

**Отчет МСЭ-R SM.2423-0**  
(06/2018)

**Технические и эксплуатационные  
аспекты территориально распределенных  
сетей малой потребляемой мощности  
для межмашинной связи и интернета  
вещей в частотных диапазонах,  
согласованных для работы устройств  
малого радиуса действия**

**Серия SM**  
**Управление использованием спектра**



## Предисловие

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

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

## Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

### Серии Отчетов МСЭ-R

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

Серия	Название
<b>VO</b>	Спутниковое радиовещание
<b>BR</b>	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
<b>BS</b>	Радиовещательная служба (звуковая)
<b>BT</b>	Радиовещательная служба (телевизионная)
<b>F</b>	Фиксированная служба
<b>M</b>	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
<b>P</b>	Распространение радиоволн
<b>RA</b>	Радиоастрономия
<b>RS</b>	Системы дистанционного зондирования
<b>S</b>	Фиксированная спутниковая служба
<b>SA</b>	Космические применения и метеорология
<b>SF</b>	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
<b>SM</b>	<b>Управление использованием спектра</b>

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

Электронная публикация  
Женева, 2018 г.

© ITU 2018

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.2423-0

**Технические и эксплуатационные аспекты территориально распределенных сетей малой потребляемой мощности для межмашинной связи и интернета вещей в частотных диапазонах, согласованных для работы устройств малого радиуса действия**

(2018)

**1 Введение**

Разработан новый тип беспроводных систем под общим названием "территориально распределенные сети малой потребляемой мощности" (Low-Power Wide-Area Network, LPWAN), которые могут работать в соответствии с регуляторными нормами для устройств малого радиуса действия (SRD). Такие инновации служат дополнением к существующему ряду беспроводных решений. В системах LPWAN используется не какая-то одна технология, а группа технологий территориально распределенных сетей малой потребляемой мощности, которые могут быть основаны на проприетарных или открытых стандартах.

Эти новые системы помогают преодолевать трудности, возникающие в ходе разработки широкого спектра применений и связанные с тем, что многочисленным устройствам необходимо передавать всего несколько сообщений за сутки. В разделе 4 настоящего Отчета приведены подробные сведения о предполагаемых применениях LPWAN, в том числе связанных с "умными" городами, производством, домашней автоматизацией, экологией и сельским хозяйством, транспортом и логистикой, энергетикой и коммунальным хозяйством.

У этих решений есть ряд общих технических и эксплуатационных характеристик, облегчающих реализацию применений массовой межмашинной связи (mMTC) и интернета вещей (IoT).

В разделе 5.1 настоящего Отчета подробно изложены технические аспекты, в том числе общие методы доступа к спектру, плоская архитектура сети и размеры кадров порядка десятков байтов с передачей несколько раз в сутки на сверхнизких скоростях.

В разделе 5.2 настоящего Отчета дается подробное описание эксплуатационных возможностей LPWAN, которые позволяют инициировать большое число соединений с экономически эффективного оборудования радиосвязи, имеющего относительно низкую выходную мощность, для обеспечения связи на среднем расстоянии в несколько километров при более длительном сроке службы батарей.

Во исполнение Резолюции МСЭ-R 66 "Исследования, касающиеся беспроводных систем и приложений для развития интернета вещей" в настоящем Отчете рассматриваются технические и эксплуатационные аспекты LPWAN для межмашинной связи и интернета вещей в диапазонах частот, согласованных для работы устройств малого радиуса действия.

**2 Соответствующие Резолюции, Рекомендация и Отчет МСЭ-R**

- Резолюция МСЭ-R 54 "Исследования, направленные на согласование спектра для устройств малого радиуса действия";
- Резолюция МСЭ-R 66 "Исследования, касающиеся беспроводных систем и приложений для развития интернета вещей";
- Рекомендация МСЭ-R SM.1896 "Диапазоны частот для согласования на глобальном или региональном уровне устройств малого радиуса действия";
- Отчет МСЭ-R SM.2153 "Технические и эксплуатационные параметры и использование спектра для устройств радиосвязи малого радиуса действия".

### 3 Сокращения

AFA	Adaptive frequency agility		Адаптивная быстрая перестройка частоты
APC	Adaptive power control		Адаптивное управление мощностью
APT	Asia-Pacific Telecommunity	АТСЭ	Азиатско-Тихоокеанское сообщество электросвязи
CEPT	Conference of Postal and Telecommunications Administrations	СЕПТ	Европейская конференция администраций почт и электросвязи
CFR	Code of Federal Regulations (United States of America)		Свод федеральных нормативных актов (Соединенные Штаты Америки)
CSS	Chirp spread spectrum		Расширение спектра методом линейной частотной модуляции
DL	Down-Link communications from access stations to devices		Связь по линии вниз от станций доступа к устройствам
ETSI	European Telecommunications Standards Institute		Европейский институт стандартизации электросвязи
IETF	Internet Engineering Task Force		Целевая группа по инженерным проблемам интернета
ISM	Industrial, scientific and medical		Промышленное, научное и медицинское назначение
IoT	Internet of Things		Интернет вещей
LPD	Low power devices		Маломощные устройства
LIPD	Low interference potential devices		Устройства с низким уровнем возможных помех
LPWAN	Low power wide area network		Территориально распределенная сеть малой потребляемой мощности
LTN	Low throughput network		Сеть с низкой пропускной способностью
M2M	Machine-to-Machine		Межмашинное взаимодействие
MTC	Machine type communications		Межмашинная связь
mMTC	Massive Machine Type Communications		Массовая межмашинная связь
RFID	Radio frequency identification		Радиочастотная идентификация
SDR	Software defined radio		Радио с программируемыми параметрами
SDO	Standardization Development Organization	ОПС	Организация по разработке стандартов
SRD	Short range devices		Устройства малого радиуса действия
UL	Up-Link communications from devices to access stations		Связь по линии вверх от устройств к станциям доступа
UNB	Ultra-narrow band		Сверхузкополосная связь
xPON	Passive optical networking		Пассивные оптические сети

#### 4 Применения IoT на базе систем LPWAN

LPWAN поддерживает работу различных физических устройств, подключенных к сети IoT, для обеспечения наиболее эффективного функционирования города и его служб, а также для связи с гражданами. Среди предполагаемых секторальных применений ряд типичных вариантов использования систем LPWAN, описанных в техническом отчете ETSI TR 103 249 V1.1.1 (2017-10), который посвящен сетям с малой пропускной способностью (LTN), подмножество датчиков на базе LPWAN и сети управления.

Ниже приводятся некоторые варианты использования, в основе которых лежат существующие решения на базе LPWAN.

– **Управление дорожным движением и транспортной системой**

Система LPWAN может поддерживать стратегически размещенные устройства с датчиками для круглосуточного слежения за рабочим состоянием светофоров, что позволит минимизировать вероятность заторов и ДТП.

– **Система водоснабжения**

Система LPWAN может поддерживать датчики/устройства для слежения за неисправной или устаревшей городской инфраструктурой, что позволит выявлять утечки и переливы и уведомлять о них соответствующие органы.

– **Уличное освещение**

С помощью технологии LPWAN можно управлять "умными" сетями уличного освещения и одновременно способствовать повышению безопасности, передавая в соседние пункты информацию о ДТП и препятствиях на дорогах.

– **"Умная" система парковки**

LPWAN можно использовать для оптимизации загрузки муниципальных парковок путем информирования пользователей об имеющихся поблизости свободных парковочных местах.

– **Устройства мониторинга загрязнений**

В условиях стремительного повышения уровня загрязнения окружающей среды технология LPWAN может внести свой вклад в поддержание экологического баланса. С помощью грамотно размещенных датчиков можно обеспечить информирование компетентных органов об уровне загрязненности окружающей среды на конкретном участке территории. Расположенные вблизи электростанций и предприятий тяжелой промышленности, эти устройства могут также отслеживать общее потребление (в том числе рациональное) энергии из окружающей среды.

– **Управление сбором отходов**

Технология LPWAN может помочь в организации надлежащего сбора и удаления отходов: "умные" датчики могут следить за уровнем наполненности мусорных контейнеров и подавать сигнал о необходимости их опорожнения. Предполагается, что эти датчики будут также собирать данные о типах отходов, выбрасываемых населением.

– **"Умная" система управления грузоперевозками и запасами**

Датчики с питанием по технологии LPWAN могут быть полезным дополнением к "умным" системам управления запасами. Эти датчики могут устанавливаться, например, на борту грузовых автомобилей и в пунктах, между которыми осуществляются грузоперевозки. Они регулярно передают последнюю информацию о местоположении грузовых автомобилей и состоянии запасов. Система LPWAN может также уведомлять операторов о необходимости выполнить текущий ремонт и другие работы по техническому обслуживанию грузовых автомобилей.

– **Системы обнаружения пожара**

Средства пожарной сигнализации и пожарные извещатели с питанием по технологии LPWAN могут использоваться для оперативной подачи сигналов о возгорании в местные отделения пожарной охраны в целях ликвидации пожара и сокращения масштабов ущерба.

– **Подключенные к сети пожарные гидранты**

Эти устройства помогают выявлять неисправные гидранты и несанкционированный отбор воды из них. С их помощью можно также отслеживать расход воды в пожарных гидрантах.

– **Управление городскими зелеными зонами**

Датчики влажности и температуры почвы, а также температуры наружного воздуха позволяют эффективно управлять зелеными зонами общественного назначения и сократить потребление воды.

– **Мониторинг энергопотребления**

Системы мониторинга позволяют обеспечить более точную тарификацию с более частым выставлением счетов.

– **Содержание скота**

Система локализации для животноводческих ферм обеспечивает мониторинг и отслеживаемость, выявляя аномалии, связанные с изменением температуры тела, активности и поведения животных, а также отелом.

– **"Умное" орошение**

Система этого типа позволяет сократить использование водных ресурсов и разработать стратегию орошения, направленную на выработку товарной продукции и снижение ее потерь.

– **Служба приема исходящих почтовых отправлений**

"Умная" кнопка, размещенная в почтовом ящике, информирует почтальона о том, что в ящик помещено почтовое отправление. Это позволяет клиентам отправлять почту из дома.

– **Система управления производственными активами**

Эта система отслеживает перемещение запасных частей между заводами и складами поставщиков.

– **Управление аккумуляторными батареями ограждений железнодорожных переездов**

Это решение минимизирует вероятность отказа критически важных сооружений. Оператор по обслуживанию путевого хозяйства незамедлительно получает уведомления обо всех выявленных событиях, затрагивающих резервный источник питания.

– **Возврат угнанных автомобилей**

Скрытно установленное на борту автомобиля малогабаритное устройство GPS позволяет выявить местонахождение угнанного автомобиля и вернуть его.

## 5 Технические и эксплуатационные аспекты LPWAN

### 5.1 Технические аспекты

В следующих разделах перечислены основные технические аспекты, общие для систем LPWAN в контексте применений IoT с массовым подключением. Приведенные ниже типичные значения параметров взяты из стандартов и нормативно-правовых актов, регулирующих эксплуатацию систем LPWAN по всему миру (то есть ETSI EN 300 220, 47 CFR 15.247 и т. д.).

#### 5.1.1 Параметры приемопередатчиков

– **Выходная мощность и мощность излучения передатчиков**

В системах LPWAN объекты и устройства соединяются через шлюзы и станции доступа. Системы не всегда сбалансированы, и эквивалентная изотропная излучаемая мощность варьируется в зависимости от применяемых технологий и роли каждого передатчика в системе.

Диапазон типичных значений э.и.и.м. – от 200 мВт до 4 Вт для станций доступа и от 5 мВт до 500 мВт для конечных точек.

– **Характеристики антенны**

Большинство передатчиков оборудовано всенаправленной антенной. Диапазон типичных значений коэффициента усиления антенны – от 0 до 6 дБи.

– **Класс излучений**

Системам LPWAN не присвоен определенный класс излучений. В большинстве систем используется сложная цифровая модуляция или сочетание нескольких видов цифровой модуляции.

– **Ширина полосы частот модуляции**

Этот параметр зависит от применяемой технологии. Диапазон типичных значений ширины полосы модуляции – от 100 Гц до 500 кГц.

– **Нежелательные излучения**

Маломощные устройства (LPD) должны соответствовать нормам нежелательных излучений, установленным соответствующими нормативно-правовыми актами и стандартами. Типичные значения пределов, установленные для Районов МСЭ, основаны на Рекомендации МСЭ-R SM.329 и подробнее описываются в Отчете МСЭ-R SM.2153 о технических и эксплуатационных параметрах для устройств радиосвязи малого радиуса действия. Эти пределы должны определяться в зависимости от того, каким службам и системам распределены соседние полосы частот.

– **Чувствительность приемников**

Системы LPWAN отличаются чрезвычайно высокой чувствительностью (–140 дБм в полосе шириной 100 Гц), что обеспечивает возможность связи на дальних расстояниях для маломощных устройств и оборудования. Это ключевая характеристика систем LPWAN, в основу которых положены различные методы, например:

сверхузкополосные (UNB) решения, в которых высокоизбирательная фильтрация в сочетании с более узкой полосой частот сигнала позволяет снизить порог чувствительности (см. ETSI TR 103 435 V1.1.1);

расширение спектра методом прямой последовательности или линейной частотной модуляции (CSS), позволяющее снизить порог чувствительности ниже минимального уровня шума благодаря выигрышу за счет кодирования, который зависит от коэффициента расширения (см. ETSI TR 103 526 V1.1.1).

### 5.1.2 Методы доступа к спектру

Системы LPWAN призваны главным образом обеспечить поддержку применениям в сфере IoT с массовым подключением при низкой потребной пропускной способности. Доступ к спектру для систем LPWAN может рассматриваться в рамках регуляторных норм для устройств малого радиуса действия, которые, как правило, считаются освобожденными от обязательного лицензирования при соблюдении конкретных условий доступа для различных применений.

Помимо методов управления использованием спектра, обычно применяемых для устройств малого радиуса действия, в системах LPWAN могут применяться методы произвольного доступа с использованием включенных в структуру системы механизмов, в максимальной степени способствующих совместному использованию спектра системами и оптимизирующих пропускную способность и качество обслуживания.

Механизмы или ограничения, обеспечивающие надлежащее совместное использование спектра всеми пользователями системы LPWAN, обычно представляют собой ограничение рабочего цикла в диапазоне от 1 до 10%, функции адаптивной быстрой перестройки частоты на основе зондирования спектра или прослушивания перед передачей и скачкообразной перестройки частоты.

Кроме того, для более совершенного управления пропускной способностью и качеством обслуживания на станциях доступа часто используются функциональные возможности радио с программируемыми параметрами (SDR) в сочетании с временным и частотным разделением.

### 5.1.3 Функциональные возможности станций доступа

Функции шлюза обычно разделены между станциями доступа и базовой инфраструктурой.

Станции доступа развертываются между устройствами и сетями связи. Для передачи данных в базовую сеть LPWAN они могут использовать различные технологии связи (например, 3G, 4G, xPON, Wi-Fi и Ethernet). Они обеспечивают соединение устройств и сетей связи, а также поддерживают множество технологий связи для взаимодействия с сетями связи и устройствами малого радиуса действия.

Эта основная функция дополняется рядом других функциональных возможностей, служащих для обеспечения сквозной безопасности и идентификации в системе.

## 5.2 Эксплуатационные аспекты

### 5.2.1 Массовость соединений

Как правило, системы LPWAN имеют звездообразную топологию, при которой десятки, а то и сотни тысяч устройств в заданной зоне обслуживания подключены к одной станции доступа. Ожидаемая плотность расположения узлов в системе LPWAN следующая:

- устройства – до 100 000 конечных точек на квадратный километр;
- станции доступа – обычно 1 на 10 квадратных километров, или 0,1 на км<sup>2</sup>.

Системы LPWAN рассчитаны на малый объем трафика в расчете на устройство: типичный его объем составляет до 1 кбайта пользовательских данных в сутки в каждом направлении – по линии вверх от устройства к станции доступа и по линии вниз от станции доступа к устройству.

Характер потока данных зависит от применения. Некоторые примеры применений LTN и характеристик систем из ETSI TR 103 249 V1.1.1 (2017-10) приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Примеры характеристик трафика в системе LPWAN

Сфера деятельности	Конкретное применение	Период передачи	Размер полезной нагрузки	Направление связи
Учет потребления воды	Передача индексов	4 раза в сутки 1 раз в сутки	10 200	В основном по линии вверх
"Умные" города	"Умная" парковка	От нескольких минут до нескольких часов	Несколько байтов	По линиям вверх и вниз
	Управление сточными водами	От 1 до 5 раз в сутки	1–15 байтов	В основном по линии вверх
	Фиксация выстрелов из огнестрельного оружия	Эпизодически	10–100 байтов	По линии вверх
Автотранспорт	Содействие в геолокации	Эпизодически	250–1000 байтов	По линиям вверх и вниз
	Сверхурочное вождение	Эпизодически	100–200 байтов	Только по линии вверх или по линиям вверх и вниз
	Мониторинг угнанного транспортного средства	1 раз в минуту	10–20 байтов	В основном по линии вверх
Мониторинг электрических сетей	Мониторинг трансформаторов	1 раз в час	10–20 байтов	По линии вверх
	Выявление петли короткого замыкания	1 раз в год	3 байта	В основном по линии вверх
Сельское хозяйство	Мониторинг качества почвы	От 1 до 4 раз в сутки	Несколько байтов на один датчик	По линии вверх

Чтобы уменьшить риск перегрузки спектра или образования чрезмерного объема трафика, в некоторых системах LPWAN могут использоваться те или иные стратегии управления использованием спектра для улучшения связи.

Функции адаптивного использования спектра могут включать составление графика передач, адаптивное управление мощностью (APC), адаптивное регулирование скорости передачи данных, определение загруженности спектра, обнаружение помех, адаптивную быструю перестройку частоты (AFA) и так далее.

### **5.2.2 Широкая область охвата**

Интернет вещей находит применение в широком спектре отраслей, поэтому ожидается, что технология LPWAN сможет обеспечить покрытие как городских, так и сельских территорий, где устройствам требуется подключение к интернету. В системах LPWAN используется цифровая радиосвязь, которая характеризуется высоким бюджетом линии даже при малой мощности передатчиков, которыми оборудованы устройства. Обеспечиваются такие характеристики за счет повышения чувствительности методами модуляции (UNB, CSS), а дальнейшего их улучшения можно добиться, используя SDR.

### **5.2.3 Энергоэффективность и время работы от батарей**

В условиях большого географически распределенного парка устройств требуется длительный срок службы батарей, чтобы снизить эксплуатационные затраты и обеспечить долгосрочное обслуживание. В технологии LPWAN изначально предусмотрена оптимизация энергопотребления от батарей, с тем чтобы обеспечить возможность работы с устройствами, питающимися от батарей и имеющими срок службы до 15 лет. Оптимизация энергопотребления устройств достигается за счет низкой мощности передачи и уменьшения служебной нагрузки протокола в спящем режиме. Служебная нагрузка протокола в спящем режиме может быть уменьшена путем использования протокола без присоединения: устройства передают данные без предварительной синхронизации или присоединения к сети. На станциях доступа производится непрерывное прослушивание рабочего спектра посредством радио с программируемыми параметрами.

### **5.2.4 Сниженный уровень сложности и экономическая эффективность**

Системы LPWAN решают задачу массового подключения устройств IoT. Такой сценарий развертывания требует простоты и экономической эффективности. Ключевым фактором, способствующим внедрению LPWAN, является возможность установления соединений без предварительной инициализации устройств в среде эксплуатации. Управление устройствами и отслеживание возможности установления соединения с ними на протяжении всего срока службы обязательны также в приложениях, где экономический баланс достижим лишь при наличии большого числа узлов и/или датчиков.

## **6 О режимах выдачи разрешений на LPWAN**

Системы LPWAN рассчитаны на работу в радиосреде с множеством заинтересованных сторон, использующих одни и те же полосы частот (другие системы LPWAN, сигнализация, RFID и т. д.) с низким уровнем возможных помех. В этом отношении системы LPWAN соответствуют определению устройств малого радиуса действия, данному в Отчете МСЭ-R SM.2153, поскольку они обеспечивают одно- или двунаправленную связь и практически не имеют возможности создавать помехи другому оборудованию радиосвязи.

Для систем LPWAN не требуется исключительный доступ к спектру, и они работают в условиях совместного использования спектра на основе непричинения помех и отсутствия защиты от помех.

Режим общих разрешений, или безлицензионное использование, применяется обычно в случаях, когда для обеспечения существования радиослужб и радиосистем не требуется географической координации. В таком режиме любым заинтересованным сторонам разрешается доступ к спектру при условии, что соответствующее радиооборудование удовлетворяет требованиям в отношении доступа к спектру и условий эксплуатации. Схема общего разрешения позволила бы применять LPWAN для

использования спектра в среде эксплуатации без получения индивидуальной лицензии. В некоторых случаях, требующих дополнительной координации, может применяться облегченный режим лицензирования.

## **7 Создание условий для эксплуатации LPWAN в отношении использования спектра**

### **7.1 Требуемые типы спектра**

Потребности LPWAN в спектре различаются в зависимости от применяемых технологий и характера трафика. Для случая LPWAN на базе сверхузкополосных систем в документе ETSI TR 103 435 показано, что на самых густонаселенных городских территориях потребная ширина полосы частот, оцениваемая в 600 кГц для связи по линии вверх, способна к 2023 году обеспечить передачу 55 тыс. сообщений в день на один квадратный километр. Еще одна полоса шириной 600 кГц требуется для связи по линии вниз.

Рыночные тенденции и развитие технологий привели к тому, что отрасль стала оказывать общую поддержку развертыванию и эксплуатации систем LPWAN в полосах частот ниже 1 ГГц. Характеристики распространения радиоволн в этих полосах частот обеспечивают более широкую зону покрытия и более эффективное проникновение сигнала в здания, чем более высокие частоты. Они позволяют предоставлять услуги массовой межмашинной связи в менее густонаселенных районах и внутри зданий.

В частности, ожидается развертывание систем LPWAN, рассчитанных на совместное использование спектра в субгигагерцовом диапазоне, в полосах частот, отведенных для SRD. Применение тех же методов доступа к спектру и минимальных требований, которые относятся к SRD, представляет собой наиболее оптимальный способ обеспечить работу с очень большим числом устройств, имеющих малую мощность и низкую пропускную способность. Это позволяет развертывать в тех же полосах частот новые цифровые технологии, способные предоставлять инновационные услуги и сосуществовать с другими технологиями.

В большинстве устройств, подключаемых к LPWAN, используется та же экосистема наборов микросхем и модулей, что и на нынешнем рынке SRD. Такая унифицированность наряду с наличием согласованных на региональном уровне полос частот для SRD способствует большей экономии за счет масштаба на производстве при использовании LPWAN.

### **7.2 Примеры частот, используемых для поддержки внедрения LPWAN**

Согласованное использование спектра способно принести целый ряд социально-экономических преимуществ:

- большую надежность и энергоэффективность устройств при поездках за границу;
- более широкую производственную базу и большие объемы оборудования (глобализация рынков), следствием чего являются экономия от масштаба и расширение ассортимента оборудования на рынке;
- снижение стоимости устройств для покупателей и поставщиков решений;
- снижение риска вредных помех между системами.

В Рекомендации МСЭ-R SM.1896 приведены диапазоны частот для согласования устройств малого радиуса действия.

В Отчете МСЭ-R SM.2153 приведены технические и эксплуатационные параметры и использование спектра для устройств малого радиуса действия.

В настоящее время системы LPWAN развертываются в следующих полосах частот, согласованных на региональном уровне для SRD.

– **Район 1 МСЭ**

В странах СЕПТ большая часть инфраструктуры LPWAN эксплуатируется в полосе частот 865–870 МГц, отведенной для SRD. В частности, в этих целях используются полосы частот 865–868,6 МГц (э.и.м. 25 мВт) и 869,4–869,65 МГц (э.и.м. 500 мВт) с применением таких методов снижения помех, как ограничение рабочего цикла. Оборудование должно соответствовать требованиям документа ETSI EN 300 220.

На тех же условиях системы LPWAN эксплуатируются в ряде стран Африки и Ближнего Востока, которые ввели в действие нормы для SRD в полосе частот 865–870 МГц.

– **Район 2 МСЭ**

В полосе частот 902–928 МГц обычно разрешено безлицензионное использование при э.и.м. передачи до 4 Вт. Пример можно найти в пункте 15.247 раздела 47 CFR.

– **Район 3 МСЭ**

Развертывание LPWAN производится на условиях, определяемых конкретной страной. Недавно несколько администраций Азиатско-Тихоокеанского региона разрешили эксплуатацию служб LPWAN в полосе частот 915–925 МГц с использованием различных методов и стандартов доступа к спектру (например, в Японии – ARIB STD-T-108).

СЕПТ недавно проводила исследования, посвященные эксплуатации SRD в диапазоне частот 900 МГц (917,3–919,4 МГц), и планирует в 2018 году подготовить окончательные редакции соответствующих нормативно-правовых актов, отводящих для SRD полосу частот, которая может использоваться для систем LPWAN в странах всех трех Районов МСЭ.

ТАБЛИЦА 2

## Примеры частот, используемых для LPWAN

Полоса частот	Соответствующие Рекомендация и Отчет	Замечания	Район 1	Район 2	Район 3
865–870 МГц	Рек. МСЭ-R SM.1896 Отчет МСЭ-R SM.2153	Диапазоном настройки может считаться вся эта полоса частот. В ряде стран для фактической эксплуатации LPWAN доступны лишь некоторые части этого диапазона настройки в связи с использованием его коммерческими системами подвижной связи или в силу ограничений на сферу применений SRD. См. нормативно-правовые акты соответствующих стран	Доступна	Недоступна	Доступна в некоторых странах
902–915 МГц	Рек. МСЭ-R SM.1896 Отчет МСЭ-R SM.2153	Полоса частот 902–928 МГц в Районе 2 определена как полоса промышленного, научного и медицинского назначения (п. 5.150 PP). Вся эта полоса может считаться диапазоном настройки. Полоса недоступна для фактической эксплуатации LPWAN в ряде стран (в том числе в Районе 2) ввиду ее использования коммерческими системами подвижной связи	Недоступна	Доступна в некоторых странах	Недоступна

ТАБЛИЦА 2 (end)

Полоса частот	Соответствующие Рекомендация и Отчет	Замечания	Район 1	Район 2	Район 3
915–928 МГц	Рек. МСЭ-R SM.1896 Отчет МСЭ-R SM.2153	Полоса частот 902–928 МГц в Районе 2 определена как полоса промышленного, научного и медицинского назначения (п. 5.150 РР). Вся эта полоса может считаться диапазоном настройки. В ряде стран для фактической эксплуатации LPWAN доступны лишь некоторые части этого диапазона настройки в связи с использованием его коммерческими системами подвижной связи или с ограничениями на сферу применений SRD. См. нормативно-правовые акты соответствующих стран	Доступна в некоторых странах	Доступна	Доступна в некоторых странах