

Беспроводная связь - вопросы выбора

Растущие потребности общества в потреблении и генерировании разнообразных видах трафика приводит к необходимости постоянного расширения пропускной способности современных коммуникаций. Зачастую это приводит к возникновению «узких» мест при организации каналов связи. Связано это с ограниченной пропускной способностью существующих проводных каналов связи и/или невозможностью оперативно и с малыми затратами прокладывать новые. Поэтому беспроводные технологии, основным преимуществом которых в последнее время является мобильность, продвигаются и в область организации фиксированного доступа в схемах точка-точка. Наряду с изначально предназначенными для такого типа связи решениями (оборудование оптической и радиорелейной связи) для организации каналов «точка-точка» применяются и устройства стандарта Wi-Fi, поскольку оно является доступным и широко представленным на рынке решением.

В описаниях оборудования зачастую указывается завышенная канальная скорость (до 108 Мбит/с). Как показывает практика, реальная скорость передачи полезной нагрузки значительно меньше, особенно при симметричной нагрузке. И здесь оператору связи совершенно необходима методика оценки свойств оборудования по передаче трафика – как минимум, для оценки рисков и грамотной подготовки соглашений о качестве обслуживания (SLA) с будущими пользователями канала связи.

Для определения качества канала связи по передаче реального трафика через различное беспроводное оборудование нами предложена методика измерений, при испытаниях которой было протестировано:

оборудование Wi-Fi фирмы D-Link типов DWL900AP и DWL7700,

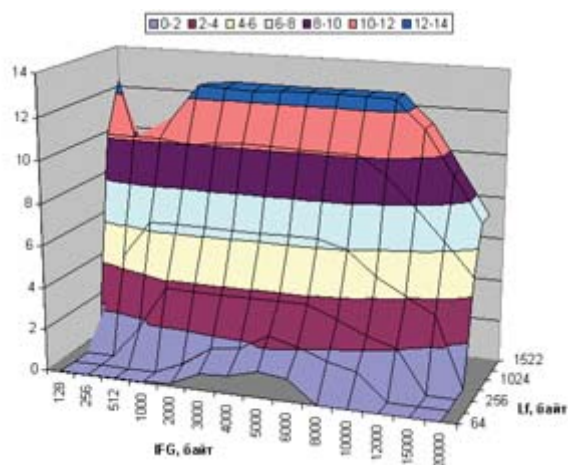
НПО Рапира типа P2 (с планарной антенной с усилением 22 dBi),

[беспроводное оптическое оборудование Artolink](#) типа M1-FE-2 производства ГРПЗ.

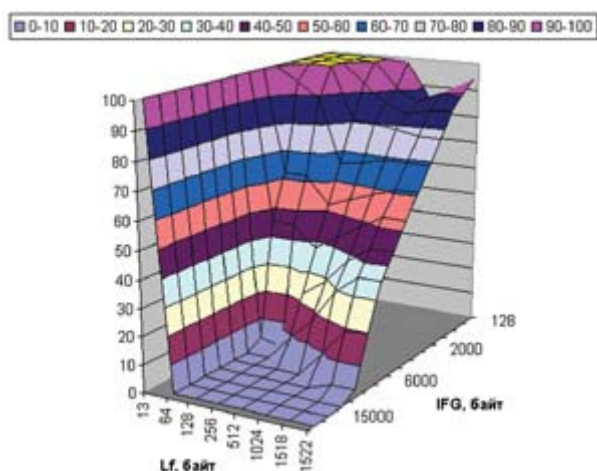
Все модели поддерживают стык Fast Ethernet (100 Мбит/с), наиболее популярный в последнее время на «последней миле». Измерения проводились как в лабораторных условиях (мощный сигнал, отсутствие помех, НКУ), так и на испытательной трассе длиной 4,5 км. В качестве измерительного оборудования использовались два тестера каналов Ethernet ETest [1,2]. Они обеспечивали генерацию и контроль прохождения через канал связи детерминированного UDP трафика Ethernet с симметричной нагрузкой канала связи.

Параметры трафика задавались в следующих пределах: длина пакетов Lf от 64 до 1518 байт; расстояние между пакетами (Interframe gap) IFG от 13 до 8192 байт. Измерялись три основных параметра: пропускная способность канала, уровень потери пакетов и максимальное время их прохождения в зависимости от длины пакета и интервала между ними. По результатам измерения для каждого параметра строились трехмерные диаграммы.

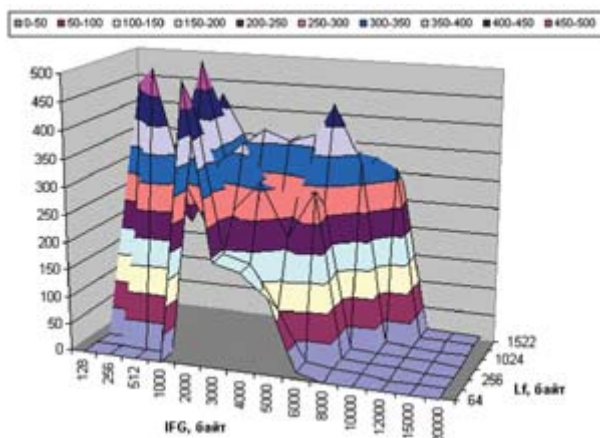
В качестве примера на рис. 1 приведены результаты измерения оборудования DWL7700.



Пропускная способность, Мбит/с



Потери пакетов, %



Время задержки, мс

Рис. 1. Результаты измерения оборудования DWL7700 в лабораторных условиях.

Обращает на себя внимание немонотонность полученных поверхностей, что, очевидно, связано с внутренними алгоритмами обработки пакетов. Особенно ярко это проявляется на диаграмме, иллюстрирующей время задержки в канале. Видно также, что для коротких пакетов при малом IFG уровень потерь пакетов приближается к 100%.

Для других устройств Wi-Fi полученные результаты аналогичны. В таблице сгруппированы данные по всем типам оборудования, полученные в лабораторных условиях.

Параметр	DWL900AP	DWL7700	Рапира P2	Artolink
Максимальная скорость передачи, Мбит/с	4,72	12,59	19,58	98,65
(Lf/IFG)	(1518/400)	(1518/8000)	(1518/1024)	(1518/13)
Минимальная задержка, мс	1,12	0,33	3,17	0,023
(Lf/IFG)	(64/25000)	(1024/20000)	(128/4096)	(64/13)
Максимальная задержка, мс	368	434	150	0,51
(Lf/IFG)	(64/13)	(1024/6000)	(1518/4096)	(1518/13)
Максимальное значение потерь пакетов, %	99	99	98	$<10^{-10}$
(Lf/IFG)	(128/13)	(512/128)	(64/13)	
Критерий	4,2	12,5	16,72	98,65

Как видно из таблицы, все Wi-Fi оборудование даже в идеальных условиях демонстрирует значительно меньшую скорость передачи информации для симметричной нагрузки по сравнению с канальной скоростью. Измеренные задержки во всех случаях, кроме оборудования Artolink, существенно превышают характерное время буферизации пакета, поэтому и вариация времени задержки (пакетный джиттер) практически совпадает с максимальным временем прохождения пакетов.

В последней строке таблицы (критерий) приведен условный интегральный параметр качества оборудования, который вычисляется как максимум произведения скорости передачи информации на долю успешно переданных пакетов, определенный по всему массиву измерений. Поскольку оборудование Рапира и Artolink продемонстрировали наибольшее значение этого критерия, дальнейшие испытания на трассе длиной 4.5 км проводилось именно с ними.

На рисунке 2 приведены сравнительные результаты испытаний оборудования P2 на измерительной трассе и в лабораторных условиях. По вертикальной оси отложено отношение измеренной пакетной скорости на выходе оборудования к скорости тестового потока. Для трассовых измерений приведены лучшие значения. В процессе испытаний наблюдалось неоднократное и стохастическое снижение пропускной способности до двух раз.

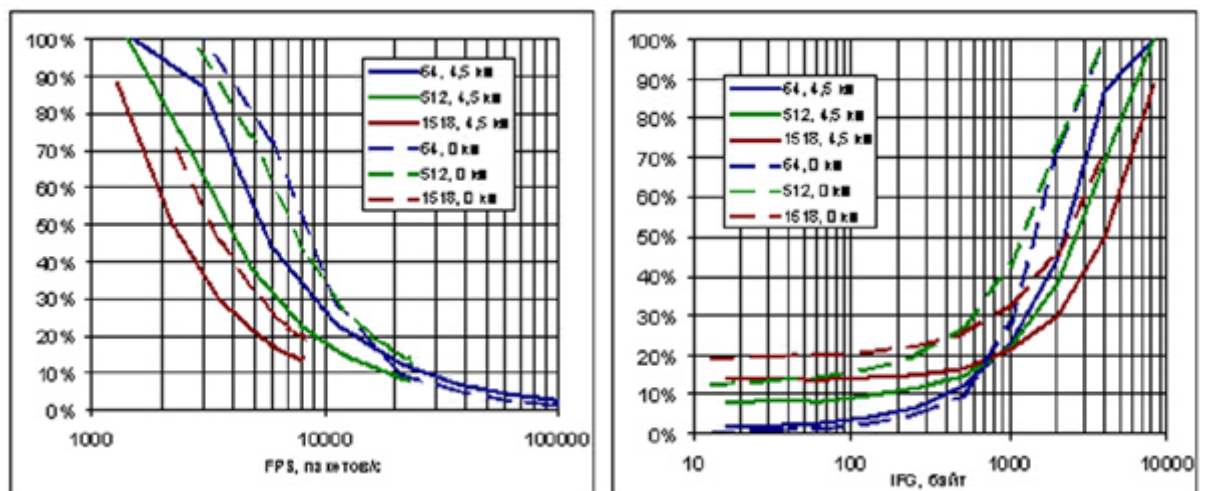


Рис. 2. Сравнительные характеристики передачи данных оборудованием Рапира.

Из рис. 2 видно, что имеется граничное значение пакетной скорости, при которой пропускная способность канала самых коротких пакетов становится равной номинальной. Для лабораторных условий FPS≈3000 байт, для испытательной трассы FPS≈1500 байт. Поскольку указанные зависимости для различных длин пакетов не совпадают, можно сделать вывод о том, что на характеристиках канала сказывается не только ограничения вычислительной мощности оборудования, но и механизм буферизации. Данный параметр характеризует работу оборудования по обработке пакетных очередей входного трафика. Другой характеристикой оборудования являются зависимости той же величины от межпакетного интервала. Резкий рост данных зависимостей указывает на наличие механизмов обработки пакетов в течение межпакетного интервала.

Оборудование Artolink M1 FE в лабораторных условиях и на испытательной трассе показало скорость, равную номинальной для всех видов передаваемого трафика.

Проведенные нами измерения для различного беспроводного оборудования позволяют сформулировать следующие выводы:

1. Оборудование Wi-Fi не обеспечивает гарантированной скорости передачи данных. Скорость зависит от конкретного исполнения оборудования и условий его эксплуатации. Канал связи для всех типов радиооборудования демонстрирует также очень большие и нерегулярные задержки и очень большое количество потерь при передаче коротких пакетов.
2. Не обеспечивается безошибочная передача данных при межпакетном интервале меньшем, чем некоторое характерное значение, свойственное конкретному типу оборудования. Очевидно, это связано с мощностью используемой вычислительной платформы, величиной внутренних буферов и алгоритмами обработки пакетов.
3. При увеличении дальности связи пропускная способность радиоканала снижается. Это, вероятно, связано с процессом автоматического перехода оборудования на меньшую канальную скорость, который еще зависит от окружающей помеховой обстановки.
4. Оборудование беспроводной оптической связи обеспечивает 100%-ную скорость передачи данных вне зависимости от дальности связи, типа и структуры трафика, а также нечувствительно к электромагнитным помехам. Единственным фактором, вносящим

помехи в оптический канал, является снижение прозрачности атмосферы (туман, снег, сильный дождь и т.д.).

Таким образом, при решении вопросов выбора варианта организации беспроводного канала связи необходимо четко представлять свойства предлагаемого производителями оборудования. Эффективным способом оценки качества беспроводного канала связи является его тестирование в соответствии с приведенной выше методикой. С точки зрения максимального обеспечения растущих потребностей в передаче трафика представляется оптимальным организация беспроводных гибридных каналов на основе атмосферного оптического и радиооборудования. Данное решение позволяет наряду с достижением максимально возможной для беспроводных решений полосы пропускания обеспечить надежность связи, сравнимую с проводными коммуникациями.