

УДК621.897.6

А.С. ВАСИЛЕНКО, Ю.В. СЪЕДИН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

СТАНДАРТЫ И ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ «ПОСЛЕДЕЙ МИЛИ» В СОВРЕМЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ УКРАИНЫ

Рассмотрены сравнительные характеристики стандартов и технологий решения проблемы «последней мили» и даны рекомендации по применимости стандартов в конкретных ситуациях. Для удобства приведена таблица с данными перспективных стандартов для практического использования при совершенствовании современной телекоммуникационной системы связи. Обоснованы направления возможностей управления характеристиками радиоканала для улучшения приема в случае высокого замирания сигнала вследствие интерференции радиоволн, вызванной многолучевостью их распространения. Проведенные исследования позволяют удешевить и сократить сроки развертывания универсальной национальной телекоммуникационной сети.

Ключевые слова: стандарты, современные технологии, «последняя миля», системы кодирования, диапазоны частот.

Введение

В процессе разработки универсальной национальной высокоэффективной системы связи в Украине создана научная база решения задачи совершенствования существующей сети путем использования стратосферных аэроплатформ – ретрансляторов в виде 10...12 экономичных беспилотных летательных аппаратов – электролетов, размещенных над территорией нашей страны определенным образом. С целью удешевления проекта и сокращения сроков практического его освоения желательнее максимально использовать существующую инфраструктуру реальной сети связи и при этом решить проблемы «последней мили», т.е. беспроводной (без кабелей связи) доставки информации на конечном отрезке доступа для базовой станции. Поэтому возникла задача проанализировать существующие стандарты и технологии широкополосной беспроводной связи и дать рекомендации по их использованию с максимальной целесообразностью.

Основная часть

Как известно [1, 2], важнейшими характеристиками систем радиосвязи, и передачи данных в том числе, является ширина используемого диапазона частоты и способ модуляции. Во всех протоколах семейств 802.11, 802.15, 802.16, разработанных для организации беспроводного доступа на уровне мегаполисов и призванных решить проблему «последней мили», используются различные варианты

технологии расширения спектра радиосигнала. С помощью этой технологии исходный узкополосный сигнал (полезная информационная нагрузка) при модуляции преобразуется в значительно более широкий, размытый по спектру радиосигнал, состоящий из множества отдельных частот и очень близкий по характеристикам к белому шуму. Одновременно с расширением спектра радиосигнала уменьшается энергетическая плотность каждой частоты, входящей в этот «размытый спектр».

Использование такого шумоподобного широкополосного сигнала дает два существенных преимущества.

Во-первых, благодаря использованию множества частот для передачи, радиоканал защищен от сильных узкополосных помех, которые оказывают влияние только на одну из частот спектра: при наличии таких помех полезная нагрузка зашумленной частоты будет передана на другой частоте из множества используемых. На практике это приведет лишь к незначительному снижению скорости передачи информации.

Во-вторых, благодаря шумоподобному сигналу низкой мощности системы с размытым спектром практически не создают помех обычным узкополосным радиоустройствам с большей мощностью, которые принимают широкополосный сигнал за обычный шум и легко отфильтровывают полезный сигнал.

В широкополосных беспроводных системах используется несколько различных технологий расширения спектра:

– расширение спектра методом прямой после-

довательности (DSSS), при котором последовательность бит полезной информационной нагрузки кодируется с использованием кодов Баркера, что приводит к расширению спектра, а затем все биты последовательно передаются каждый на своей частоте;

- расширение спектра методом частотных скачков (FHSS), использует согласованное между приемником и передатчиком псевдослучайное изменение (скачок) несущей частоты для передачи каждого бита;

- ортогональное частотное разделение каналов с мультиплексированием (OFDM) используется для повышения скорости передачи полезной нагрузки и принципиально отличается от методов DSSS и FHSS тем, что передача осуществляется одновременно в

пределах нескольких частотных диапазонов, в то время как вышеназванные методы предусматривают только последовательную передачу информационных бит.

Охарактеризуем перспективные стандарты. В частности, стандарты семейства 802.11 предназначены в первую очередь для создания беспроводных локальных вычислительных сетей (ЛВС) внутри зданий и на прилегающей территории. Они имеют сходные с протоколом Ethernet процедуры управления канальным уровнем. Различные версии семейства этих стандартов отличаются диапазонами частот, методами кодирования, скоростями и дистанциями передачи в радиоканале; конкретные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнительные характеристики действующих стандартов

	802.11a	802.11b	802.11g	802.15.4aUWB	802.15.4ZigBee	802.16aWiMAX
Диапазон частот, ГГц	5,15...5,355; 725...5,825	2,4...2,483	2,4...2,483	3,1...10,6	2,4	2...11
Метод кодирования сигнала	OFDM	DSSS	OFDM	OFDM	DSSS	OFDM
Максимальная скорость в радиоканале	54 Мбит/с	11 Мбит/с	54 Мбит/с	110 Мбит/с (10м) 200 Мбит/с (4м)	250 кбит/с	75 Мбит/с на сектор БС
Мощность передатчика (типовая)	100 мВт	100 мВт	100 мВт	менее 0,1 мВт	1 мВт	1 Вт
Дистанция, м	100	300	100	10	70	До 500 км (возможна активная ретрансляция и работа на отраженном сигнале)
Область применения	Беспроводные ЛВС внутри зданий и на прилегающей территории			Компьютерные системы, передача аудио и видеоданных	Системы класса «умный дом», медицинские приложения, подключение периферийных устройств к ПК	Городские сети беспроводного доступа, корпоративные сети крупных предприятий

Если в начальный период массового внедрения решений этого стандарта многие аналитики делали оптимистические прогнозы по использованию в качестве «последней мили» вместо кабельной системы радиодоступа по спецификации 802.11, то со временем оказалось, что практически прогнозы не оправдались не только в силу технических ограничений по дальности работы таких устройств, но и по причине невозможности управлять полосой пропускания и параметрами передачи различных типов трафика. На практике это исключало возможность гарантированной пропускной способности для каждого абонента и передачу данных, критичных к временным задержкам, таких, например, как голосовой трафик системы IP – телефонии. Дальнейшее совершенствование стандарта 802.11 не смогло суще-

ственно изменить ситуацию в лучшую сторону, поскольку операторам связи уже нужны были протоколы с развитыми инструментами управления полосой пропускания, возможностью управлять параметрами качества обслуживания различных типов данных и с возможностью масштабирования решений в пределах города. Поэтому приоритетными для операторских решений города и стали новые протоколы семейства WiMAX. Для содействия в разработках и обеспечения полной взаимной совместимости оборудования на основе спецификации 802.16 в 2001 году была образована некоммерческая организация WiMAX Forum [3, 4], которая объединила около 500 компаний, в том числе Intel, Cisco, Systems, Siemens, Nokia, Nortel, Motorola, Microsoft и другие. Форум осуществляет сертификацию выпус-

каемого оборудования на совместимость и взаимодействие, а также способствует ускорению выхода на рынок готовых решений.

Спецификация 802.16a была утверждена в начале 2003 года. Она стандартизовала протоколы фиксированных беспроводных сетей в масштабе города. Оборудование, разработанное в соответствии с этой спецификацией, должно стать беспроводной альтернативой кабельным решениям широкополосного доступа «последней мили», таким как ADSL и каналы T1/E1. По прогнозам аналитиков, новая технология позволит операторам связи представлять широкополосный беспроводной доступ в Интернет без использования кабельных систем телефонных компаний, которые в большинстве случаев владеют кабельной сетью города на монопольной основе. Однако, с другой стороны, видимая легкость развертывания беспроводных систем операторского класса сопровождается необходимостью прохождения многочисленных бюрократических процедур для получения разрешений на частоты, без гарантии положительного результата.

Кроме спецификации 802.16a, решения на базе которой должны стать наиболее массовыми, существует другая спецификация, предусматривающая использование диапазонов частот 10...66 ГГц. Столь высокие частоты создают ряд проблем, связанных с гораздо более высоким коэффициентом поглощения радиоволн этого диапазона и необходимостью обеспечивать прямую видимость между точками радиосети. Так как спецификация 802.16a предусматривает построение городских сетей доступа с использованием частот диапазона 2...11 ГГц, оказалась возможной работа в сложных городских условиях с плотной застройкой, благодаря такой особенности как работа на отраженном сигнале, без прямой видимости между передатчиком и приемником. Кроме того, эти системы обеспечивают низкую задержку для голосовых и видео приложений и способны поддерживать работу сетей, состоящих из сотен беспроводных абонентов.

Для реализации мобильных решений предлагается спецификация 802.16a, известная более под названием Mobile WiMAX, которая появилась в конце 2006 года. Она использует частоты 2,3; 2,5; 3,5 ГГц. Важным дополнением в этом стандарте является поддержка передачи управления при перемещении между сотами, как это происходит в телефонных сетях мобильной связи. Следует также отметить, что компания Nokia планирует наладить серийный выпуск мобильных телефонов с поддержкой Mobile WiMAX.

Характеризуя стандарты WiMAX, подчеркнем их достоинства и, прежде всего то, что они имеют широкие возможности управления характеристика-

ми радиоканала, гибкий выбор его ширины, адаптивные профили пакетной передачи, прямое исправление ошибок совместно со схемой кодирования Рида – Соломона, динамическое выделение частоты с целью минимизации интерференции, пространственно-временное кодирование для улучшения приема в случае высокого замирания сигнала вследствие интерференции радиоволн в точке приема, вызванной многолучевой природой их распространения.

При построении фиксированных сетей WiMAX используется аналогичная традиционным сотовым сетям топология с выделенными точками подключения – базовыми станциями (БС). Для управления доступом предусмотрен множественный доступ с разделением по времени, который реализуется на БС, с тем, чтобы распределять емкость канала среди абонентов в сетевой топологии. При интеллектуальном планировании распределения временных слотов системы WiMAX способны обеспечить не только высокоскоростную доставку данных с соответствующим уровнем сервиса, но и передачу чувствительного к задержкам трафика голосовых и видео-приложений. Среди прочих особенностей протокола канального уровня отметим ориентированность на установку соединения, автоматический запрос на повторную передачу, поддержку адаптивного механизма модуляции, шифрование по алгоритму Triple DES и автоматическое управление мощностью излучения, что позволяет снизить интерференционные эффекты. Можно утверждать, что благодаря таким серьезным инструментам управления трафиком и контроля полосы пропускания, а также хорошей масштабируемости решения стандарта WiMAX станут в ближайшие годы реальной альтернативой проводным подключением в пределах города.

Следует особо остановиться на особенностях стандартов семейства 802.15, позволяющих во многом решить проблемы «последней мили» в современных телекоммуникационных сетях Украины. Известно [5, 6], что стандарты этого семейства предназначены для решений персонального уровня беспроводных сетей ближнего радиуса действия. Так спецификация 802.15.4 предусматривает построение радиосетей, в которых не требуется высоких скоростей передачи и больших дистанций работы, но необходимы компактные размеры и низкое энергопотребление. Среди главных потребителей таких решений приводятся системы управления процессами и инженерным оборудованием офисных и жилых зданий, беспроводные датчики дыма, огня, движения, бытовая автоматика. Эта спецификация определяет радиointерфейс со скоростью передачи 250 кбит/с в диапазоне частот 2,4 ГГц.

Для построения отказоустойчивых, с низким энергопотреблением беспроводных самооргани-

зующихся сетей, так называемых mesh – сетей, в 2002 году был организован альянс Zig Bee. В зависимости от уровня сложности Zig Bee – устройства могут выступать как координаторами, управляющими работой сети, так и ретрансляторами данных с соседних узлов сети или напрямую обмениваются информацией только с центральным узлом связи.

Для построения высокоскоростных систем ближнего радиуса действия разработана и утверждена спецификация сверхширокополосной связи 802.15.4a UWB компанией Intel. Технологии таких радиосистем базируются на использовании широкого диапазона частот 3,1...10,6 ГГц передатчиков малой мощности излучения около 0,05 мВт. Передача данных на расстояние до 4 м может быть осуществлена со скоростью до 480 Мбит/с. При помощи UWB-технологии планируется создавать сети, в которых несколько сверхширокополосных устройств смогут поддерживать связь между любыми узлами. Короткие сигналы таких радиосистем сравнительно устойчивы к многолучевому затуханию, возникающему при отражении волн от стен, потолка, от зданий и транспортных средств. Высокоскоростные UWB устройства хорошо подходят для работы с компьютерными данными и мультимедиа приложениями, которым необходима высокая пропускная способность на малой дистанции, измеряемой метрами.

В отношении топологии беспроводных сетей рассмотрим перспективные направления в развитии их режимов, структур и архитектурных реализаций. Современные беспроводные сети [2, 5, 7] образуют системы определенной структуры, которая задает режим работы беспроводной сети. Простейшим является режим «точка – точка» (peer – to – peer), который точнее иногда называют «все – со – всеми». В этом режиме все беспроводные сетевые устройства напрямую взаимодействуют друг с другом, без какого-либо централизованного управления, составляя одноранговую сеть. Такой режим встречается в персональных сетях.

Для местных (локальных) и городских (зоновых) сетей оптимальным и, как правило, единственным вариантом является структура со специализированным узлом – точкой доступа для местной или базовой станции для городской сети. При этом специализированный узел выполняет роль сетевого концентратора всего трафика, проходящего по беспроводной сети, связывает проводной сегмент сети с беспроводными абонентами и контролирует их работу. Такой режим в локальных беспроводных сетях называется Infrastructure Mode. Серийно выпускаемые точки доступа для локальных сетей отличаются высокими интеллектуальными способностями для контроля за беспроводной сетью и защиты переда-

ваемых данных, имеют компактные размеры, например, Cisco 521 Wireless Express Access Point имеет размеры 19x19x3 см при весе 670 г.

Новым направлением в развитии архитектур беспроводных сетей является сеть с «ячеистой» структурой или mesh – сеть, состоящая из автономных интеллектуальных узлов беспроводной связи, которые являются не только точками доступа в сеть, но и ретрансляторами сигнала соседних узлов. Узлы такой сети взаимодействуют с аналогичными себе соседями для организации прозрачной передачи данных по всей сети от узла-отправителя к узлу-получателю. Каждый узел сети самостоятельно определяет соседа дальнейшей маршрутизации того или иного пакета, поступившего к нему от другого узла сети, исходя при этом из таких величин как уровень помех и сигнала, загруженность ближайших узлов, наличия свободных частот передачи и прочих параметров. Беспроводные ячеистые сети получили наибольшее распространение в промышленных распределенных системах сбора и обработки данных на основе стандартов спецификации Zig Bee [7].

Заключение

Основные перспективные стандарты широкополосной беспроводной связи приведены в табл. 1. Поэтому при практической реализации современной телекоммуникационной сети Украины предоставляется возможным выбрать оптимальным образом необходимый стандарт для решения проблемы «последней мили» в каждом конкретном случае. Максимальное сохранение существующей инфраструктуры позволит удешевить и сократить сроки развертывания универсальной национальной телекоммуникационной сети.

Литература

1. Столлинас Вильямс. *Беспроводные линии связи и сети / Вильямс Столлинас.* – М.: Издательство Вильямс, 2003. – 438 с.
2. Тепляков И.М. *Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учеб. пос. / И.М. Тепляков.* – М.: Радио и связь, 2004. – 375 с.
3. *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протокол: учеб. для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер.* – 2-е изд. – СПб: Питер, 2005. – 864 с.
4. Марков Г.А. *Современные коммуникационные сети. Технологии и интерфейсы / Г.А. Марков // Электронные компоненты.* – 2007. – № 8. – С. 43-47.
5. Гайкович Г.М. *Обзор беспроводных технологий для современных мобильных устройств связи / Г.М. Гайкович // Электронные компоненты.* – 2007. – № 1. – С. 65-70.

6. Серета Е.С. Война стандартів / Е.С. Серета // Компьютеры и средства связи. – 2007. – № 11. – С. 2-5.

7. Материали компанії «Технориум» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www/wirelessman.org.ru> (7.02.2008).

Поступила в редакцію 14.11.2008

Рецензент: д-р техн. наук, професор Г.Я. Красовский, директор НПО «Природа», Харьков.

СТАНДАРТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ „ОСТАННЬОЇ МИЛІ” В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ УКРАЇНИ

А.С. Василенко, Ю.В. С’єдін

У цій статті розглянуті порівняльні характеристики стандартів і технологій вирішення проблеми «останньої милі» і дані рекомендації у застосуванні стандартів у конкретних ситуаціях. Для зручності приведена таблиця з даними перспективних стандартів для практичного використання при вдосконаленні сучасної телекомунікаційної системи зв’язку. Розглянуті порівняльні характеристики стандартів і технологій розв’язання проблеми „останньої милі” і подані рекомендації стосовно застосування стандартів в конкретних ситуаціях. Для зручності наведена таблиця з даними перспективних стандартів для практичного використання при удосконаленні сучасної телекомунікаційної системи зв’язку. Обґрунтовані напрямки розширення можливостей радіоканалу для покращення прийому у випадку високого замирання сигналу в наслідок інтерференції радіохвиль, яка виникає із-за багатопробеності їх поширення. Проведені дослідження дають можливість знизити матеріальні затрати і скоротити строки практичної реалізації універсальної національної телекомунікаційної мережі.

Ключові слова: стандарти, сучасні технології, „остання миля”, мережі кодування, діапазон частот.

STANDARDS AND TECHNOLOGIES OF DECISION PROBLEM OF «LAST MILE» IN MODERN TELECOMMUNICATION NETWORK OF UKRAINE

A.V. Vasilenko, Y.V. Syedin

Comparative characteristics of standarts and technologies of solving problem of the «last mile» have been looked through. Recommendations in applicability of standarts in concrete situations have been given in this article. For a comfort , a table with information of perspective standards for a practical using in perfection modern communication network is also given. Directions of possibilities of management descriptions of radio channel for the for the improvement of reception in the case of the high stopping beating of signal on a reason imposition of radio waves are grounded. The conducted researches allow to reduce in a price and reduce the terms of development of universal national telecommunication network.

Key words: standarts, modern technology, “last mile”, systems of encoding, range of frequencies.

Василенко Анатолій Сергеевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри виробництва радіоелектронних систем летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

С’єдін Юрій Владимирович – студент кафедри виробництва радіоелектронних систем летательных аппаратов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.