

## ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ СТАНДАРТА 802.11n В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Ермаков Артём, Аспирант  
Ошский Технологический Университет, г. Ош, Кыргызстан  
e-mail: [artem-ermakov@rambler.ru](mailto:artem-ermakov@rambler.ru)*

*В статье описывается исследование основных параметров беспроводного оборудования типа Small Home Small Office (SOHO) в благоприятных условиях, для выявления пропускной способности, частоты потери кадров, задержки и иных параметров, влияющих на качество соединения конечного клиента с беспроводной сетью стандарта 802.11n. Для анализа вышеприведённых индикаторов используется профессиональное оборудование для сетевого анализа EXFO FTB-860.*

*The article describes the analysis of the main parameters of wireless equipment of Small Home Small Office (SOHO) type in favorable conditions, to detect the throughput, loss frame frequency, delay and other parameters, which are influencing capacity of the connection the final client with wireless network 802.11n standard. For the analysis of the above mentioned indicators was used professional equipment for network analysis EXFO FTB-860.*

### Введение

В настоящее время беспроводные средства связи, в том числе Wi-Fi, окончательно заняли нишу в сфере предоставления коммуникативных услуг «без проводов». Данный подход к построению сетей нового поколения позволяет быть мобильным и эффективно обрабатывать объемы необходимой информации. На рынке представлено разнообразное количество беспроводного оборудования, производители которого, обещают подключение вплоть до 600 Mbit/s по стандарту IEEE 802.11n. Данные скоростные показатели теоретически становятся возможны при усовершенствованной системе модуляции, наличии нескольких антенн, технологии MIMO (Multiple In Multiple Out) [1], позволяющей отправлять и получать данные в несколько потоков в отличие от предыдущих стандартов IEEE 802.11a/b/g.



**Рис. 1** Вид EXFO-1 FTB860

В качестве беспроводной точки доступа для анализа будет использовано оборудование типа SOHO Tplink TL-WA901ND. Используя сетевой анализатор EXFO FTB-860 [2] будет возможно измерить основные параметры канала связи между сетевым клиентом (Notebook Asus K56CB) и беспроводной точкой доступа. В каче-

стве методологии тестирования будет использоваться RFC 2544 [3].

**Анализатор Ethernet сетей EXFO-1 FTB-860 и его основные возможности**

В данное время на рынке существует разнообразный выбор контрольно-измерительных приборов для измерения параметров сети и паспортизации Ethernet. Наиболее известные анализаторы и тестеры Ethernet это являются EXFO-1, BERKUT-ET [4], МАКС-ЕМ [5], Anritsu MT9090A [6] и т.д.

В приведенной статье выбор был остановлен на производителе EXFO, серии измерительных модулей FTB-860. Данный прибор оснащен одним из самых больших в отрасли анализаторов 7-ми дюймовым TFT-дисплеем, в качестве операционной системы используется «Windows Embedded Standard». Внешний вид показан на **Рис. 1**.

Анализатор включает в себя комплекс программно-технических средств для осуществления тестирования сегментов опτικο-волоконных, а так же Ethernet сетей.

**Описание методологии RFC 2544**

RFC 2544 является одной из методологий тестирования Ethernet. Данная рекомендация была разработана для проведения оценочно-составительных тестов производительности сетевых устройств в лабораторных условиях, однако, ввиду того, что это была единственная стандартизованная методология, она стала также применяться и для полевых тестов [3].

Методология представляет собой последовательность субтестов для измерения *пропускной способности канала, круговой задержки, потери фреймов и т.д.*

**Тестирование пропускной способности канала**

В ходе данного теста определяется максимальное количество кадров в секунду, которое может передать устройство без ошибок. Этот тест выполняется для того, чтобы определить реальную максимальную скорость передачи данных.

Проведение тестирования начинается на максимальной скорости. В ходе тестирования измеряется количество переданных тестером кадров и количеством принятых кадров. Если потеряется даже один кадр скорость передачи кадров уменьшается в два раза. Если в ходе очередной попытки ни один кадр не потерялся, скорость удваивается по сравнению с предыдущей попыткой. Таким образом, необходимо найти максимальную скорость, по которой устройство может передавать данные без ошибок.

Тестирование пропускной способности должно быть проведено для кадров каждого из семи заданных размеров 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518.

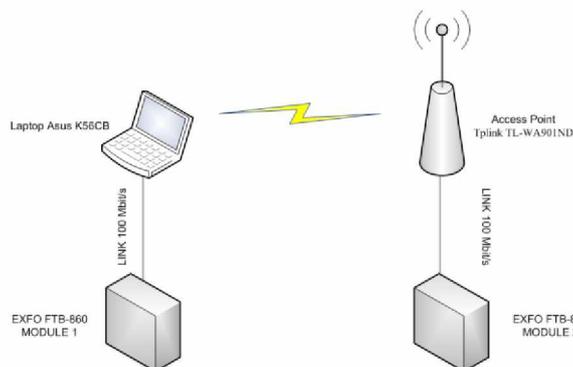
**Тестирование частоты потери кадров**

Измерение частоты потери кадров необходимо для оценки способности оборудования работать в условиях перегрузки, что является критическим показателем возможности поддерживать приложения реального времени, в которых большое количество потерь резко снижает качество.

Первое испытание проводят на максимальной скорости. При последующих испытаниях скорость снижается сначала до 90% от максимальной скорости, а затем до 80% и т.д. Снижение скорости на 10% повторяют до тех пор, пока не будет зафиксировано последовательно три результата без потери кадров. Шаг снижения скорости должен быть не более 10% от максимальной скорости, желательно снижение скорости с меньшим шагом. Тестирование проводят повторно для всех семи размеров кадров.

**Тестирование задержки**

В ходе тестирования измеряется время прохождения через устройство (или туда и обратно). Если время задержки значительно меняется от кадра к кадру, то это может стать проблемой для работы таких сервисов, как VoIP, IPTV и TDMoIP через данное оборудование. Например, вариация задержки может выразиться в ухудшении качества голоса, передаваемого с помощью технологии VoIP. Большое время задержки также может ухудшить качество работы приложений [3] [7] [8].



**Рис. 2** Топология сети

**Топология тестирования**

В данной статье рассматривается топология **Рис. 2**, состоящая из беспроводной точки доступа Trlink TL-WA901ND подключенной к сетевому анализатору EXFO FTB-860 кабелем «витая пара» в режиме Full Duplex 100Mbit/s. К точке доступа посредством Wi-Fi подключен клиент, Laptop Asus K56CB, который в свою очередь имеет подключение ко второму модулю EXFO FTB-860. На ноутбуке настроено «мост-соединение» между беспроводным и сетевым адаптером, что позволяет ноутбуку пересылать данные, полученные посредством беспроводной связи на прибор EXFO по сетевому кабельному подключению. Беспроводное соединение осуществляется по стандарту IEEE 802.11n и технологии защиты данных WPA2+PSK (Wi-Fi Protected Access + Private Shared Key). Уровень получаемого сигнала RSSI (Received Signal Strength Indicator) составляет от -28 до -30 DBm. Показатель RSSI получен исходя из показателей программного обеспечения лицензии “trial” «inSSIDer Office 3.1.1.6» [9]. Клиент и беспроводная точка доступа находятся в зоне прямой видимости на расстоянии 7 метров.

Тестирование проводится в лабораторных условиях в свободной от интерференции среде на канале #1 (2412MHz) спектра 2,4 GHz, ширина канала составляет 20 MHz.

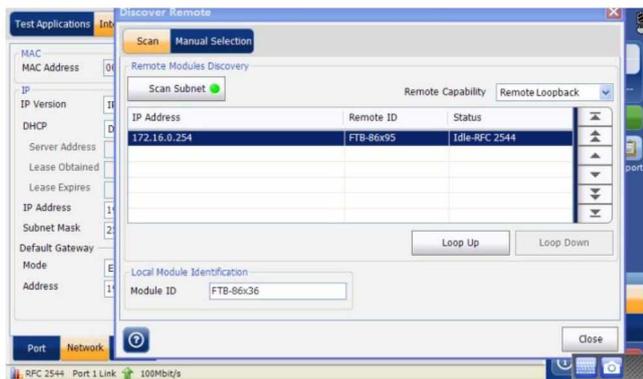
Теоретическая скорость соединения согласно спецификации оборудования заявленного производителем до - 300Mbit/s.

Были проведены измерения основных показателей сети согласно стандартам тестирования RFC-2544 используя типологию тестирования генерируя трафик в 10, 20 и 100 Mbit/s.

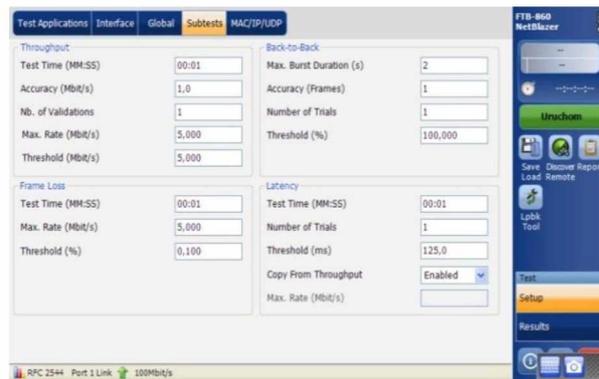
**Настройка модулей EXFO для измерения согласно методологии RFC 2544**

В начале тестирования необходимо сконфигурировать модули EXFO для совместной работы. Для этого нажимаем **Discover Remote**, приведенные модули имеют функцию авто обнаружения, тем самым если сеть настроена правильно, удаленный модуль должен появиться в списке обнаруженных при нажатии кнопки **Scan Subnet**. Далее необходимо нажать кнопку **Loop Up**, **Рис. 4**.

Во вкладке **Subtest**, **Рис 5**. можно изменять параметры генерации трафика.



**Рис.4** Подключение удаленного модуля EXFO



**Рис. 5** Настройка субтестов

Для получения более достоверных показателей тест был проведен 3 раза для каждой отдельной сессии генерации трафика. Среднее значение показателей прибора генерации трафика в 10 Mbit/s приведено ниже в **Таблице 1**.

Размер кадра	Пропускная способность (Mbit/s)	Потеря кадров %	Задержка (ms)
64	4,67	14,10	2,76
128	9,67	0,00	4,72
256	10,00	0,00	2,50
512	10,00	0,00	3,52
1024	10,00	0,00	2,73
1280	10,00	0,00	13,91
1518	10,00	0,00	4,77

**Таблица 1.** Результат тестирования RFC-2544 генерируя 10 Mbit/s трафика

Из таблицы видно, что кадры малого размера имеют меньшую пропускную способность из за того, что приходится затрачивать дополнительное время для их упаковки и передачи посредством беспроводной среды. Так же при размере кадра в 64 бит заметны потери в 14,1%.

Размер кадра	Пропускная способность (Mbit/s)	Потеря кадров %	Задержка (ms)
64	5,00	82,89	25,87
128	10,34	47,65	5,91
256	18,67	10,78	3,79
512	19,17	0,00	4,47
1024	19,83	0,00	11,64
1280	20,00	3,85	14,62
1518	20,00	2,34	213,14

Таблица 2. Генерация трафика 20 Мбит/с

Исходя вышеизложенных, видно, что с увеличением генерируемого трафика, пропускная способность канала изменяется согласно размерам кадра, так же как и их потеря.

Размер кадра	Пропускная способность (Mbit/s)	Потеря кадров %	Задержка (ms)
64	5,25	97,02	3,67
128	8,42	94,56	3,76
256	15,40	89,49	13,85
512	21,71	74,69	2,21
1024	31,17	72,79	194,99
1280	32,75	75,99	129,23
1518	25,67	79,17	45,10

Таблица 3. Генерация трафика 100 Мбит/с

Для достижения максимального эффекта от использования стандарта IEEE 802.11n [10] была увеличена ширина канала до 40MHz. При генерации трафика в 10 и 20 Mbit/s не было замечено

явных преимуществ по сравнению с шириной канала в 20 MHz. Изменения показателей стали заметны лишь при генерации 100Mbit/s *Таблице 4.*

Размер кадра	Пропускная способность (Mbit/s)	Потеря кадров %	Задержка (ms)
64	6,21	96,83	20,15
128	10,59	95,02	4,86
256	18,54	89,12	5,09
512	29,59	71,38	38,24
1024	38,34	60,55	11,51
1280	42,74	58,48	12,54
1518	47,51	66,22	20,09

Таблица 4. Генерация трафика 100 Мбит/с, ширина канала 40 MHz

#### Заключение

Исходя из приведенной методологии тестирования RFC 2544, возможно эффективное изучение беспроводных средств связи и опреде-

ление максимальных значений, которые можно достичь, используя то или иное оборудование.

Как видно из приведенных тестов, пропускная способность в 300 Mbit/s, на данном обо-

рудовании не достигнута, так как эта цифра говорит о соединении на физическом уровне, которое может установить клиент и точка доступа в максимально идеальных условиях. Приведенная цифра является больше PR ходом производителя, нежели реально достижимой посредством стандарта 802.11n в спектре 2.4 и шириной канала в 20 MHz / 40 MHz.

Максимально возможная пропускная способность с небольшой потерей кадров, которую удалось достичь в ходе эксперимента используя канал в 20 MHz - это 20 Mbit/s. При генерации трафика в 100Mbit/s пропускная способность канала в пиковых значениях составила 32,75 Mbit/s, но при генерации такого объема трафика, неизбежно возникает вопрос потери большого количества кадров, как показано в *Таблице 3*. В ходе теста используя канал в 40MHz, при генерации трафика в 100 Mbit/s очевиден прирост, как пропускной способности, так и остальных критически важных параметров в передаче данных. Стоит отметить, что при изменении условий передачи данных, клиентского оборудования, расстояния, препятствия, угла наклона антенн, интерференции со стороны других беспроводных сетей, электромагнитного шума и иных негативных факторов, полученные показатели могут изменяться.

Беспроводные средства связи, в частности технология Wi-Fi, развиваются очень быстро, на смену стандарта 802.11n приходит новый инновационный стандарт связи 802.11ac [11], у которого теоретическая скорость подключения на физическом уровне может составлять более 6000 Mbit/s. Безусловно, работа в реальных условиях, будет отличаться от теоретически возможных, но исходя из заявленных возможностей данная технология сможет вывести Wi-Fi на более высокий уровень предоставления широкополосного беспроводного доступа.

## Литература

1. Алексей Зайцев, «Основные понятия теории радиоволн и принципы построения беспроводных сетей», Презентация «Cisco Expo 2010»
2. Официальный сайт компании «EXFO», URL: <http://www.exfo.com>
3. Сетевая Рабочая Группа, Методология взаимодействия сетевых устройств. RFC 2544, Март 1999
4. Официальный сайт компании «НТЦ Метротек», URL: <http://metrotek.spb.ru>
5. Официальный сайт компании «БинарКОМ», URL: <http://binarcom.ru>
6. Официальный сайт компании «Anritsu», URL: <http://www.anritsu.com>
7. Веб-сайт Компании TestLog, «Как RFC 2544 помогает в тестировании оборудования Ethernet для операторов связи», URL: <http://testlog.ru>
8. А.В. Кузовлев, Н.Л. Сторожук, «Измерение количественных и качественных параметров в Ethernet сетях», Технологии и Средства Измерений, 2010
9. Официальный сайт компании, «Metageek», URL: <http://www.metageek.net>
10. Cisco Systems, Руководство Основы построения унифицированных беспроводных сетей Cisco (Implementing Cisco Unified Wireless Networking Essentials), Том 1, 2011
11. Cisco Systems, 802.11ac - Пятое поколение Wi-Fi технологий, Август 2012