

## **Лекция 1. Основные виды мобильной связи. История развития и поколения сотовой связи**

**Цель лекции** – ознакомить студентов с основными видами мобильной связи, историей их развития, а также различными поколениями сотовой связи.

Мобильная радиосвязь – это способ связи, при котором доступ к абонентским линиям осуществляется без использования кабеля. Связь с абонентским устройством осуществляется по радиоканалу. Этот вид связи становится особенно актуальным в условиях современного мира, где мобильность и доступность информации играют ключевую роль. Мобильная связь представляет собой радиосвязь между абонентами, местоположение одного или нескольких из которых меняется. Это позволяет пользователям оставаться на связи, перемещаясь в пределах зоны покрытия мобильной сети. Благодаря мобильной связи, люди могут общаться и обмениваться информацией в любом месте, где доступна радиосеть. Одним из наиболее распространенных видов мобильной связи является сотовая связь. Эта технология организует связь через сеть базовых станций, которые обеспечивают покрытие определенной территории, разделенной на небольшие зоны, называемые "сотами". Каждая сота имеет свою базовую станцию, что позволяет эффективно использовать радиочастоты и поддерживать высокое качество связи.

Системы мобильной связи (СМС) представляют собой комплекс, включающий как передающие, так и принимающие устройства, а также системы и каналы связи. Эти системы позволяют осуществлять передачу информации между пунктами, один или оба из которых могут быть подвижными. Характерным признаком систем мобильной связи является использование радиоканала для передачи данных. Это позволяет абонентам оставаться на связи независимо от их местоположения, обеспечивая большую гибкость и мобильность.

– Передающие устройства – устройства, которые отправляют информацию по радиоканалу.

– Принимающие устройства – устройства, которые принимают информацию от передающих устройств.

– Системы и каналы связи – инфраструктура, обеспечивающая соединение между передающими и принимающими устройствами.

В зависимости от назначения системы, объема предоставляемых услуг и размеров зоны обслуживания можно выделить следующие виды СМС:

- 1) системы персонального радиовызова;
- 2) транкинговые системы;
- 3) системы сотовой мобильной связи;
- 4) системы персональной спутниковой связи;

**Системы персонального радиовызова** (пейджинговые, от англ. paging – вызов). В классической пейджинговой системе связь односторонняя – от базовой станции, связанной с центром обработки вызовов, к выбранной подвижной станции.

**Транкинговые системы** – это системы мобильной связи, предназначенные для построения коммуникационных сетей на крупных предприятиях, оперирующих разнесенными в пространстве ресурсами. Пример такого предприятия – это автопарк, корпоративные радиосети для скорой помощи, служб охраны порядка и др. Характерная особенность таких систем – наличие диспетчерского и управляющего центра, распределяющего вызовы. Становится возможным установление таких видов соединений, которые в обычных телефонных сетях предоставляются только в виде специальных услуг. Пример такого соединения – звонок из диспетчерского центра на все подвижные станции или на какую-то

определенную их группу. Другой характерный для транкинговых систем вид звонка – соединение между несколькими подвижными станциями.

**Сотовая связь** – это наиболее показательный пример систем связи с мобильными объектами. Системы сотовой связи (ССС) обеспечивают двустороннее беспроводное соединение с подвижными станциями, которые могут передвигаться с высокой скоростью по обширной территории, покрытой сетью базовых станций.

Основные составляющие сотовой сети – подвижные станции (в большинстве случаев это мобильные телефоны) и базовые станции, которые обычно располагают на крышах зданий и вышках. Будучи включенным, мобильный телефон прослушивает эфир, находя сигнал базовой станции. После этого телефон посылает станции свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают постоянный радиоконтакт, периодически обмениваясь информационными пакетами.

Сотовые сети разных операторов соединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам одного оператора делать звонки абонентам другого оператора, с мобильных телефонов на стационарные и со стационарных на мобильные.

Сотовые технологии обеспечивают телефонную связь между подвижными абонентами (ячейками). Связь осуществляется через базовые (стационарные) станции с центром коммутации подвижной связи, выполняющим коммутирующие функции. Разработано несколько стандартов мобильной связи. Одной из наиболее широко распространенных технологий мобильной связи (в том числе и в Беларуси) является технология, соответствующая стандарту для цифровых сетей сотовой связи GSM (Global System for Mobile Communications). GSM может поддерживать интенсивный трафик (270 кбит/с), обеспечивает роуминг (т. е. автоматическое отслеживание перехода мобильного пользователя из одной соты в другую), допускает интеграцию речи и данных и связь с сетями общего пользования. Используются разновидности: сотовая связь GSM-900 в частотном диапазоне 900 МГц (более точно 890–960 МГц) и микросотовая связь GSM-1800 в диапазоне 1800 МГц (1710–1880 МГц). Название «микросотовая» обусловлено большим затуханием и, следовательно, меньшей площадью соты. Однако увеличение числа каналов выгодно при высокой плотности абонентов. Мощность излучения мобильных телефонов составляет 1–2 Вт.

**Спутниковые системы** характеризуются одно- или двунаправленной передачей речи или данных с невысокой скоростью, но на очень большие расстояния. Емкость системы строго зависит от количества используемых спутников. Однако увеличение количества спутников вызывает существенный рост стоимости системы. В разные годы было представлено несколько спутниковых систем, известных под названиями Iridium, Globalstar, ICO (ранее известной как Inmarsat-P) и др. Все они используют спутники, расположенные на средних или низких орбитах.

**Стандарты 1-го поколения 1G.** Первые системы двусторонней радиотелефонной связи между подвижными объектами появились около 40 лет назад. Связь осуществлялась на фиксированных частотах, а передаваемые сигналы занимали в эфире широкую полосу частот. С развитием техники традиционной радиосвязи возникли проблемы, связанные с ограниченным частотным ресурсом и низкой пропускной способностью таких систем.

Идея создания сотовых систем была основана на разбиении обслуживаемой территории на небольшие зоны (соты), в каждой из которых размещена, как правило, одна базовая станция. Такой принцип организации связи позволяет увеличить число абонентов и повысить качество связи за счет повторного использования одних и тех же частот в различных сотах.

В начале 80-х гг. XX в. в ряде стран были развернуты коммерческие системы сотовой связи, использующие для передачи речи аналоговую частотную модуляцию. Одной из первых начала предоставлять услуги система NMT-450 (Nordic Mobile Telephone), созданная в 1981 г.

рядом Скандинавских стран. Вскоре появились и другие системы, работающие в диапазоне частот 400-500 МГц. Это были системы стандарта C-450 (Германия), Radiocom-2000 (Франция), RTMS-101H (Италия).

Наиболее мощный толчок к разработке новых систем мобильной радиосвязи был дан, когда началось интенсивное освоение диапазона частот 800–900 МГц. С появлением таких систем, как AMPS (США), NMT-900 (Скандинавские страны), TACS и ETACS (Англия), HSCMTS, J-TACS (Япония), началась эра систем мобильной сотовой связи (СМСС). Все перечисленные стандарты являются аналоговыми и относятся к первому поколению систем сотовой связи.

Во всех аналоговых стандартах применяются частотная модуляция для передачи речи и частотная модуляция для передачи информации управления (или сигнализации). Для передачи информации различных каналов используются различные участки спектра частот – применяется метод множественного доступа с частотным разделением каналов FDMA, с полосами каналов в различных стандартах от 12,5 до 30 кГц. С этим непосредственно связан основной недостаток аналоговых систем – относительно низкая емкость. Другие недостатки: возможность прослушивания переговоров, наличие двойников, перегруженность частотного диапазона вследствие его неэффективного использования, ограниченность зоны действия.

**Стандарты 2-го поколения 2G.** Развитие цифровых технологий с одной стороны и частые примеры исчерпания аналоговыми системами абонентской емкости (особенно в больших городах) с другой стороны привели к разработке систем второго поколения.

Первые проекты цифровых систем сотовой связи второго поколения появились в начале 90-х гг. Они отличались от аналоговых систем двумя принципиальными качествами:

а) возможностью использования спектрально-эффективных методов модуляции в сочетании с временным (TDMA) и кодовым (CDMA) разделением каналов вместо традиционно используемого в аналоговых системах частотного разделения каналов (FDMA);

б) предоставлением пользователям широкого спектра услуг за счет интеграции передачи речи и данных с возможностью шифрования (засекречивания) данных.

В США к 1992 г разработана двухрежимная аналого-цифровая система, стандарт получил наименование D-AMPS, или IS-54 (IS – сокращение от Interim Standard, то есть «промежуточный стандарт»). В Европе разработан единый общеевропейский стандарт GSM (GSM 900 – диапазон 900 МГц). Практическое применение стандарта началось с 1991 г. Еще один вариант цифрового стандарта, по техническим характеристикам схожий с D-AMPS, был разработан в Японии в 1993 г. – PDC (Personal Digital Cellular – буквально «персональная цифровая сотовая связь»).

Стандарт D-AMPS стал полностью цифровым в версии IS-136, которая начала применяться в 1996 г. Стандарт GSM в 1989 г. пошел на освоение нового частотного диапазона 1800 МГц. Более широкая рабочая полоса частот в сочетании с меньшими размерами сот позволила строить сотовые сети значительно большей емкости. В 1996 г. было принято решение именовать ее GSM 1800. В США в диапазоне 1900 МГц работает система персональной связи PCS.

Эксплуатация первой коммерческой сотовой системы подвижной связи на базе технологии CDMA была начата в сентябре 1995 г. в Гонконге. Система CDMA применяется в основном в тех случаях, когда требуется построить сеть повышенной емкости или с более высоким качеством передачи речи.

Промежуточные стандарты 2,5G. Пакетная радиосвязь общего пользования GPRS (англ. General Packet Radio Service) – это надстройка над технологией мобильной связи GSM, осуществляющая пакетную передачу данных. Режим GPRS позволяет пользователю мобильного телефона производить обмен данными с другими устройствами в сети GSM и с

внешними сетями, в том числе интернет. GPRS предполагает тарификацию по объему переданной/полученной информации, а не времени.

Технология EDGE (англ. Enhanced Data rates for GSM Evolution) – это дальнейшее развитие GPRS, отличающееся только способом кодирования данных, что позволяет за один таймслот передавать больший объем данных. EDGE иногда называют 2,75G.

Мобильная технология передачи цифровых данных 1xRTT (One Times Radio Transmission Technology) основана на CDMA технологии. Она использует принцип передачи с коммутацией пакетов. Данная технология официально относится именно к стандартам третьего поколения, все же ее нередко сопоставляют с сетями поколений 2.5G и 2.75G, с которыми она имеет массу сходств и вполне может сравниваться.

**Стандарты 3-го поколения 3G.** Цифровые системы третьего поколения основаны на методе множественного доступа с кодовым разделением каналов CDMA.

Первый стандарт 3G был разработан в 1992–1993 гг. в США и назывался IS-95 (диапазон 800 МГц). Он начал применяться с 1995–1996 гг. в Гонконге, США, Южной Корее, а в США начала использоваться и версия этого стандарта для диапазона 1900 МГц.

В то же время был разработан стандарт UMTS, получивший наибольшее распространение в странах Европы и СНГ. Основой этого стандарта стала технология W-CDMA, являющаяся одним из вариантов CDMA. В зависимости от поддержки телефоном сетей UMTS, а также в случае нахождения в зоне покрытия этой сети, связь может обеспечиваться либо посредством GSM, либо посредством UMTS. Из семейства 3G-стандартов связи наиболее широко распространенный в Европе UMTS использует частотный диапазон 2100 МГц. Для полноценной работы системы требуется несколько полос частот (МГц): 1900–1980, 2010–2025, 2110–2170, 2500–2570 и 2620–2690. Таковы особенности стандарта, обеспечивающего высокоскоростной обмен данными.

**Промежуточный стандарт 3,5G.** Высокоскоростная пакетная передача данных HSPA (High Speed Packet Access) – это технология, являющаяся дальнейшим развитием стандарта UMTS. Она основана на стандарте HSDPA, который регламентирует передачу данных от базовой станции к абоненту, и стандарте HSUPA, регламентирующем передачу от абонента к базовой станции.

**Стандарты 4-го поколения 4G.** Наиболее часто упоминаемые в прессе технологии поколения 4G и претендующие на них – это LTE, Mobile WiMAX, HSPA+. Наиболее популярны сети WiMAX и LTE. Первую в мире сеть LTE в Стокгольме и Осло запустил альянс TeliaSonera/Ericsson в 2008 г. Расчетное значение максимальной скорости передачи данных к абоненту составляло 382 Мбит/с, 86 Мбит/с – от абонента.

Стандарт WiMAX не все относят к 4G, т. к. он не интегрирован с сетями предыдущих поколений, таких как 3G и 2G, а также из-за того, что в сети WiMAX сами операторы не предоставляют традиционные услуги связи, такие как голосовые звонки и SMS, хотя и пользование ими возможно при использовании различных VoIP сервисов.

Международный союз электросвязи разрешил сетям HSPA+ называться 4G, т. к. они обеспечивают соответствующие скорости.

Как и для UMTS, сложилась похожая ситуация с рабочими диапазонами для систем широкополосного доступа вроде Wi-Fi и WiMax. Они используют частоты 2,2–6,5 ГГц. Диапазоны 3400–3500 МГц и 5650–5725 МГц уже открыты при условии соблюдения электромагнитной совместимости с уже существующими системами – на практике это обозначает ограничение мощности передатчика, а значит, и площади покрытия для одной базовой станции. А вот для диапазонов 2300–2400 МГц, 2500–2570 МГц, 2620–2690 МГц, 3500–3600 МГц, 3600–3800 МГц, 5470–5650 МГц, 5725–6425 МГц также необходима конверсия.

**5G** – пятое поколение мобильной связи, основывается на новых телекоммуникационных стандартах (5G/IMT-2020) и следует за существующими стандартами 4G/IMT-Advanced. Эта новая технология предназначена для значительного повышения пропускной способности, что, в свою очередь, обеспечит более широкую доступность высокоскоростной мобильной связи. Одной из ключевых особенностей 5G является возможность обработки больших объемов данных. Это открывает новые горизонты для приложений, требующих высокой скорости передачи информации, таких как дополненная и виртуальная реальность, а также интернет вещей (IoT). Радиоинтерфейс для 5G, определённый 3GPP, известен как New Radio (NR). Эта спецификация делится на две основные полосы частот: **FR1**: диапазон от 600 до 6000 МГц; **FR2**: диапазон от 24 до 100 ГГц. Каждая из этих полос имеет свои уникальные возможности и предназначена для различных сценариев использования.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какова основная характеристика мобильной радиосвязи и как она отличается от стационарной?
2. Назовите и кратко опишите основные виды систем мобильной связи.
3. Каковы отличия между системами персонального радиовызова и транкинговыми системами?
4. Объясните принцип работы сотовой связи и её основные компоненты.
5. Что такое стандарты GSM и как они развивались?
6. Каковы основные недостатки аналоговых систем сотовой связи первого поколения (1G)?
7. Какие преимущества предложили цифровые системы второго поколения (2G) по сравнению с аналоговыми?
8. Что такое GPRS и EDGE, и как они связаны с поколениями 2.5G и 2.75G?
9. Какой стандарт 3G получил наибольшее распространение в Европе, и какие его особенности?
10. В чем заключаются основные отличия между стандартами 4G и 5G?