Тестирование TCP, UDP-трафика в сети Wi-Fi 802.11n/ac

Введение

Стандарт IEEE 802.11n появился еще в "далеком" 2009 году и ключевыми технологиями, которые позволили перевалить за 100 Мбит/сек были OFDM (мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) и MIMO (использование множества антенн на прием и антенн на передачу) – эти технологии и составляли физический уровень рассматриваемого Wi-Fi подстандарта. Максимальную скорость передачи данных физический уровень Wi-Fi мог обеспечить в 540 Мбит/сек, для этого необходимо было использовать кодирование MCS 64 и пространственное разделение потоков по схеме MIMO 4x4 (4 антенны на прием и 4 на передачу), а также увеличенную ширину канала до 40 МГц (вместо стандартной ширины в 20 МГц). MCS 64 реализуется посредством использования 64 QAM-модуляции и двоичного свёрточного кода BCC с скоростью кодирования с отношением 5/6.

Тем не менее, максимальная скорость передачи данных коммерческого высокопроизводительного оборудования 802.11n не превышала 450 Мбит/сек. Отдельное внимание следует обратить на то, что большинство устройств 802.11n были реализованы с использованием не более 3-х антенн, это делалось с целью миниатюризации и уменьшения энергопотребления. Также отметим, что до появления стандарта 802.11ac обслуживание каждого беспроводного устройства в Wi-Fi сети производилось поочередно, а не одновременно.

В связи с требованиями рынка и необходимостью организации многопотоковой передачи данных большому количеству пользователей от Wi-Fi точки доступа, в 2010 году была создана рабочая группа, отвечающая за разработку стандарта 802.11ac, которая должна была обеспечить "плавный переход" от стандарта 802.11n. Результат работы группы был продемонстрирован в июне 2012 года с максимальной скоростью передачи данных до 6933.3 Мбит/сек при работе с MCS9 (256 QAM модуляция и BCC с R=5/6) при этом ширина канала передачи увеличена еще до 160 МГц и защитный интервал в 400 наносекунд, а максимальное количество пространственных потоков MIMO – 8.

В 2015 году количество сетевых устройств, работающих в соответствии со спецификацией 802.11ac, перевалило за миллион. В этой статье мы сравним скорости передачи данных беспроводного оборудования 802.11n и 802.11ac, работающего в сетях IPv4 и IPv6. Если у вас возникают вопросы, зачем сравнивать скорость в сетях IPv6, то ответ последует следующий: во-первых, переход на IPv6 неизбежен из-за нехватки IP-адресов, а, во-вторых, IPv4-протокол имеет меньшую пропускную способность для TCP/UDP-трафика по сравнению с IPv6 для всех операционных систем.

Схема тестирования

Схема, в которой будет проверяться скорость передачи данных в Wi-Fi сети, изображена на рисунке 1.

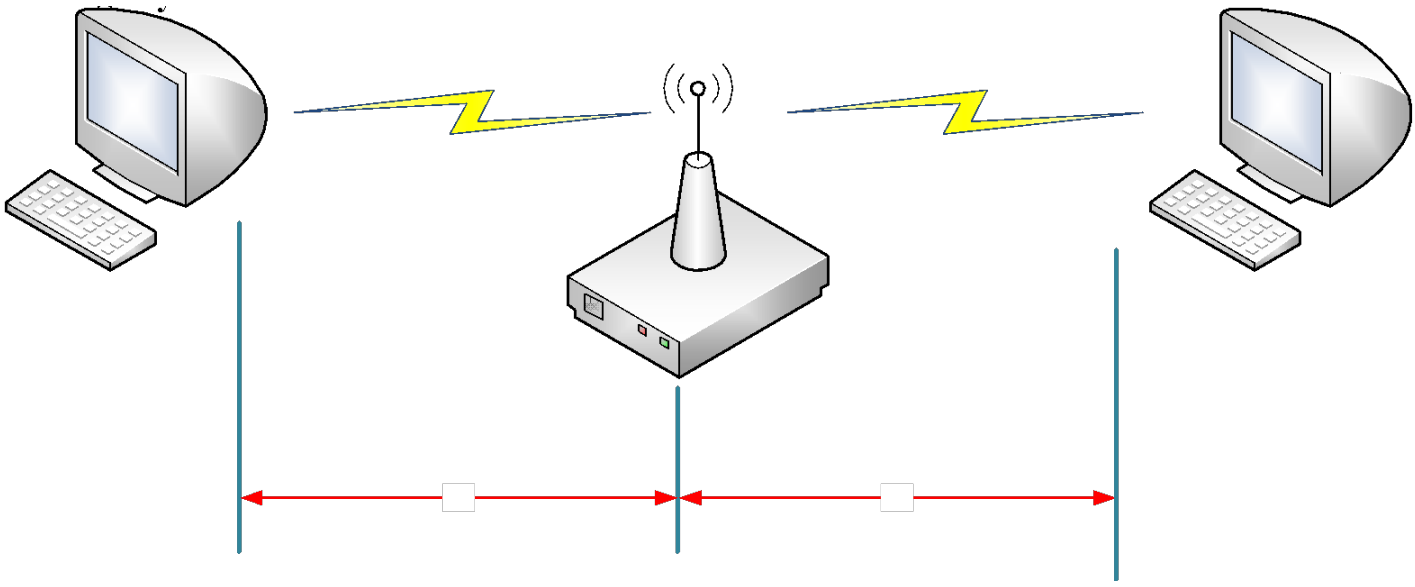

Рисунок 1 – Схема исследуемой Wi-Fi сети

Схема состоит из двух компьютеров (конфигурация: Intel Core i5 Quad Core 760 с частотой процессора 2.8 ГГц, 8 Гб оперативной памяти DDR3, жесткий диск на 500 Гб (Western Digital), ОС Windows 7 SP1 64 бит). На ПК установлен беспроводной двухдиапазонный адаптер ASUS PCE-AC66 802.11ac, а в

качестве точки доступа в эксперименте используется Linksys EA6500, а также двухдиапазонный с поддержкой 802.11ac. Внешний вид устройств указан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид ASUS PCE-AC66 (слева) и роутера Linksys EA6500 (справа)

Персональные компьютеры подключаются к точке доступа по беспроводному каналу и имеют статический IP-адрес. Расстояние между рабочими станциями и точкой доступа не превышает двух метров, это условие необходимо для получения оптимального качества и мощности сигнала.

Суть эксперимента: компьютерам был присвоен статический IP-адрес IPv4 для тестирования работы в режиме IEEE 802.11n (диапазон 2.4 и 5 ГГц) и в режиме IEEE 802.11ac. Далее IP адрес изменятся на формат IPv6, а все остальные параметры остаются без изменения.

Отдельно следует сказать о конфигурации точки доступа:

Linksys EA6500 поддерживает следующие протоколы безопасности: WEP, WPA Personal, WPA Enterprise, WPA2 Personal, WPA2 Enterprise, и смешанный персональный WPA2/WPA. Но, как известно, применение шифрования сети снижает ее пропускную способность, поэтому для получения максимальной пропускной способности тип шифрования не был задан (то есть тестировалась открытая сеть связи).

Ширина канала, используемая роутером, должна быть такой же, какую используют абоненты: чем выше ширина канала, тем, само собой, выше пропускная способность канала и как следствие – выше скорость передачи данных. В рассматриваемом эксперименте каждая сеть была настроена на максимально возможную ширину канала, которую позволяло дать оборудование – это 20 МГц для 802.11n для диапазона 2.4 ГГц, ширина канала 40 МГц для 802.11n в диапазоне 5 ГГц, и ширина канала 80 МГц для 802.11ac.

Теперь о выборе канала для передачи. Так как в диапазоне 2.4 и 5 ГГц работает большое количество беспроводных устройств и сетей, то их влияние на исследуемую сеть неизбежно. Вместе с тем точка доступа EA6500 имеет хороший алгоритм выбора оптимального (наименее зашумленного) канала передачи, так в диапазоне 2.4 – это каналы в частотном диапазоне от 2.412 до 2.472 ГГц и для диапазона 5 ГГц – от 5.180 до 5.240 ГГц, поэтому канал для передачи будет выбираться точкой доступа автоматически.

При проектировании сети и выбора наилучшего канала для передачи рекомендуется промониторить электромагнитный фон с помощью специального софта, рассмотренного ранее здесь.

Софт для генерации трафика и измерений

В качестве софта для генерации трафика был выбран Distributed Internet Traffic Generator (D-ITG) – бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом, совместим с Windows 7. Также работает под Linux-производными ОС (Ubuntu, Debian и др.) и FreeBSD. D-ITG хорошо зарекомендовал себя в тестировании трафика на беспроводных локальных сетях, включая DNS, Telnet и VoIP.

Результаты

Все измерения, приведенные выше, были проведены для пакетов разной длины от 128 до 524288 байт (точные значения: 128, 512, 2048, 8192, 32768, 131072, 524288 байт). В первом эксперименте измерялась пропускная способность TCP и UDP трафика. На втором – измерялся джиттер (jitter – дрожание) TCP и UDP трафика. На третьем шаге измерялась задержка перечисленных протоколов в сети.

Все тесты оценки эффективности производились в течение 20 секунд. Для обеспечения необходимой

точности измерений каждый размер пакета передавался по 3 раза, в отчет шло среднее значений по результатам трех измерений.

Теоретически 802.11ac расширил пропускную способность по сравнению с 802.11n за счет более большего числа пространственных потоков MIMO, с поддержкой многопользовательской MIMO, а также за счет увеличения ширины канала с 40 МГц (режим N) до 80 МГц (режим AC).

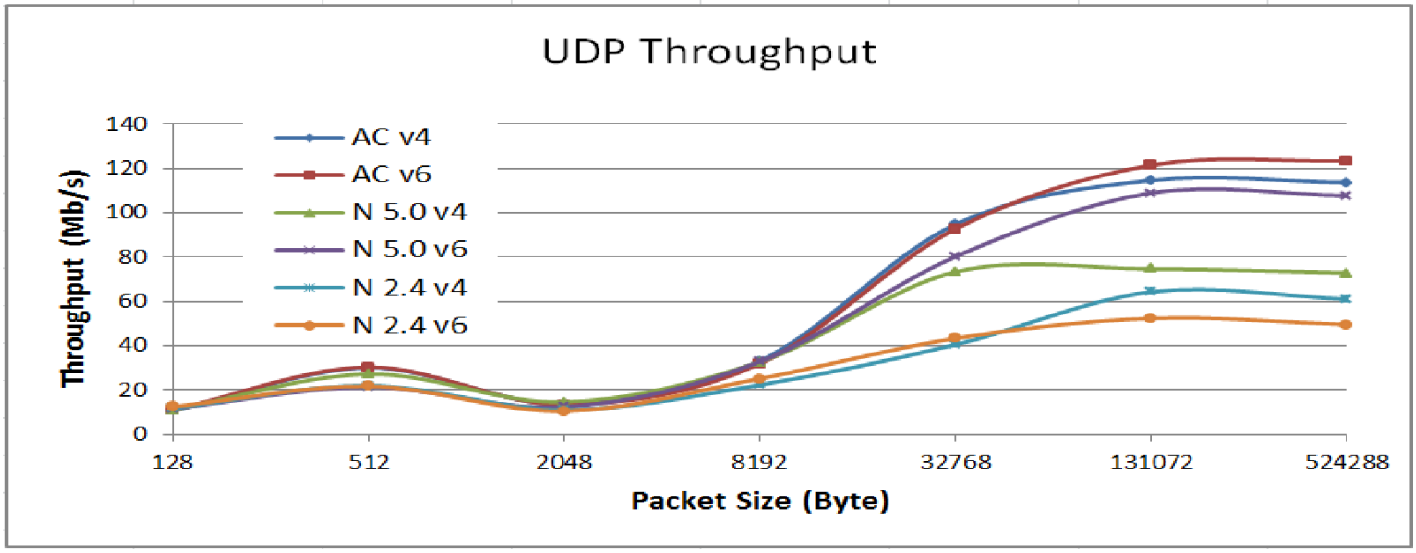

Рисунок 3 – Пропускная способность UDP-трафика

Как показано на рисунке 3, режим AC IPv6 достиг наивысшей скорости передачи данных в 120 Мбит/сек. Отдельно отметим, что режим N IPv6 (2.4 ГГц) более чем в 2 раза медленнее, чем в режиме AC IPv6. На рассматриваемом графике самая большая разница между самой высокой точкой для 802.11ac IPv6 и самой низкой для 802.11n 2.4 была замечена для пакета 524288 байт, здесь AC IPv6 обеспечивает скорость на 148.8% выше, чем N 2.4 IPv6 (разница на 73.8 Мбит/сек).

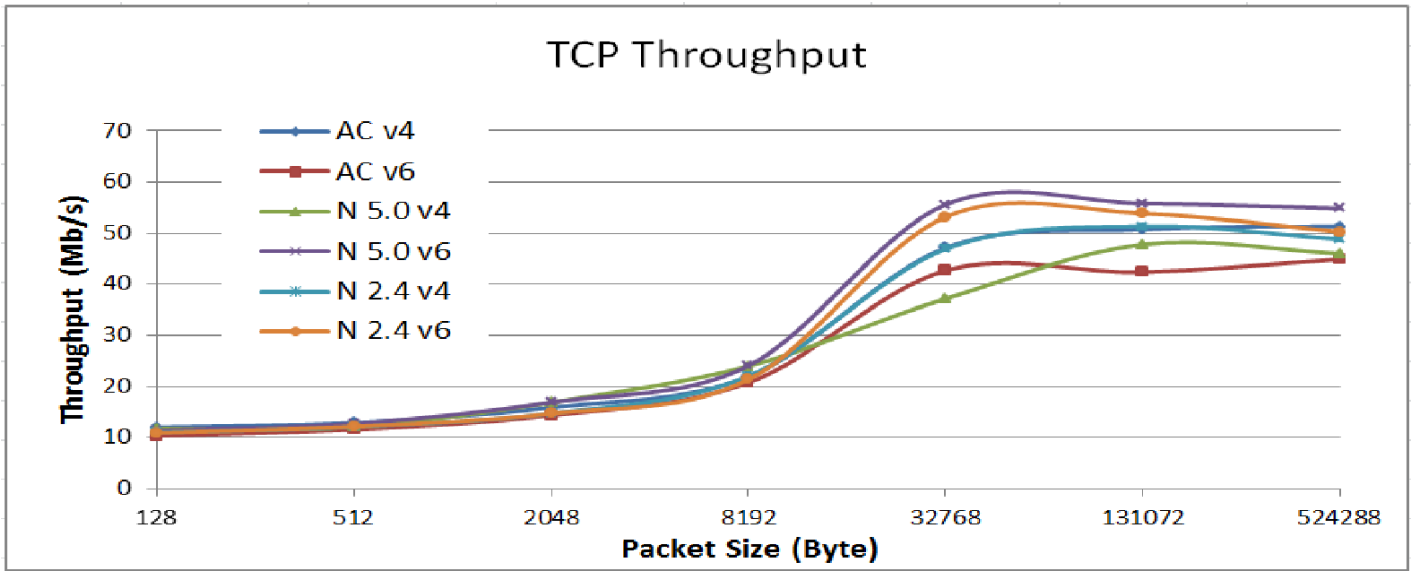

Рисунок 4 – Пропускная способность TCP трафика

Пропускная способность TCP трафика довольно сильно отличается от пропускной способности UDP, как показано на рисунке 4, 802.11n 5,0 ГГц IPv6 достигала наивысшего значения скорость передачи данных всего в 47 Мб/с. Как правило, разница в пропускной способности между наибольшим и наименьшим значением около 10 Мб/сек, согласитесь, не такое уж и большое число.

Заголовок IPv4 имеет две основные проблемы, играющие важную роль в замедлении пропускной способности. Первая заключается в том, что каждый пакет должен вычислять контрольную сумму, и каждый маршрутизатор должен обрабатывать все поля параметров пакета.

В отличие от IPv6, в заголовке которого содержится специальное поле, анализируя которое маршрутизаторы могут сразу анализировать пакет. Таким образом, это позволяет значительно

снизить джиттер в IPv6 по сравнению с IPv4. Это и подтверждается экспериментальными данными на рисунке ниже, джиттер для IPv6 был относительно меньше, чем в IPv4.

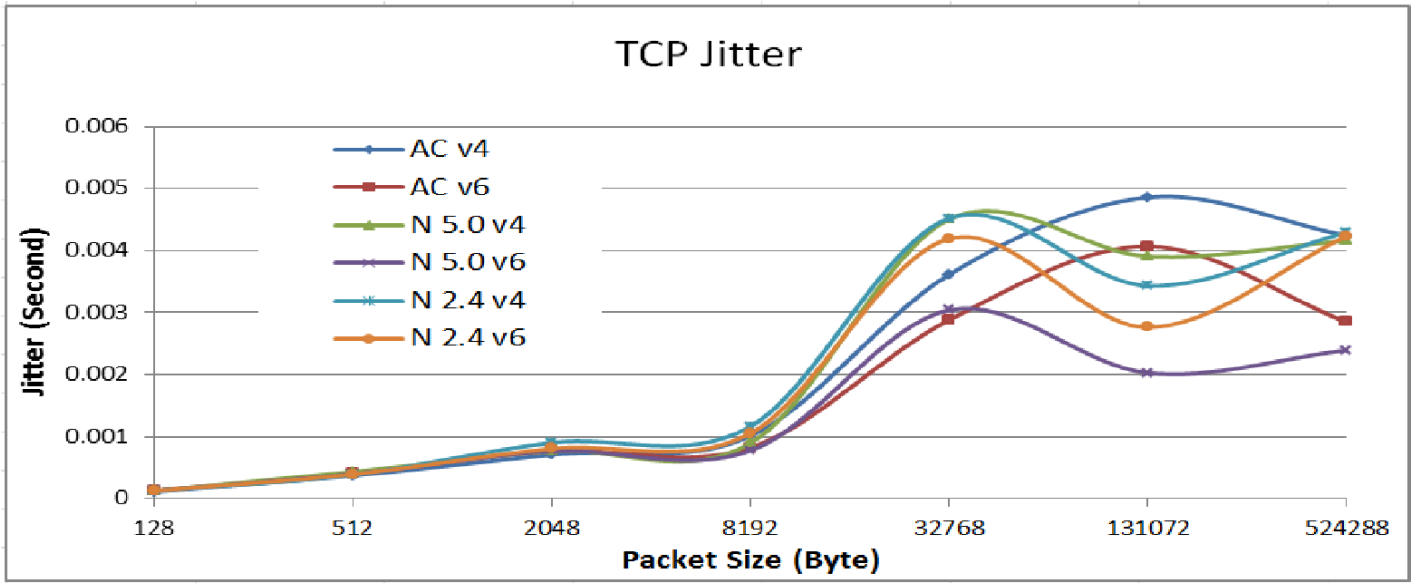

Рисунок 5 – Джиттер TCP трафика

По тем же самым причинам на графиках рисунка 6 IPv6 N и AC имеют меньший джиттер и для UDP трафика. На рисунке 6 джиттер N 5.0 IPv6 на 70% (0.002989 секунд) меньше, чем N 2.4 IPv6 для UDP трафика для размера пакета 524288 байт.

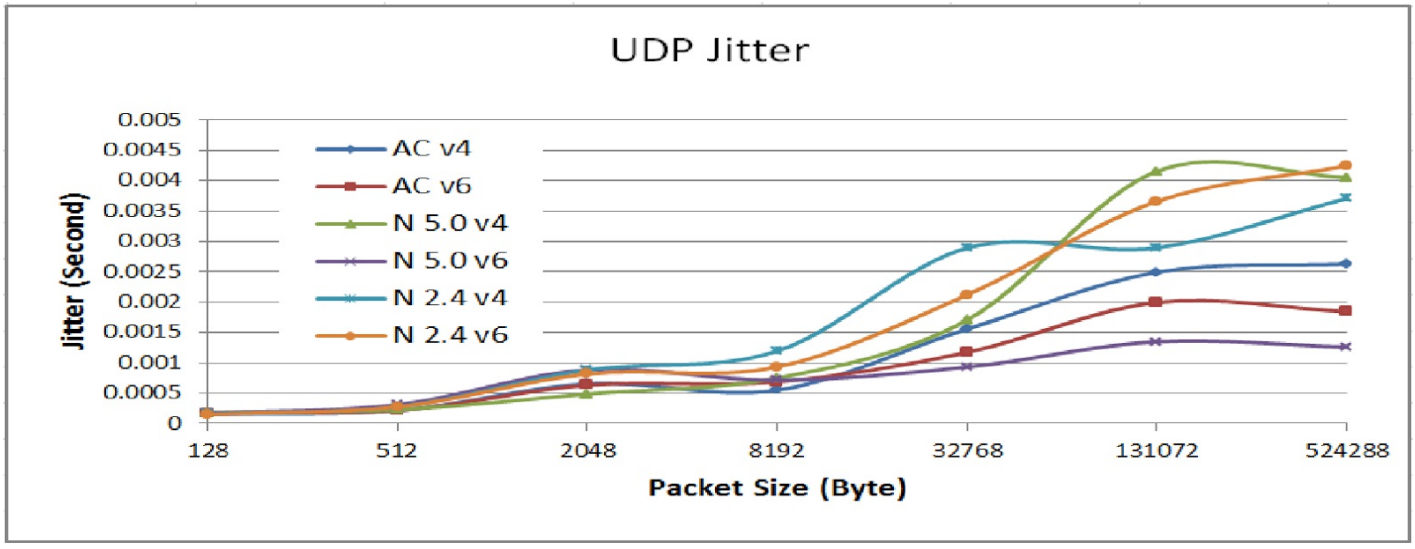

Рисунок 6 – Джиттер UDP – трафика

На рисунке 7 представлена задержка TCP трафика для всех экспериментальных схем. N 5,0 v6 имеет самую низкую суммарную задержку пакетов, а 802.11ac IPv4 имеет относительно высокую задержку для большинства размеров рассматриваемых пакетов. В целом отметим, что режим IPv6 имеет более низкую задержку, чем IPv4.

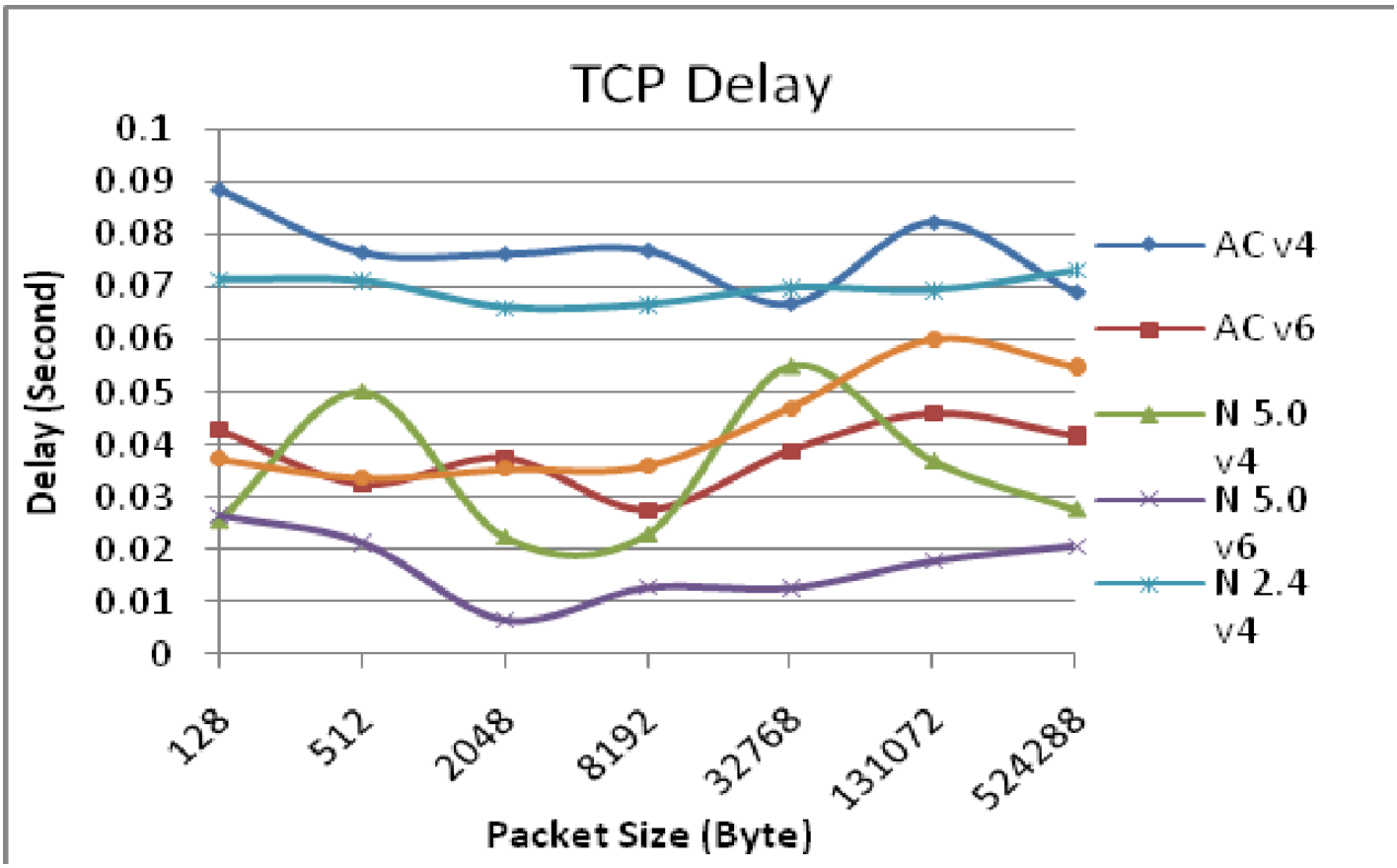

Рисунок 7 – Задержка TCP трафика

На рисунке 8 представлена задержка UDP трафика. В принципе, заключения, сделанные для задержки TCP трафика, справедливы и для UDP. Отметим, что 802.11n 5.0 IPv4 имеет самый высокий уровень задержек в рассматриваемых экспериментах.

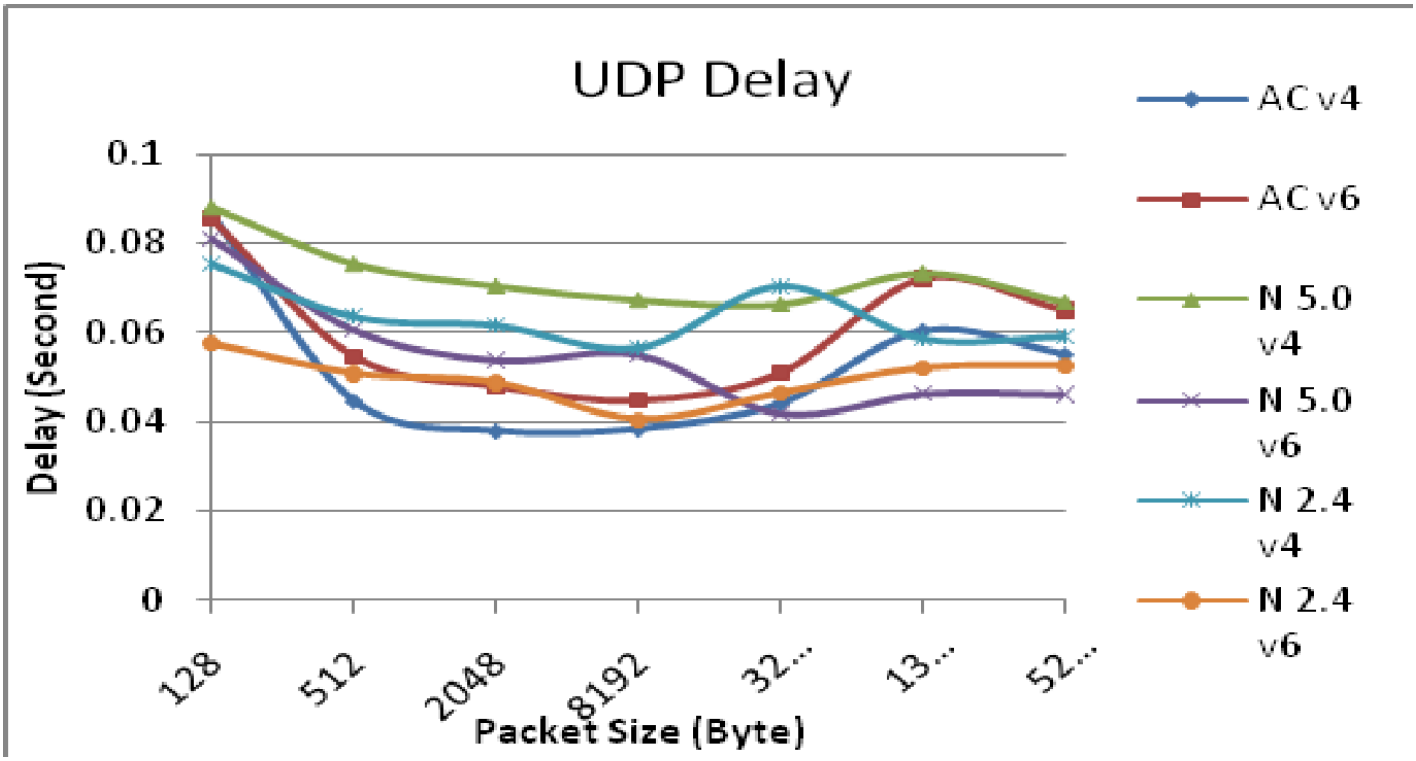

Рисунок 8 – Задержка UDP трафика

Заключение

В этом небольшом эксперименте был произведен анализ производительности IEEE 802.11ac и IEEE 802.11n сетей, тестирование было произведено на основе эмпирической модели. Измерялась скорость, задержка и джиттер TCP, UDP трафика. По результатам экспериментов мы можем сделать следующие выводы:

- Естественно 802.11ac имеет более высокую пропускную способность по сравнению с 802.11n как в IPv4, так и в IPv6 сетях. Пропускная способность UDP трафика всегда выше, чем TCP. Скорость передачи UDP в 802.11ac примерно на 148% выше, чем 802.11n на частоте 2.4 ГГц.
- Самая высокая пропускная способность беспроводного канала была получена в режиме IEEE 802.11ac IPv6 для UDP трафика и составила 123 Мб / сек.
- Режимы 802.11ac и 802.11n для сети IPv6 имеют относительно низкое значение джиттера пакета по сравнению с IPv4 сети.
- Режимы 802.11ac и 802.11n для сети IPv6 имеет более низкую задержку по сравнению с IPv4 сетью, при передачи TCP / UDP трафика.