

ФЕМТОСОТЫ — КАЧЕСТВЕННАЯ МОБИЛЬНАЯ СВЯЗЬ В ЛЮБОМ ПОМЕЩЕНИИ

Фемто — приставка, означающая 10^{-15} , т.е. величину очень малую. В контексте мобильной связи этот термин начали применять года четыре назад. Фемтосотами стали называть ячейки («соты») мобильных сетей размером порядка нескольких десятков метров, а фемтосотовыми станциями — базовые станции, обеспечивающие связь в этих сотах. Для чего нужны фемтосоты, какие сегодня есть фемтосотовые станции и элементная база для них, где они используются — обо всем этом пойдет речь в статье.

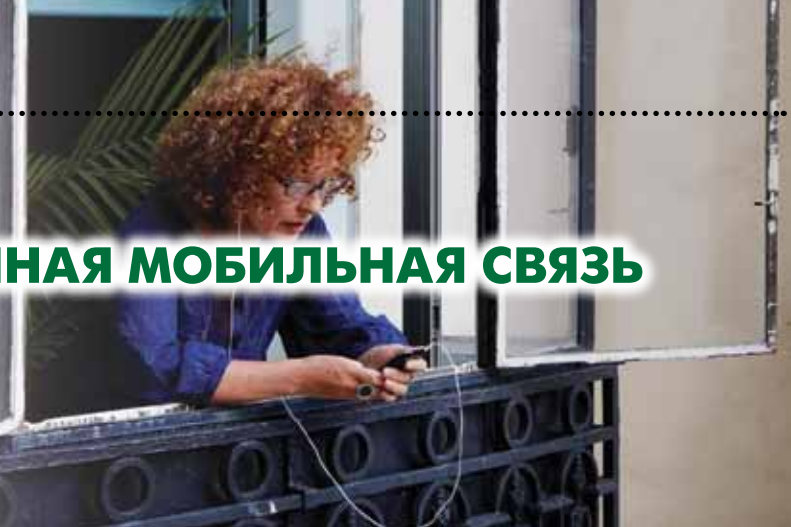
ЧТО ТАКОЕ ФЕМТОСОТЫ

В последние годы мобильная связь все чаще используется в помещениях — дома или в офисе. Достаточно плотная сеть мобильных станций и способность GSM-сигналов проникать сквозь многие стены позволяет в большинстве случаев делать это успешно. Но все-таки не все стены прозрачны для сигнала, и не всегда базовая станция обеспечивает достаточную его мощность. Поэтому периодически приходится сталкиваться с ситуацией, когда связь в помещении плохая или вовсе отсутствует.

С появлением технологий сотовой связи третьего поколения (3G) положение значительно ухудшилось. Дело в том, что при передаче сигналов 3G используются более высокие частоты (в UMTS это примерно 2000 МГц, а в GSM может быть как 1800, так и 900 МГц), на которых затухание сигнала при прохождении через стены существенно увеличивается. Пользователи коммуникаторов с поддержкой 3G часто сталкиваются с тем, что внутри помещений их аппараты автоматически переключаются на связь по каналам EDGE или GPRS — лучше «проникающим» сквозь стены, но менее скоростным.

Еще хуже обстоит дело с технологиями следующего поколения (HSPA, WiMAX, LTE). В них используется в основном квадратная модуляция высоких порядков (например, QAM-16 и QAM-64), при которой влияние стен зданий на качество сигнала усиливается [1].

В то же время у многих (а в крупных городах уже, наверное, у большинства) пользователей мобильной связи дома есть



Н.Елисеев, к.т.н.

доступ в Интернет по широкополосному проводному каналу — кабельному или ADSL. Так почему бы не использовать этот канал и для доступа к сотовой сети мобильного оператора через специальное устройство — подобно подсоединению через Wi-Fi-роутер? Именно таким устройством и является фемтосотовая станция. Она переключает телефон абонента на себя при попадании в зону ее действия, и его дальнейшее взаимодействие с сетью оператора происходит уже через нее (рис.1) [2].

Отметим, что сама идея использования одного аппарата для связи вне дома и внутри него не нова. В свое время предпринимались попытки внедрения DECT/GSM-телефонов, правда, широкого распространения такие аппараты по ряду причин не получили. Сегодня можно пользоваться дома беспроводным широкополосным доступом (ШПД) с помощью телефонов и коммуникаторов, оснащенных модулями Wi-Fi. Например, коммуникатор Google Nexus, работающий на платформе Android, позволяет автоматически переключаться на связь по каналу Wi-Fi внутри помещения и задействовать для передачи голоса средства IP-телефонии.

Принципиальная разница в том, что в случае фемтосот подключение к базовой станции происходит через тот же канал связи и с помощью того же аппаратного обеспечения, что и в случае, когда абонент находится в зоне действия макросотовой станции. Поэтому для пользования мобильной связью через фемтосоты не нужен новый телефон или коммуникатор — достаточно установить в помещении фемтосотовую станцию. Отличие от Wi-Fi также в том, что фемтосотовая станция должна быть не просто подключена к домашнему проводному каналу, но и интегрирована в опорную сеть оператора мобильной связи.

Использование фемтосот дает ряд преимуществ как операторам мобильной сотовой связи, так и их абонентам. Операторам фемтосоты позволяют существенно увеличить число абонентов без дополнительных макросотовых базовых станций. Такой путь не требует дополнительных затрат на строительство, энергоснабжение, аренду и др., поэтому эко-

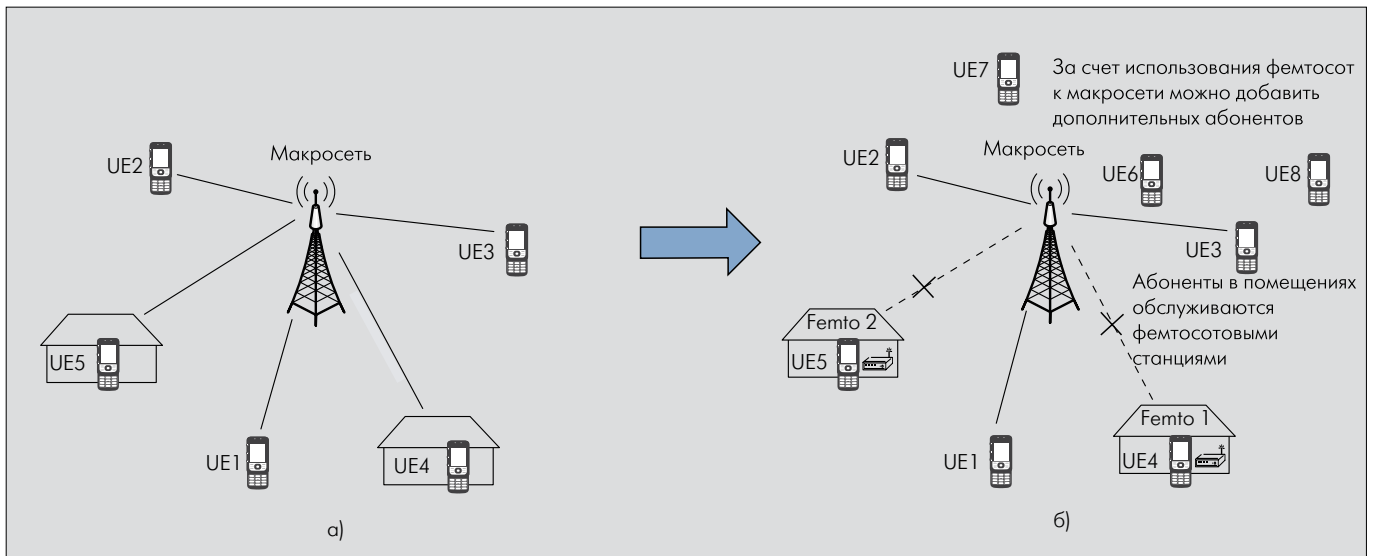


Рис. 1. Фемтосотовые станции в сети мобильной связи: а) традиционная макросеть; б) объединенная макрофемтосеть. UE (user equipment) – оборудование абонента, femto – фемтосотовая станция

номически он более выгоден [2]. К тому же, как уже отмечалось, во многих случаях даже близко расположенная базовая станция не обеспечивает необходимое качество связи в помещении. За счет фемтосот операторы мобильной связи могут также успешно конкурировать с поставщиками услуг IP-телефонии, получая дополнительный доход. Кроме того, благодаря высоким скоростям передачи данных и интег-

рации с традиционными проводными каналами доступа в Интернет фемтосоты предоставляют мобильным операторам возможность «захватить» дополнительное время и при использовании различными мультимедийными сервисами. Наконец, фемтосоты сокращают трафик в макросотовой сети, тем самым повышая качество услуг для других пользователей и увеличивая их число [2, 3].

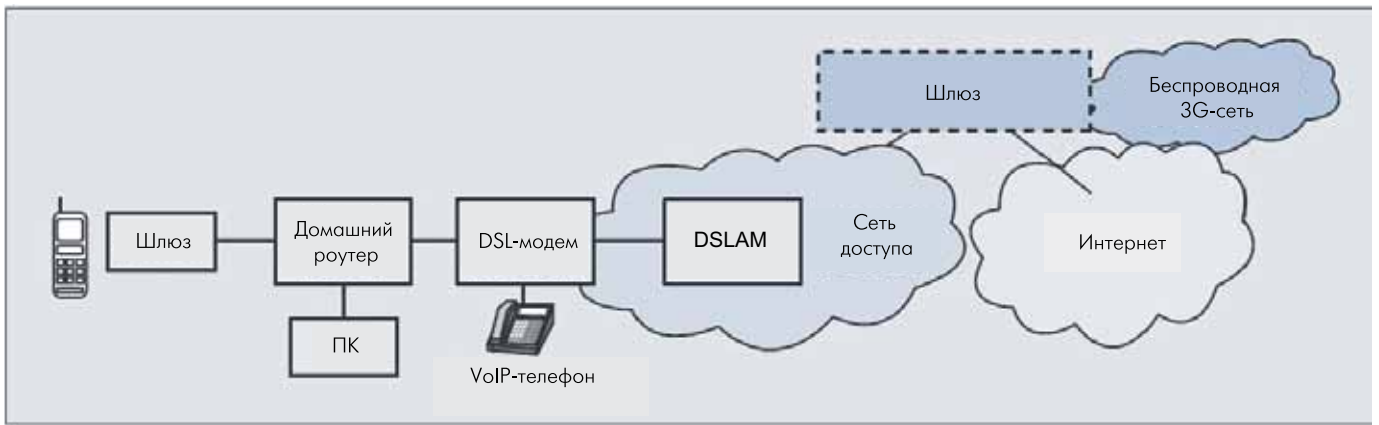


Рис.2. Пример подключения фемтосоты к сети мобильной связи

Абонентам применение фемтосот дает свои выгоды [3]. Благодаря фемтосотам они могут получать доступ к мобильной связи в помещении по более низким тарифам. При этом используется обычный телефон, а не двухрежимный аппарат, как, например, в случае подключения через Wi-Fi. Да и переключение на фемтосотовую станцию происходит автоматически – ничего перенастраивать не нужно. Важно, что одной фемтосотой могут пользоваться одновременно несколько человек, например, все члены семьи. Упрощается и процедура расчетов за услуги (так называемый биллинг) – один оператор, один телефон, один счет.

Отметим, что фемтосотовые станции применимы не только в домах и квартирах, но и в корпоративном секторе. Обычно корпоративные решения для фемтосотовых станций обеспечивают большую зону действия и поддерживают большее число абонентов.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ФЕМТОСОТОВЫХ СТАНЦИЙ

Подключение фемтосоты к опорной сети оператора мобильной связи включает два сегмента: подсоединение к проводному каналу широкополосного доступа внутри помещения

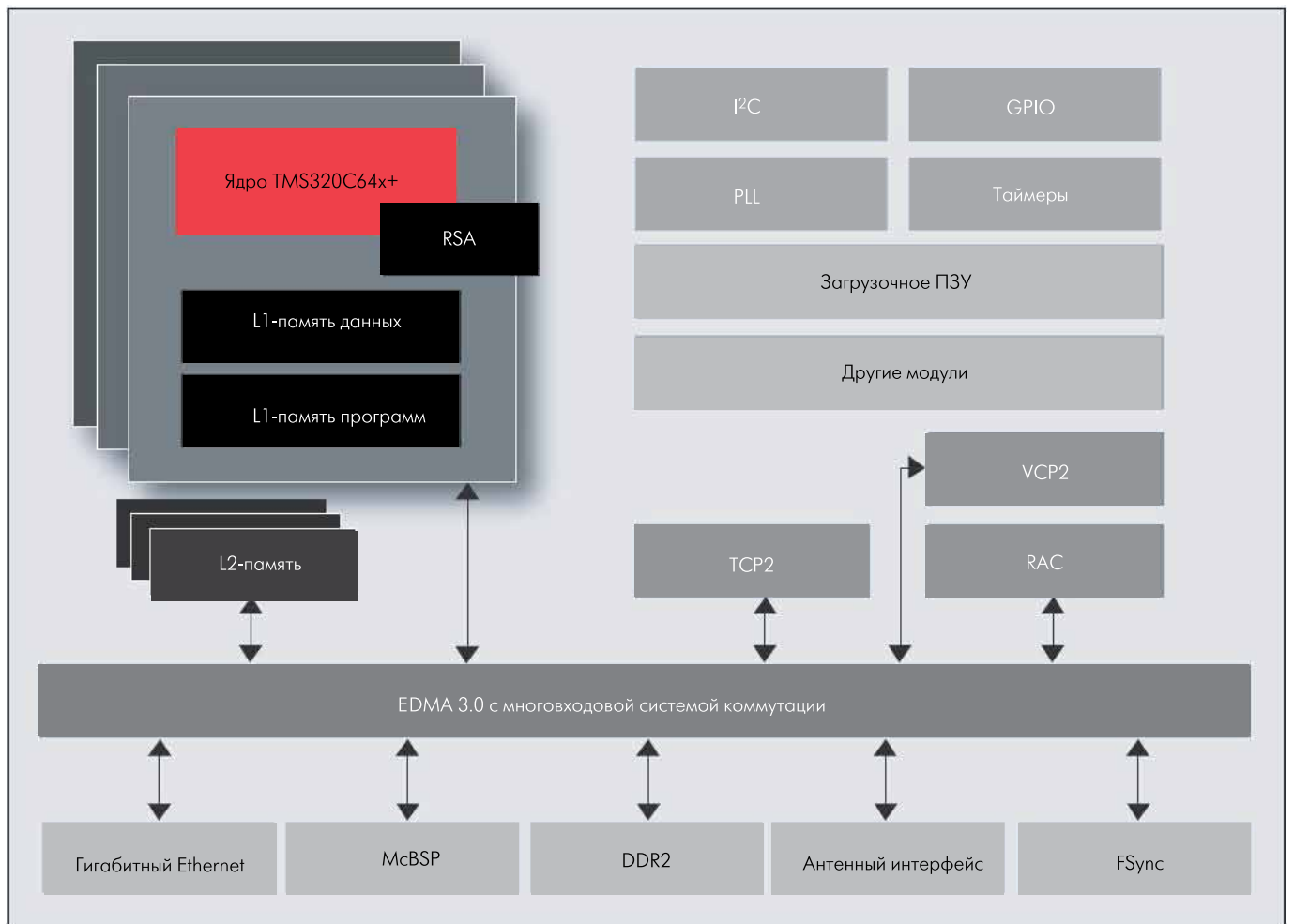


Рис.3. Блок-схема процессора TMS320TC16489



и интеграцию фемтосотовой станции с опорной сетью оператора мобильной связи (рис.2) [2]. К проводному широкополосному каналу фемтосотовая станция может подключаться через домашний роутер, соединенный с ADSL-модемом, вместе с другими сетевыми устройствами (см. рис.2). Возможен и другой вариант – когда фемтосотовая станция, роутер и модем объединены в одном устройстве [2]. Далее сигнал от каждой фемтосотовой станции проходит через сеть интернет-провайдера и затем через специальные шлюзы попадает в опорную сеть мобильного оператора [2, 3]. Конкретных топологий и протоколов в этом сегменте подключения может быть много – они зависят от используемой технологии мобильной связи (GSM, UMTS, WiMAX, LTE), конфигурации сети оператора, сетевого оборудования и др. [3, 4, 5].

Возможны также различные схемы взаимодействия интернет-провайдера и оператора мобильной связи [2]. Проводная сеть ШПД может принадлежать как оператору сотовой связи, так и независимому интернет-провайдеру. Но в любом случае должны быть выполнены требования к качеству обслуживания (Quality of Service – QoS) при передаче голоса и данных, предъявляемые к системам мобильной связи.

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ДЛЯ ФЕМТОСОТ

Процессоры и другую элементную базу для фемтосотовых станций начали выпускать три–четыре года назад. Если первые устройства предназначались для систем GSM и 3G, то в последнее время к ним добавилась аппаратура для фемтосотовых станций, поддерживающих технологии WiMAX и LTE. Увеличивается и число производителей элементной базы. В частности, среди них появилась такая крупная компания, как Texas Instruments (TI).

Основной продукт TI для построения фемтосот – процессорная система TMS320TCI6489 (рис.3) [6–9]. В ней на одном кристалле собраны вычислительные модули и разнообразная периферия, предназначенные для выполнения различных процедур обработки сигналов в фемтосотовых станциях. Основа СнК TMS320TCI6489 – три мощных ЦСП-ядра. Каждое ядро работает на частоте 850 МГц и оснащено 1 Мбайт кэш-памяти. В TMS320TCI6489 есть несколько сопроцессоров. Сопроцессоры RAC (receiver accelerator coprocessor) и RSA (rake search accelerator) обеспечивают ускорение обработки сигналов (последовательностей чипов), принимаемых антенной базовой станции. Сопроцессор Виттерби (VCP2) и турбодекодер (TCP2) выполняют алгоритмы декодирования сигналов и коррекции ошибок.

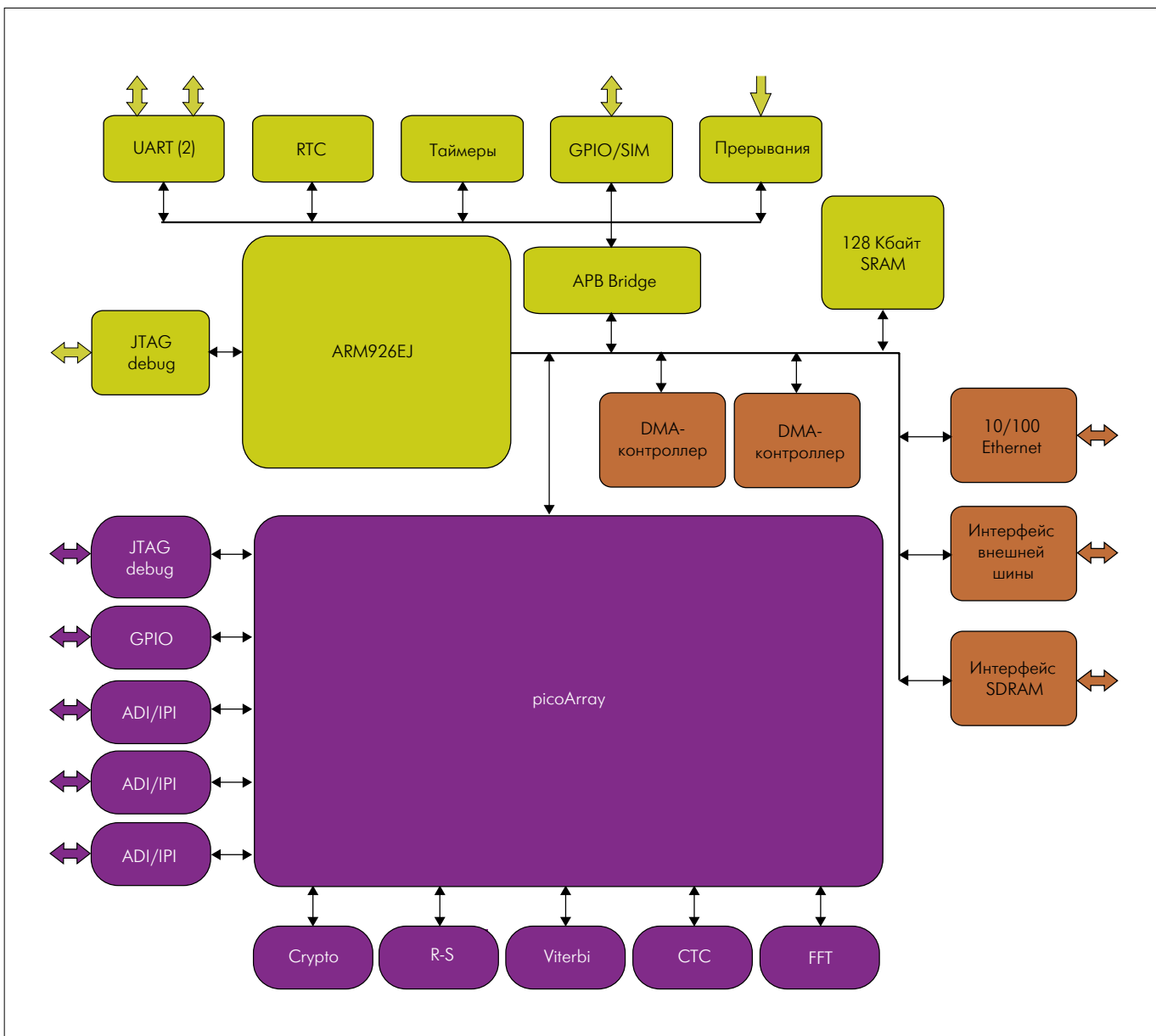


Рис.4. Блок-схема процессора PC205

Применение этих сопроцессоров существенно разгружает ЦСП и повышает производительность системы. В процессоре TMS320TC16489 имеется также двухполосный антенный интерфейс (CPRI/OBSAI) для подключения аналогового радиочастотного оборудования [7, 8]. Такое объединение целого ряда функций в одной СнК упрощает разработку конечных устройств и снижает их стоимость.

По данным компании TI, в процессорах TMS320TC16489 используется новая архитектура ЦСП, ориентированная на прямое выполнение операций с плавающей точкой (native floating point support) [9]. Это позволяет эффективно выполнять ресурсоемкие алгоритмы обработки сигналов, которые присутствуют в технологиях WiMAX и LTE, в частности, связанные с реализацией механизмов MIMO. Важно и то, что аппаратная поддержка операций с плавающей точкой позволяет легко и быстро переносить программное обеспечение, разработанное, например, в системе MATLAB, непосредственно в ЦСП TI.

Как еще одну выигрышную особенность архитектуры процессоров TMS320TC16489 компания TI позиционирует так называемый «многоядерный навигатор» (multicore navigator) [9]. Это элемент системы, который, по сведениям TI, обеспечивает бесшовное перемещение данных через СнК. Будучи один раз сконфигурирован, навигатор отвечает за передачу пакетов, распределение памяти, запуск ускорителей и др. – и все это без единого цикла работы ЦСП. Многоядерный навигатор может быть весьма эффективен для управления потоками пакетов данных, присутствующих в системах UMTS, WiMAX и LTE.

Компания TI считает, что благодаря заложенным в них возможностям СнК TMS320TC16489 можно успешно использовать при построении фемтосотовых станций для различных технологий мобильной связи: UMTS, WiMAX, LTE [8].

Системы на основе TMS320TC16489 ориентированы на корпоративный сектор. Они обладают радиусом действия



до 200 м и способны обслуживать до 32 абонентов. В 2009 году компанией TI был анонсирован также процессор TMS320TC16485 [7], основанный на двух ЦСП-ядрах и предназначенный для домашнего применения. Однако в настоящее время данные о нем отсутствуют на сайте производителя.

Помимо процессорной SnK TMS320TC16489 компания TI предлагает различные дополнительные устройства для фемтосотовых станций: радиочастотные модули, средства управления электропитанием, тактовые генераторы и усилители [7]. Таким образом, производители могут создавать готовые решения для фемтосот, используя компоненты одного поставщика.

Другой производитель – компания picoChip – предлагает свой вариант процессоров для фемтосот. Центральная часть в них – многоядерная процессорная платформа picoArray [10]. Например, решение picoChip для WiMAX основано на процессоре PC205 (рис.4) [11]. В нем используется picoArray из 248 (в расширенной версии – 273) ЦСП, который обеспечивает выполнение вычислительных процедур физического (PHY) уровня. Реализация MAC-уровня в PC205 возложена на ARM9-сопроцессор. В процессоре PC205 присутствуют также модули аппаратного кодека Рида-Соломона (R-S), декодера Виттерби, сверточного

турбокодека (СТС), быстрого преобразования Фурье (FFT) и криптозащиты (см. рис.4).

Компания picoChip предлагает элементную базу с похожей архитектурой и для фемтосот, работающих в сетях UMTS и LTE.

Для всех фемтосотовых процессоров у picoChip есть типовые варианты для разработки систем (reference design), включающие помимо самого процессора необходимую периферию: радиомодули, память, источники питания, физические интерфейсы и др., а также программное обеспечение для управления системой [12, 13].

Элементную базу для фемтосотовых станций предлагают также компании Qualcomm [14] и Percello [15]. Правда, пока она предназначена для работы только в сетях 3G.

ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ

Сегодня фемтосотовые станции выпускают несколько производителей: Alcatel-Lucent, ip.access, Huawei, ubiquisys, Airvana, NEC. Получить полностью достоверную информацию об их элементной базе трудно – на сайтах производителей эти данные, как правило, отсутствуют, – но некоторые сведения все же есть. По словам представителей компании picoChip, в большинстве фемтосо-



Рис.5. Фемтосотовая станция Oyster3G компании ip.access

товых устройств используются их процессоры [16]. Так, элементную базу picoChip задействует в своих фемтосотовых станциях компания Alcatel-Lucent [17]. Эти станции предназначены для сетей 3G (W-CDMA) [18]. Компания производит приборы как для домашнего, так и для корпоративного применения.



КУЛОН
открытое акционерное общество

ОАО «Кулон» - крупнейший отечественный разработчик и производитель керамических конденсаторов, помехоподавляющих фильтров и других пассивных элементов радиоаппаратуры, в том числе:

- ◆ универсальных серий многослойных керамических конденсаторов;
- ◆ многослойных керамических конденсаторов специального назначения, предназначенных для работы в СВЧ- и УВЧ-диапазонах частот, отличающихся высокой плотностью и низкими диэлектрическими потерями;
- ◆ керамических конденсаторов трубчатой конструкции, применяемых как помехоподавляющие элементы аппаратуры;
- ◆ проходных фильтров, предназначенных для подавления высокочастотных помех в аппаратуре.

Упаковка безвыводных конденсаторов производится в коробки россыпью или в блистерную ленту для автоматизированной сборки.

Мы совершенствуемся, чтобы наш заказчик всегда был доволен нашей продукцией.

195176 Санкт-Петербург Пискаревский пр., 25
Тел.: +7 812 225 27 27, Факс: +7 812 225 26 65
E-mail: office@kulon.spb.ru
URL: www.kulon.spb.ru

ОКПО 07610517 ОГРН 1027804181954
ИНН/КПП 7806012910/780601001

Компания Airvana производит фемтосотовые станции Hub-Bub [19]. Судя по имеющейся информации [20], в них используется элементная база компании TI.

Компания ip.access выпускает устройства под названием Oyster 3G (рис.5) [21]. Как видно из названия, они предназначены для сетей мобильной связи третьего поколения.

Свою модель фемтосотовой станции выпускает и компания NEC [22]. Этот прибор предназначен для работы в сетях стандарта HSPA.

Недавно появились фемтосотовые станции под брендом Cisco. Их, в частности, предлагает своим абонентам оператор AT&T [23].

По-видимому, пока на рынке отсутствуют фемтосотовые станции для сетей WiMAX и LTE. Во всяком случае, на сайтах основных производителей фемтосотовых станций о них нет никакой информации. Возможно, такая ситуация связана с относительно малой распространенностью этих сетей в настоящее время.

ПРИМЕНЕНИЕ: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Сейчас фемтосоты в том или ином масштабе используют несколько крупных мировых операторов: Sprint, StarHub, Verizon Wireless, Vodafone Group, AT&T [23, 24, 25].

У российских операторов также есть планы относительно фемтосот. Операторы констатируют проблемы со связью 3G в помещениях и рассматривают фемтосоты как эффективный способ решения проблемы. Так, по словам представителей МТС [24], в 3G-макросети лишь около 40% абонентов оказываются в зоне хорошего покрытия. Чтобы увеличить это число до 75%, необходимы инвестиции, которые больше первоначальных в два раза, а чтобы достичь 100% – требуется увеличить финансирование в семь раз. Поэтому для улучшения качества связи в зданиях экономически выгоднее выбрать именно фемтосоты.

Насколько широким станет распространение 3G-фемтосот? Точный прогноз сделать сейчас трудно. Одним из препятствий продвижения фемтосот является конкуренция со стороны точек доступа Wi-Fi, которые сейчас доминируют на рынке [16, 26]. Они, может быть, не всегда столь удобны, как фемтосотовые станции, но более дешевы и легки в подключении. К тому же Wi-Fi-роутеры обычно все равно присутствуют в доме, так как к ним, помимо телефонов и коммуникаторов, подключают и другое оборудование, например, ноутбуки и плееры. Существенно и то, что многие телефоны и коммуникаторы с поддержкой 3G оснащены также модулем Wi-Fi. При этом пользование телефоном через Wi-Fi (например, с помощью популярной программы Skype), как правило, бесплатно. А фемтосоты в большинстве случаев требуют дополнительных расходов.



Во-первых, нужно купить фемтосотовую станцию. Некоторые операторы предлагают их бесплатно или со скидкой, но лишь тем абонентам, которые подписываются на выгодные оператору тарифные планы. Во-вторых, пользование фемтосотами хотя и дешевле, чем при доступе через макросотовые станции, но все же не бесплатно. Некоторые компании, например Ericsson, в этой ситуации, по-видимому, заняли выжидательную позицию, и пока воздерживаются от выпуска фемтосотовых станций [26].

В определенной мере распространение 3G-фемтосот будет, вероятно, зависеть и от развития самих 3G-сетей, в том числе с учетом появления и расширения сетей LTE, WiMAX и «настоящего» 4G.

Фемтосоты для сетей WiMAX и LTE пока можно рассматривать только в перспективе. Правда, перспектива эта, скорее всего, недалекая. Элементная база для WiMAX- и LTE-фемтосотовых станций, как говорилось, уже есть. Дело за развитием самих сетей и внедрением в них фемтосот. Причем, по мнению компании Picochip, фемтосоты призваны изначально стать важной и неотъемлемой составляющей LTE-сетей [1].

Таким образом, фемтосоты являются интересным и эффективным решением, позволяющим во многих случаях улучшить качество беспроводной связи, в первую очередь в сетях ШПД. Они уже находят применение у операторов мобильной связи. Насколько массовым станет это применение – покажет будущее.

ЛИТЕРАТУРА

1. LTE Takes Shape: Fine-Grained and Self-Organized. Technical White Paper Version 2.0, October 2008. – www.picochip.com.
2. **Calin D., Claussen H., and Uzunalioglu H.** On Femto Deployment Architectures and Macrocell Offloading Benefits in Joint Macro-Femto Deployments. – IEEE Communications Magazine, January 2010, v. 48, №1, p.26–32.
3. **Елисеев Н.** Фемтосоты в мобильной связи – преимущества и решения. – Первая миля, 2007, №2, с.12–15.
4. Kim R.Y., Kwak J. S., Etemad K. WiMAX Femtocell: Requirements, Challenges, and Solutions. – IEEE Communications Magazine, September 2009, v. 47, №9, p.84–91.
5. **Golaup A., Mustapha M., Patanapongpibul L.B.** Femtocell Access Control Strategy in UMTS and LTE. – IEEE Communications Magazine, September 2009, v. 47, №9, p.117–123.
6. TMS320TCI6489 Communications Infrastructure Digital Signal Processor. Datasheet. – focus.ti.com/lit/ds/symlink/tms320tci6489.pdf.
7. Новое семейство сигнальных процессоров для оборудования фемтосот компании Texas Instruments. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2009, №5, с.78.

8. Innovative DSP technology with RISC virtualization delivers high performance, flexible femtocell design. White paper, 2010 – www.ti.com.
9. Enabling LTE development with TI's new multicore SoC architecture. White paper, 2010 – www.ti.com.
10. Multi-core DSP architecture – picoArray for demanding signal processing applications. – www.picochip.com.
11. PC205 High performance signal processor. – www.picochip.com.
12. WiMAX Software reference designs. – www.picochip.com.
13. System Solution Reference Design Product Brief. PC6530 OFDMA (IEEE802.16e-2005) Femtocell. – www.picochip.com.
14. Femtocell Station Modem (FSM) Platform. – www.qualcomm.com.
15. PRC6000 Digital Baseband Processor for UMTS Femtocells. – www.percello.com/PRC6000.pdf.
16. **Yoshida J.** Femtocells lure embattled net operators. – www.eetimes.com/electronics-news/4208635/Femtocells-lure-embattled-net-operators.
17. Interview with David Swift, Alcatel-Lucent Small Cell Product Marketing. – www.thinkfemtocell.com/Femtocell-Interview/interview-with-david-swift-alcatel-lucent-small-cell-product-marketing.html.
18. Alcatel-Lucent 9360 Small Cell Solution for the Home. – www.alcatel-lucent.com/wireless/femto_small_cells.html.
19. Femtocells. – www.airvana.com/products/cdma-femtocell.
20. Airvana. – www.ti.com.
21. Oyster3G. – www.ipaccess.com/femtocells/oyster3G.php.
22. Femtocell access point. – www.nec.com.
23. AT&T 3G MicroCell. – www.wireless.att.com/learn/why/3gmicrocell/.
24. Фемтосоты в России: быть или не быть... – www.spbit.ru/news/n69092.
25. Bad Reception? Sprint May Give You a Free Femtocell to Fix It – www.wired.com/gadgetlab/2010/08/free-sprint-femtocell-airave.
26. Ericsson prepared to wait for femto price to equal Wi-Fi access points. – www.fiercewireless.com/europe/story/ericsson-prepared-wait-femto-price-equal-wi-fi-access-points/2010-02-12.