

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R F.1821

Характеристики усовершенствованных цифровых высокочастотных (ВЧ) систем радиосвязи

(Вопрос МСЭ-R 147/9)

(2007)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются типовые радиочастотные характеристики усовершенствованных цифровых ВЧ систем для использования при проведении исследования совместного использования частот для двух типов появляющихся усовершенствованных цифровых ВЧ систем, протоколов передачи маркера и широкополосных модемов. Широкополосные модемы далее подразделяются на две основные системы: системы многоканальной связи и системы Всемирного цифрового радио. В таблице характеристик в Приложении к настоящей Рекомендации приводятся обобщенные данные, которые необходимы для исследования совместного использования.

Сокращения

DRM	Digital Radio Mondiale		Всемирное цифровое радио
HFTP	HF Token Passing		Передача маркера на высокой частоте
HFWAN	High frequency WAN		Высокочастотная территориальная распределительная сеть
ISB	Independent sideband		Независимая боковая полоса
LSB	Lower sideband	НБП	Нижняя боковая полоса
NVIS	Near vertical incidence skywave		Радиоволны, отраженные от ионосферы в направлении близком к вертикальному
OFDM	Orthogonal frequency division multiplex		Ортогональное частотное разделение
PSK	Phase-shift keying	ФМ(н)	Фазовая манипуляция
QAM	Quadrature amplitude modulation	КАМ	Квадратурная амплитудная модуляция
USB	Upper sideband	ВБП	Верхняя боковая полоса
WAN	Wide area network		Территориальная распределительная сеть
WTRP	Wireless token ring protocol		Беспроводной протокол сети с маркерным доступом

Ассамблея радиосвязи МСЭ-R,

учитывая,

- что усовершенствованные цифровые системы все более интенсивно используют спектр в ВЧ полосах;
- что такие усовершенствованные системы не стандартизованы и могут иметь различные эксплуатационные технические характеристики;
- что отсутствие единообразия в планах размещения и назначения частот радиостолов в многоканальных передатчиках, используемых в каналах связи большой протяженности и действующих на частотах ниже порядка 30 МГц, может вызвать определенные трудности, в случае когда одна передающая станция должна работать с несколькими приемными станциями,

рекомендует,

1 что технические и эксплуатационные характеристики усовершенствованных цифровых ВЧ систем, описанные в Приложении 1, должны считаться типовыми для систем, действующих в ВЧ полосах частот до 30 МГц, при использовании в исследованиях совместного использования.

Приложение 1

1 Введение

ВЧ системы обладают особыми свойствами, которые делают их эффективным решением для многих потребностей радиосвязи. Они обеспечивают весьма универсальные средства радиосвязи для широкого круга пользователей, и такое оборудование можно легко транспортировать в отдаленные и малонаселенные районы. Примерами усовершенствованных цифровых ВЧ систем являются две технологии. В настоящей Рекомендации определяются характеристики этих типов систем.

Для целей настоящей Рекомендации эффективность использования спектра определена в качестве показателя, состоящего из двух частей. Первая часть заключается в достижении максимальной пропускной способности (бит/Гц/с), а вторая – в максимизации числа пользователей на радиосеть. Эти показатели обеспечивают максимальную способность фиксированной связи достигать целей в области качества и целей задачи.

2 Протоколы передачи маркера

Для совместного использования каналов передачи данных в ВЧ сетях необходимы надежные схемы управления передачей маркера, в случае если коэффициент потери пакетов чрезвычайно возрастет под воздействием непредвиденных изменений условий распространения. Качество работы сети может серьезно ухудшиться, если узлы будут недоступны. При этих условиях скорости передачи данных понижаются. Нарушение условий распространения может снизить эффективность использования спектра в ВЧ сетях.

Передача маркера может предоставить эффективное средство управления доступом к среде передачи в сильно нагруженных сетях. Однако было подмечено, что передача маркера слишком ненадежна при использовании в сетях с заметным коэффициентом потери пакетов. В настоящей Рекомендации представляется такой метод управления маркером, при котором осуществляется быстрое восстановление в случае потери и дублирования общих маркеров и обеспечивается эффективное реагирование на изменение возможности установления соединений с сетью и изменение числа узлов.

Протоколы передачи маркера, как правило, обеспечивают механизм добавления и удаления узлов сети. В случае когда необходимо использовать передачу маркера в WAN, возникают дополнительные вопросы управления маркером, связанные с характеристиками беспроводной среды передачи:

- Узел, удерживающий маркер, может потерять возможность соединения с узлом, которому он должен передать маркер, что может привести к потере маркера.
- Узел, удерживающий маркер, может потерять возможность соединения с остальной сетью. Сеть теряет этот маркер.
- Сеть может быть разделена. Каждая подсеть должна создать новый маркер.
- Узел может иметь соединение только с еще одним узлом, и, таким образом, кольцевая топология неосуществима, если этот узел должен быть включен.

- Узлы из двух или более колец, использующие тот же самый канал, могут оказаться в пределах радиуса действия друг друга. Это приводит к помехе, если не объединить узлы или не поменять канал(ы).
- Объединение колец или восстановление потерянного маркера может привести к появлению нескольких маркеров в кольце.

При этом методе преодоления проблем, связанных с возможностью установления соединения, узлы, которые не принадлежат к действующей кольцевой сети с маркерным доступом, переводятся в отсоединенное или свободное состояние, в котором они либо ожидают приглашения присоединиться к остальной кольцевой сети, либо периодически предлагают другим подсоединенным узлам присоединиться к ним. Время двустороннего обмена в длинной линии, характерное для эксплуатируемой технологии HFWAN, приводит к тому, что время обращения маркера составляет порядка минуты. Например, если время двустороннего обмена составляет 2 с, и каждому из N узлов, в случае когда он получает маркер, разрешается вести передачу в течение 8 с, эффективность пропускной способности достигает порядка 80%, при этом время обращения маркера (ожидание) составляет до $10N$ с.

Если ограничить число приглашений присоединиться к кольцевой сети одним приглашением за время обращения маркера и поочередно предоставлять узлам право направлять приглашение, то каждый узел будет направлять приглашение один раз за N обращений маркера.

При десяти узлах в кольцевой сети использование беспроводного протокола сети с маркерным доступом (WTRP) (не предназначенного для ВЧ) привело бы к тому, что отсоединенные узлы оставались бы вне сети в течение порядка 10 минут (если не происходит коллизии ответов на возможный запрос SOLICIT_SUCCESSOR); такой режим работы является неэффективным в сети с динамически изменяющейся топологией фиксированной и подвижной служб.

Не меньшее количество времени потребуется протоколу WTRP для повторного создания новой кольцевой сети из отсоединенных узлов двух кольцевых сетей, в которых возникает коллизия: небольшая кольцевая сеть может образоваться быстро, но затем остальные узлы будут молчать и ждать приглашения присоединиться.

В сети HFTP время восстановления более приемлемое. В случае потери звена для радиосети требуется N слотов (длительность которых равна длине пакета данных плюс время обращения), чтобы определить ретранслирующий узел. После этого *на каждое обращение маркера* требуется время продолжительностью в один дополнительный пакет плюс время двустороннего обмена. В приведенной в качестве примера сети из десяти узлов это время равняется паузе менее чем в 30 с на то, чтобы определить ретранслирующий узел, при этом время обращения маркера удлинится чуть более чем на 2%.

Что касается коллизии между кольцевыми сетями, в сетях HTPF будет возникать коллизия пакетов до тех пор, пока один из узлов не инициирует объединение кольцевой сети, в то время как узлы WTRP будут молчать, как только они обнаружат другую кольцевую сеть. Однако, как только получен и принят запрос MERGE_RINGS, объединяющиеся кольцевые сети продолжат обычную передачу данных после времени продолжительностью $(N+1)$ пакет плюс время двустороннего обмена (т. е. после запросов SET_SUCCESSOR и быстрого обращения маркера DOUBLE_TIME_TOKEN). В рассматриваемой сети из десяти узлов это время будет равняться менее чем 30 с.

3 Широкополосные модемы

3.1 Многоканальный метод

3.1.1 Работа с независимой боковой полосой (ISB)

Существуют модемы, которые осуществляют одновременную передачу данных по многим независимым боковым полосам. Такие модемы содержат независимые модуляторы ФМ(н)/КАМ для каждого звукового канала (информацию о модуляции можно найти в Приложении 6 к Рекомендации

МСЭ-R F.763-5) и используют один кодер с прямой коррекцией ошибок, на выходе которого поток битов распределяется для передачи по отдельным каналам. В случае когда эти каналы передаются на соседних частотах, отношение сигнал/шум в каналах обычно бывает одинаковым, хотя ошибки в канале не полностью коррелированы. Поэтому некоторое улучшение на выходе достигается за счет использования разнесенного приема.

3.1.2 Работа в каналах, не являющихся соседними

В случае когда количество доступных соседних каналов недостаточно для обеспечения потребностей в передаче данных, необходима работа в каналах, не являющихся соседними. В этом случае значения отношений сигнал/шум в канале могут существенно различаться, так что распределение потока битов, кодированного одним кодером, по всему набору каналов является неоптимальным. Вместо этого для каждого набора каналов создаются потоки битов с отдельным кодированием. Управление потоком осуществляется независимо для каждого набора каналов, чтобы удерживать общую пропускную способность на максимально возможном уровне для используемых частот.

3.1.2.1 Одноканальное ВЧ оборудование

Один номинальный канал 3 кГц в ВБП или НБП (по выбору).

3.1.2.2 Многоканальное ВЧ оборудование

Возможны планы размещения частот многих радиоканалов, показанные ниже:

- Два номинальных канала 3 кГц в ВБП или НБП (два независимых канала в одной и той же боковой полосе по выбору).
- Один номинальный канал 6 кГц в ВБП или НБП (по выбору).
- Два номинальных канала 3 кГц в ВБП и два канала в НБП (четыре независимых канала 3 кГц – по два в каждой боковой полосе).
- Один номинальный канал 6 кГц в ВБП и один в НБП (два независимых канала 6 кГц – по одному в каждой боковой полосе).
- Один номинальный канал 12 кГц в ВБП или НБП (по выбору).
- Один номинальный канал 3 кГц в ВБП и один в НБП (два независимых канала 3 кГц – по одному в каждой боковой полосе).

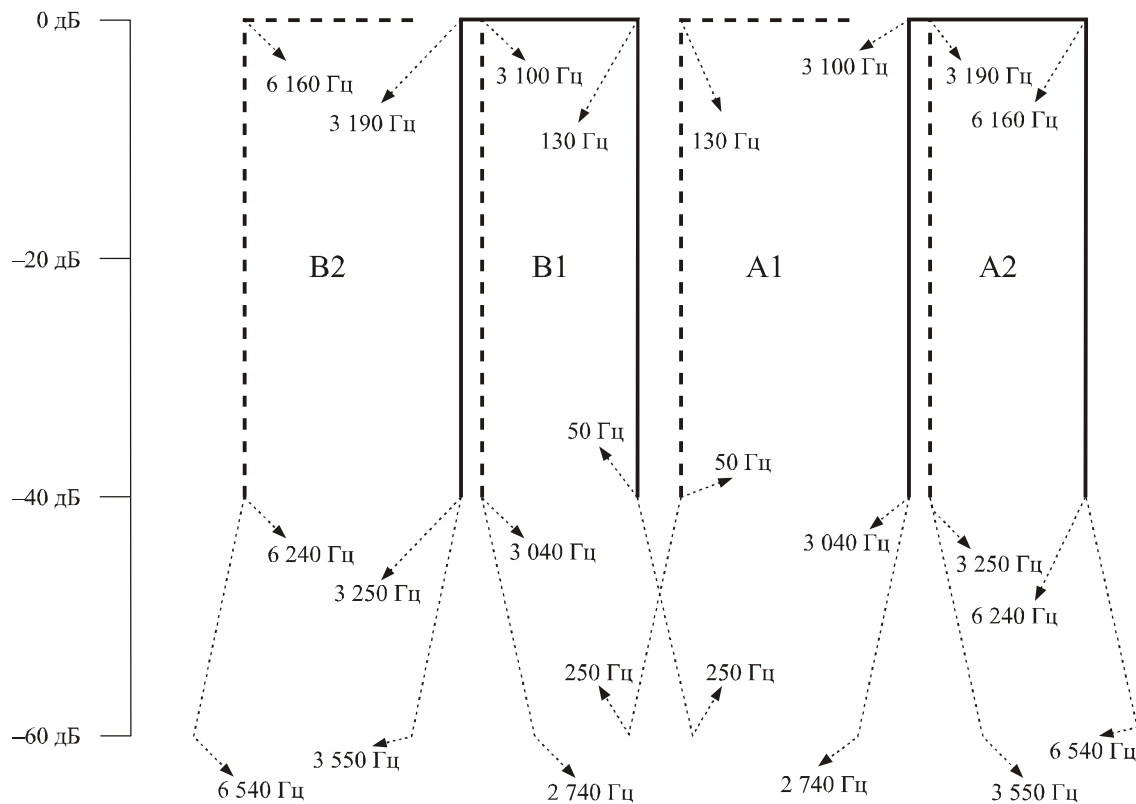
В случае когда требуется обеспечить четырехканальный режим работы с независимой боковой полосой, следует сформировать четыре отдельных канала 3 кГц, как показано на рисунке 1, на котором также изображены амплитудные характеристики этих четырех каналов. Каналы А2 и В2 должны быть инвертированными и сдвинуты относительно каналов А1 и В1, как показано на этом рисунке. Этого можно достичь с использованием поднесущих частот, которые на 6290 Гц выше и ниже центральной несущей частоты, либо с использованием других подходящих методов, при которых обеспечивается требуемый сдвиг и инверсия каналов.

Как показано на рисунке 1, любые используемые поднесущие должны быть подавлены до уровня не менее чем на 40 дБ ниже уровня одного тонального сигнала в канале А2 или В2, которым модулируется передатчик, с глубиной модуляции 25% от максимального значения мощности огибающей. Амплитудно-частотная характеристика РЧ сигнала для каждого канала с ISB находится в пределах 2 дБ в полосе 250 Гц – 3100 Гц по отношению к несущей каждого канала (либо фактической, либо виртуальной). Ослабление в канале должно составлять не менее на 50 Гц и 3250 Гц и не менее 60 дБ на 250 Гц и 3550 Гц по отношению к несущей каждого канала.

Искажение группового времени задержки не должно превышать 1500 мкс в полосах 370 Гц – 750 Гц и 3000 Гц – 3100 Гц, и 1000 мкс в полосе 750 Гц – 3000 Гц и 150 мкс при любом увеличении частоты на 100 Гц в полосе 570 Гц – 3000 Гц. Абсолютная задержка должна быть менее 10 мс в полосе частот от 300 Гц до 3050 Гц. Измерения производятся из конца в конец (от звукового входа передатчика до звукового выхода приемника), при этом оборудование конфигурируется для работы с переприемом.

РИСУНОК 1

Четырехканальный режим работы с независимой боковой полосой



Примечание 1. – Указанные частоты соответствуют контрольным уровням (в дБ) характеристики фильтра на рис. 1.

1821-01

3.2 Всемирное цифровое радио (DRM)

Системы DRM (см. Рекомендацию МСЭ-R BS.1514-1) прошли экспериментальные демонстрационные испытания для использования в фиксированной и подвижной связи.

Система DRM представляет собой узкополосную цифровую систему передачи данных с ортогональным кодированием, способную подстраивать свои характеристики передачи, для того чтобы соответствовать требованиям к обслуживанию и факторам распространения радиоволн. Каждая из различных поднесущих модулируется с использованием квадратурной амплитудной модуляции (КАМ) для передачи информации, которая также содержит элементы кода с прямой коррекцией ошибок. Используются две первичные группы КАМ: 64-КАМ и 16-КАМ. Кроме того, для высоко надежной сигнализации может использоваться четырехпозиционная фазовая манипуляция (4-ФМ). Для противодействия временным и частотно-селективным замираниям данные также перемежаются во времени по поднесущим. Европейский институт стандартизации электросвязи опубликовал вариант DRM в своем справочнике "Data Applications Directory", который можно получить по адресу <http://pda.etsi.org/pda/queryform.asp>. В функции поиска на данной веб-странице следует ввести фразу "data application directory".

3.3 Характеристики

ТАБЛИЦА 1

Характеристики усовершенствованных цифровых ВЧ систем радиосвязи

Параметр	Режим распространения		
	Земная волна	Ионосферная волна	
		NVIS	с наклонным падением
Полоса частот (МГц)	2–10	2–10	3–30
Приблизительная зона обслуживания	до 80 км	от 80 до 200 км	Более 200 км
Поляризация антенны	Вертикальная	Горизонтальная	Вертикальная/ горизонтальная
Усиление передающей антенны (дБи)	1–3	1–6	6–15
Максимальная э.и.и.м. (дБВт)	1–29	10–32	16–55
Отношение C/I (дБ) ¹	ОБП 17 DRM 18	ОБП 25 DRM 26	ОБП 26 DRM 26
Необходимая ширина полосы и типы излучения ²	ОБП/ISB: 3, 6, 9 и 12 кГц 3K00J2D, 6K00J2D, 9K00J2D и 12K0J2D		
	DRM: 3, 4,5, 5, 9, 10 и 20 кГц 3K00J2D, 4K50J2D, 5K00J2D, 9K0J2D, 10K0J2D, 20K0J2D		

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Более подробную информацию о требуемом отношении C/I можно найти в Рекомендации МСЭ-R F.339.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для типов излучений последняя буква (D) означает передачу данных. Если излучение не является передачей данных (D), необходимо заменить букву на (E) – для голосовой связи, на (C) – для факсимильной связи, на (W) – для их сочетания и на (X) – в иных случаях.

4 Выводы

ВЧ радио дает возможность осуществления беспроводной радиосвязи за пределами прямой видимости для диапазона применений от расширенных применений в пределах прямой видимости для небольшого района до применений, обеспечивающих глобальное покрытие, для поддержки гражданской авиации, морской связи при бедствиях и сообщений электронной почты. Линии дальней связи, на которых используется транспортируемое ВЧ оборудование, также предоставляют быстро развертываемую связь для районов бедствий, в случае если наземная инфраструктура может оказаться поврежденной или разрушенной.

Несмотря на возможность связи за пределами прямой видимости, непредсказуемые изменения условий распространения и другие воздействия внешней среды могут иногда привести к выходу из строя некоторых ВЧ линий, в то время как другие линии останутся неповрежденными. Таким образом, надежность ВЧ сетей повышается при поддержке направления по обходным маршрутам. Для большинства маршрутов в ВЧ сети обычно требуется только одна линия. Однако в случаях, когда необходимо предоставить возможность передачи по многим маршрутам, для сохранения качества обслуживания следует обеспечить эффективность механизма передачи с одной ретрансляцией.

В случае когда много ВЧ узлов хотят совместно использовать один канал для эффективной связи типа "один со многими", а также "один с одним", требуется протокол доступа к каналу. В одном из методов используется протокол передачи маркера. Характеристики ВЧ канала, такие как узкая полоса, большая задержка, а также высокие потери, предъявляют жесткие требования к такому протоколу.

В случае когда требования по передаче данных превышают скорости, которые могут быть достигнуты в номинальном распределении 3 кГц, могут быть задействованы методы разнесения передачи данных по многим таким каналам. Имеются широкополосные модемы, которые существенно увеличивают пропускную способность сети. Применение независимой боковой полосы может обеспечить многоканальный режим работы и увеличить ширину полосы при сохранении эффективности использования спектра.
