

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Отчет МСЭ-R SM.2351-3

(06/2021)

**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/ru>, 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/ru>.)

Серия	Название
VO	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, 2023 г.

© ITU 2023

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.2351-3

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

(2015-2016-2017-2021)

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1	Введение.....	4
2	Связь по умным электросетям и их особенности	5
3	Сетевые технологии электросвязи в умных электросетях.....	5
4	Цели развертывания умных электросетей и их преимущества	6
4.1	Снижение общего энергопотребления за счет оптимизации системы	6
4.2	Интеграция возобновляемых и распределенных энергетических ресурсов	6
4.3	Поддержка умных электросетей с использованием интеллектуального учета	7
4.4	Создание отказоустойчивой умной электросети	7
5	Обзор эталонной архитектуры умной электросети (вне дома).....	9
6	Стандарты, относящиеся к линиям электропередачи и кабельным решениям для электросвязи по умным электросетям	11
6.1	Связь в умных электросетях по линиям электропередачи	11
6.2	Связь в умных электросетях по кабельным сетям.....	11
7	Стандарты беспроводной связи для электросвязи по умным электросетям.....	12
7.1	Домашняя сеть.....	12
7.2	WAN/NAN/FAN/WASN	13
8	Соображения по вопросам помех, связанные с реализацией технологий проводной и беспроводной передачи данных в системах управления электросетями	14
8.1	IEEE	14
8.2	3GPP.....	15
8.3	3GPP2.....	15
8.4	PMR/PAMR 12,5/25 кГц	16
9	Влияние широкомасштабного развертывания проводных и беспроводных сетей, используемых в системах управления электросетями, на доступность спектра	16
10	Резюме.....	18

Приложение 1 – Примеры действующих стандартов, относящихся к системам управления электросетями	19
A1.1 Стандарты ЕТСИ.....	19
A1.2 Стандарты IEEE.....	20
A1.3 Стандарты МСЭ-T.....	25
A1.4 Стандарты 3GPP	26
A1.5 Стандарты 3GPP2	39
Приложение 2 – Умные электросети в Северной Америке.....	42
A2.1 Введение	42
A2.2 Соображения, лежащие в основе развертывания умных электросетей	42
Приложение 3 – Умные электросети в Европе	43
A3.1 Введение	43
A3.2 Работа, проводимая в некоторых европейских странах – членах ЕС	44
A3.3 Организация спектра для умных электросетей в некоторых частях Европы	48
Приложение 4 – Умные электросети в Бразилии	49
A4.1 Введение	49
A4.2 Бразильский сектор энергетики	49
A4.3 Бразильская исследовательская группа по умным электросетям	50
A4.4 Вопросы электросвязи.....	51
A4.5 Технические данные.....	51
A4.6 Измерения на НЧ.....	52
A4.7 Выводы	52
Приложение 5 – Умные электросети в Республике Корея	52
A5.1 Дорожная карта внедрения умных электросетей в Республике Корея	52
A5.2 Сеть электросвязи.....	55
Приложение 6 – Умные электросети в Индонезии.....	55
A6.1 Введение	55
A6.2 Разработка умных электросетей и возникающие при этом сложные проблемы...	56
Приложение 7 – Исследование, касающееся технологий беспроводного доступа для умных электросетей в Китае	58
A7.1 Введение	58
A7.2 Технологии беспроводного доступа для умных электросетей в Китае	58
A7.3 Выводы	61

Приложение 8 – Системы технической связи PMR/PAMR (голос/данные).....	61
A8.1 Общее описание систем PMR/PAMR с каналами шириной 25 кГц, 12,5 кГц и 6,25 кГц.....	61
A8.2 Службы с использованием полосы пропускания канала до 25 кГц.....	61
A8.3 Системы с полосой пропускания канала до 25 кГц.....	62
A8.4 Стандарты PMR/PAMR.....	62
Приложение 9 – Примерный список полос частот, используемых для беспроводных систем умных счетчиков и умных электросетей.....	63
Приложение 10 – Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R.....	65
Прилагаемый документ – Акронимы и аббревиатуры.....	65

Сфера применения

В настоящем Отчете представлен обзор систем умных электросетей (Smart Grid) и содержится подробная информация о широком спектре имеющихся технологий для контроля и управления умными электросетями и сетями умных счетчиков (Smart Meter). К этим технологиям относятся как технологии проводной связи, например связь по линиям электропередачи (PLT), так и технологии беспроводной связи (от узкополосной связи 6,25/12,5/25 кГц вплоть до широкополосных технологий с шириной полосы несколько мегагерц).

В качестве примеров можно привести применения от считывания показаний счетчиков абонентов до управления критически важными объектами, такими как ряд мощных электростанций, подключенных непосредственно к системе распределения высокого напряжения гигаваттного уровня.

В Приложениях также содержится подробная информация о стандартах узкополосной связи, связи с расширенной полосой и широкополосной связи, которые можно использовать для умных электросетей и умных счетчиков.

Основной текст включает в себя обзор диапазонов спектра для систем умных электросетей и умных счетчиков, доступных в разных странах. Более подробная информация об их применении содержится в Приложениях.

В настоящем Отчете основное внимание уделяется электроэнергетике, где происходят наиболее быстрые и масштабные изменения, но подобные изменения происходят и в инфраструктуре газо- и водоснабжения (включая подачу чистой воды, отвод сточных вод и канализацию, а также снабжение горячей водой).

Акронимы и аббревиатуры

Список акронимов и аббревиатур, использованных в настоящем Отчете, приведен в заключительном Прилагаемом документе.

1 Введение

Умная электросеть – это сеть двусторонней передачи электроэнергии, подключенная к информационно-управляющей сети через датчики и устройства управления. Она поддерживает интеллектуальную и эффективную работу/оптимизацию электросети, включая сети генерации, передачи, распределения энергии и сети нагрузок конечных потребителей.

Вся система состоит из двух основных компонентов (наружного и внутреннего). Первый отвечает за сбор информации от всей многомиллионной армии потребителей. Второй, используя информацию, собранную от потребителей, предоставляет входные данные для сети управления, которая управляет генерацией, передачей и распределением энергии в системе электроснабжения. К этим двум компонентам предъявляются разные эксплуатационные требования, но они должны работать сообща, при этом неотъемлемым требованием является обеспечение безопасности.

Умный счетчик – это электронное устройство, которое периодически регистрирует потребление электроэнергии через часовые (или меньшие) промежутки времени и передает эту информацию энергоснабжающей компании для целей контроля и выставления счетов. Умный счетчик обеспечивает двустороннюю связь между счетчиком и энергоснабжающей компанией. В дополнение к функции автоматического считывания показаний он также может получать и обрабатывать команды управления энергопотреблением от энергоснабжающей компании и передавать результаты контроля качества электроэнергии. Умный счетчик, где бы он ни был установлен (на улице, в здании, в квартире и т. д.), не предоставляет потребителям открытый доступ к своим функциям.

Ключевые задачи развития умных электросетей:

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

Технологии электросвязи являются основным инструментом, с помощью которого многие коммунальные предприятия строят свою инфраструктуру умных электросетей. 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. Во многих случаях умный учет позволяет в режиме, близком к режиму реального времени, контролировать потребление и отчетность и интегрироваться с центрами управления сетью, которые – наряду с другими методами регулирования использования электроэнергии – соразмеряют выработку с потреблением и обеспечивают поставки по надлежащим расценкам.

В контексте МСЭ внедрение умных электросетей стало ассоциироваться с различными технологиями проводной и беспроводной связи, разработанными для широкого круга сетевых приложений. Услуги умных электросетей за пределами жилых помещений включают усовершенствованную инфраструктуру измерений (AMI), автоматизированное управление измерениями (AMM), автоматизированное снятие показаний счетчиков (AMR), систему диспетчерского управления и сбора данных (SCADA), релейную телемеханическую защиту, синхрофазоры 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.

2 Связь по умным электросетям и их особенности

Развитие умных электросетей предусматривает повсеместную связность всех элементов передающих и распределительных сетей коммунальных предприятий – от сети источников поставок и сетевых центров управления до отдельных помещений и электроприборов в соответствующих случаях. Умные электросети потребуют двунаправленных потоков данных и сложной структуры связи. Скорость потока данных варьируется от килобитов в секунду для узкополосных систем до нескольких мегабитов в секунду для систем с расширенной полосой и широкополосных систем. Подробнее о предполагаемых потоках данных через сети передачи электроэнергии с использованием в качестве среды передачи самой электросети см. в Техническом документе МСЭ-Т "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"¹. Дальнейшая работа МСЭ-Т по использованию технологии домашних сетей (проект G.hn) для обеспечения связи в умных электросетях рассматривается в Техническом документе МСЭ-Т по использованию технологии G.hn для умных электросетей².

Умные электросети предоставят информационную составляющую и инфраструктуру управления, обеспечив создание интегрированной сети связи и зондирования. Сеть передачи и распределения с поддержкой технологий умных электросетей предоставляет коммунальному предприятию, а сеть умных счетчиков – потребителям больше информации, помогающей им получить контроль над расходом электроэнергии, воды и газа. Кроме того, они позволят эффективнее, чем прежде, эксплуатировать коммунальные сети.

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, аккумулялирование 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 позволяют 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.

¹ <http://www.itu.int/publ/T-TUT-HOME-2010>

² [GSTP-HNSG – Технический документ по использованию технологии G.hn для умных сетей \(itu.int\)](#)

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 гарантируют, что те элементы, которые используют радиочастоты, не будут создавать помех другим службам радиосвязи.

МСЭ и организации по разработке стандартов совместными усилиями добиваются достижения этих целей.

4 Цели развертывания умных электросетей и их преимущества

4.1 Снижение общего энергопотребления за счет оптимизации системы

Традиционные электрические передающие и распределительные системы предназначались для доставки энергии только в одном направлении, но не были оснащены интеллектом, который позволял бы оптимизировать доставку. В процессе продолжающегося перехода к умным электросетям энергетические коммунальные предприятия должны по-прежнему вносить достаточные генерирующие мощности, чтобы справляться с пиковым спросом на энергию, даже если такое потребление имеет место в отдельные периоды времени всего 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, но быстро включающиеся по требованию и обычно более затратные генераторы.

Умные электросети играют важную роль в повышении надежности электросетей и уменьшении неблагоприятного воздействия на окружающую среду, связанного с потреблением электрической энергии.

4.2 Интеграция возобновляемых и распределенных энергетических ресурсов

Возможности подключения и связи, предоставляемые умными электросетями, позволяют решить проблему интеграции энергии, генерируемой потребителями и рядом разнообразных источников энергии, таких как ветряные электростанции, в центральные системы распределения электроэнергии. 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. Вследствие непредсказуемости возобновляемых источников энергии зачастую бывает трудно, дорого, а то и вовсе невозможно полагаться на подачу вырабатываемой ими энергии в общую электросеть. Даже в случаях, когда возобновляемая энергия подается обратно в электросеть, развернутым в разных уголках мира распределительным сетям бывает трудно 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.

Эти сети предлагают решение, связанное с передачей обратно в центр управления данных 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 сгладить колебания энергоснабжения, связанные с непредсказуемостью возобновляемых источников энергии.

В 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 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 электросети³.

4.3 Поддержка умных электросетей с использованием интеллектуального учета

Одним из приложений, поддерживающих балансировку электросетей, является интеллектуальный учет. Функции интеллектуального учета включают следующее:

- усовершенствованную инфраструктуру измерений (AMI);
- автоматизированное управление измерениями (АММ); и
- автоматизированное снятие показаний счетчиков (AMR).

В Приложении 9 приведен примерный список полос частот, используемых беспроводными системами интеллектуального учета и умных электросетей в некоторых районах мира.

4.4 Создание отказоустойчивой умной электросети

Основным соображением при проектировании умных электросетей является гарантия того, что сеть сможет выдержать отказы и будет восстанавливаться после них. Для достижения требуемых целей на этапе проектирования обычно применяются следующие определения:

- наилучший метод – меры, которые могут быть приняты для обеспечения устойчивости, независимо от затрат;
- подходящий метод – меры, которые могут быть приняты для обеспечения устойчивости в той степени, которая соответствует корпоративной стратегии управления рисками. Для организации важно понимать, когда необходим наилучший метод, а когда уместнее подходящий.

Для реализации разнообразных интеллектуальных решений в своих сетях электроэнергетические компании часто используют выделенные системы электросвязи. В их числе:

- телезащита, используемая для изоляции части сети при обнаружении неисправности или аномального состояния системы, чтобы избежать перебоев в работе других пользователей сети. Эти системы сводят к минимуму прерывания подачи электроэнергии и снижают риск повреждения инфраструктуры чрезмерными токами;
- системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA), которые используются для подачи команд управления и контроля уровней напряжения, тока, температуры и положения выключателей по всей сети с возможностью удаленного изменения конфигурации сети в ответ на изменение спроса, отказы и изменение условий эксплуатации;
- функции контроля и управления, которые могут быть встроены в сеть для удаленного управления оборудованием и автоматического изменения конфигурации сети без вмешательства оператора, а также для сообщения в диспетчерскую о действиях системы автоматического распределения энергии;
- системы динамического управления ресурсами (DAM), которые постоянно динамически отслеживают состояние и загрузку ресурсов, повышая пропускную способность во избежание необходимости усиливать сети. Измерения в режиме реального времени также могут помочь прогнозировать отказы, предотвращая сбои и перебои в подаче электроэнергии потребителям;
- надежная подвижная голосовая связь, которая обеспечивает связь между диспетчерской и полевым персоналом в процессе повседневной работы, обеспечивая безопасность и аварийное восстановление энергоснабжения, особенно при неблагоприятных погодных условиях и перебоях в подаче электроэнергии, когда коммерческие сети могут быть недоступны (подробнее об этих системах см. в Приложении 8);

³ 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).

- система видеонаблюдения (CCTV), которая используется для наблюдения за удаленными объектами в целях обеспечения безопасности, защиты и удаленного мониторинга ресурсов.

Несмотря на то что последние разработки в коммерческих сетях электросвязи облегчают выполнение некоторых критически важных функций связи, критически важные службы сохраняют ряд уникальных требований.

- Развитие промышленных систем электросвязи происходит за счет увеличения географического охвата сетей контроля, количества точек подключения и скорости реакции, а не только за счет увеличения скорости передачи данных.
- Требования технической доступности географического покрытия (например, до 99,999% в целях защиты линий электропередачи и 99,9% для сканирующих систем телеметрии) в пределах определенной зоны обслуживания, включая в некоторых случаях отдаленные и ненаселенные районы (например, линии электропередачи проходят в отдаленных малонаселенных районах). Возобновляемые источники энергии и воды также часто находятся в отдаленных местах. Эти отдаленные и ненаселенные районы могут быть непривлекательными для коммерческих операторов, предоставляющих услуги связи.
- Повышенная отказоустойчивость, позволяющая сетям работать при отсутствии основного электропитания в течение длительного периода времени, который может длиться от нескольких минут до 72 часов и даже дольше.
- Усиление сети для обеспечения устойчивости к неблагоприятным метеороусловиям, включая бури, наводнения, снегопад, обледенение, экстремальные температуры и электромагнитные помехи, такие как грозовые разряды.
- Проектируемая надежность системы должна соответствовать точным техническим требованиям, а не ориентироваться на экономическую выгоду, например для обеспечения *наилучшего метода* гарантии отказоустойчивости.
- Отдельная, независимая и разветвленная резервная маршрутизация. Примечание: когда прерывается основной маршрут, важно, чтобы немедленно и правильно заработал альтернативный. Это особенно актуально, когда требуется мгновенный доступ к радиочастотному спектру.
- Предпочтительно иметь доступ к подходящему выделенному спектру, чтобы можно было с уверенностью планировать и быстро внедрять расширения и усовершенствования управляющей сети.
- Коммунальным предприятиям необходим высокий уровень безопасности сетей и объектов инфраструктуры электросвязи не только для обеспечения целостности во избежание злонамеренных прерываний работы предприятия; им также необходим гарантированный доступ в случае отказа в обслуживании из-за перегрузки сети или злого умысла, когда предприятие лишается визуального доступа к своей сети.
- Циклы смены поколений потребительских продуктов электросвязи сокращаются, так что они могут устареть в течение года, тогда как срок службы физической электроэнергетической инфраструктуры составляет 50 лет. Оборудование электросвязи в составе крупной электростанции работает непрерывно, поэтому замена устаревшего оборудования электросвязи представляет собой серьезную задачу. Стандартный срок службы и поддержки оборудования сети электросвязи может составлять от 10 до 20 лет.
- Требования к задержке и асимметрии сигналов электросвязи в электроэнергетике связаны с уровнями напряжения/мощности, поэтому для того чтобы системы защиты функционировали правильно, требуется, чтобы задержки не превышали 6 мс при соответствующей асимметрии менее 300 мкс. Эти требования возникают ввиду необходимости сравнивать значения "за период" во всей сети электроснабжения в режиме реального времени, когда для поддержания стабильности и точного выявления неисправностей необходима длительность порядка полупериода.

- Если коммерческие сети связи, по сути, ориентированы на прием данных, то в электроэнергетике они ориентированы на передачу, когда небольшое количество диспетчерских удаленно управляет большим объемом ресурсов в обширных географических регионах.

Технология дистанционного зондирования в электрических передающих и 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 электросети, чтобы определить, в каких местах работа сети нарушена. Передающие и распределительные компании могут оптимизировать свои программы технического обслуживания для предотвращения отказов и быстро направлять специалистов на место аварии независимо от того, поступают ли обращения от потребителей. Схемы телезащиты, синхрофазоры, системы SCADA и блоки автоматики, предназначенные для обнаружения проблем в передающих и распределительных сетях, идеально выявляют отказы и динамически изменяют конфигурацию сети без прерывания электроснабжения потребителей (или по крайней мере минимизируют время такого прерывания). 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 перебоев в энергоснабжении потребителей, вероятно, возрастет. Умные электросети служат действенным инструментом в этой постоянной борьбе за обеспечение надлежащего контроля⁴.

5 Обзор эталонной архитектуры умной электросети (вне дома)

На рисунке приведен пример эталонной архитектуры умной электросети, где показаны следующие элементы⁵.

- 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 распределенной автоматики (DA). 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) (названная на рисунке ниже сетью распределительных устройств) – 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) – высоконадежная, бесперебойно работающая и безопасная сеть, предназначенная для транзита данных из DAP и FAN в центр управления сетью и передачи команд управления из центра управления сетью периферийным устройствам. WAN также может напрямую соединяться с критически важными элементами

⁴ В отчете приводятся примеры того, как технология умной сети позволила сократить количество перебоев в работе сети. <http://www.jrc.co.uk/sites/default/files/JRC-EUTC%20Report%20on%20socio-economic%20value%20of%20spectrum-Jan2014-issue1.pdf>

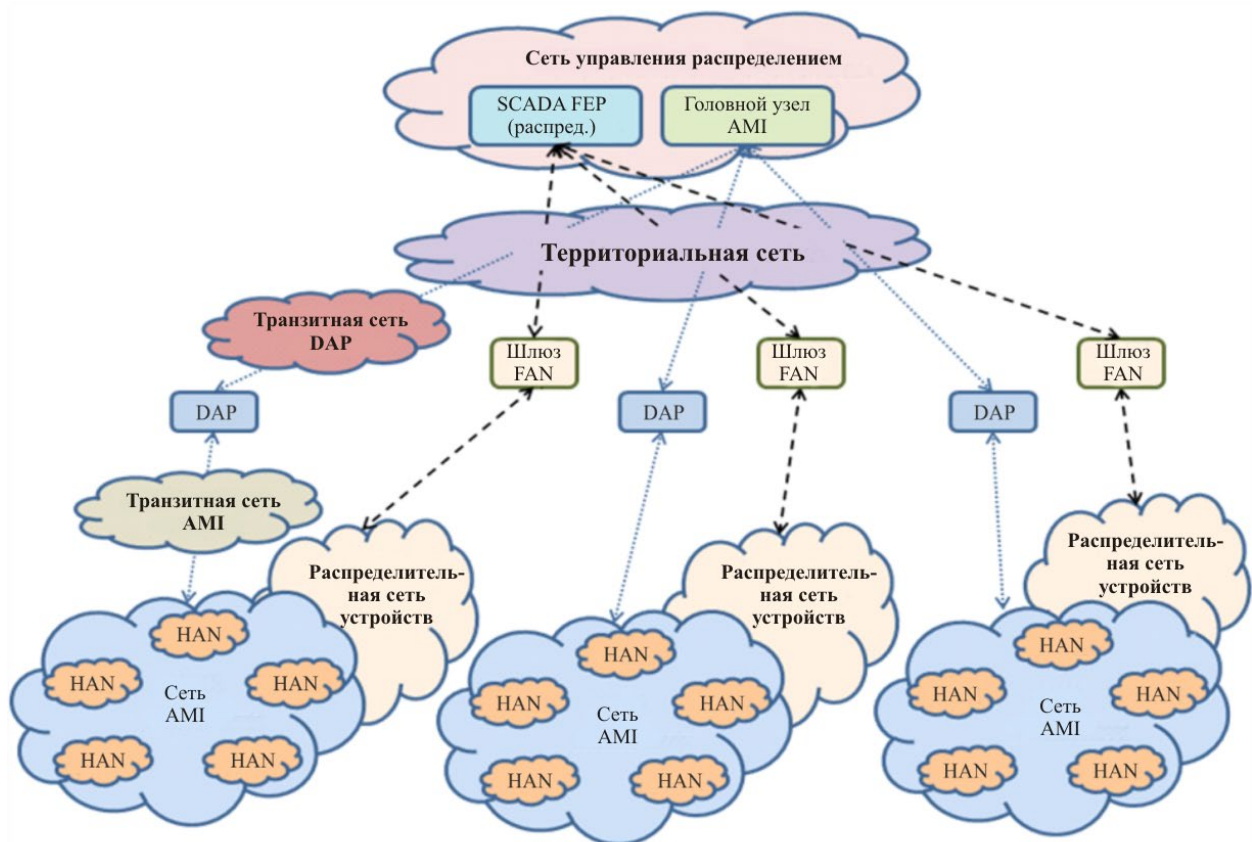
⁵ Определения терминов и рисунок взяты из [NISTIR 7761 Rev. 1 \(июнь 2014 года\)](#).

сети, такими как схемы телезащиты и синхрофазоры. WAN может состоять из фиксированных медных или волоконно-оптических линий связи, фиксированных линий связи по микроволновому каналу, а иногда и линий спутниковой связи.

- 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.
- 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



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 Королевства⁶) о том, из каких частотных 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 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 об охране данных.

Многие беспроводные технологии обеспечивают высокий уровень безопасности и конфиденциальности в целях защиты данных пользователя в сетях умных счетчиков и информации мониторинга и управления 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.

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 умных электросетей 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. Следует отметить, что в случае любого системного отказа, когда физическое подключение к источнику энергии перекрыто, эта линия становится недоступной, – возможно, в критический момент, когда требуется передача отчета.

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, хотя прокладка выделенных фиксированных линий или оптоволокон к каждому отдельному устройству на "конце сети" является непомерно дорогостоящей, если только эти линии уже не проложены для других целей.

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

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

⁶ http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/consultations/smart_mtr_imp/smart_mtr_imp.aspx

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 (Wi-Fi), 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 применений, не требующих 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.

Некоторые частоты, попадающие в полосы в районе 900 МГц, согласно национальным и региональным назначениям для безлицензионного использования теперь рассматриваются как пригодные для использования в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.9959. 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-Wave⁷, 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.

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.

⁷ 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>).

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 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 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/WASN

Общее требование к сетям связи WAN/NAN/FAN/WASN – 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, например низкочастотные диапазоны, используемые для связи на большие расстояния;
- наличие права прохода (для кабельных решений);
- пропускная способность линии связи;
- наличие устройств с автономным питанием;
- техническая доступность радиолиний, например до 99,999%;
- надежность, например *наилучший метод* или *подходящий метод* гарантии отказоустойчивости;
- требования к резервному питанию, например до 96 часов;
- лицензируемый спектр вместо освобожденного от лицензии;
- отдельные, независимые и разнообразные требования к резервной маршрутизации;
- долговечность оборудования и поддержки, например до 20 лет;
- безопасность инфраструктуры и объектов.

МСЭ-R разработал Рекомендацию МСЭ-R M.2002 "Задачи и характеристики систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) и функциональные требования к этим системам" и Отчет МСЭ-R M.2224 "Руководящие принципы проектирования систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN)".

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.

Подробнее об этих стандартах IEEE см. в разделе A1.2.

К другим технологиям беспроводной связи, которые потенциально отвечают требованиям умных электросетей, относятся сотовая связь, звуковое радиовещание и спутниковая связь. 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 разделе 9. Предлагаются умные счетчики с функциями индивидуального мониторинга и управления на базе технологий 3GPP.

Подробнее о стандартах 3GPP см. в разделе A1.4.

У 3GPP2 имеется множество стандартов беспроводной связи, применимых к системам управления электросетями; см. раздел A1.5.

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.

Для контроля и управления умными электросетями электро-, газо- и водоснабжения также используются узкополосные технологии ОВЧ и УВЧ. В настоящее время эти технологии основаны в основном на системах с полосой пропускания 12,5 кГц и 25 кГц в конфигурациях, подобных сетям связи пункта со многими пунктами и подвижной связи. Национальные стандарты, такие как MPT 1411 и MPT 1327, в основном заменяются системами, основанными на согласованных стандартах ЕТСИ, таких как TETRA и DMR.

Эти узкополосные системы работают в соответствии с рядом стандартов ЕТСИ, например EN 300 113, EN 302 561, схемы планирования спектра для связи пункта с пунктом и пункта со многими пунктами.

Критические и аварийные системы голосовой связи работают по каналам шириной 6,25 кГц (dPMR), 12,5 кГц (DMR) или 25 кГц (TETRA). В некоторых случаях инвестиции в новые сети предусматривают интеграцию критически важных голосовых и операционных данных в единую сеть связи.

Вспомогательную роль в умных электросетях играют спутниковые сети фиксированной и подвижной связи – геосинхронные спутники, спутники на средней и низкой околоземной орбите, которые используются для передачи голоса и данных, особенно в отдаленных районах, где они обеспечивают наиболее экономичное решение и где их независимость от предложения услуг на основе наземной инфраструктуры обеспечивает повышенную отказоустойчивость и резервирование.

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

8.1 IEEE

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 одновременно. Таким образом, возможно эффективное совместное использование спектра этими устройствами.
- Когнитивные технологии совместного использования радиочастот, разработанные в рамках семейства стандартов IEEE 802, позволяют обеспечить некоторое использование спектра, делая при этом все возможное, чтобы не создавать 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.

8.2 3GPP

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 во 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.

8.3 3GPP2

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.

8.4 PMR/PAMR 12,5/25 кГц

Системы с низкой скоростью передачи данных могут планироваться для очень эффективного использования спектра в лицензируемом спектре, обеспечивая круглосуточную работу в узкополосном канале 12,5/25 кГц для контроля и управления многими удаленными объектами в радиусе 30 км.

Стандартные методы планирования узкополосных систем и управления помехами в диапазоне 400 МГц позволяют обеспечить техническую доступность каждой радиолинии, как правило, на уровне 99,9%. Более высокой технической доступности и улучшения защиты от помех можно достичь за счет разнесения каналов.

В качестве примера методов планирования систем и управления помехами можно привести центральную систему управления электро- и газовыми сетями Соединенного Королевства, которая работает всего по 48 узкополосным каналам шириной 12,5 кГц в диапазоне 400 МГц. (Примечание: более высокие скорости передачи данных обычно обеспечиваются при использовании фиксированных радиоканалов в диапазоне 1,4 ГГц и микроволн.)

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, когда такие технологии развернуты в совмещенных и смежных районах, а также в совмещенном спектре каналов.

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;
- действующие технические нормы таких регуляторных органов, как Федеральная комиссия по связи США, обеспечили успешную совместную работу миллионов беспроводных устройств умных электросетей (в домах), а таких, как Ofcom в Соединенном Королевстве, – успешную совместную работу миллионов беспроводных умных счетчиков (в домах) без причинения помех друг другу;

- во всем мире широко используются мобильные бытовые беспроводные устройства. Каждое устройство может ежемесячно передавать гигабайты данных. Объем используемых данных от беспроводных устройств умных электросетей на порядки меньше, чем пропускная способность современных беспроводных сетей подвижной связи;
- таким образом лицензированный спектр беспроводных сетей подвижной связи, использованием которого обычно управляют операторы беспроводной связи – там, где эти услуги доступны, – может легко вместить весь дополнительный трафик, учитывая критически важную роль этого трафика;
- и наоборот, странам, в которых мониторинг энергосистем и управление ими осуществляются с использованием узкополосного спектра всего в несколько мегагерц, может потребоваться небольшой дополнительный спектр для удовлетворения этой потребности в передаче дополнительных данных.

Прогнозы, сделанные Европейским советом по системам электросвязи коммунальных предприятий (EUTC)⁸, предполагают, что должно быть достаточно полосы эксклюзивного лицензируемого спектра шириной 2×3 МГц в диапазоне 400 МГц (например, 120 дуплексных каналов по 25 кГц или два дуплексных канала LTE по 1,4 МГц).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Постоянный доступ к диапазону 400 МГц означает, что можно будет использовать уже существующую инфраструктуру системы радиосвязи, включая меры по обеспечению устойчивости, такие как резервное питание базовых станций в течение 72 часов.

Продолжающееся использование существующего диапазона также относится к уже имеющимся системам с расширенной полосой и широкополосным системам на основе электросетей, работающим в континентальной Европе. Многие стремятся расширить доступ к спектру в диапазоне 450–470 МГц, например к диапазону 72 (451–456 МГц в паре с диапазоном 461–466 МГц). В разделе А3.3 приведена схема договоренностей о доступе к спектру в этом диапазоне для многих европейских стран.

Следует отметить, что из-за относительно небольшого объема критически важного трафика данных, необходимого коммунальным предприятиям для администрирования и контроля их сетей, общая потребность в спектре, прогнозируемая большинством коммунальных предприятий в глобальном масштабе, составляет 20 МГц или менее, что соответствует примерно 1% спектра, который, вероятно, будет выделен подвижным службам к 2020 году. Кроме того, коммунальные службы могут в значительной мере использовать существующий спектр, доступный для профессиональных услуг наземной подвижной связи в диапазоне ниже 500 МГц.

Дополнительные соображения:

- 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 наряду с подавлением и смягчением помех, плюс MIMO;
- кроме того, беспроводные умные электросети можно привести в соответствие с повышенными требованиями к устойчивости в отношении таких явлений, как кратковременные обрывы линий связи, используя разнесение линий связи, и перебои в энергоснабжении, используя системы бесперебойного питания;
- 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;

⁸ <http://eutc.org/wp-content/uploads/2016/04/EUTC-Spectrum-Position-Paper.pdf>

- 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 полосах частот;
- такие предусмотренные в стандартах IEEE 802 возможности, как зондирование спектра, нормы использования спектра, управление набором каналов и совместная работа, помогают обеспечить минимальный уровень взаимных помех, когда такие технологии развернуты в совмещенных и смежных районах, а также в совмещенном спектре каналов;
- технологии беспроводной сотовой связи 3GPP постоянно совершенствуются, и в выпусках спецификаций 3GPP перечислены новые возможности, актуальные в контексте умных счетчиков; см. раздел A1.4;
- 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 в густонаселенных районах.

10 Резюме

Настоящий Отчет основан главным образом на примере предприятий электроснабжения, но имеет прямые аналогичные эквиваленты для предприятий газо- и водоснабжения.

Умная электросеть – это сеть двусторонней передачи электроэнергии, подключенная к информационно-управляющей сети через датчики и устройства управления. Она поддерживает интеллектуальную и эффективную оптимизацию энергосети, включая сети генерации, передачи, распределения электроэнергии и сети конечных потребителей.

Умный счетчик – это электронное устройство, которое периодически регистрирует потребление электроэнергии через часовые (или меньшие) промежутки времени и передает эту информацию энергоснабжающей компании для целей контроля и выставления счетов. Умный счетчик обеспечивает двустороннюю связь между счетчиком и энергоснабжающей компанией. В дополнение к функции автоматического считывания показаний он также может получать и обрабатывать команды управления энергопотреблением от энергоснабжающей компании и передавать результаты контроля качества электроэнергии. Умный счетчик, где бы он ни был установлен (на улице, в здании, в квартире и т. д.), не предоставляет потребителям открытый доступ к своим функциям.

Умные электросети позволят облегчить двусторонний обмен данными с традиционными сетями, не предназначенными для этого режима работы, в электроэнергетических отраслях. В частности, умные электросети облегчат подключение блоков встроенной генерации к электрораспределительным сетям, где расположена большая часть возобновляемых источников электроэнергии, и обеспечат новые режимы работы, такие как управление спросом. Затем в будущем сети можно будет интегрировать новые концепции, включая микросети, изолированные сети, накопители и электромобили, а также передачу постоянного тока высокого напряжения (HVDC).

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. Необходимо проводить четкое различие между двумя совершенно отдельными видами деятельности:

- критически важные системы контроля и управления передачей/распределением электроэнергии, от которых требуется очень быстрое динамическое реагирование и чрезвычайно высокий уровень надежности и безопасности и которые способны работать в течение многих суток без питания в неблагоприятных условиях окружающей среды, но с гораздо меньшим количеством точек интерактивности и опять же с относительно небольшими объемами данных; и
- сбор информации от потребителей и взаимодействие с ними, то есть умная электросеть для информационного потока потребительского уровня, имеющая дело с относительно небольшими объемами данных от умных индивидуальных счетчиков, но собираемых от миллионов домохозяйств.

Приложение 1

Примеры действующих стандартов, относящихся к системам управления электросетями

A1.1 Стандарты ETSI

У ETSI имеется множество стандартов беспроводной связи, применимых к системам управления электросетями. Краткое изложение технических характеристик соответствующих стандартов беспроводной связи ETSI приведено в нижеследующей таблице A1.1.

Для информации, в документе ETSI TR 103 401 V1.1.1 подробно описаны умные электросети и другие радиосистемы, подходящие для работы эксплуатационных предприятий, и их долгосрочные потребности в спектре.

ТАБЛИЦА A1.1

Технические характеристики в стандартах ETSI

Стандарт	Канал (кГц)	Скорость передачи данных (кбит/с)	Избирательность приемника по соседнему каналу (дБм)	Подавление помех в совмещенном канале (дБ)	Чувствительность приемника для измерения рабочих характеристик (дБм)
EN 301 166	6,25	До 4,8	-50	Более -15	-107
EN 301 166	Уровень блокировки приемника должен быть не менее 90,0 дБмкВ (-68 дБм)				
EN 300 113	12,5	9,6–16	-47	Между 17 и 0	-105
EN 300 113	12,5	> 16–38,4	-47	Между 24 и 0	-98
EN 300 113	12,5	Более 38,4	-47	Между 29 и 0	-93
EN 300 113	25	9,6–38,4	-37	Между 12 и 0	-105
EN 300 113	25	> 38,4–76,8	-37	Между 19 и 0	-98
EN 300 113	25	Более 76,8	-37	Между 24 и 0	-93

ТАБЛИЦА А1.1 (окончание)

Стандарт	Канал (кГц)	Скорость передачи данных (кбит/с)	Избирательность приемника по соседнему каналу (дБм)	Подавление помех в совмещенном канале (дБ)	Чувствительность приемника для измерения рабочих характеристик (дБм)
EN 300 113	Для каналов любой ширины уровень блокировки приемника должен быть не менее -23 дБм				
EN 302 561	25	38,5–76,8	-63	-19	-104
EN 302 561	25	Более 76,8	-63	-24	-99
EN 302 561	50	76,9–153,6	-66	-19	-101
EN 302 561	50	Более 153,6	-66	-24	-95
EN 302 561	100	153,7–307,2	-67	-19	-98
EN 302 561	100	Более 307,2	-67	-24	-93
EN 302 561	150	230,5–460,8	-67	-19	-97
EN 302 561	150	Более 460,8	-67	-24	-91
EN 302 561	Для каналов любой ширины уровень блокировки приемника должен быть не менее -27 дБм				

А1.2 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. Технические параметры, связанные с IEEE Std 802.11, см. в таблице 2-1 Рекомендации МСЭ-R М.1450.

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, 2 400–2 483,5 Лицензируемые: 220, 400–1 000, 1 427
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

ТАБЛИЦА А1.2 (окончание)

Характеристика	Значение
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

ТАБЛИЦА A1.3 (окончание)

Характеристика	Значение
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 A1.4

**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

ТАБЛИЦА А1.4 (окончание)

Характеристика	Значение
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 ММО (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 625к-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
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 K-163 и K-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
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, PKMv2
Обнаружение мошеннических узлов	Да
Уникальная идентификация устройств	48-битовый уникальный идентификатор, сертификат X.509

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.

A1.3 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 таблице A1.6 перечислены Рекомендации МСЭ-T, относящиеся к системам связи умных электросетей.

ТАБЛИЦА A1.6

Рекомендации МСЭ-T, относящиеся к системам связи умных электросетей

Номер Рекомендации/ Технического документа	Название
G.9901	Узкополосные приемопередатчики с ортогональным частотным разделением 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-T 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.9958	Общая архитектура домашних сетей для управления энергопотреблением
G.9959	Узкополосные цифровые приемопередатчики радиосвязи малого радиуса действия – спецификации уровней PHY и MAC
Технический документ МСЭ-T	Приложения приемопередатчиков по Рекомендациям МСЭ-T G.9960, МСЭ-T G.9961 для приложений умных электросетей: передовая измерительная инфраструктура, управление энергопотреблением в домах и электромобилях
Технический документ МСЭ-T GSTP-HNSG	GSTP-HNSG – использование технологии G.hn в отношении умных электросетей

В приведенных ниже таблицах дается сводка технических и эксплуатационных характеристик двух проверенных на практике технологий NB-PLC, описанных в документах МСЭ-T.

ТАБЛИЦА А1.7

**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

A1.4 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).

Выпуски 13 и 14

- Расширенный прерывистый прием (DRX) для поддержки длительной работы от батарей при сохранении досягаемости оконечного 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.

Выпуск 15

- Усовершенствования eMTC и NB-IoT для повышения пропускной способности системы, скорости передачи данных, энергоэффективности и уменьшения задержки со стороны пользователя. Также описана работа TDD NB-IoT.

В приведенной ниже таблице дается сводка технических и эксплуатационных характеристик оборудования, соответствующих стандартам беспроводной связи 3GPP до выпуска 15 включительно, в том числе указанных выше усовершенствований, касающихся MTC.

ТАБЛИЦА А1.8

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 1 000 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)	Категория M1 FD-FDD 800 кбит/с – 1 Мбит/с (DL), 1 Мбит/с – 2,98 Мбит/с (UL); HD-FDD 300 кбит/с – 588 кбит/с (DL), 375 кбит/с – 1 119 кбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола). Категория M2 FD-FDD 4 Мбит/с (DL), 7 Мбит/с (UL); HD-FDD 1,2 Мбит/с – 2,35 Мбит/с (DL), 2,6 Мбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола)	Категория NB1 21,3 кбит/с (DL), 62,5 кбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола). Категория NB2 с двумя процессами HARQ 126,8 кбит/с (DL), 158,5 кбит/с (UL) (с учетом ограничений протокола)

ТАБЛИЦА А1.8 (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 увеличенным радиусом действия	Радиус 120 км для сот с увеличенным радиусом действия	Радиус 100 км	Радиус 100 км	Радиус 4 120 км
Бюджет линии	дБ	EGPRS (Veh A50) 146,36/133,39 дБ; GPRS/EGPRS/EGPRS2-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	1 000 со следящей схемой выравнивания каналов		648	648	648	70	

ТАБЛИЦА A1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-LoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-LoT
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, TDD
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, 5 МГц	180 кГц

ТАБЛИЦА А1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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	Номинальный разнос каналов = $BWChannel(1) + BWChannel(2))/2$, где $BWChannel(1)$ и $BWChannel(2)$ – ширины полос каналов	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)	Категория M1 В основной полосе LTE 1,56–2,77 бит/с/Гц (UL); 1,56 бит/с/Гц (DL) На самостоятельной основе 1,56–2,77 бит/с/Гц (UL); 1,56 бит/с/Гц (DL)	Категория NB1 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). Категория NB2 В основной полосе LTE 1,43 бит/с/Гц (UL); 0,97 бит/с/Гц (DL). На самостоятельной основе 1,29 бит/с/Гц (UL); 1,29 бит/с/Гц (DL)
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

ТАБЛИЦА А1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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	1 560 октетов на интерфейсе RLC	1 560 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 байтов (см. 3GPP 25.321)	42 192 бита на поток для DL; 22 996 битов для UL	8 188 байтов для DL/UL	8 188 байтов для DL/UL	1 600 байтов для DL/UL
Поддержка сегментации	Да/Нет	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Методы разнесения	Антенна, поляризация, пространственный, временной	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Управление лучом	Да/Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да	Нет
Ретрансляция	ARQ/HARQ/-	Да, например, ARQ, HARQ – резервирование с приращением	Да, например, ARQ, HARQ – резервирование с приращением	Да, например, ARQ/HARQ	Да, например, ARQ/HARQ	Да, например, ARQ/HARQ	Да, например, ARQ/HARQ	Да, например, ARQ/HARQ
Метод коррекции ошибок		Перфорированный сверточный код В EGPRS2-A добавлен метод Turbo	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	Кольцевой сверточный код (DL); Turbo (UL)
Взаимоуничтожение помех		Да	Да	Нет	Да	Да	Да	Да

ТАБЛИЦА A1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
Рабочая радиочастота		Несколько полос согласно 3GPP 45.005	Несколько полос согласно 3GPP 45.005	Указана в 3GPP 25.101	Указана в 3GPP 25.101	Указана в 3GPP 36.101	Указана в 3GPP 36.101	Указана в 3GPP 36.101
Число повторных попыток		Настраиваемое	Настраиваемое	Настраиваемое	Настраиваемое	Настраиваемое	Настраиваемое	Настраиваемое
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 дБм до -48 дБм	Да; 77 уровней от -100 дБм до -25 дБм	Да; 77 уровней от -100 дБм до -25 дБм	LTE сообщает мощность принятого опорного сигнала (RSRP) для соседних сот LTE и RSSI (77 уровней от -100 дБм 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 узкополосного опорного сигнала (NRSRP), опираясь на узкополосные опорные сигналы, узкополосный сигнал вторичной синхронизации или передачи узкополосного радиовещательного канала. См. 3GPP TS 36.214
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, энергосберегающий режим, сигнализация запуска, ранняя передача данных, сигнал повторной синхронизации и преждевременное окончание передачи PUSCH	Да, например, расширенный DRX, энергосберегающий режим, сигнализация запуска и ранняя передача данных

ТАБЛИЦА A1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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, энергосберегающий режим и поддержка архитектур UE на основе запускающего приемника	Да, например, расширенный DRX, энергосберегающий режим и поддержка архитектур UE на основе запускающего приемника
Связь пункта с пунктом		Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
Связь пункта со многими пунктами		Да	Нет	Да	Да	Да	Да	Да
Радиовещание		Да	Нет	Да	Да	Да	ETWS, CMAS, временная информация SIB16	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, канал вещания и сигнал запуска	Канал синхронизации, канал вещания и сигнал запуска
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, resserv	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 A1.8 (продолжение)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
<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
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
ОPC базового стандарта	Название OPC	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							

ТАБЛИЦА А1.8 (окончание)

Функциональная характеристика	Единица измерения	GSM/EDGE	EC-GSM-IoT	UMTS	HSPA+	LTE Advanced Pro	eMTC	NB-IoT
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	Наименьший класс мощности UE 14 дБм Согласно 3GPP 36.101 и 36.104	Наименьший класс мощности UE 14 дБм Согласно 3GPP 36.101 и 36.104
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 16-QAM/ 32-QAM	GMSK, 8PSK	BPSK/QPSK	QPSK, 16-QAM/ 64-QAM	QPSK, 16-QAM/ 64-QAM/256-QAM	pi/2-BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM	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)

A1.5 Стандарты 3GPP2

Альянсом 3GPP2 выпущены различные стандарты беспроводной связи, пригодные для применения в системах управления электросетями.

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.

В приведенной ниже таблице A1.9 дается сводка технических и эксплуатационных характеристик оборудования, соответствующих стандартам беспроводной связи 3GPP2.

ТАБЛИЦА A1.9

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

ТАБЛИЦА А1.9 (продолжение)

Характеристика	Значение		
	cdma2000 1x	cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO)	Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD)
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
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

ТАБЛИЦА А1.9 (окончание)

Характеристика	Значение		
	cdma2000 1x	cdma2000 с высокоскоростной пакетной передачей данных (HRPD/EV-DO)	Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных (xHRPD)
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 (CMEA); AES	AES	AES
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 распределенных⁹. 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 времени¹⁰.

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..."*¹¹.

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"*¹².

⁹ 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).

¹⁰ 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".

¹¹ 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).

¹² Там же.

Подобный акцент на передовые функциональные возможности связи делают также власти штатов¹³ 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"¹⁴.

Приложение 3

Умные электросети в Европе

А3.1 Введение

В 2019 году ЕС завершил комплексную модернизацию своей энергетической политики¹⁵. В пакет "Чистая энергия для всех европейцев" вошли следующие восемь законодательных актов:

- Директива по энергоэффективности зданий (ЕС) 2018/844;
- Директива по возобновляемым источникам энергии (ЕС) 2018/2001;
- Директива по энергоэффективности (ЕС) 2018/2002;
- Регламент управления (ЕС) 2018/1999;
- Электроэнергетическая директива (ЕС) 2019/944;
- Электроэнергетический регламент (ЕС) 2019/943;
- Регламент готовности к рискам (ЕС) 2019/941;
- Регламент (ЕС) 2019/942 Агентства по взаимодействию регуляторов в области энергетики (ACER).

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.

¹³ "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".

¹⁴ 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.

¹⁵ <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

- Европейская платформа технологий и инноваций в области умных электросетей для энергетического перехода (ETIP SNET)¹⁶ направляет исследования, разработки и инновации (RD&I) для поддержки европейского энергетического перехода. Европейская платформа технологий и инноваций в области умных электросетей для энергетического перехода (ETIP SNET) Vision 2050 представляет консолидированные и квалифицированные взгляды заинтересованных сторон ETIP SNET на энергетическую систему, планируемую на 2050 год, и связанные с ними общие задачи в области исследований, разработок и инноваций (RD&I). В ней также очерчены рамки, в которых следует проводить исследования и разработки в ближайшие десятилетия¹⁷.
- BRIDGE¹⁸ – инициатива Европейской комиссии, которая объединяет проекты умных электросетей и накопителей энергии Horizon 2020 в целях создания структурированного представления многосторонних проблем, которые встречаются в демонстрационных проектах и могут стать препятствием для инноваций.

A3.2 Работа, проводимая в некоторых европейских странах – членах ЕС¹⁹

Объединенный научно-исследовательский центр (JRC) – служба науки и знаний Европейской комиссии – опубликовал "Обзор проектов в области умных электросетей за 2017 год"²⁰. В его выводах говорится о том, что между государствами – членами ЕС имеются существенные различия в количестве проектов, а также в общем уровне и темпах инвестиций. Это исследование идет рука об руку с интерактивными инструментами визуализации, позволяющими пользователям создавать настраиваемые карты, графики и диаграммы для отслеживания прогресса в проектах умных электросетей, реализуемых в государствах – членах ЕС, а также в Соединенном Королевстве, Швейцарии и Норвегии²¹.

Объединенный научно-исследовательский центр также опубликовал "Перечень лабораторий, работающих в сфере умных электросетей, за 2018 год"²², где собрана информация по 89 лабораториям во всем мире. В нем представлена сводная информация о темах исследований в области умных электросетей, технологиях, стандартах и инфраструктуре, используемых ведущими организациями, занимающимися исследованиями в области умных электросетей на лабораторном уровне.

Инициатива ERA-Net SES Smart Grids Plus²³ поддерживает глубокий обмен знаниями между региональными и европейскими инициативами в области умных электросетей, продвигая и финансируя совместные проекты и сопутствующие мероприятия, опираясь на базу знаний, инициативы в области НИОКР, а также научно-исследовательское оборудование и демонстрационные объекты, создаваемые на региональном, национальном и европейском уровнях.

¹⁶ <https://www.etip-snet.eu/>

¹⁷ ETIP SNET VISION 2050 – Integrating Smart Networks for the Energy Transition: Serving Society and Protecting the Environment. <https://www.etip-snet.eu/wp-content/uploads/2018/05/VISION2050-v10PTL.pdf>

¹⁸ <https://www.h2020-bridge.eu/>

¹⁹ Источник для всего раздела – документ по вопросам умных электросетей с изложением позиции Группы европейских регуляторных органов в области электроэнергетики и газа: Ref: E09-EQS-30-04, Annex III. https://www.ceer.eu/documents/104400/3751729/E09-EQS-30-04_SmartGrids_10+Dec+2009_0.pdf/c481db2a-3cfb-6d6f-4b58-da3dee68de4a?version=1.0&previewFileIndex=

²⁰ Доступно по адресу: https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/sgp_outlook_2017-online.pdf

²¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/u24/2017/org.html>

²² http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC114966/jrc114966_kjna29649enn_track_changes_v12.pdf

²³ https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Calls/SG_Plus_Calls/Focus_Initiative_Smart_Grids_Plus

А3.2.1 Европейская промышленная инициатива по внедрению электросетей

Европейская промышленная инициатива по внедрению электросетей²⁴ была предпринята Европейской комиссией в рамках Европейского стратегического плана по энергетическим технологиям (SET)²⁵.

План SET был разработан в 2007 году для улучшения координации национальных и европейских исследований и инноваций путем содействия сотрудничеству между странами ЕС, отраслями и исследовательскими институтами, а также внутри самой организации ЕС. Он поддерживает эффективные технологии, которые помогут преобразовать энергетическую систему Европы, а также стимулирует совместную деятельность, особенно между странами – участниками Плана SET.

В сентябре 2015 года Европейская комиссия опубликовала новую стратегию Плана SET²⁶, включающую 10 направлений деятельности, структурированных в соответствии с приоритетами НИОКР Энергетического союза. Новый подход основывается на двух основных элементах: более интегрированном подходе, выходящем за рамки концепции "разрозненных технологий"; и укреплении партнерства между участниками сообщества Плана SET, куда входят Европейская комиссия, страны – участницы Плана SET и заинтересованные стороны из отраслевых и научно-исследовательских организаций.

В 2016 году сообщество Плана SET согласовало амбициозные цели в соответствии со своими 10 направлениями деятельности в области НИОКР. Важный прогресс, достигнутый к настоящему времени, отражен в отчете о ходе выполнения Объединенного плана SET за 2016 год, озаглавленном "Трансформация европейской энергосистемы посредством ИННОВАЦИЙ"²⁷. Также в 2016 году мероприятия Плана SET получили дальнейшее развитие благодаря мерам по ускорению инноваций в области использования чистой энергии (ACEE)²⁸ с применением средств связи, которые обеспечивают благоприятную основу для ускоренного освоения рынком результатов НИОКР. Опубликованы итоги планов реализации SET в 2018 году²⁹.

Европейские промышленные инициативы (ЕИ) в рамках Плана SET:

- энергия ветра (европейская инициатива по использованию энергии ветра);
- солнечная энергия (европейская инициатива по использованию солнечной энергии – фотоэлектрическая и концентрированная солнечная энергия);
- электросети (европейская инициатива по электросетям);
- улавливание и хранение углерода (европейская инициатива по улавливанию, транспортировке и хранению CO₂);
- атомная энергия (инициатива по устойчивой атомной энергетике);
- биоэнергетика (европейская инициатива по промышленной биоэнергетике);
- умные города (энергоэффективность – инициатива по развитию умных городов);

а также

²⁴ 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.

²⁵ 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.

²⁶ https://setis.ec.europa.eu/system/files/Communication_SET-Plan_15_Sept_2015.pdf

²⁷ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf

²⁸ COM/2016/0763 final: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52016DC0763>

²⁹ https://setis.ec.europa.eu/sites/default/files/setis%20reports/setplan_delivering_results_2018.pdf

- топливные элементы и водород (совместная технологическая инициатива);
- ядерный синтез (международные исследования + программа Сообщества – ITER).

ЕП – это совместные крупномасштабные проекты по разработке технологий с участием научно-исследовательских и отраслевых организаций. Цель ЕП состоит в том, чтобы сфокусировать и согласовать усилия Сообщества, государств-членов и отрасли для достижения общих целей и создания критической массы направлений и участников деятельности, тем самым поощряя исследования и инновации в области промышленной энергетики в отношении технологий, в рамках которых работа на уровне Сообщества будет наиболее эффективной.

A3.2.2 Национальная технологическая платформа – умные электросети Германии

В настоящее время Германия продвигает различные проекты и мероприятия, направленные на поддержку преобразования электросетевой инфраструктуры в умную электросеть. В 2016 году внедрение умных счетчиков, важного источника данных низковольтного уровня, было юридически закреплено в законе о цифровизации энергетического перехода ("Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende"). Блок связи этих устройств, так называемый шлюз умных счетчиков, должен соответствовать высоким стандартам в отношении защиты данных, безопасности данных и функциональной совместимости. Поэтому производители должны были пройти широкомасштабную процедуру сертификации. Первый шлюз умных счетчиков завершил этот процесс в декабре 2018 года и был готов к установке. Обязательное развертывание, для начала которого в Германии потребовались сертифицированные шлюзы умных счетчиков от трех независимых производителей, могло начаться в феврале 2020 года. В качестве первого шага этот процесс обязательной установки умных счетчиков охватывает всех потребителей с годовым потреблением свыше 6000 кВтч и менее 100 000 кВтч (это около 3,7 млн. установок). Группы потребителей свыше 100 000 кВтч/год, потребителей с устройствами гибкого потребления и системы генерации будут включены в этот процесс на более позднем этапе, так как для них потребуются дальнейшее развитие шлюзов умных счетчиков или корректировка правовой базы.

Основным требованием для обеспечения возможности широкого подключения умных счетчиков является создание соответствующих ресурсов электросвязи. До сих пор у операторов критически важных объектов инфраструктуры не было доступных широкополосных частот или эксклюзивных частотных диапазонов. Теперь им выделен диапазон частот 450 МГц для критической инфраструктуры, причем фактическое использование этой частоты будет разрешено при условии создания сети связи для критически важных объектов инфраструктуры и умных счетчиков. Выделив для критически важных объектов инфраструктуры частоты в диапазоне 450 МГц, можно взять курс на цифровизацию энергетического перехода. Эти частоты особенно хорошо подходят для создания всеобъемлющей, высоконадежной и бесперебойно работающей инфраструктуры радиосети в сферах электроснабжения, газоснабжения, водоснабжения (водоотведения) и централизованного теплоснабжения. Уже имеются успешно завершенные пилотные проекты.

Кроме того, Федеральное министерство экономики и энергетики реализовало программу финансирования под названием "Демонстрационные проекты в области умной энергетики – цифровая повестка дня энергетического перехода (SINTEG)", которая продлится до 2021 года. Она обеспечит основу для создания крупномасштабных демонстрационных регионов в целях разработки и демонстрации модельных решений, способных обеспечить надежное, эффективное и экологически безопасное энергоснабжение, при этом электроэнергия в значительной степени будет вырабатываться из изменчивых источников, таких как энергия ветра или солнечная энергия. Затем разработанные решения могут быть реализованы в более широком масштабе.

Программа уделяет особое внимание созданию умных электросетей, связывающих стороны спроса и предложения энергии, а также использованию инновационных сетевых технологий и операционных стратегий. Таким образом, она решает ключевые проблемы энергетического перехода, включая интеграцию в систему возобновляемых источников энергии, гибкость, цифровизацию, системную безопасность, энергоэффективность и создание умных энергетических систем и рыночных структур. Проект вносит важный вклад в процесс расширения цифровой трансформации и энергетического перехода.

А3.2.3 Управление электросетью, умные электросети и умные счетчики в Соединенном Королевстве

В Соединенном Королевстве для мониторинга систем энергоснабжения и управления ими используются узкополосные системы сканирующей телеметрии (ST) 12,5 кГц. Эти узкополосные системы, как правило, обеспечивают очень эффективную работу. Обычно имеющиеся каналы занимают лишь минимальный спектр. Как правило, осуществляется круглосуточный контроль и мониторинг. Например, всего один канал 12,5 кГц может охватывать территорию радиусом 35 км.

Базовые сети управления существующими умными системами электро-, газо- и водоснабжения в Соединенном Королевстве совместно используют каналы 2×1 МГц в диапазоне частот от 450 до 470 МГц. Недавно британский регуляторный орган Ofcom объявил, что в распределении частот в диапазоне от 450 до 470 МГц не будет никаких изменений в течение десяти лет. Тем самым обеспечивается непрерывный доступ потребителей электроэнергии, газа и воды к решениям для управления умными электросетями, работающим в диапазоне 400 МГц (от 406,2 до 470 МГц).

В каждом случае ядро существующих в Соединенном Королевстве систем управления сетями работает по узкополосным каналам 12,5 кГц (см. Ofcom (UK) OfW49). Недавно документ OfW49 был обновлен, с тем чтобы обеспечить возможность использования узкополосных систем 25 кГц. Это изменение позволит увеличить скорость передачи данных с 9,6 кбит/с до 64 кбит/с и т. д. Таким образом, исключается потенциальная необходимость перехода с диапазона 400 МГц.

Системы сканирующей телеметрии 12,5 кГц представляют собой системы связи пункта со многими пунктами и могут служить ядром системы SCADA. В качестве примера типичного требования в Соединенном Королевстве энергетические сети (электро- и газоснабжения) и системы водоснабжения имеют первичный доступ к каналам $80 \times 12,5$ кГц для систем ST.

Основными параметрами этих систем являются:

- техническая доступность системы, близкая к 99,9%;
- ячейки сети радиусом 25 км;
- 6 каналов на ячейку, что дает 2 канала на коммунальное предприятие;
- 12 ячеек на кластер, что дает расстояние повторного использования совмещенного канала 150 км.

Потенциально возможно 23-кратное повторное использование канала в масштабах Соединенного Королевства. Потребности в системе управления умной электросетью будут расширяться с текущего уровня контроля примерно 10 000 объектов до более чем 1 миллиона активных ресурсов в результате увеличения размера умных электросетей примерно до 250 000 объектов. В их число планируется включить подстанции низкого напряжения 11 кВ/240 В, питающие системы конечных потребителей. Для этого расширения потребуется переход к сетевому решению с более высокой пропускной способностью, вместо увеличения количества узкополосных каналов, но это позволит отслеживать и контролировать потребление электроэнергии до самых границ сети. Можно будет точно измерять потребность в энергии почти в режиме реального времени и сопоставлять локальные циклы потребности в энергии по всей сети. (Для дополнения/подтверждения этих локальных потребностей в энергии также могут использоваться применяемые в Соединенном Королевстве узкополосные умные счетчики, эксплуатируемые операторами подвижной связи. Примечание: обратная связь от умных счетчиков не будет осуществляться в режиме реального времени.) С этой целью в Соединенном Королевстве также проводятся испытания различных широкополосных технологий для систем умных электросетей, работающих в диапазоне 400 МГц. Эти широкополосные технологии могут иметь полосу пропускания от 2×3 МГц до 2×5 МГц.

Уникальная особенность Соединенного Королевства заключается в том, что ему необходимо защищать функционирование радиолокационной системы, работающей в диапазоне 400 МГц. Широкополосные системы умных электросетей, находящиеся в географической близости от этой радиолокационной станции, не должны попадать в диапазон 400 МГц. Единственным решением в диапазоне 400 МГц, вероятно, является планируемое расширение существующей узкополосной системы.

Дополнительная информация о системах умных электросетей содержится в документе ETSI TR 103 401 V1.1.1.

В Приложении 8 содержится информация о системах технической частной подвижной радиосвязи (PMR) в Соединенном Королевстве.

A3.3 Организация спектра для умных электросетей в некоторых частях Европы

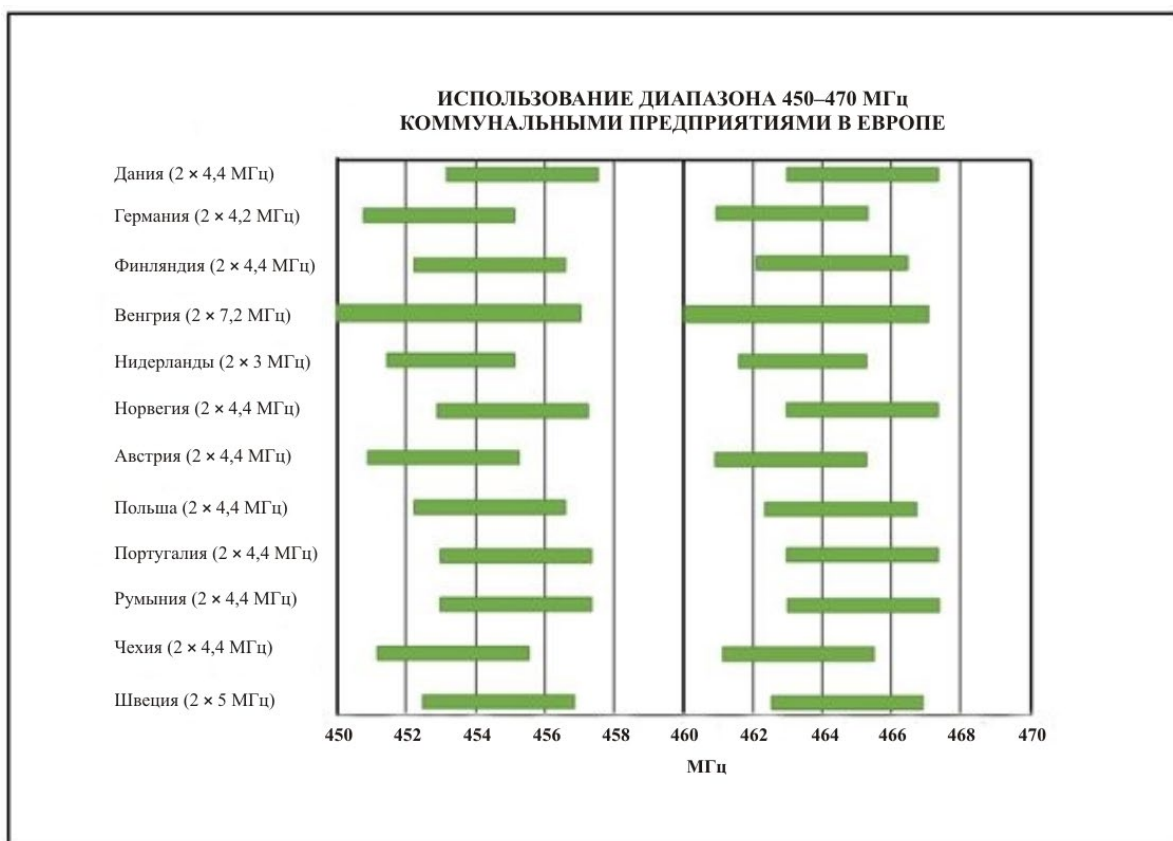
Во многих европейских странах уже имеется доступ к спектру 2×3 МГц для умных электросетей в диапазоне 400 МГц. Обычно это позволяет работать по двум соседним каналам CDMA.

На рисунке A3-1 показано распределение спектра в диапазоне 450–470 МГц для служб широкополосной связи нескольких европейских стран.

На рисунке A3-2 показаны соответствующие согласованные полосы частот 3GPP в диапазоне 450–470 МГц.

РИСУНОК A3-1

Пример распределения спектра в диапазоне 400 МГц в Европе



Несколько операторов умных электросетей в этих странах планируют перейти на системы LTE 2×5 МГц. Для простоты они, как правило, намереваются увеличить пропускную способность до используемого в настоящее время спектра, например полосы 72 (451–456 МГц в паре с 461–466 МГц).

РИСУНОК А3-2
Согласованные полосы 3GPP спектра 450–470 МГц



Приложение 4

Умные электросети в Бразилии

А4.1 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.

А4.2 Бразильский сектор энергетики

В настоящее время энергоёмкость Бразилии составляет более 142 ГВт, а число потребителей – свыше 75 миллионов. Как можно видеть из рисунка А4.1 [1], энергопотребление в Бразилии (2014 год) составляет 624,3 ТВтч.

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

РИСУНОК А4.1

Энергоемкость Бразилии

Общее потребление в 2014 году 624,3 ТВтч



Report SM.2351-A4-01

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.

А4.3 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 (AMI), 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 ABRADDEE/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 ABRADEE/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”)³⁰ и впервые анонсировал дорожную карту развития умных электросетей.

В 2012 году были разработаны “первые базовые планы умной электросети”. В соответствии с этими планами была создана инфраструктура, связанная с возобновляемыми источниками энергии, ESS (система накопления энергии), и умные счетчики. Кроме того, для реализации планов создания умной электросети 6000 домохозяйствам в Гуджваупе на острове Чеджу были предоставлены усовершенствованная инфраструктура измерений (AMI), возобновляемые источники энергии, электромобиль (EV), ESS и виртуальный рынок электроэнергии.

³⁰ http://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/Koreas-Green-Growth-Experience_GGKI.pdf

В 2018 году был утвержден второй базовый план развития умной электросети на следующие пять лет, содержащий следующие четыре пункта, направленные на дальнейшую рационализацию энергопотребления, эффективное производство электроэнергии и создание новой энергетической отрасли:

- 1) продвижение новых услуг умной электросети;
- 2) накопление практического опыта центром умных электросетей;
- 3) расширение инфраструктуры и объектов умной электросети;
- 4) закладка фундамента для расширения умной электросети.

Во-первых, для продвижения новых услуг умной электросети предлагается:

- создать системы с различным уровнем мощности в зависимости от сезона и часовых поясов;
- преобразовать рынок торговли ресурсами крупных электростанций в общенациональный рынок спроса-предложения;
- предоставить предпринимателям общенациональные данные об энергопотреблении, хранящиеся на платформе больших данных;
- работать на брокерском рынке электроэнергии, где можно торговать небольшими объемами энергоресурсов, таких как ресурсы возобновляемых источников энергии, ESS и EV.

Во-вторых, планируется построить центр обмена опытом по использованию умных электросетей, чтобы люди могли ознакомиться с новыми услугами.

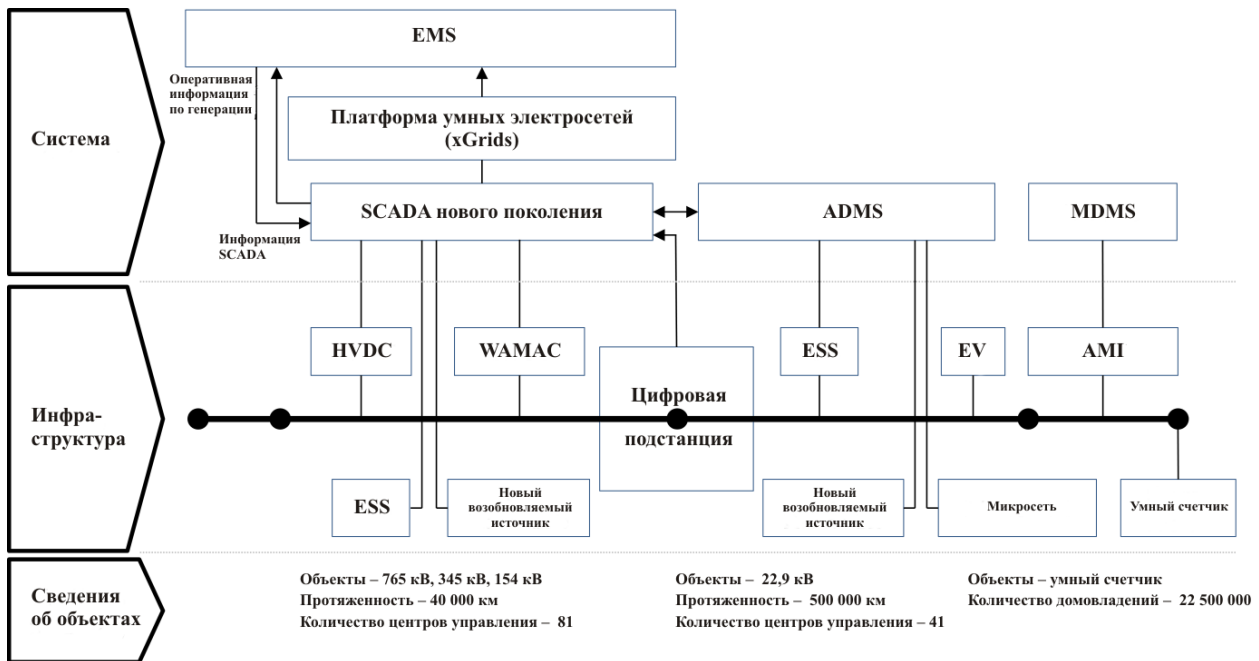
В-третьих, предполагается расширить инфраструктуру линий передачи и распределения электроэнергии, подстанций, АМІ, ИКТ и создать систему управления и распределения энергоресурсов (DER) в государственном секторе.

В-четвертых, будет сформирована консультативная группа, состоящая из представителей государственного и частного секторов, для привлечения экспертов в области разработки базовых технологий, таких как искусственный интеллект и блокчейн.

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.

РИСУНОК А5-1

Концептуальная схема системы умной электросети



- * EMS – система управления энергопотреблением
- * SCADA – диспетчерское управление и сбор данных
- * ADMS – расширенная система управления распределением
- * MDMS – система управления данными счетчиков
- * HVDC – постоянный ток высокого напряжения
- * WAMAC – территориально распределенный мониторинг и контроль

РИСУНОК А5-2

Консультативный совет по вопросам политики в области умных электросетей



- * MOTIE – Министерство торговли, промышленности и энергетики
- * KSGI – Корейский институт умных электросетей
- * KATS – Корейское агентство технологий и стандартов
- * KSGA – Корейская ассоциация умных электросетей

В Консультативный совет по вопросам политики входят Корейская электроэнергетическая корпорация (KEPCO), Корейская энергетическая биржа (KPX), целевая группа по умным электросетям, Корейский институт оценки и планирования энергетических технологий (KETEP), а также соответствующие ассоциации и эксперты. Основные задачи совета заключаются в том, чтобы управлять планами развития умных электросетей, устанавливать политические направления и стратегии реализации, анализировать деятельность каждого института и определять правила, которые необходимо улучшить, и бизнес, который можно экспортировать.

A5.2 Сеть электросвязи

В связи с расширением умной электросети растет спрос на услуги беспроводной связи. В частности, существующая среда электросвязи умной электросети контактирует со средой системы управления, в которой необходимо гарантировать надежность, безопасность и скорость передачи данных, и средой IoT, в которой различные терминалы взаимодействуют друг с другом. В настоящее время используется метод связи, сочетающий проводные и беспроводные технологии связи. Поскольку спектр услуг расширяется, необходима оптимальная сеть связи, подходящая для новой среды.

ТАБЛИЦА A5.1

Способы связи для умных электросетей

Классификация	Проводная сеть	Беспроводная сеть
Управление энергопотреблением	Оптоволокно	TRS (380~399,9 МГц)
Умные счетчики	PLC, HPGP	Wi-SUN (917~923,5 МГц)
		LTE (800 МГц, 900 МГц, 1,8 ГГц, 2,1 ГГц, 2,6 ГГц)
Новые и возобновляемые источники энергии	Оптоволокно	TRS (380~399,9 МГц)

Проводная сеть с использованием волоконно-оптического кабеля в основном применяется для управления энергопотреблением, когда требуется высокая надежность. Для умных счетчиков используются проводная связь PLC и ряд методов беспроводной связи, а также метод волоконно-оптической связи. Для производства возобновляемой энергии используется беспроводная связь TRS.

Применяются различные методы беспроводной связи, и для того чтобы удовлетворить спрос на услуги беспроводной связи, будет использоваться полоса частот IoT в диапазоне 320 МГц.

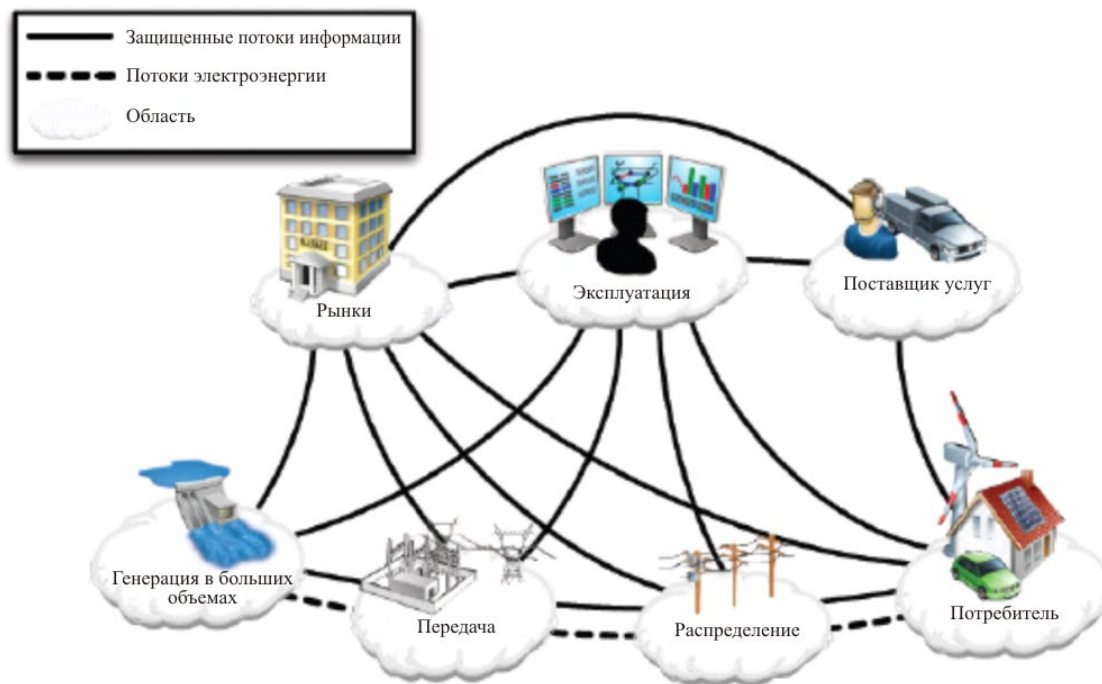
Приложение 6

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-A6-01

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.

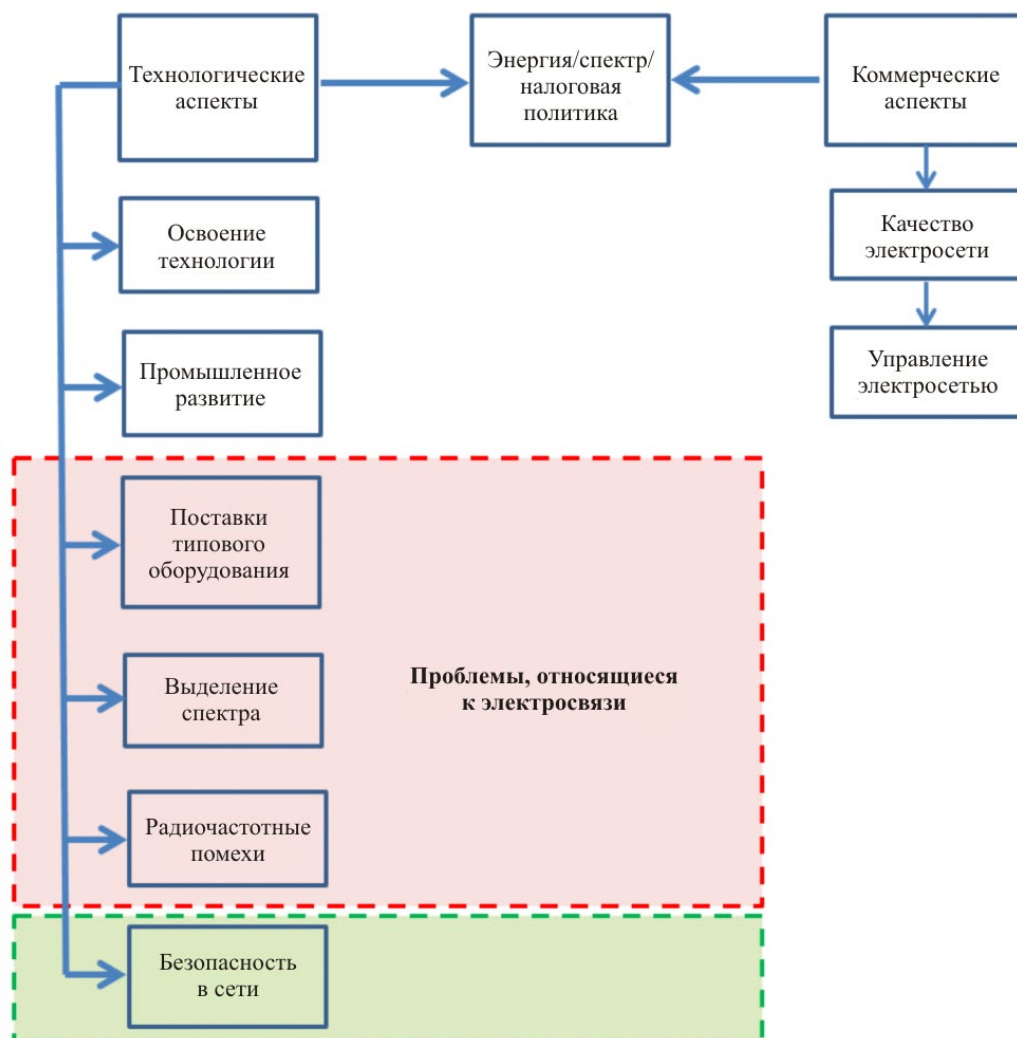
В настоящее время наблюдается тенденция к росту потребляемой энергии и мощности, а также стоимости электроэнергии. Этот факт повторяет ситуацию с абонентами подвижных служб.

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-A6-02

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

Исследование, касающееся 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 точно регулировать нагрузки на миллисекундном уровне, 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.

A7.2 Технологии беспроводного доступа для умных электросетей в Китае

A7.2.1 Введение

В Китае в качестве вариантов умных беспроводных сетей для предоставления услуг беспроводной связи для умных электросетей предлагаются дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими в диапазоне 230 МГц для энергетики (SWIN) и дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими в диапазоне 230 МГц для электросетей (IoT-G 230), которые используются для обеспечения широкополосной передачи данных путем объединения нескольких дискретных узкополосных каналов по 25 кГц в диапазоне частот 223–235 МГц (называемом далее диапазоном 230 МГц). Спектр 230 МГц обеспечивает хорошие характеристики распространения, подходящие для удовлетворения требований многих приложений умных электросетей по охвату больших территорий.

Как SWIN, так и IoT-G полностью учитывают потребности в обслуживании умных электросетей. Эти системы имеют 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

Министерство промышленности и информационных технологий Китая выделило полосу 223–235 МГц с разбивкой по 25 кГц в качестве единичной полосы. В обеих технологиях предусмотрен ряд ключевых решений, учитывающих уникальные характеристики 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.

IoT-G 230 также поддерживает широкополосную передачу данных путем объединения для каждой передачи нескольких узкополосных каналов шириной 25 кГц. Кроме того, в целях дальнейшего расширения покрытия IoT-G 230 поддерживает многоантенную технологию для получения выигрыша от пространственного разнесения и объединения мощности. Помимо этого, IoT-G 230 поддерживает сквозную изоляцию услуг для услуг в производственной зоне I/II и услуг в зонах управления III/IV, чтобы гарантировать надежность и безопасность энергосистемы. И последнее, но не менее важное: чтобы обеспечить сосуществование с другими узкополосными системами, IoT-G 230 поддерживает скачкообразную перестройку частоты между несущими во всем диапазоне 230 МГц с точностью до 10 мс для повышения надежности и устойчивости связи.

ТАБЛИЦА А7.1

Технические и эксплуатационные характеристики сетей SWIN и IoT-G 230

Характеристика	SWIN	IoT-G 230
Поддерживаемые полосы частот (лицензируемые или нелицензируемые), МГц	Лицензируемые полосы частот 223–235 МГц	Лицензируемые полосы частот 223–235 МГц
Номинальная дальность действия	3~30 км	3~30 км
Длительность кадра	25 мс	10 мс
Разнос поднесущих	2 кГц	3,75 кГц
Режимы мобильности (кочевой/мобильный)	Мобильный	Мобильный
Пиковая скорость передачи данных (для линии вверх/вниз, если различается)	1,5 UL/0,5 DL Мбит/с (1 М ВВ) 13 UL/5 DL Мбит/с (8,5 М ВВ)	11,27 UL/9,92 DL Мбит/с (7М ВВ)
Метод дуплексной связи (FDD, TDD и т. д.)	TDD	TDD
Номинальная ширина полосы на РЧ	Выбирается в диапазоне 25 кГц – 12 МГц	Выбирается в диапазоне 25 кГц – 12 МГц
Поддержка системы MIMO	Нет	Да
Ретрансляция	HARQ	HARQ
Упреждающая коррекция ошибок	Сверточный код, Turbo	Сверточный код, Turbo
Управление помеховой ситуацией	Частичное повторное использование частот, зондирование спектра	Скачкообразное изменение частоты во всем диапазоне, зондирование спектра
Управление энергопотреблением	Да	Да
Топология соединений	Связь пункта со многими пунктами	Связь пункта со многими пунктами
Методы доступа к среде	Произвольный доступ (с разрешением конфликтов и бесконфликтный)	Произвольный доступ (с разрешением конфликтов и бесконфликтный)

ТАБЛИЦА А7.1 (окончание)

Характеристика	SWIN	IoT-G 230
Методы многостанционного доступа	SC-FDMA (линия вверх) и OFDMA (линия вниз)	TDMA и FDMA
Кодирование канала	Турбокодирование, сверточное кодирование с удалением конечных элементов	Турбокодирование, сверточное кодирование с удалением конечных элементов, кодирование Рида-Мюллера
Модуляция	QPSK/16-QAM/64-QAM	QPSK/16-QAM/64-QAM
Метод обнаружения и установления соединений	Автономное обнаружение, установление соединений через носитель	Автономное обнаружение, установление соединений через носитель
Методы QoS	Дифференциация QoS (поддерживается 5 классов, с масштабированием)	Дифференциация QoS (поддерживается 5 классов, с масштабированием)
Получение данных о местоположении	Да	Да
Шифрование	ZUC	ZUC/SNOW3G/AES
Аутентификация/защита от повторной передачи	Да	Да
Обмен ключами	Да	Да
Обнаружение мошеннических узлов	Да	Да
Уникальная идентификация устройств	15 разрядов (IMEI)	15 разрядов (IMEI)

А7.2.3 Этапы производства и применения

В настоящее время система SWIN состоит из микросхем в основной полосе частот, конечных станций, базовых станций, базовой сети и оборудования управления сетью. В распределительных электросетях и в сетях связи в некоторых провинциях Китая была развернута опытная сеть SWIN, которая обеспечивает 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.

Лабораторные испытания IoT-G 230 были завершены в октябре 2018 года, а полевые испытания IoT-G 230 – в ноябре 2018 года в Сучжоу, китайская провинция Цзянсу. Сеть IoT-G 230 прошла все полевые испытания, в том числе на помехи, системную безопасность, стабильность и т. д.

А7.2.4 Стандартизация

Обе технологии – SWIN и IoT-G 230 – относятся к спецификациям серии Q/GDW11806.

В ноябре 2018 года были опубликованы спецификации системы SWIN "Дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими для электроэнергетики Q/GDW11806.2 230 МГц – Часть 2: Технические характеристики LTE-G 230 МГц" и "Дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими для электроэнергетики Q/GDW11806.3 230 МГц – Часть 3: Спецификация испытаний LTE-G 230 МГц".

Спецификации системы IoT-G 230 "Дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими для электроэнергетики Q/GDW11806.4 230 МГц – Часть 4: Технические характеристики IoT-G 230 МГц" и "Дискретная система беспроводной связи с несколькими несущими для электроэнергетики Q/GDW11806.5 230 МГц – Часть 5: Спецификация испытаний IoT-G 230 МГц" находятся в стадии разработки.

A7.3 Выводы

В данном Приложении представлена информация об исследовании технологий беспроводного доступа для умных электросетей в Китае. Обе технологии – SWIN и IoT-G 230 – способны обеспечить удовлетворительную беспроводную связь в умных электросетях, позволяя снизить затраты на создание и эксплуатацию умной электросети.

Приложение 8

Системы технической связи PMR/PAMR (голос/данные)

A8.1 Общее описание систем PMR/PAMR с каналами шириной 25 кГц, 12,5 кГц и 6,25 кГц

Профессиональная/частная подвижная радиосвязь (PMR) может использоваться для систем повседневной и/или аварийной технической связи.

Для PMR характерны частный (индивидуально авторизуемый) доступ, профессиональная посекторная групповая связь, индивидуальное проектирование, использование портативных, подвижных базовых станций и удаленных фиксированных станций (включая, например, терминалы данных, а также системы диспетчерского управления и сбора данных (SCADA)), что позволяет пользователям, имеющим лицензию, полностью контролировать свои текущие задачи и обеспечивает поддержку критически важных бизнес-приложений, таких как мгновенная голосовая и групповая связь, для оптимизации их работы.

A8.2 Службы с использованием полосы пропускания канала до 25 кГц

Службы PMR/PAMR включают в себя услуги голосовой связи группового вызова (обычно именуемые в англоязычной литературе услугами "all informed net" и/или "talk group call"). Эта служба в системе портативной радиосвязи иногда также используется с гарнитурой с голосовым управлением (VOX), чтобы во время общения обе руки пользователя были свободны (например, для работы без помощи рук на атомных электростанциях).

В число других услуг входят предупреждающий приоритетный вызов (экстренный вызов), удержание вызова, приоритетный вызов, назначение динамического номера группы (DGNA), прослушивание окружающей обстановки, вызов, авторизуемый диспетчером, выбор зоны, поздний вход, режим прямой связи, передача коротких сообщений и передача пакетных данных.

Там где это необходимо и специально разрешено, могут также применяться зашифрованные каналы связи.

Этот рынок обслуживает специализированный производственный сектор, и решения варьируются от очень небольших отдельных систем до гигантских общенациональных сетей PMR/PAMR, которые часто в значительной степени адаптированы к конкретным потребностям пользователей таких сетей (например, от систем местной связи на отдельных электростанциях вплоть до территориально распределенных систем, охватывающих всю региональную электроэнергетическую сеть).

К основным услугам таких наземных систем подвижной радиосвязи PMR/PAMR относятся:

- режим "нажми, чтобы говорить, отпусти, чтобы слушать" – нажатие одной кнопки включает связь по радиоканалу;
- широкие зоны покрытия;
- закрытые группы пользователей;
- многие системы, работающие с удаленными или подвижными станциями, позволяют слышать все совершаемые вызовы. Это не всегда допустимо, и может потребоваться система избирательного вызова;
- время установления вызова, как правило, короче, чем в системах сотовой связи.

А8.3 Системы с полосой пропускания канала до 25 кГц

Эти узкополосные системы используются почти исключительно PMR. К ним относятся аналоговые (МРТ 1327) и цифровые (dPMR, DMR, TETRA и TETRAPOL) системы.

Критически важные сети PMR/PAMR обычно требуют некоторой настройки в соответствии с ключевыми требованиями пользователей. К ним относятся:

- очень высокий уровень надежности покрытия в пределах определенной зоны обслуживания, в некоторых случаях включая отдаленные и ненаселенные районы;
- часто требуется выполнение детальных технических требований в ущерб экономической выгоде;
- необходимость покрытия заданных территорий, включая изолированные ненаселенные регионы за пределами зон обслуживания сети подвижной связи и т. п.;
- способность к максимально отказоустойчивой работе/отказоустойчивой работе M2M (RM2M);
- мгновенный и гарантированный доступ к каналу;
- высокий уровень сетевой безопасности и целостности для системы и передаваемых данных. Это может означать отсутствие подключения к внешним и/или общедоступным системам связи, таким как общедоступные сети подвижной связи и интернет;
- защита сети для обеспечения надежной работы в неблагоприятных условиях окружающей среды, включая электромагнитные помехи, такие как грозовые разряды;
- резервное питание до 96 часов;
- долговечность и поддержка, например в течение 10–20 лет.

А8.4 Стандарты PMR/PAMR

В нижеследующей таблице А8.1 указаны типичные стандарты, используемые для узкополосной службы PMR 6,25/12,5/25 кГц.

ТАБЛИЦА А8.1

Типовые стандарты PMR, используемые электроэнергетическими компаниями

Технология	Ширина канала (кГц)	Стандарт/спецификация
Цифровая	6,25	ETSI EN 301 166
Аналоговая	12,5	ETSI EN 300 086
Цифровая	12,5	ETSI EN 300 113
Цифровая	25	ETSI EN 300 113, ETSI EN 302 561

Приложение 9

Примерный список полос частот, используемых для беспроводных систем умных счетчиков и умных электросетей

В таблице А9.1 приведен примерный список полос частот, используемых для беспроводных систем умных счетчиков и умных электросетей в некоторых частях мира.

ТАБЛИЦА 9.1

Примеры полос частот, используемых для умных счетчиков и умных электросетей в беспроводных системах управления электросетями

Частота (МГц)	Территория/регион	Комментарии относительно фактического использования
40–230 (частично), 470–694/698	Северная Америка, Соединенное Королевство, многие части Европы, 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	Соединенное Королевство: 412–414 МГц в сочетании с 422–424 МГц
450–470	Северная Америка и многие части Европы	Европа, включая Австрию, Данию, Финляндию, Венгрию, Нидерланды, Норвегию, Польшу, Португалию, Румынию и Швецию. Соединенное Королевство: 457,5–458,5 МГц в сочетании с 463–464 МГц
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
868–870	Европа	Рекомендация 70-03 Европейского комитета по радиосвязи (ERC)
873–876	Части Европы	Рекомендация 70-03 ERC Соединенное Королевство: сети подвижной связи общего пользования, включающие нелицензируемые диапазоны частот 868 МГц и 870 МГц для увеличения протяженности сети умных счетчиков в центральных и южных частях страны
896–901	Северная Америка	Лицензируемая полоса, часть 90 в США

ТАБЛИЦА 9.1 (окончание)

Частота (МГц)	Территория/регион	Комментарии относительно фактического использования
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

Приложение 10

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Отчет МСЭ-R M.2440 – Использование наземного сегмента Международной подвижной связи (ИМТ) для узкополосной и широкополосной межмашинной связи (в разделе 5 рассматриваются технические и эксплуатационные аспекты наземных сетей и систем радиосвязи на базе ИМТ, поддерживающих узкополосную и широкополосную МТС)

Отчет МСЭ-R M.2479 – Использование сухопутных подвижных систем, за исключением ИМТ, для межмашинной связи

Отчет МСЭ-R M.2441 – Новые виды использования наземного сегмента Международной подвижной электросвязи (ИМТ) (в разделе 5.4 содержится информация по умным электросетям)

Рекомендация МСЭ-R M.1036 – Планы размещения частот для внедрения наземного сегмента Международной подвижной электросвязи (ИМТ) в полосах частот, определенных для ИМТ в Регламенте радиосвязи

Рекомендации МСЭ-R M.1457 и МСЭ-R M.2012 (содержат спецификации ИМТ соответственно для систем ИМТ-2000 и ИМТ-Advanced)

Рекомендация МСЭ-R M.2002 – Задачи и характеристики систем территориально распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) и функциональные требования к этим системам

Отчет МСЭ-R M.2224 – Руководящие указания по проектированию систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN)

Прилагаемый документ

Акронимы и аббревиатуры

3G	Third Generation	Третье поколение
3GPP	Third Generation Partnership Project	Проект партнерства третьего поколения
3GPP2	Third Generation Partnership Project 2	Второй проект партнерства третьего поколения
4G	Fourth Generation	Четвертое поколение
ABRADEE	Brazilian Association of Distributors of Electric Power	Бразильская ассоциация распределителей электроэнергии
AES	Advanced encryption standard	Усовершенствованный стандарт шифрования
AES-CCM	Advanced encryption standard – constant coding and modulation	Усовершенствованный стандарт шифрования – постоянное кодирование и модуляция
AKA	Authentication and Key Agreement	Соглашение об аутентификации и ключах

AMI	Advanced metering infrastructure		Усовершенствованная измерительная инфраструктура
AMM	Automated meter management		Автоматизированное управление счетчиками
AMR	Automated meter reading		Автоматическое считывание показаний счетчиков
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica		Национальное агентство электроэнергетики
APTEL	Association of Private Companies Proprietary of Infrastructure and Telecommunications Systems		Ассоциация частных компаний, владеющих инфраструктурой и системами электросвязи
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses		Ассоциация представителей радиопромышленности и бизнеса
ARQ	Automatic repeat request		Автоматический повторный запрос
AS	Assured forwarding		Гарантированная переадресация
BE	Best effort		Максимальные усилия
BPSK	Binary phase shift keying		Двоичная фазовая манипуляция
BS	Base station	БС	Базовая станция
CA	Carrier access		Доступ по несущей
CARB	California Air Resources Board		Совет по воздушным ресурсам штата Калифорния
CAVE	Cellular authentication and voice encryption		Аутентификация и шифрование голоса в сотовой сети
CC	Climate change		Изменение климата
CCM	Constant coding and modulation		Постоянное кодирование и модуляция
CCSA	China Communications Standards Association		Китайская ассоциация стандартов связи
CCTV	Closed-Circuit TeleVision		Система видеонаблюдения
CDMA	Code-division multiple access		Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
CEC	California Energy Commission		Энергетическая комиссия штата Калифорния
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization		Европейский комитет по электротехнической стандартизации
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administration	СЕПТ	Европейская конференция администраций почты и электросвязи
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol		Протокол аутентификации квитирования вызова
CID	Cell identifier		Идентификатор ячейки
CIM	Common information model		Общая информационная модель

CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques		Международный специальный комитет по радиопомехам
CMAC	Cypher-based message authentication code		Криптографический код аутентификации сообщения
CMEA	Cellular message encryption algorithm		Алгоритм шифрования сотового сообщения
CSMA	Carrier sense multiple access		Многостанционный доступ с контролем несущей
DA	Distributed automation		Распределенная автоматика
DAM	Dynamic asset management		Динамическое управление ресурсами
DAP	Data aggregation point		Узел агрегации данных
dB	Deci Bel		Децибел
DECC	United Kingdom Department of Energy and Climate Change		Министерство энергетики и изменения климата Соединенного Королевства
DER	Distributed energy resources		Распределенные энергетические ресурсы
DGNA	Dynamic group number assignment		Назначение динамического номера группы
DSSS	Cross-spectrum symbol synchronizer		Межспектральный синхронизатор символов
DMR	Digital Mobile Radio		Цифровая подвижная радиосвязь
DMS	Distribution management system		Система управления распределением
DOE	U.S. Department of Energy		Министерство энергетики США
dPMR	Digital private mobile radio		Цифровая частная подвижная радиосвязь
DSCP	Differentiated service code point		Указатель кода дифференцированных служб
EAP	Extensible authentication protocol		Расширяемый протокол аутентификации
EC	European Commission	ЕК	Европейская комиссия
ECC	European Communications Committee		Европейский комитет по связи
EDGE	Enhanced data GSM environment		Усовершенствованная среда передачи данных GSM
EF	Expedited forwarding		Ускоренная переадресация
EII	European Industrial Initiatives		Европейские промышленные инициативы
eMTC	Enhanced machine-type communications		Усовершенствованная межмашинная связь
EPON	Ethernet passive optical network		Пассивная оптическая сеть Ethernet

EPRI	Electric Power Research Institute		Научно-исследовательский институт электроэнергетики
ERC	European Radiocommunication Committee		Европейский комитет радиосвязи
ESFF	Electricity Sector Framework for the Future		Структура электроэнергетического сектора на будущее
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	ETСИ	Европейский институт стандартов электросвязи
EU	European Union	ЕС	Европейский союз
EUTC	European UTILITIES TELECOMS COUNCIL		Европейский совет по системам электросвязи коммунальных предприятий
EV	Electric vehicles		Электрические транспортные средства
EVDO	Evolution-data optimized		Оптимизированный для передачи данных
E3	Energy and environmental economics, Inc.		Компания Energy and environmental economics, Inc.
FAN	Field area network		Периферийная сеть
FCC	Federal Communications Commission		Федеральная комиссия по связи
FDD	Frequency division duplex		Дуплекс с частотным разделением
FDMA	Frequency division multiple access		Многостанционный доступ с частотным разделением
FEP	Front-end processor		Периферийный процессор
FG	Focus Group		Фокус-группа
FM	Frequency modulation	ЧМ	Частотная модуляция
GNSS	Global navigation satellite system		Глобальная навигационная спутниковая система
GPRS	General packet radio service		Служба пакетной радиосвязи общего пользования
GSI	Global strategic initiative		Глобальная стратегическая инициатива
GSM	Global system for mobile communications		Глобальная система подвижной связи
GW	Giga Watts	ГВт	Гигаватт
HAN	Home area network		Домашняя сеть
HARQ	Hybrid automatic repeat request		Гибридный автоматический запрос на повторную передачу
HMAC	Hashed message authentication code		Хеш-код аутентификации сообщений
HN	Home networking		Технология домашней сети

HRPD	High-rate packet data		Высокоскоростная передача пакетных данных
HSPA	High speed packet access		Высокоскоростной пакетный доступ
HVDC	High voltage direct current		Постоянный ток высокого напряжения
ICT	Information and communication technologies	ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии
ICV	Integrity check value		Значение проверки целостности
ID	Identity		Идентичность
IEC	International Electro-technical Commission	МЭК	Международная электротехническая комиссия
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers		Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IoT	Internet of things		Интернет вещей
IoT-G	Internet of things-grid		Интернет вещей для электросетей
ISM	Industrial, scientific, and medical	ПНМ	Промышленные, научные и медицинские
ISO	International Organisation for Standardisation	ИСО	Международная организация по стандартизации
IT	Information technology	ИТ	Информационные технологии
ITS	Intelligent transport systems		Интеллектуальные транспортные системы
ITU	International Telecommunications Union	МСЭ	Международный союз электросвязи
ITU-R	International Telecommunications Union – Radiocommunications	МСЭ-R	Сектор радиосвязи Международного союза электросвязи
ITU-T	International Telecommunications Union – Telecommunications	МСЭ-T	Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи
JCA	Joint Co-ordination Activity		Совместная координационная деятельность
JRC	Joint Radio Company Limited		Компания с ограниченной ответственностью Joint Radio
kHz	Kilo Hertz	кГц	Килогерц
LDPC	Low-density parity-check		Код контроля четности малой плотности
LF	Low frequency	НЧ	Низкая частота
LTE	Long-term evolution		Технология долгосрочного развития

MAC	MAC message authentication code		Код аутентификации сообщения MAC
MEID	Mobile equipment identifier		Идентификатор оборудования подвижной связи
MEP	Member of the European Parliament		Член Европейского парламента
MHz	Mega Hertz	МГц	Мегагерц
MIMO	Multiple input multiple output		Многоканальный вход/ многоканальный выход
MPDU	MAC (Media Access Control) Protocol Data Unit		Блок данных протокола MAC
MPLS	Multi-protocol label switching		Многопротокольная коммутация с использованием меток
MPT	United Kingdom Ministry of Posts and Telecoms (now Ofcom)		Министерство почты и электросвязи Соединенного Королевства (в настоящее время Ofcom)
MR-FSK	Multi-regional frequency shift keying		Многорегиональная частотная манипуляция
MTC	Machine-type communication		Межмашинная связь
M2M	Machine to machine		От машины к машине
MW	Mega Watts	МВт	Мегаватт
NAN	Neighbourhood area network		Районная сеть
NB	Narrow band		Узкая полоса
NB-PLC	Narrow band power line communications		Узкополосная связь по линиям электропередачи
NISTIR	National Institute of Standards and Technology Interagency/Internal Report		Межведомственный/внутренний отчет Национального института стандартов и технологий
OFDM	Orthogonal frequency division modulation		Модуляция с ортогональным частотным разделением
PHY	Physical		Физический
PKMv2	Privacy Key Management version 2		Управление секретными ключами версии 2
PLC	Power line communications ³¹		Связь по линиям электропередачи
PLT	Power line telecommunications ³²		Связь по линиям электропередачи
PAMR	Public access mobile radio		Подвижная радиосвязь общего пользования
PMP	Point to point		Из пункта в пункт
PMR	Professional/Private mobile radio		Профессиональная/частная подвижная радиосвязь

³¹ Термины PLT и PLC часто используются взаимозаменяемо.

PRIME	Powerline intelligent metering evolution		Эволюция интеллектуальных измерений Powerline
PSK	Phase shift keying		Фазовая манипуляция
PUC	Public Utilities Commission		Комиссия по коммунальному хозяйству
QAM	Quadrature amplitude modulation		Квадратурная амплитудная модуляция
QoS	Quality of service		Качество обслуживания
RF	Radio frequency	РЧ	Радиочастота
RFID	Radio frequency identification		Радиочастотная идентификация
RM2M	Resilient machine to machine		Устойчивая межмашинная связь
RSA	Rivest, Shamir and Adleman algorithm		Алгоритм Ривеста, Шамира и Адлемана
SCADA	Supervisory, control, and data acquisition		Система диспетчерского управления и сбора данных
SDO	Standards developing organizations	ОРС	Организации по разработке стандартов
SDMA	Space division multiple access		Многостанционный доступ с пространственным разделением
SET	European Strategic Energy Technology Plan		Европейский план стратегических технологий в энергетике
SFID	Service flow identifier		Идентификатор потока услуг
SHA	Secure hash algorithm		Алгоритм безопасного хеширования
SIM	Subscriber identity module		Модуль идентификации абонента
SG	Smart grid		Умная электросеть
SGIP	Smart grid interoperability panel		Группа по функциональной совместимости умных электросетей
SRD	Short range device		Устройство малого радиуса действия
ST	Scanning telemetry		Сканирующая телеметрия
SWIN	Smart and wide-coverage industry-oriented wireless network		Интеллектуальная беспроводная сеть с ориентацией на промышленное применение и с широкой зоной охвата
TDD	Time division duplex		Дуплекс с временным разделением
TDMA	Time division multiple access		Многостанционный доступ с временным разделением
TETRA	Trans European Trunked RAdio		Трансевропейская система магистральной радиосвязи
TLS	Transport layer security		Безопасность транспортного уровня

TR	ETSI Technical Report		Технический отчет ЕТСИ
TSAG	Telecommunications Standardization Advisory Group		Консультативная группа по стандартизации электросвязи
UHF	Ultra-high frequency	УВЧ	Ультравысокая частота
UK	United Kingdom		Соединенное Королевство
UMTS	Universal mobile telecommunications system		Универсальная система подвижной связи
USA	United States of America	США	Соединенные Штаты Америки
UT	User terminal		Пользовательский терминал
UTC	Utilities technology council		Совет по коммунальным технологиям
VHF	Very high frequency	ОВЧ	Очень высокая частота
VOX	Voice operated switch		Голосовой выключатель
VPN	Virtual private network		Виртуальная частная сеть
WAN	Wide area network		Территориально распределенная сеть
WASN	Wide-area sensor and/or actuator network		Территориально распределенная сеть датчиков и/или исполнительных механизмов
WCDMA	Wide band code-division multiple access		Широкополосный многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
Wh	Watt hours	Втч	Ватт-час
xHRPD	Extended high-rate packet data		Расширенный стандарт высокоскоростной пакетной передачи данных
