

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R М.2002
(03/2012)

Задачи и характеристики систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) и функциональные требования к этим системам

Серия М

**Подвижные службы, служба радиоопределения,
любительская служба и относящиеся к ним
спутниковые службы**

Предисловие

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

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

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

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

Серии Рекомендаций МСЭ-R

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

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
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
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

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

Электронная публикация
Женева, 2015 г.

© ITU 2015

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

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R М.2002

Задачи и характеристики систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) и функциональные требования к этим системам

(Вопрос МСЭ-R 250/5)

(2012)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлены задачи, системные характеристики, функциональные требования, служебные применения и основные функциональные сетевые возможности систем подвижного беспроводного доступа (WAS), обеспечивающих связь для большого числа повсеместно распространенных датчиков и/или исполнительных механизмов, которые расположены на больших территориях, в сухопутной подвижной службе. Основная задача систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) заключается в обеспечении работы служебных применений межмашинного взаимодействия, независимо от места расположения машин.

Соответствующие Рекомендации и Отчеты МСЭ-R

Recommendation ITU-R M.1079	Performance and quality of service requirements for International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000) access networks.
Рекомендация МСЭ-R М.1890	Интеллектуальные транспортные системы – руководящие указания и задачи
Рекомендация МСЭ-R Р.372	Радишум
Рекомендация МСЭ-R Р.1406	Эффекты распространения радиоволн, касающиеся наземных сухопутной подвижной и радиовещательной служб в диапазонах ОВЧ и УВЧ
Рекомендация МСЭ-R Р.1812	Метод прогнозирования распространения сигнала на конкретной трассе для наземных служб "из пункта в зону" в диапазонах УВЧ и ОВЧ
Рекомендация МСЭ-R SM.329	Нежелательные излучения в области побочных излучений
Recommendations ITU-T H.235	Защита H.323: Инфраструктура защиты в мультимедийных системах серии H (H.323 и других, основанных на H.245)
Рекомендация МСЭ-T X.805	Архитектура безопасности для систем, обеспечивающих связь между оконечными устройствами
Report ITU-R M.2224	System design guidelines for wide area sensor and/or actuator network (WASN) systems

Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы:

AS	Application server		Сервер приложений
BS	Base station	БС	Базовая станция
DB	Database	БД	База данных
IMT	International Mobile Telecommunication		Международная подвижная электросвязь
M2M	Machine-to-machine		Межмашинное взаимодействие

QoS	Quality of service	Качество обслуживания
WAS	Wireless access system	Система беспроводного доступа
WASN	Wide area sensor and/or actuator network	Территориально-распределенная сеть датчиков и/или исполнительных механизмов
WT	Wireless terminal	Беспроводной терминал

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что происходит быстрое развитие беспроводной связи для соединения связанных с человеком и объектом датчиков и/или исполнительных механизмов в различных средах;
- b) что для создания общества с повсеместно распространенными сетями необходимо, чтобы датчики и/или исполнительные механизмы для беспроводной связи характеризовались простотой, небольшими размерами, невысокой стоимостью и малым расходом электроэнергии;
- c) что существуют новые применения, обрабатывающие небольшие объемы данных, таких как данные измерений, информация о местоположении и сигналы управления объектами;
- d) что применение беспроводной связи для датчиков и/или исполнительных механизмов может обеспечить обслуживание зоны покрытия крупной соты и большого числа различных объектов на посотовой основе благодаря характеристикам трафика таких применений, которые указаны в пункте c), выше;
- e) что для беспроводной связи датчиков и/или исполнительных механизмов следует обеспечивать мобильность;
- f) что беспроводная связь датчиков и/или исполнительных механизмов может осуществляться в отсутствие условий прямой видимости;
- g) что желательно определить типовые характеристики систем подвижного беспроводного доступа, используемых в целях обеспечения связи датчиков и/или исполнительных механизмов в сухопутной подвижной службе;
- h) что системы беспроводного доступа (WAS), используемые в целях обеспечения связи датчиков и/или исполнительных механизмов, могут также использоваться в применениях кочевого беспроводного доступа или фиксированного беспроводного доступа,

рекомендует,

- 1 чтобы для WAS, обеспечивающих связь для большого числа датчиков и/или исполнительных механизмов, которые рассредоточены на территории крупных зон, использовались задачи, изложенные в Приложении 1;
- 2 чтобы для проектирования систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN) использовались характеристики и функциональные требования, представленные в Приложении 2.

Приложение 1

Задачи систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN)

1 Введение

В настоящем Приложении представлены задачи систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN), которые рассматриваются в настоящей Рекомендации в целях связи для большого числа датчиков и/или исполнительных механизмов.

2 Задачи

2.1 Поддержка служебных применений M2M

Система беспроводного доступа (WAS) на основе подвижной связи должна поддерживать различные служебные применения межмашинного взаимодействия (M2M), такие как автоматизация и повышение эффективности рабочих процессов, наблюдение за окружающей средой, дистанционное управление промышленными объектами, общественная безопасность и снижение воздействия на окружающую среду, независимо от их местоположения.

2.2 Охват широкого диапазона вариантов плотности размещения датчиков и/или исполнительных механизмов

WAS на основе подвижной связи должна обеспечивать такое обслуживание, поддерживая широкий диапазон вариантов плотности размещения датчиков и/или исполнительных механизмов, независимо от того, являются или не являются населенными зоны обслуживания.

2.3 Возможность использования большого числа датчиков и/или исполнительных механизмов

WAS на основе подвижной связи должна обеспечивать возможность использования большого числа датчиков и/или исполнительных механизмов и предоставлять обслуживание по приемлемой стоимости. В случае некоторых применений число датчиков и/или исполнительных механизмов может в несколько раз превосходить численность населения.

WAS, используемая в целях обеспечения связи для датчиков и/или исполнительных механизмов, должна поддерживать большое адресное пространство для возможности использования большого числа устройств датчиков и/или исполнительных механизмов.

2.4 Простая установка системы и простое развертывание

WAS на основе подвижной связи должна обеспечивать простоту установки системы и простоту развертывания, которые снижают число базовых станций (BS).

Выполнение этой задачи обеспечивает для операторов простоту предоставления служебных применений M2M на основе сот.

2.5 Энергоэффективная система

WAS на основе подвижной связи должна характеризоваться эффективным потреблением энергии для обеспечения более продолжительного срока службы батарей беспроводных датчиков и/или исполнительных механизмов и максимального уменьшения воздействия на окружающую среду. В частности, в беспроводных датчиках и/или исполнительных механизмах могут быть предусмотрены алгоритмы интеллектуального энергосбережения и эффективный цикл отключения-включения.

Существует огромное количество подсоединенных к датчикам и/или исполнительным механизмам беспроводных терминалов (WT) в БС, поэтому повышение энергоэффективности в каждом WT ведет к снижению общего потребления энергии системой. Это способствует сокращению стоимости технического обслуживания и уменьшению воздействия системы на окружающую среду, например благодаря снижению стоимости замены батарей и объема выбросов CO₂.

2.6 Поддержка QoS

WAS на основе подвижной связи должна предоставлять это обслуживание с показателем качества обслуживания (QoS), аналогичным QoS сетей подвижной связи общего пользования.

Учитывая, что служебные применения могут иметь разное QoS, например по параметрам надежности, задержки, точности данных, важно поддерживать широкий диапазон значений QoS.

2.7 Безопасность

WAS на основе подвижной связи должна предоставлять это обслуживание с функциями безопасности, аналогичными функциям, доступным в услугах по передаче данных в сетях подвижной связи общего пользования.

Учитывая, что информация, передаваемая от датчиков на исполнительные механизмы, может содержать не подлежащие огласке данные и конфиденциальную коммерческую информацию, важно обеспечить защиту этой информации от не имеющих разрешения на доступ и злонамеренных посторонних лиц.

2.8 Предоставление устойчивых услуг M2M

WAS на основе подвижной связи должна предоставлять устойчивые услуги M2M, которые могут использовать перспективные инновационные технологии и включать в себя их будущие применения.

Выполнение этой задачи позволяет улучшать традиционные служебные применения путем введения новых технологий и включения будущих расширений, поддерживая при этом традиционные служебные применения.

2.9 Поддержка услуг кочевой и фиксированной связи

WAS на основе подвижной связи должна поддерживать услуги M2M на основе кочевой и фиксированной связи, а также услуги M2M на основе подвижной связи.

2.10 Соображения относительно беспроводных терминалов

WAS на основе подвижной связи должна поддерживать широкий спектр датчиков и/или исполнительных механизмов, независимо от их размеров, формы и материала, которые не требуют или требуют минимального технического обслуживания и могут устанавливаться даже в тяжелых условиях (например, в условиях экстремальной температура и влажности).

Приложение 2

Системные характеристики, функциональные требования, служебные применения и основные функциональные сетевые возможности систем территориально-распределенных сетей датчиков и/или исполнительных механизмов (WASN)

1 Введение

В настоящем Приложении представлены системные характеристики, функциональные требования, служебные применения и основные сетевые функциональные возможности систем WASN. Руководящие принципы проектирования систем WASN изложены в Отчете МСЭ-R М.2224.

2 Служебные применения

Системы WASN должны поддерживать широкий спектр служебных применений. Возможные категории служебных применений перечислены ниже. Представленный ниже перечень категорий служебных применений не является исчерпывающим:

- автоматизация и повышение эффективности рабочих процессов, например дистанционное снятие показаний счетчиков коммунальных служб, то есть потребления воды, газа и электричества;
- метеорологические наблюдения, такие как измерение температуры и влажности воздуха;
- наблюдение за окружающей средой, прогнозирование ее состояния и защита окружающей среды, например наблюдение за загрязнением окружающей среды, включая воздух, воду и почву;
- предупреждение преступности и безопасность, например обнаружение вторжения;
- поддержка применений здравоохранения, медицинских применений и применений бытового назначения, таких как мониторинг жизненно важных параметров (например, температура, масса тела и сердечный ритм);
- дистанционное управление промышленными объектами и дистанционный контроль за ними;
- распределение товаров;
- предупреждение бедствий и соответствующие меры, такие как уведомления о бедствиях;
- "умные" дома и управление административными зданиями, например создание сетей бытовых и учрежденческих электроприборов;
- интеллектуальные транспортные системы и системы управления движением¹;
- мониторинг различных видов птиц, которые могут переносить вирус птичьего гриппа;
- личная безопасность, например определение местонахождения детей и обнаружение вторжения;
- снижение уровня воздействия на окружающую среду, например контроль энергопотребления и визуализация энергопотребления.

¹ Руководящие указания, касающиеся интеллектуальных транспортных систем (ИТС), и их задачи описаны в Рекомендации МСЭ-R М.1890.

3 Функциональные сетевые возможности

Основные функциональные сетевые возможности систем WASN представлены ниже:

- *автоматический сбор информации от датчиков*: это применение осуществляет автоматический сбор информации, получаемой датчиками, и передачу этой информации на серверы приложений (AS) или в базы данных (БД) по базовой сети, к которой подсоединена WAS;
- *дистанционное управление исполнительными механизмами*: это применение обеспечивает для пользователей возможность дистанционного управления исполнительными механизмами через серверы приложений по базовой сети. Управляющая информация для исполнительных механизмов передается от AS к исполнительным механизмам по WAS.

4 Характеристики системы

4.1 Аспекты плотности размещения датчиков и/или исполнительных механизмов

Учитывая, что системы WASN предназначены как для людей, так и для механизмов, таких как счетчики потребления, транспортные средства, мотоциклы и т. д., число подлежащих включению в систему датчиков и/или исполнительных механизмов будет весьма значительным, то есть в десятки и сотни раз превышающим численность населения. Кроме того, поскольку, как планируется, системы WASN будут обрабатывать небольшие объемы данных, таких как данные измерений, информация о местоположении и сигналы управления объектами, а не непрерывный потоковый контент, обеспечение передачи на большие расстояния с помощью сигнала с узкой полосой пропускания более важно, чем высокоскоростная передача с помощью широкополосных сигналов.

В силу того, что датчики и/или исполнительные механизмы могут быть развернуты в любом месте, служебные применения M2M должны обеспечиваться не только в населенных областях, таких как промышленные, городские, жилые и сельские районы, но и в ненаселенных областях. Как было отмечено выше, плотность размещения датчиков и/или исполнительных механизмов является ключевым критерием при установке системы с реальными затратами. Системы должны поддерживать некоторые применения в среде подвижной и кочевой связи. Для обеспечения такой мобильности эти системы должны разворачиваться с использованием сотовой структуры.

4.1.1 Сценарий низкой плотности размещения

В областях с низкой плотностью размещения датчиков и/или исполнительных механизмов для систем должны использоваться крупные соты в целях сокращения числа требуемых БС, что ведет к простому и рентабельному разворачиванию.

4.1.2 Сценарий высокой плотности размещения

В областях с высокой плотностью размещения датчиков и/или исполнительных механизмов система WASN может охватывать весьма значительное число беспроводных терминалов на соту. Следовательно, важно, чтобы излучаемая WT мощность не создавала помех в совмещенном канале на БС. В целях уменьшения вероятности возникновения помех в совмещенном канале системы должны снижать мощность, излучаемую от WT даже в неактивном состоянии.

4.2 QoS

QoS необходимо выражать в воспринимаемых пользователем параметрах, таких как ошибки и задержка передачи, независимо от внутреннего проектного решения сети и исходя из служебных применений, которые описаны в разделе 2.

Для поддержки различных типов служебных применений WASN следует определить несколько классов QoS, оптимизированных для WASN. Ниже рассматриваются два примера классов:

- Для служебных применений, которые зависят от времени предоставления, таких как управление промышленными объектами или обнаружение вторжения, возможно определение и поддержка как минимум одного класса QoS, зависящего от параметра времени.

- WASN обеспечивает также служебные применения M2M, которые являются относительно независимыми от времени предоставления. Для служебных применений M2M, которые не зависят от времени предоставления, доминирующим может быть использование QoS, не зависящего от задержек.

Могут поддерживаться дополнительные важные классы. Для обеспечения стабильности сквозных услуг следует составить надлежащую таблицу соответствия QoS, которым характеризуются WASN и унаследованная базовая сеть, определенная в Рекомендации МСЭ-R М.1079.

Определение QoS для систем WASN не входит в сферу применения настоящей Рекомендации.

4.3 Безопасность

Информация, передаваемая от датчиков на исполнительные механизмы, может содержать не подлежащие огласке данные и конфиденциальную коммерческую информацию. Любой несанкционированный доступ к сети будет создавать риск нарушения безопасности; постороннее лицо может ознакомиться с поступающей от датчиков информацией или изменить управляющую информацию, передаваемую на исполнительный механизм.

Для гарантирования защищенной связи следует использовать методы обеспечения безопасности, такие как аутентификация и шифрование. Должна обеспечиваться устойчивость алгоритмов безопасности. Для справки: руководство по обеспечению безопасности для мультимедийных систем связи на основе коммутации пакетов представлено в Рекомендации МСЭ-T Н.235, для сетей передачи данных и взаимосвязи открытых систем – в Рекомендации МСЭ-T X.805.

4.4 Устойчивость и масштабируемость системы

Системы WASN могут использоваться для поддержки широкого круга применений, таких как автоматизация производственных объектов, учет расхода энергоресурсов и наблюдение за окружающей средой. В отличие от таких беспроводных терминалов, как сотовые телефоны, большинство беспроводных терминалов для служебных применений M2M после ввода в эксплуатацию заменяются редко, что обусловлено их количеством и связанными с заменой затратами.

Для поддержки такого обслуживания в долгосрочной перспективе радиointерфейс между WT и БС должен быть масштабируемым и должна обеспечиваться его обратная совместимость.

4.5 Мобильность

При использовании некоторых применений, таких как предупреждение преступности, распределение товаров и интеллектуальные транспортные системы, необходимо, чтобы системы WASN поддерживали применения в среде подвижной и кочевой связи, а также фиксированной связи. Среда фиксированной связи может быть предпочтительной для услуг WASN с ограниченной мощностью, например предоставляемых с использованием устройств, работающих на аккумуляторной батарее.

Для обеспечения такой мобильности системы должны предоставлять эти применения на основе многосотовой конфигурации.

4.6 Доступ к среде передачи

В системах WASN может размещаться весьма значительное число WT на соту. В общем случае, эффективными являются протоколы распределенного доступа к среде передачи, такие как протоколы произвольного доступа. Однако при увеличении числа WT могут возникать конфликты. Вследствие ограничения ширины полосы пропускания в данной полосе частот некоторые запросы от WT могут не получать доступа к системе в силу перегрузки. Для эффективного включения в систему всех WT необходимо, чтобы в системах WASN использовались эффективные протоколы доступа к среде передачи, включая применение схем приоритетного доступа.

4.7 Уменьшение помех в совмещенном канале

Для обеспечения служебных применений M2M в областях высокой или низкой плотности размещения датчиков и/или исполнительных механизмов ключевой является проблема помех в совмещенном канале.

Например, для сведения к минимуму вероятности возникновения помех в совмещенном канале может быть принято решение о зависимости передачи заголовка управляющего сообщения, ее периодичности и мощности от плотности WT в соте.

4.8 Беспроводной терминал

Как ожидается, некоторые беспроводные терминалы для служебных применений M2M будут эксплуатироваться на протяжении длительного времени. В силу отсутствия внешних источников питания энергопотребление этих терминалов должны быть очень низким.

Для таких служебных применений M2M, как управление производственными объектами или наблюдение за окружающей средой, датчики и/или исполнительные механизмы могут устанавливаться для работы в тяжелых условиях, например при экстремально низких/высоких значениях температуры, влажности, высоты или запыленности воздуха. Эти тяжелые условия не должны снижать надежность передачи.

5 Функциональные требования

5.1 Плотность размещения датчиков и/или исполнительных механизмов, которая должна поддерживаться

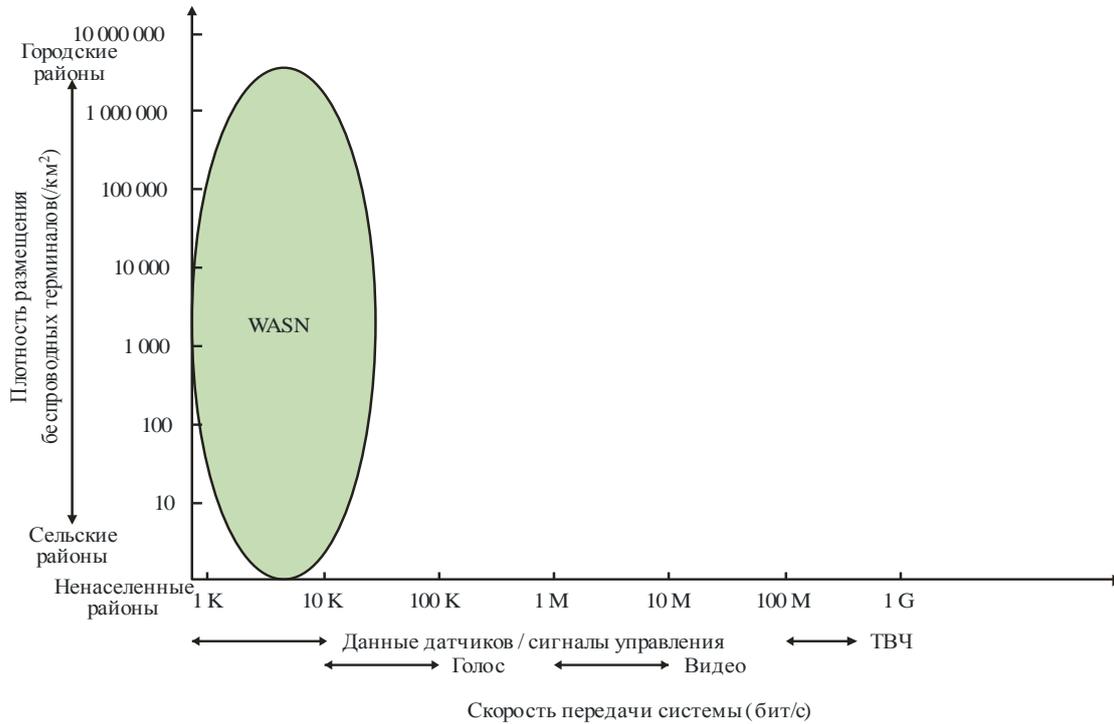
Рассматривая служебные применения, указанные в разделе 2, и характеристики, приведенные в разделе 4, важно учитывать плотность размещения датчиков и/или исполнительных механизмов при проектировании общей беспроводной системы, которая сможет поддерживать будущие важные служебные применения, такие как дистанционное снятие показаний счетчиков коммунальных служб, создание сетей бытовых и учрежденческих электроприборов, наблюдение за загрязнением окружающей среды и уведомления о бедствиях.

На рисунке 1 показаны области типового проекта WASN в части скорости передачи системы и плотности размещения беспроводных терминалов.

Ключевой характеристикой системы является то, что в нее будет включаться огромное число датчиков и/или исполнительных механизмов в зонах с высокой плотностью, таких как городские районы, а также ограниченное число датчиков и/или исполнительных механизмов в сельских районах с низкой плотностью. Необходимо, чтобы WASN поддерживала большое число WT, как показано на рисунке 1.

РИСУНОК 1

Скорость передачи системы и плотность размещения датчиков и/или исполнительных механизмов, поддерживаемая системами WASN



М.2002-01

5.2 Скорость передачи датчиков и/или исполнительных механизмов, которая должна поддерживаться

Учитывая служебные применения, указанные в разделе 2, и характеристики, приведенные в разделе 4, для беспроводной системы существенное значение имеет то, что обеспечение передачи на большие расстояния с помощью сигнала с узкой полосой пропускания более важно, чем высокоскоростная передача с помощью широкополосных сигналов, для того чтобы обеспечивать рентабельное предоставление вышеуказанных важных будущих служебных применений в районах с низкой плотностью размещения.

Как показано на рисунке 1, ключевой характеристикой системы является низкая скорость передачи, что упрощает развертывание крупных сот и позволяет осуществлять рентабельное обслуживание областей с низкой плотностью размещения. Системы WASN работают, как правило, с низкой скоростью передачи. В системах широкополосного беспроводного доступа, напротив, высокоскоростная передача данных имеет приоритет перед дальностью передачи (т. е. размером соты).

5.3 Возможные полосы частот

Возможно использование ряда полос частот, однако, учитывая характеристики распространения (см. Рекомендации МСЭ-R P.1406 и МСЭ-R P.1812), промышленные помехи (см. Рекомендацию МСЭ-R P.372), а также потребность в крупных сотах, предпочтительно, чтобы для систем WASN использовался верхний участок диапазона ОВЧ или нижний участок диапазона УВЧ.