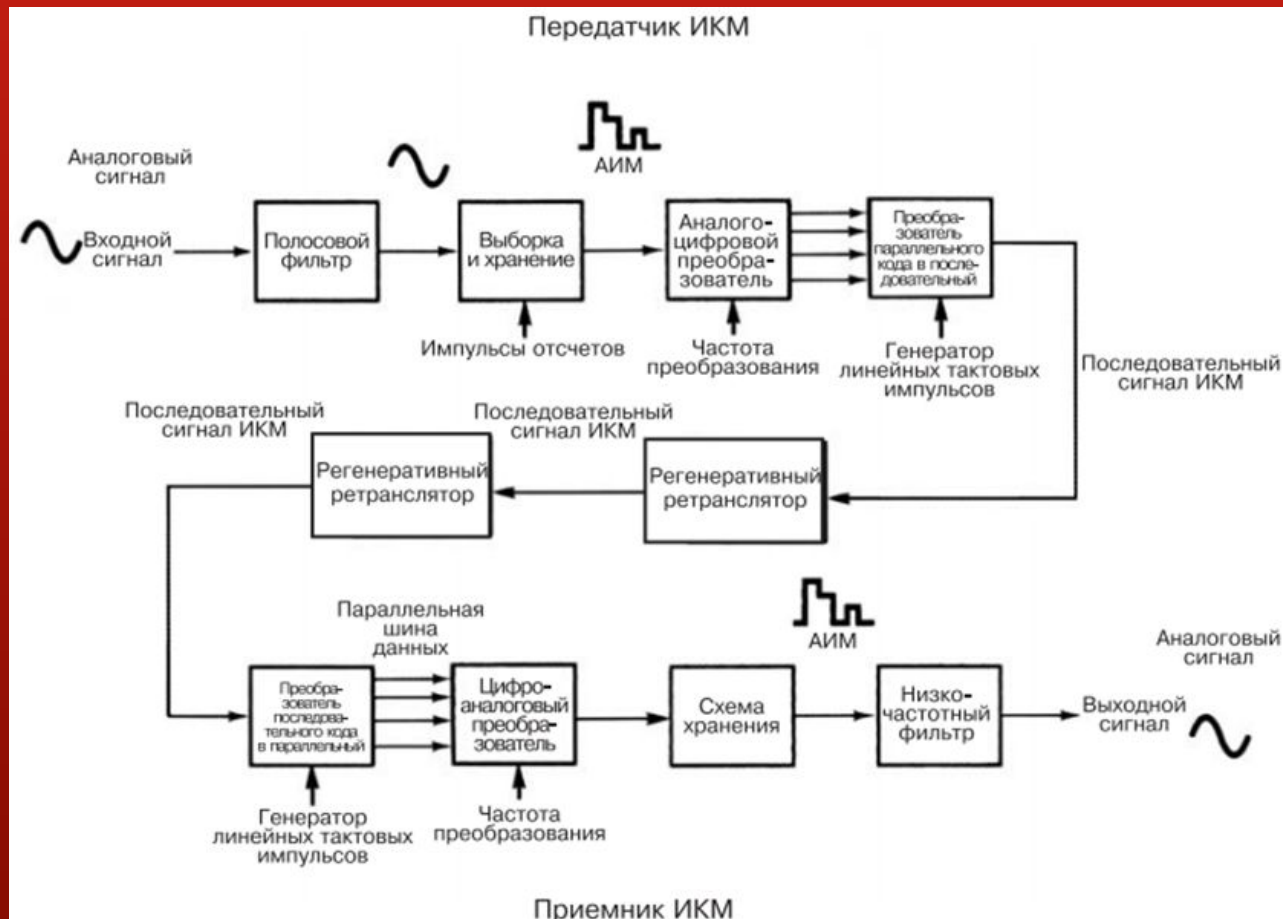
# Основы цифровой телефонии

- По сравнению с аналоговыми методами передачи, цифровые методы передачи имеют ряд преимуществ среди которых:
- - высокая помехоустойчивость;
- - слабая зависимость качества передачи от длины линии связи;
- - стабильность параметров каналов ЦСП;
- - эффективность использования пропускной способности каналов для передачи дискретных сигналов;
- - возможность построения цифровой сети связи.
- - легкость засекречивания информации.

# Основы цифровой телефонии

- К недостаткам цифровых систем относится:
- - передача аналогового сигнала в цифровой форме требует значительно большей полосы частот, чем передача аналогового сигнала в исходном виде;
- - аналоговый сигнал должен быть преобразован в цифровую форму перед передачей и преобразование обратное на приеме - это приводит к необходимости дополнительных устройств кодирования и декодирования;
- - необходимость синхронизации генераторного оборудования передатчиков и приемников.

# Упрощенная схема системы передачи с ИКМ.



# Стратегия построения цифровой сети

- Известны несколько стратегий построения цифровой сети, основными из которых являются :
- - стратегия островов (стратегия замещения);
- - стратегия наложения;
- - прагматическая стратегия (комбинированная).

# Стратегия островов

- Для стратегии островов характерно то, что все существующие аналоговые системы поэтапно заменяются на цифровые в пределах ограниченных географических областей, называемых цифровыми островами. Затем острова цифровой сети постепенно объединяются, образуя единую цифровую сеть. Цифровые острова рекомендуется внедрять в районах с большим количеством устаревших телефонных станций, срок эксплуатации которых подходит к концу, так же в районах с широким использованием ЦСП. Стратегия островов может быть привлекательной также в том случае, когда телефонизированные районы разделены большими расстояниями и первоначальные затраты на модернизацию сетей верхнего уровня высоки.



# Стратегия наложения

- Стратегия наложения направлена на создание цифровой сети, охватывающей ту же самую территорию, что и существующая аналоговая сеть. Цифровые станции соединяются между собой только цифровыми СЛ и обмениваются сигнальной информацией с помощью общеканальной системы сигнализации (ОКС №7). Сопряжение цифровой сети с существующей аналоговой сетью обеспечивается возможным числом узлов (шлюзов), выполняющих функции согласования систем сигнализации.

# Прагматическая стратегия

- При прагматической стратегии характерно то, что в процессе развития сети ее различные участки могут модернизироваться как с использованием стратегии наложения, так и путем введения цифровых островов. Прагматические стратегии предполагают более детальный технический и экономический анализ многочисленных комбинаций стратегий островов и наложения, применяемых ко всем сегментам сети для достижения оптимального решения.

