##### Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования**

**«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»**

**кафедра Сетей и устройств телекоммуникаций**

**РЕФЕРАТ**

**На тему:**

**«Стандарты сотовой связи 1-го и 2-го поколений. Организация хэндовера»**

**МИНСК, 2008**

**Стандарты сотовой связи 1-го поколения.**

Первые системы двусторонней радиотелефонной связи между подвижными объектами поя­вились более 50 лет назад. Связь осуществлялась на фиксированных частотах, а передавае­мые сигналы занимали в эфире широкую полосу частот. С развитием техники традицион­ной (конвенциональной) 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.

Однако прошло много лет, прежде чем такие системы были реализованы на практике. Лишь в начале 80-х годов 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 С-450 (Германия), Radiocom-2000 (Франция), RTMS-101Н (Италия).

Наиболее мощный толчок к разработке новых систем сотовой и транкинговой 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), HCMTS, J-TACS (Япония) началась эра систем подвижной сотовой связи (СПСС). Все перечисленные стандарты являются аналоговыми и относятся к первому поко­лению систем сотовой связи.

По своим характеристикам СПСС первого поколения выгодно отличались от исполь­зуемых ранее систем двусторонней речевой связи. Благодаря сотовому принципу террито­риально-частотного планирования удалось добиться лучшего качества связи при более вы­сокой эффективности использования частотного спектра.

Стандарт NMT-450 особенно удобен при обеспечении связи на больших территориях с относительно малой плотностью населения. Этот стандарт до сих пор занимает прочную позицию на рынке подвижной связи. В России на долю NMT-450 приходится около 10% всех абонентов сотовых сетей, и он принят наряду с GSM в качестве федерального.

Первый опыт эксплуатации аналоговых систем позволил выявить также и ряд прису­щих им недостатков: возможность прослушивания переговоров, наличие двойников, пере­груженность частотного диапазона вследствие его неэффективного использования, ограни­ченность зоны действия. Кроме того, распространение радиоволн в условиях интенсивных городских застроек связано с возникновением глубоких селективных замираний, вызванных многолучевым распространением радиоволн. Наличие замираний приводит к ухудшению отношения сигнал/шум на выходе ЧМ приемника на 10-20 дБ. Таким образом, с точки зрения качества передачи речи системы первого поколения не оправдали возлагавшихся на них ожиданий.

Начиная с середины 80-х годов, в мире начался интенсивный рост числа подвижных або­нентов, который превзошел все самые смелые прогнозы. Стало ясно, что существующие ана­логовые системы, базирующиеся на большом числе несовместимых друг с другом стандартов, не отвечают современным требованиям, и переход от действующих аналоговых сетей к циф­ровым технологиям является неизбежным. Число абонентов аналоговых сетей с каждым го­дом стремительно уменьшается, а в некоторых странах наметился полный отказ от них.

**Стандарты 2-го поколения**

Первые проекты цифровых систем сотовой связи, которые сейчас принято относить ко вто­рому поколению, появились в начале 90-х годов. Они отличаются от аналоговых систем двумя принципиальными отличиями [6]:

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.

Переход на цифровые способы передачи и обработки информации позволил сущест­венно сократить число стандартов. К 1995 г. в мире действовали цифровые системы трех стандартов - GSM, D-AMPS (IS-54, впоследствии IS-136) и РDС.

Широкое распространение получил общеевропейский стандарт GSM, который был соз­дан по инициативе специальной группы подвижной связи Group Special Mobile, GSM (позднее была предложена другая расшифровка названия стандарта GSM - Global System for Mobile Communications), ор­ганизованной в рамках ETSI. Первая коммерческая сеть, работающая в стандарте GSM, бы­ла развернута в 1992 г. в Германии. С тех пор стандарт непрерывно развивается и совер­шенствуется. Он уже адаптирован для работы в частотном диапазоне 1800 МГц (GSM-1800) и 450 МГц (GSM-400) в Европе и 1900 МГц (PCS) в США.

Начало разработки цифровых технологий в США положил стандарт IS-54, который раз­рабатывался с целью повышения емкости действующих в США аналоговых систем AMPS, и был одобрен в 1989 г. подкомитетом TR45.3 TIA. В системе TDMA(D-AMPS,IS-136) заложены современные технические решения, позволившие реализовать 3 речевых канала в одномчастотном канале системы AMPS (ширина канала 30 кГц). Первые системы на базе этого стандарта были введены в эксплуатацию в 1992 г. В США стандарт TDMA является базо­вым — им пользуются более 40% абонентов. Распространение технологии TDMA не ограни­чивается Северной Америкой.

В развитии цифровой сотовой связи от Европы и США не отставала и Япония, разрабо­тавшая собственный стандарт PDC (Personal Digital Cellular)3 - персональная цифровая сис­тема сотовой связи. Японский стандарт подвижной связи был утвержден в 1994 г. Сети на базе РDС развертываются в основном для национального использования и не оказывают существенного влияния на мировой рынок. В Японии сеть РDС обеспечивает покрытие практически всей территории, на которой проживает около 99% ее населения.

Эксплуатация первой коммерческой сотовой системы подвижной связи на базе техно­логии CDMA была начата в сентябре 1995 г. в Гонконге. До этого момента стандарт IS-95 получил одобрение ITU и вошел в состав Рекомендации М.1073 1TU-R. Число сотовых се­тей, построенных на базе CDMA (IS-95) и предоставляющих услуги как фиксированной, так и подвижной связи, неуклонно растет. Система CDMA применяется в основном в тех слу­чаях, когда требуется построить сеть повышенной емкости или с более высоким качеством передачи речи.

Следующий важный шаг в развитии сотовых систем после введения цифровых техноло­гий - переход к микросотовой и пикосотовой структуре сетей. Использование таких сетей позволяет обслуживать абонентов в городских районах с интенсивной застройкой и закры­тых зонах (офисы, подземные гаражи и др.). Принципы построения микросотовых систем отличаются от макросотовых систем. В них отсутствует частотное планирования, не обес­печивается хэндовер, не осуществляется измерение уровня сигнала. В 1992 г. был утвер­жден европейский стандарт DECT (Digital European Cordless Telecommunications) реали­зующий технологию радиодоступа с малой мощностью излучения (10-25 мВт) и обеспечи­вающий очень высокую плотность расположения абонентских устройств. Широкое внедре­ние технологии началось с 1995 г., когда было продано около 2 млн. терминалов.

Исторически так сложилось, что профессиональные системы радиосвязи (в последние годы они чаще называются транкинговыми) начали создаваться задолго до появления сото­вых. К профессиональным системам, как известно, относятся различные ведомственные и корпоративные радиосети для скорой помощи, служб охраны порядка и др. Развитие таких сетей идет в направлении улучшения качества и конфиденциальности связи.

Многие виды современных услуг не могли в полной мере предоставить системы первого поколения (SmartTrunk II, LTR, Multi-Net, Accessnet, Smartnet, EDACS, MPT 1327).

Отличительная особенность транкинговых систем - возможность эффективного ис­пользования полосы частот за счет организации свободного доступа к общему частотному ресурсу ретрансляционного пункта, содержащего обычно несколько ретрансляторов, свя­занных друг с другом с помощью общей шины управления. Гибкая архитектура транкинго­вых систем позволяет передавать как индивидуальные вызовы, так и вызовы абонентов не­скольких групп или сразу всех абонентов сети. Работа станции на излучение в таких систе­мах обычно осуществляется не непрерывно, а лишь по нажатию тангенты радиотелефона, что уменьшает перегруженность эфира.

Однако существующие сети профессиональной связи первого поколения не гарантиру­ют высокой конфиденциальности и надежной защиты от несанкционированного доступа, и, что особенно существенно, не обеспечивают аутентификацию абонентов и идентификацию абонентского оборудования. Эти задачи намечено решить при создании цифровых сис­тем профессиональной связи второго поколения (АРСО, ТЕТRА), которые призваны заме­нить огромное число несовместимых друг с другом аналоговых стандартов.

Стандарт на цифровую систему транкинговой связи АРСО 25 разработан в США. Его реализацию намечено осуществить в два этапа с целью плавного перехода от существую­щих аналоговых сетей к цифровым. С технической точки зрения переход ко второму этапу связан со снижением в 2 раза шага сетки частот (до 6,25 кГц) и использованием спектраль­но эффективной модуляции CQPSK.

Под влиянием впечатляющих успехов стандарта сотовой связи GSM в ETSI был разра­ботан общеевропейский стандарт цифровой транкинговой системы радиосвязи ТЕТRА (TransEuropean Trunked Radio). В ТЕТRА заложены универсальные технические решения, которые позволяет с минимальными затратами реализовывать систему в разных диапазонах частот и с отличающимися протоколами связи. Наряду с экономией частотного ресурса сис­тема ТЕТRА обеспечивает большие возможности в части наращивания технических воз­можностей, предусматривая в перспективе предоставление услуг 3-го поколения и реализа­цию разных сценариев внедрения.

Системы подвижной спутниковой связи появились около 30 лет назад, когда на орбиту был выведен геостационарный космический аппарат (КА) Marisat. Первоначально мобиль­ные земные станции (ЗС) разрабатывались как системы специального назначения (морские, воздушные, автомобильные, железнодорожные) и были ориентированы на ограниченное число пользователей. Надежность связи была невысокой, что связано с низкой энерговоо­руженностью подвижных объектов и проблемами обеспечения устойчивости связи при сложном рельефе местности и малых рабочих углах места. Земные станции первого поко­ления (стандарт Inmarsat-A) предназначались в основном для создания ведомственных и корпоративных сетей с радиальной (или радиально-узловой) структурой с большими цен­тральными станциями.

Революционные преобразования в области мобильной спутниковой связи произошли в начале 90-х и были обусловлены тремя факторами: коммерциализацией космических про­грамм, использованием низкоорбитальных и средневысотных КА и повсеместным перехо­дом на цифровую связь с использованием цифровых сигнальных процессоров (DSP). Про­цесс конверсии сопровождался заимствованием и переносом передовых военных техноло­гий в коммерческие программы. В результате были реализованы несколько проектов гло­бальных систем спутниковой связи с КА на низких орбитах (Indium, Globalstar), средневы­сотных (ICO), а также две региональные системы (AceS и Thuraya).

Глобальная система персональной спутниковой связи Iridium была введена в эксплуатацию в конце 1998 г. Проработав около полутора лет, она прекратила свое существование. Деталь­ный анализ случившегося еще предстоит, однако уже сейчас ясно, что великолепно задуманный и реализованный технический проект оказался не востребованным массовым рынком. Главные причины — низкий спрос на услуги голосовой связи и просчеты в маркетинговой политике.

На этапе формирования концепции системы (1987 г.), идея портативных спутниковых телефонов и пейджеров выглядела привлекательной и вполне конкурентоспособной. Однорежимные (спутниковые) и двухрежимные (спутниковые/сотовые) абонентские терминалы должны были обеспечить гибкую стратегию предоставления услуг и развертывания систе­мы Iridium.

Однако разработчики проекта Iridium не учли те серьезные изменения, которые про­изошли в мире за последние годы. Они прежде всего связаны с успехами наземной связи. Новые модификации сотовых телефонов легче и удобнее, а тарифы более привлекательные, чем в спутниковой связи. Кроме того, время работы без подзарядки аккумуляторных бата­рей в спутниковой связи меньше, а возможности работы из зданий ограничены. Что же ка­сается обслуживания труднодоступных районов и океанов, в которых спутниковая связь не имеет себе альтернативы, то оказалось, что желающих общаться по объявленным тарифам не так уж и много, чтобы окупить эксплуатационные затраты.

В 2000 году начается эксплуатация трех систем: глобальной системы персо­нальной спутниковой связи Globalstar и региональных систем ACeS и Thuraya, ориентиро­ванных не только на голосовую связь, но и передачу данных. В 2001 г. введена в эксплуатацию система ICO.

Дальнейшее развитие систем подвижной спутниковой связи будет осуществляться в рамках реализации проектов систем 3-го поколения.

**Классификация систем 2-го поколения**

В основу предлагаемой классификации систем подвижной радиотелефонной связи 2-го поко­ления положены три основных признака: назначение системы, метод многостанционного дос­тупа и схема дуплексирования каналов. В зависимости от назначения и размеров зоны обслуживания все системы подвижной связи могут быть разделены на 4 класса (рис.1):

1. спутниковые системы связи с зоной обслуживания в одном луче 400-800 км и гло­бальной зоной обслуживания для одного спутника 3000-8000 км в зависимости от вы­соты орбиты;
2. системы сотовой подвижной радиосвязи с радиусом действия от 0,3 до 35 км;
3. транкингозые (профессинальные) системы радиосвязи с радиусом зоны обслужива­ния от 2 до 50 км в зависимости от высоты подъема антенны;
4. системы беспроводного доступа с типовыми размерами соты до 0,3 км.

Различия между системами разных классов, прежде всего, состоят в составе и качестве предоставляемых услуг. Наиболее высокое качество обеспечивают сотовые сети и системы беспроводного доступа, предоставляющие услуги двусторонней радиосвязи в интересах как мобильных, так и стационарных абонентов (телефонные сети общего пользования, ISDN и др.). Аналогичные услуги, но с меньшими возможностями, реализованы в спутниковых сис­темах. Что же касается транкинговых систем, то в них основным видом обслуживания явля­ется полудуплексная связь и групповой вызов абонентов.

Рис.1. Классификация систем подвижной связи второго поколения

Размеры соты зависят от плотности абонентов, приходящейся на единицу зоны покры­тия, и характера распределения абонентов по обслуживаемой территории. В местах с по­вышенной плотностью абонентов создаются пикосоты с радиусом до 100 м, а в районах наиболее интенсивной застройки и с высокой плотностью населения организуются микро­соты (0,1-0,5 км). Радиус действия макросотовых зон, которые охватывают город и приго­родные зоны, не превышает 30-35 км. Что же касается обслуживания абонентов в сельской местности, удаленных и труднодоступных районах, то оно может осуществляться как с ис­пользованием наземных сотовых, так и спутниковых систем.

Сотовые сети и системы беспроводного доступа могут обслуживать районы с большой плотностью абонентов до 10000 Эрланг на квадратный километр. Транкинговые сети более эффективны, когда объем трафика не превышает 1-2 Эрл/кв. км. Для повышения спектраль­ной эффективности в сотовых системах используется широкополосная ТDМА или CDMA, в то время как в транкинговых сетях в основном применяются узкополосная TDMA или FDMA.

Другое различие заключается в схеме организации связи. В сотовых системах и систе­мах беспроводного доступа осуществляются индивидуальные вызовы между абонентами. Средняя длительность разговора может достигать несколько минут. Типовой режим работы транкинговых систем основан на передаче коротких вызовов (менее 1 мин), которые могут организовываться как индивидуально, так и через диспетчера. Время установления связи в транкинговых системах небольшое и, как правило, не превышает 0,3 с.

По способу использования частотного ресурса системы подвижной связи разделяются на два класса:

1. системы связи с жестко закрепленными за абонентами каналами;
2. системы с предоставлением канала по требованию при нахождении абонентов в об­щей зоне обслуживания.

В системах с фиксированным закреплением каналов обеспечивается высокая оператив­ность связи. Принцип фиксированного закрепления каналов получил широкое распростра­нение в системах конвенциональной радиосвязи и ряде транкинговых систем. Транкинго­вые системы второго поколения относятся к системам со свободным доступом. Они позво­ляют работать на любом канале в пределах выбранной группы частот, причем конкретный канал закрепляется за выделенным ресурсом. В сотовых сетях и системах беспроводного доступа обеспечивается предоставление канала по требованию при нахождении абонентов в одной зоне обслуживания

Использование в системах 2-го поколения новых системных и технических решений позволило улучшить отношение сигнал/шум (Eb/No). Если в аналоговых системах 1-го по­коления, отношение Eb/No было равно 17-18 дБ, то в системах 2-го поколения этот показа­тель уже равен 7-9 дБ

Системы подвижной связи второго поколения имеют ограниченные возможности по наращиванию пропускной способности и видов услуг в рамках выделенного частотного диапазона. Рост их емкости возможен лишь за счет перехода на полускоростные каналы (GSM), использования более эффективных методов модуляции и применения секторных ан­тенн. Секторизация сот в сочетании с использованием спектрально-эффективных методов модуляции позволяет увеличить их пропускную способность, но не более чем в 10 раз.

**Организация хэндовера**

В системах подвижной сотовой и спутниковой связи важную роль играет метод автомати­ческого переключения вызова на другой канал в момент, когда мобильная станция7 перемешается из соты в соту или переключается с одного спутника на другой. Такой метод по­лучил название хэндовер (от английского handover). При переключении на соседнюю базо­вую станцию (в наземных системах) или другой луч бортовой антенны (в спутниковых се­тях) обычно происходит смена частоты несущей.

Существуют два основных типа хэндовера: жесткий и мягкий. Жесткий алгоритм пере­ключения каналов сопровождается кратковременным прерыванием связи в момент переме­щения абонента из соты в соту. Такой метод автоматического переключения канала осуще­ствляется в большинстве систем 2-го поколения, использующих метод TDMA (GSM, IS-136, РDС). Обрыв и восстановление связи воспринимается абонентом как «щелчок» в теле­фонной трубке, хотя возможно и более длительное прерывание разговора, когда связь с од­ной базовой станцией прекратилась, а с другой еще не установлена.

Мягкий хэндовер происходит без потери качества связи. Он осуществляется между раз­личными секторами антенны базовой станции в пределах соты (работа на одной несущей частоте). В настоящее время он реализован в таких системах, как CDMA (IS-95) и Globalstar.

Управление процедурой хэндовера может быть организовано несколькими способами. В пределах одной соты может быть использовано макроразнесение, когда мобильная стан­ция в процессе переключения связана одновременно с несколькими базовыми станциями (мягкий режим переключения).

В случае межчастотного хэндовера, т.е. с изменением несущей при переходе мобильной станции от одной соты к другой, непрерывность связи обеспечивается с использованием дополнительного приемопередатчика, либо за счет временного разделения, когда кадр раз­деляется на две части, а информация сжимается в два раза.

В случае, если произошел сбой при организации мягкого хэндовера, то реализуется обычный алгоритм жесткого хэндовера, который аналогичен тому, который используется в ТDМА системах.

Принципы построения микросотовых систем беспроводного доступа отличаются от макросотовых тем, что в них частота переключений при хэндовере должна быть существен­но выше, чем в сотовых системах. Следовательно, необходимы быстродействующие алго­ритмы переключения каналов. Наиболее эффективно эта задача решена в сети беспроводно­го доступа DECT, где применяются распределенные алгоритмы управления, обеспечиваю­щие принудительное переключение абонента.

Таким образом, проведенный анализ показал, что существующие системы 2-го поколе­ния несовместимы друг с другом. В каждом из трех крупных регионов мира - Северной Америке, Европе и Азии использовались различные технологии и пути перехода от анало­говых систем первого поколения ко второму поколению. Более того, даже внутри каждого из регионов отдельные страны реализуют различные подходы к созданию и внедрению сис­тем подвижной связи.

Тем не менее, основная задача, которая стояла перед цифровыми системами второго поколения - массовое обеспечение услуг речевой связи и низкоскоростной передачи дан­ных - была достигнута.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи.-М.:Эко-Трендз,2001,300с.
2. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д.Рудинского; под ред. А.И.Ледовского.—М.: Горячая линия –Телеком, 2006. –536с.
3. Бабков В.Ю., Вознюк М.А., Михайлов П.А. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование./ СПбГУТ. СПб., 2000. 196с.
4. Громаков Ю.А.Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.:Эко-Трендз,2007,238c.