

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**государственное образовательное учреждение**  
**московский государственный авиационный институт**  
**(технический университет)**  
**«МАИ»**

**Реферат по дисциплине**  
**Радиотелефония и сотовые коммуникационные сети**

**по теме**

**«Фемтосоты»**

**Составил: студент гр. 14-502**  
**Назаров А.С.**

**Проверил: профессор**  
**Скородумов А.И.**

**Москва 2011 г.**

# **Фемтосоты:**

## **решение больших задач малыми силами**

### **Сотовые проблемы**

Любая сотовая сеть связи имеет примерно одинаковый набор проблем, тесно связанных с обеспечением качественного покрытия и обслуживания большого числа абонентов. И то и другое требует дополнительных инвестиций на установку дополнительных базовых станций или на развитие соединяющей их транспортной сети, потому что все новые базовые станции необходимо подключить, а сгенерированный абонентами трафик пропустить через сеть. И с точки зрения оптимального расходования инвестиций базовые станции целесообразно размещать поблизости от скоплений абонентов. Вот только ставить их плотнее друг к другу удается не всегда — или не хватает радиоканалов при частотном планировании, или пороговое отношение сигнал/шум "убивает" качество. Для решения этой проблемы радиоспециалисты придумали микросоты, пикосоты и, наконец, для улучшения покрытия внутри зданий, так называемые фемтосоты.

Согласно данным лондонской исследовательской компании **Ovum**, в Европе 30—40 % всех мобильных звонков совершаются из дома, а в США эта доля составляет 60 %. По некоторым другим оценкам, в городах до 70 % мобильных вызовов проводится из дома или офиса. То есть на практике "настоящая" мобильная связь нужна отнюдь не всегда и не всем мобильным абонентам. А вот набор услуг и высокие скорости доступа, за которые заплачено, нужны всем. Кроме того, внедрение сетей 3G/UMTS, работающих в относительно высоком диапазоне 2 ГГц, натолкнулось на серьезное затухание сигнала в зданиях, что сказывается на качестве обслуживания, в частности, на уменьшении скоростей доступа в сеть Интернет. Именно это обстоятельство подтолкнуло мобильных связистов, что более эффективно было бы размещать миниатюрные базовые станции непосредственно у абонентов, а не расставлять новые большие и дорогие базовые станции на улице или использовать пикосоты. Заметим, что пикосота — не самостоятельная базовая станция, а лишь

выносной элемент для приема и передачи сигнала, требующий подключения к стандартному контроллеру "большой" базовой станции. Проблемы этого варианта заключаются и в меньшей защищенности передаваемого сигнала, в необходимости обеспечения дополнительного канала связи с базовой станцией и в том, что контроллеры базовых станций в общем случае не рассчитаны на очень большое количество "ведомых" приемопередатчиков.

Следует сказать, что проблемы с покрытием внутри зданий имеют место при использовании всех технологий 3G/4G: cdma2000 EV-DO, WiMAX, LTE и других, которые осваивают и более высокие диапазоны — 2,3; 2,5; 3,5 ГГц. Все они получают "свои" фемтосоты.

### **Femtocell**

Фемтосота (от английского Femtocell) — маломощная и миниатюрная станция сотовой связи, предназначенная для обслуживания относительно небольшой территории (к примеру, одного офиса или квартиры). Ее габариты невелики, и по своим размерам устройство сопоставимо с еженедельником средней "упитанности". Станция соединена с сетью сотового оператора через IP-канал широкополосного доступа (ШПД), подведенный к пользователю. Таким образом, все оборудование максимально дешевое, и для его подключения используется уже существующий у абонента ШПД.

В 2004 г. инженеры компании **Vodafone** создали группу **picoChip**, которая занялась разработкой технологии, способной преодолеть обычные для мобильной связи проблемы: перепады громкости и задержка звука, срывы звонков, медленное скачивание данных. В 2007 г. был организован **Femto Forum**, одной из задач которого стала разработка и стандартизация новой технологии. И уже в конце 2008 г. **Femto Forum** подготовил, а **3GPP** утвердил стандарт для 3G/UMTS фемтосот (Home Node B — HNB). Если еще несколько лет назад фемтосота представляла собой технологию с неясными перспективами, то сейчас к промышленной группе **Femto Forum** присоединились крупнейшие представители мобильной индустрии, включая компании **Alcatel-Lucent**, **Motorola**, **NEC**, **Nokia Siemens Networks** и др.

**Femto Forum** направляет свои усилия по продвижению стандартов фемтосот для всей телекоммуникационной промышленности и надеется, что для некоторых новых членов форума эта технология станет основным занятием. Работа форума заключается в обеспечении взаимодействия фемтосот от различных поставщиков, активно работающих с сотовыми операторами. С этой целью в рамках **Femto Forum** организованы рабочие группы, которые разрабатывают общую регулируемую структуру для фемтосот — стандартизируют архитектуру технологии и ее интерфейсы, а также исследуют возможность исключения взаимного влияния близлежащих фемтосот.

В Европе фемтосоты запустила первой компания **Vodafone** в Великобритании. В США, запустив поддержку SG-фемтосот на своей сети в апреле этого года, компания **AT&T** незаметно, но значительно расширила доступность данного абонентского оборудования. В настоящий момент фемтосоты можно приобрести в Нью-Йорке, Чикаго, Далласе, Лос-Анджелесе, Сан-Франциско, Джорджии, Северной и Южной Каролине и Сан-Диего. В качестве абонентских терминалов используется решение **Cisco Systems**. **AT&T** значительно опережает конкурентов **Verizon Wireless** и **Sprint Nextel**, которые до сих пор не объявили о планах развертывания фемтосот. По оценкам агентства **Berg Insight**, в 2009 г. было установлено всего порядка 200 тыс. фемтосот, а в 2014 г. их число может возрасти до 12 млн.

С точки зрения потребителя услуг связи, фемтосота является полнофункциональной базовой станцией, поддерживающей весь функционал сети третьего поколения (для других поколений и стандартов тоже разработаны фемтосоты — просто проблема возникла именно на рубеже внедрения 3G/UMTS). В том числе, естественно, высокоскоростную передачу данных. Телефон регистрируется в соте автоматически, поддерживается бесшовный хендовер при переходе в зону действия макросоты. То есть при выходе из помещения текущий разговор прерываться не должен. Правда, только в том случае, если внешняя макросота поддерживает 3G. Попавший в зону действия фемтосоты пользователь тем или иным способом об этом информируется. Популярное за рубежом решение — информационная

надпись на дисплее. Также возможно информирование SMS-сообщениями.

В целом же фемтосота является довольно гибким инструментом, позволяющим настраивать 3G-сервис под нужды конкретного пользователя. За рубежом пользуются популярностью "домашние" решения со строго ограниченным доступом, в фемтосоту "прошивают" конкретные телефонные номера, которым разрешено регистрироваться в зоне покрытия этой "домашней" сети и пользоваться ее ресурсами. В первую очередь это связано с матрицей скидок и специальной тарификацией, которую оператор обычно готов предоставить владельцу такой базовой станции. Как это будет выглядеть в российских условиях, пока сказать трудно, но, как говорят операторы, некоторые модели для потенциально заинтересованных корпоративных пользователей уже проработаны.

Радикальное преимущество фемтосоты в том, что ее установка не требует специального частотного планирования и дорогостоящих исследований.

Миниатюрная "ячейка" интегрируется в сетевую инфраструктуру почти автоматически. В домашней версии устройства фемтосота соответствует стандартам plug-and-play (т. е. включил и работай на здоровье) и не требует от пользователя каких-либо специальных умений и навыков. Достаточно обеспечить ее надежным электропитанием и широкополосным доступом к сети Интернет.

Массовое использование фемтосот помогло бы решить несколько больших проблем. Для начала эти устройства смогли бы обеспечить покрытие мобильных сетей внутри зданий. Кроме того, они могли бы разгрузить широкополосные мобильные сети 3G/4G (вернее, их беспроводную часть), что обеспечило бы их лучшую производительность для пропуска трафика. Однако если задуматься — обо всем этом должны беспокоиться операторы сетей, а не пользователи их услуг, тем более что заниматься установкой этих устройств им придется самостоятельно. Сама фемтосота должна быть относительно недорогой (считают, что для массового рынка ее стоимость должна составлять менее 100 долл. США), а для ее подключения сотовый оператор должен

договориться с местным оператором фиксированной связи, который обеспечивает абоненту ШПД — иными словами, необходимо построить на базе сети фиксированной связи виртуальную сеть доступа ко всем фемтосотам.

А вот японский оператор **SoftBank Mobile**, который недавно приступил к сооружению сети LTE, планирует раздавать фемтосоты для установки в жилых помещениях, магазинах, небольших офисах абонентов даром вместе с ADSL-подключением. Поставщиком фемтосот выступит компания **Ubiquisys** (один из дочерних проектов **Google**). Каждая фемтосота будет включена в режим открытого доступа, что позволит обеспечить качественное покрытие для всех абонентов компании, а также разгрузить мобильную сеть и высвободить ее емкость. Говорят, это первый случай в мире, когда оператор намеревается массово раздавать фемтосоты бесплатно. Запуск сети LTE ожидается в 2011 г. Цена вопроса — 5,5 млрд долл. США.

Таким образом, фемтосоты являются комплексным решением по избавлению оператора от "головной боли", ведь организацию транспортного канала и плату за его аренду пользователь во многих случаях возьмет на себя. И само устройство либо будет покупать за свой счет, либо получит его от оператора "в подарок" в обмен на значительный объем генерируемого платного трафика.

## Барьеры

Для массового внедрения фемтосот существует немало технических трудностей.

Прежде всего, взаимные помехи, поскольку радиосигнал от фемтосоты может влиять на "большие" соты (макросоты), если используют тот же частотный диапазон. Решение для оператора может быть или в применении другой частоты для фемтосот, а при одинаковых частотах — в правильном планировании расположения фемтосоты или установки определенных параметров, "балансирующих" фемтосоту и наружную соту макросети.

Расходование спектра частот. При постройке сотовой сети операторы используют сложные технологии частотного планирования. Применить их для каждой микросоты, продаваемой пользователю, невозможно, а значит, работа должна быть рассчитана на соседство с такими же устройствами и с "глобальными" сотами в узком частотном диапазоне, выделенном оператору. Следует отметить, что использование в сетях 3G технологии CDMA, не требующей частотного планирования, тоже имеет свою специфику, поскольку сотни и тысячи фемтосот, работающих в зоне действия одной стандартной базовой станции, увеличивают шумовую составляющую, что снижает абонентскую емкость из-за уменьшения соотношения сигнал/шум.

Предотвращение подключения через соседнюю фемтосоту. Возможны ситуации, когда работа через "чужую" фемтосоту должна быть исключена (если предоставляются ценовые льготы или передаваемые сведения должны быть скрыты от посторонних). В технологии заложены разные режимы авторизации, но необходим правильный подход или правильная настройка режимов авторизации точки доступа фемтосоты.

В некоторых странах местоположение сотовых станций должно быть точно известно, в частности, это важно для экстренных вызовов. Это правило трудно соблюсти для станций, которые подключаются самостоятельно пользователем и даже могут быть перевезены в другую страну. В технологии фемтосот заложена возможность определения местоположения по определенным параметрам, но у разных производителей это решается по-разному. Наиболее распространенный способ — это сканирование наружной сети и определение своего местоположения по известным макросотам, но в условиях отсутствия таких данных можно использовать такие параметры, как IP-адрес, MAC-адрес вышестоящих сетевых устройств. Здесь также важна юридическая сторона контракта, где оператор разрешает использовать фемтосоту.

Сложности с поддержкой большого числа станций. Архитектура сотовых сетей рассчитана на тысячи или десятки тысяч базовых

станций, но не на миллионы маленьких станций, генерирующих большую суммарную нагрузку на сеть и коммутаторы. Хотя в технологии заложено, что у фемтокластера свой фемтошлюз, который поддерживает десятки тысяч фемтосот, но он должен как-то интегрироваться в ядро базовой сети оператора, и эти вопросы должны быть проработаны.

Необходима технология бесперебойного сервиса для экстренных ситуаций, даже для случаев отключения питания и интернет-подключения. Возможное решение — резервное подключение через наземную телефонную сеть и источники бесперебойного питания.

Интернет-подключение должно всегда резервировать необходимую пропускную способность для соты, чтобы не вызывать перебои в связи. Заложены определенные показатели емкости интернет-канала, при котором фемтосота предоставляет определенные услуги. Для голосового звонка достаточно канала небольшой емкости, но для предоставления других услуг бывает необходим канал определенной емкости.

Каждой соте необходим источник чрезвычайно стабильной опорной частоты, что является достаточно сложной технической задачей. Макросоты регулярно подвергаются подстройке по этому параметру.

Мобильный терминал должен надежно переключаться на фемтосоту, когда она находится в зоне видимости, иначе эффекта от ее применения не будет. Этот вопрос решают настройкой радиопараметров. Переходы из макросети в фемтосоту и обратно могут решаться у всех производителей по-разному.

Но, как говорится, было трудно, но все получилось, и поставщики научились изготавливать фемтосоты, которые умеют "договариваться" с другими базовыми станциями и мобильными телефонами по всем указанным выше позициям.

## **Легализация**



Очевидно, не все помнят, что первые владельцы сотовых телефонов почти до конца 90-х годов должны были носить с собой разрешение надзорного органа на пользование указанным гаджетом. Все дело в наличии у абонентского устройства передатчика, а с радиопередатчиками у каждого государства разговор особый. Правда, по мере развития массовых видов связи, в которых каждое государство также заинтересовано, некоторые строгости поуменьшились. Тем не менее народившиеся фемтосоты должны были получить соответствующую нормативную базу, и в начале 2010 г. это произошло. Государственная комиссия по радиочастотам РФ (ГКРЧ) решила ввести упрощенный порядок ввоза и установки фемтосот на территории нашей страны.

Раз уж фемтосоты представляли собой миниатюрные базовые станции, то в России они относятся к специальному оборудованию операторского класса и подпадают под соответствующие разрешительные процедуры. В результате для подключения одной фемтосоты в офисе могло бы потребоваться до 18 месяцев на получение всех разрешений и 120 тыс. рублей на оплату экспертиз электромагнитной совместимости. В ряде зарубежных стран оператор также несет ответственность за все действия, связанные с работой данного оборудования, но при установке фемтосот не требуется производить расчет частотно-территориального плана и анализ электромагнитной совместимости. То есть регистрация фемтосот имеет уведомительный характер, а оператор сообщает регулирующей организации место установки номер лицензии и срок эксплуатации. По решению ГКРЧ для гарантированной совместимости с РЭС военного назначения в зоне ограниченного применения вокруг Москвы и Комсомольска-на-Амуре (там расположены РЭС спецназначения, использующие те же частоты, что и системы 3G/UMTS) предложено ограничить выходную мощность фемтосот 25 мВт. Эксперты пришли к выводу, что столь миниатюрные базовые станции не способны создавать помехи РЭС гражданского и военного назначения, поэтому теперь нет необходимости проводить экспертизу ЭМС при их установке в каждом отдельном случае. Таким образом, процедура вво-

за, а также ввода в эксплуатацию фемтосот операторами сотовой связи будет упрощена, что особенно важно для Москвы с ограничениями Минобороны России на мощность базовых станций 3G, высоту подвеса антенн и диаграмм их направленности. Тем не менее в связи с принятием этого решения в Минкомсвязи России ожидают быстрого роста внедрений фемтосот в России и улучшения качества обслуживания абонентов сетей 3G. К слову сказать, ведущие отечественные операторы мобильной связи уже приступили к испытаниям фемтосот на своих сетях.

### Дальнейшее развитие

Эксперты полагают, что широкое использование фемтосот 3G-операторами поможет им, прежде всего, уменьшить объем инвестиций, необходимых для обеспечения приемлемого покрытия внутри зданий. Так, согласно расчетам **Sound Partners Research**, внедрение оператором, обслуживающим 5 млн абонентов, SG-фемтосот в 60 % домохозяйств, позволит сэкономить к 2012 г. до 45 долл. США на пользователя в год. Другие позитивные моменты для мобильных операторов, внедряющих фемтосоты: возможности увеличения доходов от голосовых услуг за счет перехода фиксированного трафика в мобильные сети, а также возможности предложения инновационных услуг по мобильной передаче данных и фиксированных широкополосных услуг.

Как отмечалось выше, фемтосоты производятся для сотовых сетей различных стандартов. К примеру, основными разработчиками фемтосот-решений для сетей cdma2000 являются компании **Airvana**, **Samsung**, **Airwalk**, **Motorola**, **Alcatel Lucent**, **Starent Networks (Cisco)** и, разумеется, **picoChip**, продающий свои чипсеты множеству поставщиков. В частности, компания **picoChip** в сотрудничестве с **Global Wireless Technologies (GWT)** предлагает фемтосот-решение для сетей cdma2000 EV-DO Rev A, поддерживающее до 32 пользователей и скорости передачи данных до 3,1 Мб/сек. Поскольку представить в одной квартире сразу 32 пользователя весьма сложно, здесь мы имеем дело с другой разновидностью фемтосот.

Итак, разработав небольшие и дешевые фемтосоты, рассчитанные на одновременное обслуживание нескольких абонентов на относительно небольших расстояниях, поставщики оборудования задумались о нуждах корпоративных пользователей. И вот уже дальность действия фемтосот стала исчисляться километрами, а количество пользователей — десятками. Компания **Roke Manor Research** объявила о разработке платформы, которая позволяет как минимум в 20 раз увеличить радиус действия одной фемтосоты (очевидно, этот вариант не для РФ). Существующие технологии уже позволяют обслуживать клиентов, находящихся на расстоянии до 2 км от фемтосоты, т. е. операторам выгодно устанавливать их в зданиях, где обитают сразу несколько пользователей или в комплексах из нескольких зданий. Компания **Roke Manor Research** увеличила радиус действия до 40 км. Кроме того, как сообщается в пресс-релизе компании, новая фемтосота в зоне своего действия поддерживает перемещение абонента со скоростью до 120 км/ч. При этом обеспечивается передача и данных, и голоса. При разработке опытного образца фемтосоты был использован чипсет PC8208 компании **picoChip** (один из ведущих поставщиков чипсетов для фемтосот), для которого специалисты **Roke Manor** разработали специальное встроенное программное обеспечение.

А вот новый чипсет для фемтосот компании **Percello** поддерживает до 24 абонентов HSPA+, работающих на скоростях доступа на линиях вниз и вверх 21,6 и 5,76 Мбит/с соответственно, обеспечивая при этом до 32 одновременных UMTS-голосовых вызовов на расстоянии до 3 км от базовой станции. Чипсет также может быть рассчитан на функционирование в условиях высокой мобильности.

Но и на этом процесс не остановился, поскольку сразу же возникла новая и вполне логичная идея: раз уж в любом месте можно размещать миниатюрную базовую станцию, которая разгружает сотовую сеть, перенаправляя трафик в сеть фиксированной связи, то почему бы не разгрузить и эту сеть от избыточного трафика. Ведь чтобы позвонить из одной комнаты в другую, вызов все равно должен

пройти через коммутатор мобильной связи какого-нибудь оператора, а это тоже нагружает сеть. В свою очередь, уже много десятилетий в мире известны так называемые учрежденческие АТС (УАТС), которые устанавливались во множестве организаций и самостоятельно "управлялись" с внутренними вызовами без их вывода в телефонную сеть общего пользования. В результате появились фемтосоты с полным функционалом UMTS, включая функцию коммутации. Одним из разработчиков подобных устройств является компания **FMCell** (Израиль) с одноименным продуктом FMCell.

Пользователи FMCell могут использовать в обслуживаемом ей помещении все возможности технологии WCDMA, на которой базируется 3G/UMTS, включая HSPA, полный контроль безопасности и стандартный набор услуг из голоса, видео, данных, обмена сообщениями на стандартные 3G-телефоны и возможность работы с различными приложениями, а также частные планы нумерации. То есть теперь из фемтосот или даже одной фемтосоты можно построить свою сотовую сеть с возможностью ее управления, интегрированную с корпоративными ЛВС и УАТС, которая не выпускает внутренний трафик в сеть общего пользования, что, несомненно, повышает информационную безопасность и снижает операционные расходы владельца. И еще заставляет "большого" оператора мобильной связи задуматься — а зачем ему, собственно, все это надо? Ведь он теперь теряет оплату внутреннего трафика клиента. Но ведь и его сеть разгружается, а его клиенты получают новые сервисные возможности. Да ведь в УАТС внутренние вызовы также теряются для местного оператора телефонной сети общего пользования, но вот уже почти 40 лет никто не делает из этого трагедии. Зато, как и в случае УАТС, сам владелец подобной фемтосоты при необходимости может взимать за пользование ею плату при установке системы биллинга. В общем, от сотовых операторов потребуется разработка дополнительных бизнес-моделей — и дело пойдет.

Интересно, что компания **FMCell** предлагает сразу несколько вариантов фемтосот:

- FMCell-A — полностью автономное защищенное решение без выхода в сеть общего пользования в интересах правительственных и военных органов, а также органов безопасности;

- FMCell-G — похожее решение с подключением к сети общего пользования (т. е. сотового оператора), услугами которой могут пользоваться только "свои" абоненты;

- FMCell-C — стандартная фемтосота с выходом в сеть общего пользования с "замыканием" внутренних вызовов в зоне своего обслуживания;

- FMCell-S — перспективное решение операторского класса с интеграцией FMCell-C с "фемтосотовым" контроллером.

### **И немного бизнеса**

Как было заявлено на выставке "Связь-Экспокомм 2010", в компании МТС уже существует предварительно проработанная бизнес-модель использования фемтосот для корпоративных пользователей под названием "Моя 3G сеть". В ней предусмотрены и три режима работы: открытый (для всех абонентов МТС), полуоткрытый (с приоритетом для сотрудников) и закрытый (только для сотрудников).

Предполагается возможность организации зоны льготной тарификации голосовых вызовов в пределах зоны покрытия одной или нескольких фемтосот. Цена вопроса — единовременная плата, в том числе за организацию льготной зоны, оборудование и/или его установку. Размер скидки/льготы, равно как и прочие финансовые аспекты, пока еще в стадии проработки. Льготная зона планируется и для потребляемого интернет-трафика, что позволит задействовать фемтосоту в качестве основного или резервного канала корпоративного доступа к сети.

Предполагается, что пока организацию канала передачи данных для фемтосот возьмет на себя МТС. И мы понимаем, что это только начало.