



*Военная кафедра
КазНТУ им. К.Сатпаева*

**Цикл
автоматизированных
систем управления войсками
и информационной защиты**





Учебная дисциплина

«Сети ЭВМ и телекоммуникации в АСУВ»

Тема 2: «Средства телекоммуникаций»

Занятие 11: «Мобильная телефонная связь»

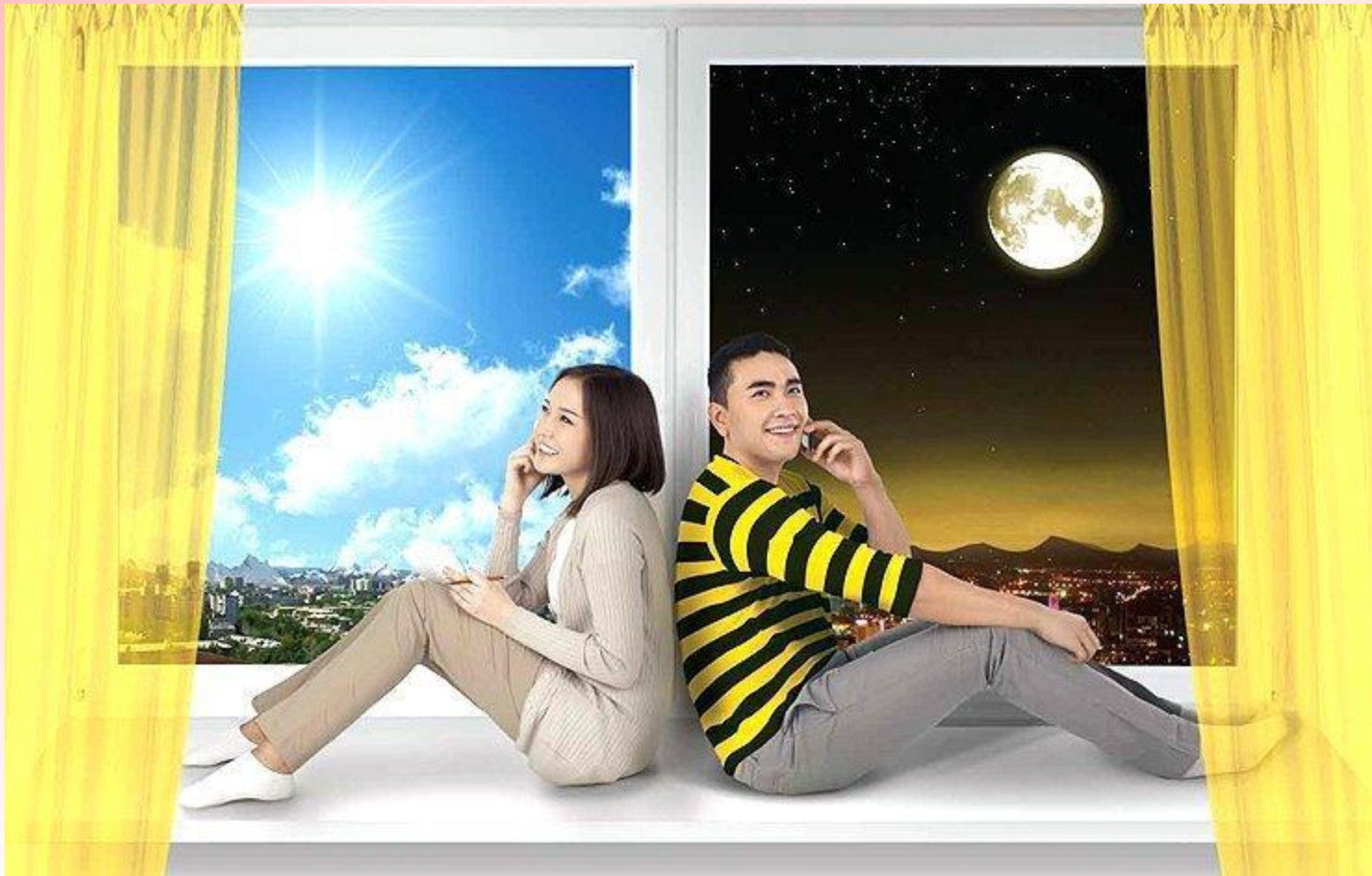


Учебные вопросы:

- 1. Принципы организации сотовой связи.**
- 2. Поколения мобильной сотовой связи.**

Вопрос 1.

Принципы организации сотовой связи



Мобильная ТЛФ связь относится к средствам беспроводной связи и может быть **двух типов**:

- ▶ домашние радиотелефоны;
- ▶ мобильные сотовые телефоны.

Радиотелефоны имеют ограниченную мобильность в пределах одного или нескольких соседних помещений и состоят из базовой станции и одной или

ых тр



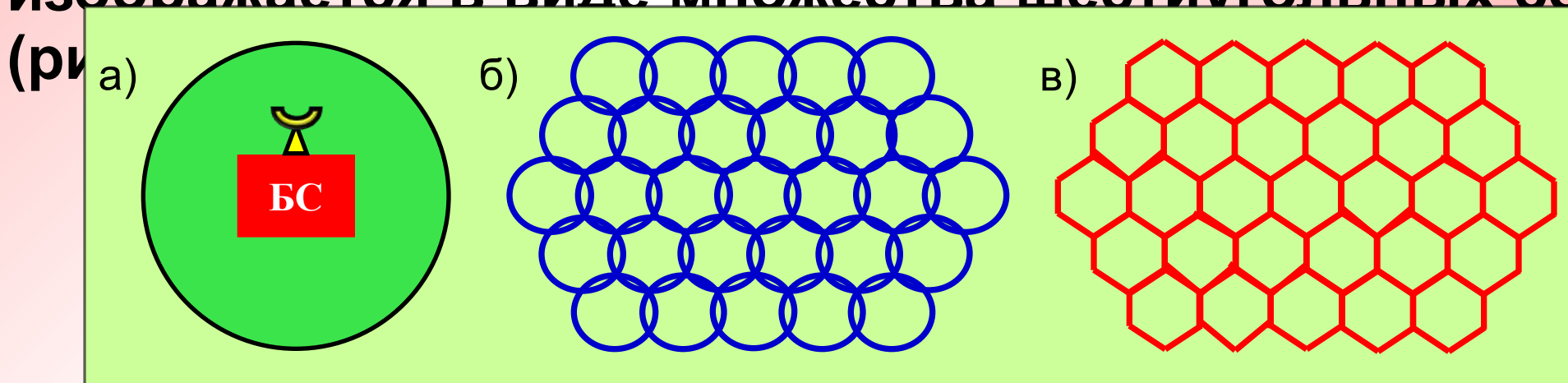
Значительно большую, практически **неограниченную**, **мобильность** обеспечивает **мобильная сотовая связь**, которая в настоящее время позволяет передавать, кроме голоса, цифровые данные и даже видео.

Основной принцип сотовой связи - разделение всей зоны охвата телефонной связью на ячейки, называемые сотами.



В центре каждой соты находится **базовая станция (БС)**, поддерживающая связь с **мобильными абонентами** (сотовыми телефонами) в зоне её охвата. БС располагают на крышах зданий и специальных вышках. На ровной поверхности зона покрытия одной БС представляет собой круг (рис.а), диаметром **10-20 км.**

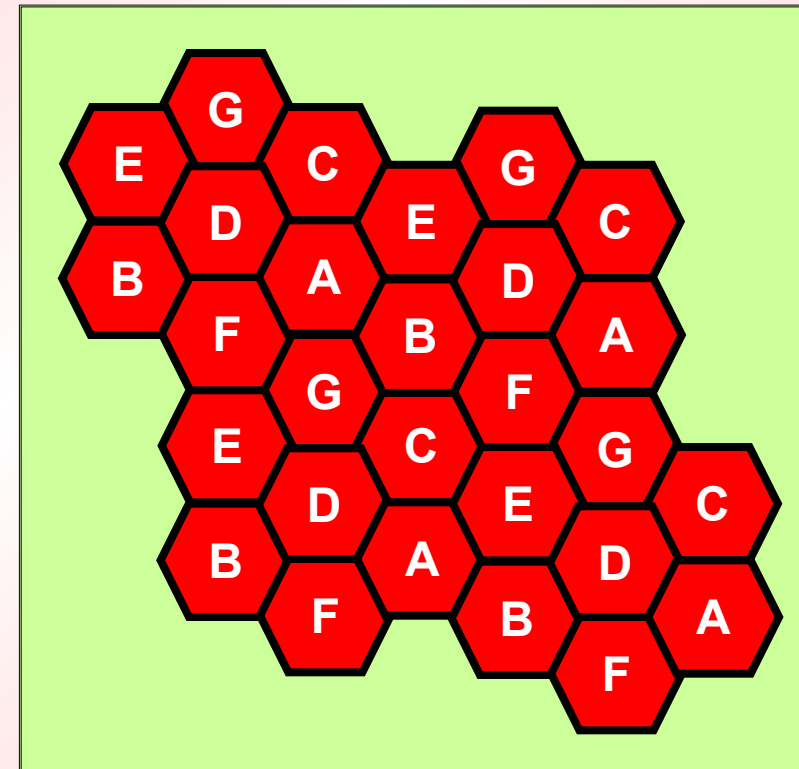
Соты частично перекрываются и вместе **образуют сеть** (рис.б), которая для простоты обычно изображается в виде множества **шестиугольных сот** (рис.в)



Каждая сота работает **на своих частотах**, не пересекающихся с соседними (рис.).

Все соты одного размера и объединены **в группы по 7 сот.**

Каждая из букв (А, В, С, D, E, F, G) соответствует **определённому диапазону частот**, используемому в пределах одной соты. Соты с одинаковыми диапазонами частот разделены сотами, работающими на других частотах.



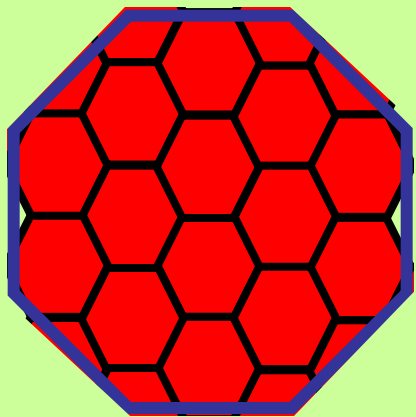
Небольшие размеры сот обеспечивают **ряд преимуществ** по сравнению с традиционной беспроводной связью:

- ▶ **большое количество пользователей**, которые одновременно могут работать в сети в разных частотных диапазонах (в разных сотах);
- ▶ **небольшая мощность** приемно-передающего оборудования, обусловленная небольшим размером сот (выходная мощность ТЛФ трубок - десятые доли ватт);
- ▶ **меньшая стоимость** устройств сотовой связи как маломощных устройств.

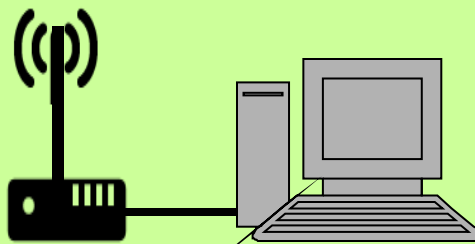
Если в какой-то соте количество пользователей оказывается слишком большим, то она может быть **разбита на соты меньшего размера**, называемые **микросотами** (рис.а).

Базовая станция (БС) содержит приёмопередатчик, поддерживающий связь с мобильными телефонами, и компьютер, реализующий протоколы беспроводной

а)

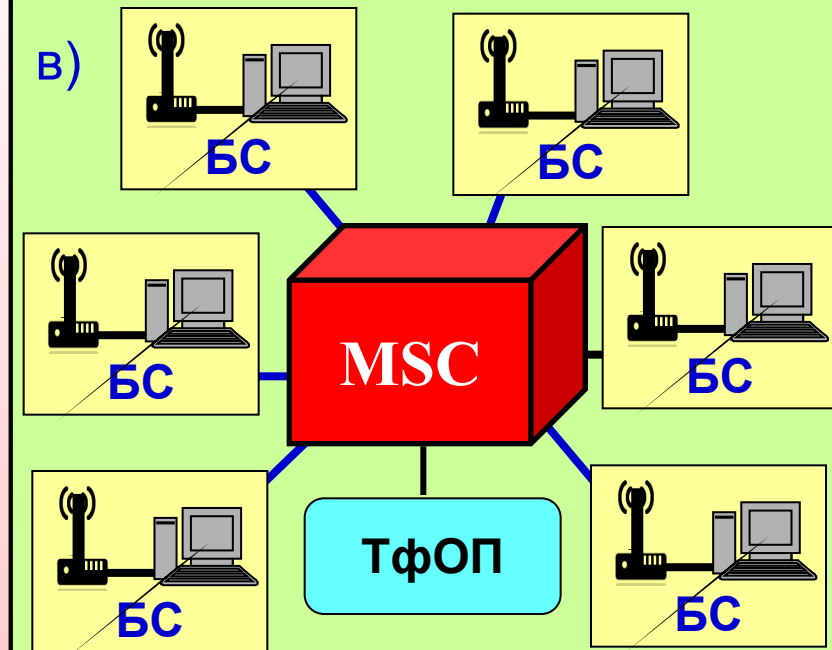


б)



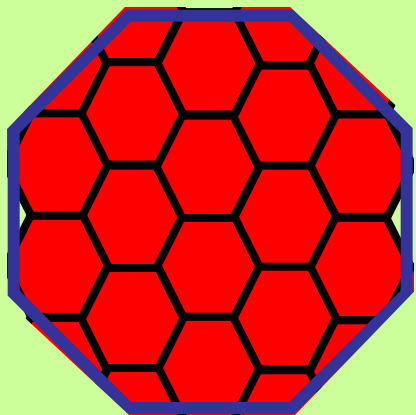
Базовая станция (БС)

в)

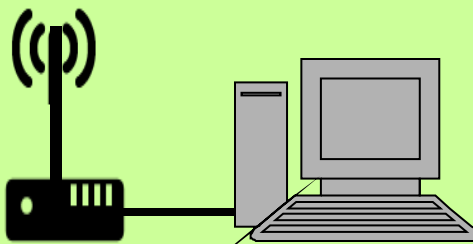


В небольших сетях все БС **соединены с коммутатором MSC (Mobile Switching Center - мобильный коммутационный центр)** и имеют выход **в телефонную сеть общего пользования (ТфОП), обеспечивающий связь мобильных телефонов со стационарными (рис.в).**

а)

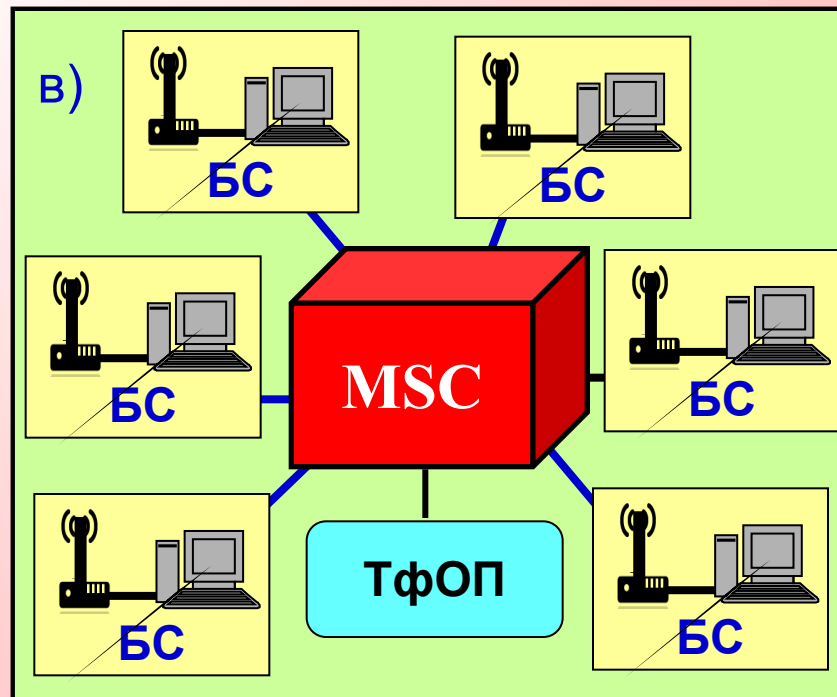


б)

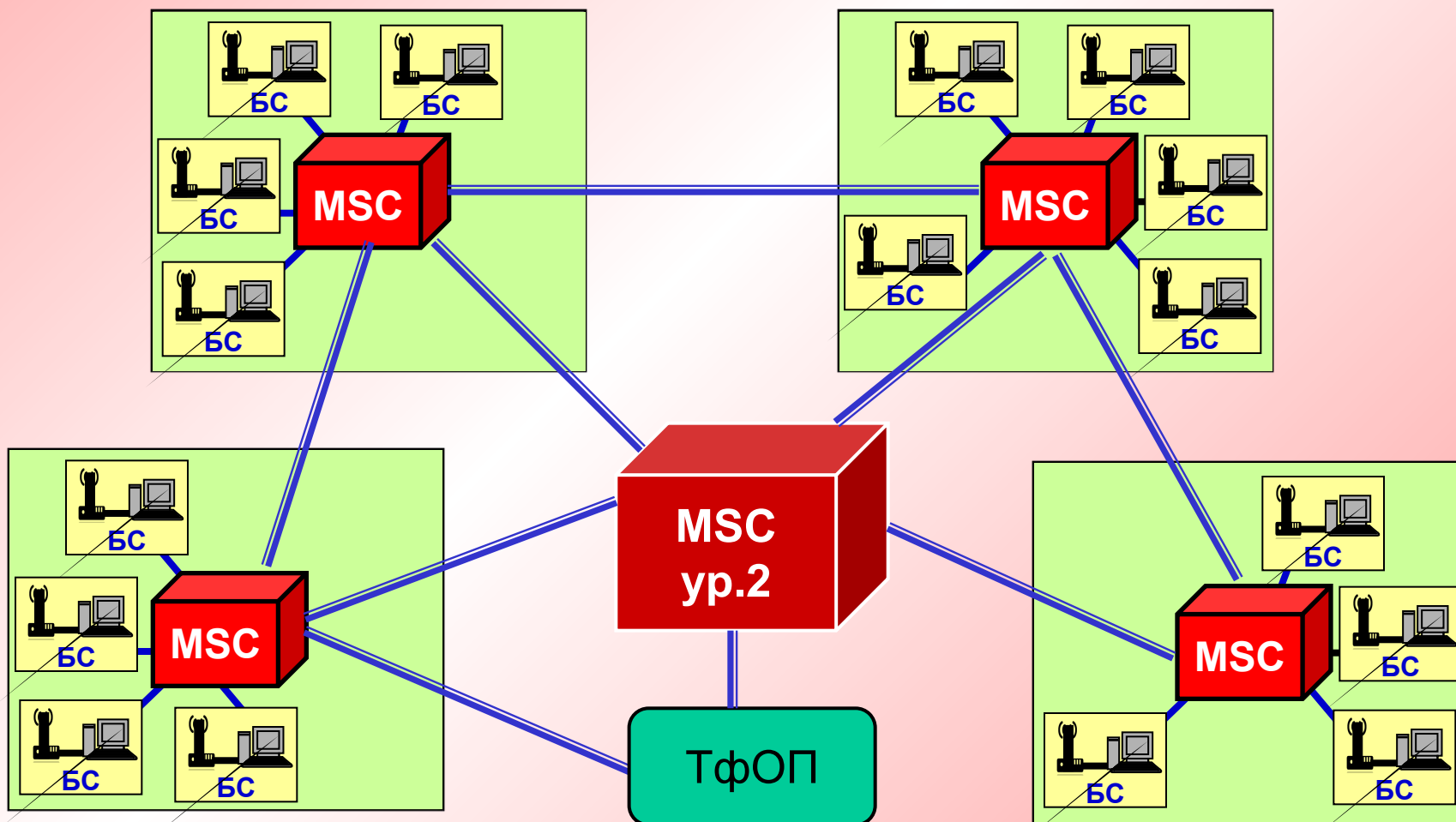


Базовая станция (БС)

в)

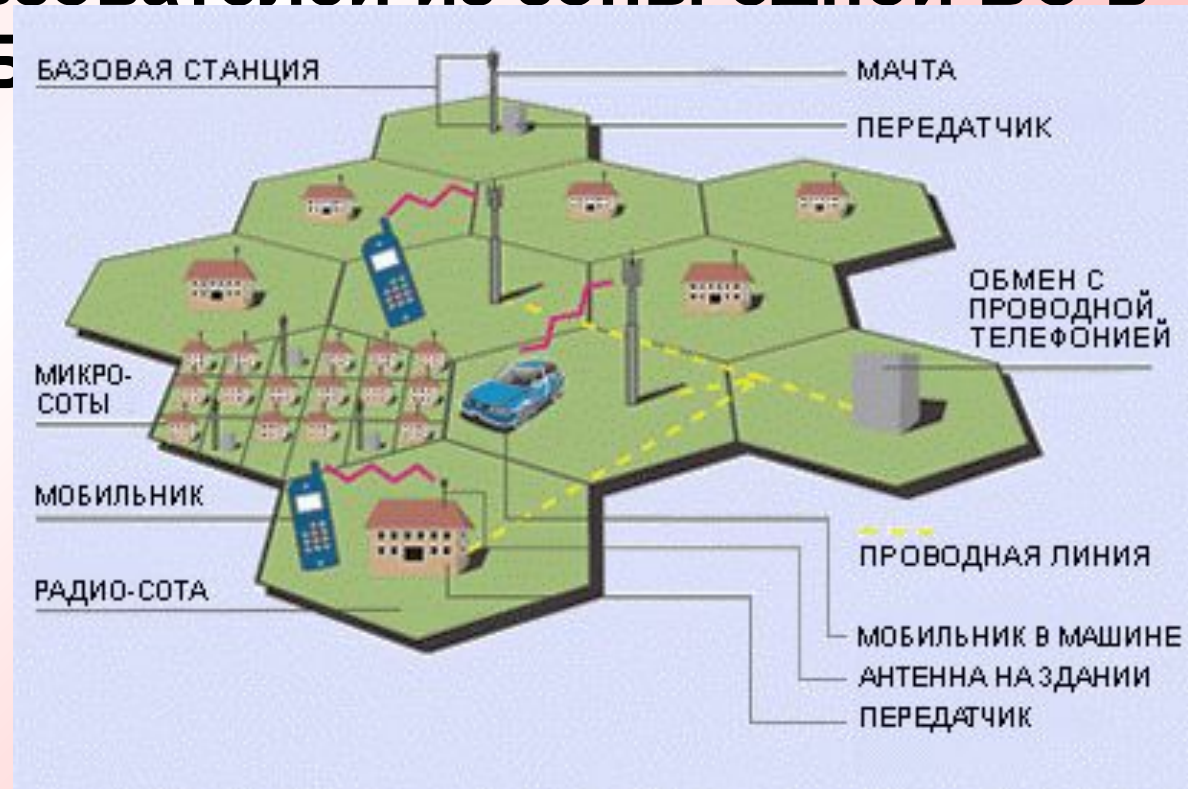


В больших сетях коммутаторы 1-го уровня (MSC) **соединяются с коммутатором 2-го уровня** и т.д., при этом все MSC **имеют выход в ТфОП** напрямую, либо через коммутатор более высокого уровня.



Связанные таким образом БС и коммутаторы образуют **сеть сотовой связи**.

БС совместно с коммутационным оборудованием **определяют** текущее местоположение подвижных пользователей и **обеспечивают** непрерывность связи при перемещении пользователей из зоны одной БС в зону действия другой БС.



При включении сотовый телефон **ищет сигнал БС** и посылает станции свой **идентификационный код**.

Телефон и БС **поддерживают радиоконтакт**, периодически обмениваясь служебными данными.

При выходе телефона из зоны действия БС (или ослаблении радиосигнала), устанавливается **связь с другой БС**. Для этого БС, фиксирующая ослабление сигнала, **опрашивает** все окружающие БС с целью выявить станцию, которая принимает наиболее мощный сигнал от мобильного телефона.

Затем БС **передает управление** телефоном БС той соты, в которую переместился телефон.

После этого, телефону **посылается информация** о переходе в новую соту и предлагается переключиться на ее частоту.

Сотовые сети **разных операторов** соединяются друг с другом, а также со стационарной ТфОП, **что позволяет абонентам разных операторов** связываться друг с другом, а также делать звонки с мобильных телефонов на стационарные и, наоборот. Используя **возможности роуминга**, абонент, находясь вне зоны покрытия своей сети, может совершать и принимать звонки че



Откуда берется сотовая связь?



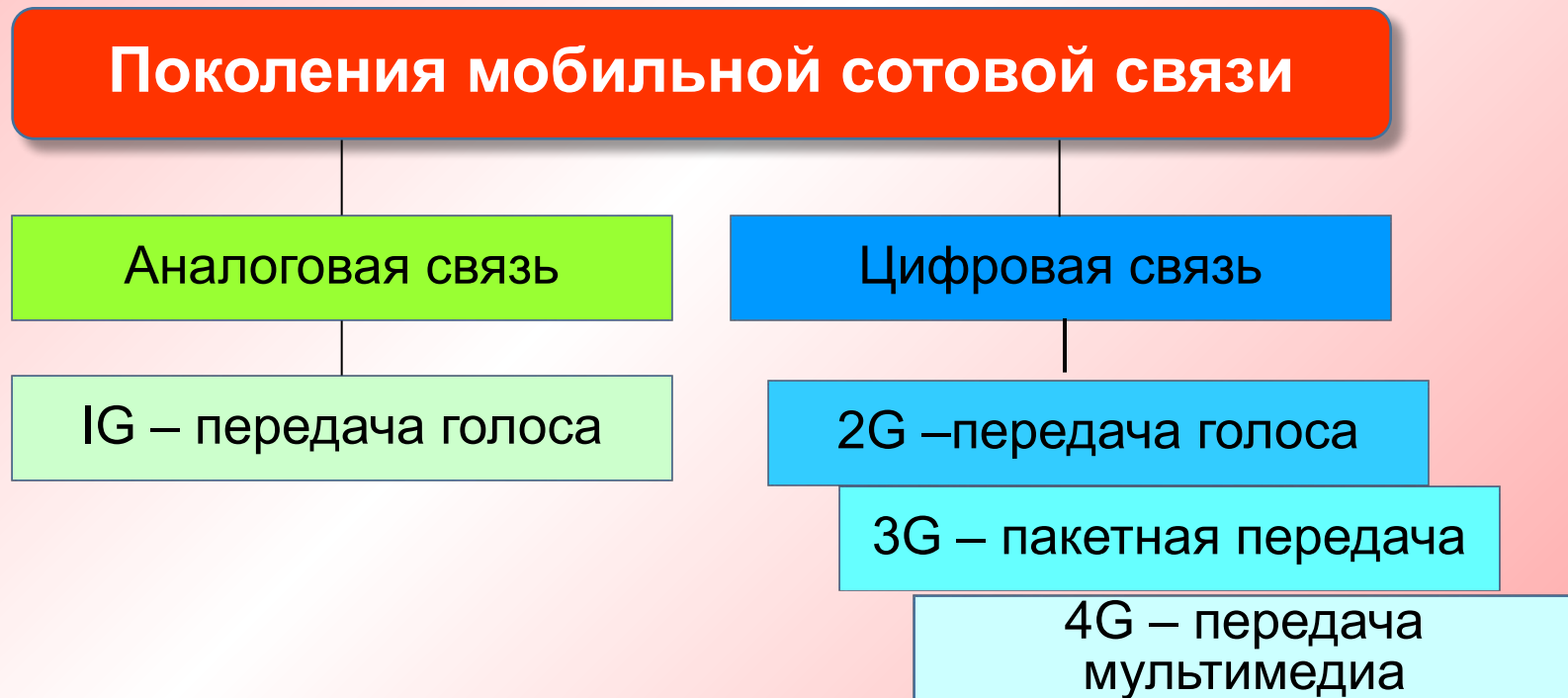
Вопрос 2.

Поколения мобильной сотовой связи



Различают **4 поколения** мобильной сотовой связи - 1G, 2G, 3G, 4G.

В то же время, между 2G и 3G, 3G и 4G выделяют **промежуточные поколения 2.5G и 3.5G**.



Поколение 1G

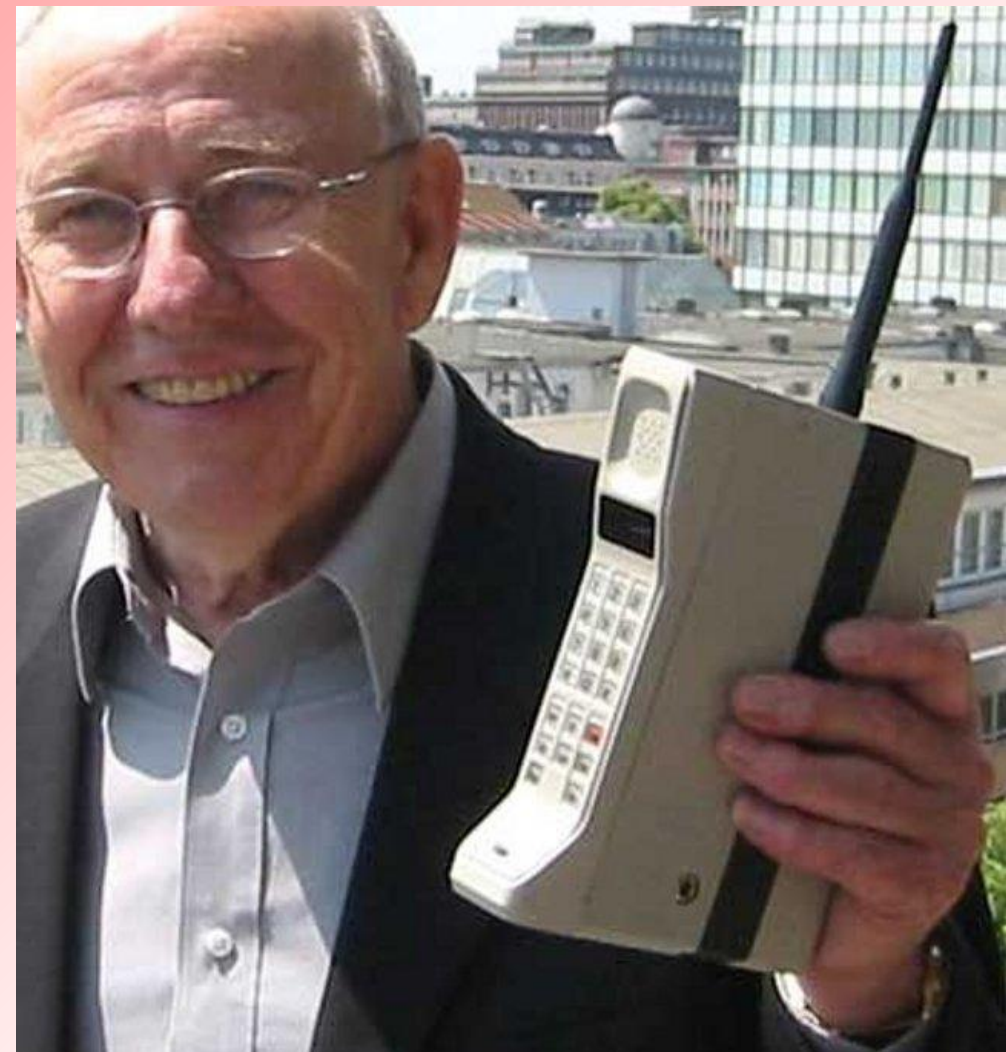
Появилось в 80-х годах прошлого века. Это **аналоговые беспроводные сети** с одной функцией - передача речи со скоростями 9,6 кбит/с.

Наиболее известные стандарты - AMPS и NMT.

Стандарт AMPS (Advanced Mobile Phone System), разработан в США, использует частотное уплотнение, формируя 832 дуплексных канала, каждый в составе двух симплексных каналов шириной по 30 кГц, в диапазоне частот от 824 до 894 МГц. Радиус действия одной БС – 10-20 км.

Стандарт NMT (Nordic Mobile Telephone system), разработан пятью скандинавскими странами (Данией, Финляндией, Исландией, Норвегией и Швецией),

Основной недостаток аналоговой беспроводной связи - отсутствие защиты от несанкционированного перехвата разговора.



Поколение 2G

Второе и следующие поколения являются **цифровыми сетями связи** и предоставляют пользователям, кроме передачи речи, много дополнительных услуг.

Стандарты 2G - D-AMPS, GSM, CDMA, в основе которых лежит метод мультиплексирования TDMA.

TDMA (Time Division Multiple Access) - множественный доступ с разделением по времени - метод мультиплексирования, при котором несколько пользователей для передачи данных используют разные временные интервалы (слоты) в одном частотном диапазоне, при этом каждому пользователю предоставляется полный доступ к выделенной полосе частот в течение короткого

Стандарт D-AMPS (Digital-AMPS) разработан так, чтобы мобильные телефоны 1G и 2G могли работать **одновременно** в одной и той же соте. Коммутатор может определять и изменять тип канала (цифровой, аналоговый).

Наибольшее распространение среди стандартов 2G получили GSM (заменивший NMT) и CDMA.

GSM (Global System for Mobile Communications) - глобальная система мобильной связи, использует частотное уплотнение. Каждая пара (для передачи в прямом и обратном направлении) частотных каналов разбивается с помощью временного уплотнения (TDMA) на кадровые интервалы, используемые несколькими абонентами. Каналы GSM имеют полосу пропускания в 200 кГц, что обеспечивает **более**

GSM, как и D-AMPS, использует **частотное и временное уплотнение** для разделения спектра на каналы и разделения каналов на временные интервалы.

GSM обеспечивает **следующие услуги:**

- ▶ передача данных;
- ▶ передача речевой информации;
- ▶ передача коротких сообщений (SMS);
- ▶ передача факсимильных сообщений.
- ▶ определение вызывающего номера;
- ▶ переадресация вызовов на другой номер;
- ▶ ожидание и удержание вызова;
- ▶ конференцсвязь (одновременная голосовая связь между тремя и более абонентами);

Достоинства стандарта GSM:

- ▶ меньшие по сравнению с аналоговыми стандартами размеры и вес ТЛФ аппаратов при большем времени работы без подзарядки АКБ;
- ▶ хорошее качество связи;
- ▶ возможность большого числа одновременных соединений;
- ▶ низкий уровень индустриальных помех в выделенных частотных диапазонах;
- ▶ защита от прослушивания за счёт применения алгоритмов шифрования.

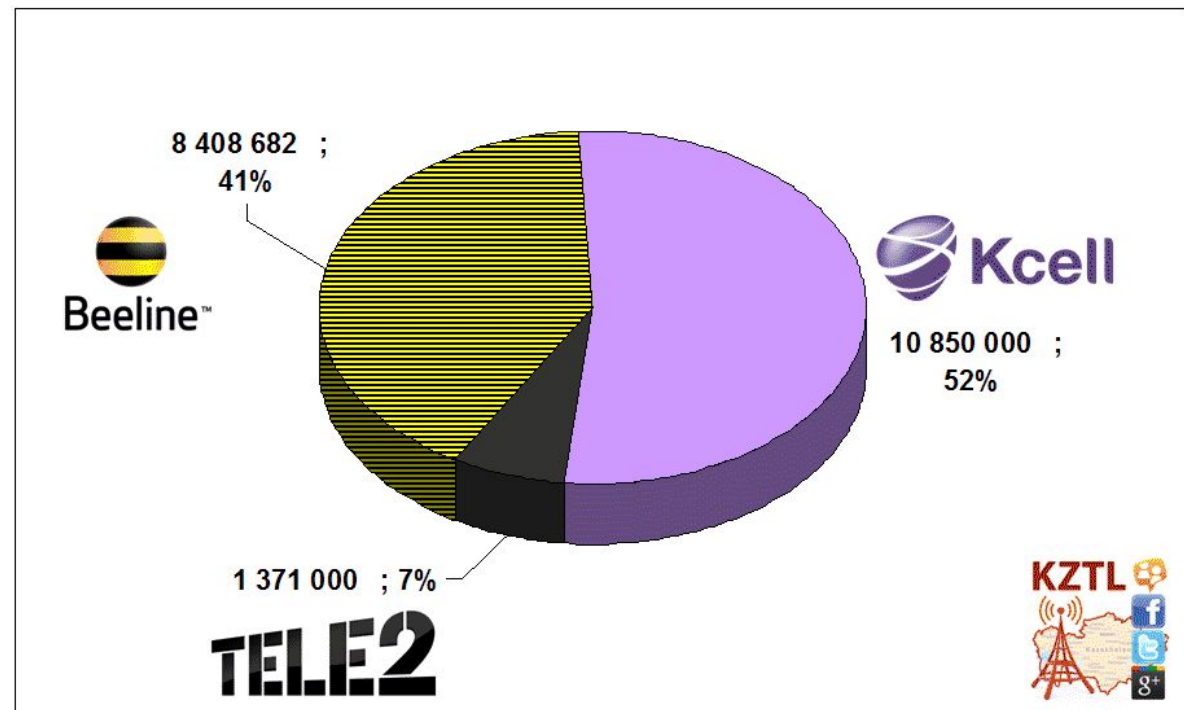
Недостатки:

- ▶ искажение речи при цифровой обработке и передаче;
- ▶ большее, чем в NMT, количество передатчиков.

В стандарте GSM определены **4 диапазона частот** для передачи данных: 850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц, наиболее популярными среди которых являются 900 МГц (стандарт GSM-900) и 1800 МГц (GSM-1800).

Соты могут иметь диа

Доли рынка GSM операторов Казахстана по размеру абонентских баз, в подключениях на конец 2011 года



В сетях CDMA (Code Division Multiple Access)

используется совершенно иной принцип передачи данных, подробно рассмотренный ниже??????????.

В отличие от GSM скорость передачи данных в CDMA может достигать 1,23 Мбит/с. Кроме того, существенным отличием является использование распределённого спектра, что усложняет обнаружение и идентификацию передаваемого сигнала и, соответственно, обеспечивает надёжную защиту от случайного подслушивания.

Поколение 2.5G

При разработке третьего поколения мобильной сотовой связи появилось промежуточное поколение 2.5G, отличающееся от второго поколения большей ёмкостью сети и пакетной передачей данных.

Стандарты 2.5G - GPRS, EDGE и 1xRTT, наиболее распространён - GPRS.

GPRS (General Packet Radio Service) - технология пакетной радиосвязи общего пользования, ориентированная на реализацию «мобильного Интернета».

GPRS использует базовые станции GSM для передачи данных в виде пакетов, что делает его внедрение достаточно простым и позволяет обеспечить доступ в Интернет. Пакеты передаются через свободные в данный момент каналы.

Возможность использования сразу нескольких каналов обеспечивает высокие скорости передачи данных (до 171,2 кбит/с).

Передача данных разделяется **по направлениям**: «вниз» (downlink, DL) - от сети к абоненту, и «вверх» (uplink, UL) - от абонента к сети. Один и тот же канал поочерёдно могут использовать несколько абонентов, при этом ресурсы канала предоставляются только на время передачи пакета, что приводит к появлению очереди на передачу

Принцип работы GPRS аналогичен Интернету: данные разбиваются на пакеты и отправляются получателю (возможно разными маршрутами), где происходит их сборка.

При установлении сессии каждому устройству присваивается уникальный адрес. Пакеты могут иметь формат IP или X.25, при этом в качестве протоколов транспортного и прикладного уровней могут использоваться любые протоколы Интернета: TCP, UDP, HTTP и др.

Мобильный телефон в GPRS рассматривается как клиент внешней сети, которому присваивается постоянный или динамический **IP-адрес**.

Поколение 3G

Появилось в 2002 году.

Существует три основных стандарта 3G:

▶ **UMTS;**

▶ **CDMA2000;**

▶ **WCDMA (Wide CDMA).**

Все они ориентированы на пакетную передачу данных и, соответственно, на работу с цифровыми компьютерными сетями, включая Интернет. Скорость передачи данных может достигать 2,4 Мбит/с, что позволяет передавать качественный звук, а также реализовать «видеозвонок».

При необходимости сеть 3G может быть наложена на

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) - разработана Европейским Институтом Стандартов Телекоммуникаций (ETSI) для внедрения в Европе.

Скорость передачи - до 21 Мбит/с, что позволяет проводить видеоконференции, загружать музыкальный и видео контент.

UMTS реализуется на основе технологий радиоинтерфейса, например, W-CDMA. При переходе от GSM к UMTS сохраняется значительная часть прежней инфраструктуры.

Основное отличие UMTS от GSM - возможность осуществлять стыки с сетями ISDN, Internet, GSM или другими сетями UMTS.

Для передачи данных от мобильной станции к БС и обратно использует разные диапазоны частот: 1885

Недостатки UMTS:

- ▶ **относительно высокий вес мобильных терминалов наряду с низкой ёмкостью АКБ;**
- ▶ **сложность реализации перехода абонента из зоны действия одной БС в зону действия другой без потери разговора (хэндовера) между сетями UMTS и GSM;**
- ▶ **небольшой радиус соты: 1-1,5 км.**

В перспективе планируется эволюция UMTS в сети четвёртого поколения 4G, позволяющие БСм передавать и принимать данные на скоростях 100 Мбит/с и 50 Мбит/с соответственно.

CDMA2000 - развитие технологии CDMA, обеспечивает скорость передачи данных до 153 кбит/с, что обеспечивает услуги голосовой связи, передачу коротких сообщений, работу с электронной почтой, интернетом, базами данных, передачу данных и неподвижных изображений.

Основные достоинства CDMA2000:

- ▶ широкая зона обслуживания;
- ▶ высокое качество речи;
- ▶ гибкость и дешевизна внедрения новых услуг;
- ▶ высокая помехозащищённость;
- ▶ устойчивость канала связи от прослушивания;
- ▶ низкая излучаемая мощность радиопередатчиков абонентских устройств - менее 250 мВт (для

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) - технология широкополосного множественного доступа с кодовым разделением каналов в диапазоне частот 1900 - 2100 МГц.

WCDMA ориентирована на предоставление мультимедийных услуг, доступа в Интернет и видеоконференции со скоростями передачи данных:

- ▶ до 2 Мбит/с на коротких расстояниях;
- ▶ 384 кбит/с на больших расстояниях с полной мобильностью.

Такие скорости обеспечиваются за счёт широкой полосы частот канала в 5 МГц, что больше, чем в стандарте CDMA2000, использующем один или несколько каналов с полосой 1,25 МГц для каждого

Поколение 3.5G

Промежуточное поколение, характеризуется более высокими скоростями передачи данных по сравнению с 3G.

Начиная с 2006 года на сетях UMTS повсеместно распространяется технология HSDPA.

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access - высокоскоростная пакетная передача данных от БС к мобильной станции) - стандарт поколения 3.5G, представляющий собой модернизированный 3G со средней скоростью передачи данных 3 Мбит/с и максимальной - 14 Мбит/с.

Поколение 4G

Это развитие 3G.

Инфраструктура стандарта 4G базируется на IP-протоколе, что позволяет обеспечивать простой и быстрый доступ к Интернету. Высокие скорости передачи данных (100-200 Мбит/с) обеспечивают передачу не только качественного звука, но и видео.

Планируется дальнейшее увеличение скорости передачи данных до 2,5 Гбит/с. Такие высокие скорости объясняются тем, что в 4G используется только пакетная передача данных, включая голосовой трафик, передаваемый через протокол IP (мобильная VoIP- телефония). Помимо этого, сети 4G должны обеспечивать глобальный роуминг, связь корпоративных сетей, мобильное телевидение

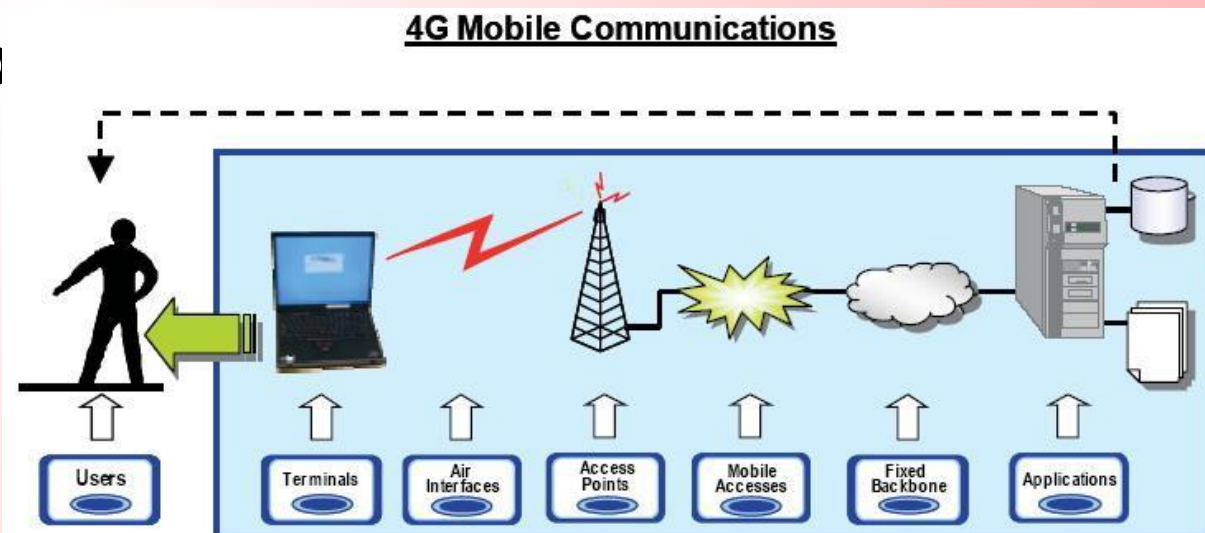
В качестве стандарта 4G активно продвигается технология широкополосной беспроводной связи для быстрого доступа в Интернет с мобильных компьютеров WiMAX, описанная в стандарте IEEE802.16.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - телекоммуникационная технология, предоставляющая высокоскоростной беспроводной доступ к сети на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов).

Скорости работы WiMAX-сетей будут достигать 75 Мбит/с и выше, что обеспечит не только доступ в Интернет, но и качественную передачу аудио- и

Разработаны **два стандарта технологии WiMAX - IEEE 802.16 d и IEEE 802.16 e**, **определяющие:**

- ▶ рабочие диапазоны частот;
- ▶ ширину полосы пропускания;
- ▶ мощность излучения;
- ▶ методы передачи и доступа;
- ▶ способы кодирования и модуляции сигнала;
- ▶ принципы повторного
- ▶ другие показатели.



Стандарт IEEE 802.16 d (фиксированный WiMAX) - обслуживает только «статичных» абонентов, которые могут находиться как в зоне прямой видимости, так и вне ее.

Стандарт IEEE 802.16 e (мобильный WiMAX) - ориентирован на работу с пользователями, передвигающимися со скоростью до 120 км/ч, и поддерживает ряд специфических функций: хэндовер, режим ожидания (idle mode) и роуминг, что позволяет использовать его в сетях сотовой связи.

Возможна работа при отсутствии прямой видимости.

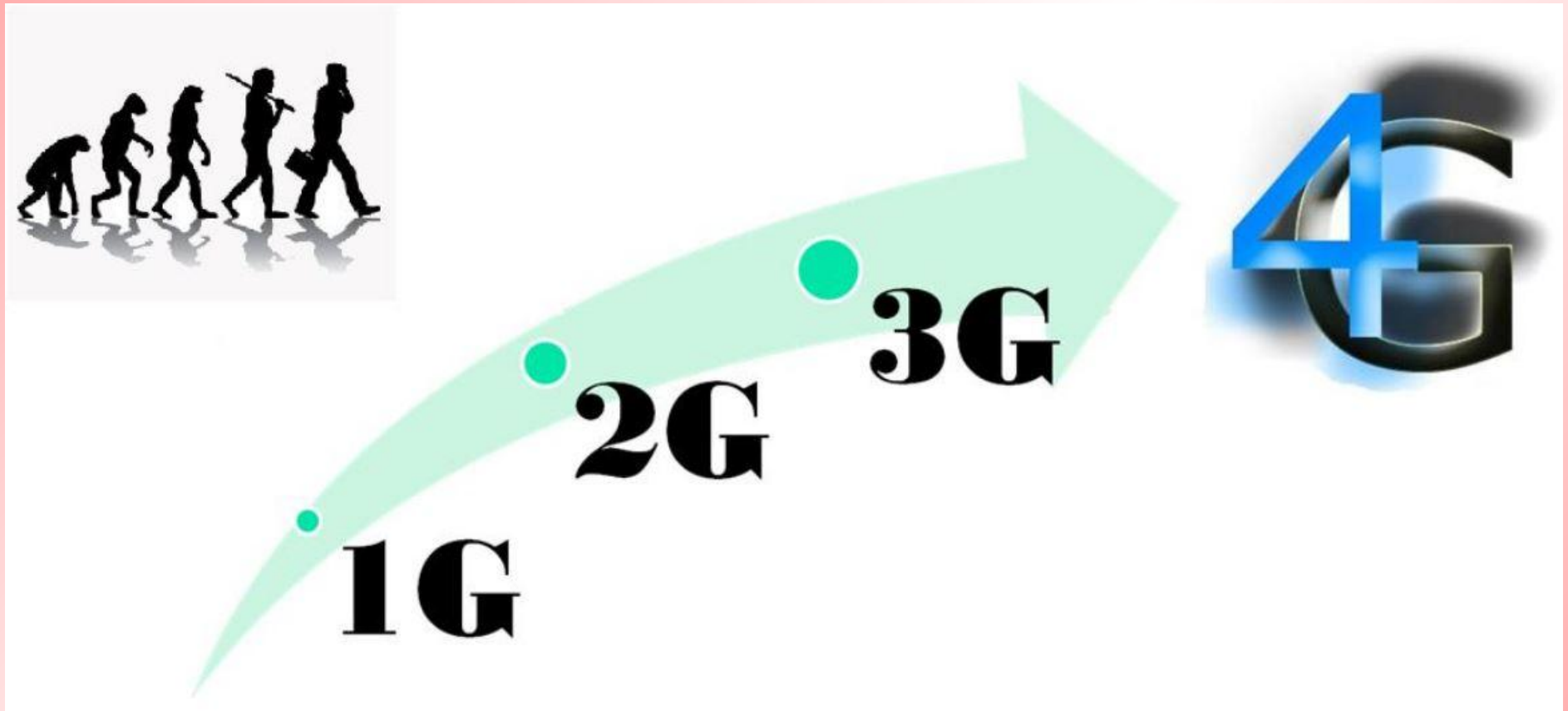
Естественно, что мобильный WiMAX может применяться и для обслуживания фиксированных пользователей.

И... й М... й WiMAX... 0 0 0 0 55

Важной проблемой в сетях 4G является поддержка высокой скорости передачи данных при перемещении мобильных станций с высокими скоростями, учитывая, что скорость передачи данных падает с увеличением скорости перемещения и с удалением от БС.

Кроме того, необходимо обеспечить передачу управления мобильной станцией при её переходе с высокой скоростью (например, при движении в автомобиле или в поезде) из одной соты в другую без прерывания передачи данных и потери качества передаваемой информации.

Предполагается, что 4G станет единым стандартом, который заменит GSM, CDMA, UMTS и другие стандарты.



Благодарю за внимание!