

УДК 621.316.

А.В.Мартынюк (5 курс, каф. РТиТК), В.С.Синепол, к.т.н., проф.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СЕТЕЙ СТАНДАРТА IEEE 802.11.b

ABSTRACT: The IEEE 802.11 protocol family provides up to 54-Mbps data rates. This paper shows a theoretical performance upper limit for the IEEE 802.11b MAC protocol while the other part is the experimental research of transport layer protocols performance and characteristics over IEEE 802.11b Basic Service Set Network.

Беспроводные сети семейства 802.11.x обеспечивают скорости передачи данных до нескольких десятков Мб/с. и позволяют использовать достаточно широкий спектр сетевых приложений, таких как ftp, http, аудио- и видео-конференции. Работа этих приложений существенным образом определяются производительностью используемого транспортного протокола (TCP или UDP), функционирование которых в условиях беспроводных сетей имеет определенные особенности.

Вопросы производительности TCP-протокола в беспроводных сетях привлекают внимание большого числа исследователей [1,2]. Однако работы, в которых приводятся экспериментальные данные, полученные на современном оборудовании стандарта IEEE 802.11.x, весьма немногочисленны. Настоящая работа ставит своей целью экспериментальное исследование производительности беспроводной сети, развернутой в учебно-лабораторном здании университета, получение оценки влияния отношения сигнал/шум на производительность транспортных протоколов и их способность поддерживать изохронный трафик.

Очевидно, что производительность транспортных протоколов, не может быть выше производительности протокола канального уровня. Под производительностью MAC протокола будем понимать величину, определяемую выражением

$$\eta = \frac{DATA\_RECIEVED}{T} * \frac{1}{BANDWIDTH}$$

где *DATA\_RECIEVED* – количество байт данных, принятых без ошибок на канальном уровне за время эксперимента *T*, а *BANDWIDTH* – номинальная пропускная способность среды.

Считая, что потерь кадров и коллизий при доступе к среде нет, можно получить выражение

$$\eta = \frac{(1 - tBeacons) * DFrame}{(DIFS + SIFS + \frac{ACK\_Size}{Bandwidth} + \frac{DFrame}{Bandwidth} + \frac{Fheader}{1000000}) * Bandwidth}$$

которое дает оценку сверху производительности любого сетевого и транспортного протокола, работающего на беспроводном канале. При SIFS=10 мкс, DIFS=20 мкс, ACK\_Size=336 бит, Dframe = 6440 бит получаем значения  $\eta = 88\%$ ,  $85\%$ ,  $77\%$ ,  $67\%$  для 1, 2, 5.5 и 11 Мбит/с соответственно.

Сеть, на базе которой проводилось экспериментальное исследование, представляла собой комбинацию проводного и беспроводного сегментов. Первый из них соединял неподвижную станцию с точкой доступа, а второй – точку доступа с беспроводной мобильной станцией. В такой среде коллизии отсутствуют и единственным источником потерь кадров и деградации производительности транспортных протоколов являлись потери в беспроводном канале, вызываемые случайными помехами. В данном исследовании

генератор трафика (клиентская часть утилиты `iperf` [3]) функционировал на неподвижной станции. Серверная часть утилиты `iperf`, являющаяся приемником потока и установленная на подвижной станции, которая помещалась в ряд контрольных точек, отстоящих от точки доступа на расстояния от 2 до 50 метров, регистрировала пропускную способность TCP- и UDP-соединений, а также - уровень неравномерности задержки доставки UDP-сегментов (jitter) по беспроводному каналу.

Длительность эксперимента в каждой контрольной точке была одинаковой и равной 75 секундам. Эта величина была определена по критерию малости относительного изменения (1%) среднего значения отношения сигнал/шум на массиве его мгновенных значений, фиксируемых с интервалом в 1 секунду. В течение этого интервала времени на приемной станции с периодичностью 15 сек., снимались отсчеты отношения сигнал/шум и значения исследуемой зависимости. Полученные таким образом значения представлены кластерами точек на рис. 1,2.

Зависимость на рис. 1 показывает, что в диапазоне значений сигнал/шум от 8 до 20 дБ. производительность протокола TCP растет почти линейно. Увеличение отношения сигнал/шум более 30 дБ не приводит к росту производительности протокола, которая достигает величины 5 Мбит/с (0,45 номинальной скорости битового потока, в стандарте IEEE 802.11.b). Отметим, что максимальное значение производительности протокола канального уровня, как показано выше, в условиях эксперимента, составляет 48 %. Учет только длин заголовков протокольных блоков сетевого и транспортного уровней приведет к уменьшению производительности на (7-9)%.

Исследование характеристик UDP-трафика в беспроводных сегментах ЛВС представляет интерес для оценки возможности работы в них приложений реального времени. При этом особый интерес представляет характеристика уровня неравномерности времени доставки сегментов (jitter). Измерение этой характеристики, проводилось при интенсивности генерируемого трафика, обеспечивающей уровень UDP-потерь не более 5%. Из рис.2 видно, что при отношениях сигнал/шум более 17 дБ канал является достаточно стабильным, джиттер составляет менее 5 миллисекунд, т.е. заметно меньше допустимого значения для передачи мультимедийных данных.

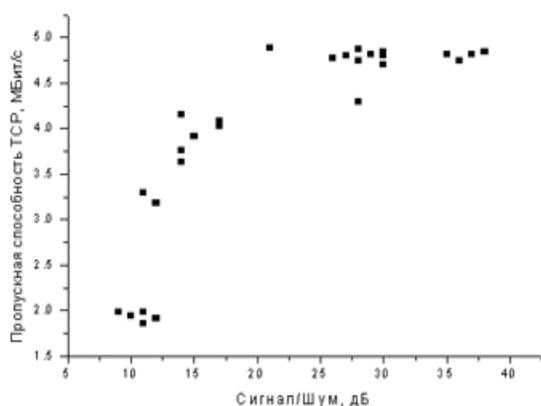


Рис. 1. Производительность TCP-протокола.

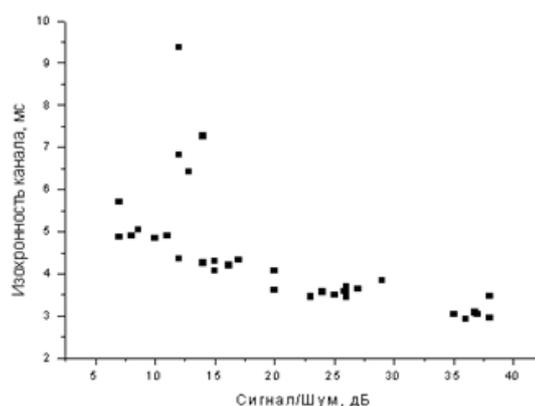


Рис. 2. Изохронность UDP-канала.

На основании полученных результатов можно утверждать, что при отношениях сигнал/шум более 20 дБ беспроводный канал не вносит сколько-нибудь существенных потерь в производительность транспортных протоколов. Такое значение отношения сигнал/шум в условиях учебно-лабораторного корпуса соответствуют сети, диаметр которой не превышает 20 метров.

Полученные в настоящей работе данные использованы при создании в корпусе Попечительского совета университета беспроводной ЛВС на оборудовании, соответствующем самому высокоскоростному из семейства IEEE 802.11.x стандарту, а

именно 802.11.g. Сеть вступила в эксплуатацию в ноябре 2004 года, и предварительные измерения ее производительности хорошо соответствуют результатам, полученным в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА:

1. [Yang Xiao](#), [Jon Rosdahl](#), "[Throughput and delay limits of IEEE 802.11](#)", IEEE Communications Letters, vol. 6, no. 8, [Aug 2002](#) pp. 355-357.
2. [Arzad A. Kherani](#), [Rajeev Shorey](#), "[Performance improvement of TCP with delayed ACKs in IEEE 802.11 wireless LANs](#)", WCNC 2004 - IEEE Wireless Communications and Networking Conference, vol. 5, no. 1, [March 2004](#) pp. 1697-1702.
3. Руководство пользователя утилиты IPERF - <http://dast.nlanr.net>