

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

СТАНДАРТОВ IEEE 802.15.3 И 802.15.4

Беспроводные технологии передачи информации – одно из наиболее быстро прогрессирующих направлений телекоммуникационного рынка. Они проникают повсюду, вытесняя проводные сети – и региональные, и локальные. Добрались эти технологии и до персональных сетей, с минимальным радиусом действия. Первой ласточкой была известная технология Bluetooth, но ее оказалось мало...

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Беспроводные персональные сети передачи информации – это технологии, призванные без проводов обеспечивать взаимодействие информационных устройств в радиусе от десятков сантиметров до 10 м. Простейший и знакомый каждому пример таких устройств – пульт дистанционного управления бытовой техникой, действующей в ИК-диапазоне. Несмотря на примитивность выполняемых функций, поддерживаемые этими устройствами протоколы обмена (их несколько, наиболее распространенный – RC-5) вполне отвечают простейшим требованиям сетевых протоколов. Можно вспомнить и ИК-порты в компьютерах и их периферии (протоколы IRDA). Однако связь в ИК-диапазоне обладает рядом непреодолимых недостатков, важнейший из которых – необходимость прямой видимости между приемником и передатчиком.

Более совершенные технологии, активно развивающиеся с 90-х годов прошлого века, – это беспроводные радиосети. В области персональных беспроводных сетей до недавнего времени было два основных конкурента – спецификации Bluetooth и HomeRF 2.0 [1]. Сегодня с изрядной уверенностью можно сказать, что массовое распространение получил именно Bluetooth. Очень важно, что стандарт Bluetooth признан всем мировым сообществом. В 2000 году между альянсом разработчиков Bluetooth и ведущей в области беспроводных сетей стандартизирующей организацией – Институтом инженеров электроники и электротехники (IEEE) – было достигнуто соглашение, в соответствии с которым спецификация Bluetooth вошла в стандарт IEEE 802.15.1 (опубликован 14 июня 2002 года) "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)" (Спецификации контроля доступа к беспроводному каналу и физического уровня беспроводных персональных сетей).

Несмотря на всю свою привлекательность и универсальность, технология Bluetooth как действительно сетевой стандарт используется сегодня редко. Наиболее распространенное его применение – замена соединительного провода между двумя устройствами (например, между гарнитурой и сотовым телефоном). Кроме того, что это все же еще очень новая технология, возможная причина кроется и в том, что Bluetooth слишком универсален. Поэтому в одних приложениях ему недостает скорости обмена (например, передача видеосигнала), в других требуются более простые и дешевые устройства.



И.Шахнович

Чтобы разрешить эти противоречия и окончательно стандартизовать принципы организации персональных сетей передачи данных (СПД), рабочая группа IEEE 802.15, не удовлетвовавшись стандартом IEEE 802.15.1, создала еще две исследовательские группы (Tg3 и Tg4). В результате в конце сентября 2003 года были опубликованы два новых стандарта: IEEE 802.15.3 "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)" и IEEE 802.15.4 "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)" – стандарты для высокоскоростной и низкоскоростной персональных беспроводных СПД, соответственно.

КОГДА СКОРОСТЬ ПРЕВЫШЕ ВСЕГО (IEEE 802.15.3)

Стандарт IEEE 802.15.3 описывает работу малой БСПД – пикосети (piconet). Пикосеть в стандарте IEEE 802.15.3 – это так называемая ad hoc – система, в которой несколько независимых устройств могут непосредственно взаимодействовать друг с другом. Размеры пикосети, как правило, не превышают 10 м. Основные требования к ней – высокая скорость передачи данных, простая инфраструктура, легкость установления соединения и вхождения в сеть, средства защиты данных и предоставление для определенных типов данных гарантированных параметров передачи (гарантия качества обслуживания, QoS).

Пикосеть (рис.1) может объединять несколько устройств, одно из которых выполняет функции управления (piconet coordinator – PNC). Стандарт также предусматривает возможность формирования так называемых дочерних пикосетей и описывает взаимодействие между независимыми соседними пикосетями.

В пикосети возможен обмен как асинхронными, так и изохронными (потокowymi) данными. К последним относятся, например, звук и видео. Весь информационный обмен в пикосети основан на

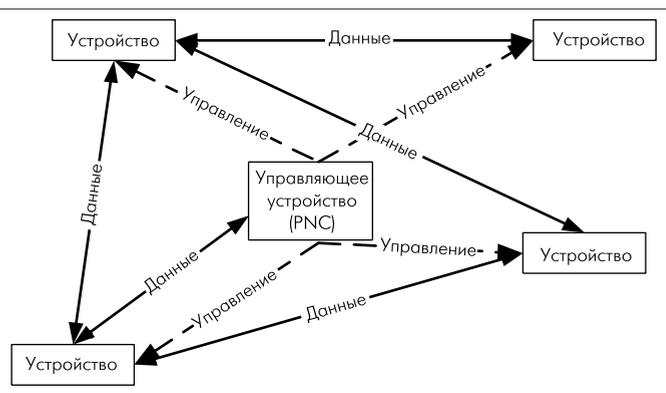


Рис.1. Структура пикосети IEEE 802.15.3



Рис.2. Структура кадров физического уровня сети IEEE 802.15.3

последовательности суперкадров. Каждый кадр (рис.2) включает управляющий сегмент (beacon), интервал конкурентного доступа (contention access period – CAP) и набор временных интервалов (каналов), назначенных определенным устройствам. PCN определяет границы всех интервалов и распределяет каналы между устройствами. Во время CAP доступ к каналу происходит на основе механизма контроля несущей с предотвращением коллизий – CSMA/CA (как и в стандарте IEEE 802.11 [2]). То есть кто первый успел занять канал, тот и работает. В этот период передаются команды или асинхронные данные.

Канальные интервалы (СТА) PCN назначает каждому устройству или группе устройств по запросу с их стороны. В управляющем сегменте для каждого из них задается момент начала и длительность. Назначение СТА для какого-либо устройства означает, что никакое другое устройство в этот момент не может работать на передачу. СТА могут динамически распределяться в суперкадре (для асинхронных и изохронных данных) или быть фиксированными (только для изохронных данных).

Спецификация физического канала в документе IEEE 802.15.3 приведена только для диапазона 2400–2483,5 МГц. Она предусматривает пять допустимых скоростей передачи (табл.1). Скорость 22 Мбит/с является базовой, ее обязаны поддерживать все устройства IEEE 802.15.3. При работе на этой скорости данные не кодируются. В остальных случаях данные перед формированием модуляционных символов кодируются посредством сверточного кодера с 3-разрядным сдвиговым регистром (так называемая модуляция посредством решетчатого кода с 8 состояниями). При этом в кодере к исходному набору из 1 / 3 / 4 / 5 бит (при QPSK / 16-QAM / 32-QAM / 64-QAM) добавляется кодовый бит с выхода трехразрядного сдвигового регистра.

Стандарт IEEE 802.15.3 требует, чтобы устройства могли работать в любом из пяти возможных частотных каналов (табл.2). При этом предусматривается два канальных плана – режим высокой плотности (четыре канала в допустимом диапазоне), и режим совместимости с сетью стандарта IEEE 802.11b (три разрешенных канала). Это означает, что каждое устройство перед началом работы сканирует диапазон, находит свободные каналы, определяет наличие работающей сети 802.11b.

Таблица 2. Распределение каналов в сетях IEEE 802.15.3

Номер канала	Центральная частота, МГц	Режим высокой плотности	Режим совместимости с IEEE 802.11b
1	2,412	●	●
2	2,428	●	–
3	2,437	–	●
4	2,445	●	–
5	2,462	●	●

ЕЩЕ БЫСТРЕЕ (IEEE 802.15.3a)

Спецификацию IEEE 802.15.3 не успели утвердить (а произошло это 12 июня 2003 года), как весь телекоммуникационный мир стал ждать появления нового стандарта – IEEE 802.15.3a. Речь идет о разработке принципов построения пикосети со скоростью обмена 110–480 Мбит/с и выше – до 1320 Мбит/с. Достичь таких высоких скоростей можно, только увеличивая спектральную ширину канала, переходя в область так называемой сверхширокополосной связи (СШП, UWB). В США это стало возможным после 14 февраля 2002 года, когда федеральная комиссия связи (FCC) США разрешила применение сверхширокополосных устройств внутри помещений в диапазоне 3100–10600 МГц при максимальной плотности мощности излучения $7,41 \cdot 10^{-14}$ Вт/Гц (-41,3 дБм/МГц).

Для выработки единого подхода к увеличению скоростей обмена в сетях IEEE 802.15.3 в 2002 году образовалась исследовательская группа Tg3a. В нее вошли представители практически всех крупнейших полупроводниковых и телекоммуникационных фирм. Вскоре появились два конкурирующих предложения по технологии СШП-передачи – на основе ортогональных кодов (так называемый мультиполосный множественный доступ посредством ортогональных несущих, MB-OFDM) и путем расширения спектра сигнала методом прямой последовательности (DS-UWB). Первое предложение поддерживало большинство фирм во главе с гигантами Texas Instruments и Intel (в марте 2003 года было создано даже специальное объединение MBOA – Multiband OFDM Alliance), лагерь сторонников второго возглавили компании Motorola и XtremeSpectrum. По принятым в комитете IEEE 802.15.3a правилам, для того чтобы утвердить стандарт, за предложенный вариант должны проголосовать не менее 75% членов рабочей группы. Однако несмотря на численный перевес сторонников MB-OFDM, а в MBOA входит 170 компаний, среди которых – 9 из 10 крупнейших полупроводниковых компаний (кроме TSMC), на прошедших голосованиях им не удалось набрать заветные 75% голосов от общего числа компаний, работающих над стандартом IEEE 802.15.3a. Причин тут несколько, возможно, одна из основных кроется в технологии MB-OFDM.

Суть ее в том, что весь разрешенный диапазон делится на полосы шириной 528 МГц. В стандартном режиме предусмотрено три полосы, в расширенном – семь (рис.3). Каждая полоса, в свою оче-

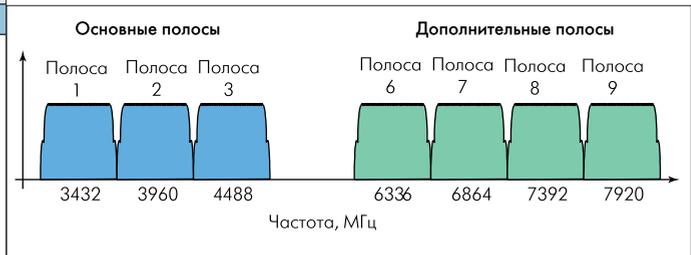


Рис.3. Предлагаемое распределение каналов в стандарте IEEE 802.3a в США

редь, разбивается на 128 поднесущих частот с шагом 4,125 МГц. Из них используется 122: 100 для модуляции данных, 12 поднесущих – пилотные и еще 10 – защитные. Каждая поднесущая модулируется посредством QPSK. Один OFDM-символ содержит 100 или 200 закодированных бит (100 в случае, когда одинаково модулируются две поднесущие, симметричные относительно центральной). Период следования символов – 312,5 нс. До сих пор все соответствует обычной OFDM. Мультиполосность означает, что последующий символ может передаваться в иной частотной полосе, по жестко определенной схеме для каждого логического канала (предполагается четыре таких канала).

Таблица 3. Частотно-временные коды

Номер логического канала	Режим трех полос	Режим семи полос
1	1 → 2 → 3 → 1 → 2 → 3	1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7
2	1 → 3 → 2 → 1 → 3 → 2	1 → 7 → 6 → 5 → 4 → 3 → 2
3	1 → 1 → 2 → 2 → 3 → 3	1 → 4 → 7 → 3 → 6 → 2 → 5

Последовательность перехода с одной полосы на другую называют частотно-временным кодом. Пока предусмотрено четыре таких кода (табл.3). Кроме перехода с частоты на частоту предусмотрен режим, когда один символ может передаваться несколько раз (два или четыре). Например, код 1 → 2 → 3 → 1 → 2 → 3 означает, что первый OFDM-символ передается в полосах 1 и 2, второй OFDM-символ – в полосах 3 и 1, третий – в полосах 2 и 3.

Структура кадров физического уровня отличается от описанной в стандарте IEEE 802.15.3 – в них не предусмотрены каналные интервалы для каждого из устройств, т.е. одномоментно информацией могут обмениваться лишь два устройства. Кадр состоит из преамбулы (набора синхронизирующих последовательностей), заголовка (управляющая информация) и поля данных. Преамбула и заголовки всегда транслируются с наименьшей из возможных скоростей – 55 Мбит/с. Наличие четырех логических каналов подразумевает, что в непосредственной близости могут работать по крайней мере четыре пикосети. Для этого каждому логическому каналу соответствует уникальный вид синхропоследовательности в преамбуле.

Таким образом, предлагается комбинация OFDM и известного механизма частотных скачков (FH). В результате, в зависимости от скорости кодирования и числа повторов символов и формируется спектр скоростей от 55 до 480 Мбит/с. Изменяя вид модуляции, можно достичь и больших скоростей – так, применение 16-QAM при той же схеме кодирования даст уже 480 x 2 = 960 Кбит/с. Другой путь – использование для передачи одновременно трех диапазонов. Тогда при модуляции QPSK и скорости сверточного кодирования 3/4 достигается скорость обмена 480 x 3 = 1440 Мбит/с.

Проблема в том, что метод частотных скачков – не самый эффективный с точки зрения использования спектрального диапазона. Оппоненты MB-OFDM указывают, что сторонники данной технологии в своих измерениях средней мощности излучения передатчика усредняют ее по временному интервалу порядка 1 мс. Это время соответствует длительности трех символов. Реально же, при использовании механизма повторов (и при измерениях), символ в одном субканале за это время передается только один раз. В результате плотность мощности излучения при работе передатчика может превосходить допустимые -41,3 дБм/МГц. А это уже серьезная проблема, поскольку речь идет о сигнале с полосой свыше 500 МГц.

Сторонники технологии DS-UWB предлагают для расширения спектра классический метод прямой последовательности. При этом каждый бит заменяется специальной кодовой последовательностью длиной до 24 бит. Предусмотрено два вида модуляции – двоичная фазовая BPSK (один бит на символ) и так называемая 4BOK-модуляция (модуляция на основе четырех ортогональных двоичных кодов). Известный вариант BOK – метод CCK, основной вид модуляции в стандарте IEEE 802.11b [2]. 4BOK – фактически вариант квадратурной модуляции, один 4BOK-символ содержит 2 бита.

Весь диапазон вещания разбит на две зоны – 3,1–4,85 ГГц (нижний диапазон) и 6,9–9,7 ГГц (верхний диапазон). В каждом диапазоне предусмотрено по шесть каналов пикосети (с шагом 39 МГц в нижнем диапазоне, начиная с 3900 МГц, и с шагом 78 МГц – в верхнем, начиная с 7800 ГГц). Обязательными для поддержки

каждым устройством считаются только четыре полосы нижнего диапазона с центральными частотами 3939, 3978, 4017 и 4056 МГц, остальные полосы – дополнительные. Частота следования модуляционных символов в каждом канале равна 1/3 его центральной частоты. В зависимости от скорости предварительного кодирования, вида модуляции и длины кодовой последовательности скорость передачи данных может составлять 28, 55, 110, 220, 500, 660, 1000 и 1320 Мбит/с.

Отметим, что споры сторонников двух разных подходов к реализации СШП-пикосетей длятся больше года, производители СБИС готовы начать выпуск необходимых компонентов (а некоторые нетерпеливые начали), и ситуация должна вскоре разрешиться – возможно, уже в середине сентября 2004 года в Берлине на очной встрече рабочих групп подкомитета IEEE 802.15 (т.е. когда вы уже будете читать эту статью). Тем более, что уже появились предложения, как объединить две эти технологии и без особых затрат производить двухмодовые устройства, поддерживающие и MB-OFDM, и DS-UWB.

ТИШЕ ЕДЕШЬ... (IEEE 802.15.4)

Однако мир испытывает потребность не только в сетях с высочайшими скоростями передачи данных. Для очень широкого спектра задач необходимо объединять устройства с достаточно низкой скоростью обмена – лишь бы сетевые устройства были максимально простыми, дешевыми, со сверхнизким потреблением энергии и с несложным механизмом подключения к сети. Скажем, для интерактивных игр не нужна скорость обмена с компьютеров свыше 250 Кбит/с, а разнообразные задачи автоматизации и системы сбора информации и вовсе не требуют скоростей передачи свыше 20 Кбит/с.

Для решения данного круга задач и был разработан стандарт низкоскоростных БСПД IEEE 802.15.4. Его разработчиком выступил альянс компаний (Invensys, Honeywell, Mitsubishi Electric, Motorola, Philips и др.), назвавший себя ZigBee – (от Zig-zag – зигзаг и Bee – пчела). Подразумевалось, что топология сети будет напоминать зигзагообразную траекторию полета пчелы от цветка к цветку. Под таким замысловатым названием технология ZigBee и получает все большее распространение.

Стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) предусматривает работу в трех диапазонах: один канал 868,0–868,6 МГц (для Европы); 10 каналов в диапазоне 902–928 МГц (шаг центральных частот – 2 МГц, самая нижняя из них – 906 МГц); 16 каналов в диапазоне 2450 МГц (шаг центральных частот – 5 МГц, самая нижняя из них – 2405 МГц). Соответственно, скорость в каналах – 20 Кбит/с (в диапазоне 868 МГц), 40 Кбит/с (915 МГц) и 250 Кбит/с (2450 МГц) (табл.4).

В радиоканале использован метод широкополосной передачи с расширением спектра прямой последовательностью (DSSS). Модуляция и расширяющие последовательности для диапазонов 868/915 и 2450 МГц различны.

В диапазоне 2450 МГц поток немодулированных данных разбивается на группы по четыре бита. Каждая группа заменяется одной из 16 квазиортогональных последовательностей длиной 32 бита (чипа). Последовательности приведены в стандарте. Модуляция данных – квадратурная фазовая (QPSK). Четные чипы квазиортогональной последовательности (начиная с нулевого) модулируют синфазный (I) канал, нечетные – квадратурный (Q) канал. В результа-

Таблица 4. Частотные диапазоны и скорости передачи в сетях IEEE 802.15.4

Частотный диапазон, МГц	Чиповая скорость, Кчип/с	Модуляция	Битовая скорость, Кбит/с	Скорость символов, К символов/с
868–868,6	300	BPSK	20	20
902–928	600	BPSK	40	40
2400–2483,5	2000	O-QPSK	250	62,5

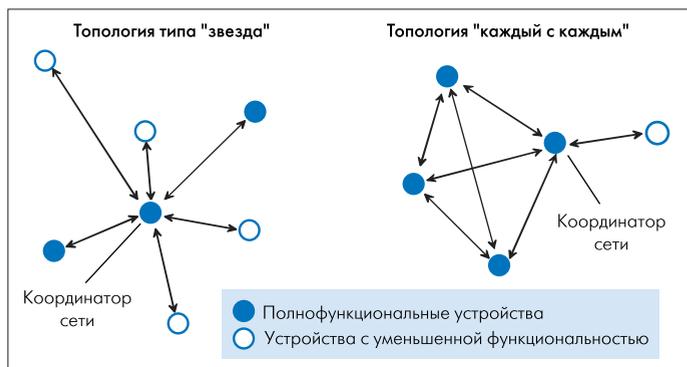


Рис.4. Топология сети IEEE 802.15.4 типа "звезда" и "каждый с каждым"

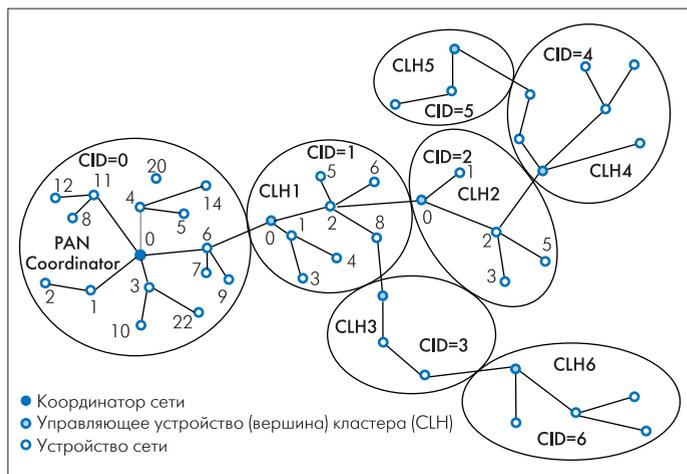


Рис.5. Объединение нескольких кластеров в сети IEEE 802.15.4

те последовательность в квадратурном канале смещена относительно синфазного на период одного чипа, поэтому модуляция называется Offset-QPSK (QPSK со сдвигом). Длительность импульса после квадратурного модулятора вдвое больше, чем длительность

Заголовок синхронизации		Заголовок физического уровня		Поле данных
Преамбула	Маркер начала фрейма	Длина фрейма	Зарезервировано	
4 байта	1 байт	7 бит	1 бит	Произвольно

Рис.6. Структура пакетов физического уровня стандарта IEEE 802.15.4

одного чипа (форма импульса – половина периода синусоиды с частотой, вдвое меньшей частоты чипов).

В диапазоне 868/915 МГц поток данных подвергается дифференциальному кодированию по схеме $E_i = E_{i-1} \oplus R_i$, $E_0 = 0$. Здесь R_i и E_i – биты до и после кодирования, соответственно. Далее происходит замена каждого бита расширяющей последовательностью длиной 15 бит ("1" заменяется на 0537₁₆, "0" – на инверсную последовательность 7AC8₁₆). Затем преобразованный поток данных передается в радиоканал посредством двухпозиционной фазовой модуляции (BPSK). Форма импульса при этом соответствует так называемому приподнятому косинусу, в данном случае – функции вида $[\sin(x)] / [x(1-x^2)]$, где $x = 2\pi f_{\text{чипов}} t$, $t = 0..1 / f_{\text{чипов}}$.

Сеть стандарта IEEE 802.15.4 содержит два типа устройств – т.н. полнофунк-

циональные (FFD) и устройства с уменьшенной функциональностью (RFD). Их основное различие в том, что FFD могут устанавливать соединения с любыми устройствами, RFD – только с FFD. В каждой пикосети (PAN) должно быть устройство – координатор PAN. Его функции может выполнять только FFD.

Сеть, состоящая из одного FFD и нескольких RFD, образует топологию типа "звезда". Если в сети несколько FFD, топология может быть более сложной – типа "каждый с каждым" (рис.4) или представлять собой объединение нескольких звездообразных кластеров (рис.5). Но в любом случае одно из FFD выполняет функцию координатора сети. Каждому устройству сети присваивается 64-разрядный адрес. Отметим, что стандарт предусматривает взаимодействие устройств не только в рамках одной PAN, но и между различными соседними PAN (для чего и нужна развитая система адресации). Для упрощения обмена внутри сети координатор PAN может присвоить устройствам более короткие 16-разрядные адреса. В этом случае для межсетевое взаимодействия используются 16-разрядные идентификаторы сетей, также назначаемые координатором.

Информационный обмен в пикосети происходит посредством последовательности суперфреймов. В общем случае суперфрейм включает управляющий интервал (beacon), за ним следует интервал конкурентного доступа (CAP), в соответствии с механизмом CSMA/CA, и период назначенного доступа. Последний содержит набор временных интервалов, назначенных определенным устройствам, чувствительным к задержкам, для передачи данных (гарантированные тайм-слоты, GTS) – например, для связи беспроводного манипулятора "мышь" с компьютером. Управляющий интервал передает только координатор PAN. Отметим, что в суперфрейме может не быть ни управляющего интервала, ни GTS. В общем, структура суперфреймов аналогична принятой в стандарте IEEE 802.15.3 (рис.2).

Каждое устройство передает информацию посредством фреймов (пакетов). Они могут быть четырех типов – управляющие (beacon frame), фреймы данных, фреймы подтверждения приема данных и фреймы команд MAC-уровня. Фреймы физического уровня (рис.6) содержат заголовок с синхронизацией и информацией о размере фрейма (до 127 байт) и собственно поле данных – пакет MAC-уровня. Последний содержит заголовок со всей необходимой информацией о фрейме (тип, наличие криптозащиты, необходимость подтверждения приема и т.п.), адреса и идентификаторы устройства – отправителя и получателя, собственно поле данных и проверочную контрольную сумму (рис.7). Сама процедура обмена информацией может использовать пакеты подтверждения приема данных (если потеря пакета критична).

ЖЕЛЕЗНАЯ ПОДДЕРЖКА

В заключение нашего очень беглого обзора отметим, что рассмотренные стандарты весьма активно поддерживали производители ИС. Недавно появились первые чипсеты стандарта IEEE 802.15.3. Так, Freescale Semiconductor, дочерняя компания фирмы Motorola, выпустила чипсет XS110 из трех микросхем – трансивера с ВЧ-трактом, baseband-процессора (коммуникационный процессор, выпол-

Заголовок MAC-уровня							Поле данных	Проверочная последовательность
Контроль кадра	Номер последовательности	Идентификатор сети назначения	Идентификатор устройства назначения	Идентификатор сети источника	Адрес источника	Адресные поля		
		2 байта	1 байт	0 / 2 байта	0 / 2 / 8 байт	0 / 2 байта	0 / 2 / 8 байт	Произвольно

Рис.7. Структура кадров MAC-уровня стандарта IEEE 802.15.4

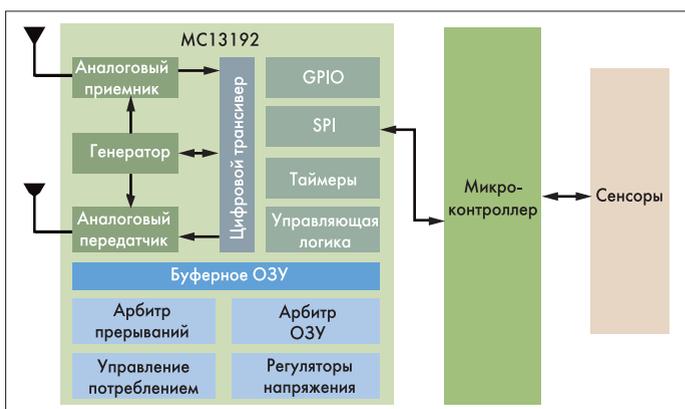


Рис.8. Однокристалльный модем MC 13192 компании Freescale Semiconductor

нящий все преобразования физического уровня, включая ЦАП/АЦП) и MAC-контроллера. Максимальная скорость, обеспечи-

ваемая модемом на основе этого чипсета, – 114 Мбит/с (т.е. речь идет о версии стандарта на основе технологии DS-UWB). Энергия потребления чипсета – 750 мВт, напряжение питания – 3,3 В. Общая мощность излучения в полосе частот 3,1–10,6 ГГц менее 1 мВт. Микросхемы изготовлены на основе 0,18-мкм КМОП- и SiGe-технологии.

Для сетей IEEE 802.15.4 (ZigBee) чипсеты производит уже достаточно широкий круг производителей. Характерен продукт той же компании Freescale Semiconductor – однокристалльный модем MC13192 для диапазона 2,4 ГГц (рис.8). Это – законченное решение беспроводного модема. Устройство содержит интерфейс с микроконтроллером и может применяться во множестве задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мейтин М. Bluetooth: устройства всех стран, соединяйтесь! Без проводов. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2000, № 5.
2. Шахнович И. Беспроводные локальные сети. Анатомия стандартов IEEE 802.11. – ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2003, № 1.

"Новые технологии – новые возможности"

Под этим традиционным девизом **16–8 ноября 2004** года в Барнауле начнет работу девятая специализированная выставка информационных и телекоммуникационных технологий и услуг в сфере бизнеса **ИНФОКОМ'2004**. Организаторы мероприятия – ЗАО "Алтайская ярмарка" и ООО "Современные выставочные технологии".

Выставка ИНФОКОМ'2004 обещает стать местом зарождения многих успешных проектов, поскольку представляет разработки и услуги, которые играют ключевую роль в формировании эффективной предпринимательской среды и одновременно являются сферой привлечения инвестиций. Тематика выставочных стендов затрагивает различные сегменты рынка информационных технологий: компьютеры, средства мультимедиа, телекоммуникации (в том числе специализированная экспозиция "Сото-

вая связь"), Интернет, программное обеспечение, системы и средства безопасности и защиты информации, программы и услуги по организации компаний и управлению.

Обмену информацией и практическим опытом будут способствовать программные мероприятия. По замыслу организаторов, ИНФОКОМ'2004 должна стать идеальной площадкой для профессионального диалога, установления надежных партнерских отношений и заключения взаимовыгодных сделок.

Приглашаем вас принять участие в специализированной выставке ИНФОКОМ'2004!

**ЗАО "Алтайская ярмарка", ООО "Современные выставочные технологии". 656049, Барнаул, ул. Пролетарская, 92.
Тел./факс (3852) 65-88-44, 23-56-95, 23-66-67.
E-mail: infocom@altfair.ru; http://www.altfair.ru**