

БЕСПРОВОДНЫЕ ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ*

IEEE 802.11g – G дали!

История любого стандарта – это иллюстрация умения договариваться. И спецификация IEEE 802.11g – не исключение. Мир беспроводных локальных сетей, по большому счету, поделен между двумя корпорациями – Intersil (бывшая Harris) и Texas Instruments. Все прочие примыкают к одному из двух лагерей, возглавляемых этими полупроводниковыми монстрами. Поэтому появление каждого нового стандарта из семейства IEEE 802.11 – это итог очередного этапа великого противостояния. В отношении IEEE 802.11g еще в ноябре 2001 года казалось: компромисса не достичь, новому стандарту не быть. Однако магнаты подсчитали потенциальные убытки от отсутствия стандарта – и договорились. И вот с задержкой примерно на год–полтора, 12 июня 2003 года 802.11g официально вышел в свет.

В ОЖИДАНИИ G

В марте 2000 года рабочая группа IEEE 802.11 сформировала исследовательскую группу по изучению возможности увеличить скорость передачи данных свыше 20 Мбит/с в диапазоне 2,4 ГГц. В ноябре 2000 эта группа приобрела статус штатной группы разработчиков и получила обозначение G. Через полтора года, рассмотрев несколько альтернативных подходов, специалисты исследовательской группы G предложили использовать применяющуюся в стандарте IEEE 802.11a систему кодирования с мультиплексированием посредством ортогональных несущих OFDM. В качестве дополнительных (необязательных) возможностей новый стандарт IEEE 802.11g предусматривал использование таких схем модуляции, как CCK-OFDM и PBSS. Напомним, поддерживаемая компанией Texas Instruments (TI) схема модуляции PBSS позволяла достигать скоростей 22 и 33 Мбит/с – даже появился термин IEEE 802.11b+.

Новая спецификация по сути представляет собой перенесение схемы модуляции OFDM, прекрасно зарекомендовавшей себя в 802.11a [1], из 5 ГГц-диапазона в область 2,4 ГГц. Это возможно, поскольку в стандартах 802.11 ширина одного канала в диапазоне 2,4 и 5 ГГц схожа – 22 МГц по уровню -30 и -20 дБ, соответственно. Правда, по уровню -28 дБ маска канала в 802.11a допускает спектральную полосу шириной 40 МГц, что может создать проблемы – безусловно, преодолимые.

Зачем нужен новый стандарт в диапазоне 2,4 ГГц, когда оборудование 802.11a для диапазона 5 ГГц становится практически массовым? Однозначного ответа здесь нет, укажем лишь на основные ре-

*Продолжение Начало см.: Шахнович.И. Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, №1, с. 38–48.

зоны. Прежде всего, 2,4-ГГц оборудование должно быть дешевле. Так оно и есть – если сравнивать стоимость аналогичного оборудования одной компании стандартов 802.11a и b, цены в первом случае окажутся в среднем в 1,5–2 раза выше. Однако на уровне интегральных схем различие не столь значительное и безусловно имеет тенденцию к снижению. Кроме того, затухание сигналов в 5-ГГц диапазоне выше, чем в 2,4-ГГц. Поэтому плотность оборудования в 5-ГГц сетях тоже должна быть выше – вместе с ценой сети. Конечно, минус этот относительный, поскольку в ряде случаев зону распространения сигналов оборудования локальной сети даже желательнее ограничить – например, из соображений защиты информации или чтобы избежать взаимного влияния двух разных сетей.

Наиболее же значимый для появления новой спецификации фактор – диапазон 2,4 ГГц сегодня чрезвычайно популярен. Это не только минус из-за зашумленности эфира, но и несомненный плюс, поскольку переход в другой частотный диапазон – это отказ от уже установленного оборудования. В самом деле, что делать практически 20 миллионам пользователей сетей стандарта 802.11b – выбрасывать старое оборудование и покупать новое, на 5 ГГц? Двухмодовые же системы, поддерживающие и a, и b, – это фактически два устройства в одной упаковке, поскольку у них различны не только ВЧ-трансиверы, но и блоки модуляции (цифровой обработки). И цена у таких устройств соответствующая.

С другой стороны, если в диапазоне 2,4 ГГц скорость передачи информации может быть выше номинальной 11 Мбит/с, то такое оборудование обязательно будут производить. Поэтому появление нового стандарта было predetermined. Однако одним из основных требований к спецификации 802.11g была обратная совместимость с устройствами 802.11b. Это требование привело к очередному столкновению интересов компаний Intersil и TI. Действительно, в стандарте 802.11b в качестве основного способа модуляции принята схема CCK (Complementary Code Keying), а в качестве дополнительной возможности допускается модуляция PBSS. В последней крайне заинтересована компания TI. Разработчики 802.11g рассмотрели CCK-модуляцию для скоростей до 11 Мбит/с и OFDM – для более высоких скоростей. С этим были согласны все. Но сети стандарта 802.11 при работе используют принцип CSMA/CA – множественный доступ к каналу связи с контролем несущей и предотвращением коллизий. Ни одно устройство 802.11 не должно начинать передачу, пока не убедится, что эфир в его диапазоне свободен от других устройств. Если в зоне слышимости ока-

жутся устройства 802.11b и 802.11g, причем обмен будет

Преамбула/ заголовок	Информационное поле	
OFDM	OFDM	Обязательно
CCK	CCK	
CCK	OFDM	Возможно
CCK	PBSS	

Рис.1. Пакеты IEEE 802.11g в различных режимах модуляции

И.Шахнович

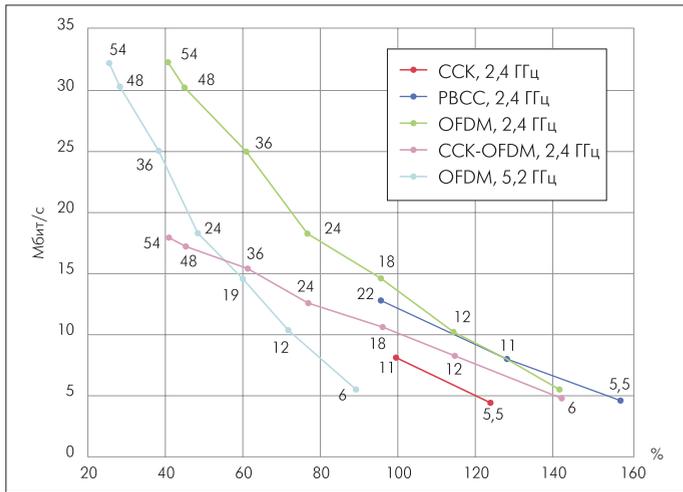


Рис.2. Зависимость скорости передачи от расстояния для различных технологий передачи. Расстояние приведено в процентах, 100% – дальность передачи с модуляцией ССК на скорости 11Мбит/с

происходить между устройствами 802.11g посредством OFDM, то оборудование 802.11b просто не поймет, что другие устройства сети ведут передачу, и попытается начать трансляцию. Последствия очевидны.

Чтобы подобную ситуацию не допустить, предусмотрена возможность работы в смешанном режиме – ССК-OFDM. Информация в сетях 802.11 передается пакетами. Каждый информационный пакет включает два основных поля – преамбулу с заголовком и информационное поле (рис.1). Преамбула содержит синхропоследовательность и код начала пакета, заголовок – служебную информацию, в том числе – о типе модуляции, скорости и продолжительности передачи пакета. В режиме ССК-OFDM преамбула и заголовки модулируются методом ССК, а информационное поле – методом OFDM. Таким образом, все устройства 802.11b, постоянно "прослушивающие" эфир, принимают заголовки пакетов и узнают, сколько времени будет транслироваться пакет 802.11g. В этот период они "молчат". Естественно, пропускная способность сети падает, поскольку скорость передачи преамбулы и заголовка – 1 Мбит/с.

Видимо, данный подход не устраивал лагерь сторонников технологии PBSS, и для достижения компромисса в стандарт 802.11g в качестве дополнительной возможности ввели еще один смешанный режим – ССК-PBSS, в котором заголовок и преамбула передаются посредством ССК, а информационное поле модулируется по схеме PBSS и передается на скорости 22 или 33 Мбит/с. В результате устройства стандарта 802.11g должны оказаться совместимыми со всеми модификациями оборудования 802.11b и не создавать взаимных помех. Диапазон поддерживаемых им скоростей отражен в таблице, зависимость скорости от типа модуляции – на рис.2 [2].

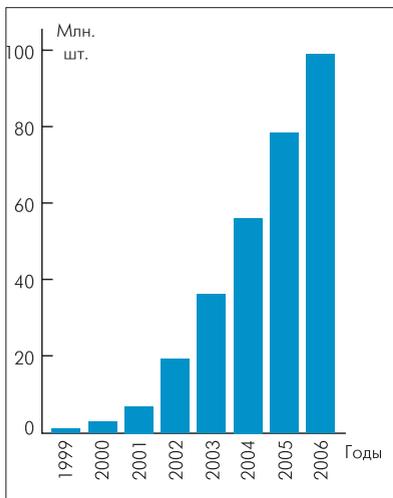


Рис.3. Динамика рынка устройств для сетей IEEE 802.11. По материалам компании IC Insights

КТО НЕ УСПЕЛ, ТОТ ОПОЗДАЛ

Несмотря на то, что стандарт IEEE 802.11g до 12 июня 2003 года существовал лишь в предварительном (draft) варианте, его поддержали многие производители интегральных схем и оборудования. В частности, устройства IEEE 802.11g с 2002 года производят такие компании, как Buffalo Technologies, Linksys, D-Link, Apple. Ряд других фирм (Netgear, Belkin, Actiontec, Proxim и др.) хотя и не приступили к выпуску, но анонсировали продукты 802.11g. Разумеется, такую возможность им предоставили производители наборов микросхем для 802.11g. А спешить есть куда – динамика рынка потрясает воображение (рис.3). Опоздавший же проигрывает все.

В минувшем году продано, по разным оценкам, 18–19 млн. чипсетов для беспроводных сетей (практически все – стандарта IEEE 802.11b с 5%-ным вкраплением 802.11a), в текущем году аналитики компании Forward Concepts предрекают объем продаж на уровне 30 млн. комплектов ИС (на 70% больше!) [3]. Эксперты компании IC Insights предсказывают, что если к концу этого года объем рынка оборудования для беспроводных сетей составит 4,1 млрд. долл., то к 2006 году он вырастет до 9,3 миллиардов! Стремительно падает и цена чипсетов – если в начале года она составляла 12 долл., то, по мнению аналитиков известнейшей корпорации IDC, к концу года чипсет будет стоить около 7 долл. Несмотря на это,

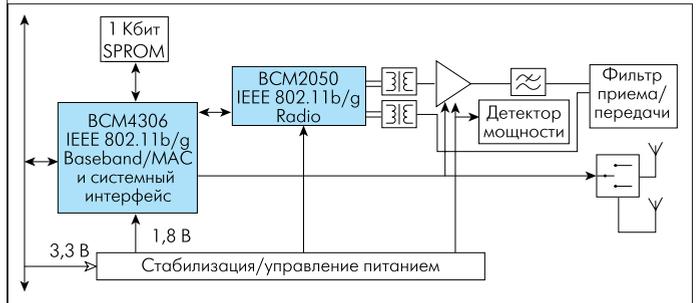


Рис.4. Построение абонентского устройства 802.11g на базе чипсета BCM94306

объем продаж ИС для беспроводных сетей возрастет – если в 2002 году он составлял 471 млн. долл., к 2006 году он может превысить миллиардную отметку. Лидером в данной области выступает компания Intersil, продавшая в минувшем году компонентов для WLAN на 106 млн. долл. (аналитики IDC ожидают, что в 2003 году эта компания продаст таких ИС на 240 млн. долл. – правда, за счет расширения "модельного ряда" ее чипсетов). Понятно, что при столь бурной динамике рынка дожидаться окончательной ратификации стандарта – удел не пьющих не только шампанское, но и чай. Поэтому такие корпорации, как Intersil, Atheros Communications, Broadcom с осени прошлого года приступили к производству чипсетов для устройств 802.11g. Корпорация Intersil только во втором квартале ны-

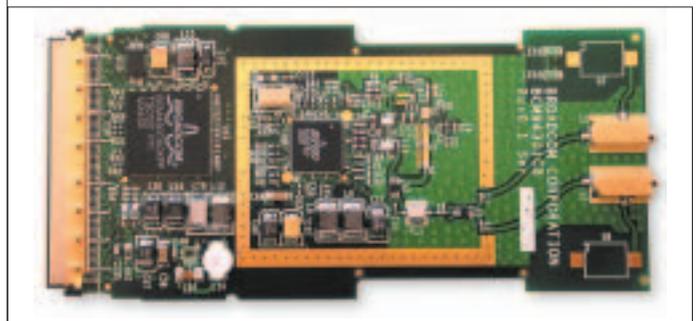


Рис.5. Сетевая абонентская карта BCM94306CB стандарта 802.11b/g в формате CardBus компании Broadcom

Возможные скорости и тип модуляции в спецификации IEEE 802.11g

Скорость, Мбит/с	Тип модуляции	
	Обязательно	Допустимо
1	Последовательность Баркера	–
2	Последовательность Баркера	–
5,5	ССК	PBCC
6	OFDM	ССК-OFDM
9	–	OFDM, ССК-OFDM
11	ССК	PBCC
12	OFDM	ССК-OFDM
18	–	OFDM, ССК-OFDM
22	–	PBCC
24	OFDM	ССК-OFDM
33	–	PBCC
36	–	OFDM, ССК-OFDM
48	–	OFDM, ССК-OFDM
54	–	OFDM, ССК-OFDM

нешнего года намеревалась продать свыше миллиона чипсетов для 802.11g. Однако наиболее динамичной корпорацией в этой области выступает Broadcom – первый свой чипсет для 802.11b она представила в июле прошлого года, а в ноябре уже объявила о серийном производстве чипсетов 802.11g. К марту 2003 Broadcom продала 1,3 млн. чипсетов.

Первым набором микросхем для устройств IEEE 802.11g компании Broadcom стал чипсет для абонентских устройств BCM94306. Он входит в состав большого семейства продуктов компании для беспроводных сетей AirForce. Чипсет включает две ИС – base-band/MAC процессор BCM4306 и однокристалльный радиомодуль BCM2050 (рис.4). Процессор поддерживает интерфейс к шинам PCI/PCMCIA, а также асинхронный последовательный интерфейс для коммутации с микросхемами, обеспечивающие связь посредством протоколов Bluetooth и GPRS (у компании Broadcom есть для этого однокристалльные решения). Отметим, что в семейство AirForce входит широкий спектр продуктов – как абонентские устройства (рис.5) различного исполнения (CardBus, Mini PCI, USB и др.), так и точки доступа/маршрутизаторы с поддержкой высокоскоростных проводных интерфейсов [4].

Практически одновременно с компанией Broadcom к производству микросхем для устройств 802.11g приступили корпорации Intersil и Atheros Communications. Intersil выпустила чипсеты PRISM Duette (802.11a/b/g) и PRISM GT (802.11b/g). Компания Atheros представила на рынок чипсет AR5001X Combo с поддержкой

802.11a/b/g – в марте 2002 года это было первое промышленное решение "три в одном" (рис.6), PRISM Duette компания Intersil анонсировала в октябре.

ВО ИЗБЕЖАНИЕ КОЛЛИЗИЙ

Очевидно, что устройствам стандарта IEEE 802.11g достаточно долго придется работать в одних сетях с оборудованием 802.11b. Также очевидно, что производители в массе своей не будут поддерживать режимы ССК-OFDM и PBSS – в силу их необязательности, ведь почти все решает цена устройства. Поэтому одна из основных проблем нового стандарта – как обеспечить бесконфликтную работу смешанных сетей 802.11b/g.

Основной принцип работы в сетях 802.11 – "слушать прежде чем вещать". Но устройства 802.11b не способны услышать устройства 802.11g в OFDM-режиме. Ситуация аналогична проблеме "скрытой точки" – два устройства удалены настолько, что не слышат друг друга и пытаются обратиться к третьему, которое находится в зоне слышимости обоих [1]. Для предотвращения конфликтов в подобной ситуации в 802.11 введен защитный механизм, предусматривающий перед началом информационного обмена передачу короткого пакета "запрос на передачу" (RTS) и получения пакета подтверждения "можно передавать" (CTS). Механизм RTS/CTS применим и к смешанным сетям 802.11b/g – естественно, эти пакеты должны транслироваться в режиме ССК, который обязаны понимать все устройства. Однако защитный механизм существенно снижает пропускную способность сети. Так, при физической скорости 54 Мбит/с потолок пропускной способности гомогенной сети 802.11g (с учетом всей служебной и управляющей информации) – около 32 Мбит/с, а реальные показатели оборудования – на уровне 24 Мбит/с. Если же сеть смешанная, то защитный механизм

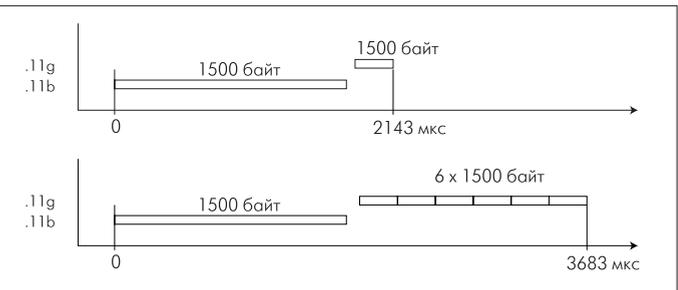


Рис.7. Групповая передача OFDM-пакетов по технологии PRISM Nitro в смешанной сети

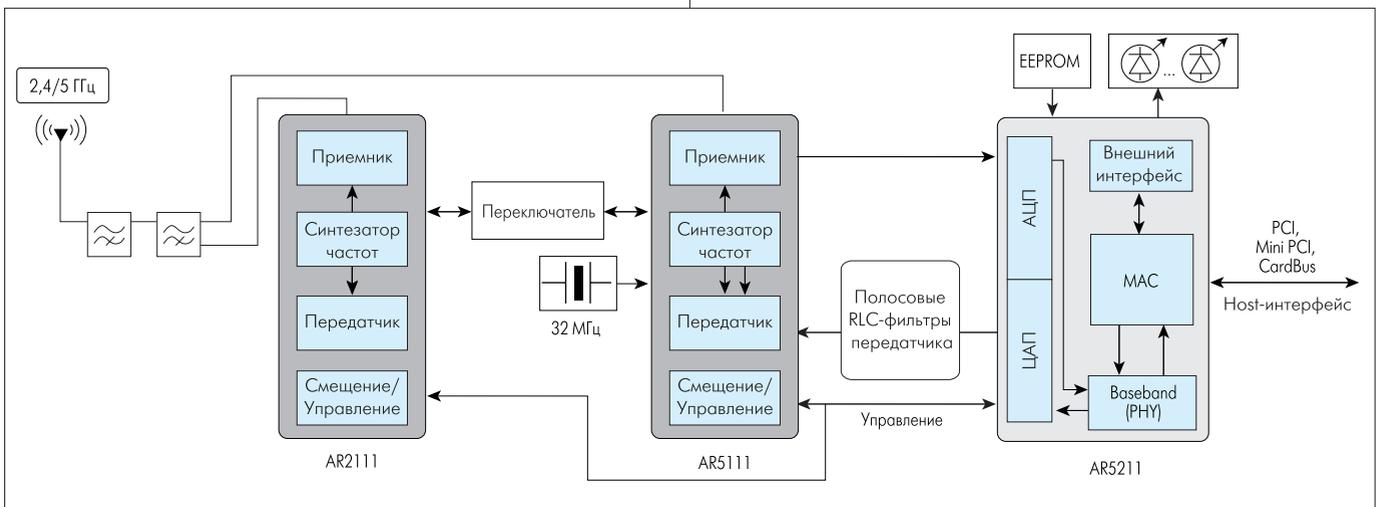


Рис.6. Чипсет AR5001X Combo с поддержкой 802.11a/b/g компании Atheros

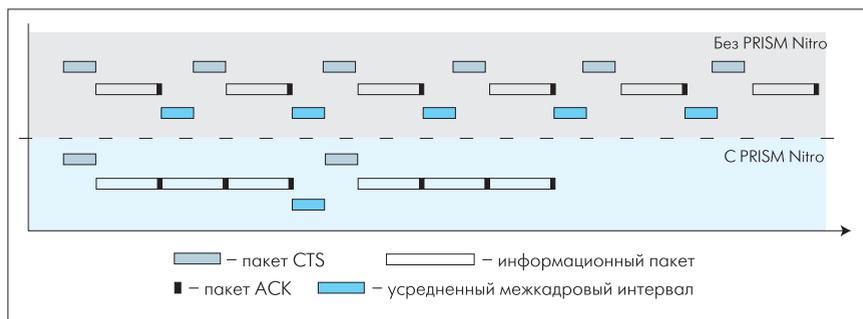


Рис.8. Групповая передача OFDM-пакетов по технологии PRISM Nitro в однородной сети

RTS/CTS понизит пропускную способность до 12 Мбит/с. Это практически вдвое превышает пропускную способность однородной сети 802.11b (~6 Мбит/с), но ведь всегда хочется большего. Поэтому вместо механизма RTS/CTS можно использовать только пакеты CTS, предшествующие каждому OFDM-кадру. В результате пропускная способность несколько повысится – до 14,5 Мбит/с. Однако этот механизм неприемлем, если не все устройства сети находятся в зоне слышимости друг друга (пресловутая проблема "скрытой точки").

Видимо, поэтому производители ИС для сетей 802.11 разрабатывают специальные механизмы, способные в рамках действующих стандартов повысить скорость передачи. Так, компания Atheros для стандартов 802.11a и g предложила так называемый режим Turbo Mode, позволяющий удвоить номинальную скорость – до 108 Мбит/с – за счет передачи информации одновременно по двум каналам. Для поддержки Turbo Mode компания выпустила специальный чипсет AR5001X+, отличающийся от AR5001X модифицированным процессором AR5212.

Корпорация Intersil пошла своим путем. В апреле она представила свою технологию PRISM Nitro, включающую два основных элемента – защитный механизм и групповую передачу OFDM-пакетов [5]. Защитный механизм не содержит ничего принципиально нового и подразумевает передачу перед каждым OFDM-пакетом пакета CTS. Intersil ратует за введение этого средства защиты в спецификацию 802.11g в качестве обязательного элемента. Групповая же передача OFDM-пакетов способна, по мнению специалистов компании, существенно повысить пропускную способность как смешанной 802.11b/g сети, так и однородной.

В случае смешанной сети предлагается каждому устройству предоставлять в трафике примерно равный временной интервал. Действительно, для передачи ССК-пакета со скоростью 11 Мбит/с требуется примерно столько же времени, сколько для передачи шести OFDM-пакетов со скоростью 54 Мбит/с (с учетом всех накладных расходов). Если устройства 802.11b и g поочередно передают одинаковый объем информации, на передачу, например, пакетов с информационным полем 1500 байт двум устройствам потребуется 2143 мкс (рис.7). Если же каждому устройству для трансляции выделить равные временные интервалы, устройство 802.11g передаст шесть пакетов (9000 байт) – всего 10500 байт за 3683 мкс. В первом случае пропускная способность сети составит 11,2 Мбит/с, во втором – 22,8 Мбит/с. Выигрыш более чем в два раза. В случае однородной 802.11g-сети групповая передача пакетов также дает выигрыш за счет того, что внутри группы между пакетами не требуется выставлять пакет CTS и выжидать межкадровый интервал. Необходим только короткий пакет подтверждения приема ACK (рис.8).

Технология PRISM Nitro реализуется на уровне системного программного обеспечения. Она специально разрабатывалась для при-

менения совместно с чипсетом PRISM Duette и GT. Ее создатели утверждают, что она полностью соответствует требованиям спецификации IEEE 802.11g. Данная технология уже используется в новом маршрутизаторе CONNECT2AIR и сетевых картах компании Fujitsu Siemens Computers. Отметим, что эта компания первой применила новейший процессор фирмы Intersil для точек доступа/маршрутизаторов беспроводных сетей ISL3893. Этот процессор, построенный на базе микропроцессорного ядра ARM9, реализует функции как сетевого процессора беспроводной сети, так и сети Ethernet. Он предназначен для работы совместно с чипсетом PRISM GT и PRISM Duette.

ЧТО ДАЛЬШЕ?

Мир стремится к единообразию. Не будет большой смелостью предположить, что по мере снижения стоимости высокочастотных компонентов доминирующее положение на рынке займут двухдиапазонные, 2,4- и 5-ГГц устройства стандарта IEEE 802.11a/b/g. Аналитики компании IC Insights предрекают, что доля таких устройств в общем объеме произведенных в 2006 году (97 млн.) составит 68% (рис.9) [6]. Прогнозисты же фирмы Forward Concepts и вовсе полагают, что в 2006 году устройства, поддерживающие только 802.11a, исчезнут с рынка [3].

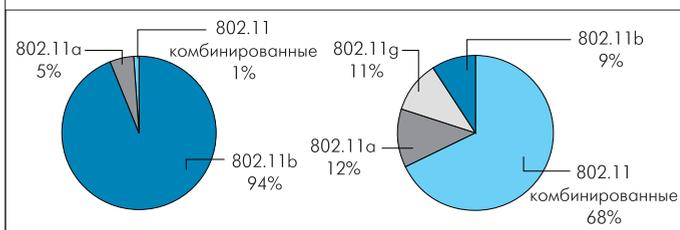


Рис.9. Состояние и прогноз рынка устройств группы стандартов 802.11. По материалам компании IC Insights

Еще одно важное направление развития – это совершенствование защиты информации и качества сервиса (QoS) в сетях, о чем болит голова у исследовательских групп IEEE 802.11i и 802.11q, соответственно. Если удастся решить эти вопросы, сети 802.11 могут оказаться той универсальной платформой, на которой будут развиваться беспроводные услуги, включая мобильную связь. Европейцы создавали стандарт HiperLAN/2 с его многоуровневой архитектурой именно в качестве основы интегрированных беспроводных сетей связи. Стандарт IEEE 802.11 сегодня явно претендует на монопольное положение в этой области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахнович, И. Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, №1, с. 38–48.
2. William Carney. IEEE 802.11g. New Draft Standard Clarifies Future of Wireless LAN. – Texas Instruments, 2002.
3. Russ Arensman. Intel, 11g fuel WLAN boom. – Electronic Business, 5/1/2003.
4. AirForce-BR100-R-11.14.02 – Broadcom, 2002.
5. Joe Warren, Nick Sargologos. PRISM NITRO Introduction. – Intersil, 2003.
6. Tracy Mayor. Wi-Fi hot spots heat up. – Electronic Business, 5/1/2000.