

# МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

**Рекомендация МСЭ-R М.1801-2**  
(02/2013)

## **Стандарты радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа подвижной службы, включая мобильные и кочевые применения, действующих на частотах ниже 6 ГГц**

**Серия М**

**Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы**



## Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

## Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

### Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
<b>M</b>	<b>Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы</b>
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

*Примечание.* – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация  
Женева, 2014 г.

© ITU 2014

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.1801-2\*

**Стандарты радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа подвижной службы, включая мобильные и кочевые применения, действующих на частотах ниже 6 ГГц**

(Вопросы МСЭ-R 212-4/5 и МСЭ-R 238-2/5)

(2007-2010-2013)

**1 Введение**

В настоящей Рекомендации представлены конкретные стандарты для систем широкополосного беспроводного доступа<sup>1</sup> подвижной службы. Эти конкретные стандарты содержат общие характеристики, разработанные организациями по разработке стандартов (ОРС). Использование настоящей Рекомендации должно позволить производителям и операторам определять наиболее приемлемые стандарты для своих нужд.

Эти стандарты поддерживают широкий диапазон применений в городских, пригородных и сельских районах, рассчитанных на передачу общих широкополосных данных интернета и данных в реальном времени, включая такие применения, как голосовая конференц-связь и видеоконференц-связь.

**2 Сфера применения**

В настоящей Рекомендации определены конкретные стандарты радиointерфейса для систем ШБД подвижной службы, действующих на частотах ниже 6 ГГц. Включенные в настоящую Рекомендацию стандарты способны обеспечивать пользователям скорость, соответствующую широкополосной передаче данных, с учетом определений МСЭ-R для "беспроводного доступа" и "широкополосного беспроводного доступа", приведенных в Рекомендации МСЭ-R F.1399<sup>2</sup>.

Настоящая Рекомендация не предназначена ни для определения приемлемых полос частот для систем ШБД, ни для решения каких бы то ни было регуляторных вопросов.

**3 Соответствующие Рекомендации МСЭ**

Следующие существующие Рекомендации имеют значение для разработки данной конкретной Рекомендации:

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| Рекомендация МСЭ-R F.1399 | – Словарь терминов по беспроводному доступу.   |
| Рекомендация МСЭ-R F.1763 | – Стандарты радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа в фиксированной службе, действующих в полосах частот ниже 66 ГГц. |
| Рекомендация МСЭ-R M.1678 | – Адаптивные антенны для систем подвижной связи.   |

---

\* Настоящая Рекомендация должна быть доведена до сведения 2-й и 15-й Исследовательских комиссий МСЭ-Т.

<sup>1</sup> Определение "беспроводного доступа" и "ШБД" дано в Рекомендации МСЭ-R F.1399, в которой также приводятся определения терминов "фиксированный", "подвижный" и "кочевой" беспроводной доступ.

<sup>2</sup> *Широкополосный беспроводной доступ* определяется как беспроводной доступ, при котором пропускная способность соединения(й) выше, чем при *первичной скорости*, определяемой как скорость передачи битов 1,544 Мбит/с (Т1) или 2,048 Мбит/с (Е1). *Беспроводной доступ* определяется как радиосоединение(я) с базовыми сетями.

**4      Акронимы и сокращения**

AA	Adaptive antenna		Адаптивная антенна
ACK	Acknowledgement (channel)		Канал подтверждения
AN	Access network		Сеть доступа
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses		Ассоциация представителей радиопромышленности и бизнеса
ARQ	Automatic repeat request		Автоматически повторяющийся запрос
AT	Access terminal		Оконечное оборудование доступа
ATIS	Alliance for Telecommunications Industry Solutions		Альянс по решениям в отрасли электросвязи
ATM	Asynchronous transfer mode		Режим асинхронной передачи
BCCH	Broadcast control channel		Широковещательный канал управления
BER	Bit-error ratio		Коэффициент ошибок по битам
BRAN	Broadband radio access network		Сеть широкополосного радиодоступа
BS	Base station	БС	Базовая станция
BSR	Base station router		Базовая станция-маршрутизатор
BTC	Block turbo code		Блочный турбокод
BWA	Broadband wireless access	ШБД	Широкополосный беспроводной доступ
CC	Convolutional coding		Сверточное кодирование
CDMA	Code division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением
CDMA-MC	Code division multiple access – multi carrier		Многостанционный доступ с кодовым разделением и многими несущими частотами
CL	Connection layer		Уровень соединения
C-plane	Control plane	С-плоскость	Плоскость контроля
CQI	Channel quality indicator		Индикатор качества канала
CS-OFDMA	Code spread OFDMA		Кодовое расширение OFDMA
CTC	Convolutional turbo code		Сверточный турбокод
DECT	Digital enhanced cordless telecommunications		Усовершенствованная цифровая беспроводная связь
DFT	Discrete Fourier transform		Дискретное преобразование Фурье
DLC	Data link control		Управление каналом передачи данных
DS-CDMA	Direct-sequence code division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением и прямым расширением спектра
DSSS	Direct sequence spread spectrum		Прямое расширение спектра
E-DCH	Enhanced dedicated channel		Усовершенствованный выделенный канал
EGPRS	Enhanced general packet radio service		Усовершенствованная служба пакетной радиосвязи общего пользования
EPC	Evolved packet core		Пакетная опорная сеть
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	ETСИ	Европейский институт стандартизации электросвязи
EV-DO	Evolution data optimized		Эволюционировавшая оптимизированная передача данных
FC	Forward channel		Прямой канал
FCC	Forward control channel		Прямой канал управления

FDD	Frequency division duplex		Дуплекс с частотным разделением
FEC	Forward-error correction		Упреждающая коррекция ошибок
FER	Frame error rate		Коэффициент ошибок по кадрам
FHSS	Frequency hopping spread spectrum		Расширение спектра со скачкообразной перестройкой частоты
FSTD	Frequency switched transmit diversity		Разнесение при передаче с переключением по частоте
FT	Fixed termination		Завершение вызова на устройство фиксированного доступа
GERAN	GSM edge radio access network		Сеть радиодоступа стандарта GSM/EDGE
GoS	Grade of service		Категория обслуживания
GPRS	General packet radio service		Служба пакетной радиосвязи общего пользования
GPS	Global positioning system		Глобальная система определения местоположения
HC-SDMA	High capacity-spatial division multiple access		Многостанционный доступ с пространственным разделением и высокой пропускной способностью
HiperLAN	High performance RLAN		Локальная радиосеть высокого качества
HiperMAN	High performance metropolitan area network		Городская радиосеть высокого качества
HRPD	High rate packet data		Высокоскоростная пакетная передача данных
HSDPA	High speed downlink packet access		Высокоскоростной пакетный доступ по линии вниз
HS-DSCH	High speed downlink shared channel		Высокоскоростной совместно используемый канал линии вниз
HSUPA	High speed uplink packet access		Высокоскоростной пакетный доступ по линии вверх
ICIC	Inter-cell interference coordination		Координация помех между сотами
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IETF	Internet Engineering Task force		Целевая группа по инженерным проблемам интернета
IP	Internet protocol		Протокол Интернет
LAC	Link access control		Управление доступом к каналу
LAN	Local area network		Локальная сеть
LDPC	Low density parity check		Код с малой плотностью проверок на четность
LLC	Logic link control		Управление логическим каналом
LTE	Long term evolution		Долгосрочное развитие
MAC	Medium access control		Управление доступом к среде передачи
MAN	Metropolitan area network		Городская сеть
MCSB	Multi-carrier synchronous beamforming		Формирование диаграммы направленности в режиме синхронного разделения со многими несущими частотами
MIMO	Multiple input multiple output		Система со многими входами и многими выходами
MS	Mobile station	ПС	Подвижная станция

NLoS	Non-line-of-sight		Вне зоны прямой видимости
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing		Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением
OFDMA	Orthogonal frequency division multiple access		Многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением
OSI	Open systems interconnection		Взаимосвязь открытых систем
PAPR	Peak-to-average power ratio		Отношение пиковой мощности к средней
PDCP	Packet data convergence protocol		Протокол конвергенции пакетов данных
PHS	Personal handyphone system		Система персональных мобильных телефонов
PHY	Physical layer		Физический уровень
PLP	Physical layer protocol		Протокол физического уровня
PMI	Preferred matrix index		Предпочтительный индекс матрицы
PT	Portable termination		Завершение вызова на портативное устройство
QAM	Quadrature amplitude modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
QoS	Quality-of-service		Качество обслуживания
RAC	Reverse access channel		Обратный канал доступа
RF	Radio frequency		Радиочастота
RIT	Radio Interface Technologies		Технологии радиоинтерфейса
RLAN	Radio local area network		Локальная радиосеть (передачи данных)
RLC	Radio link control		Управление радиолинией
RLP	Radio link protocol		Протокол радиолинии
RTC	Reverse traffic channel		Обратный канал трафика
SC	Single carrier		Одна несущая частота
SC-FDMA	Single carrier-frequency division multiple access		Многостанционный доступ с частотным разделением каналов с одной несущей
SCG	Subcarrier group		Группа поднесущих
SDMA	Spatial division multiple access		Многостанционный доступ с пространственным разделением каналов
SDO	Standards development organization	ОПС	Организация по разработке стандартов
SFBC	Space frequency block coding		Пространственно-частотное блочное кодирование
SISO	Single input single output		Система с одним входом и одним выходом
SL	Security/session/stream layer		Уровень безопасности/сеанса/потока
SM	Spatial multiplexing		Пространственное мультиплексирование
SNP	Signalling network protocol		Протокол сигнализации сети
TCC	Traffic code channels		Кодовые каналы трафика
TDD	Time-division duplex		Дуплекс с временным разделением
TDMA	Time-division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением

TDMA-SC	TDMA-single carrier		Многостанционный доступ с временным разделением и одной несущей частотой
TD-SCDMA	Time-division-synchronized CDMA		Многостанционный доступ с синхронным кодово-временным разделением
TTA	Telecommunications Technology Association		Ассоциация технологий электросвязи
TTI	Transmission time interval		Временной интервал передачи
U-plane	User plane	U-плоскость	Плоскость пользователя
WiBro	Wireless broadband		Беспроводная широкополосная связь
WirelessMAN	Wireless metropolitan area network		Беспроводная городская сеть
WTSC	Wireless Technologies and Systems Committee		Комитет по беспроводным технологиям и системам
WWINA	Wireless widebands Internet access		Беспроводной широкополосный доступ к интернету
XGP	eXtended Global Platform		Расширенная глобальная платформа

## 5 Примечание

В Рекомендации МСЭ-R F.1763 приводятся стандарты радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа фиксированной службы, действующих на частотах ниже 66 ГГц.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*рекомендует,*

что стандарты радиointерфейса, представленные в Приложениях 1–8, должны использоваться для систем широкополосного беспроводного доступа (ШБД) подвижной службы, действующих на частотах ниже 6 ГГц.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Приложении 9 содержится краткое описание характеристик стандартов, приведенных в Приложениях 1–8.

## Приложение 1

### Широкополосные локальные радиосети передачи данных

Локальные радиосети передачи данных (RLAN) предоставляют возможность расширения проводных локальных сетей (LAN) с использованием радио в качестве связующей среды. Эти сети применяются в условиях коммерческой среды, где они могут обеспечить существенную экономию с точки зрения стоимости и времени установки сети; в домашних условиях, где они предоставляют недорогую и гибкую возможность установления соединений для многих компьютеров, используемых дома; в учебных заведениях и общественных учреждениях, в которых растет использование переносимых компьютеров, предназначенных для делового и личного использования, использования в поездках и в связи с увеличением гибкости методов работы. Например, работники, чья работа связана с поездками, используют портативные персональные компьютеры не только в офисе или дома, но и в гостиницах, центрах конференций, аэропортах, поездах, самолетах и автомобилях. Таким образом, им требуются в основном применения для кочевого беспроводного доступа, связанные с пунктом доступа (т. е. если пользователь едет в автомобиле, то пункт доступа также находится в автомобиле).

Стандарты широкополосных локальных радиосетей содержатся в Рекомендации МСЭ-R М.1450, и их можно сгруппировать следующим образом:

- IEEE 802.11
- ETSI BRAN HIPERLAN
- ARIB HiSWANa.

## 1 Стандарт IEEE 802.11

Рабочая группа IEEE 802.11™ разработала стандарт RLANs, IEEE Std 802.11-2012, который входит в серию стандартов IEEE 802 для локальных и городских сетей. Блок управления доступом к среде передачи (MAC) в IEEE Std 802.11 предназначен для поддержки устройств физического уровня по мере их возможного внедрения в зависимости от имеющегося спектра. Стандарт IEEE Std 802.11 действует в полосе 2400–2500 МГц, а также в полосах 3650–3700 МГц, 4,94–4,99 ГГц, 5,03–5,091 ГГц, 5,15–5,25 ГГц, 5,25–5,35 ГГц, 5,47–5,725 ГГц и 5,725–5,850 ГГц. Стандарт IEEE Std 802.11 использует метод расширения спектра со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS), метод прямого расширения спектра (DSSS), метод мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM) и метод многоканального входа/многоканального выхода (MIMO).

К утвержденным поправкам к IEEE 802.11-2012 относятся "Приоритезация кадров управления" (IEEE 802.11ae) и "Надежная потоковая передача аудио- и видеосодержимого" (IEEE 802.11aa).

URL Рабочей группы IEEE 802.11 – <http://www.ieee802.org/11>. IEEE Std 802.11-2012 и некоторые поправки доступны бесплатно через программу Get IEEE 802™ по адресу: <http://standards.ieee.org/about/get>, а будущие поправки станут доступными также бесплатно через шесть месяцев после их опубликования. Утвержденные поправки и некоторые проекты поправок могут быть приобретены по адресу: <http://www.techstreet.com/ieeegate.html>.

## 2 Стандарт ETSI BRAN HIPERLAN

Описание стандарта HiperLAN 2 было разработано Техническим комитетом по сетям широкополосного радиодоступа (TC BRAN) ETSI. HiperLAN 2 представляет собой гибкий стандарт RLAN, предназначенный для обеспечения высокоскоростного доступа со скоростью до 54 Мбит/с на физическом уровне (PHY) к различным сетям, включая сети, базирующиеся на протоколе Интернет (IP), которые обычно используются в системах RLAN. Определены уровни конвергенции, которые обеспечивают взаимодействие сетей Ethernet, IEEE 1394 и АТМ. Базовые приложения включают передачу данных, голоса и видео, с учетом конкретных параметров качества обслуживания. Система HiperLAN 2 может развертываться в офисах, классных комнатах, жилых домах, заводских помещениях, "горячих точках", например в выставочных залах, и, в более общем смысле, там, где передача по радио эффективно заменяет или дополняет проводные технологии.

Стандарт HiperLAN 2 предназначен для работы в полосах 5,15–5,25 ГГц, 5,25–5,35 ГГц и 5,47–5,725 ГГц. К базовым описаниям относятся: TS 101 475 (физический уровень), TS 101 761 (уровень управления каналом передачи данных) и TS 101 493 (уровни конвергенции). Все стандарты ETSI можно получить в электронной форме по адресу: <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>, указав номер стандарта в окне ввода поискового запроса.

Для стандартов HIPERLAN 2 техническим комитетом BRAN ETSI также разработаны описания испытаний на соответствие, призванных гарантировать функциональную совместимость устройств и продуктов, выпущенных различными производителями. Описания испытаний включают в себя испытания радиоканала и протокола.

TC BRAN ETSI работает в тесном контакте с Рабочей группой 802.11 IEEE-SA, а также с японским Форумом MMAC (Рабочая группа по сетям высокоскоростного беспроводного доступа) с целью гармонизации систем для диапазона 5 ГГц, разработанных этими тремя форумами.

### 3 ММАС<sup>3</sup> HSWA<sup>4</sup>

ММАС HSWA разработан, а ARIB<sup>5</sup> утвержден и опубликован стандарт системы связи широкополосного подвижного доступа. Этот стандарт называется HiSWANa (ARIB STD-T70). Сфера применения технических описаний ограничивается радиоинтерфейсом, интерфейсами к услугам подсистем беспроводной связи, функциями уровня конвергенции и возможностями поддержки, необходимыми для реализации услуг.

В технических описаниях содержатся уровни PHY и MAC/DLC, которые не зависят от базовой сети, а также уровень конвергенции, который зависит от базовой сети. Типовая скорость передачи данных составляет 6–36 Мбит/с. Используются метод OFDM и схема TDMA-TDD. Стандарт способен поддерживать мультимедийные приложения с помощью механизма управления качеством обслуживания (QoS). В пределах локальной зоны обслуживания поддерживается ограниченная мобильность пользователя. В настоящее время поддерживается обслуживание только в стандарте Ethernet.

Система HiSWANa действует в диапазоне 5 ГГц (4,9–5,0 ГГц и 5,15–5,25 ГГц).

## Приложение 2

### Наземные радиоинтерфейсы системы IMT-2000

Названия разделов взяты из п. 5 Рекомендации МСЭ-R М.1457. В этой Рекомендации можно найти дополнительную уточненную информацию.

#### 1 IMT-2000 CDMA с прямым расширением спектра<sup>6</sup>

В схеме организации радиодоступа в сети UTRAN используется метод CDMA с прямым расширением спектра (DS-CDMA), при котором спектр информации расширяется до полосы шириной приблизительно 5 МГц с использованием чиповой скорости 3,84 Мчипа/с. Для обеспечения высокоскоростного пакетного доступа используются модуляция более высокого порядка (16-QAM на линии вниз и 16-QAM на линии вверх), антенны с многоканальным входом и многоканальным выходом (MIMO), улучшенная поддержка L2 для высоких скоростей передачи данных и методы кодирования (турбокоды).

Каждый радиокадр длительностью 10 мс делится на 15 интервалов (2560 чипов/интервал при чиповой скорости 3,84 Мчипа/с). Таким образом, физический канал определяется кодом (рядом кодов). Для канала HS-DSCH (высокоскоростной пакетный доступ по линии вниз, HSDPA), усовершенствованного выделенного канала (E-DCH) (высокоскоростной пакетный доступ по линии вверх, HSUPA) и связанных с ними каналов передачи сигналов, определяются субкадры длительностью 2 мс, состоящие из 3 временных интервалов. Эта технология обеспечивает максимальную скорость передачи, приближающуюся к 42 Мбит/с для линий вниз и до 11 Мбит/с для линий вверх. На линии вниз усовершенствованные далее технологии DC-HSDPA в сочетании с функцией MIMO обеспечивают поддержку максимальной скорости передачи до 84 Мбит/с. На линии вверх технология двойной соты также может применяться к двум соседним частотам одной полосы с расширенным каналом линии вверх, что дает возможность поддерживать максимальную скорость передачи до 23 Мбит/с. При хороших условиях распространения (например, пустыня, травянистая и равнинная местность, прибрежные области и т. д.) могут быть достигнуты большие размеры сот (до 180 км).

---

<sup>3</sup> Совет по продвижению мультимедийных систем связи подвижного доступа (в настоящее время называется "Форум по мультимедийным системам связи подвижного доступа" или "Форум ММАС").

<sup>4</sup> Комитет по высокоскоростному беспроводному доступу.

<sup>5</sup> Ассоциация промышленных и коммерческих предприятий в области радио.

<sup>6</sup> См. п. 5.1 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

Для обеспечения эффективной поддержки возможности установления соединения в состоянии постоянного подключения при одновременном обеспечении экономии расхода тока батареи в оборудовании пользователя и повышении емкости радиointерфейса спецификации включают также функцию бесперебойного пакетного подключения (CPC). Передача голоса в сети с коммутацией каналов поддерживается путем HSPA.

Радиointерфейс предназначен для доставки широкого диапазона услуг с целью эффективной поддержки услуг сетей с коммутацией каналов (т. е. сетей на базе КТСОП и ЦСИС), а также услуг сетей с коммутацией пакетов (т. е. сетей, базирующихся на протоколе IP). Разработан гибкий протокол радиосвязи, предназначенный для тех случаев, когда пользователь может использовать несколько различных услуг, например передачу речи, данных и мультимедиа, объединенных в одной несущей. Определенные услуги радиоканала обеспечивают поддержку услуг как в реальном времени, так и не в реальном времени, путем использования прозрачной и/или непрозрачной транспортировки данных. Имеется возможность регулирования качества обслуживания (QoS) с точки зрения задержки, вероятности принятия ошибочного бита и коэффициента ошибок по кадрам (FER).

Архитектура сети радиодоступа также обеспечивает поддержку услуг мультимедийного вещания и многоадресной передачи, т. е. позволяет осуществлять распределение мультимедийного контента группам пользователей по каналу связи пункта со многими пунктами.

Расширенный радиодоступ UTRA (E-UTRA) внедрен для развития технологии радиодоступа в направлении технологии радиодоступа с высокой скоростью передачи данных, низким запаздыванием и оптимизацией пакетов.

Схема передачи по линии вниз основана на обычном методе OFDM для обеспечения высокой степени устойчивости в отношении частотной избирательности канала при обеспечении возможности применения тем не менее несложных реализаций приемников даже при очень широких полосах пропускания. Схема передачи по линии вверх основана на SC-FDMA (FDMA с одной несущей), а конкретнее – на OFDM с расширением спектра с использованием дискретного преобразования Фурье DFT (DFTS-OFDM). Она также поддерживает многокластерное назначение DFTS-OFDM. Использование схемы DFTS-OFDM для передачи по линии вверх обусловлено более низким отношением пиковой мощности к средней (PAPR) передаваемого сигнала по сравнению с обычным методом OFDM.

E-UTRA поддерживает полосы частот шириной примерно от 1,4 МГц до 100 МГц, что обеспечивает пиковые скорости передачи данных приблизительно до 3 Гбит/с на линии вниз и до 1,5 Гбит/с на линии вверх. Для поддержки полос частот шире 20 МГц применяется агрегирование несущих, т. е. одновременная параллельная передача нескольких компонентных несущих к одному терминалу или от него.

## **2 ИМТ-2000 CDMA со многими несущими частотами<sup>7</sup>**

Радиointерфейс стандарта CDMA-2000 со многими несущими предоставляет две возможности работы: в режиме cdma2000, в котором используется одна или три несущие радиочастоты либо в режиме высокоскоростной пакетной передачи данных (HRPD) cdma2000, в котором используются от одной до пятнадцати несущих радиочастот.

Режим cdma2000 поддерживает одну или три несущие радиочастоты со скоростью 1,2288 Мчипа/с. Радиointерфейс предназначен для доставки широкого диапазона услуг с целью эффективной поддержки услуг сетей с коммутацией пакетов (т. е. сетей на базе КТСОП и ЦСИС), а также услуг сетей с коммутацией пакетов (т. е. сетей, базирующихся на протоколе IP). Разработан протокол радиосвязи, предназначенный для тех случаев, когда пользователь может одновременно использовать гибким образом несколько различных услуг, например передачу речи, данных и мультимедиа, объединенных в одной несущей. Определенные услуги радиоканала обеспечивают поддержку услуг как в реальном времени, так и не в реальном времени, путем использования прозрачной и/или непрозрачной транспортировки данных. Имеется возможность регулирования QoS с точки зрения задержки, вероятности принятия ошибочного бита и FER.

---

<sup>7</sup> См. п. 5.2 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

Описание радиointерфейса содержит усовершенствованные характеристики для одновременной высокоскоростной пакетной передачи данных и других услуг, например передачи речи с использованием одной несущей. В частности, включены характеристики усовершенствованной обратной линии, дающие возможность повышения емкости и покрытия, передачи данных с более высокой скоростью по сравнению с существующей максимальной скоростью на линии вверх, и сокращения задержки и ее колебания в обратной линии.

Архитектура сети радиодоступа также обеспечивает поддержку услуг мультимедийного вещания и многоадресной передачи, т. е. позволяет осуществлять распределение мультимедийного контента группам пользователей по каналу связи пункта со многими пунктами.

В режиме HRPD cdma2000 прямой канал, организованный на базе от одного до пятнадцати каналов несущих радиочастот, состоит из следующих каналов с временным разделением: пилотного канала, прямого канала управления доступом к среде передачи (MAC), канала управления и прямого канал трафика. В прямом канале трафика передаются пакеты данных пользователя. В канале управления передаются управляющие сообщения, а также может передаваться трафик пользователя. Далее каждый канал разделяется на квадратурные каналы с разделением на основе кодов Уолша.

Канал MAC HRPD cdma2000 состоит из двух подканалов: обратного канала регулирования мощности (RPC) и канала обратной активности (RA). В канале RA передается поток битов, содержащих информацию об активности обмена трафиком в обратном канале (RAB). Каждый символ канала MAC модулируется методом двоичной фазовой манипуляции (BPSK) с использованием одного из шестидесяти четырех 64-ричных кодовых слов Уолша.

Прямой канал трафика HRPD cdma2000 является каналом пакетной передачи с переменной скоростью. Данные пользователя, поступающие с оконечного оборудования доступа, передаются со скоростью, которая изменяется в пределах 38,4 кбит/с – 4,9 Мбит/с на каждую несущую со скоростью 1,2288 Мчипа/с. Данные прямого канала трафика и прямого канала управления кодируются, скремблируются и перемежаются. С выходов канального устройства перемежения данные поступают на модулятор QPSK/8-PSK/16-QAM/64-QAM. При необходимости модулированные последовательности символов повторяются и прореживаются. Далее результирующие последовательности модулированных символов разделяются, образуя 16 пар (синфазных и квадратурных) параллельных потоков. К каждому параллельному потоку применяется отдельная 16-ричная функция Уолша с чиповой скоростью, с тем чтобы довести скорость передачи символов Уолша до 76,8 ксимвол/с. Символы всех потоков, закодированные с помощью функций Уолша, объединяются, образуя единые синфазный и квадратурный потоки с чиповой скоростью 1,2288 Мчипа/с. Получившиеся в результате чипы подвергаются временному уплотнению с чипами преамбулы, пилотного канала и канала MAC, образуя результирующую последовательность чипов для операции квадратурного расширения.

Пакеты физического уровня для прямого канала трафика HRPD cdma2000 могут передаваться в интервалах, число которых составляет от 1 до 16. Если выделяется несколько интервалов, то при их передаче выполняется перемежение в пределах четырех интервалов. То есть передаваемые интервалы, содержащие пакеты, делятся на три промежуточных временных интервала, а интервалы, содержащие другие пакеты, передаются в промежутках между этими передаваемыми интервалами. Оставшиеся временные интервалы, которые не были переданы, не передаются, и следующий выделяемый интервал используется для передачи временного интервала следующего пакета физического уровня.

Обратный канал HRPD cdma2000, организованный на базе от одного до пятнадцати каналов несущих радиочастот, состоит из канала доступа и обратного канала трафика. Канал доступа используется оконечным оборудованием доступа для инициирования процесса связи с сетью доступа или для ответа на сообщение, отправленное этим оборудованием. Канал доступа содержит пилотный канал и канал данных. Обратный канал трафика используется подвижной станцией для передачи пользовательского трафика или сигнальной информации в сеть доступа. Обратный канал трафика HRPD cdma2000 содержит пилотный канал, канал указателя скорости в обратном канале (RRI), канал управления скоростью передачи данных (DRC), канал подтверждения (ACK) и канал передачи данных. Пользовательские данные для терминала доступа передаются со скоростью от 4,8 кбит/с до 1,8 Мбит/с на каждую несущую со скоростью 1,2288 Мчипа/с. Канал RRI используется для указания скорости данных, передаваемых в канале обратного трафика. Канал RRI подвергается временному уплотнению с пилотным каналом. Канал DRC используется подвижной станцией для указания сети доступа скорости передачи данных, которая поддерживается в прямом канале трафика, а также наилучший

сектор обслуживания для прямого канала CDMA. Канал АСК используется окончательным оборудованием доступа в целях информирования сети доступа о том, успешно ли приняты пакетные данные, передаваемые в прямом канале трафика.

При усовершенствованном доступе HRPD применяются гибридный автоматически повторяющийся запрос (H-ARQ), кадры меньшего размера, быстрое планирование/управление скоростью передачи, адаптивная модуляция и кодирование, увеличивающие пиковую скорость передачи данных и пропускную способность системы в обратном канале передачи.

## 2.1 Система сверхширокополосной подвижной связи

Система сверхширокополосной подвижной связи (UMB) обеспечивает унифицированное проектное решение для режимов полного дуплекса и полудуплекса FDD и TDD с поддержкой для масштабируемой пропускной способности между 1,25 МГц и 20 МГц. Эта система предназначена для обеспечения устойчивого мобильного широкополосного доступа и оптимизирована для гарантирования высокой эффективности использования спектра и небольшого времени ожидания за счет использования усовершенствованной модуляции, адаптации каналов и способов передачи с помощью нескольких антенн. Используются быстрая переадресация, быстрая регулировка мощности и межотраслевое управление помехами. Адаптивное кодирование и модуляция с синхронным H-ARQ и турбокодированием (факультативный LDPC) используются для достижения высокой эффективности использования спектра. Планирование подполос обеспечивает более высокое качество работы в прямом и обратном канале путем использования преимуществ разнесения многих пользователей для трафика, чувствительного к запаздыванию.

Прямой канал основан на многостанционном доступе с ортогональным частотным разделением (OFDMA), усиленном методами передачи с использованием нескольких антенн, включая MIMO, формирование диаграммы направленности с обратной связью и многостанционный доступ с пространственным разделением каналов (SDMA) при максимальном общем пространственном мультиплексировании четвертого порядка. Минимальное время ожидания повторной передачи в прямом канале составляет приблизительно 5,5 мс, а максимальная скорость выше 288 Мбит/с достигается при четвертом порядке MIMO в 20 МГц.

Обратный канал является квазиортогональным. То есть он использует ортогональную передачу, основанную на OFDMA, вместе с неортогональным мультиплексированием пользовательских данных с многоуровневым совмещением или многими приемными антеннами (SDMA). Обратный канал также включает факультативную передачу CDMA для низкоскоростного трафика. Управление помехами достигается за счет частичного повторного использования частот. Оптимальное соотношение пропускной способности/справедливости достигается за счет распределенного регулирования мощности на основе помех в других сотах. Обратный канал использует сегмент управления CDMA и сегмент управления OFDMA. Система использует быстрый доступ с высокоэффективными и быстрыми запросами. Обратный канал использует широкополосный эталонный сигнал для регулирования мощности, принятия решений о переадресации обслуживания и планирования подполос. Проектирование MAC в системе UMB позволяет обеспечить энергоэффективную передачу в обратном канале с использованием терминалов с ограниченной мощностью путем планирования. Время ожидания повторной передачи в обратном канале составляет приблизительно 7,3 мс, а максимальная скорость передачи данных превышает 75 Мбит/с в ширине полосы 20 МГц (при квазиортогональном кодировании с использованием одного кодового слова).

UMB предназначена для функционирования в частично или полностью асинхронных системах, однако радиointерфейс оптимизирован таким образом, чтобы использовать синхронизацию между сотами. Высокоэффективные пилотные каналы (сигналы) вводятся для того, чтобы позволить несложному соседнему узлу осуществлять поиск и облегчать переадресацию в пределах той же частоты и переадресацию между частотами с минимальным перерывом.

UMB имеет также энергосберегающие режимы функционирования, позволяющие продлить срок службы батареи терминала. В частности, выбранный режим чересстрочности оптимизирован для низкоскоростных приложений, чувствительных к времени ожидания, таких как VoIP, а полуподсоединенное состояние предназначено для обеспечения эффективной DTX/DRX с маломощным циклическим трафиком с допуском на время ожидания.

### 3 ИМТ-2000 CDMA TDD<sup>8</sup>

Радиоинтерфейс для универсального наземного радиодоступа (UTRA) на основе дуплекса с временным разделением (TDD) предназначен для работы в трех отличающихся режимах, а именно 1,28 Мчипа/с TDD (TD-SCDMA), 3,84 Мчипа/с TDD и 7,68 Мчипа/с TDD.

Радиоинтерфейс UTRA TDD разработан в соответствии с четкой задачей его гармонизации с сегментом на базе дуплекса с частотным разделением (см. п. 1) для достижения максимальной унификации. Такая унификация была достигнута путем гармонизации важных параметров физического уровня и определения общего набора протоколов на более высоких уровнях для сегментов FDD и TDD, при которых в режиме 1,28 Мчипа/с TDD имеется существенная унификация с режимами 3,84 Мчипа/с TDD и 7,68 Мчипа/с TDD. Радиоинтерфейс UTRA TDD с тремя режимами обеспечивает возможность гибкого удовлетворения различных потребностей разных Регионов, и он определен в общем наборе описаний.

Радиодоступ осуществляется по схеме многостанционного доступа с кодовым разделением и прямым расширением спектра. Существуют три варианта чиповой скорости: 3,84 Мчипа/с TDD, в котором занимаемая информацией полоса расширяется приблизительно до уровня свыше 5 МГц и чиповой скоростью 3,84 Мчипа/с, 7,68 Мчипа/с TDD, в котором занимаемая информацией полоса расширяется приблизительно до уровня свыше 10 МГц и чиповой скоростью 7,68 Мчипа/с и вариант 1,28 Мчипа/с TDD, в котором занимаемая информацией полоса расширяется приблизительно до уровня свыше 1,6 МГц и чиповой скоростью 1,28 Мчипа/с. Радиоинтерфейс предназначен для доставки широкого диапазона услуг с целью эффективной поддержки услуг сетей с коммутацией каналов (т. е. сетей на базе КТСОП и ЦСИС), а также услуг сетей с коммутацией пакетов (т. е. сетей, базирующихся на протоколе IP). Разработан гибкий протокол радиосвязи, для тех случаев, когда пользователь может использовать несколько различных услуг, например передачу речи, данных и мультимедиа, объединенных в одной несущей. Определенные услуги радиоканала обеспечивают поддержку услуг как в реальном времени, так и не в реальном времени, путем использования прозрачной и/или непрозрачной транспортировки данных. Имеется возможность регулирования качества обслуживания (QoS) с точки зрения задержки, BER и FER.

Описание радиоинтерфейса содержит усовершенствованные характеристики для высокоскоростного пакетного доступа по линии вниз (HSDPA) и улучшенную поддержку L2 для высокоскоростной передачи данных, позволяющие осуществлять пакетную передачу данных по каналу линии вниз с пиковыми скоростями в 2,8 Мбит/с, 10,2 Мбит/с и 20,4 Мбит/с для режимов 1,28 Мчипа/с, 3,84 Мчипа/с и 7,68 Мчипа/с соответственно и для одновременного обеспечения высокоскоростной пакетной передачи данных и других услуг, например речи с использованием одной несущей. Были предусмотрены возможности для повышения качества восходящего канала, позволяющие обеспечить повышенную емкость и покрытие, передачу данных с более высокой скоростью и сокращение задержки и ее колебания для линии вверх.

Добавление модуляции более высокого порядка (16-QAM) для усовершенствованных линий вверх позволяет обеспечить пиковые скорости 2,2 Мбит/с, 9,2 Мбит/с и 17,7 Мбит/с для режимов 1,28 Мчипа/с, 3,84 Мчипа/с и 7,68 Мчипа/с соответственно. Была добавлена поддержка для работы на нескольких частотах в режиме 1,28 Мчипа/с UTRA TDD.

Архитектура сети радиодоступа также обеспечивает поддержку услуг мультимедийного вещания и многоадресной передачи, т. е. позволяет осуществлять распределение мультимедийного контента группам пользователей по каналу связи пункта со многими пунктами.

Расширенный радиодоступ UTRA (E-UTRA) внедрен для развития технологии радиодоступа в направлении технологии радиодоступа с высокой скоростью передачи данных, низким запаздыванием и оптимизацией пакетов.

Схема передачи по линии вниз основана на обычном методе OFDM для обеспечения высокой степени надежности в отношении частотной избирательности канала при обеспечении возможности применения тем не менее несложных реализаций приемников даже при очень широких полосах

---

<sup>8</sup> См. п. 5.3 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

пропускания. Схема передачи по линии вверх основана на SC-FDMA (FDMA с одной несущей), а конкретнее – на OFDM с расширением спектра с использованием дискретного преобразования Фурье DFT (DFTS-OFDM). Она также поддерживает многокластерное назначение DFTS-OFDM. Использование схемы DFTS-OFDM для передачи по линии вверх обусловлено более низким отношением пиковой мощности к средней (PAPR) передаваемого сигнала по сравнению с обычным OFDM.

E-UTRA поддерживает полосы частот шириной примерно от 1,4 МГц до 100 МГц, что обеспечивает пиковые скорости передачи данных приблизительно до 3 Гбит/с на линии вниз и до 1,5 Гбит/с на линии вверх. Для поддержки полос частот шире 20 МГц применяется агрегирование несущих, т. е. одновременная параллельная передача нескольких компонентных несущих к одному терминалу или от него.

#### 4 ИМТ-2000 TDMA с одной несущей<sup>9</sup>

Этот радиointерфейс предоставляет два варианта ширины полосы для передачи данных с высокой скоростью, и в них обоих используется технология TDMA. В варианте с шириной полосы несущей, равной 200 кГц (EDGE), используется модуляция 8-PSK или 32-QAM с повышенной скоростью передачи символов с гибридным ARQ. При этом наряду с обеспечением высокой мобильности, достигается скорость передачи в режиме с двойной модуляцией несущей, равная 1,625 Мбит/с или 3,25 Мбит/с. Предоставляется полоса шириной 1,6 МГц для условий применения с более низкой мобильностью, в котором используется двоичная и четверичная модуляция QAM со сдвигом частоты и гибридным ARQ. При данном варианте с полосой 1,6 МГц обеспечивается гибкое распределение временных интервалов и обеспечивается скорость передачи в канале, равная 5,2 Мбит/с.

Предоставляется услуга многофункционального вещания или связи пункта со многими пунктами, называемая услугой мультимедийного вещания/многоадресной передачи (MBMS). В настоящее время существуют услуги связи пункта со многими пунктами, которые позволяют передавать данные от одного источника во много оконечных пунктов. Услуга MBMS эффективно реализует эту возможность. Такие услуги мультимедийного вещания/многоадресной передачи предоставляются поставщиками услуг в домашних условиях, а также поставщиками других услуг за дополнительную плату (VASP).

MBMS является однонаправленной услугой по переносу информации из пункта во многие пункты, при которой данные передаются от одного источника многим получателям. Она также имеет возможность расширения для поддержки других услуг, обладающих этими возможностями по переносу информации.

Режим многоадресной передачи функционально совместим с режимом многоадресной передачи по протоколу IP, разработанным IETF. Эта дает возможность использования наилучшим образом платформ услуг на базе протокола IP, чтобы максимально увеличить доступность применений и контента. Таким образом, существующие и будущие услуги можно будет доставлять более эффективным образом с точки зрения использования ресурсов.

#### 5 ИМТ-2000 FDMA/TDMA<sup>10</sup>

Радиointерфейс ИМТ-2000 для технологии FDMA/TDMA называется усовершенствованной цифровой беспроводной связью (DECT).

Данный радиointерфейс определяет радиointерфейс TDMA с использованием дуплекса с временным разделением (TDD). Скорости передачи в канале для указанных схем модуляции составляют 1,152 Мбит/с, 2,304 Мбит/с, 3,456 Мбит/с, 4,608 Мбит/с и 6,912 Мбит/с. Этот стандарт поддерживает симметричные и асимметричные соединения, транспортировку данных с установлением соединения и без установления соединения. Использование режима со многими, например тремя, несущими

<sup>9</sup> См. п. 5.4 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

<sup>10</sup> См. п. 5.5 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

позволяет достигать скорости передачи битов до 20 Мбит/с. Имеются протоколы сетевого уровня, предназначенные для управления вызовом, дополнительными услугами, услугами по передаче сообщений с установлением соединения, услуги по передаче сообщений без установления соединения, и управления мобильностью, включая услуги по обеспечению безопасности и конфиденциальности.

Определены частотные каналы радиодоступа, а также временная структура. Разнос частот между несущими составляет 1,728 МГц. Для своевременного доступа к среде, используется регулярная структура TDMA с длительностью кадра 10 мс. В рамках данного кадра создается 24 полных временных интервала, каждый из которых состоит из двух половинных временных интервалов. Двойной временной интервал имеет длительность, равную длительности двух полных временных интервалов, и начинается одновременно с полным временным интервалом.

В качестве метода модуляции используется гауссова частотная манипуляция (GFSK), с номинальным значением произведения ширины полосы на длительность посылки, равным 0,5, либо дифференциальная фазовая манипуляция (DPSK), либо фазово-импульсная модуляция (QAM). Разрешается применение оборудования, в котором используется 4-уровневая и/или 8-уровневая и/или 16-уровневая и 64-уровневая модуляция, наряду с двухуровневой модуляцией. Такая модуляция увеличивает скорость передачи битов одного радиоборудования в 2, 3, 4 или 6 раз. 4-уровневая модуляция называется дифференциальной квадратурной фазовой манипуляцией со сдвигом  $\pi/4$ , 8-уровневая модуляция называется D8-PSK со сдвигом  $\pi/8$ , 16-уровневая модуляция называется 16-QAM, а 64-уровневая модуляция – 64-QAM.

На уровне MAC предоставляется три группы услуг для верхних уровней и объекта управления:

- управление передачей широковещательных сообщений (ВМС);
- управление передачей сообщений без установления соединений (СМС);
- контроль многоканальной работы (МВС).

Услуга ВМС предоставляет набор непрерывных услуг связи пункта со многими пунктами без установления соединений. Эти услуги используются для переноса внутренних логических каналов, а также предоставляются для более высоких уровней. Эти услуги оказываются в направлении FT – RT, и доступны для всех устройств RT в пределах радиуса действия.

Услуга СМС обеспечивает возможность предоставления услуги связи пункта со многими пунктами без установления соединений. Эти услуги могут оказываться FT и одним или несколькими RT.

Каждая реализация услуги МВС обеспечивает один из наборов услуг связи пункта с пунктом для более высоких уровней. Для любой из услуг МВС могут использоваться несколько каналов для предоставления одной услуги.

Определены четыре типа каналов передачи MAC:

- Симплексный канал передачи: симплексный канал передачи образуется путем выделения одного физического канала для передач в одном направлении.
- Дуплексный канал передачи: дуплексный канал передачи образуется парой симплексных каналов передачи, действующих в противоположных направлениях, на основе двух физических каналов.
- Двойной симплексный канал передачи: двойной симплексный канал передачи образуется парой длинных симплексных каналов передачи, действующих на одном и том же направлении, на основе двух физических каналов.
- Двойной дуплексный канал образуется парой дуплексных каналов, относящихся к одному и тому же соединению MAC.

Канал передачи может находиться в одном из трех рабочих состояний.

- Неинформационный канал передачи, в котором, как правило, осуществляются непрерывные передачи (т. е. одна передача в каждом кадре).
- Канал передачи трафика, в котором осуществляются непрерывные передачи из пункта в пункт. Канал передачи трафика является дуплексным каналом передачи, либо двойным симплексным каналом передачи, либо двойным дуплексным каналом передачи.

- Канал передачи без установления соединения, в котором осуществляется прерывистая передача. Канал передачи без установления соединения является либо симплексным, либо дуплексным каналом передачи.

Уровень MAC определяет логическую структуру физических каналов. Скорость передачи данных пользователя зависит от выбранного типа временного интервала, схемы модуляции, уровня защиты, числа несущих.

Обязательные мгновенные сообщения и процедуры, касающиеся динамического выбора канала, обеспечивают возможность эффективной совместной работы нескоординированных частных систем и систем общего пользования в общей присвоенной полосе частот и позволяют избежать необходимости в традиционном частотном планировании. Каждое устройство имеет доступ ко всем каналам (с комбинированным частотно-временным разделением). При необходимости установления соединения выбирается тот канал, который в данный момент времени и в данном месте является наименее подверженным влиянию помех из всех каналов общего доступа. При этом отпадает необходимость в традиционном частотном планировании и существенно упрощаются установки. Данная процедура также обеспечивает все более высокую емкость за счет все более близкого расположения друг к другу устанавливаемых базовых станций, наряду с сохранением высокого качества радиосвязи. Отсутствие необходимости в разделении частотного ресурса между различными услугами или пользователями обеспечивает эффективное использование спектра.

В последних описаниях содержатся уточненные данные к описанию стандарта "DECT нового поколения", в которых основное внимание уделяется поддержке услуг на базе IP. Использование широкополосного кодирования приводит к дальнейшему повышению качества речевых услуг. Для обеспечения функциональной совместимости радиоинтерфейсов обязательным является использование кодека согласно Рекомендации МСЭ-T G.722. Может также обсуждаться вопрос об использовании дополнительных необязательных кодеков. Помимо передачи голоса по протоколу IP в описании стандарта "DECT нового поколения" могут предоставляться услуги передачи аудио- и видеосигнала, а также другие услуги на базе IP.

## 6 IMT-2000 OFDMA TDD WMAN<sup>11</sup>

Радиоинтерфейс OFDMA TDD WMAN IMT-2000 основан на стандарте IEEE, обозначенном как IEEE Std 802.16, который разработан и поддерживается Рабочей группой IEEE 802.16 по широкополосному беспроводному доступу. Он опубликован Ассоциацией стандартов IEEE (IEEE-SA) Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE). Технология радиоинтерфейса, определенная в стандарте IEEE 802.16, является гибкой и предназначена для использования в целом ряде приложений, самых различных рабочих частотах и нормативно-правовых средах. Стандарт IEEE 802.16 включает в себя несколько спецификаций физического уровня, одна из которых известна под названием WirelessMAN-OFDMA. OFDMA TDD WMAN является особым случаем спецификации WirelessMAN-OFDMA, определяющей конкретный функционально совместимый радиоинтерфейс. OFDMA TDD WMAN, как определено здесь, работает как режиме TDD, так и FDD.

Радиоинтерфейс OFDMA TDD WMAN состоит из двух низших сетевых уровней – физического уровня (PHY) и уровня управления каналом передачи данных (DLC). Элементом более низкого DLC является MAC; элементом более высокого DLC является уровень управления логическим звеном (LLC). PHY основан на OFDMA, поддерживающем гибкое размещение радиостволов, включая 5 МГц, 7 МГц, 8,75 МГц и 10 МГц полосы. MAC основан на ориентированном на соединение протоколе, предназначенном для использования в конфигурации "из пункта во многие пункты". Он предназначен для предоставления широкого набора услуг с коммутацией пакетов (как правило, на основе IP), обеспечивая при этом четкое и оперативное управление распределением ресурсов для обеспечения полного дифференцирования QoS операторского класса.

---

<sup>11</sup> См. п. 5.6 Рекомендации МСЭ-R М.1457.

Радиоинтерфейс OFDMA TDD WMAN предназначен для передачи трафика с коммутацией пакетов, включая IP. Он достаточно гибок для того, чтобы поддерживать самые различные архитектуры верхнего сетевого уровня для кочевого или полностью мобильного использования с поддержкой эстафетной передачи вызова. Он может поддерживать функциональные средства, пригодные для передачи данных родового типа, услуг передачи голоса, требующих немедленной обработки, мультимедийных услуг, радиовещательных услуг и услуг многоадресной передачи, а также обязательных услуг регуляторного характера.

Стандарт радиоинтерфейса устанавливает уровни 1 и 2; спецификация верхних сетевых уровней не включена. Он обеспечивает преимущество гибкости и открытости в интерфейсе между уровнями 2 и 3 и поддерживает самые разные сетевые инфраструктуры. Этот радиоинтерфейс совместим с сетевыми архитектурами, которые определены в Рекомендации МСЭ-T Q.1701. В частности, схема сетевой архитектуры для обеспечения оптимального использования стандарта IEEE Standard 802.16 и радиоинтерфейса OFDMA TDD WMAN описана в "Этапах 2–3 сквозной архитектуры сетевых систем WiMAX", доступно на Форуме WiMAX<sup>12</sup>.

## Приложение 3

### Наземные радиоинтерфейсы систем IMT-Advanced

#### 1 LTE-Advanced<sup>13</sup>

Спецификации наземных радиоинтерфейсов систем IMT-Advanced, известных как *LTE-Advanced*, были разработаны 3GPP на основе технологии LTE, версии 10 и последующих версий.

*LTE-Advanced* представляет собой совокупность технологий радиоинтерфейсов (RIT), состоящую из технологий частотного и временного дуплексного разделения – FDD (FDD RIT) и TDD (TDD RIT), разработанных для работы в парном и непарном спектре соответственно. TDD RIT также известна как TD-LTE Release 10 and Beyond или *TD-LTE-Advanced*. Обе технологии радиоинтерфейсов были разработаны совместно с обеспечением высокой степени унификации и в то же время с учетом оптимизации каждой RIT относительно режима использования спектра в дуплексном режиме, присущим каждой конкретной технологии.

Технологии RIT для FDD и TDD представляют развитие первых версий LTE FDD и TDD, соответственно. Эти две технологии RIT совместно используют многие из базовых структур для упрощения реализации оборудования радиодоступа, работающего в режиме приема двух систем. Поддерживаются полосы передаваемых частот до 100 МГц, обеспечивая пиковые скорости передачи данных приблизительно до 3 Гбит/с на линии вниз и 1,5 Гбит/с на линии вверх.

Схема передачи на линии вниз основывается на обычном методе OFDM, обеспечивая высокую степень устойчивости, несмотря на частотную избирательность канала, и при этом позволяя упростить реализацию приемников даже при очень широких полосах пропускания.

Схема передачи на линии вверх основывается на OFDM с расширением спектра дискретным преобразованием Фурье (DFTS-OFDM). Использование передачи DFTS-OFDM на линии вверх мотивируется низким соотношением пиковой мощности к средней (Peak-to-Average Power Ratio, PAPR) передаваемого сигнала по сравнению с обычным методом OFDM. Это позволяет более эффективно использовать усилитель мощности терминала, что пересчитывается в увеличение зоны покрытия и/или в снижение потребляемой мощности терминалом. Подсчеты для линии вверх имеют тот же порядок величин, что и для линии вниз.

---

<sup>12</sup> <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>.

<sup>13</sup> См. Приложение 1 Рекомендации МСЭ-R М.2012.

Канальное кодирование основано на турбокоде с кодовой скоростью  $1/3$  и дополнено гибридным методом ARQ (Hybrid-ARQ) с мягким сложением, чтобы бороться с ошибками декодирования на приемной стороне. Поддерживаются виды модуляции QPSK, 16-QAM и 64-QAM и на линии вниз, и на линии вверх.

Технологии RIT для FDD и TDD поддерживают работу в полосе частот шириной приблизительно от 1,4 МГц до 100 МГц. Для поддержки ширины полосы частот свыше 20 МГц используется объединение несущих, т. е. одновременная передача нескольких компонентных несущих параллельно к терминалу и от терминала. Компонентные несущие не обязательно должны располагаться подряд по частоте, они могут располагаться даже в разных полосах частот, чтобы разрозненные распределения частот можно было использовать как объединенный спектр.

Поканальное планирование как во временной, так и в частотной областях поддерживается и на линии вниз, и на линии вверх, при этом планировщик базовой станции отвечает за выбор ресурса (динамически) и скорости передачи. Базовой операцией является динамическое планирование, при котором планировщик БС принимает решение в отношении каждого временного интервала передачи Transmission Time Interval, TTI) длительностью 1 мс, а также о возможности планирования на полупостоянной основе. Полупостоянное планирование позволяет выделять ресурсы передачи и назначать скорости передачи конкретному пользовательскому оборудованию не период более одного интервала TTI, чтобы уменьшить объем служебной сигнализации управления.

Схемы передачи с несколькими антеннами являются неотъемлемой частью обеих технологий RIT. Предкодирование с учетом множества антенн с динамической адаптацией ранга поддерживает и пространственное уплотнение (MIMO для одного пользователя) и формирование лучей. Поддерживается пространственное уплотнение до восьми уровней на линии вниз и до четырех уровней на линии вверх. Поддерживается также многопользовательская схема MIMO, при которой нескольким пользователям назначаются одни и те же частотно-временные ресурсы. И, наконец, поддерживается разнесение при передаче, основанное на пространственно-частотном блоковом кодировании (Space-Frequency Block Coding, SFBC) или на комбинации SFBC и разнесения при передаче с переключением по частоте (Frequency Switched Transmit Diversity, FSTD).

В этих RIT поддерживается координация помех между сотами (Inter-cell interference coordination, ICIC), при которой соседние соты обмениваются информацией, помогающей осуществлять планирование так, чтобы уменьшить действие помехи. ICIC может использоваться для однородного развертывания неперекрывающихся сот с одинаковой мощностью передачи, а также для неоднородного развертывания, при котором сота с более высокой мощностью накрывает один или несколько узлов с меньшей мощностью.

## 2 WirelessMAN-Advanced<sup>14</sup>

Спецификация радиointерфейса *WirelessMAN-Advanced* разработана IEEE. Полномасштабная система, основанная на интерфейсе *WirelessMAN-Advanced*, одобрена Форумом WiMAX под названием WiMAX 2.

В качестве схемы многостанционного доступа в *WirelessMAN-Advanced* используется OFDMA на линии вниз (DL) и на линии вверх (UL). Интерфейс поддерживает также схемы временного (TDD) и частотного (FDD) дуплексирования, включая режим гибридного FDD (H-FDD) подвижных станций (ПС) в сетях с FDD. Атрибуты кадровой структуры и обработка сигнала в основной полосе частот являются общими для обеих схем дуплексирования. Интерфейс *WirelessMAN-Advanced* поддерживает более широкие полосы частот канала, вплоть до 160 МГц, путем объединения несущих.

В *WirelessMAN-Advanced* используется сверточный турбокод (СТС) с кодовой скоростью  $1/3$ . Схема СТС распространяется на поддержку дополнительных размеров блоков FEC. Кроме того, размеры блоков FEC могут регулярно увеличиваться с предопределенной дискретностью.

---

<sup>14</sup> См. Приложение 2 Рекомендации МСЭ-R М.2012.

Поддерживаются сигнальные созвездия модуляций QPSK, 16-QAM и 64-QAM. Отображение битов на точки созвездия зависит от варианта перегруппировки созвездия (CoRe), используемого в описанном гибридном методе запроса повторной передачи (HARQ) и далее зависит от схемы MIMO. Символы QAM отображаются на вход кодера MIMO. Размеры включают добавляемые биты CRC (в пакет и в блок FEC), если они применяются. Другие размеры требуют заполнения до последующего размера. Кодовая скорость и модуляция зависят от размера пакета и выделенного ресурса.

В *WirelessMAN-Advanced* используется HARQ с резервированием с приращением (HARQ-IR), путем определения начального положения селекции битов при повторной передаче методом HARQ. Поддерживается также метод HARQ с суммированием (HARQ-CC), считающийся специальным случаем HARQ-IR.

Отклик CQI содержит информацию об условиях работы канала как они видны с ПС. Эта информация используется в БС для адаптации линии, выделения ресурсов, управления мощностью и т. д. Измерение качества канала включает в себя как узкополосные, так и широкополосные измерения. Затраты пропускной способности на отклик CQI можно снизить применением дифференциального отклика или других методов сжатия. Например, информацией CQI может служить действующее отношение мощности несущей к сумме мощности помехи и шума (CINR), выбор полосы частот и т. д.

Отклик MIMO содержит широкополосные и/или узкополосные пространственные характеристики канала, которые необходимы для работы схемы MIMO. В качестве примера информации отклика MIMO служат предпочтительный индекс матрицы (PMI), информация о ранге адаптации, элементах матрицы ковариации канала и о наилучшем индексе субполосы.

Механизм управления мощностью поддерживается и на линии вниз, и на линии вверх. При использовании управления мощностью на линии вниз, терминал с управляемым уровнем мощности принимает специфическую для пользователя информацию на специализированной пилотной поднесущей. По протоколам A-MAP на линии вниз может осуществляться управление мощностью на основе обратной связи канала качества терминала на линии вверх.

Управление мощностью на линии вверх поддерживается для того, чтобы компенсировать потери на трассе распространения, затенение, быстрые замирания и потери на реализацию, а также для подавления помех между сотами и внутри сот. БС может передавать необходимую информацию по каналу управления или передавать сообщение терминалам с целью поддержки управления мощностью на линии вверх. Параметры алгоритма управления мощностью оптимизируются базовой станцией по всей системе и транслируются периодически.

*WirelessMAN-Advanced* поддерживает несколько перспективных многоантенных методов, включая однопользовательские и многопользовательские MIMO (пространственное уплотнение и формирование лучей), а также ряд схем разнесения при передаче. В однопользовательской схеме MIMO (SU-MIMO) только один пользователь может быть распланирован по одной (временной, частотной, пространственной) ресурсной единице. С другой стороны, в многопользовательской схеме MIMO (MU-MIMO), множество пользователей может быть распланировано по одной ресурсной единице.

Минимальная конфигурация антенны на линии вниз и линии вверх – это  $2 \times 2$  и  $1 \times 2$  соответственно. Для пространственного уплотнения без обратной связи и для SU-MIMO с обратной связью, количество потоков ограничено минимальным количеством передающих и приемных антенн. MU-MIMO может поддерживать до двух потоков при двух передающих антеннах, до четырех потоков при четырех передающих антеннах и до восьми потоков при восьми передающих антеннах.

## Приложение 4

### Гармонизированные стандарты радиointерфейсов IEEE и ETSI для систем широкополосного беспроводного доступа (ШБД) мобильной службы, включая мобильные и кочевые применения

#### 1 Обзор радиointерфейса

Стандарт IEEE Std 802.16-2009 и стандарты ETSI HiperMAN определяют гармонизированные радиointерфейсы для физических уровней (PHY) и уровня MAC/управление каналом передачи данных (DLC) систем с OFDM и OFDMA. Однако стандарт ETSI BRAN HiperMAN рассчитан только на кочевые применения, в то время как стандарт IEEE Std 802.16-2009 предназначен также для полнофункциональных автомобильных применений.

Использование полос частот ниже 6 ГГц предполагает, что любая система доступа будет создаваться в соответствии с этими стандартизованными радиointерфейсами, обеспечивающими диапазон применений, включая полнофункциональные мобильные применения, применения для предприятий и применения в городских, пригородных и сельских районах. Этот интерфейс оптимизирован для динамически распределяемых радиоканалов для подвижной связи и обеспечивает поддержку улучшенных методов эстафетной передачи вызовов и полный набор энергосберегающих режимов. В этих описаниях может свободно поддерживаться передача общих данных интернета и данных в реальном времени, включая такие приложения, как голосовая конференц-связь и видеоконференц-связь.

Этот тип систем называется беспроводными городскими сетями (WirelessMAN в IEEE и HiperMAN в BRAN ETSI). Слово "городской" относится не только к применению, но и к масштабу. Эти системы в основном являются системами связи пункта со многими пунктами, при этом базовая станция обслуживает абонентов в соте, размер которой может достигать нескольких километров. Пользователи могут иметь доступ к различным видам терминалов, например портативным телефонам, смартфонам, PDA, портативным ПК и ноутбукам в мобильной среде. Радиointерфейс поддерживает предоставление каналов различной ширины, например 1,25; 3,5; 5; 7; 8,75; 10; 14; 15; 17,5 и 20 МГц на рабочих частотах ниже 6 ГГц. Использование мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM) и многостанционного доступа с ортогональным частотным разделением (OFDMA) улучшает эффективность использования ширины полосы за счет сочетания временного и частотного планирования и гибкости при управлении различными устройствами пользователей со многими типами антенн и форм-факторами. Такое использование приводит к снижению помех устройствам пользователей с ненаправленными антеннами и улучшенными возможностями связи вне зоны прямой видимости, что является важным при обеспечении поддержки подвижных пользователей. При формировании подканалов определяются подканалы, которые могут распределяться различным пользователям в зависимости от условий в канале и предъявляемым требованиям в отношении данных. Это позволяет поставщику услуг более гибко управлять шириной полосы и мощностью передачи и приводит к более эффективному использованию ресурсов, включая ресурсы спектра.

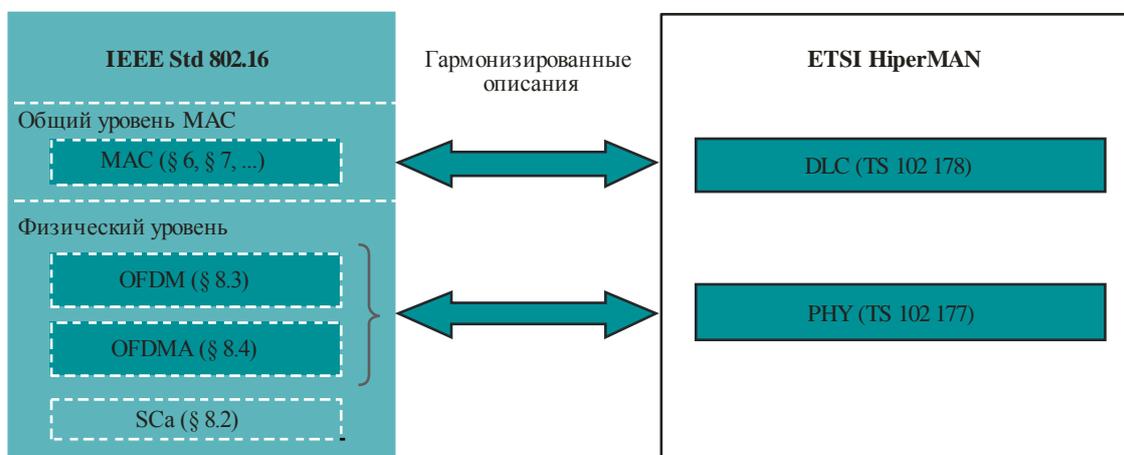
Радиointерфейс поддерживает предоставление каналов с различной шириной полосы и рабочими частотами, обеспечивая пиковую спектральную эффективность до 3,5 бит/с/Гц в конфигурации с одной приемо-передающей антенной (SISO).

Радиointерфейс включает уровни PHY и MAC/DLC. Уровень MAC/DLC базируется на методе многостанционного доступа с предоставлением каналов по требованию, при котором передачи планируются в соответствии с приоритетом и наличием каналов. Такая схема обусловлена необходимостью обеспечения операторского класса доступа к сетям общего пользования путем поддержки различных подуровней конвергенции, например на базе протокола Интернет (IP) и Ethernet с полным качеством обслуживания (QoS).

Гармонизированные уровни MAC/DLC поддерживают режимы OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением) и OFDMA (многостанционный доступ с ортогональным частотным разделением) для уровня PHY.

На рисунке 1 графически изображены гармонизированные описания на функциональную совместимость для стандартов IEEE WirelessMAN и ETSI HiperMAN, которые включают описания физических уровней с OFDM и OFDMA, а также весь уровень MAC, включая аспекты безопасности.

РИСУНОК 1  
Стандарты ШБД, гармонизированные для обеспечения функциональной совместимости на частотах ниже 6 ГГц



М. 1801-01

Форум WiMAX™, IEEE 802.16 и ETSI HiperMAN определяют профили рекомендованных параметров функциональной совместимости. Профили IEEE 802.16 содержатся в основном документе по стандартам, в то время как профили HiperMAN включены в отдельный документ. Ассоциация по технологиям электросвязи (ТТА) определяет стандарт для услуги WiBro, которая основывается на профиле 1A<sup>15</sup> Форума WiMAX. И хотя оно не прямо включено в Приложение 2, содержание этого стандарта, ТТАК.КО-06.0082/R2, в том числе формирование канала 8,75 МГц, идентично содержанию вариантов, предусмотренных в п. 6 Приложения 2.

## 2 Подробное описание радиointерфейса

### 2.1 IEEE 802.16

*Стандарт IEEE для локальных и городских сетей, часть 16: Радиointерфейс для систем фиксированного и подвижного широкополосного беспроводного доступа*

Стандарт IEEE Std 802.16 является стандартом радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа (ШБД). Он поддерживает системы фиксированного, кочевого и мобильного доступа и дает возможность работы в комбинированном режиме фиксированного и подвижного доступа в разрешенных полосах частот ниже 6 ГГц. Существующий стандарт IEEE Std 802.16-2009 предназначен для радиосети с высокой пропускной способностью и пакетной передачей данных, способной поддерживать несколько классов применений и услуг на базе IP, в зависимости от видов использования, мобильности и бизнес-моделей. Для обеспечения такого разнообразия радиointерфейс IEEE 802.16 разработан с высокой степенью гибкости и имеет расширенный набор вариантов.

Технология подвижной широкополосной беспроводной связи на основе стандарта IEEE 802.16 обеспечивает гибкое развертывание сети и предложение услуг. Ниже приводится ряд основных характеристик стандарта:

<sup>15</sup> <http://www.wimaxforum.org/resources/technical-specifications>.

### *Пропускная способность, эффективность использования спектра и покрытие*

Для обеспечения максимально возможной пропускной способности и покрытия системы используются усовершенствованные методы, основанные на применении многих антенн, в сочетании с передачей сигналов методом OFDMA. При передаче сигналов OFDM происходит преобразование широкополосного канала с частотно-селективными замираниями в много узкополосных поднесущих с плавными затуханиями и, следовательно, работа интеллектуальной антенны может осуществляться на поднесущих типа плоский вектор. Ниже приводятся основные технические характеристики метода с использованием многоэлементных антенн:

- система со многими входами и многими выходами (MIMO) 2-го, 3-го и 4-го порядков и пространственное разделение (SM) на линиях вверх и вниз;
- адаптивное переключение системы с MIMO между пространственным разделением/блочными методами пространственно-временного кодирования для достижения максимальной эффективности использования спектра без уменьшения зоны покрытия;
- совместное пространственное разделение сигналов на линии вверх (UL) для устройств с одной передающей антенной;
- усовершенствованное формирование диаграммы направленности и управление нулевым положением диаграммы направленности.

На линиях вверх и вниз поддерживается модуляция QPSK, а также QAM 16-го и 64-го порядков. Усовершенствованные схемы кодирования, включая сверточное кодирование, коды CTC, BTC и LDPC, а также использование управляемого комбинирования, гибридного ARQ с увеличенной избыточностью и механизма адаптивной модуляции и кодирования позволяют этой технологии обеспечивать надежную радиосвязь с высокими показателями работы.

### *Поддержка мобильности*

В этом стандарте поддерживается оптимизированная эстафетная передача сигнала с кратковременным прерыванием соединения, инициируемая БС и ПС, при которой обеспечивается эффективное использование ширины, а также сокращение задержки при эстафетной передаче до величины, не превышающей 50 мс. Этот стандарт также поддерживает методы быстрого переключения базовой станции (FBSS) и эстафетной передачи сигнала с макро-разнесением (MDHO), дающие возможность дальнейшего сокращения задержки при эстафетной передаче.

Поддерживаются различные режимы энергосбережения, включая ждущий режим и нерабочий режим многих классов энергосбережения.

### *Предложение услуг и классы обслуживания*

Используется набор вариантов QoS, например предоставление канала без дополнительного запроса (UGS), переменная скорость для применений в реальном времени, переменная скорость для применений не в реальном времени, негарантированное качество и расширенная возможность переменной скорости для применений в реальном времени с подавлением пауз (в основном, для услуг VoIP), с тем чтобы обеспечить поддержку гарантированных уровней обслуживания, включая гарантированную и пиковую скорости передачи информации, минимальную зарезервированную скорость, максимальную устойчивую скорость, максимальный допуск на время ожидания, допуск на дрожание, приоритет трафика для различных типов интернет-приложений и приложений в режиме реального времени, например VoIP.

Выделение для линии вверх и линии вниз субкадров разной длительности обеспечивает возможность передачи по этим линиям трафика, имеющего изначально асимметричный характер.

В данной технологии использование режимов выделения многих соседних и чередующихся поднесущих с OFDMA обеспечивает компромисс между мобильностью и пропускной способностью, обеспечиваемых в рамках сети в целом, а также в зависимости от конкретного пользователя. Применение режима OFDMA с перестановкой соседних поднесущих дает возможность выделения подгруппы поднесущих для подвижных пользователей в зависимости от относительной мощности сигнала.

Разделение на подканалы и использование схем сигнализации на базе MAP обеспечивает механизм оптимального планирования пространственных, частотных и временных ресурсов для одновременного управления и распределения данных (многоадресной передачи, широковещательной передачи и одноадресной передачи) по радиоинтерфейсу на покадровой основе.

#### *Возможность масштабирования*

Стандарт IEEE 802.16 рассчитан на изменение ширины полосы различных каналов от 1,25 МГц до 28 МГц, с тем чтобы удовлетворять отличающимся во всем мире требованиям.

Масштабируемый физический уровень, основанный на принципах масштабирования OFDMA, позволяет этой технологии оптимизировать качественные показатели мобильной среды при многолучевых замираниях, которая характеризуется задержкой при распространении и доплеровским сдвигом. При этом обеспечивается минимальное перекрытие в широком диапазоне размеров полос, занимаемых каналами. Возможность масштабирования достигается путем приведения размера функции быстрого преобразования Фурье (FFT) в соответствие с шириной полосы канала, наряду с закреплением разнесения частот поднесущих.

#### *Планирование с повторным использованием частот*

На физическом уровне стандарта IEEE 802.16 с OFDMA поддерживаются различные режимы выделения подканалов и структуры кадров, например частичное использование подканалов (PUSC), полное использование подканалов (FUSC) и усовершенствованные методы модуляции и кодирования (AMC). Эти варианты позволяют поставщику услуг гибко осуществлять планирование с повторным использованием частот в сети беспроводной связи, обеспечивая коэффициент повторного использования с точки зрения эффективности использования спектра, равный 1, коэффициент повторного использования с точки зрения устойчивости к помехам, равный 3 или оптимальные сценарии развертывания с частичным повторным использованием частот.

В случае если коэффициент повторного использования частот равен 1, то, несмотря на то что, как правило, емкость может быть увеличена, пользователи на краю соты могут столкнуться с низким качеством соединения, связанным с сильными помехами. В связи с тем что в методе OFDMA пользователи работают с использованием подканалов, которые занимают лишь малую часть ширины полосы канала, проблему помехи на краю соты можно легко разрешить путем изменения конфигурации используемого подканала или коэффициента использования в кадре (таким образом, применяется принцип частичного повторного использования), не прибегая к традиционному частотному планированию. При такой конфигурации для центральных пользователей<sup>16</sup>, имеющих каналы передачи с более высоким качеством, достигается коэффициент повторного использования частот при полной нагрузке, равный 1, с тем чтобы добиться максимального значения эффективности использования спектра, в то время как для краевых пользователей<sup>17</sup> обеспечивается частичное повторное использование спектра, чтобы улучшить качество соединения и пропускную способность.

Планирование повторного использования подканалов можно адаптивно оптимизировать по секторам и сотам, исходя из нагрузки в сети, распределения пользователей по различным типам (стационарные и мобильные) и помеховой обстановки на покадровой основе. Все сектора/соты могут работать в одном радиочастотном канале, и никакого традиционного частотного планирования осуществлять не требуется.

#### *Подуровень безопасности*

Стандарт IEEE 802.16 поддерживает протоколы управления конфиденциальностью данных и ключами защиты: PKMv1 – RSA, HMAC, AES-CCM и PKMv2 – EAP, CMAC, AES-CTR, безопасность MBS.

#### *Стандарт*

Этот стандарт IEEE в электронном виде представлен по следующему адресу:

<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2009.pdf>.

---

<sup>16</sup> Пользователи, которые находятся в середине сектора, вдали от соседних секторов.

<sup>17</sup> Пользователи, которые находятся по краям сектора, вблизи от соседних секторов.

## 2.2 Стандарты ЕТСИ

Содержащиеся в настоящем разделе описания включены в следующие стандарты ШБД. К числу последних имеющихся версий относятся:

- ЕТСИ TS 102 177 v1.5.1: сети широкополосного радиодоступа (BRAN); HiperMAN; физический уровень (PHY);
- ЕТСИ TS 102 178 v1.5.1: сети широкополосного радиодоступа (BRAN); HiperMAN; уровень управления каналом передачи данных (DLC);
- ЕТСИ TS 102 210 v1.2.1: сети широкополосного радиодоступа (BRAN); HiperMAN; системные профили.

*Резюме.* Стандарт HiperMAN призван обеспечить функциональную совместимость систем ШБД, действующих на частотах ниже 11 ГГц, с тем чтобы добиться больших размеров сот при работе вне зоны прямой видимости (NLOS). Этот стандарт обеспечивает поддержку методов FDD и TDD, высокую эффективность использования спектра и скорости передачи данных, адаптивную модуляцию, большие радиусы сот, поддержку усовершенствованных антенных систем, алгоритмы шифрования высокой криптостойкости. В существующих профилях стандарта определен разнос частот между каналами, составляющий 1,75 МГц, 3,5 МГц и 7 МГц, приемлемый для диапазона 3,5 ГГц.

Основные характеристики стандартов HiperMAN, которые полностью гармонизированы со стандартом IEEE 802.16, являются следующими:

- все улучшения на физическом уровне, связанные с режимами OFDM и OFDMA, включая метод MIMO для режима OFDMA;
- гибкое формирование каналов, включая структуру с каналами 3,5 МГц, 7 МГц и 10 МГц (вплоть до 28 МГц);
- режим масштабирования OFDMA, включая размеры функций быстрого преобразования Фурье, составляющие 512, 1024 и 2048 точек, которые должны использоваться в функции от ширины канала таким образом, чтобы разнос между поднесущими оставался постоянным;
- применение метода OFDMA (формирование подканалов) на линиях вверх и вниз в режимах OFDM и OFDMA;
- поддержка адаптивных антенн в режимах OFDM и OFDMA.

*Стандарты.* Все стандарты ЕТСИ можно получить в электронной форме по адресу:

<http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>, указав номер стандарта в окне ввода поискового запроса.

## Приложение 5

### Стандарты радиointерфейсов ATIS WTSC для систем ШБД, действующих в подвижной службе

#### 1 Стандарт беспроводного широкополосного доступа к интернету ATIS WTSC и другие стандарты

Комитет по технологиям и системам беспроводной связи (WTSC) Альянса по отраслевым решениям в области электросвязи (ATIS), являющийся организацией по разработке стандартов, аккредитованной Американским национальным институтом стандартов (ANSI), разработал три американских национальных стандарта, которые тесно связаны с принятыми им требованиями к системам беспроводного широкополосного доступа к интернету (WWINA). Комитетом также разработаны другие стандарты, применимые к кочевому беспроводному доступу. Стандарты радиointерфейсов для систем WWINA обеспечивают возможность работы переносимых беспроводных систем и оказания услуг для кочевых пользователей, которые дополняют рынки модемов DSL и кабельных модемов.

Эти системы оптимизированы для услуг высокоскоростной пакетной передачи данных, которые работают в отдельном канале, оптимизированном для передачи данных. В требованиях к WWINA определяются радиointерфейсы для беспроводного доступа в интернет вне зоны прямой видимости для полноэкранных мультимедийных устройств, обеспечивающих качественные характеристики в полном объеме.

Эти радиointерфейсы обеспечивают улучшенные качественные показатели оконечных устройств доступа, если сравнивать с другими системами, которые предназначены для устройств высокомобильных пользователей. В частности, радиointерфейсы для WWINA оптимизируют следующие атрибуты качественных показателей:

- скорости передачи данных в системе;
- покрытие/радиус действия системы;
- пропускную способность сети;
- минимальную сложность сети;
- управление категорией обслуживания и качеством обслуживания.

## **2 Стандарт многостанционного доступа с пространственным разделением и высокой пропускной способностью (HC-SDMA) ATIS-0700004.2005**

### **2.1 Обзор радиointерфейса**

В стандарте HC-SDMA определяется радиointерфейс для территориальной распределительной системы подвижной широкополосной связи. В системе HC-SDMA используются технологии дуплекса с временным разделением (TDD) и адаптивных антенн (AA), наряду с алгоритмами пространственной обработки с использованием многих антенн, предназначенные для создания системы подвижной связи, эффективно использующей спектр. Эти системы могут обеспечить развертывание услуг подвижной широкополосной связи всего лишь в одной (непарной) полосе спектра шириной 5 МГц, разрешенной для подвижных служб. Системы HC-SDMA предназначены для работы в разрешенных полосах частот ниже 3 ГГц, которые наиболее приемлемы для подвижных применений, обеспечивающих полную мобильность и обслуживание большой территории. В связи с тем что в системах на основе стандарта HC-SDMA используется технология TDD, и им не требуются симметричные парные полосы частот, разделенные соответствующим защитным интервалом, или дуплексный разнос, то эта система может легко перейти на другие полосы частот. В технологии HC-SDMA достигается скорость передачи данных в канале 20 Мбит/с в разрешенной полосе шириной 5 МГц. При развертывании сети стандарта HC-SDMA с использованием разрешенной полосы спектра 10 МГц и коэффициентом повторного использования частот  $N = 1/2$ , в каждой соте этой сети можно в полной мере обеспечить скорость передачи 40 Мбит/с, что соответствует эффективности использования спектра 4 бит/с/Гц/соту.

### **2.2 Подробные описания радиointерфейса**

Радиointерфейс HC-SDMA имеет структуру TDD/TDMA, физические и логические характеристики которой были выбраны для обеспечения эффективного транспортирования IP-данных конечного пользователя, а также для извлечения максимальной пользы из обработки сигнала с использованием адаптивных антенн. Организация физических аспектов протокола обеспечивает пространственные данные для режима обучения, а также связанную с ними помеховую обстановку на линиях вверх и вниз, предназначенные для логических каналов, пригодных для направленной передачи и приема, например каналов трафика. И наоборот, каналы, непригодные для направленной обработки, например каналы пейджинга или вещания, несут меньшую нагрузку и получают более высокую степень защиты от ошибок, чтобы выровнять их каналы передачи с каналами, получившими направленную обработку. Для обеспечения надежной передачи в широком диапазоне состояний линии применяется адаптивная модуляция и кодирование каналов, наряду с регулированием мощности на линиях вверх и вниз. Чтобы добиться надежности в линии, в дополнение к модуляции, кодированию и регулированию мощности используется режим быстрого ARQ. Также поддерживается режим быстрой высокоэффективной эстафетной передачи вызовов между сотами без разрыва соединения. Аутентификация, авторизация и

конфиденциальность в отношении линии радиодоступа осуществляется путем взаимной аутентификации терминалов и сети доступа, а также путем шифрования.

В радиointерфейсе стандарта имеется три уровня, которые обозначаются как L1, L2, and L3.

В таблице 1 представлены описания функциональных возможностей, которые включает в себя каждый уровень радиointерфейса. Ниже приводятся краткие характеристики каждого уровня. Более подробный обзор основных аспектов содержится в последующих разделах настоящего Приложения.

ТАБЛИЦА 1  
Уровни радиointерфейса

Уровень	Определенные свойства
L1	Структуры на основе кадров и пакетов, модуляция и кодирование канала, опережение
L2	Надежная передача, преобразование логических каналов в физические, групповое шифрование
L3	Управление сеансами, управление ресурсами, управление мобильностью, фрагментация, регулирование мощности, адаптация канала связи, аутентификация

В таблице 2 приведено резюме основных элементов радиointерфейса HS-SDMA.

ТАБЛИЦА 2  
Резюме основных элементов радиointерфейса HS-SDMA

Параметр	Значение
Дуплексный метод	TDD
Метод многостанционного доступа	FDMA/TDMA/SDMA
Схема доступа	Обнаружение/предотвращение коллизий с централизованным распределением ресурсов
Разнос между несущими	625 кГц
Период кадра	5 мс
Уровень асимметрии в скорости передачи данных пользователя	Уровень асимметрии для линий вверх/вниз при пиковых скоростях равен 3:1
Временные интервалы на линии вверх	3
Временные интервалы на линии вниз	3
Радиус действия	> 15 км
Скорость передачи символов	500 кбод/с
Схема формирования импульсов	Квадратный корень из приподнятого косинуса
Избыточная ширина полосы	25%
Модуляция и кодирование	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Независимый выбор комбинации каналов на линиях вверх и вниз для каждого кадра + кодирование</li> <li>– 8 классов комбинаций каналов на линии вверх + кодирования</li> <li>– 9 классов комбинаций каналов на линии вниз + кодирования</li> <li>– Алгоритм постоянного модуля и комбинации прямоугольных сигналов</li> </ul>
Регулирование мощности	Для каждого кадра на линиях вверх и вниз с наличием обратной связи или без обратной связи
Быстрый ARQ	Да

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Параметр	Значение
Объединение несущих и временных интервалов	Да
QoS	Дифференцирование услуг, определение политики, поддержка ограничения скорости, установление приоритета, разделение полосы и т. д.
Безопасность	Взаимная аутентификация АТ и BSR, шифрование для обеспечения конфиденциальности
Эстафетная передача вызова	Управляемая АТ, без разрыва соединения
Распределение ресурсов	Динамическое, с предоставлением полосы по требованию

Все стандарты, упомянутые в настоящем Приложении, представлены в электронной форме по адресу: <https://www.atis.org/docstore/default.aspx>.

## Приложение 6

### Система "Расширенная глобальная платформа: XGP" – система широкополосного беспроводного доступа (ШБД), действующая в подвижной службе

#### 1 Обзор радиointерфейса

Форум XGP, известный ранее как Группа в рамках MoB PHS, являющаяся организацией по разработке стандартов, разработала систему "Расширенная глобальная платформа: XGP", являющуюся одной из систем ШБД. Система "Расширенная глобальная платформа", известная также как система "PHS следующего поколения" обеспечивает высокую эффективность использования спектра, главным образом за счет использования микросот, радиус которых существенно меньше, чем радиус типовых сот в подвижной телефонной связи, а также исходной системы PHS.

Система XGP является системой подвижного ШБД, в которой используется метод OFDMA, SC-FDMA/TDMA-TDD, и которая характеризуется рядом более усовершенствованных характеристик, которые приводятся ниже.

- Реализация постоянно подключенной среды на уровне IP  
Постоянно подключенный сеанс на уровне IP позволяет пользователям сразу начинать высокоскоростную передачу данных, имеет существенное значение, учитывая удобство постоянно подключенной среды, обеспечиваемой при наличии кабельного модема, и т. д.
- Высокая скорость передачи данных  
Также важно поддерживать пропускную способность отчасти для практического использования, даже в случае если произойдет существенная концентрация трафика.
- Высокая скорость передачи данных на линии вверх  
Что касается будущих потребностей в двунаправленной широкополосной связи, например видеоконференц-связи, то считается, что в ближайшее время скорость передачи данных на линии вверх свыше 10 Мбит/с станет еще более важной.
- Высокая эффективность использования спектра  
Высокая эффективность использования спектра необходима во избежание прерывания приложений услуг из-за нехватки частот ввиду сильной перегрузки по трафику в деловых районах или центре города.

Кроме того, эта система способна обеспечить высокую эффективность использования спектра за счет применения описанных ниже новейших технологий, таких как технология адаптивных антенных решеток, технология многостанционного доступа с пространственным разделением и технология автономного децентрализованного управления. Эти три технологии также помогают упразднить составление планов проектирования для сот и в результате добиться возможности реализации сот с радиусом менее 100 м.

Беспроводные системы подвижной связи, как правило, требуют относительно высокого уровня точности в месте их установки, необходимого для того, чтобы избежать помех с другими сотами. В случае макросотовых сетей отклонение базовой станции от выбранного здания/местоположения в сторону соседнего заменяющего здания/местоположения, вследствие безуспешных переговоров с владельцем этого выбранного здания, вызывает лишь межсотовые помехи, которые укладываются в пределы допустимой ошибки.

Однако в случае микросотовых сетей такие отклонения нельзя проигнорировать как допустимую ошибку; поэтому в некоторых случаях требуется корректировка плана расположения соседних сот.

С системой XGP эта проблема уже решена, поскольку она имеет помехоустойчивую структуру и не требует большой точности при определении местоположения базовых станций, что создает меньше проблем при построении микросотовых сетей.

Система XGP является одной из систем в системах ШБД, которая обладает дифференцирующей функцией за счет гибкого использования микросотовых сетей, а также макросот для того, чтобы решить проблему перегрузки в условиях интенсивного трафика в густонаселенных районах.

Метод автономного децентрализованного управления в системе XGP наглядно демонстрирует преимущество при построении микросотовых сетей. Можно также построить сеть, не беспокоясь о проблемах помех, которые возникают в тех случаях, когда аналогичным образом с использованием того же метода внедряются пикосота и фемтосота. Кроме того, поскольку для построения макросотовых сетей строгое проектирование сот не требуется, возможна простая эксплуатация сети, независимо от микросоты или макросоты, что позволяет использовать простой метод для установки в сети дополнительных базовых станций.

Для получения доступа к преимуществам, предоставляемым LTE, начиная с версии 2 спецификаций XGP к основному режиму XGP добавлен глобальный режим, который описан в спецификации 3GPP (LTE TDD). Поэтому XGP стала в значительной степени совместимой с LTE TDD и может рассматриваться как часть семейства LTE, составляющего единую экосистему.

Версия 2 спецификаций XGP также включает некоторые специальные требования, соответствующие региональным или местным нормативным актам.

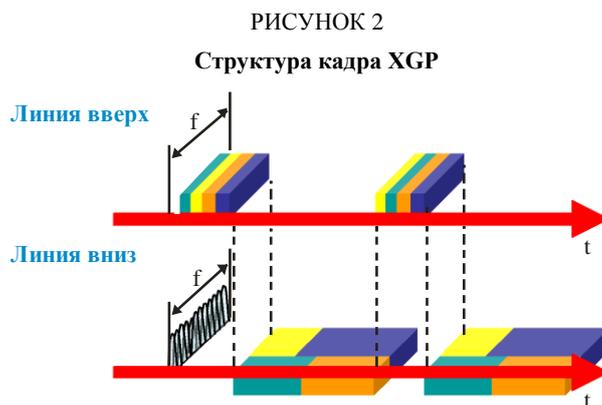
## 2 Подробное описание радиоинтерфейса

Радиоинтерфейс XGP имеет два формата для методов многостанционного доступа, например OFDMA, SC-FDMA (контролируются по оси частот) и TDMA (контролируется по оси времени). OFDMA представляет собой метод FDMA, при котором канал связи делится на небольшое количество равномерно распределенных полос частот, каждая из которых несет часть радиосигнала параллельно с другими. Эти поднесущие затем одновременно передаются приемнику на разных частотах. OFDMA превратился в популярную схему для широкополосной цифровой связи.

Дуплексный метод представляет собой TDD. Метод TDD не требуется для парных частотных каналов, и он позволяет ассиметрично выделять ресурсы для линий вверх и вниз, высвобождая пропускную способность для приложений, работающих с большими объемами данных, передаваемыми по линии вверх или вниз.

XGP поддерживает следующую рабочую ширину полосы канала: 1,25 МГц, 2,5 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц, 22,5 МГц, 25 МГц, 30 МГц; его схема модуляции поддерживает BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM и 256-QAM. Разнос между поднесущими частотами составляет 15 и 37,5 кГц. Временной кадр состоит из 4, 8, 10, 16, 20 временных интервалов длительностью 2,5 мс, 5 мс, 10 мс. Каждый интервал может использоваться раздельно или непрерывно одним пользователем, особенно при ассиметричной структуре кадра.

Структура кадра XGP показана на рисунке 2.



М.1801-02

В системе XGP достигается эффективное использование спектра за счет использования ряда функций, например адаптивных антенных решеток, метода SDMA и MIMO.

Адаптивная антенная решетка – это метод формирования адаптивного луча от BS/MS к MS/BS путем комбинирования сигналов соответствующих антенн. Адаптивная антенная решетка использует несколько антенн и комбинирует их сигналы 1) для адаптивного формирования луча в желаемых направлениях, чтобы избежать вредных помех от их источников; и 2) для отправки наиболее подходящих радиоволн/сигналов к конкретному терминалу при помощи сформированного луча. Эта антенная технология хорошо подходит к системе XGP, которая использует схемы OFDMA SC-FDMA/TDMA-TDD, и может эффективно применяться как для приемника, так и для передатчика. Она имеет потенциал для повышения эффективности использования спектра XGP и позволяет покрыть более широкую площадь при меньших затратах.

Основные характеристики радиointерфейса приведены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3  
Основные характеристики XGP

Метод многостанционного доступа	OFDMA, SC-FDMA/TDMA
Дуплексный метод	TDD
Рабочая ширина полосы канала	1,25 МГц, 2,5 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 20 МГц, 22,5 МГц, 25 МГц, 30 МГц
Разнос между поднесущими частотами	15 кГц, 37,5 кГц
Длительность кадра	2,5 мс, 5 мс, 10 мс
Число временных интервалов	4, 8, 10, 16, 20 временных интервалов
Схема модуляции	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Методы обеспечения эффективного использования спектра	Адаптивная антенная решетка, SDMA, MIMO
Пиковая скорость передачи в канале/20 МГц (в случае SISO UL:DL = 1:3)	Линия вверх: 15 Мбит/с Линия вниз: 55 Мбит/с

### Стандарты

Характеристики системы "Расширенная глобальная платформа" Форума XGP доступны в электронном виде на веб-сайте:

"A-GN4.00-02-TS: характеристики Расширенной глобальной платформы"  
<http://www.xgpforum.com>.

Ассоциация представителей радиопромышленности и бизнеса (ARIB) также разработала стандарт для системы "Расширенная глобальная платформа" для внутреннего использования в Японии.

Стандарт для системы "Расширенная глобальная платформа" ARIB также доступен на веб-сайте ARIB. "ARIB STD-T95: система широкополосного доступа OFDMA/TDMA TDD СТАНДАРТ ARIB" <http://www.arib.or.jp/english/index.html>.

Стандарт "ARIB STD-T95" включает японские характеристики регулирования, а также исходные характеристики системы.

## Приложение 7

### **IEEE 802.20: Стандарт радиointерфейса для мобильного широкополосного беспроводного доступа, поддерживающий движущиеся транспортные средства**

Стандарт IEEE 802.20 предназначен для обеспечения широкополосного беспроводного доступа (в интернет) на основе IP-протокола во время движения. Этот стандарт включает широкополосный режим и режим со многими несущими 625к. Дуплексирование с временным разделением поддерживается, как за счет режима 625к-МС, так и широкополосного режима; дуплексирование с частотным разделением поддерживается за счет широкополосного режима.

#### **1 Аспекты системы**

Стандарт 802.20 устанавливает требования в целях обеспечения совместимости между соответствующим терминалом доступа (AT) и соответствующим узлом доступа (AN) или базовой станцией (BS) в соответствии с надлежащим образом выбранными режимами стандарта.

Цель стандарта 802.20 заключается в том, чтобы обеспечить либо фиксированную иерархическую структуру с обратной связью (привычную для сотовой среды), либо более динамическую неиерархическую структуру с обратной связью. Архитектура спецификации 802.20 предназначена для обеспечения основы для обратной совместимости для будущего добавления услуг и расширения возможностей систем без утраты обратной совместимости и для поддержки существующей технологии.

Широкополосный режим базируется на методах OFDMA и предназначен для работы дуплексом с частотным разделением (FDD) и дуплексом с временным разделением (TDD) в полосе пропускания в пределах от 5 МГц до 20 МГц. Для систем, имеющих более 20 МГц, широкополосный режим определяет подходящий режим многих несущих, способный обеспечить более широкие полосы пропускания.

Режим 625к-МС – радиointерфейс TDD, разработанный для того, чтобы извлечь максимальную выгоду из адаптивной обработки сигнала с использованием многих антенн. Режим 625к-МС позволяет обеспечить широкополосный беспроводной доступ с использованием многих несущих радиочастот (RF) с разносом несущих 625 кГц, которые обычно развертываются в блоках каналов размером 5 МГц и выше. Режим 625к-МС поддерживает агрегирование многих несущих радиочастот TDDD, для того чтобы еще больше увеличить пиковые скорости передачи данных для каждого пользователя.

#### **1.1 Широкополосный режим – особенности физического уровня**

Широкополосный режим стандарта 802.20 обеспечивает поддержку физического уровня на основе OFDMA как для прямых, так и обратных каналов. Поддерживая развертывания как FDD, так и TDD, PHY использует аналогичную форму сигнала полосы групповых частот для обоих из них, уменьшая тем самым количество технологий, которые должны внедряться поставщиками. Спецификация обеспечивает наборы модулирующих сигналов до 64-QAM с синхронным HARQ как для прямых, так и обратных каналов, для того чтобы улучшить пропускную способность в динамической среде. Для управления различными средами несколько различных поддерживаемых схем кодирования включают сверточные коды, турбокоды, а также факультативную схему LDPC, отличительной чертой которой являются характеристики, сравнимые с турбокодами во всех завершениях HARQ, или еще лучшие.

Хотя физический уровень RL основывается на OFDMA, часть сигнализации из АТ в АН осуществляется через управляющий сегмент CDMA, встроенный в некоторые поднесущие сигнала OFDM. Такая уникальная характеристика обеспечивает устойчивую и непрерывную сигнализацию из АТ в АН и может использовать методы мягкой переадресации, а также другие методы, разработанные для сотовой передачи с использованием технологии CDMA. Результатом является повышенная устойчивость сигнализации RL и непрерывность канала сигнализации даже во время таких передач, как доступ и переадресация. Поскольку сегмент CDMA "перепрыгивает" через весь широкополосный канал, то АН может легко производить широкополосные измерения, необходимые для более эффективного управления помехой и ресурсами.

## 1.2 Широкополосный режим – методы с использованием многих антенн

С точки зрения системы технология 802.20 определяет несколько методов с использованием многих антенн для использования с FL. Могут поддерживаться одновременно как пользователи SISO, так и пользователи MIMO, оптимизируя тем самым взаимодействие с пользователем до наилучшего возможного опыта в условиях данной канальной проводимости. Для пользователей, находящихся неподалеку от AP, MIMO позволяет обеспечить высокую скорость передачи данных. Формирование диаграммы направленности увеличивает скорость передачи пользовательских данных путем сосредоточения передаваемой мощности в направлении пользователя, позволяя тем самым получить более высокое отношение сигнала и помехи к шуму (SINR) на АТ. Технология SDMA еще больше увеличивает возможности сектора, позволяя осуществлять одновременные передачи в направлении разнесенных в пространстве пользователей, используя одни и те же наборы поднесущих. Таким образом, формирование диаграммы направленности в комбинации с MIMO и SDMA обеспечивает более высокие скорости передачи пользовательских данных как в районах как с высоким, так и с низким SINR.

## 1.3 Режим 625к-МС – характеристики радиointерфейсов

Проект спецификации 625к-МС стандарта IEEE 802.20 является улучшением к базовым спецификациям, которое обеспечивается стандартом радиointерфейса (ATIS.0700004.2005) многостанционного доступа с пространственным разделением и высокой пропускной способностью (HC-SDMA) и полностью обратно совместимо с серийно развернутыми системами, основанными на спецификациях HC-SDMA.

Режим 625к-МС, который спроектирован исключительно с использованием многих антенн с пространственной обработкой и многостанционным доступом с пространственным разделением каналов (SDMA), позволяет передавать IP-трафик, в том числе широкополосные IP-данные, посредством многоуровневой эталонной модели, как это показано на рисунке 2. Физический (PHY) и канальный уровни (MAC и LLC) оптимальным образом приспособлены для извлечения максимальных преимуществ из технологий пространственного разделения: обработка сигнала с использованием адаптивных антенн и SDMA, повышенная эффективность использования спектра и его емкость, а также большее покрытие при обеспечении возможности осуществления хозяйственной деятельности даже в том случае, если имеющийся спектр составляет всего лишь 625 кГц. Во-вторых, физический и канальный уровни поддерживают высокие скорости передачи данных и пропускную способность путем обеспечения возможности агрегирования многих несущих 625 кГц, откуда и название – "режим 625к-МС".

[https://sbwsweb.ieee.org/ecustomercme\\_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+\(eSales\)StandardsIEEE&mem\\_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657](https://sbwsweb.ieee.org/ecustomercme_enu/start.swe?SWECmd=GotoView&SWEView=Catalog+View+(eSales)StandardsIEEE&mem_type=Customer&SWEHo=sbwsweb.ieee.org&SWETS=1192713657).

## Приложение 8

### Радиоинтерфейс для систем широкополосного беспроводного доступа стандарта SCDMA

#### 1 Обзор радиоинтерфейса

Стандартный радиоинтерфейс определяет физический уровень, основанный на TDD/кодовом разделении OFDMA (CS-OFDMA), и уровень управления доступом к среде передачи (MAC)/управления каналом передачи данных (DLC). Основанная на пакетной передаче данных, система подвижной широкополосной связи, созданная согласно стандартному радиоинтерфейсу, поддерживает весь диапазон применений, включая передачу данных негарантированного качества, мультимедийных данных в режиме реального времени, одновременную передачу данных и голоса.

Радиоинтерфейс оптимизирован в целях обеспечения высокоэффективной передачи голоса, полной мобильности при передаче голоса и данных и высокоэффективного использования спектра при распределении одной частоты. Методы, основанные на использовании многих антенн, например формирование диаграммы направленности, формирование нулей и разнесение по передаче, были включены в радиоинтерфейс в целях обеспечения большего покрытия, лучших показателей мобильности и ослабления помех для поддержания развертывания с коэффициентом повторного использования частоты  $N = 1$ .

Радиоинтерфейс поддерживает полосу пропускания канала, кратную от 1 МГц до 5 МГц. Разделение на подканалы и кодовое разделение, специально определенные внутри каждой 1 МГц полосы пропускания, обеспечивают частотное разнесение и возможность наблюдения за помехой для распределения радиоресурсов с дроблением полосы пропускания на 8 кбит/с. Разделение на подканалы позволяет также осуществлять скоординированное динамическое распределение канала между сотами для эффективного избежания взаимных помех. Система, использующая 5 МГц полосу пропускания, может поддерживать 120 параллельных пользователей. Поэтому распределение подканалов и мощности для многих пользователей производится на основе как условий распространения в канале, так и уровней помех в канале.

Стандартный радиоинтерфейс поддерживает модуляции QPSK, 8-PSK, 16-QAM и 64-QAM как для линий вверх, так и для линий вниз, обеспечивая пиковое значение эффективности использования спектра в 3 бит/с/Гц для конфигурации с одной приемо-передающей антенной. Эта система использует TDD для того, чтобы отделить передачи по линии вверх от передачи по линии вниз. Соотношение между передачей данных по линии вверх и передачей по линии вниз может гибко корректироваться путем изменения точки коммутации линии вверх и линии вниз.

MAC/DLC выполняет функцию управлением доступом пользователя, управления сеансами и коррекции ошибок с использованием ARQ. Оно осуществляет также назначения полосы пропускания, распределение каналов и планирование пакетов для сообщений многих пользователей с учетом запросов пользователей относительно полосы пропускания, приоритетов пользователей, потребностей пользователей в QoS/GoS и условий в канале.

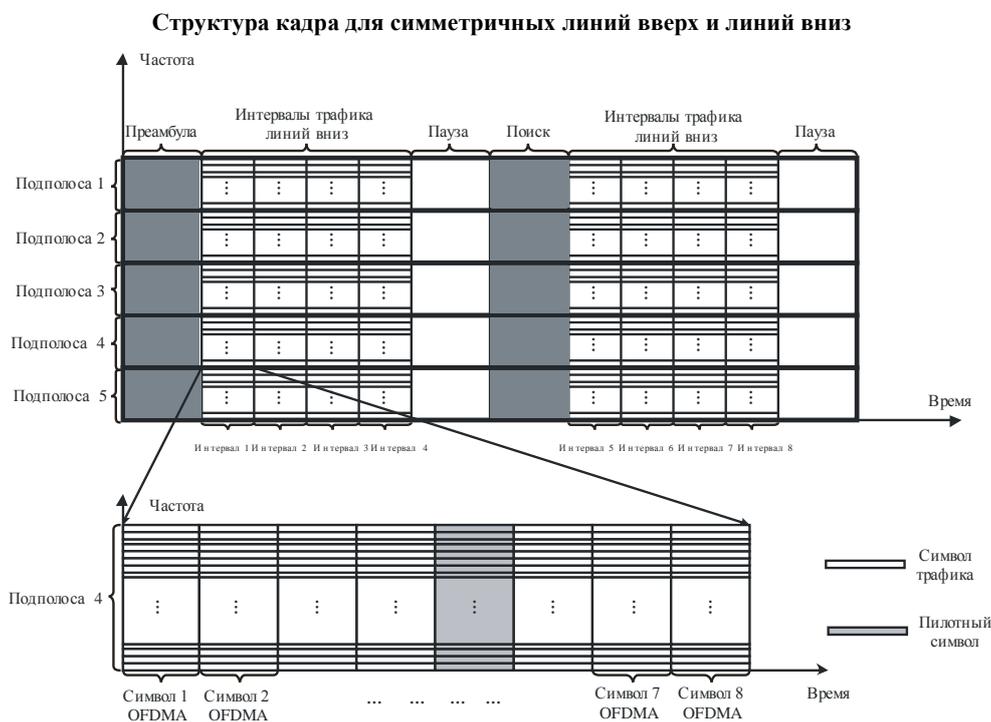
#### 2 Общие аспекты радиоинтерфейса

##### 2.1 CS-OFDMA и структура кадра

Стандартный радиоинтерфейс использует CS-OFDMA в качестве основного метода как передачи сигнала, так и осуществления многостанционного доступа. CS-OFDMA основано на методе OFDMA. Подобно OFDMA, каждому пользователю распределяется специальный набор сеток время-частота для связи, так что помеха многостанционного доступа и многолучевая помеха не возникают. Однако, в отличие от обычного OFDMA, при котором каждый закодированный символ прямо отображается на распределенной сетке времени-частоты, вектор сигнала CS-OFDMA формируется путем предварительного кодирования вектора закодированных символов. Затем полученный вектор сигналов

CS-OFDMA отображается на многих сетках времени-частоты, которые распределены по времени и частоте. Таким способом сигналы передаются с собственной частотой и разнесением по времени. CS-OFDMA и осуществление многостанционного доступа нагляднее всего представлены следующей структурой кадра.

РИСУНОК 3



На рисунке 3 полоса 5 МГц разделена на пять подполос, причем каждая подполоса занимает 1 МГц. Каждая подполоса состоит из 128 поднесущих, которые поделены на 16 подканалов, а каждый подканал включает восемь распределенных поднесущих. TDD-кадр CS-OFDMA имеет длительность в 10 мс, состоящую из одного временного интервала преамбулы, одного временного интервала поиска, восьми временных интервалов трафика и двух защитных временных интервалов. Соотношение интервалов трафика линий вверх и интервалов трафика линий вниз может быть отконфигурировано. Каждый временной интервал включает 8/10 последовательных символов OFDMA. Основные параметры сигнала CS-OFDMA перечислены в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4

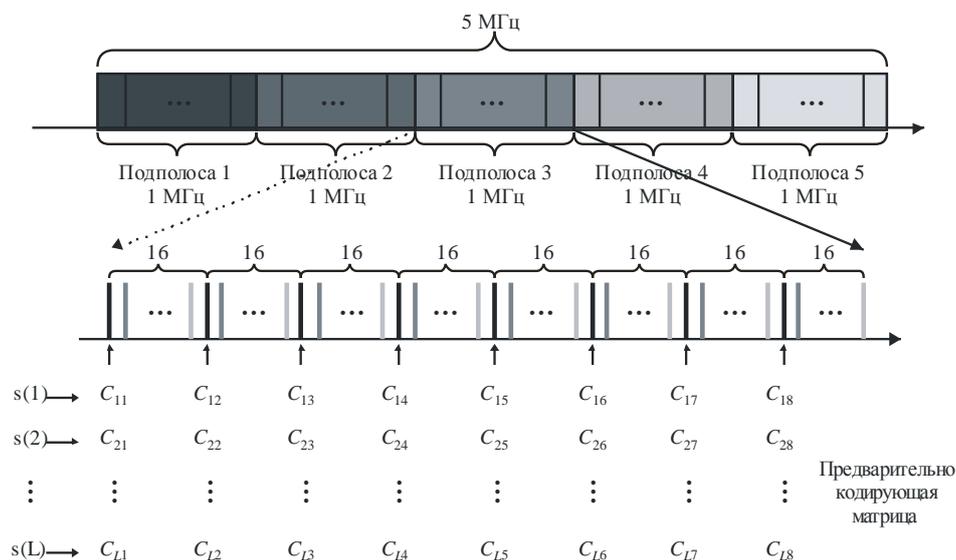
**Основные параметры сигнала CS-OFDMA**

Параметры	Значения
Размер FFT	1 024
Разнесение поднесущих	7,8125 кГц
Длительность символа CS-OFDMA	137,5 мкс
Длительность циклического префикса	9,5 мкс
Ширина полосы, занимаемой базовой станцией	5 МГц
Количество защитных поднесущих	32

Все поднесущие внутри подполосы и временной интервал образуют блок ресурсов, содержащий 128 поднесущих по восемь символов OFDMA. Расширение кода осуществляется на восьми выбранных поднесущих в каждом блоке ресурсов с восемью поднесущими, равномерно распределенными по 1 МГц подполосе. Вектор сигнала CS-OFDMA размером 8 на 1 образуется путем умножения слева вектора закодированного символа  $L$  на 1 на предварительно кодирующую матрицу размером 8 на  $L$ . Затем полученные восемь сигналов отображаются на восьми поднесущих.  $L$  – коэффициент нагрузки расширения кода, который является целой переменной, равной или меньшей 8. Схема представлена на рисунке 4.

РИСУНОК 4

#### Расширение кода с предварительно кодирующей матрицей и его отображение на поднесущих



М.1801-04

## 2.2 Основные характеристики стандартного радиointерфейса

Стандартный радиointерфейс обеспечивает оптимизированную основу для внедрения таких методов PHY/MAC/DLC, как усовершенствованный метод, основанный на использовании многих антенн, коэффициент адаптивного распределения нагрузки и модуляция, динамическое распределение каналов, передача обслуживания перед разрывом соединения и управление QoS/GoS. Широкополосная система подвижной связи, основанная на стандартном радиointерфейсе, обеспечивает гибкость развертывания в целях удовлетворения различных потребностей, касающихся покрытия, емкости и обслуживания.

### 2.2.1 Метод, основанный на применении многих антенн

Структура кадра TDD/CS-OFDMA подходит для применения метода, основанного на использовании многих антенн. При формировании диаграммы направленности на линиях вверх и линиях вниз качество и покрытие канала значительно улучшается, а межсотовая помеха уменьшается. Оптимизированный метод пространственного формирования нулей позволяет системе работать в условиях сильной помехи. Передача сигнала на основе диаграммы направленности со многими лучами повышает надежность канала связи на линии вниз.

### 2.2.2 TDD

Структура кадра TDD/CS-OFDMA поддерживает гибкие коэффициенты пропускной способности линий вверх и линий вниз 1:7, 2:6, 3:5, 4:4, 5:3, 6:2 и 7:1. TDD позволяет использовать многие непарные спектры для предоставления услуг широкополосного доступа. Стандартный радиointерфейс защищен от помехи между базовыми станциями, ввиду большого расстояния, и в то же время поддерживает покрытие базовая станция-терминал, превышающее 80 км.

### 2.2.3 Коэффициент адаптивного распределения нагрузки и модуляция

Радиоинтерфейс поддерживает следующую схему модуляции для линий вверх и линий вниз: QPSK, 8-PSK, 16-QAM и 64-QAM. FEC использует укороченный код Рида–Соломона (31, 29) с фиксированной кодовой скоростью 96/106. Управление скоростью, зависящей от канала, осуществляется путем корректирования порядка модуляции и коэффициента нагрузки расширения кода, обусловленного потерей на трассе, условиями в канале, запросом ширины полосы и качеством обслуживания пользователя (GoS), для того чтобы обеспечить оптимальную эффективность использования спектра системой.

### 2.2.4 Динамическое распределение каналов

Радиоинтерфейс включает интеллектуальный механизм обнаружения и избежания помехи. BS назначает каналы для каждого терминала на основе распределения помехи на линии вверх и на линии вниз в режиме реального времени, наблюдаемого всеми терминалами. Таким образом, каждый терминал всегда может осуществлять связь в подканалах с наименьшим уровнем помехи. Этот метод в сочетании с методом адаптивного формирования нулей позволяет осуществлять развертывание с коэффициентом повторного использования частоты, равным единице.

### 2.2.5 QoS/GoS

Радиоинтерфейс предоставляет механизм управления QoS/GoS для удовлетворения потребностей в качественном предоставлении услуг различного класса. Этот механизм реализуется через адаптацию канала с уведомлением о QoS, планирование пакетов и GoS на основе управления пропускной способностью. В радиоинтерфейсе определены восемь уровней QoS и восемь степеней GoS.

### 2.2.6 Мобильность

Структура кадра TDD/CS-OFDMA предлагает динамическое пилотное присвоение на основе характеристик мобильности терминала. Дополнительные сигналы присваиваются подканалам, распределенным для быстро движущихся терминалов, для того чтобы отслеживать канал с быстро изменяющимися параметрами. Радиоинтерфейс поддерживает передачу обслуживания перед разрывом соединения, позволяя терминалу поддерживать связь с BS в опорной точке и целевой BS одновременно в качестве способа проверки надежности соединения перед возможным переключением на целевую BS.

## Справочные материалы

Технические требования, предъявляемые к радиоинтерфейсу для систем широкополосного беспроводного доступа SCDMA (YD/T 1956-2009)

<http://www.ccsa.org.cn/worknews/content.php3?id=2393>.

## Приложение 9

### Основные характеристики стандартов

В таблице 5 содержится резюме основных характеристик каждого стандарта.

ТАБЛИЦА 5  
Основные технические параметры

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод многостанционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IEEE 802.16 WirelessMAN/ ETSI HiperMAN (Приложение 4)	Гибкое назначение начиная с 1,25 МГц вплоть до 28 МГц Типовая ширина полосы: 3,5 МГц, 5 МГц, 7 МГц, 8,75 МГц, 10 МГц и 20 МГц	Линия вверх: – QPSK-1/2, 3/4 – 16-QAM-1/2, 3/4 – 64-QAM-1/2, 2/3, 3/4, 5/6 Линия вниз: – QPSK-1/2, 3/4 – 16-QAM-1/2, 3/4 – 64-QAM-1/2, 2/3, 3/4, 5/6	СС/СТС другие варианты: ВТС/ LDPC	До 17,5 Мбит/с в режиме SISO До 35 Мбит/с в режиме (2 × 2) ММО До 70 Мбит/с в режиме (4 × 4) ММО	Да	Да	TDD/ FDD/ HFDD	OFDMA TDMA	5 мс Другие варианты: 2; 2,5; 4; 8; 10; 12,5 и 20 мс	Подвижный
Стандарт многостанционного доступа с пространственным разделением и высокой пропускной способностью (HC-SDMA) ATIS-0700004.2005 (Приложение 5)	0,625 МГц	Линия вверх: – BPSK, QPSK, 8-PSK, 12-QAM, 16-QAM 3/4 Линия вниз: – BPSK, QPSK, 8-PSK, 12-QAM, 16-QAM, 24-QAM 8/9	Сверточные и блочные коды	Линия вверх: 2,866 Мбит/с × × 8 подканалов × × 4 пространственных канала = 91,7 Мбит/с Линия вниз: 2,5 Мбит/с × × 8 подканалов × × 4 пространственных канала = 80 Мбит/с	Да	Да	TDD	TDMA/ FDMA/ SDMA	5 мс	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
Расширенная глобальная платформа: XGP (Приложение 6)	1,25 МГц 2,5 МГц 5 МГц 10 МГц 20 МГц	Линии вверх и вниз: BPSK QPSK 16-QAM 64-QAM 256-QAM	Сверточный код Турбокод (вариант)	Линия вверх: 15 Мбит/с Линия вниз: 55 Мбит/с (в случае 20 МГц, SISO, UL:DL = 1:3)	Да (вариант)	Да (вариант)	TDD	OFDMA SC-FDMA TDMA	2,5 мс, 5 мс, 10 мс	Подвижный
IEEE 802.11-2012 Подраздел 17 (Прежде 802.11b) (Приложение 1)	22 МГц	Линии вверх и вниз: DQPSK CCK BPSK PBCC – 1/2 QPSK PBCC – 1/2	Некодированный сигнал/ CC	2,5 Мбит/с	Нет	Нет	TDD	CSMA/CA	Переменная длительность кадра	Кочевой
IEEE 802.11-2012 Подраздел 18 (Прежде 802.11a, 802.11j и 802.11y) (Приложение 1)	5 МГц 10 МГц 20 МГц	Линии вверх и вниз: 64-QAM OFDM 2/3, 3/4 16-QAM OFDM – 1/2, 3/4 QPSK OFDM – 1/2, 3/4 BPSK OFDM – 1/2, 3/4	CC	13,5 Мбит/с	Нет	Нет	TDD	CSMA/CA	Переменная длительность кадра	Кочевой

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IEEE 802.11-2012 Подраздел 19 (Прежде 802.11g) (Приложение 1)	20 МГц	Линии вверх и вниз: 64-QAM OFDM – 2/3, 3/4 16-QAM OFDM – 1/2, 3/4 QPSK OFDM – 1/2, 3/4 BPSK OFDM – 1/2, 3/4 8-PSK PBCC – 2/3 64-QAM DSSS-OFDM – 2/3, 3/4 16-QAM DSSS-OFDM – 1/2, 3/4 QPSK DSSS-OFDM – 1/2, 3/4 BPSK DSSS-OFDM – 1/2, 3/4	СС	13,5 Мбит/с	Нет	Нет	TDD	CSMA/CA	Переменная длительность кадра	Кочевой
ETSI BRAN HiperLAN 2 (Приложение 1)	20 МГц	64-QAM-OFDM 16-QAM-OFDM QPSK-OFDM BPSK-OFDM На линиях вверх и вниз	СС	6, 9, 12, 18, 27, 36 и 54 Мбит/с в канале 20 МГц (поддерживаются только каналы 20 МГц)	Нет	Нет	TDD	TDMA	2 мс	Кочевой

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
ARIB HiSWANa (Приложение 1)	4 × 20 МГц (5,15–5,25 ГГц) 4 × 20 МГц (4,9–5,0 ГГц)	– BPSK 1/2 – BPSK 3/4 – QPSK 1/2 – QPSK 3/4 – 16-QAM 9/16 – 16-QAM 3/4 – 64-QAM 3/4	Сверточный код	6–54 Мбит/с в канале 20 МГц	Нет	Нет	TDD	TDMA	2 мс	Кочевой
IMT-2000 CDMA с прямым расширением спектра (Приложение 2)	5 МГц (E-UTRAN) Гибкая: 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц; агрегирование несущих до 100 МГц	Линия вверх: QPSK, 16-QAM Линия вниз: 16-QAM, QPSK, 64-QAM (E-UTRAN) QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Полностью изменяемая скорость кодирования с гибридным ARQ с увеличивающейся избыточностью	Сверточный турбокод (E-UTRAN) Турбокод для данных; сверточные и блочные коды для некоторых каналов управления	Линия вверх: 11,5 Мбит/с Линия вниз: 42 Мбит/с (E-UTRAN) Линия вверх: 300 Мбит/с / 20 МГц <sup>(3)</sup> Линия вниз: 600 Мбит/с / 20 МГц <sup>(3)</sup> Линия вверх: 1,5 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц <sup>(4)</sup> Линия вниз: 3 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц <sup>(4)</sup>	Да	Да	FDD HD-FDD	CDMA (E-UTRAN) OFDM в DL SC-FDMA в UL	2 мс и 10 мс (E-UTRAN) 10 мс Длительность субкадра 1 мс	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IMT-2000 CDMA со многими несущими частотами (Приложение 2)	1,25 МГц и 3,75 МГц (cdma2000) 1,25–20 МГц (cdma2000 HRPD) раздробленность 1,25–20 МГц, 153,6 кГц (UMB)	Линия вверх: BPSK, QPSK, 8-PSK Линия вниз: QPSK, 8-PSK 16-QAM, (cdma2000) QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 64-QAM (cdma2000 HRPD) QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 64-QAM (UMB)	Сверточный код/ турбокод (cdma2000 и cdma2000 HRPD) Сверточный код/ турбокод LDPC (факультативный) (UMB)	Линия вверх: 1,8 Мбит/с в канале 1,25 МГц Линия вниз: 3,1 Мбит/с в канале 1,25 МГц (cdma2000) Линия вверх: 4,3 Мбит/с в канале 1,25 МГц Линия вниз: 18,7 Мбит/с в канале 1,25 МГц (cdma2000 HRPD) Линия вверх: 75 Мбит/с для 20 МГц Линия вниз: 228 Мбит/с для 20 МГц (UMB)	Нет (cdma2000) Да (cdma2000 HRPD, UMB)	Нет (cdma2000) Да (cdma2000 HRPD, UMB)	FDD (cdma2000 и cdma2000 HRPD) FDD/ TDD (UMB)	CDMA (cdma2000)  CDMA, OFDM и OFDMA (cdma2000 HRPD)  CDMA и OFDMA (UMB)	Линия вниз: 1,25; 1,67; 2,5; 5; 10; 20; 40; 80 мс Линия вверх: 6,66; 10; 20; 26,67; 40; 80 мс (cdma2000) Линия вниз: 1,67; 3,33; 6,66; 13,33; 26,67 Линия вверх: 1,67; 6,66; 13,33; 20; 26,67 (cdma2000 HRPD) Линия вниз: 0,911 мс Линия вверх: 0,911 мс (UMB)	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка MIMO (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IMT-2000 CDMA TDD (Приложение 2)	<p>Вариант 1,28 Мчипа/с TDD: Менее 1,6 МГц</p> <p>Вариант 3,84 Мчипа/с TDD: Менее 5 МГц</p> <p>Вариант 7,68 Мчипа/с TDD: Менее 10 МГц (E-UTRAN) Гибкая 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц и 20 МГц; агрегирование несущих до 100 МГц</p>	<p>Вариант 1,28 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 8-PSK, QPSK, 16-QAM Линия вниз: 8-PSK, 16-QAM, QPSK</p> <p>Вариант 3,84 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 16-QAM, QPSK Линия вниз: 16-QAM, QPSK</p> <p>Вариант 7,68 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 16-QAM, QPSK Линия вниз: 16-QAM, QPSK (E-UTRAN) QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Полностью изменяемая скорость кодирования с гибридным ARQ с увеличивающейся избыточностью</p>	Сверточный турбокод (E-UTRAN) Турбокод для данных; сверточные и блочные коды для некоторых каналов управления	<p>Вариант 1,28 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 2,2 Мбит/с/1,6 МГц<sup>(2)</sup> Линия вниз: 2,8 Мбит/с/1,6 МГц<sup>(2)</sup></p> <p>Вариант 3,84 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 9,2 Мбит/с Линия вниз: 10,2 Мбит/с</p> <p>Вариант 7,68 Мчипа/с TDD: Линия вверх: 17,7 Мбит/с/10 МГц Линия вниз: 20,4 Мбит/с/10 МГц (E-UTRAN)</p> <p>Линия вверх: 300 Мбит/с/20 МГц<sup>(3)</sup> Линия вниз: 600 Мбит/с/20 МГц<sup>(3)</sup></p> <p>Линия вверх: 1,5 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц<sup>(4)</sup> Линия вниз: 3 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц<sup>(4)</sup></p>	Да	Нет (E-UTRAN) Да	TDD	TDMA/CDMA (E-UTRAN) OFDM в DL SC-FDMA в UL	<p>Вариант 1,28 Мчипа/с TDD: 10 мс</p> <p>Длительность субкадра: 5 мс</p> <p>Вариант 3,84 Мчипа/с TDD: 10 мс</p> <p>Вариант 7,68 Мчипа/с TDD: 10 мс (E-UTRAN) 10 мс</p> <p>Длительность субкадра: 1 мс</p>	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IMT-2000 TDMA с одной несущей (Приложение 2)	2 × 200 кГц 2 × сдвоенные 200 кГц 2 × 1,6 МГц	Линия вверх: – GMSK – 8-PSK – QPSK – 16-QAM – 32-QAM – V-OQAM – Q-OQAM 0.329 – 1/1  Линия вниз: – GMSK – 8-PSK – QPSK – 16-QAM – 32-QAM – V-OQAM – Q-OQAM 0.329 – 1/1	Прореженный сверточный код  Турбокод	Линия вверх: 16,25 Мбит/с 20,312 Мбит/с 40,625 Мбит/с  Линия вниз: 16,25 Мбит/с 20,312 Мбит/с 40,625 Мбит/с	Явно не задана, но не запрещена	Явно не задана, но не запрещена	FDD	TDMA	4,6 мс 4,615 мс	Подвижный
IMT-2000 FDMA/ TDMA (Приложение 2)	1,728 МГц	Линии вверх и вниз: GFSK $\pi/2$ -DBPSK $\pi/4$ -DQPSK $\pi/8$ -D8-PSK 16-QAM, 64-QAM	Зависит от услуги: CRC, BCH, код Рида–Соломона, турбокод	20 Мбит/с	Частичная	Частичная	TDD	TDMA	10 мс	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IMT-2000 OFDMA TDD WMAN (Приложение 2)	5 МГц, 7 МГц, 8,75 МГц, 10 МГц	Линия вверх: – QPSK-1/2, 3/4 – 16-QAM-1/2, 3/4 – 64-QAM-1/2, 2/3, 3/4, 5/6  Линия вниз: – QPSK-1/2, 3/4 – 16-QAM-1/2, 3/4 – 64-QAM-1/2, 2/3, 3/4, 5/6	СС/СТС Другие варианты: BTC/ LDPC	До 17,5 Мбит/с в режиме SISO До 35 Мбит/с с (2 × 2) ММО До 70 Мбит/с с (4 × 4) ММО	Да	Да	TDD FDD	OFDMA	5 мс	Подвижный
LTE-Advanced (Приложение 3)	Гибкая: 1,4 МГц, 3 МГц, 5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 20 МГц; агрегирование несущих до 100 МГц	QPSK, 16-QAM, 64-QAM. Полностью изменяемая скорость кодирования с гибридным ARQ с увеличивающейся избыточностью	Турбокод для данных; сверточные и блочные коды для некоторых каналов управления	Линия вверх: 300 Мбит/с для 20 МГц <sup>(3)</sup> Линия вниз: 600 Мбит/с для 20 МГц <sup>(3)</sup> Линия вверх: 1,5 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц <sup>(4)</sup> Линия вниз: 3 Гбит/с в агрегированной полосе 100 МГц <sup>(4)</sup>	Да	Да	FDD TDD HD-FDD	OFDM на линии вниз (DL), SC-FDMA на линии вверх (UL)	10 мс Длина подкадра 1 мс	Подвижный

ТАБЛИЦА 5 (окончание)

Стандарт	Номинальная ширина полосы РЧ-канала	Модуляция/ скорость кодирования <sup>(1)</sup> – линия вверх – линия вниз	Поддержка кодирования	Пиковая скорость передачи в канале по отношению к каналу шириной 5 МГц (если не указано иное)	Поддержка формирования ДН (да/нет)	Поддержка ММО (да/нет)	Дуплексный метод	Метод много-станционного доступа	Длительность кадра	Возможность мобильности (кочевой/ подвижный доступ)
IEEE 802.20 (Приложение 7)	Гибкая: от 625 кГц до 20 МГц	Широкополосный режим: Линия вверх: QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 64-QAM Линия вниз: QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 64-QAM 625 кГц режим: $\pi/2$ BPSK, QPSK, 8-PSK, 12-QAM, 16-QAM, 24-QAM, 32-QAM, 64-QAM	Сверточный код, турбокод, код LDPC, код проверки на четность, расширенный код Хэминга	Пиковые скорости в 288 Мбит/с DL и 75 Мбит/с UL в 20 МГц	Да: SDMA и поддержка формирования диаграммы направленности на прямых и обратных каналах	Да: поддержка ММО с одним кодовым словом и многими кодовыми словами	TDD FDD HFDD	OFDMA TDMA/ FDMA/ SDMA	Широкополосный режим: 0,911 мс 625 кГц режим: 5 мс	Подвижный
YD/T 1956-2009 Стандарт радиointерфейса для систем широкополосного беспроводного доступа SCDMA (Приложение 8)	Множество: от 1 МГц до 5 МГц	QPSK, 8-PSK, 16-QAM, 64-QAM	Код Рида-Соломона	15 Мбит/с в 5 МГц	Да	Да	TDD	CS-OFDMA	10 мс	Подвижный

(1) Включая все применимые режимы либо, по крайней мере, максимальная и минимальная скорости.

(2) В 5 МГц могут быть развернуты три несущие для работы в режиме TDD со скоростью 1,28 Мчипа/с TDD.

(3) E-UTRAN поддерживает работу в масштабируемой ширине полосы пропускания до 20 МГц как на линиях вверх, так и на линиях вниз.

(4) E-UTRAN поддерживает агрегирование несущих полосы частот до 100 МГц.