

Производительность устройств Инфинет



Успешно сдайте бесплатный сертификационный экзамен в Академии "Инфинет" и получите статус сертифицированного инженера Инфинет.

[Пройти сертификационный экзамен](#)



Внимание, данный документ содержит вложенные страницы с данными тестирования:

- Устройства серии R5000
 - Устройства семейства InfiLINK 2x2 PRO
 - ПО с поддержкой технологии Polling
 - ПО с поддержкой технологии TDMA
 - Устройства семейства InfiMAN 2x2
 - ПО с поддержкой технологии Polling
 - ПО с поддержкой технологии TDMA
 - Устройства семейства InfiLINK 2x2 LITE
 - ПО с поддержкой технологии Polling
- Устройства семейств InfiLINK XG / InfiLINK XG 1000
 - Устройства семейства InfiLINK XG
 - Задержка
 - Пакетная производительность
 - Пропускная способность
 - Устройства семейства InfiLINK XG 1000
 - Задержка
 - Пакетная производительность
 - Пропускная способность
- Платформа Octopus SDR
 - Устройства семейства Vector 5 / Vector 6
 - Пропускная способность
 - Пакетная производительность
 - Устройства семейства Vector 70
 - Пропускная способность
 - Пакетная производительность
 - Задержка и джиттер
- Устройства серии E5
 - Устройства семейства InfiLINK Evolution
 - Пакетная производительность
 - Пропускная способность
 - Устройства семейства InfiMAN Evolution
 - Пакетная производительность
 - Пропускная способность

- Введение
- Факторы, определяющие характеристики канала
 - Модуляционно-кодовая схема
 - Размер кадра
 - Ширина частотного канала
 - Размер радиокадра
 - Дальность связи
 - Число абонентских станций
 - Набор фирменных параметров

Введение

Целью документа является демонстрация потенциальной производительности устройств Инфинет. Данные, используемые в документе, получены путём лабораторного тестирования. Параметры каналов связи в реальных условиях могут отличаться от представленных, однако, в условиях минимального внешнего влияния, полученные значения достижимы на практике.

Параметры качества радиоканала определяются двумя группами факторов: влияние внешней среды и конфигурация беспроводных устройств. Под факторами внешней среды подразумевается набор характеристик, связанных с формированием, распространением и приёмом радиосигнала, качеством монтажа и т.д. Комплексное влияние этих факторов является уникальным и зависит от конкретного случая, поэтому задача воспроизведения многообразия возможных ситуаций является трудоёмкой. Снижение индекса модуляционно-кодовой схемы является следствием уменьшения отношения сигнал/шум SNR. Поэтому при проведении лабораторного тестирования возможное влияние внешних факторов было учтено в исходных данных. Вопросы основ радиосвязи подробно рассматриваются в соответствующем [онлайн-курсе](#), доступном на портале Академии "Инфинет".

Влияние параметров конфигурации будет рассмотрено далее, в рамках данного документа. В статье рассматриваются несколько аппаратных платформ "Инфинет", для каждой из которых будет приведён характерный для неё набор параметров, влияющих на производительность.

Факторы, определяющие характеристики канала

Модуляционно-коддовая схема

Выбранная модуляционно-коддовая схема для передачи данных определяет пропускную способность канала связи. Для подтверждения высказывания рассмотрим пример (см. рисунок 1).

Рассмотрим пример, в котором будем передавать шесть бит информации - "100111". В первом случае, для передачи информационной последовательности будем использовать модуляционно-коддовую схему QPSK 3/4, во втором - QAM16 1/2. В качестве помехоустойчивого кода используется код проверки на чётность.

На рисунке 1 представлены сигнальные созвездия для рассматриваемых видов модуляций - QPSK 3/4 и QAM16 1/2. Каждая из точек соответствует определённому значению амплитуды (А) и фазы (Ф) сигнала, а каждому из этих сигналов поставлен в соответствие набор бит. Формируя сигнал с заданными значениями амплитуды и фазы, передаётся соответствующий набор данных, а совокупность всех сигналов (точек созвездия) называется разрешёнными состояниями. Чем больше число разрешённых состояний, тем больше бит может быть передано сигнальной посылкой с заданными характеристиками амплитуды и фазы.

При использовании модуляции QPSK 3/4 каждая информационная последовательность из трёх бит будет дополнена одним битом проверки на чётность, т.е. вместо исходной последовательности из шести бит будут переданы восемь бит - "1001111". Число разрешённых состояний сигнала для модуляции QPSK равно четырём (2^2), поэтому одним сигналом в единицу времени (сигнальная посылка) можно передать два бита помехоустойчивой последовательности. Таким образом, для передачи восьми бит полученной последовательности потребуется четыре сигнальных посылки ($8/2=4$ сигнальных посылки).

Для модуляции QAM16 1/2 каждый информационный бит дополняется одним битом проверки на чётность - исходная последовательность из шести бит преобразуется в последовательность из 12 бит "110000111111". Число разрешённых состояний сигнала для модуляции QAM16 1/2 равно шестнадцати (2^4), поэтому одним сигналом в единицу времени (сигнальная посылка) можно передавать четыре бита помехоустойчивой последовательности. Таким образом, для передачи двенадцати бит полученной последовательности потребуется три сигнальных посылки ($12/4=3$ сигнальных посылки).

Таким образом, шесть бит исходной информационной последовательности с помощью QPSK 3/4 были переданы за четыре временных интервала, а с помощью QAM16 1/2 - за три, свидетельствует о превосходстве модуляционно-коддовой схемы QAM16 1/2 в канальной и информационной скорости. Использование высоких модуляционно-коддовых схем позволяет повысить производительность канала связи, увеличив пропускную способность, однако, как это показано в [онлайн-курсе](#), использование высоких модуляционно-коддовых схем возможно только для радиоканалов с большим энергетическим запасом.

В устройствах семейства InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution и InfiMAN Evolution тип модуляционно-коддовой схемы выражен через битрейт, в устройствах семейства XG отображается MCS как таковая. В целях унификации и исключения путаницы, далее в документе будет использоваться индекс MCS (модуляционно-коддовая схема). Соответствие между индексом и модуляцией приведено в таблице ниже.

Таблица соответствия модуляционно-коддовой схемы и битрейта InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2

Ширина канала, МГц		5	10	20	40
Индекс модуляционно-коддовой схемы	Тип модуляции	Битрейт, Кбит/с			
MCS 15	QAM64 5/6	32000	65000	130000	300000
MCS 14	QAM64 3/4	29000	58000	117000	270000
MCS 13	QAM64 2/3	26000	52000	104000	240000
MCS 12	QAM16 3/4	19000	39000	78000	180000
MCS 11	QAM16 1/2	13000	26000	52000	120000
MCS 10	QPSK 3/4	9000	19000	39000	90000

MCS 9	QPSK 1/2	6000	13000	26000	60000
MCS 8	BPSK 1/2	3000	6000	13000	30000

Таблица соответствия модуляционно-кодовой схемы и битрейта InfiLINK Evolution, InfiMAN Evolution

Ширина канала, МГц		20	40	80
Индекс модуляционно-кодовой схемы	Тип модуляции	Битрейт, Кбит/с		
MCS 9	QAM256 5/6	-	400000	866700
MCS 8	QAM256 3/4	173300	360000	780000
MCS 7	QAM64 5/6	144400	300000	650000
MCS 6	QAM64 3/4	130300	270000	585000
MCS 5	QAM64 2/3	115600	240000	520000
MCS 4	QAM16 3/4	86700	180000	390000
MCS 3	QAM16 1/2	57800	120000	260000
MCS 2	QPSK 3/4	43300	90000	195000
MCS 1	QPSK 1/2	28900	60000	130000
MCS 0	BPSK 1/2	14400	30000	65000

Таблица соответствия индекса и модуляционно-кодовой схемы InfiLINK XG/InfiLINK XG 1000

Индекс модуляционно-кодовой схемы	Тип модуляции
MCS 10	QAM1024 8/10
MCS 9	QAM256 30/32
MCS 8	QAM256 7/8
MCS 7	QAM256 6/8
MCS 6	QAM64 5/6
MCS 5	QAM64 4/6
MCS 4	QAM16 3/4
MCS 3	QAM16 1/2
MCS 2	QPSK 3/4
MCS 1	QPSK 1/2
MCS 0	QPSK 1/4

Таблица соответствия индекса и модуляционно-кодовой схемы Vector 5 и Vector 6

Индекс модуляционно-кодовой схемы	Тип модуляции
MCS 13	QAM256 7/8
MCS 12	QAM256 13/16
MCS 11	QAM256 3/4
MCS 10	QAM64 5/6

MCS 9	QAM64 3/4
MCS 8	QAM64 2/3
MCS 7	QAM16 3/4
MCS 6	QAM16 5/8
MCS 5	QAM16 1/2
MCS 4	QPSK 3/4
MCS 3	QPSK 5/8
MCS 2	QPSK 1/2
MCS 1	QPSK 1/3
MCS 0	QPSK 1/4

Таблица соответствия индекса и модуляционно-кодвой схемы Vector 70

Индекс модуляционно-кодвой схемы	Тип модуляции
MCS 7	QAM64 5/6
MCS 6	QAM64 2/3
MCS 5	QAM16 3/4
MCS 4	QAM16 1/2
MCS 3	QPSK 3/4
MCS 2	QPSK 1/2
MCS 1	BPSK 1/2
MCS 0	BPSK 1/4

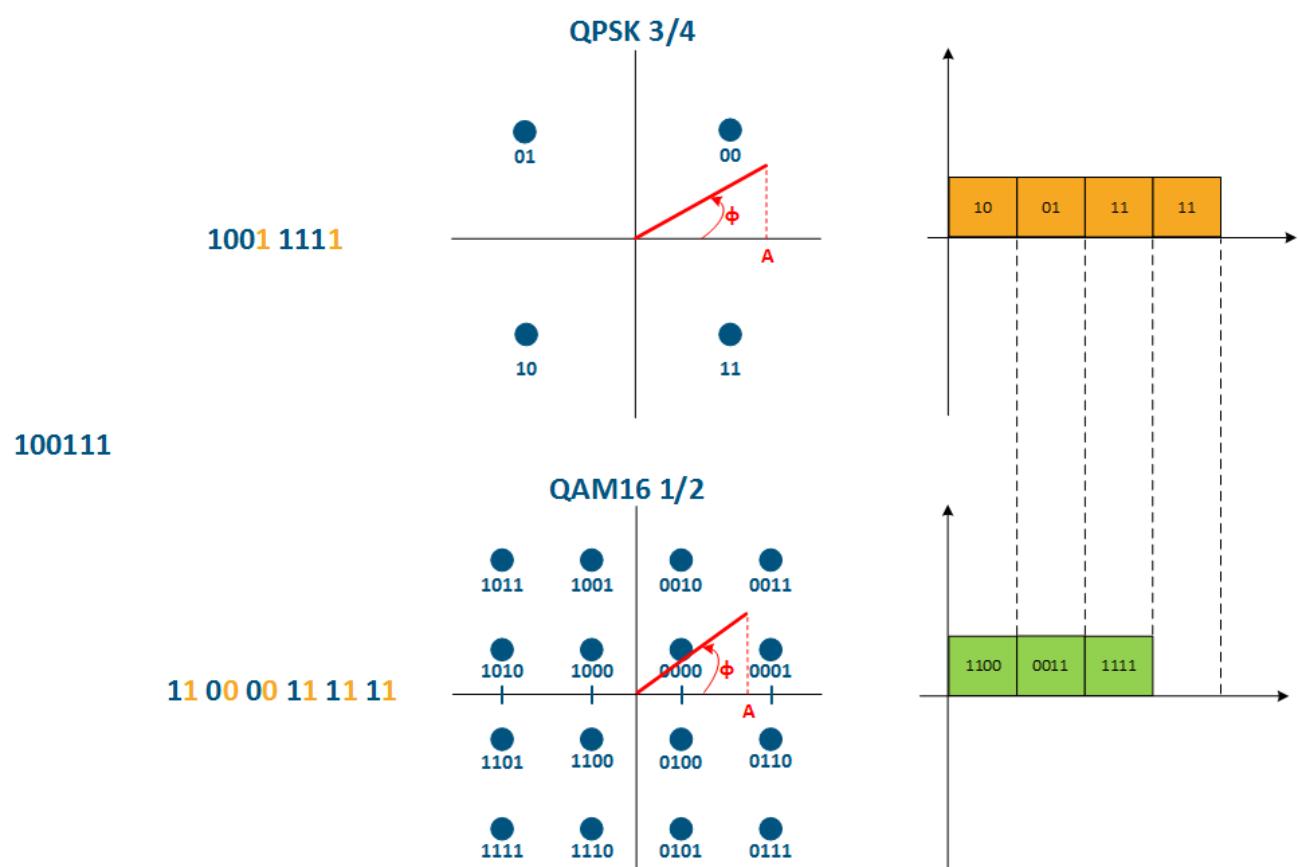


Рисунок 1 - Влияние модуляционно-кодовой схемы на пропускную способность канала связи

Размер кадра

На практике в сети одновременно передаётся множество кадров различной длины, поэтому полезно оценить параметры качества канала связи, сгенерировав трафик, состоящий из кадров заданного размера. Тестирование производится для кадров размером от 64 до 1518 байт, что регламентируется протоколом Ethernet.

Для пояснения влияния размера кадра на полезную пропускную способность канала связи рассмотрим структуру кадра Ethernet (см. рисунок 2а). Кадр Ethernet состоит из двух служебных полей постоянной длины: заголовка (14 байт) и поля контрольной суммы (4 байт), и поля данных (46-1500 байт), т.е. общий размер кадра находится в диапазоне 64-1518 байт.

Рассмотрим задачу, в которой необходимо передать 1500 байт информации, поместив данные в Ethernet-кадры. Для этого будет использовать кадры различной длины: 1518 байт (рисунок 2б), 518 байт(рисунок 2в), 268 байт (рисунок 2г). Сводная информация о размерах служебных заголовков и его доле в потоке данных приведена в таблице ниже. Видно, что с уменьшением размера кадра затраты на передачу служебных заголовков существенно увеличивается, а доля полезных данных уменьшается.

Размер кадра	Общий размер кадров	Размер заголовков	Доля заголовков
1518 байт	1518 байт	18 байт	1.19%
518 байт	1554 байт	54 байт	3.47%
268 байт	1608 байт	108 байт	6.72%

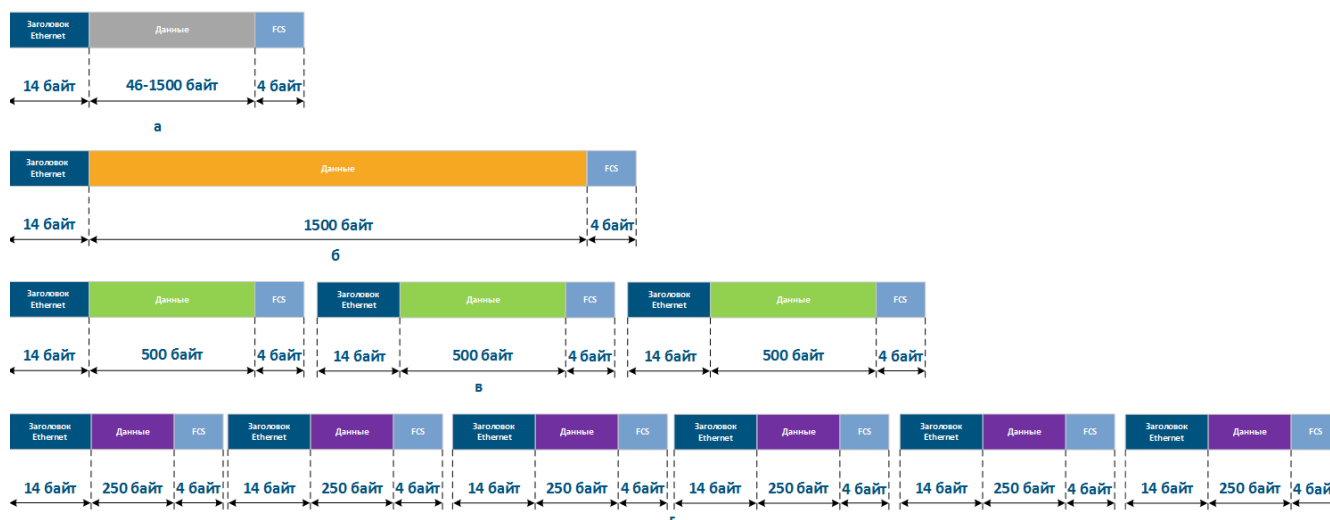


Рисунок 2 - Структура Ethernet-кадра: а - общая структура, б - кадр с полем данных длиной 1500 байт, в - кадры с полями данных длиной 500 байт, г - кадры с полями данных длиной 250 байт

С уменьшением размера кадров увеличивается доля накладных расходов для служебных заголовков, регламентируемых требованиями протокола передачи данных, как это показано в таблице выше. Логичным решением по повышению эффективности передачи данных является использование кадров максимальной длины. Однако кадры меньшего размера быстрее обрабатываются сетевым оборудованием, что снижает время распространения кадра от источника к получателю. Для некоторых видов трафика время распространения является критичным. Для трафика реального времени, например голосового трафика, снижение размера кадра является вынужденным, потому что ключевым показателем качества канала связи в этом случае является не пропускная способность, а величина задержки. Следовательно данные должны отправляться как можно быстрее, более мелкими порциями.

В общем случае величина задержки зависит от:

- времени распространения радиосигнала (зависит от среды распространения);
- времени обработки кадра (зависит от пакетной производительности устройства);
- времени нахождения в очереди (зависит от уровня загрузки канала связи, величины буферов памяти устройства и конфигурации QoS).

Ширина частотного канала

При установке радиоканала между двумя устройствами, для них выбирается несущая частота F_1 , спектр которой представлен на рисунке 3а. Такой сигнал не несёт информации, поскольку его основные параметры (амплитуда, частота, фаза) известны и неизменны, т.е. можно предсказать состояние сигнала в любой из будущих периодов времени. Для того, чтобы радиосигнал стал носителем информации, его параметры изменяют в соответствии с потоком данных. Этот процесс называется модуляцией. В процессе модуляции изменяются основные параметры сигнала и преобразуется его спектр - теперь сигнал занимает определённую полосу частот ΔF (см. рисунок 3б).

Следует заметить, что ширина частотного канала влияет на доступный набор модуляционно-кодовых схем и, как следствие, на производительность канала. Таким образом, увеличение пропускной способности радиоканала может быть доступно с помощью расширения занимаемой полосы частот.

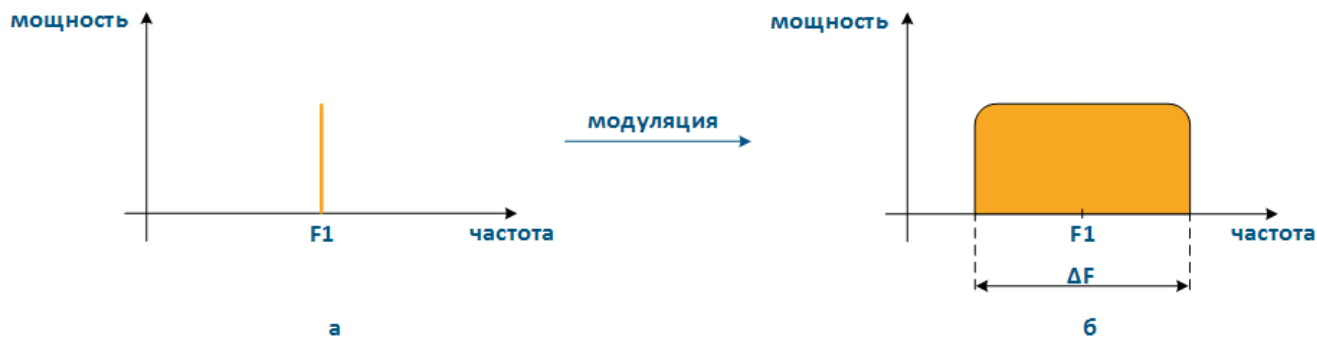


Рисунок 3 - Спектр сигнала: а - несущая частота, б - модулированный сигнал

Размер радиокadra

Для пояснения влияния размера радиокadra на параметры качества канала связи рассмотрим соединение двух устройств (XG или R5000 с прошивкой TDMA). Механизм передачи информации в радиосреде представлен ниже (см. рисунок 4). Подробное описание механизмов передачи данных при TDMA и Polling представлено в [TDMA и Polling: особенности применения в беспроводных сетях](#). Под радиокadром понимается период времени, в рамках которого выполняется обслуживание сектором одного абонентского устройства. В течение одного радиокadra происходит обмен данными между двумя устройствами в нисходящем и восходящем потоках.

Аналогично кадрам Ethernet часть радиокadra отдана под служебные нужды. В частности, обязательными являются поле синхронизации и защитный интервал (guard interval), которые не зависят от размера радиокadra. Оставшееся время передаются полезные данные. Таким образом, аналогично [кадрам Ethernet](#), большее значение длины радиокadra приведёт к более эффективной утилизации канала связи, однако вместе с этим увеличится величина задержки (следующий пакет данных может быть передан только в следующий интервал передачи, а чем больше длина радиокadra - тем больше время ожидания).

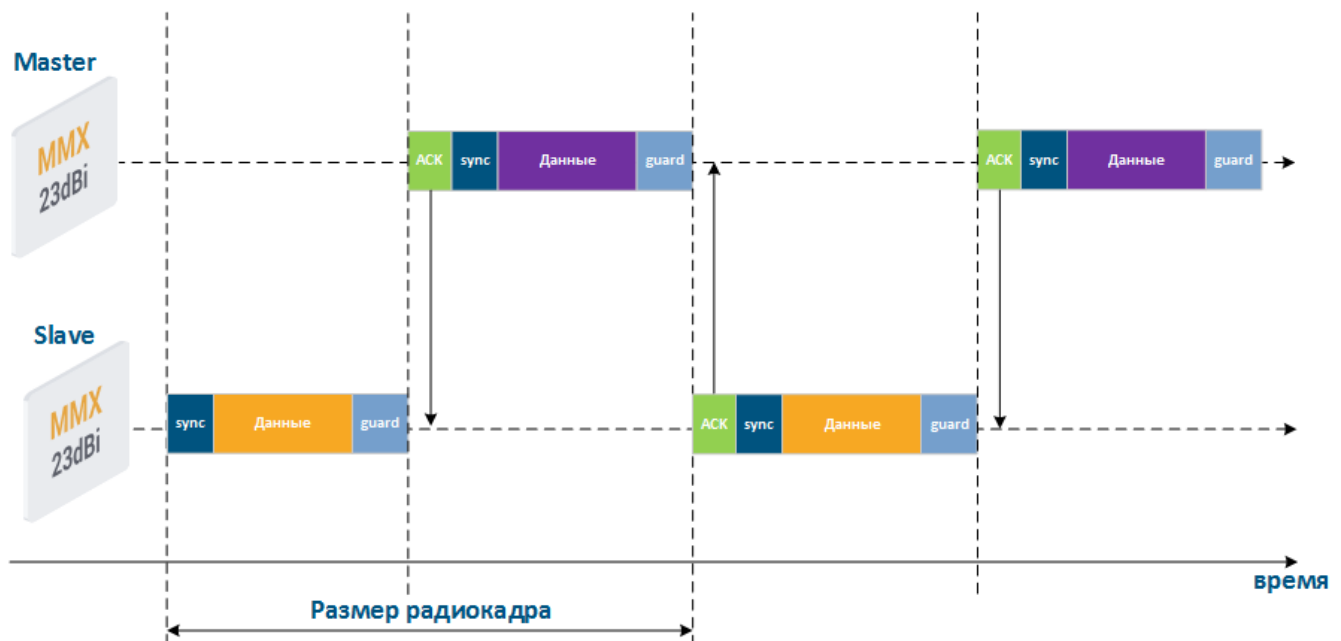


Рисунок 4 - Механизм передачи данных при TDMA и TDD

Дальность связи

Параметр "Максимальное расстояние" влияет на величину защитного интервала guard (см. рисунок 4), а значит на эффективность использования пропускной способности канала связи. Кроме того, фактическая дальность расположения абонентской станции влияет на время распространения радиосигнала в среде.

Число абонентских станций

Дополним рисунок из раздела "[Длительность радиокadra](#)", добавив ещё два абонентских устройства (см. рисунок 5).

Время ожидания передачи пропорционально числу абонентских станций, т.к. для обмена данными с каждой станцией выделяется временной интервал, равный длине радиокadra. Таким образом, величина задержки зависит от числа активных абонентов.

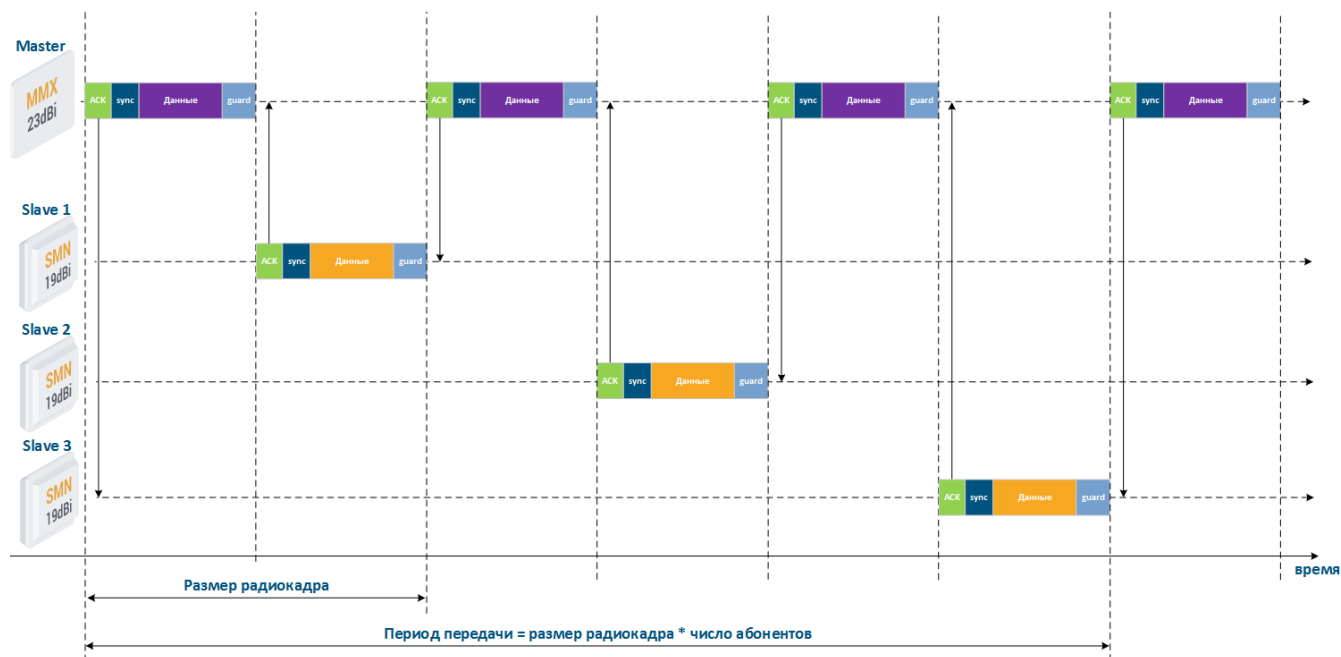


Рисунок 5 - Механизм передачи данных при TDMA для трёх абонентских станций

Набор фирменных параметров

Опция Greenfield

Опция Greenfield устанавливается как на устройствах Master, так и на Slave и отвечает за включение оптимизации служебной информации, передаваемой через радиоканал. Оптимизация позволяет существенно снизить объём служебной информации и улучшить производительность на 10-15% за счёт увеличения объёма полезных данных в радиокадре.

Опция VBR

Опция VBR (*variable bitrate - переменный битрейт*) устанавливается на ведомом устройстве и позволяет повысить эффективность при передаче служебных данных. При отключенной опции VBR служебные поля сообщений Sync передаются с использованием минимальной модуляционно-кодовой схемы. При активации VBR, поля Sync будут передаваться на модуляционно-кодовой схеме выше минимальной, если есть такая возможность. Это позволит передать синхропоследовательность быстрее, что снизит долю служебных сообщений в общем времени передачи и повысит производительность канала связи.

Опция VBR доступна только на устройствах семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2 с ПО, поддерживающим технологию TDMA, и на устройствах семейств InfiLINK Evolution, InfiMAN Evolution.