

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2351-2
(06/2017)

**Системы управления коммунальными
предприятиями на базе "умных"
электросетей**

Серия SM
Управление использованием спектра



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 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 Отчетов МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REP/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
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
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

Примечание. – Настоящий Отчет МСЭ-R утвержден на английском языке Исследовательской комиссией в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2020 г.

© ITU 2020

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.

ОТЧЕТ МСЭ-R SM.2351-2

**Системы управления коммунальными предприятиями
на базе "умных" электросетей**

(2015-2016-2017)

СОДЕРЖАНИЕ

		<i>Стр.</i>
1	Введение.....	3
2	Связь по "умным" электросетям и их особенности	4
3	Сетевые технологии электросвязи в "умных" электросетях.....	5
	3.1 Роль МСЭ и организаций по разработке стандартов	5
	3.2 Координация в рамках МСЭ	6
4	Цели развертывания "умных" электросетей и их преимущества	7
	4.1 Снижение общего энергопотребления за счет оптимизации системы.....	7
	4.2 Интеграция возобновляемых и распределенных энергетических ресурсов.....	7
	4.3 Поддержка интеллектуального учета.....	8
	4.4 Обеспечение устойчивости сети.....	10
5	Обзор эталонной архитектуры "умной" электросети	10
6	Стандарты, относящиеся к линиям электропередачи и кабельным решениям для электросвязи по "умным" электросетям.....	12
	6.1 Связь в "умных" электросетях по линиям электропередачи.....	12
	6.2 Связь в "умных" электросетях по кабельным сетям.....	13
7	Стандарты беспроводной связи для электросвязи по "умным" электросетям.....	13
	7.1 Домашняя сеть.....	13
	7.2 WAN/NAN/FAN.....	15
8	Соображения по вопросам помех, связанные с реализацией технологий проводной и беспроводной передачи данных в системах управления электросетями.....	16
9	Влияние широкомасштабного развертывания проводных и беспроводных сетей, используемых в системах управления электросетями, на доступность спектра	17
10	Заключение	18
Приложение 1 – Примеры действующих стандартов, относящихся к системам управления электросетями.....		19
	A1.1 Стандарты IEEE.....	19
	A1.2 Стандарты МСЭ-Т.....	25

A1.3	Стандарты 3GPP	26
A1.4	Стандарты 3GPP2	40
Приложение 2 – "Умные" электросети в Северной Америке.....		43
A2.1	Введение.....	43
A2.2	Соображения, лежащие в основе развертывания "умных" электросетей	43
Приложение 3 – "Умные" электросети в Европе.....		44
A3.1	Введение.....	44
A3.2	Работа, проводимая в некоторых европейских странах – членах ЕС.....	45
Приложение 4 – "Умные" электросети в Бразилии.....		48
A4.1	Введение.....	48
A4.2	Бразильский сектор энергетики	48
A4.3	Бразильская исследовательская группа по "умным" электросетям.....	49
A4.4	Вопросы электросвязи	49
A4.5	Технические данные.....	50
A4.6	Измерения на НЧ.....	50
A4.7	Выводы	50
Справочные документы		51
Приложение 5 – "Умные" электросети в Республике Корея.....		51
A5.1	Дорожная карта внедрения "умных" электросетей в Республике Корея	51
A5.2	Развитие технологий	53
Приложение 6 – "Умные" электросети в Индонезии		53
A6.1	Введение.....	53
A6.2	Разработка "умных" электросетей и возникающие при этом сложные проблемы	54
Приложение 7 – Исследования, касающиеся технологий беспроводного доступа для "умных" электросетей в Китае		56
A7.1	Введение.....	56
A7.2	Технология беспроводного доступа для "умных" электросетей в Китае.....	56
A7.3	Выводы	58

1 Введение

"Умная" электросеть – это термин, употребляемый в отношении передовых систем доставки коммунальных ресурсов (электроэнергии, газа и воды) от источников выработки и производства до точек потребления. Он включает все сопутствующие системы управления и вспомогательные системы в комплексе с интегрированными современными цифровыми информационными технологиями. В конечном счете ожидается, что благодаря повышенной надежности, безопасности и эффективности распределительной инфраструктуры "умных" электросетей удастся снизить затраты на предоставление коммунальных услуг потребителям.

Технологии электросвязи за короткое время стали основополагающим инструментом, с помощью которого многие коммунальные предприятия строят свою инфраструктуру "умных" электросетей. Например, в последние годы администрации и национальные комиссии, осуществляющие надзор за генерацией, распределением и потреблением электроэнергии, взяли на себя обязательства повысить эффективность, энергосбережение, безопасность и надежность электрических сетей в рамках усилий по сокращению 40-процентной доли мирового объема выбросов парниковых газов, приходящейся на выработку электроэнергии¹. Системы "умных" электросетей являются ключевой технологией, обеспечивающей достижение этих целей.

Ключевые задачи проекта развития "умных" электросетей:

- обеспечить надежность поставок;
- способствовать переходу к экономике с низким уровнем выбросов углерода;
- обеспечить стабильность и доступность цен.

Защищенная связь – это важнейший компонент "умных" электросетей, который положен в основу самых крупных и передовых проектов по развертыванию таких сетей, находящихся сегодня в разработке. Более того, благодаря применению информационных технологий "умная" электросеть обладает возможностями прогнозирования и самовосстановления, что позволяет автоматически предотвращать и устранять неполадки. Основополагающее значение для проекта по развитию "умных" электросетей имеет "умный" учет в жилых зданиях и промышленных предприятиях, позволяющий в реальном времени контролировать потребление и осуществлять связь с центрами управления сетью, которые соразмеряют выработку с потреблением и обеспечивают поставки по надлежащим расценкам.

В контексте МСЭ внедрение "умных" электросетей стало неразрывно ассоциироваться с различными технологиями проводной и беспроводной связи, разработанными для широкого круга сетевых приложений². Услуги "умных" электросетей за пределами жилых помещений включают усовершенствованную инфраструктуру измерений (AMI), автоматизированное управление измерениями (АММ), автоматизированное снятие показаний счетчиков (AMR) и автоматизацию распределения. В жилых помещениях применение умных электросетей – это главным образом снятие показаний, мониторинг и диспетчерская связь между коммунальным предприятием, "умными" счетчиками и "умными" бытовыми приборами, например обогревателями, кондиционерами, стиральными машинами и другими. Важное перспективное применение – обмен данными о зарядке и стоимости электроэнергии между электромобилями и зарядными станциями для них. В жилых домах услуги "умных" электросетей обеспечат управление "умными" бытовыми приборами на высоком уровне детализации, дистанционное управление электрическими устройствами, а также отображение данных о потребленной энергии и ее стоимости, что позволит эффективнее информировать потребителей и побуждать их экономить электроэнергию.

¹ The European Commission Smart Grid Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future (Отчет "ЕС Smart Grid Vision Report", 7-я Европейская комиссия, 2006 год, см. <http://www.smartgrids.eu/documents/vision.pdf>).

² Семейство стандартов IEEE 802 содержит стандарты, разработанные специально для "умных" электросетей и дальней наружной связи.

2 Связь по "умным" электросетям и их особенности

Проект развития "умных" электросетей предусматривает повсеместную связность всех элементов распределительных сетей коммунальных предприятий – от сети источников поставок и сетевых центров управления до отдельных помещений и электроприборов. "Умные" электросети потребуют огромных двунаправленных потоков данных и сложной структуры связей, сравнимой с интернетом. Подробнее о предполагаемых потоках данных через сети передачи электроэнергии см. в техническом документе МСЭ "Приложения приемопередатчиков по Рекомендациям МСЭ-Т G.9960, МСЭ-Т G.9961 для приложений "умных" электросетей: Передовая измерительная инфраструктура, управление энергопотреблением в домах и электромобилях"³. Чтобы обратить более пристальное внимание МСЭ-Т на проект развития "умных" электросетей, работа, связанная с обеспечением соединений по линиям электропередачи и проектированием модемов PLT специально для применения в "умных" электросетях, была отделена от более общей работы по домашним сетям в рамках Рекомендации G.9960 и теперь продолжается в рамках семейства Рекомендаций МСЭ-Т G.990x (ранее G.9955), то есть G.9901, G.9902, G.9903, G.9904.

"Умные" электросети предоставят информационную составляющую и инфраструктуру управления, обеспечив создание интегрированной сети связи и зондирования. Сеть распределения с поддержкой технологий "умных" электросетей предоставляет как коммунальному предприятию, так и потребителю бóльший контроль над расходом электроэнергии, воды и газа. Кроме того, она позволит эффективнее, чем когда-либо прежде, эксплуатировать коммунальные распределительные сети.

Особенности и характеристики "умных" электросетей и "умного" учета определены в документах следующих стран, научно-исследовательских институтов, комиссий, отраслевых ассоциаций и организаций по стандартизации:

- последние законодательные акты Соединенных Штатов⁴;
- группа по функциональной совместимости "умных" электросетей (SGIP)⁵;
- Научно-исследовательский институт электроэнергетики (EPRI)⁶;
- программа "Современные сети", финансируемая Министерством энергетики США (DOE)⁷;
- программа стратегических исследований Европейской комиссии⁸;
- последние консультации Соединенного Королевства по вопросам внедрения "умного" учета⁹;
- отраслевая ассоциация в области электросвязи, Комитет TR51 (Smart Utility Networks)¹⁰.

³ <http://www.itu.int/publ/T-TUT-HOME-2010/en>.

⁴ The Energy Independence and Security Act of 2007 (Public Law 110-140) (TITLE XIII–SMART GRID). <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>.

⁵ NISTIR 7761v2 Priority Action Plan 2 Guidelines for assessing wireless standards for Smart Grid applications.

⁶ <http://my.epri.com/portal/server.pt>.

⁷ Финансируемая DOE программа "Современные электросети" определяет, что такое современные или "умные" электросети, и доступна по адресу: http://www.netl.doe.gov/smartgrid/referenceshelf/whitepapers/Integrated%20Communications_Final_v2_0.pdf.

⁸ EUR 22580, "Программа стратегических исследований для будущих европейских электросетей" (EC Strategic Research Agenda) at 62, European Commission, 2007. ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/energy/docs/smartgrids_agenda_en.pdf.

⁹ Министерство энергетики и изменения климата Соединенного Королевства организовало консультации по вопросам внедрения "умного" учета, которые проходили в 2010–2011 годах (см.: 10D/732 20/7/2010 – 30/03/2011); результаты консультаций доступны по адресу: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/42742/1475-smart-metering-imp-response-overview.pdf.

¹⁰ <http://www.tiaonline.org/all-standards/committees/tr-51>.

3 Сетевые технологии электросвязи в "умных" электросетях

В "умных" электросетях могут использоваться различные типы сетей электросвязи. Такого рода сети электросвязи должны, однако, обеспечивать достаточную пропускную способность для основных и расширенных приложений "умных" электросетей, которые существуют уже сегодня и станут возможными в ближайшем будущем.

Электросеть – это система доставки товара с почти нулевой продолжительностью цикла производства – потребления товара (электроэнергии): производство, поставка и потребление – все это происходит практически одновременно. Проблема согласования производства и спроса станет более острой с внедрением новых технологий, направленных на достижение устойчивой энергетической независимости и модернизации устаревающей энергосистемы, таких как возобновляемые источники энергии, распределенные энергоресурсы (DER), подзаряжаемые электромобили, регулирование спроса и меры на основе спроса, аккумулярование энергии, участие потребителей и т. д. Согласование производства и спроса на основе "системы поставок точно в срок" требует интеграции дополнительных технологий защиты и управления для обеспечения стабильности электросети, что является нетривиальной модернизацией существующей сети и серьезной проектной задачей, поскольку и производство, и нагрузка приобретают стохастический характер.

Для поддержки указанных выше технологий и приложений необходимо обеспечить наличие современных, гибких и масштабируемых сетей связи, в которых будут увязаны функции мониторинга и контроля. Информационно-коммуникационные технологии позволят коммунальным предприятиям более оперативно дистанционно определять местонахождение аварийных участков и изолировать их, а также восстанавливать подачу электроэнергии, повышая тем самым стабильность электросети. Информационно-коммуникационные технологии также упростят интеграцию возобновляемых источников энергии с изменяющимися во времени параметрами в электросеть, обеспечат более эффективный и динамический контроль нагрузки, а также предоставят потребителям инструменты для оптимизации их энергопотребления.

Выполнение этих задач должно быть подкреплено стандартами, которые гарантируют, что различные технологии и оборудование, поддерживающие связь по "умным" электросетям, соответствуют цели и не конфликтуют друг с другом или с другими системам электросвязи и что элементы, использующие радиочастоты, не будут создавать помех службам радиосвязи.

3.1 Роль МСЭ и организаций по разработке стандартов

Отрасль электросвязи играет весьма важную роль в применении "умных" электросетей. Так, например, широкополосный доступ может быть использован для управления энергопотреблением на стороне потребителя, и поставщики услуг электроэнергии из облака могут также обеспечить охват жилых помещений с помощью существующих технологий широкополосного доступа. Кроме того, в отрасли бытовой электроники будут разрабатываться продукты на основе новых стандартов энергоэффективности, и эти продукты будут также поддерживать приложения "умных" электросетей. Конвергенция отраслей электросвязи, энергетики и бытовой электроники в приложениях "умных" электросетей обусловит появление новой экосистемы продуктов. Эта конвергенция должна происходить под эгидой международных организаций по разработке стандартов.

Поддержка этих приложений и отраслевой конвергенции потребует разработки новых Рекомендаций и доработки существующих Рекомендаций, охватывающих все аспекты узкополосной и широкополосной связи, а также управления ими по всей электросети – от производства электроэнергии до ее потребления. Эти исследования включают вопросы передачи данных, начиная от протоколов физического уровня до транспортирования протоколов более высокого уровня в неоднородных сетях, а также определение требований и архитектуры связи для "умных" электросетей.

С учетом междисциплинарного характера приложений "умных" электросетей потребуется высокий уровень сотрудничества между Секторами МСЭ, включая Исследовательские комиссии, Вопросы, Оперативные группы (ОГ), Группы по совместной координационной деятельности (JCA), Глобальные стратегические инициативы (GSI), а также с международными органами,

исследовательскими институтами, отраслевыми консорциумами и другими форумами, работающими в рамках проекта по "умным" электросетям.

Глобальная координация по стандартам "умных" электросетей осуществляется в МЭК, которая разработала стратегическую концепцию и дорожную карту деятельности в области "умных" электросетей¹¹, включая пробелы в стандартизации и рекомендации по стандартизации.

МСЭ-Т сотрудничает с МЭК, занимаясь относящимися к связи аспектами "умных" электросетей. Уже налажено прочное сотрудничество с РГ 20 ТК 57 МЭК, и оно будет расширено по мере необходимости для охвата других технических комитетов МЭК и внешних организаций. В отсутствие четкой координации существует опасность дублирования работы, а также создания взаимоисключающих и функционально несовместимых стандартов.

3.2 Координация в рамках МСЭ

В МСЭ-Т исследования и разработка Рекомендаций, касающихся транспортирования в сетях доступа, проводятся в нескольких исследовательских комиссиях (например, в ИК 5, 9, 13, 15, 16 и 17). Основой инициатив по координации в МСЭ-Т служит всеобъемлющий свод информации, собранный ранее Оперативной группой МСЭ-Т по "умным" электросетям, которая была образована в феврале 2010 года на собрании Консультативной группы МСЭ-Т по стандартизации электросвязи (КГСЭ) с целью обеспечить для исследовательских комиссий МСЭ-Т общий форум для деятельности по стандартизации в области "умных" электросетей и наладить сотрудничество во всемирном масштабе с сообществами, занимающимися вопросами "умных" электросетей (например, исследовательскими институтами, форумами, академическими организациями, ОРС и отраслевыми группами). Были поставлены следующие задачи:

- определить потенциальное влияние рассматриваемых вопросов на разработку стандартов;
- определить темы будущих исследований в МСЭ-Т и связанные с этим действия;
- ознакомить МСЭ-Т и сообщества по разработке стандартов с появляющимися атрибутами "умных" электросетей;
- содействовать сотрудничеству между МСЭ-Т и сообществами, занимающимися вопросами "умных" электросетей.

В рамках следующей инициативы КГСЭ на своем собрании в январе 2012 года создала специализированную группу, которая была названа Группой по совместной координационной деятельности в области "умных" электросетей и организации домашних сетей (JCA SG&HN), в целях координации деятельности в МСЭ-Т. Группа заменила действовавшую ранее JCA в области организации домашних сетей (JCA-HN). Сфера ответственности Группы JCA SG&HN была определена как координация – внутри и за пределами МСЭ-Т – деятельности по стандартизации всех сетевых аспектов "умных" электросетей и относящихся к ним вопросов связи, а также организации домашних сетей. Работа JCA SG&HN была успешно завершена в июне 2013 года, и с тех пор за координацию деятельности по вопросам "умных" электросетей и домашних сетей отвечает ИК15 МСЭ-Т, которая будет служить центральным пунктом координации в рамках МСЭ-Т.

Наряду с этим ИК15 МСЭ-Т в настоящее время участвует в следующих инициативах по связанным с "умными" электросетями темам:

- [Группа по совместной координационной деятельности в области интернета вещей \(JCA-IoT\);](#)
- [Группа по совместной координационной деятельности в области ИКТ и изменения климата \(JCA-ICT&CC\);](#)
- [Оперативная группа по M2M \(ОГ-M2M\);](#)
- [Сотрудничество по стандартам связи для интеллектуальных транспортных систем \(ИТС\).](#)

¹¹ См. <http://www.iec.ch/smartgrid>.

Роль МСЭ-R заключается в наблюдении за деятельностью и вмешательстве, в случае необходимости, для обеспечения того, чтобы инициативы в области использования частот и РЧ-мощности для поддержки связи по "умным" электросетям не нарушали и не ухудшали функционирование служб радиосвязи ввиду близкого соответствия электроэнергетической сети распределению населения и соответствующей потребности в беспрепятственном доступе к службам радиосвязи.

Параллельная деятельность Сектора МСЭ-R по вопросам технологий связи по "умным" электросетям осуществляется в рамках Вопросы МСЭ-R 236/1 1-й Исследовательской комиссии МСЭ-R "Воздействие на системы радиосвязи технологий беспроводной и проводной передачи данных, используемых для поддержки систем управления электросетями".

4 Цели развертывания "умных" электросетей и их преимущества

4.1 Снижение общего энергопотребления за счет оптимизации системы

Существующие местные электрические распределительные системы предназначены для доставки и передачи энергии в одном направлении, но не оснащены интеллектом, который позволял бы оптимизировать доставку. Как следствие, энергетические коммунальные предприятия должны обладать достаточными генерирующими мощностями, чтобы справляться с пиковым спросом на энергию, если даже такое потребление приходится всего на несколько дней в году, а среднее потребление гораздо ниже. На практике это означает, что в те дни, когда прогнозируется потребление выше среднего, коммунальные предприятия перезапускают редко используемые, менее эффективные и более затратные генераторы.

По мнению Европейского союза, Конгресса США¹², Международного энергетического агентства¹³, а также множества исследователей и коммунальных предприятий, технологии "умных" электросетей будет принадлежать основополагающая роль в повышении надежности электросетей и уменьшении неблагоприятного воздействия на окружающую среду, связанного с потреблением электрической энергии. По оценкам EPRI, электрораспределительные сети с поддержкой технологий "умных" электросетей позволят снизить потребление электроэнергии на 5–10%, а выбросы двуокиси углерода на 13–25%¹⁴.

4.2 Интеграция возобновляемых и распределенных энергетических ресурсов

Возможности подключения и связи, предоставляемые "умными" электросетями, позволяют решить проблему обращения с самостоятельно вырабатываемой электроэнергией. В условиях постоянно растущих затрат энергии и требований к ограничению воздействия на окружающую среду все больше частных лиц и компаний берутся самостоятельно вырабатывать электроэнергию из возобновляемых источников, например из энергии ветра или солнца. Как следствие, зачастую бывает трудно, дорого, а то и вовсе невозможно подключить распределенные источники возобновляемой энергии к общей электросети. Даже в случаях, когда возобновляемая энергия подавалась обратно в электросеть, развернутые в разных уголках мира распределительные сети никоим образом не могли предвидеть этот обратный приток электроэнергии или реагировать на него. Интегрировать разрозненные источники возобновляемой энергии в общую электросеть помогут методы, связанные с сетевыми измерениями. Децентрализация выработки и распределения энергии – это одна из новых возможностей, предлагаемых "умными" электросетями.

¹² Например, в рамках федерального законодательства США Закон 2007 года об энергетической независимости и безопасности (Public Law 110-140) устанавливает государственную политику США в отношении внедрения систем "умных" электросетей для модернизации энергосистемы и требует от правительств и регуляторных органов на федеральном уровне и уровне штатов содействовать внедрению "умных" электросетей.

¹³ International Energy Agency, Energy Technology Prospectives, 2008 at 179.

¹⁴ См. Electricity Sector Framework for the Future: Achieving the 21st Century Transformation at 42 (Отчет EPRI), доступен по адресу: http://www.globalregulatorynetwork.org/PDFs/ESFF_volume1.pdf.

Эти сети предлагают решение, связанное с передачей обратно в центр управления данными о том, сколько энергии требуется и сколько на вход поступает самостоятельно вырабатываемой энергии. После этого при удовлетворении спроса можно скомпенсировать основную генерирующую мощность с учетом притока из дополнительных источников. Поскольку "умная" электросеть позволяет делать это в реальном времени, коммунальные предприятия могут избежать проблем, связанных с непредсказуемостью возобновляемых источников энергии. В последнем отчете для Энергетической комиссии штата Калифорния о важности автоматизации распределения, подготовленном компаниями Energy and Environmental Economics, Inc. (E3) и EPRI Solutions, Inc., говорится о том, что ценность такого распределенного накопителя электрической энергии, которым можно управлять в реальном времени (например, аккумулятора или автомобилей с гибридной энергетической установкой), почти на 90% превысила бы ценность аналогичного актива, не подключенного к "умной" электросети¹⁵.

4.3 Поддержка интеллектуального учета

Одним из приложений систем управления электросетями является интеллектуальный учет. Функции интеллектуального учета включают следующее:

- усовершенствованная инфраструктура измерений (AMI);
- автоматизированное управление измерениями (AMM); и
- автоматизированное снятие показаний счетчиков (AMR).

Ниже приведен примерный список полос частот, используемых беспроводными системами управления электросетями в некоторых районах мира.

ТАБЛИЦА 1

Примеры полос частот, используемых беспроводными системами управления электросетями

Частота (МГц)	Территория/регион	Комментарии относительно фактического использования
40–230 (частично), 470–694/698	Северная Америка, Соединенное Королевство, Европа, Африка и Япония	Белое пространство телевизионного вещания; выработка правил завершена в США и в Соединенном Королевстве. Эта работа продолжается в Европе
169,4–169,8125	Европа	Беспроводная шина MBus
220–222	Некоторые территории Района 2 МСЭ	В Районе 1 МСЭ и Иране этот участок спектра является частью полосы, используемой для наземного радиовещания в соответствии с Соглашением GE06, и не используется для AMR/AMI
223–235	Китай	Лицензируемая полоса
410–430	Части Европы	
450–470	Северная Америка, части Европы	

¹⁵ California Energy Commission on the Value of Distribution Automation, "[California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report](#)", p. 95 (Apr. 2007) (CEC Report).

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Частота (МГц)	Территория/регион	Комментарии относительно фактического использования
470–510	Китай	Полоса для устройств малого радиуса действия (SRD)
470–698	Северная Америка и Европа	В Районе 1 МСЭ и Иране этот участок спектра является частью полосы, используемой для наземного радиовещания в соответствии с Соглашением GE06, и не используется для AMR/AMI
779–787	Китай	
868–870	Европа	Рекомендация 70-03 Европейского комитета по радиосвязи (ERC)
873–876	Части Европы	Рекомендация 70-03 ERC
896–901	Северная Америка	Лицензируемая полоса, Часть 90 в США
901–902	Северная Америка	Лицензируемая полоса, Часть 24 в США
902–928	Северная Америка, Южная Америка, Австралия	Нелицензируемая полоса ПНМ. В Австралии и ряде стран Южной Америки выделена только верхняя половина полосы
915–921	Части Европы	Рекомендация 70-03 ERC
917–923,5	Корея	
920–928	Япония	
928–960	Северная Америка	Лицензируемая полоса, Части 22, 24, 90 и 101 в США
950–958	Япония	Совместное использование с пассивными радиометками RFID
1 427–1 518	Соединенные Штаты Америки и Канада	В частях Района 1, а именно в Европе: – диапазон 1452–1479,2 МГц запланирован для использования службами наземного радиовещания по соглашению Ma02revCO07 (зарегистрированному в МСЭ как региональное соглашение) и подвижной службой для дополнительной линии вниз (только согласно соответствующему решению Европейской комиссии); – диапазон 1492–1518 МГц используется для беспроводных микрофонов согласно Приложению 10 к Рекомендации 70-03 ERC; – не используется для AMR/AMI
2 400–2 483,5	Всемирные частоты	
3 550–3 700	Соединенные Штаты Америки	Лицензированная на региональном уровне полоса
5 250–5 350	Северная Америка, Европа, Япония	
5 470–5 725	Северная Америка, Европа, Япония	
5 725–5 850	Северная Америка	Нелицензируемая полоса ПНМ

В системах управления электросетями также может применяться семейство технологий 3GPP2 cdma2000 с множественными несущими. Подходящие полосы частот определены в спецификации класса полос 3GPP2 C.S0057-E v1.0 для систем cdma2000 с расширением спектра.

4.4 Обеспечение устойчивости сети

Технология дистанционного зондирования в электрических распределительных линиях позволяет сетевым операторам собирать в реальном времени информацию о состоянии своих сетей. Это дает возможность поставщикам ключевой национальной инфраструктуры предотвращать перебои в энергоснабжении и быстро определять место аварии, если таковая все же произойдет. В "умной" электросети эти функции выполняют ряд программных средств, которые собирают и анализируют данные с датчиков, размещенных по всей электrorаспределительной сети, чтобы определить, в каких местах работа сети нарушена. Распределительные компании могут оптимизировать свои программы технического обслуживания для предотвращения аварий и быстро направлять специалистов на место аварии независимо от того, поступают ли обращения от потребителей. В последние годы крупномасштабные нарушения энергоснабжения в североамериканских и европейских электросетях, получившие широкое освещение в СМИ, сделали проблему обеспечения безопасности электрических сетей политическим вопросом, и в условиях старения сетей количество аварий и связанных с ними перебоями в энергоснабжении потребителей будет только возрастать. "Умные" электросети станут действенным инструментом в этой постоянной борьбе за обеспечение надлежащего контроля.

5 Обзор эталонной архитектуры "умной" электросети

На рисунке приведен пример эталонной архитектуры "умной" электросети, где показаны следующие элементы¹⁶.

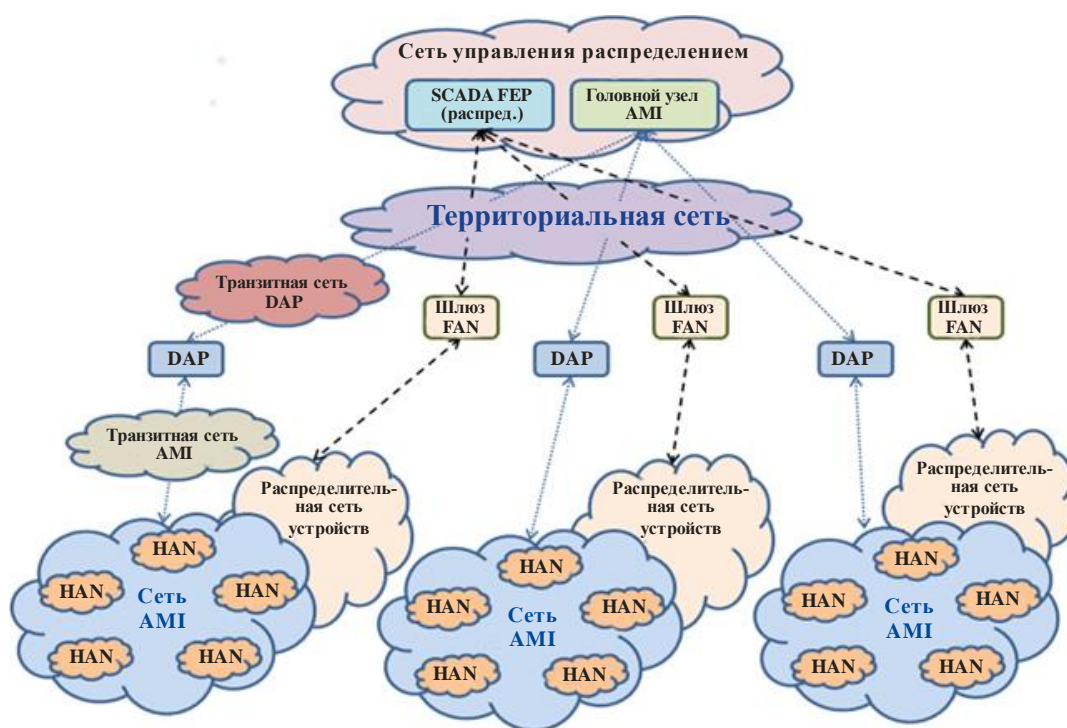
- Домашняя сеть (HAN) – сеть, которую образуют устройства управления энергопотреблением, цифровая бытовая электроника, управляемые или включаемые по внешним сигналам приборов и других систем в домашней среде, находящейся на домашней стороне, то есть на стороне нагрузки электросчетчика.
- Периферийная сеть (FAN) – сеть, обеспечивающая подключение к периферийным устройствам сбора данных. Сеть FAN может обеспечивать обратное подключение к восходящему потоку подстанции от периферийных устройств сбора данных или подключение, которое обходит эти подстанции и соединяет периферийные устройства сбора данных с централизованной системой управления и контроля (обычно называемой системой SCADA).
- Местная сеть (NAN) – сетевая система, предназначенная для обеспечения прямого подключения к оконечным устройствам "умной" электросети в пределах относительно небольшой географической зоны. На практике в городских условиях сеть NAN может охватывать зону размером в несколько кварталов, а в сельской местности – зоны размером в несколько километров в поперечнике.
- Территориально распределенная сеть (WAN).
- Узел агрегации данных (DAP) – это устройство является логическим действующим элементом, представляющим переходное звено в большинстве AMI-сетей между территориальными и местными сетями (например, коллектор, сотовый ретранслятор, базовая станция, точка доступа и т. д.).
- Усовершенствованная инфраструктура измерений (AMI) – сетевая система, специально предназначенная для обеспечения двусторонней связи со счетчиками электроэнергии, газа и воды (или, более точно, с измерительными приборами AMI), а также, возможно, с интерфейсом энергетической службы конкретного коммунального предприятия.

¹⁶ Определения терминов и рисунок взяты из [NISTIR 7761 2013-07-12](#).

- Система диспетчерского управления и сбора данных (SCADA) – система, используемая для обычного контроля работы электrorаспределительной сети и для диспетчерского управления в случае необходимости.
- Буферный процессор (FEP) – это устройство служит в качестве основного узла для передачи команд от DMS/SCADA и приема данных от периферийных устройств, развернутых в распределительной сети.

РИСУНОК 1

Пример "умной" электросети



Report SM.2351-01

Данный стандарт беспроводной связи может применяться более чем в одной из указанных зон. Наряду с этим в некоторых приложениях определенное количество каналов связи могут быть проводными.

Высказывались разные мнения (например, в ходе консультаций Министерства энергетики и изменения климата Соединенного Королевства¹⁷) о том, из каких полос следует брать частоты, используемые для беспроводных компонентов связи в "умных" электросетях, – из тех, которые специально выделены и защищены для этих целей, или же из нерегулируемых полос (например, полос, не подпадающих под индивидуальное лицензирование). Следует отметить, что данные для выставления счетов и начисления платы считаются персональными данными в нескольких странах и поэтому подлежат строгой защите согласно требованиям соответствующего законодательства.

Многие беспроводные технологии обеспечивают высокий уровень безопасности и конфиденциальности в целях защиты данных пользователя в "умных" электросетях. Например, стандарты IEEE 802 надежно обеспечивают конфиденциальность и безопасность на уровне канала связи в степени, достаточной для защиты персональных данных в кабельных и беспроводных сетях (в лицензируемых и нелицензируемых полосах частот), а в технологиях 3GPP предусмотрены механизмы общесетевой авторизации, аутентификации, обеспечения конфиденциальности и безопасности.

¹⁷ http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx.

6 Стандарты, относящиеся к линиям электропередачи и кабельным решениям для электросвязи по "умным" электросетям

Возможные трассы подключения и связи, необходимые для передачи огромных потоков данных по распределительным сетям коммунальных предприятий, обеспечиваются в "умных" электросетях с помощью проводных и беспроводных технологий.

6.1 Связь в "умных" электросетях по линиям электропередачи

Одной из первых в этом контексте рассматривалась технология связи/электросвязи по линиям электропередачи (PLC) исходя из упрощенных представлений, согласно которым эти линии сами по себе позволяют повсеместно подключаться к энергосети и передавать все необходимые сигналы данных между любыми конечными пунктами в ее пределах. При этом не принимались во внимание некоторые важные факторы, например затухание и помехи в линиях электропередачи, проблема маршрутизации сигналов в энергосети и, что особенно значимо, целостность данных.

Соображения, по которым Сектор МСЭ-Т принял решение заняться технологией PLC, состояли в понимании того, что линии электропередачи, все шире используемые для передачи данных, все же не были предназначены или спроектированы в расчете на нужды электросвязи. В частности, озабоченность МСЭ-Т вызывало использование для линий электропередачи неэкранированных и нескрученных проводов, которые подвержены сильному влиянию разнообразных помех¹⁸, а также то обстоятельство, что многие электрические устройства являются источниками кондуктивных помех.

Восприимчивость каналов электросвязи по линиям электропередачи к поступающим помехам стала основанием для разработки 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т в рамках семейства Рекомендаций МСЭ-Т G.9960 ряда передовых технологий связи и ослабления помех, предназначенных для применения в системах PLC общего назначения. Эта работа ведется начиная с 2010 года. Позднее в рамках семейства Рекомендаций МСЭ-Т G.990x (G.9901, G.9902, G.9903, G.9904) (ранее G.9955) Сектором МСЭ-Т был также разработан комплекс технологий узкополосной электросвязи по линиям электропередачи (NB-PLC), предназначенных конкретно для обеспечения подключений и связи с помощью "умных" электросетей. Эффективность двух из этих Рекомендаций (G.9903 и G.9904) уже продемонстрирована на практике по итогам развертывания соответствующих сетей в нескольких странах Европы, Азии и Америки. В Ассоциации по стандартам IEEE имеются стандарты, предусматривающие применение технологий PLC для "умных" электросетей, – например, IEEE 1901.2-2013.

Диапазоны частот, отведенные для NB-PLC в семействе Рекомендаций МСЭ-Т G.990x (ранее G.9955) (см. таблицу 2 – G.9901, G.9902, G.9903, G.9904), соответствуют тем, которые уже определены для этой цели CENELEC¹⁹ и СЕПТ²⁰ в Европе, FCC в США и ARIB в Японии. Кроме того, нормы кондуктивных и излучаемых помех, установленные в семействе Рекомендаций G.990x, соответствуют стандарту *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*, а также стандарту CENELEC EN 50065-1 (2011 год) для частот ниже 148,5 кГц.

¹⁸ См. раздел 5.1.2 технического документа МСЭ-Т, размещенного по адресу <http://www.itu.int/pub/T-TUT-NOME-2010/en>.

¹⁹ [Европейский комитет по стандартизации в области электротехники.](#)

²⁰ [Европейская конференция администраций почт и электросвязи.](#)

ТАБЛИЦА 2

Рекомендации МСЭ-Т по связи в "умных" электросетях

Номер Рекомендации	Название Рекомендации
G.9901	Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением для систем связи по линиям электропередачи – Спецификация спектральной плотности мощности
G.9902	Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением для систем связи по линиям электропередачи, предназначенные для сетей МСЭ-Т G.hnem
G.9903	Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением для систем связи по линиям электропередачи, предназначенные для сетей G3-PLC
G.9904	Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением для систем связи по линиям электропередачи, предназначенные для сетей PRIME
G.9905	Централизованная маршрутизация от источника на метрической основе
G.9959	Узкополосные цифровые приемопередатчики радиосвязи малого радиуса действия – спецификации уровня PHY, MAC, SAR и LLC

Диапазоны частот, используемые в семействе Рекомендаций МСЭ-Т G.990x для технологий NB-PLC, применяемых в "умных" электросетях, соответствуют передовому опыту по предотвращению потенциальной несовместимости со службами радиосвязи, обусловленной повсеместным развертыванием инфраструктуры PLT для нужд связи в "умных" электросетях. Вместе с тем интерес к разработке продукции для "умных" электросетей на базе технологий PLT проявляют также другие организации по разработке стандартов (ОРС) и отраслевые группы за пределами МСЭ, которым, вероятно, понадобится надлежащим образом учитывать требования совместимости.

6.2 Связь в "умных" электросетях по кабельным сетям

В дополнение к электросвязи по линиям электропередачи для территориально распределенных сетей часто используются традиционные кабельные решения, например оптическое волокно и медные кабели, при условии наличия права прохода.

Эти линии могут быть развернуты непосредственно коммунальным предприятием на средствах передачи и распределения, проложены в траншеях, трубах в земельных коридорах или арендованы у операторов электросвязи.

Работа локальных сетей стандарта IEEE 802.3 Ethernet определена для ряда выбранных скоростей передачи данных от 1 Мбит/с до 100 Гбит/с по различным оптическим и выделенным медным проводным линиям связи на разных расстояниях:

- IEEE 802.3 EPON;
- IEEE 802.3 Ethernet в пределах "первой мили".

В целом требуется, чтобы линии связи Ethernet соответствовали местным и национальным нормам в целях ограничения электромагнитных помех в направлении систем, не ведущих передачу.

7 Стандарты беспроводной связи для электросвязи по "умным" электросетям

7.1 Домашняя сеть

Существует целый ряд сетевых решений кабельных или беспроводных линий связи, уже используемых для HAN. Выбор между ними определяется потребностями в электроэнергии, скоростью передачи данных, уровнем мобильности и затратами на монтаж оборудования. К самым распространенным HAN, в которых используются кабельные решения, относятся IEEE 802.3

(Ethernet); для беспроводных решений широко используются стандарты IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.15.4 (ZigBee, Thread, Wi-SUN EchoNet HAN), МСЭ-Т G.9959 (Z-Wave).

Беспроводные технологии позволяют реализовывать возможности "умных" электросетей в коммунальных сетях любого типа и без труда соединяются напрямую с инфраструктурой на базе протокола IP в тех случаях, когда непосредственные проводные соединения не допускаются по соображениям электробезопасности или нормами правового характера (так нередко обстоит дело со счетчиками газа или воды).

Рекомендация МСЭ-Т G.9959 "Узкополосные цифровые приемопередатчики радиосвязи малого радиуса действия" была разработана Сектором МСЭ-Т в целях обеспечения функциональных возможностей узкополосной беспроводной локальной сети (LAN), пригодных для применения в "умных" электросетях. На ранних подготовительных этапах этой работы состоялась дискуссия между МСЭ-R и МСЭ-Т о подходящих полосах частот для таких применений. Обсуждавшимся вопросом были преимущества и недостатки определения частот в полосах, подлежащих регулированию в той или иной форме администрациями, или в полосах, предназначенных для применения в промышленных, научных и медицинских (ПНМ) целях или, в противном случае, предназначенных на региональном или национальном уровне для нерегулируемого использования (то есть не требующего индивидуального лицензирования). Значительное внимание в этом обсуждении было уделено вопросам информационной безопасности и надежности применительно к полосам частот, к которым предоставлен свободный доступ для ряда нерегулируемых применений, так как по каналам связи в "умных" электросетях могут передаваться тарификационные и персональные данные.

Несколько частот, попадающих в полосы в районе 900 МГц, согласно национальным и региональным назначениям для нерегулируемого использования теперь рассматриваются как пригодные для использования в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.9959. Лишь две из них (в Районе 2) попадают в полосу, выделенную для применения ПНМ. Один из критериев проектирования приемопередатчиков согласно Рекомендации G.9959 состоит в том, что в них следует предусмотреть поддержку одного, двух или трех каналов (каждый канал связан с некоторой средней частотой) в зависимости от доступности каналов в конкретном регионе или стране.

Что касается выбора и пригодности всемирных частот для использования в соответствии с G.9959, основное требование для G.9959 заключается в обратной совместимости с технологией Z-Wave²¹, которая находится в эксплуатации уже более десяти лет. Рассматривая возможность присвоения новых частот для использования в соответствии с G.9959, следует учитывать, что это может привести к несовместимости будущих изделий на базе G.9959 с имеющимися устройствами, в основе которых лежит технология Z-Wave, из-за чего новые устройства на базе G.9959 не смогут воспользоваться уже существующей обширной экосистемой функционально совместимого оборудования. Будущие потребности в спектре для G.9959 и аналогичных технологий для использования с "умными" электросетями могут стать вопросом ВКР-23 в рамках пункта 2.5 повестки дня.

Следует также отметить, что IEEE 802.11 и IEEE 802.15.4 широко используются для приложений HAN и что в системах на базе как G.9959, так и IEEE 802.15.4 допускается скачкообразная перестройка частоты, а ячеистая маршрутизация при прямой дальней передаче невозможна из-за большой дальности, затухания, искажений или временных помех. Это повышает устойчивость системы при работе в нелицензируемых полосах частот.

Помимо обсуждений проблем управления использованием спектра и совместимости, находящихся в сфере компетенции МСЭ-R, имеются также вопросы права, конфиденциальности и информационной безопасности, которые необходимо будет рассмотреть на соответствующих форумах по проблемам целостности данных в беспроводных устройствах, используемых в "умных" электросетях. Результаты их рассмотрения могут повлиять на определение частот для использования в беспроводной связи

²¹ Z-Wave – это недорогая маломощная беспроводная технология, позволяющая создавать изделия потребительского класса с сетевой функциональностью. Примерами могут служить дистанционно управляемые светорегуляторы, сетевые датчики температуры, электронные дверные замки и аудио-видеосистемы. Узел, соответствующий стандарту Z-Wave, работает в нелицензируемых РЧ-полосах, например в полосах ПНМ (http://www.z-wave.com/what_is_z-wave).

в "умных" электросетях, в частности исходя из необходимости избежать перехвата, спуфинга, порчи и потери данных для начисления платы и выставления счетов.

Все перечисленные в данном разделе стандарты беспроводной связи включают шифрование для обеспечения конфиденциальности и безопасности. Неизбежным результатом работы в спектре, к которому не применяется регулирование, например индивидуальное лицензирование, является вероятность возникновения помех. В целом применение HAN не требует высокой надежности. Применения WAN и FAN, в которых используются беспроводные соединения, требующие высокой надежности и готовности, составляют оптимальное решение для работы в спектре, к которому применяется индивидуальное лицензирование, обязательные стандарты или иные формы регулирования.

7.2 WAN/NAN/FAN

Общее требование к сетям связи WAN/NAN/FAN – обеспечивать передачу данных на относительно большие расстояния (микрорайоны, города) в центры управления. Эти сети могут непосредственно обслуживать конечный узел или служить транзитными звеньями. Выбор типа решения зависит от множества факторов, в числе которых:

- протяженность линии связи;
- наличие права прохода (для кабельных решений);
- пропускная способность линии связи;
- наличие устройств с автономным питанием;
- техническая доступность;
- надежность;
- использование регулируемого (например, лицензируемого) в отличие от нерегулируемого (например, освобожденного от лицензирования) спектра.

Комитетом по стандартам LAN/MAN IEEE 802 разработано большое число технологий беспроводной связи, которые используются для поддержки приложений "умных" электросетей.

К таким решения относятся:

- Стандарты беспроводной связи, поддерживающие беспроводную связь пункта с многими пунктами:
 - IEEE 802.11;
 - IEEE 802.16;
 - IEEE 802.20;
 - IEEE 802.22.
- Стандарты беспроводной связи, поддерживающие беспроводные ячеистые сети:
 - IEEE 802.15.4;
 - IEEE 802.11.

К другим технологиям беспроводной связи, которые потенциально отвечают требованиям "умных" электросетей, относятся сотовая связь и звуковое радиовещание. Сети сотовой связи, входящие в сферу ответственности консорциума 3GPP (то есть GSM/EDGE, WCDMA/HSPA и LTE), перешли от предоставления услуг телефонии к поддержке широкого круга приложений по передаче данных со встроенными механизмами обеспечения безопасности и качества обслуживания (QoS). Последние выпуски стандартов 3GPP содержат ряд усовершенствований, касающихся межмашинной связи (MTC), в числе которых поддержка управления в условиях перегрузки, увеличенный срок службы встроенных батарей, поддержка устройств со сверхнизким уровнем сложности, увеличение числа устройств и расширение внутреннего покрытия, как описано в главе 9. Предлагаются "умные" счетчики с функциями индивидуального мониторинга и управления на базе технологий 3GPP. Кроме того, уже в течение нескольких десятилетий простое переключение в широкой зоне между тарифами

учета обеспечивается с помощью неслышимых поднесущих: в США для этого используются сети ЧМ-радиовещания, а в Соединенном Королевстве – национальная служба НЧ-радиовещания, работающая на частоте 198 кГц. Комитет по стандартам IEEE 802 LAN/MAN разработал ряд стандартов, применяемых для поддержки приложений "умных" электросетей.

8 Соображения по вопросам помех, связанные с реализацией технологий проводной и беспроводной передачи данных в системах управления электросетями

Комитетом по стандартам IEEE 802 LAN/MAN разработано большое число технологий беспроводной связи, которые на практике продемонстрировали возможности осуществления связи с высокой помехоустойчивостью и их применение в системах управления электросетями, не опасаясь помех другим системам.

Ниже указаны типичные возможности, обеспечиваемые стандартами семейства IEEE 802.

- Например, показано, что оборудование стандартов IEEE 802.11 (Wi-Fi™) и IEEE 802.15.1 (Bluetooth™) может работать в одной и той же полосе частот без взаимных помех в течение многих лет.
- В "умной" электросети предполагается развертывание тысяч устройств, однако требуемые для них скорости передачи данных могут быть невелики, и весьма вероятно, что не все устройства будут вести передачу одновременную. Таким образом, возможно эффективное совместное использование спектра этими устройствами.
- Отдельные регуляторные органы (Федеральная комиссия по связи и UK Ofcom) предложили ввести жесткие ограничения на уровни излучений в различных полосах частот, которые необходимо неукоснительно соблюдать, чтобы обеспечить возможности использования этих полос.
- Новые когнитивные технологии совместного использования радиочастот, разработанные в рамках семейства стандартов IEEE 802 (например, стандарт IEEE 802.22-2011™, известный также под названием Wi-FAR™), позволяют обеспечить эффективное использование спектра без создания вредных помех другим первичным пользователям в тех же или в соседних полосах частот.
- Такие предусмотренные в стандартах IEEE 802 возможности, как зондирование спектра, нормы использования спектра, управление набором каналов и совместная работа, обеспечат минимальный уровень взаимных помех.

Технологии сотовой связи 3GPP используют лицензируемые полосы частот, и поэтому уровень помех в них контролируется. Кроме того, применяются сложные технические методы ограничения помех между множеством устройств, например усовершенствованный метод подавления помех.

Решения 3GPP предоставляют технологии сетей сотовой связи, охватывающие радиодоступ, базовую транспортную сеть, а также функциональные возможности служб, включая работу по вопросам кодеков, безопасности и качества обслуживания, и таким образом обеспечивают полную спецификацию системы. Соответствующими спецификациями предусмотрены также возможности для доступа к базовой сети, отличного от радиодоступа, и для взаимодействия с сетями Wi-Fi.

Основное внимание во всех выпусках спецификаций 3GPP уделяется следующим аспектам:

- обеспечение по мере возможности прямой и обратной совместимости систем для бесперебойной работы пользовательского оборудования;
- проведение широкомасштабных исследований по вопросам совместной работы систем и разработка спецификаций, обеспечивающих совместное использование полос частот системами, в которых применяются разные технологии доступа 3GPP, с минимальным влиянием на эксплуатационные характеристики;
- соблюдение предъявляемых по всем мире нормативных требований к уровням излучений;
- предоставление и поддержание технологий доступа с широким выбором скоростей передачи данных и уровней пропускной способности.

Кроме того, технологии 3GPP предусматривают возможность использования методов разнесения, например скачкообразной перестройки частоты, для повышения помехоустойчивости и ослабления помех другим системам, работающим в той же полосе частот. В этих технологиях также используются методы планирования и координации в целях минимизации помех, обеспечивающие эффективное использование спектра, такие как общесистемное планирование частот и координация уровня помех между сотами. Помимо этого, в приемниках применяется расширенное подавление помех, которое способствует повышению помехоустойчивости.

В рамках проекта 3GPP2 разработано множество технологий беспроводной связи, которые на практике продемонстрировали возможности осуществления связи с высокой помехоустойчивостью и их применения в системах управления электросетями, не опасаясь помех другим системам. Семейство стандартов 3GPP2 cdma2000 с множественными несущими содержит следующие стандарты:

- cdma2000 1x;
- cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO);
- расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD).

Семейство стандартов 3GPP2 cdma2000 с множественными несущими классифицируется МСЭ как технология ИМТ, что документально зафиксировано в Рекомендации МСЭ-R М.1457. Ниже указаны типичные особенности семейства стандартов 3GPP2 cdma2000 с множественными несущими:

- хорошо отработанная технология с усовершенствованным механизмом управления доступом, поддерживающая обслуживание большого количества пользователей в режимах произвольного доступа и трафика с минимальными помехами;
- опыт практического использования во всем мире для обеспечения доступа на обширных территориях;
- изначально запланированная широкая зона охвата каждой базовой станции;
- полный набор спецификаций, в том числе спецификации сетей, безопасности, испытаний и эксплуатационных характеристик.

9 Влияние широкомасштабного развертывания проводных и беспроводных сетей, используемых в системах управления электросетями, на доступность спектра

Одна из целей разработки технологий беспроводной сотовой связи 3GPP и семейства стандартов IEEE 802 состоит в том, чтобы помехи, связанные с широкомасштабным использованием соответствующих технологий и устройств, не оказывали влияния на доступность спектра.

Это фактор первостепенной важности с учетом того, что:

- на сегодняшний день в разных странах и регионах (включая Европу, Австралию, Северную Америку) установлены миллионы беспроводных устройств "умных" электросетей, совместно использующих те или иные участки спектра. Количество таких развертываемых сетей растет, и в тех же географических регионах планируются новые "умные" электросети ввиду успешной и эффективной работы уже существующих;
- во всем мире широко используются мобильные бытовые беспроводные устройства. Каждое устройство может ежемесячно передавать гигабайты данных. Объем используемых данных от беспроводных устройств "умных" электросетей меньше на порядки. Лицензируемый спектр, использованием которого управляют операторы беспроводной связи, может легко вместить весь дополнительный трафик;
- действующие технические нормы таких регуляторных органов, как Федеральная комиссия по связи и UK Ofcom, обеспечили успешную совместную работу миллионов беспроводных устройств "умных" электросетей без причинения помех друг другу;

- в стандартах беспроводной связи IEEE 802 используется целый ряд технологий, обеспечивающих надежную работу беспроводных "умных" электросетей, например скачкообразная перестройка частоты, ячеистая маршрутизация, сегментация, кодирование и высокоскоростная передача пакетов. Кроме того, беспроводные "умные" электросети устойчивы к обрывам линий связи и перебоям в энергоснабжении;
- в технологиях беспроводной сотовой связи 3GPP используются различные методы повышения эффективности использования выделенного спектра, в том числе высокоуровневая модуляция, кодирование, распределение блока ресурсов, подавление и ослабление воздействия помех, а также система MIMO (многоканальный вход/многоканальный выход). Дополнительную устойчивость обеспечивает координированная работа множества пунктов;
- новые когнитивные технологии совместного использования радиочастот, разработанные в рамках семейства стандартов IEEE 802, позволяют обеспечить эффективное использование спектра без создания вредных помех другим первичным пользователям в тех же или в соседних полосах частот;
- такие предусмотренные в стандартах IEEE 802 возможности, как зондирование спектра, нормы использования спектра, управление набором каналов и совместная работа, обеспечат минимальный уровень взаимных помех;
- технологии беспроводной сотовой связи 3GPP постоянно совершенствуются, и в выпуске 13 спецификаций 3GPP перечислены новые возможности, актуальные в контексте "умных" электросетей:
 - максимальные потери из-за переходного затухания – 164 дБ;
 - длительность работы от батареи емкостью 5 Вт-ч (ватт-часов) – не менее 10 лет в режиме нечастой передачи малых объемов данных;
 - задержка передачи малого пакета – не более 10 секунд вплоть до периметра системы (то есть при потерях из-за переходного затухания, равных 164 дБ);
 - поддержка не менее 60 000 устройств на квадратный километр;
 - безопасная передача пакетов данных с использованием шифрования и защиты целостности;
 - низкий уровень сложности систем и устройств для поддержки широкого диапазона применений МТС;
- проводные линии связи Ethernet не используют спектр беспроводной связи, и от них, как правило, требуется обязательное соответствие местным и национальным нормам в целях ограничения электромагнитных помех в направлении от систем, не ведущих передачу. Поэтому применение Ethernet для реализации технологий и устройств беспроводной и проводной связи в системах управления электросетями не требует учета каких-то дополнительных соображений, связанных с помехами радиосвязи.

Одна из целей разработки семейства стандартов 3GPP состоит в том, чтобы помехи, связанные с широким использованием технологий и устройств на базе этих стандартов, не оказывали влияния на доступность спектра с учетом:

- широкомасштабного развертывания во всем мире систем, обеспечивающих глобальный роуминг для миллионов единиц пользовательского оборудования;
- надежного и почти повсеместного охвата территорий сетями сотовой связи

10 Заключение

При помощи сетей двусторонней связи с высокой пропускной способностью, использующих беспроводную связь, связь по линиям электропередачи или другие технологии связи для подключения датчиков и "умных" счетчиков, можно превратить имеющиеся распределительные сети коммунальных предприятий в "умные" электросети.

"Умный" учет и связь по каналам "умных" электросетей теоретически позволят потребителям отслеживать закономерности своего потребления и менять их в выгодную для себя сторону. Коммунальные предприятия смогут непрерывно корректировать тарифы в реальном времени с учетом общей нагрузки и необходимости обеспечивать целостность распределительных сетей. Кроме того, появится принципиальная возможность регулировать нагрузку со стороны определенных классов часто используемых бытовых приборов и промышленного оборудования.

Общая цель – обеспечить возможность мониторинга этих интерактивных "умных" электросетей и управления ими для повышения эффективности, надежности и безопасности коммунальных распределительных сетей, а также бесперебойных поставок электроэнергии, газа и воды потребителям.

Приложение 1

Примеры действующих стандартов, относящихся к системам управления электросетями

A1.1 Стандарты IEEE

Семейство стандартов IEEE 802 содержит различные стандарты беспроводной связи, пригодные для применения в оборудовании "первой мили" систем управления электросетями. В приведенных ниже таблицах дается сводка технических и эксплуатационных характеристик оборудования, соответствующих стандартам беспроводной связи семейства IEEE 802.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Технические параметры, связанные с IEEE Std 802.11, см. в таблице 2 Рекомендации МСЭ-R M.1450.

ТАБЛИЦА A1.1

Технические и эксплуатационные характеристики согласно стандарту IEEE 802.11

Характеристика	802.11	802.11ah ²²		802.11n	802.11ac
		Модель 1 ²³	Модель 2 ²⁴		
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые)	2,4 ГГц	900 МГц	900 МГц	2,4 ГГц	5 ГГц
Номинальный радиус действия	1,5 км	2 км	2 км	0,25 км	0,14 км
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Кочевой и мобильный	Кочевой	Кочевой	Кочевой и мобильный	Кочевой и мобильный

²² IEEE P802.11ah – это проект, который был успешно завершен, но к моменту составления настоящего документа результаты процесса утверждения ожидалось.

²³ Модель 1 – описание семейства + внутренняя модель.

²⁴ Модель 2 – конкретная эксплуатационная модель + наружная модель.

ТАБЛИЦА А1.1 (окончание)

Характеристика	802.11	802.11ah ²⁵		802.11n	802.11ac
		Модель 1 ²⁶	Модель 2 ²⁷		
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	2 Мбит/с	156 Мбит/с	1,3 Мбит/с	600 Мбит/с	6 934 Мбит/с
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD				
Номинальная ширина полосы по РЧ	20 МГц	1, 2, 4, 8, 16 МГц	2 МГц	20, 40 МГц	20, 40, 80, 160 МГц
Методы разнесения	Пространственно-временной				
Поддержка системы MIMO (да/нет)	Нет	Да	Нет	Да	Да
Управление лучом/формирование луча	Нет	Да	Да	Да	Да
Ретрансляция	Автоматический запрос повторения (ARQ)				
Упреждающая коррекция ошибок	Да	Сверточное кодирование и LDPC	Сверточное кодирование и LDPC	Да	Да
Управление помеховой ситуацией	Прослушивание перед передачей	Прослушивание перед передачей и выбор частотного канала	Прослушивание перед передачей и выбор частотного канала	Прослушивание перед передачей	Прослушивание перед передачей
Управление энергопотреблением	Да				
Топология соединений	Связь пункта с пунктом, многопролетная, звездообразная				
Методы доступа к среде	CSMA/CA				
Методы многостанционного доступа	CSMA	CSMA/TDMA	CSMA/TDMA	CSMA	CSMA
Метод обнаружения и установления соединений	Пассивное и активное сканирование				
Методы QoS	Очередь с приоритетом радиосвязи, маркировка транзитных данных и приоритет трафика				
Получение данных о местоположении	Да				
Измерение дальности	Да				
Шифрование	AES-128, AES-256				
Аутентификация/защита от повторной передачи	Да				
Обмен ключами	Да				
Обнаружение мошеннических узлов	Да				
Уникальная идентификация устройств	48-битовый уникальный идентификатор				

²⁵ IEEE P802.11ah – это проект, который был успешно завершен, но к моменту составления настоящего документа результаты процесса утверждения ожидалось.

²⁶ Модель 1 – описание семейства + внутренняя модель.

²⁷ Модель 2 – конкретная эксплуатационная модель + наружная модель.

ТАБЛИЦА А1.2

**Технические и эксплуатационные характеристики
согласно стандарту IEEE 802.15.4**

Характеристика	Значение
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые) (МГц)	Нелицензируемые: 169, 450–510, 779–787, 863–870, 902–928, 950–958, 2400–2483,5 Лицензируемые: 220, 400–1000, 1427
Номинальная дальность действия	OFDM – 2 км MR-FSK – 5 км DSSS – 0,1 км
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Кочевой и мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	OFDM – 860 кбит/с MR-FSK – 400 кбит/с DSSS – 250 кбит/с
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD
Номинальная ширина полосы по РЧ	OFDM – от 200 кГц до 1,2 МГц MR-FSK – от 12 до 400 кГц DSSS – 5 МГц
Методы разнесения	Пространственно-временной
Поддержка системы MIMO (да/нет)	Нет
Управление лучом/формирование луча	Нет
Ретрансляция	ARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточное кодирование
Управление помеховой ситуацией	Прослушивание перед передачей, выбор частотного канала, скачкообразная перестройка частоты, расширение спектра, быстрая перестройка частоты
Управление энергопотреблением	Да
Топология соединений	Связь пункта с пунктом, многопролетная, звездообразная
Методы доступа к среде	CSMA/CA
Методы многостанционного доступа	CSMA/TDMA/FDMA (в системах со скачкообразной перестройкой частоты)
Метод обнаружения и установления соединений	Активное и пассивное сканирование
Методы QoS	Маркировка транзитных данных и приоритет трафика
Получение данных о местоположении	Да
Измерение дальности	Да
Шифрование	AES-128
Аутентификация/защита от повторной передачи	Да
Обмен ключами	Да
Обнаружение мошеннических узлов	Да
Уникальная идентификация устройств	64-битовый уникальный идентификатор

ТАБЛИЦА А1.3

Характеристики согласно стандарту IEEE 802.16

Характеристика	Значение
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые)	Лицензируемые полосы частот от 200 МГц до 6 ГГц
Номинальная дальность действия	Оптимальная дальность до 5 км в типичных условиях связи пункта со многими пунктами, функциональная дальность до 100 км
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Кочевой и мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	802.16-2012: 34,6 UL/60 DL Мбит/с одной антенной Tx BS (BW 10 МГц); 69,2 UL/120 DL Мбит/с двумя антеннами Tx BS (BW 10 МГц); 802.16.1-2012: 66,7 UL/120 DL Мбит/с двумя антеннами Tx BS (BW 10 МГц); 137 UL/240 DL Мбит/с четырьмя антеннами Tx BS (BW 10 МГц)
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	Определены TDD и FDD, чаще всего используется TDD, адаптивный TDD – для асимметричного трафика
Номинальная ширина полосы по РЧ	Выбирается в диапазоне от 1,25 до 10 МГц
Методы разнесения	Пространственно-временной
Поддержка системы MIMO (да/нет)	Да
Управление лучом/формирование луча	Да
Ретрансляция	Да (ARQ и гибридный ARQ (HARQ))
Упреждающая коррекция ошибок	Да (сверточное кодирование)
Управление помеховой ситуацией	Да (частичное повторное использование частот)
Управление энергопотреблением	Да
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами, связь пункта с пунктом, многопролетная ретрансляция
Методы доступа к среде	Координированное разрешение конфликтов, за которым следует ориентированное на соединение QoS, поддерживается путем использования пяти видов порядка обслуживания
Методы многостанционного доступа	OFDMA
Метод обнаружения и установления соединений	Автономное обнаружение, установление соединений через CID/SFID
Методы QoS	Дифференциация QoS (поддерживаются 5 классов), поддержка QoS, ориентированного на соединение
Получение данных о местоположении	Да
Измерение дальности	Необязательно
Шифрование	AES128 – CCM и CTR
Аутентификация/защита от повторной передачи	Да
Обмен ключами	PKMv2 (раздел 7.2.2)
Обнаружение мошеннических узлов	Да, выработка ключа для защиты целостности управляющих сообщений по криптографическому коду аутентификации сообщений (CMAC)/хеш-коду аутентификации сообщений (HMAC). Дополнительно значение проверки целостности (ICV) AES-CCM для защиты целостности блоков MPDU
Уникальная идентификация устройств	MAC-адрес, сертификаты X.509, дополнительно SIM-карта

ТАБЛИЦА А1.4

**Технические и эксплуатационные характеристики
согласно стандарту IEEE 802.20 (режим 625k-МС)**

Характеристика	Значение
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые)	Лицензируемые полосы ниже 3,5 ГГц
Номинальная дальность действия	12,7 км (макс.)
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	Пиковая скорость передачи данных по линии вниз – 1 493 Мбит/с, по линии вверх – 571 кбит/с (ширина полосы несущей 625 кГц)
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD
Номинальная ширина полосы по РЧ	2,5 МГц (вмещает четыре несущих с разносом 625 кГц), 5 МГц (вмещает восемь несущих с разносом 625 кГц)
Скорость модуляции/кодирования восходящая и нисходящая	Адаптивные модуляция и кодирование, BPSK, QPSK, 8-PSK, 12-PSK, 16-QAM, 24-QAM, 32-QAM и 64-QAM
Методы разнесения	Пространственное разнесение
Поддержка системы MIMO (да/нет)	Да
Управление лучом/формирование луча	Избирательность по пространственному каналу и обработка сигналов адаптивных антенных решеток
Ретрансляция	Быстрый ARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Блочное и сверточное кодирование/декодирование по Витерби
Управление помеховой ситуации	Обработка сигналов адаптивных антенн
Управление энергопотреблением	Адаптивная схема управления энергопотреблением (с обратной связью и без таковой). Управление энергопотреблением повышает пропускную способность сети и снижает энергопотребление на линиях вверх и вниз
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами
Методы доступа к среде	Произвольный доступ, TDMA-TDD
Методы многостанционного доступа	FDMA-TDMA-SDMA
Метод обнаружения и установления соединений	По взаимной аутентификации между базовой станцией и пользовательским терминалом (BS-UT)
Методы QoS	В режиме 625k-МС определено три класса QoS, реализующих модель IETF Diffserv: быстрая переадресация (EF), гарантированная переадресация (AF) и негарантированная переадресация (BE). Логика работы в каждом пролете основана на кодовых точках DiffServ (DSCP)
Получение данных о местоположении	Да
Измерение дальности	Да
Шифрование	Потоковое шифрование RC4 и AES

ТАБЛИЦА А1.4 (окончание)

Характеристика	Значение
Аутентификация/защита от повторной передачи	Аутентификация базовой станции (BS) и пользовательского терминала (UT) на основании цифровых сертификатов, подписанных согласно стандарту ISO/IEC 9796 по алгоритму Ривеста, Шамира и Адлемана (RSA)
Обмен ключами	Шифрование методом эллиптических кривых (с использованием кривых К-163 и К-233 из стандарта FIPS-186-2)
Обнаружение мошеннических узлов	Защита от мошеннических узлов
Уникальная идентификация устройств	Да

ТАБЛИЦА А1.5

**Технические и эксплуатационные характеристики
согласно стандарту IEEE 802.22**

Характеристика	Значение
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые)	54–862 МГц
Номинальная дальность действия	Оптимальная дальность до 30 км в типичных условиях связи пункта со многими пунктами, функциональная дальность до 100 км
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Кочевой и мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	22–29 Мбит/с, выше 40 Мбит/с с MIMO
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD
Номинальная полоса пропускания радиоканала	6, 7 или 8 МГц
Методы разнесения	Пространственный, временной, блочные коды, пространственное мультиплексирование
Поддержка системы MIMO (да/нет)	Да
Управление лучом/формирование луча	Да
Ретрансляция	ARQ, HARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточное кодирование, Turbo и LDPC
Управление помеховой ситуацией	Да
Управление энергопотреблением	Да, набор режимов с пониженным энергопотреблением
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами
Методы доступа к среде	TDMA/TDD OFDMA, MAC на основе резервирования
Методы многостанционного доступа	OFDMA
Метод обнаружения и установления соединений	Да, по MAC ID устройства, CID и SFID
Методы QoS	Дифференциация QoS (поддерживаются 5 классов), поддержка QoS, ориентированного на соединение

ТАБЛИЦА А1.5 (окончание)

Характеристика	Значение
Получение данных о местоположении	Определение географического местоположения
Измерение дальности	Да
Шифрование	AES128 – CCM, ECC и TLS
Аутентификация/ защита от повторной передачи	AES128 – CCM, ECC, EAP и TLS, защита от повторной передачи посредством шифрования, аутентификации и маркировки пакетов
Обмен ключами	Да, РКМv2
Обнаружение мошеннических узлов	Да
Уникальная идентификация устройств	48-битовый уникальный идентификатор, сертификат X.509

А1.2 Стандарты МСЭ-T

Семейство Рекомендаций МСЭ-T G.990x (G.9901, G.9902, G.9903, G.9904) было разработано для обеспечения возможностей подключения и связи в "умных" электросетях на базе технологий узкополосной связи по линиям электропередачи (NB-PLC). В приведенных ниже таблицах дается сводка технических и эксплуатационных характеристик двух проверенных на практике технологий NB-PLC, которые рассмотрены в МСЭ-T.

ТАБЛИЦА А1.6

Технические и эксплуатационные характеристики согласно Рекомендациям МСЭ-T G.9903 и G.9904

Характеристика	Значения согласно G.9903	Значения согласно G.9904
Поддерживаемые полосы частот	35–488 кГц	42–89 кГц
Пиковая скорость передачи данных	42 кбит/с	128 кбит/с
Методы многостанционного доступа	OFDM	OFDM
Упреждающая коррекция ошибок	По Риду–Соломону, сверточный код, скремблер, перемежитель, код с повторениями	Сверточный код, скремблер, перемежитель
Топология сети	Ячеистая	Древовидная
Ретрансляция	ARQ	ARQ
Методы доступа к среде	CSMA и приоритетный	CSMA и бесконфликтный или приоритетный
Метод обнаружения и установления соединений	6LoWPAN и методы на базе EAP-PSK	Конкретная процедура регистрации в сети
Методы QoS	Дифференциация QoS, 2 уровня приоритетов	Дифференциация QoS, 4 уровня приоритетов
Шифрование	AES128 – CCM	AES128 – GCM
Аутентификация/защита от повторной передачи	Механизм аутентификации и защиты от повторной передачи	Механизм аутентификации и защиты от повторной передачи
Обмен ключами	Да	Да
Уникальная идентификация устройств	64-битовый уникальный идентификатор устройства	64-битовый уникальный идентификатор устройства

A1.3 Стандарты 3GPP

Альянсом 3GPP выпущены различные стандарты беспроводной связи, пригодные для применения в оборудовании "первой мили" систем управления электросетями. Последние выпуски стандартов 3GPP содержат ряд усовершенствований, относящихся к межмашинной связи (MTC).

Выпуск 10:

- Новый пункт об устойчивом к задержке установлении доступа и индикация низкого приоритета доступа для поддержки управления из системы устройствами MTC с ослабленными требованиями к задержке. Эти особенности могут пригодиться, в частности, в условиях перегрузки (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Расширенный запрет доступа и неявный отказ для поддержки запрета устойчивых к задержке устройств, настроенных для низкоприоритетного доступа (GSM/EDGE).

Выпуск 11:

- Расширенный запрет доступа (UMTS, HSPA+, LTE).

Выпуск 12:

- Энергосберегающий режим работы UE для поддержки более длительной (до нескольких лет) работы от батарей устройств, характеризующихся нечастой передачей малых объемов данных (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Категория UE низкого уровня сложности, позволяющая снизить себестоимость устройств для поддержки их гибкого использования в ряде применений MTC (LTE).

Выпуск 13:

- Расширенный прерывистый прием (DRX) для поддержки длительной работы от батарей при сохранении досягаемости окончного мобильного устройства под управлением сети (GSM/EDGE, UMTS, HSPA+, LTE).
- Интернет вещей с расширенным покрытием на базе GSM (EC-GSM-IoT) (GSM/EDGE), расширения физического уровня LTE для MTC (eMTC) (LTE), узкополосный интернет вещей (NB-IoT) для поддержки устройств низкого уровня сложности, потери из-за переходного затухания, равные 164 дБ, длительность работы от батарей – 10 лет, 10-секундная задержка и поддержка системой не менее 60 000 устройств на квадратный километр.

В приведенной ниже таблице дается сводка технических и эксплуатационных характеристик оборудования, соответствующих стандартам беспроводной связи 3GPP, в том числе указанных выше усовершенствований, касающихся MTC.

ТАБЛИЦА А1.7

Технические и эксплуатационные характеристики согласно технологиям 3GPP

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Возможность надежного установления надлежащей линии связи с устройством	Доля времени, %	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)	В зависимости от конкретной системы (обычно > 99%)
Возможность поддержания надлежащего соединения	Частота возникновения отказов на 1000 сеансов	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)	В зависимости от конкретной системы (обычно < 1%)
Голосовая связь		Да	С поддержкой голосовых сообщений	Да	Да	Да	Да (возможно, с уменьшением покрытия)	С поддержкой голосовых сообщений
Передача данных	Макс. долговременная пользовательская скорость передачи данных на каждого пользователя, Гбит/с/Мбит/с/кбит/с	GPRS: 172 кбит/с (UL/DL) EGPRS: 491 кбит/с (UL/DL) EGPRS2-A: 811 кбит/с (DL) 638 кбит/с (UL)	98 кбит/с (UL/DL) (с учетом ограничений протокола)	1,92 Мбит/с (DL) 0,96 Мбит/с (UL) (при условии установления соединения только для передачи данных)	294 Мбит/с (DL) 58,65 Мбит/с (UL) (при условии снижения пропускной способности на 15% по сравнению с пиковой скоростью передачи данных по каналу беспроводной связи)	DL: от 0,85 Мбит/с до 21,2 Гбит/с, в зависимости от категории UE UL: от 0,85 Мбит/с до 11,6 Гбит/с, в зависимости от категории UE (при условии снижения пропускной способности на 15% по сравнению с пиковой скоростью передачи данных по каналу беспроводной связи)	HD-FDD: 800 кбит/с (DL) 1 Мбит/с (UL) HD-FDD: 300 кбит/с (DL) 375 кбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола)	21,3 кбит/с (DL) 62,5 кбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола)

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Видео		Да	Нет	Да	Да	Да	Да (возможно, с уменьшением покрытия)	Нет
Географическая зона покрытия	км ²	Радиус 35 км с нормальным опережением; радиус 120 км с увеличенным опережением	Радиус 35 км с нормальным опережением	Радиус 120 км для сот с увеличенными радиусом действия	Радиус 120 км для сот с увеличенным радиусом действия	Радиус 100 км	Радиус 100 км	Радиус 40 км
Бюджет линии	дБ	EGPRS (Veh A50): 146,36/133,39 дБ GPRS/EGPRS/E GPRS2-A: 144 дБ	164 дБ (предполагая класс мощности 33 дБм для станций подвижной связи; дополнительные предположения см. также в документе 3GPP TR 45.820)	До 147 дБ	До 147 дБ	До 143 дБ (DL); до 133 дБ (UL)	155,7 дБ (предполагая класс мощности 20 дБм для UE; дополнительные предположения см. также в документе 3GPP TR 36.888)	164 дБ (предполагая класс мощности 23 дБм для UE; дополнительные предположения см. также в документе 3GPP TR 45.820)
Максимальная скорость относительного перемещения	км/с	350 км/ч	~100 км/ч (без поддержки эстафетной передачи)	350 км/ч	350 км/ч	350 км/ч	~100 км/ч	~100 км/ч (без поддержки эстафетной передачи)
Максимальный доплеровский сдвиг	Гц	1000 со следящей схемой выравнивания каналов		648	648	648	70	

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Пиковая полезная пропускная способность по линии вниз	Макс. долговременная пользовательская скорость передачи данных, Гбит/с/Мбит/с/кбит/с	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"	См. строку "Передача данных"
Стандарт радиосвязи общего пользования в нелицензируемых полосах	ГГц (L/UL)	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Да (доступ с помощью лицензируемых частот)	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует
Стандарт радиосвязи общего пользования в лицензируемых полосах	ГГц (L/UL)	Несколько полос согласно 3GPP 45.005	Несколько полос согласно 3GPP 45.005	Несколько полос согласно 3GPP 25.101	Несколько полос согласно 3GPP 25.101	Несколько полос согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Несколько полос согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Несколько полос согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Стандарт частной радиосвязи в лицензируемых полосах	ГГц (L/UL)	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Да, включая режим портативной радиации и технологию прямой связи между устройствами	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует	Работа возможна, но спецификация на данный момент отсутствует
Метод дуплексной связи	TDD/FDD	Полудуплексный FDD	Полудуплексный FDD	FDD и TDD	FDD и TDD	FDD и TDD, включая полно- и полудуплексный FDD	FDD и TDD, включая полно- и полудуплексный FDD	Полудуплексный FDD

ТАБЛИЦА А1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Ширина полосы несущей	кГц	200 кГц	200 кГц	5 МГц (FDD)	5 МГц (FDD)	1,4; 3; 5; 10; 15; 20 МГц Совокупная ширина полосы частот – до 640 МГц с использованием объединения несущих	1,4 МГц	180 кГц
Разнос каналов	кГц	200 кГц	200 кГц	5 МГц (FDD)	5 МГц (FDD)	Номинальный разнос каналов = (BWChannel(1) + BWChannel(2))/2, где BWChannel(1) и BWChannel(2) – ширины полос двух соответствующих несущих	В основной полосе LTE: 1,08 МГц На самостоятельной основе: 1,4 МГц	В основной полосе LTE: 180 кГц На самостоятельной основе: 200 кГц
Количество неперекрывающихся каналов в рабочей полосе		См. 3GPP 45.005	См. 3GPP 45.005	См. 3GPP 25.101	См. 3GPP 25.101	См. 3GPP 36.101 и 36.104		См. 3GPP 36.101 и 36.104
Пиковая спектральная эффективность	бит/с/Гц	GPRS: 0,86 бит/с/Гц EGPRS: 2,46 бит/с/Гц EGPRS2-A: 4,05 бит/с/Гц (DL) 3,19 бит/с/Гц (UL)	2,46 бит/с/Гц	0,2048 бит/с/Гц (UL); 0,4096 бит/с/Гц (DL)	2,2 бит/с/Гц (UL); 5,6 бит/с/Гц (DL)	15 бит/с/Гц (UL); 40 бит/с/Гц (DL)	В основной полосе LTE: 1,56 бит/с/Гц На самостоятельной основе: 1,56 бит/с/Гц	В основной полосе LTE: 1,39 бит/с/Гц (UL) 0,94 бит/с/Гц (DL) На самостоятельной основе: 1,25 бит/с/Гц (UL) 1,13 бит/с/Гц (DL)

ТАБЛИЦА А1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Средняя спектральная эффективность соты	бит/с/Гц/сота	1,1760 Мбит/с/ МГц/сота (Veh A50) (EGPRS)	В зависимости от сценария развертывания	0,67 для DL (с разнесением); 0,47 для UL (Pedestrian A)	В зависимости от сценария развертывания примерные диапазоны значений составляют 1,1–1,6 для DL и 0,7–2,3 для UL	В зависимости от сценария развертывания примерные диапазоны значений составляют 1,8–3,2 для DL и 0,7–1,05 для UL (выпуск 8)	В зависимости от сценария развертывания	В зависимости от сценария развертывания
Длительность кадра	мс	120/26 мс Кадр TDMA GPRS: TTI = 20 мс EGPRS/ EGPRS2-A: TTI = 10, 20 мс	TTI = 20–80 мс	10 мс (TTI = 2 мс)	10 м (TTI = 2 мс)	10 мс (TTI = 1 мс)	10 мс (TTI = 1 мс)	10 мс (мин. TTI = 1 мс)
Максимальный размер пакета	Байт	1560 октетов на интерфейсе RLC	1560 октетов на интерфейсе RLC	Нет фиксированного размера для FDD (зависит от уровня модуляции и количества кодов деления каналов); TDD (3,84 Мбит/с) = 12 750 байт (см. 3GPP 25.321)	42 192 бит на поток для DL; 22 996 бит для UL	8188 байт для DL/UL	8188 байт для DL/UL	1600 байт для DL/UL
Поддержка сегментации	Да/Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Индикация уровня принимаемого сигнала (RSSI)		Да; 64 уровня от -110 дБм + шкала и до -48 дБм + шкала	EC-GSM-IoT сообщает уровень принятого полезного сигнала в виде 75 уровней от -122 до -48 дБм	Да; 77 уровней от -100 до -25 дБм	Да; 77 уровней от -100 до -25 дБм	LTE сообщает мощность принятого опорного сигнала (RSRP) для соседних сот LTE и RSSI (77 уровней от -100 до -25 дБм) для соседних сот HSPA и EDGE. См. 3GPP TS 36.133	LTE сообщает мощность принятого опорного сигнала (RSRP) для соседних сот LTE. См. 3GPP TS 36.133	NB-IoT измеряет мощность принятого опорного сигнала (RSRP)
Потеря пакетов		Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ	Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ	Остаточный BLER = 1% после HARQ	Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ	Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ	Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ	Зависит от рабочей точки, но обычно остаточный BLER = 1% после HARQ
Механизмы снижения энергопотребления		Да, например, DTX, DRX, расширенный DRX, энергосберегающий режим и управление энергопотреблением	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, DTX, DRX, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, DTX, DRX, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, DTX, DRX, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим
Поддержка режимов с пониженным энергопотреблением		Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да	Да, например, более длительные циклы DTX/DRX во всех состояниях	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим	Да, например, расширенный DRX и энергосберегающий режим

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Связь пункта с пунктом		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Связь пункта со многими пунктами		Да	Нет	Да	Да	Да	Нет	Нет
Радиовещание		Да	Нет	Да	Да	Да	ETWS, CMAS, временная информация IB16	Временная информация SIB16
Эстафетная передача		Да	Нет	Да	Да	Да	Да	Нет
Методы доступа к среде		TDMA/FDMA с коммутацией каналов Планируемый пакетный доступ TDMA/FDMA	Планируемый пакетный доступ TDMA/FDMA	CDMA с коммутацией каналов	Планируемый пакетный доступ CDMA	Планируемый пакетный доступ OFDMA	Планируемый пакетный доступ OFDMA	Планируемый пакетный доступ OFDMA
Обнаружение		Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания	Канал синхронизации и вещания
Установление взаимосвязи		TBF (временный поток блоков)	TBF (временный поток блоков)	Через различные RNTI	Через HRNTI и ERNTI, присвоенные пользовательскому оборудованию	Через CRNTI	Через CRNTI	Через CRNTI
Приоритет трафика	diffserv, reclass	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP	Приоритеты, определенные 3GPP
Очередь с приоритетом радиосвязи		Планировщик базовой станции	Планировщик базовой станции	Да, в планировщике Node B	Да, в планировщике Node B	Да, в планировщике eNode B	Да, в планировщике eNode B	Да, в планировщике eNode B

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Получение данных о местоположении (координаты x, y, z)		Методы aGPS и UTDOA согласно спецификации 3GPP	Метод с опережением согласно спецификации 3GPP	Методы aGPS и OTDOA согласно спецификации 3GPP	Методы aGPS и OTDOA согласно спецификации 3GPP	Методы A-GNSS, OTDOA, E-CID и UTDOA согласно спецификации 3GPP	Методы A-GNSS, E-CID согласно спецификации 3GPP	Метод E-CID согласно спецификации 3GPP
Измерение дальности (сообщение данных о расстоянии)								
Шифрование	Поддерживаемые алгоритмы	A5/3, A5/4, GEA3	KASUMI и SNOW 3G	KASUMI	KASUMI и SNOW 3G	SNOW 3G, AES, ZUC	SNOW 3G, AES, ZUC	SNOW 3G, AES, ZUC
Аутентификация		UE – сеть (2G AKA) и взаимная (3G AKA)	Взаимная	UE – сеть (2G AKA) и взаимная (3G AKA)	UE – сеть (2G AKA) и взаимная (3G AKA)	Взаимная	Взаимная	Взаимная
Защита от повторной передачи в протоколе обмена ключами		Нет (2G AKA) и да (3G AKA)	Да	Нет (2G AKA) и да (3G AKA)	Нет (2G AKA) и да (3G AKA)	Да	Да	Да
Обмен ключами	Поддерживаемые протоколы и алгоритмы	Проприетарный, 2G MILENAGE (2G AKA) и проприетарный, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Проприетарный, MILENAGE, TUAK	Проприетарный, 2G MILENAGE (2G AKA) и проприетарный, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Проприетарный, 2G MILENAGE (2G AKA) и проприетарный, MILENAGE, TUAK (3G AKA)	Проприетарный, MILENAGE, TUAK	Проприетарный, MILENAGE, TUAK	Проприетарный, MILENAGE, TUAK

ТАБЛИЦА A1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Источники помех		Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети	Другие пользователи, соты и сети
<ul style="list-style-type: none"> Помехи в совмещенном канале Помехи в соседнем канале Помехи в канале, следующем за соседним Предотвращение коллизий Механизмы защиты Восприимчивость к помехам от средств радиосвязи на базе других технологий Степень влияния помех от средств радиосвязи на базе других технологий Восприимчивость к радиочастотным помехам от линий электропередачи 		Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации	Управление согласно спецификациям 3GPP и конкретной реализации
MAC-адрес				Да	Да	Да	Да	Да

ТАБЛИЦА А1.7 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
SIM-карта		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Другие способы идентификации		IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI	IMEI
Обнаружение мошеннических узлов		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
ОПС базового стандарта	Название ОПС	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)	ATIS (организация – партнер 3GPP)
Организации, занимающиеся определением профилей и вопросами применения	Название ассоциации/форума							
Диапазон температур		Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Источники радиочастотного шума – другие радиостанции		Согласно 3GPP 45.005 и 45.050	Согласно 3GPP 45.005 и 45.050	Согласно 3GPP 25.942	Согласно 3GPP 25.942	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Источники радиочастотного шума – другое электрическое оборудование		Согласно 3GPP 45.005 и 45.050	Согласно 3GPP 45.005 и 45.050	Согласно 3GPP 25.943	Согласно 3GPP 25.943	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Чувствительность приемника	дБм	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Пиковая мощность передатчика	дБм	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104

ТАБЛИЦА А1.7 (окончание)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Ступени установки мощности передатчика	дБ	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Усиление антенны	дБи	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 45.005	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Минимальный уровень шума	дБм	Согласно 3GPP 45.050	Согласно 3GPP 45.050	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 25.101 и 25.102	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
Модуляция	GFSK, OFDM, BPSK, GMSK	В EGPRS2-A добавлены GMSK, 8-PSK 16QAM/32QAM	GMSK, 8PSK	BPSK/QPSK	QPSK, 16QAM/64QAM	QPSK, 16QAM/64QAM/256QAM	QPSK, 16QAM	$\pi/2$ -BPSK, $\pi/4$ -QPSK, QPSK
Упреждающая коррекция ошибок		Перфорированный сверточный код	Перфорированный сверточный код	Сверточный код и Turbo	Сверточный код и Turbo	Turbo; кольцевой сверточный код на вещательном канале	Turbo; кольцевой сверточный код на вещательном канале	Turbo (UL); кольцевой сверточный код (DL)

A1.4 Стандарты 3GPP2

Альянсом 3GPP2 выпущены различные стандарты беспроводной связи, пригодные для применения в системах управления электросетями. В приведенной ниже таблице дается сводка технических и эксплуатационных характеристик оборудования, соответствующих стандартам беспроводной связи 3GPP2.

ТАБЛИЦА A1.8

Технические и эксплуатационные характеристики оборудования, соответствующие семейству стандартов 3GPP2 cdma2000 с множеством несущих

Характеристика	Значение		
	cdma2000 1x	cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO)	Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD)
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые)	Лицензируемые, возможно использование нескольких полос (см. 3GPP2 C.S0057-E)	Лицензируемые, возможно использование нескольких полос (см. 3GPP2 C.S0057-E)	Лицензируемые, возможно использование нескольких полос (см. 3GPP2 C.S0057-E)
Номинальная дальность действия	Потери на трассе 160 дБ (При развертывании в городских условиях типичная максимальная дальность действия составляет 5,7 км на частоте 2 ГГц согласно методологии оценки 3GPP2 C.R.1002-B. Для специальных видов развертывания с оптимизированными параметрами дальность может достигать 144 км)	Потери на трассе 160 дБ (При развертывании в городских условиях типичная максимальная дальность действия составляет 5,7 км на частоте 2 ГГц согласно методологии оценки 3GPP2 C.R.1002-B. Для специальных видов развертывания с оптимизированными параметрами дальность может достигать 144 км)	Северная Америка охвачена в рамках спутникового развертывания; 11,4 км при наземном развертывании; 2 ГГц
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Кочевой и мобильный	Кочевой и мобильный	Кочевой и мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	3,1 Мбит/с (несущая 1,23 МГц) на линии вниз 1,8 Мбит/с (несущая 1,23 МГц) на линии вверх	4,9 Мбит/с на каждую несущую 1,23 МГц, возможно до 16 несущих на линии вниз; 1,84 Мбит/с на каждую несущую 1,23 МГц, возможно до 16 несущих на линии вверх	3,072 Мбит/с на каждую несущую 1,23 МГц на линии вниз; 0,0384 Мбит/с на каждый канал 12,8 кГц, поддерживается до 96 каналов по 12,8 кГц с несущей 1,23 МГц на линии вверх
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	FDD	FDD	FDD
Номинальная ширина полосы на РЧ	1,25 МГц	1,25–20 МГц (1–16 несущих)	1,25 МГц
Методы разнесения	Антенна, поляризация, пространство, время	Антенна, поляризация, пространство, время	Антенна, поляризация, пространство, время

ТАБЛИЦА A1.8 (продолжение)

Характеристика	Значение		
	cdma2000 1x	cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO)	Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD)
Поддержка системы ММО (да/нет)	Нет	Да	Нет
Управление лучом/ формирование луча	Да	Нет	Нет
Ретрансляция	HARQ	HARQ	HARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточный код и Turbo	Сверточный код и Turbo	Сверточный код и Turbo
Управление помеховой ситуацией	Да, несколько методов, в частности подавление помех в приемнике, управление энергопотреблением и т. д.	Да, несколько методов, в частности подавление помех в приемнике, управление энергопотреблением и т. д.	Да, несколько методов, в частности подавление помех в приемнике, управление энергопотреблением и т. д.
Управление энергопотреблением	Да, различные режимы с пониженным энергопотреблением	Да, различные режимы с пониженным энергопотреблением	Да, различные режимы с пониженным энергопотреблением
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами	Связь пункта со многими пунктами	Связь пункта со многими пунктами
Методы доступа к среде	CDMA	CDMA (RL)/TDMA (FL)	FDMA (RL)/TDMA (FL)
Метод обнаружения и установления соединений	Да, мобильное устройство постоянно ведет поиск самой мощной базовой станции. Мобильное устройство регистрируется в группе базовых станций и устанавливает соединение с самой мощной базовой станцией при передаче и приеме данных. Мобильное устройство регистрируется и может получить MAC ID	Да, мобильное устройство постоянно ведет поиск самой мощной базовой станции. Мобильное устройство регистрируется в группе базовых станций и устанавливает соединение с самой мощной базовой станцией при передаче и приеме данных. Мобильное устройство регистрируется и получает MAC ID	Да, мобильное устройство постоянно ведет поиск самой мощной базовой станции. Мобильное устройство регистрируется в группе базовых станций и устанавливает соединение с самой мощной базовой станцией при передаче и приеме данных
Методы QoS	Да, приоритеты, определяемые 3GPP2	Да, приоритеты, определяемые 3GPP2	Да, приоритеты, определяемые 3GPP2
Получение данных о местоположении	Да, GNSS и AFLT	Да, GNSS и AFLT	Нет
Измерение дальности	Да, по результатам измерения круговой задержки	Да, по результатам измерения круговой задержки	Не указано
Шифрование	Алгоритм шифрования сотового сообщения (СМЕА); AES	AES	AES

ТАБЛИЦА А1.8 (окончание)

Характеристика	Значение		
	cdma2000 1x	cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO)	Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD)
Аутентификация/ защита от повторной передачи	Да; CAVE и АКА	Да; CHAP и АКА	Да; CHAP и АКА
Обмен ключами	CAVE, SHA-1 и SHA-2 в случае АКА	SHA-1, SHA-2 и MILENAGE	SHA-1, SHA-2 и MILENAGE
Обнаружение мошеннических узлов	Да, возможна аутентификация базовой станции	Да, возможна аутентификация базовой станции	Да, возможна аутентификация базовой станции
Уникальная идентификация устройств	Используется 60-битовый MEID и SIM-карта (необязательно)	Используется 60-битовый MEID и SIM-карта (необязательно)	Используется 60-битовый MEID и SIM-карта (необязательно)

Приложение 2

"Умные" электросети в Северной Америке

A2.1 Введение

В правительственных органах Соединенных Штатов Америки и Канады созрело понимание того, что возможности связи в реальном времени с высокой пропускной способностью, предоставляемые "умными" электросетями, обеспечат коммунальным предприятиям и конечным пользователям доступ ко всему спектру экономических и экологических преимуществ, связанных с использованием возобновляемых ресурсов, особенно распределенных²⁸. Эти же возможности, как ожидается, позволят извлечь выгоду из структур с динамическими тарифами и применяемых систем, реагирующих на уровень энергопотребления; для реализации таких возможностей требуется взаимодействие со многими тысячами устройств в реальном времени²⁹.

A2.2 Соображения, лежащие в основе развертывания "умных" электросетей

Власти США и Канады уже признают полностью интегрированную сеть связи неотъемлемой частью "умной" электросети. Например, в документах финансируемой Министерством энергетики США инициативы по современным электросетям указывается, что *"внедрение интегрированной системы связи – это основополагающая потребность [развертывания "умной" электросети], которая необходима для функционирования других ключевых технологий и составляет неотъемлемую часть современной электросети..."*³⁰.

В этих же документах Министерства далее говорится, что *"полностью интегрированные технологии высокоскоростной двусторонней связи позволяют получать крайне необходимую информацию в реальном времени и осуществлять обмен электроэнергией"*³¹.

²⁸ В конце 2008 года Калифорнийский совет по ресурсам атмосферы (CARB) заявил, что "'умная" и интерактивная электросеть с соответствующей инфраструктурой связи обеспечит двунаправленный поток энергии и данных, необходимый для широкомасштабного развертывания распределенных возобновляемых генерирующих ресурсов, парка подзаряжаемых гибридных автомобилей и электромобилей, а также устройств для повышения эффективности конечного потребления. "Умные" электросети способны вобрать в себя возрастающее количество распределенных генерирующих ресурсов, расположенных поблизости от точек потребления, что снижает общие потери в электросети и соответствующие выбросы парниковых газов. Такая система позволит перевести распределенную генерацию в разряд основного потока энергии... создаст возможности для использования подзаряжаемых электромобилей в качестве накопителей электроэнергии... [и] в свою очередь позволит операторам электросетей более гибко реагировать на колебания на стороне генерации, что поможет преодолеть нынешние трудности с интеграцией непостоянных ресурсов, например ветер". California Air Resources Board Scoping Plan, Appendix Vol. I at C-96, 97, CARB (Dec. 2008).

²⁹ См., например, отчет Форума по "умным" электросетям в Онтарио "Enabling Tomorrow's Electricity System", Ontario Smart Grid Forum (February, 2009), который предостерегает: "Инициативы по сбережению, возобновляемой генерации ресурсов и по внедрению "умных" счетчиков – это первые шаги на пути к созданию новой энергосистемы, но их потенциал не удастся реализовать полностью в отсутствие передовых технологий, которые и делают "умные" электросети возможными".

³⁰ См. работу "A Systems View of the Modern Grid at B1-2 and B1-11, Integrated Communications", выполненную Национальной лабораторией технологий энергетики для Отдела доставки электроэнергии и надежности энергоснабжения Министерства энергетики США (февраль 2007 года). Такая интегрированная система связи "[соединит между собой] компоненты в рамках открытой архитектуры для получения информации и осуществления функций управления в реальном времени, в результате чего каждая часть сети сможет работать как на передачу, так и на прием". The smart grid: An Introduction at 29, U.S. Department of Energy (2008).

³¹ Там же.

Подобный акцент на передовые функциональные возможности связи делают также власти штатов³² и другие заинтересованные участники в рамках отрасли. Вот, например, недавнее заявление Форума по "умным" электросетям в Онтарио о том, что "технологии связи – это ядро "умной" электросети. [Благодаря таким технологиям] данные со счетчиков, сенсоров, контроллеров напряжения, мобильных рабочих узлов и множества других устройств в электросети поступают на компьютерные системы и другое оборудование, необходимое для преобразования этих данных в информацию для принятых решений"³³.

Приложение 3

"Умные" электросети в Европе

А3.1 Введение

В Европе на изучение и пропаганду "умных" электросетей как способа решения стоящих перед Европой задач по противодействию изменениям климата и повышению энергоэффективности направлены все накопленные специальные знания и опыт, а также ресурсы, в том числе нижеследующие инициативы.

- **Январь 2008 года, отчет члена Европарламента (МЕР) Фионы Холл (Fiona Hall) "Action plan for energy efficiency: realizing the potential"**³⁴. В отчете признается большое значение информационных и коммуникационных технологий для содействия повышению производительности труда сверх установленного ЕС целевого показателя в 20% и указывается, что *"некоторые технологии, например технология "умных" электросетей... должны... стать предметом действенных рекомендаций в отношении политики"*.
- **Июнь 2008 года, Европейский парламент (в первом чтении) при обсуждении Директивы о единых правилах внутреннего рынка электроэнергетики**³⁵ высказался за то, чтобы *"формулы ценообразования в сочетании с внедрением "умных" счетчиков и электросетей способствовали более энергоэффективному потреблению и как можно меньшим расходам со стороны потребителей-домохозяйств, особенно страдающих от нехватки электроэнергии"*.

³² "Модернизация электросети с учетом дополнительных возможностей двусторонней связи, сенсоров и методов управления – ключевых составляющих "умной" электросети – может принести существенные выгоды потребителям". Документ California PUC Decision Establishing Commission Processes for Review of Projects and Investments by Investor-Owned Utilities Seeking Recovery Act Funding at 3 (10 Sept. 2009), доступен по адресу http://docs.cpuc.ca.gov/word_pdf/FINAL_DECISION/106992.pdf. См. также документ California Energy Commission on the Value of Distribution Automation, California Energy Commission Public Interest Energy Research Final Project Report at 51 (Apr. 2007), доступный по адресу <http://www.energy.ca.gov/2007publications/CEC-100-2007-008/CEC-100-2007-008-CTF.PDF>. "Связь – в данном случае высокоскоростная двусторонняя связь в масштабах всей системы распределения, включая отдельных потребителей, – составляет основу практически для любых применений".

³³ См. отчет Форума по "умным" электросетям в Онтарио на с. 34 "Enabling Tomorrow's Electricity System – Ontario Smart Grid Forum (Feb. 2009). В отчете также отмечается, что "системы связи, разрабатываемые коммунальными предприятиями для использования с "умными" счетчиками, не обеспечат полноценное развитие "умных" электросетей. Для эксплуатации электросети требуются иные потребности в связи, чем для сбора данных со счетчиков, а именно большая пропускная способность и обслуживание с резервированием ввиду объемов эксплуатационных данных, скоростей, необходимых для использования этих данных, и их важности". Там же, с. 35.

³⁴ <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A6-2008-0003+0+DOC+PDF+V0//EN&language=EN>.

³⁵ <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P6-TA-2008-0294>.

- В рамках **Европейской технологической платформы по вопросам "умных" электросетей**³⁶ ведется деятельность, направленная на "формулирование и популяризацию концепции развития европейских электросетей на период до 2020 года" и, в частности, изучается, каким образом передовые технологии ИКТ могут помочь в повышении гибкости, доступности, надежности и рентабельности электросетей в свете меняющихся потребностей Европы.
- **Проект Address**³⁷ (Активные распределительные сети с полной интеграцией спроса и распределенных источников энергии) – это финансируемый ЕС проект, направленный на создание всеобъемлющей коммерческой и технической структуры для развития "активного спроса" в "умных" электросетях будущего. Проект Address объединяет 25 партнеров из 11 европейских стран и охватывает всю цепочку поставок электроэнергии. Электросвязь по линиям электропередачи (PLT) – это важная составляющая других проектов, реализуемых в соответствии с проектом Address³⁸.

A3.2 Работа, проводимая в некоторых европейских странах – членах ЕС³⁹

A3.2.1 Европейская промышленная инициатива по внедрению электросетей

Европейская промышленная инициатива по внедрению электросетей⁴⁰ предпринята Европейской комиссией в рамках Европейского стратегического плана по энергетическим технологиям (SET).

План SET был предложен Генеральными директоратами Европейской комиссии по вопросам энергетики и по вопросам науки и исследований 22 ноября 2007 года с целью ускорить внедрение новых энергетических технологий и создать долгосрочную структуру в рамках ЕС для развития энергетических технологий. План SET сводит воедино координационные функции Европейской комиссии, исследовательские мощности крупных европейских институтов и университетов, заинтересованность европейской промышленности и обязательства стран – членов ЕС. Одна из двух задач, которые призван решить план SET, – это мобилизация дополнительных финансовых ресурсов для исследовательской и сопутствующих инфраструктур, демонстрация технологий в промышленном масштабе и выполнение проектов по их тиражированию в рыночных условиях. В сообщении, касающемся плана SET, Комиссия уведомила об увеличении бюджетов седьмой Рамочной программы европейских сообществ (2007–2013 годы), а также Европейской программы "умной" энергетики.

³⁶ <http://www.smartgrids.eu/>.

³⁷ http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=ENERGY_NEWS&ACTION=D&DOC=1&CAT=NEWS&QUERY=011bae3744bf:2435:2d5957f8&RCN=29756.

³⁸ См. статью "Iberdrola, EDP Announce Big Smart Grid Expansions at EUTC Event", Smart Grid Today, 9 November 2009 ("Iberdrola использует для подключения своих "умных" счетчиков технологии электросвязи по линиям электропередачи (PLC), а EDP – сочетание PLC и беспроводных технологий").

³⁹ Источник для всего раздела – документ по вопросам "умных" электросетей с изложением позиции Группы европейских регуляторных органов в области электроэнергии и газа: Ref: E09-EQS-30-04, Annex III http://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/CLOSED_PUBLIC_CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart_Grids/CDhttp://www.energy-regulators.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_CONSULT/CLOSED%20PUBLIC%20CONSULTATIONS/ELECTRICITY/Smart%20Grids/CD.

⁴⁰ Ссылки: Сообщение Европейской комиссии для Совета Европейского парламента, Европейского экономического и социального комитета и Комитета регионов "A European strategic energy technology plan (SET-Plan) – Towards a low carbon future", COM(2007) 723 final, 22 November 2007 European Commission, "Energy for the Future of Europe: The Strategic Energy Technology (SET) Plan", MEMO/08/657, 28 October 2008.

Среднегодовой бюджет, выделенный на исследования в области энергетики (Европейской комиссии и Евратома), составит 886 млн. евро против 574 млн. евро в рамках предыдущих программ⁴¹. Среднегодовой бюджет, выделенный на Европейскую программу "умной" энергетики, составит 100 млн. евро, что вдвое больше прежнего показателя.

Чтобы вовлечь в этот процесс европейскую промышленность, Европейская комиссия предложила запустить весной 2009 года шесть европейских промышленных инициатив (ЕИ) в областях ветро-, био- и солнечной энергетики; сбора, транспортировки и хранения CO₂; электросетей и деления атомного ядра. Эти инициативы призваны стимулировать исследования и инновации в области энергетики, ускорить развитие соответствующих технологий и способствовать подходу к бизнесу, отличному от устоявшейся практики. Инициативы ЕИ сводят воедино соответствующие ресурсы и действующих лиц в тех промышленных секторах, где разделение рисков, частно-государственные партнерства и финансирование на европейском уровне приносят дополнительные выгоды.

Предполагается, что инициатива ЕИ в области электросетей будет сосредоточена на разработке "умной" электросети, включая накопители энергии, а также на создании Европейского центра по реализации исследовательской программы для Европейской сети электропередачи⁴² с конечной целью обеспечить условия для появления единой "умной" европейской электросети, поддерживающей масштабную интеграцию возобновляемых и децентрализованных источников энергии⁴³. Как и другие европейские промышленные инициативы, для инициативы ЕИ в области электросетей будут поставлены поддающиеся измерению задачи в плане снижения издержек или улучшения эксплуатационных характеристик.

A3.2.2 Национальная технологическая платформа – "умные" электросети Германии

"Электронная энергетика (E-Energy): энергетическая система будущего на базе ИКТ"⁴⁴ – это новое приоритетное направление поддержки и финансирования в рамках технологической политики Федерального правительства Германии. По тому же принципу, что и термины "электронная коммерция" и "электронное правительство", термин "электронная энергетика" означает полное объединение энергосетей с помощью цифровой связи, а также компьютерные управление и мониторинг в масштабах всей системы энергоснабжения.

Было решено, что сектор электроэнергетики станет первой областью, которую затронет этот проект, так как в ней особенно трудно обеспечить взаимодействие в реальном времени и компьютерную обработку данных ввиду ограниченных возможностей накопления электроэнергии. Первоочередная цель программы "Электронная энергетика" – выбрать регионы для моделирования данной программы и на их примере продемонстрировать, как можно наилучшим образом использовать громадный потенциал информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в деле оптимизации эффективности, надежности поставок и совместимости с окружающей средой (то есть краеугольных камней энергетической и климатической политики) в энергосбережении и каким образом можно затем образовать новые рынки и создать новые рабочие места. Особая новизна в этом проекте состоит в том, что принципы построения комплексной ИКТ-системы, направленные на оптимизацию эффективности, надежности поставок и совместимости с окружающей средой в масштабах всей системы энергоснабжения – от генерации и транспортировки до распределения и потребления, – разрабатываются и проверяются в реальном времени в рамках региональных проектов моделирования по программе "Электронная энергетика".

⁴¹ Сообщение Европейской комиссии для Совета Европейского парламента, Европейского экономического и социального комитета и Комитета регионов "A European strategic energy technology plan (SET-Plan) – Towards a low carbon future", COM(2007) 723 final, 22 November 2007.

⁴² Предложение создать Европейский центр по электросетям поступило от представителей проекта 6FP RELIANCE, в котором участвовали восемь операторов европейской системы электропередачи.

⁴³ Европейская комиссия. "Energy for the Future of Europe: The Strategic Energy. Technology (SET) Plan", MEMO/08/657, 28 October 2008.

⁴⁴ <http://www.e-energy.de/en/>.

Чтобы ускорить необходимое инновационное развитие и расширить влияние на получаемые результаты, основной упор в программе "Электронная энергетика" делается на решение следующих трех задач.

- 1) Создание торговой площадки для продукции электронной энергетике, обеспечивающей совершение юридических и коммерческих сделок в электронной форме между всеми участниками рынка.
- 2) Цифровые межсоединения и компьютеризация технических систем и компонентов, а также деятельность по управлению процессом и техническому обслуживанию на основе этих систем, с тем чтобы обеспечить в целом независимые мониторинг, анализ, регулирование комплексной технической системы и управление ею.
- 3) Соединение торговой площадки электронной энергетике с комплексной технической системой в онлайн-режиме для обеспечения цифрового взаимодействия коммерческих и технических операций в реальном времени.

В рамках программы "Электронная энергетика" был проведен конкурс технологий, и шесть проектов модели были названы лучшими. В каждом из них используется интегральный системный подход, охватывающий всю имеющую отношение к энергетике экономическую деятельность как на коммерческом, так и на техническом эксплуатационном уровнях.

Эта программа продлится 4 года и с учетом акционерного капитала участвующих компаний привлечет около 140 млн. евро для развития электронной энергетике в шести регионах моделирования.

- eTelligence – регион моделирования Куксхафен.
Тема. Интеллектуальные технологии для энергетике, рынков и электросетей.
- E-DeMa – регион моделирования Рурская область.
Тема. Децентрализованные интегрированные энергетические системы на пути к торговой площадке электронной энергетике будущего.
- MeRegio.
Тема. Регион с наименьшими выбросами.
- Город моделирования Мангейм.
Тема. Город моделирования Мангейм в регионе моделирования Рейн-Неккар.
- RegModHarz.
Тема. Регион регенеративного моделирования Гарц.
- "Умные ватты" – регион моделирования Ахен.
Тема. Повышение эффективности и увеличение выгоды для потребителей при использовании возможностей интернета в энергетике.

Кроме координаторов проектов участвуют также поставщики электрического оборудования, системные интеграторы, поставщики услуг, научно-исследовательские институты и университеты.

К 2012 году выбранные регионы моделирования должны подготовить свои перспективные предложения вплоть до этапа их готовности к выходу на рынок и проверить их конкурентоспособность в повседневном применении.

Приложение 4

"Умные" электросети в Бразилии

A4.1 Введение

Министерство горной промышленности и энергетики Бразилии оказало содействие в проведении исследований технологий, которые могли бы использоваться для реализации концепции "умной" электросети. Эти исследования мотивировались необходимостью снижения технических и иных потерь, а также улучшения эксплуатационных характеристик всей энергосистемы для большей ее надежности, устойчивости, безопасности и т. д. Недавно исследовательская группа при поддержке указанного министерства Бразилии изложила суть проблем существующей энергосистемы и представила технологии и решения, с помощью которых можно было бы уменьшить потери и улучшить эксплуатационные характеристики системы. В этих исследованиях учитывались также и экономические аспекты, главным образом вопрос приемлемых затрат на установку в стране свыше 45 миллионов счетчиков.

Кроме того, частными институтами с государственным финансированием были проведены другие исследования, например исследование под руководством ABRADDEE и APTEL – некоммерческих ассоциаций, связанных с электроэнергетическим сектором.

- APTEL – Ассоциация частных компаний – владельцев инфраструктуры и систем электросвязи, созданная 7 апреля 1999 года;
- ABRADDEE – Бразильская ассоциация распределителей электроэнергии, созданная в августе 1975 года.

A4.2 Бразильский сектор энергетики

В настоящее время энергоемкость Бразилии составляет более 142 ГВт, а число потребителей – свыше 75 миллионов. Как можно видеть из рисунка A4.1 [1], энергопотребление в Бразилии (2014 год) составляет 624,3 ТВт-час.

Процентная доля возобновляемых энергоносителей составляет 74,6%, а невозобновляемых – 25,4%.

РИСУНОК A4.1

Энергоемкость Бразилии Общее потребление в 2014 году: 624,3 ТВт-час



Report SM.2351- A401

Средняя потребляемая мощность в Бразилии составляет 68 ГВт, а пиковая – свыше 80 ГВт. Недавно сектором электроэнергетики был спрогнозирован рост потребляемой мощности приблизительно на 44%, что потребует от электрической системы повышения энергоэффективности.

В качестве первого шага в решении этой задачи министерство рассматривает снижение технических и иных потерь в электросетях. Технические потери в передающей и распределительной системах составляют 5% и 7% соответственно. Кроме того, совокупный объем иных потерь (например, от несанкционированных подключений к распределительным энергосистемам) составляет 7%.

Глядя на эти цифры, можно ожидать, что Бразилия столкнется с огромными трудностями при разработке более эффективной энергосистемы с меньшими потерями.

A4.3 Бразильская исследовательская группа по "умным" электросетям

Для исследования концепции "умных" электросетей в мае 2010 года Министерством горной промышленности и энергетики Бразилии была сформирована исследовательская группа из представителей сектора электроэнергетики и электросвязи. Одной из целей этой группы является оценка применимости данной концепции в рамках электросети Бразилии для повышения эффективности системы.

В середине марта 2011 года министру горной промышленности и энергетики был представлен отчет о современном состоянии этой технологии. Отчет содержит сведения о концепциях "умной" электросети и техническую информацию по вопросам экономики, а также по вопросам выставления счетов и электросвязи.

В части, касающейся электросвязи, в исследовании были учтены имеющиеся в Бразилии технологии и ресурсы, а также применяемые в других странах технологии, которые можно было бы использовать в Бразилии. Бразильское правительство проявляет особый интерес к развертыванию усовершенствованной инфраструктуры измерений (АМІ), что и было принято за исходную стратегию.

В рамках этого исследования в октябре 2010 года техническая группа посетила Соединенные Штаты Америки для сбора информации по вопросам "умных" электросетей. Общий вывод состоял в том, что почти все технологии электросвязи, внедряемые для поддержки функциональных возможностей "умных" электросетей, могут быть применены для решения стоящих перед Бразилией задач.

Исследовательская группа ABRADDE/APTEL представила национальному регуляторному органу сектора электроэнергетики ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) свой отчет по результатам исследования в декабре 2011 года. Цель этого исследования заключалась в прогнозировании внедрения функциональностей "умных" электросетей в рамках всего сектора электроэнергетики Бразилии в течение десятилетнего периода и прогнозировании инвестиций, а также преимуществ, связанных с этими прогнозами. В исследовании использовалась база данных более 50 коммунальных предприятий-распределителей, связанных с руководителями проекта, и прогнозы основаны на реальной деятельности бразильских компаний.

A4.4 Вопросы электросвязи

Было установлено, что для одной и той же цели могут использоваться различные технологии электросвязи. Например, для считывания показаний счетчиков потребления электроэнергии у конечных пользователей можно применять Zig-Bee и ячеистые сети. В качестве транзита пригодны WiMax, GPRS, 3G, 4G и другие технологии. Выбор конкретного решения зависит от технических аспектов, таких как доступный спектр, особенности распространения сигнала, пропускная способность и т. д.

В настоящее время существует неопределенность в отношении необходимой пропускной способности транзитных каналов связи для приложений "умных" электросетей. Очевидно, что эта информация стратегически важна для проектов "умных" электросетей, поскольку влияет на выбор подходящего решения и определение потребностей в ресурсах спектра, таких как ширина полосы частот, предельные уровни вредных помех другим службам, предельные уровни мощности и аспекты распространения сигнала. Пока что никаких исследований в отношении системных требований к системам электросвязи в контексте возможного применения к "умным" электросетям не проводилось.

Предметом нашего интереса являются методы измерения электрического поля при использовании несущей для связи по линиям электропередачи (PLC) в диапазоне НЧ для приложений "умных"

электросетей. Совсем недавно несколько бразильских компаний выразили заинтересованность в сертификации оборудования PLC с несущими частотами около 80 кГц и шириной полосы 20 кГц для "умного" учета. Излучения на частотах вблизи 80 кГц ограничиваются регуляторными положениями, а ограничения для электрического поля определяются при расстоянии 300 м от источника.

Исследование ABRADDEE/APTEL показало потребность в инвестициях на сумму порядка 19 млрд реалов в средства электросвязи и 3 млрд реалов в средства информационных технологий, для того чтобы развернуть базовые функциональности "умных" электросетей, такие как "умный" учет, автоматизация распределительных сетей, самовосстановление, распределенные возобновляемые источники и электромобили.

В качестве эталонной модели архитектуры связи использовалась модель, предложенная в IEEE P2030. Предложенная архитектура определяет логическую иерархию и стандартный интерфейс для функционально совместимого присоединения сетей, которые могут быть развернуты на основе нескольких технологий сетей связи, например на основе технологий, использованных в ходе исследования: беспроводная связь (Wi-Fi 802.11, WIMAX 802.16), GPRS, 3G, MPLS, VPN, а также оптическое волокно и линии радиосвязи для периферийной сети (FAN) и для транзитной связи.

Исследование существующих сетей электросвязи в бразильских коммунальных предприятиях показало, что оптические волокна используются в 69% систем транзитной связи, GPRS является доминирующей технологией для доступа "последней мили", а линии микроволновой связи (400 МГц и 900 МГц) используют 44% компаний в основном для соединения оборудования передачи данных, установленного на полюсах. Около 50% коммунальных предприятий используют выделенные линии, предоставленные операторами электросвязи общего пользования.

A4.5 Технические данные

Имеется насущная потребность в данных о пропускной способности, задержке, устойчивости, надежности и других параметрах линий транзитной связи для применения в "умных" электросетях. Такие данные позволили бы спланировать необходимые инфраструктурные и радиочастотные ресурсы, избежав при этом устаревания техники и нерационального использования ресурсов.

Благодаря использованию общей информационной модели (CIM), принятой МЭК и определенной в IEC 61970, в исследовании ABRADDEE/APTEL выявлена необходимость в разработке конкретной стратегии, связанной с кибербезопасностью в "умных" электросетях, с учетом следующих потенциальных рисков:

- высокий уровень сложности электросети;
- новые уязвимости, вносимые присоединенными сетями;
- использование большого числа точек доступа;
- защита частной жизни потребителей.

A4.6 Измерения на НЧ

Дополнительно в целях соблюдения требований с учетом строгих норм было бы желательно избежать обременительных процедур по измерениям электрического поля в городских условиях. В связи с этим признается, что другие процедуры, например измерение мощности, могли бы быть выполнены с меньшими затруднениями, чем измерения на анализаторе спектра, подключенном к НЧ-антенне

A4.7 Выводы

Ввиду стратегической значимости внедрения "умных" электросетей в развивающихся странах мы запрашиваем у других администраций информацию о технических данных и НЧ-измерениях, которые рассматривались выше.

В части, касающейся размеров и сложности сети электросвязи, которая необходима для поддержки реализации концепции "умной" электросети в рамках электросети Бразилии, в исследовании ABRADÉE/APTEL рекомендуется, в частности, провести глубокий анализ использования спектра, с тем чтобы определить и зарезервировать конкретные полосы частот, выделенные для приложений в периферийных и городских районах.

Справочные документы

- [1] Presentation: Distributed Generation by Rodrigo Campos de Souza – APTEL Seminar of Mini and Micro Power Generation – Rio de Janeiro – RJ – 8 December 2015.

Приложение 5

"Умные" электросети в Республике Корея

A5.1 Дорожная карта внедрения "умных" электросетей в Республике Корея

В целях смягчения последствий изменения климата Корея осознает необходимость развертывания "умных" электросетей как инфраструктуры для экологически чистой промышленности с низким содержанием углерода в рамках подготовки к выполнению взятых на себя обязательств по уменьшению выбросов парникового газа. Имея это в виду, корейское правительство реализует инициативу по внедрению "умных" электросетей в качестве национальной политики для достижения идеи "Low carbon, Green growth" (Низкий уровень выбросов, экологически чистое развитие).

В 2009 году корейский Комитет по экологически чистому развитию представил концепцию "Building an Advanced Green Country" (Строительство передовой экологически чистой страны) и изложил содержание дорожной карты внедрения "умных" электросетей⁴⁵. Сбор мнений и замечаний экспертов из отрасли, университетов и научно-исследовательских институтов ведется с ноября 2009 года, и результаты этой работы были отражены в окончательной версии дорожной карты, которая была анонсирована в январе 2010 года. Согласно национальной дорожной карте проект внедрения "умных" электросетей был реализован в следующих пяти областях в целях построения общенациональной "умной" электросети к 2030 году:

- 1) "умные" электросети;
- 2) "умный" дом;
- 3) "умный" транспорт;
- 4) "умные" возобновляемые источники энергии;
- 5) "умное" электроснабжение.

Проект внедрения "умных" электросетей в Корею будет реализовываться в три этапа. Первый этап предусматривает строительство и эксплуатацию испытательного полигона "умной" электросети для испытания соответствующих технологий. Второй этап – это расширение испытательного полигона для охвата крупных городских районов с дополнительным развертыванием интеллектуальных технологий на стороне потребителя. Последний этап – это завершение создания общенациональной "умной" электросети с включением в нее всех интеллектуальных электросетей.

⁴⁵ <http://www.ksmartgrid.org/eng/>.

РИСУНОК А5.1

Дорожная карта внедрения "умных" электросетей в Корее

Этап реализации проекта	Первый этап (2010–2012 годы) Строительство и эксплуатация испытательного полигона "умной" электросети (техническое обоснование)	Второй этап (2012–2020 годы) Расширение для охвата крупных городских районов (интеллектуальные потребители)	Третий этап (2021–2030 годы) Завершение создания общенациональной "умной" электросети (интеллектуальная электросеть)
"Умная" электросеть	<ul style="list-style-type: none"> – Мониторинг электросети в реальном времени – Цифровая передача энергии – Эксплуатация оптимальной распределительной системы 	<ul style="list-style-type: none"> – Прогнозирование возможных отказов в электросетях – Объединение с энергосистемами других стран – Соединение системы доставки электроэнергии с распределенными генерирующими устройствами и устройствами для накопления мощности 	<ul style="list-style-type: none"> – Самовосстановление электросетей – Эксплуатация интегрированной "умной" энергосети
"Умный" потребитель	<ul style="list-style-type: none"> – Управление энергопотреблением "умных" домов – Различные варианты выбора для потребителей, включая тарифы 	<ul style="list-style-type: none"> – Интеллектуальное управление энергопотреблением зданий/заводов – Стимулирование самостоятельной выработки энергии потребителями 	<ul style="list-style-type: none"> – Дома и здания с нулевым энергобалансом
"Умный" транспорт	<ul style="list-style-type: none"> – Строительство и испытания зарядных станций для электромобилей – Эксплуатация электромобилей в рамках пилотного проекта 	<ul style="list-style-type: none"> – Расширение сети зарядных станций для охвата всей страны – Эффективное обслуживание электромобилей и управление ими 	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение повсеместной доступности зарядных станций – Предоставление разнообразных методов зарядки – Использование портативных устройств для накопления мощности
"Умные" возобновляемые источники энергии	<ul style="list-style-type: none"> – Эксплуатация микросетей, образованных путем соединения распределенных генерирующих мощностей, устройств для накопления мощности и электромобилей – Расширенное использование устройств для накопления мощности и распределенных генерирующих мощностей 	<ul style="list-style-type: none"> – Оптимальная эксплуатация энергосистемы с микросетями – Расширение применения устройств для накопления мощности 	<ul style="list-style-type: none"> – Обеспечение повсеместной доступности возобновляемой энергии
"Умное" электроснабжение	<ul style="list-style-type: none"> – Выбор тарифов на электричество потребителями – Продажа возобновляемой энергии потребителями 	<ul style="list-style-type: none"> – Популяризация сделок с электроэнергетическими дериватами – Внедрение общенациональной системы ценообразования в реальном времени – Появление добровольных участников рынка 	<ul style="list-style-type: none"> – Популяризация различного рода сделок по электроэнергетике – Содействие конвергенции для появления рыночных секторов, основанных на электроэнергетике – Лидерство на электроэнергетическом рынке в Северо-Восточной Азии

Report SM.2351- A501

По завершении третьего этапа внедрения "умных" электросетей ожидаются существенные результаты и значительные выгоды. С помощью "умных" электросетей Корея рассчитывает сократить общенациональное энергопотребление на 6% и создать условия для более широкого использования новых и возобновляемых источников энергии, например энергии ветра и солнца. Кроме того, Корея планирует сократить выбросы парниковых газов (GHG) на 230 млн тонн и создавать по 50 000 рабочих мест ежегодно, достигнув объема отечественного рынка в 68 млрд вон к 2030 году. Накопленные в ходе этого процесса ноу-хау будут служить для Кореи мостом на международный рынок. Экологически чистое развитие Кореи внесет значительный вклад в предотвращение глобального потепления в будущем.

С точки зрения национальных интересов проект по внедрению "умных" электросетей нацелен на повышение энергоэффективности и развертывание экологически чистой энергетической инфраструктуры с пониженным уровнем выбросов CO₂. С точки зрения промышленности цель проекта состоит в обеспечении нового перспективного механизма экологически чистого развития Кореи. Наконец, с точки зрения отдельного человека он направлен на повышение качества жизни через достижение идеала экологической чистоты и низкого содержания углерода.

A5.2 Развитие технологий

В качестве испытательного полигона "умной" электросети (мощностью 10 МВт) будет основан поселок городского типа на 3000 домохозяйств, где будут размещены всего две подстанции как минимум с двумя БАНКАМИ, и для каждого БАНКА будут две распределительные линии. Этот полигон станет местом получения результатов исследовательских программ по передаче электроэнергии с использованием ИКТ и новыми возобновляемыми источниками энергии.

Около 10 консорциумов из пяти областей приняли участие в испытании технологий и разработке бизнес-моделей, реализовав этот проект в два этапа, как указано в таблице A5.1

ТАБЛИЦА A5.1

Поэтапный план развертывания испытательного полигона Чеджу

Этап	Период	Основные направления	Основное содержание
Основной этап (строительство инфраструктуры)	2010~2011 годы	"Умная" электросеть "Умный" дом "Умный" транспорт	Связывание электросетей с потребителями, а также электросетей с электромобилями
Этап расширения (интегрированная эксплуатация)	2012~2013 годы	"Умные" возобновляемые источники энергии "Умное" электроснабжение	<ul style="list-style-type: none"> – Предоставление новых услуг электроснабжения – Подключение возобновляемых источников энергии к электросети

Приложение 6

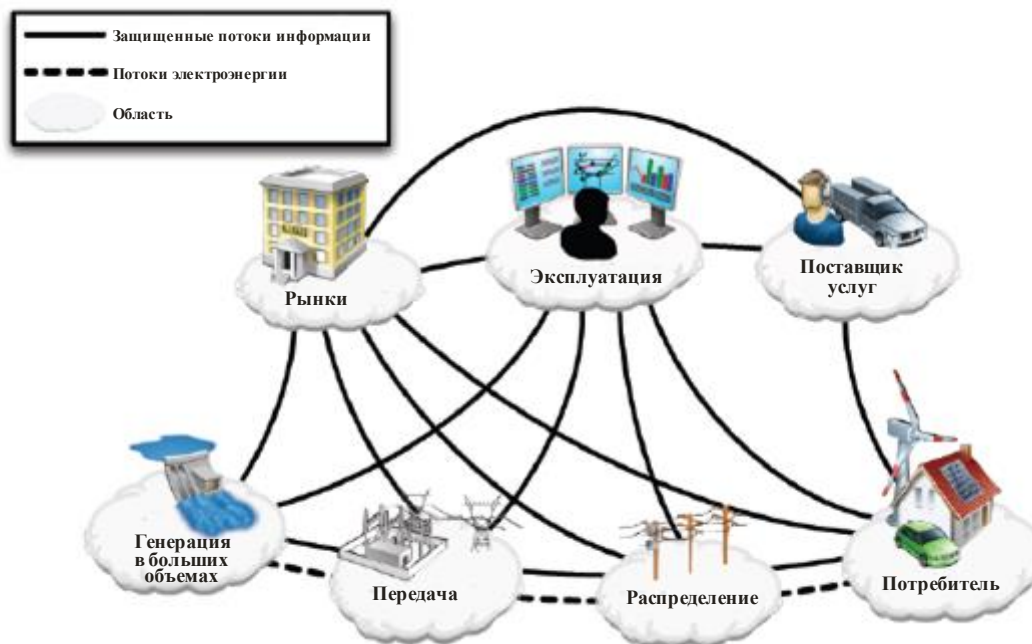
"Умные" электросети в Индонезии

A6.1 Введение

Техническое оборудование, задействованное при внедрении "умной" электросети, меняет служебные потоки от электростанции к потребителю, проходящие через семь важных областей: генерация в больших объемах, передача, распределение, потребители, эксплуатация, рынок и поставщик услуг. Каждая область состоит из элементов "умной" электросети, соединенных друг с другом двусторонними аналоговыми или цифровыми каналами связи, предназначенными для сбора и передачи информации, а также для передачи электроэнергии. Эти соединения играют основополагающую роль в "умной" электросети, обеспечивая повышение эффективности, надежности, безопасности, рентабельности и устойчивости при выработке и распределении электроэнергии.

РИСУНОК А6.1

Взаимодействие между действующими элементами "умной" электросети



Report SM.2351- A601

"Умная" электросеть представляет собой составную систему с тремя основными уровнями – энергетический уровень, уровень электросвязи и уровень ИКТ. Это ключевые уровни в потоках электроэнергии и информации.

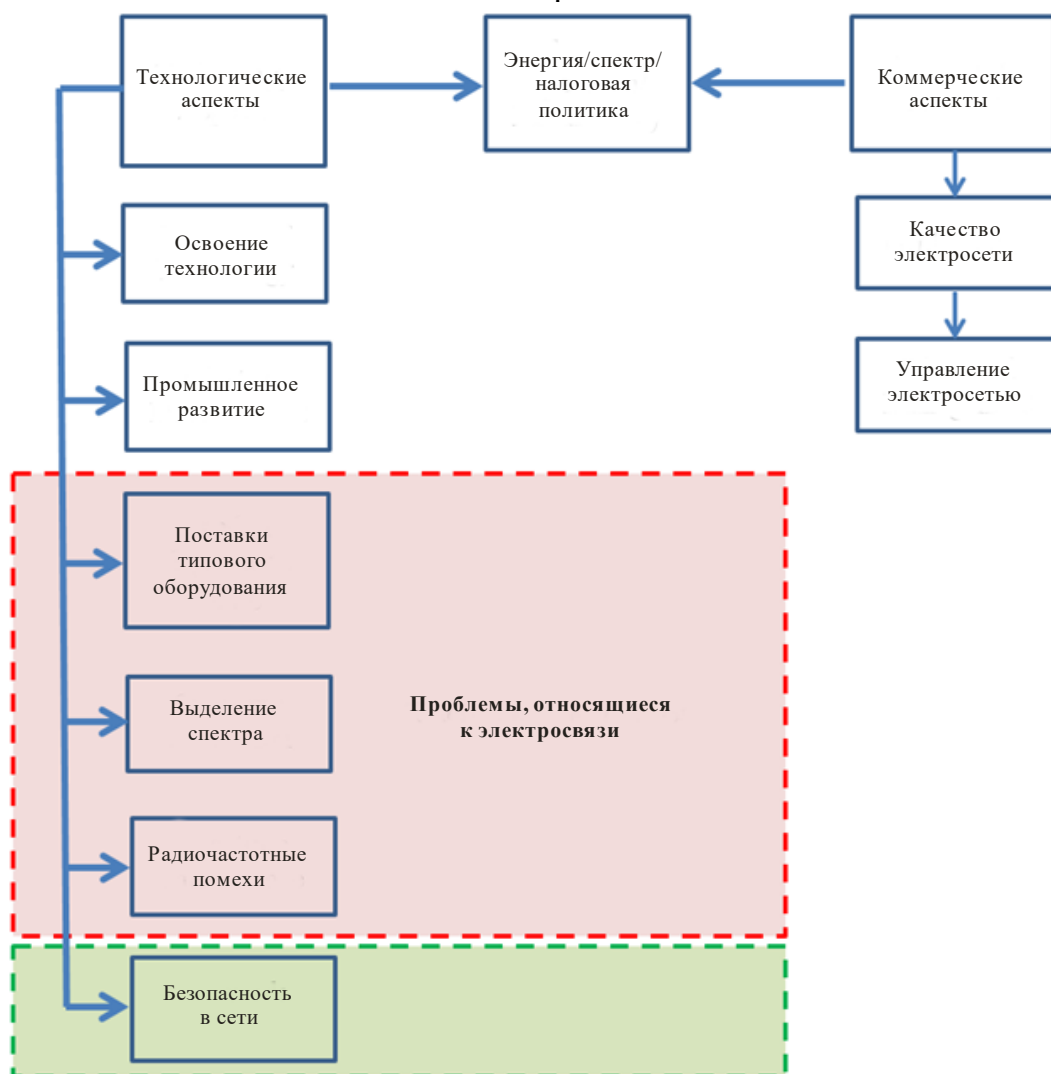
В настоящее время наблюдается тенденция к росту потребляемой энергии и мощности, а также стоимости электроэнергии. Этот факт повторяет ситуацию с абонентами подвижных служб.

А6.2 Разработка "умных" электросетей и возникающие при этом сложные проблемы

Правительство Индонезии осведомлено о том, что "умная" электросеть могла бы стать альтернативным решением проблемы рационального расходования электроэнергии. В связи с этим соответствующим правительственным органом был разработан пилотный проект по развертыванию "умной" электросети в восточной части Индонезии. Этот проект был реализован организацией по оценке и применению технологий в сотрудничестве с PLN (Национальной электрической компанией).

При разработке "умных" электросетей приходится сталкиваться с рядом сложных проблем. При выработке политики и регуляторных положений следует в основном исходить из технических и коммерческих аспектов.

РИСУНОК А6.2
Сложные проблемы



Report SM.2351- A60 2

На рисунке А6.2 указаны две основные проблемы, влияющие на разработку "умных" электросетей. Предметом нашего внимания является несколько проблем в сфере электросвязи и информационных технологий (ИТ), то есть:

- a) типовое оборудование и поставки:
предоставить краткое описание технических характеристик оборудования для проверки на совместимость;
- b) ресурсы спектра:
разработать стратегический план распределения спектра с учетом требуемой для данного применения полосы частот. Это важно для рационального использования ограниченных ресурсов;
- c) радиочастотные помехи:
принять меры для предотвращения помех другим службам в результате реализации данной технологии;
- d) безопасность в сети:
принять меры для обеспечения защищенности потоков данных.

Поскольку эта технология может использоваться в различных подвижных (широкополосных) службах, данной Исследовательской комиссии предлагается инициировать дальнейшие обсуждения в отношении требований к оборудованию электросвязи, чтобы помочь развивающимся странам в составлении стратегического плана как основы для выработки политики и регуляторных положений, касающихся "умных" электросетей.

Приложение 7

Исследования, касающиеся технологий беспроводного доступа для "умных" электросетей в Китае

A7.1 Введение

Беспроводные технологии – это важная составляющая систем управления энергосистемой, так как они обеспечивают двунаправленную передачу в реальном времени различной информации в целях управления и контроля. На ранних этапах реализации этих технологий пропускная способность линий связи, требуемая для распределительной энергосети и сети связи, в общем случае невелика. Традиционные устройства узкополосной беспроводной связи, работающие на фиксированных частотах, используются главным образом в качестве средств частной беспроводной связи в системах управления электросетями. С появлением "умных" электросетей, в которых для обеспечения надлежащей работы распределительной энергосети и сети связи необходимо собирать данные о потребленной электроэнергии, управлять нагрузкой и вести местное видеонаблюдение, требования к пропускной способности канала связи, задержке передачи и надежности связи возрастают. С учетом этого в Китае проводятся исследования и разработки, касающиеся нового поколения сетей связи по линиям электропередачи для "умных" электросетей. На сегодняшний день новая система беспроводной связи применена в крупномасштабных пилотных проектах "умных" электросетей в Китае.

A7.2 Технология беспроводного доступа для "умных" электросетей в Китае

A7.2.1 Введение

Интеллектуальная беспроводная сеть с ориентацией на промышленное применение и с широкой зоной охвата (SWIN) разрабатывается так, чтобы в ней полностью учитывались потребности "умных" электросетей в обслуживании. Она основана на технологиях 4G и использует лицензируемую для "умных" электросетей полосу частот 223–235 МГц. Эта система имеет множество преимуществ по сравнению с системами узкополосной беспроводной связи – широкая зона охвата, возможность доступа большого числа абонентов, высокая спектральная эффективность, работа в режиме реального времени, высокий уровень безопасности и надежности, широкие возможности управления сетью и т. д.

A7.2.2 Ключевые технические характеристики

Китайское национальное бюро по вопросам управления в сфере радиосвязи выделило полосу 223–235 МГц с разбивкой по 25 кГц в качестве единичной полосы. В целях эффективного использования спектра SWIN может объединить несколько дискретных узких полос частот для обеспечения широкополосной передачи данных. Кроме того, одной из ключевых технологий SWIN является метод зондирования спектра, с помощью которого можно выявить помехи между разными технологиями радиодоступа (RAT) в соседней полосе, что позволяет улучшить совместную работу устройств связи. Технология SWIN может также обеспечить совместную работу с существующими узкополосными системами, работающими в той же полосе частот 223–235 МГц.

ТАБЛИЦА А7.1

Технические и эксплуатационные характеристики сети SWIN

Характеристика	Значение
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые), МГц	Лицензируемые полосы частот 223–235 МГц
Номинальная дальность действия	3~30 км
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	1,5 UL/0,5 DL Мбит/с (1 М BW) 13 UL/5 DL Мбит/с (8,5 М BW)
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD
Номинальная ширина полосы на РЧ	Выбирается в диапазоне 25 кГц – 12 МГц
Поддержка системы MIMO	Нет
Ретрансляция	HARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточный код, Turbo
Управление помеховой ситуацией	Частичное повторное использование частот, зондирование спектра
Управление энергопотреблением	Да
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами
Методы доступа к среде	Произвольный доступ (с разрешением конфликтов и бесконфликтный)
Методы многостанционного доступа	SC-FDMA (линия вверх) и OFDMA (линия вниз)
Метод обнаружения и установления соединений	Автономное обнаружение, установление соединений через носитель
Методы QoS	Дифференциация QoS (поддерживается 5 классов, с масштабированием)
Получение данных о местоположении	Да
Шифрование	ZUC
Аутентификация/защита от повторной передачи	Да
Обмен ключами	Да
Обнаружение мошеннических узлов	Да
Уникальная идентификация устройств	15 разрядов (IMEI)

А7.2.3 Этапы производства и применения

В настоящее время система SWIN состоит из микросхем в основной полосе частот, оконечных станций, базовых станций, базовой сети и оборудования управления сетью. Система SWIN используется в распределительных электросетях и в сетях связи. На сегодняшний день опытные сети SWIN развернуты в 13 провинциях Китая и обеспечивают сбор данных об энергопотреблении, управление нагрузкой, автоматизацию распределения и другие функции в "умных" электросетях. По итогам периода опытной эксплуатации показано, что система SWIN способна удовлетворить требованиям по обслуживанию, предъявляемым к "умному" учету и к автоматизации распределения.

A7.2.4 Стандартизация

На сегодняшний день компания, эксплуатирующая "умные" электросети Китая (Государственная электросетевая корпорация Китая), уже начала процесс разработки стандартов на систему SWIN. Государственный центр тестирования Radio_monitoring_center (Национальная организация по управлению использованием радиочастотного спектра) и Ассоциация в области стандартов связи Китая (CCSA) разрабатывают стандарт радиочастотной связи системы SWIN для обеспечения совместной работы с системами, функционирующими в той же полосе частот. Одновременно идет подготовка к осуществлению стандартизации SWIN в масштабах страны.

A7.3 Выводы

В данном Приложении представлена информация об исследованиях технологий беспроводного доступа для "умных" электросетей в Китае. Технология SWIN способна обеспечить удовлетворительную беспроводную связь в "умных" электросетях, позволяя снизить затраты на создание и эксплуатацию "умной" электросети.
