

УДК 004.92

Мохамед Саид Газал, А.В. Горбенко, О.М. Тарасюк

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОРОГОМ ФРАГМЕНТАЦИИ ПАКЕТОВ ДАННЫХ

*Проведен анализ факторов, влияющих на производительность беспроводных сетей стандарта 802.11g, Рассмотрен механизм фрагментации и представлены результаты исследования влияния порога фрагментации на пропускную способность беспроводной компьютерной сети.*

**Ключевые слова:** беспроводная сеть, Wi-Fi, 802.11g, производительность, фрагментация.

### Введение

**Постановка задачи.** С распространением компьютерных сетей, увеличением количества абонентов и повышением интенсивности информационного обмена всё большую актуальность приобретает проблема повышения производительности.

Производительность компьютерной сети [1] - это эффективность выполнения её функций, таких как обеспечение быстрой и безошибочной передачи данных, совместное использование ресурсов, обеспечение защиты данных, обмен электронной почтой в пределах предприятия и в глобальных масштабах и др.

Однако на практике реальная скорость приёма/передачи данных оказывается существенно ниже, чем битовая скорость, поддерживаемая используемой сетевой технологией. Особенно остро эта проблема стоит в беспроводных сетях [2, 3]. Реальная пропускная способность беспроводной компьютерной сети зависит от используемой технологии, количества абонентов в сети, протяженности и качества каналов связи, уровня электромагнитных помех, используемого сетевого оборудования, протоколов и многих других факторов.

Например, при воздействии электромагнитных помех происходит искажение передаваемой информации. Этот факт обнаруживается с помощью анализа контрольной суммы сетевого пакета. Если пакет был искажен, то он отбрасывается принимающей стороной. В результате получатель не отправляет передатчику подтверждение об успешном приеме, а, следовательно, отправитель выполнит повторную передачу этого пакета. Таким образом, чем больше длина сетевого пакета и чем выше вероятность возникновения битовой ошибки, тем меньше производительность компьютерной сети за счет увеличения накладных расходов на выполнение повторных передач.

При большой вероятности битовой ошибки (BER, Bit Error Rate) рекомендуется [3] уменьшить длину сетевых пакетов путем фрагментации. Фрагментация – это выполняемая на MAC-уровне функ-

ция, назначение которой – повысить надежность передачи пакетов данных через беспроводную среду. Под фрагментацией понимается дробление пакета на меньшие фрагменты и передача каждого из них отдельно.

С одной стороны данный механизм уменьшает пропускную способность беспроводной сети за счет увеличения доли служебной информации, которая добавляется к каждому фрагменту пакета данных. С другой стороны, вероятность успешной передачи фрагмента меньшей длины через зашумленную беспроводную среду оказывается выше. Получение каждого фрагмента фрейма подтверждается отдельно. Следовательно, если какой-нибудь фрагмент фрейма будет передан с ошибкой или вступит в коллизию, то повторно будет передан только этот фрагмент, а не весь пакет, что позволит увеличить производительность беспроводной сети, работающей в условиях высокого уровня электромагнитных помех, за счет уменьшения объема повторных передач.

**Целью статьи** является анализ факторов, влияющих на производительность беспроводных компьютерных сетей, а так же исследование возможности повышения производительности за счет динамического изменения порога фрагментации в современных беспроводных компьютерных сетях стандарта IEEE 802.11.

### Факторы, влияющие на производительность беспроводной компьютерной сети

При анализе факторов, влияющих на производительность беспроводных сетей, были выделены следующие:

- особенности метода множественного доступа к среде передачи CSMA/CA;
- работа абонентов беспроводной сети в одном диапазоне частот, что приводит к разделению доступной пропускной способности между всеми компьютерами, подключенными к одной точке доступа независимо от направления информационных пото-

ков, т.е. беспроводная точка доступа работает в режиме концентратора, а не коммутатора;

- зависимость битовой скорости передачи от уровня мощности принимаемых/передаваемых данных, что обуславливает снижение пропускной способности при удалении абонента от точки доступа. Например, в технологии IEEE802.11g скорость передачи 54 Мбит/с поддерживается только в непосредственной близости от точки доступа (в радиусе до 10 м), а при удалении на значительное расстояние (100 м) снижается до 1-2 Мбит/с [2];

- неправильное определение необходимого количества точек доступа и их нерациональное распределение для обеспечения требуемых условий покрытия зоны обслуживания;

- затухание электромагнитного сигнала при преодолении естественных препятствий и строительных сооружений, таких как стены, перекрытия, здания;

- радиопомехи, а также интерференция, возникающая при работе соседних точек доступа на одинаковых или пересекающихся по частоте каналах;

- наличие служебной информации и межкадрового интервала;

- дополнительные методы шифрования, повышающие избыточность информации, а также увеличивающие время, требуемое обработки сетевых пакетов при их передаче и приеме;

- неэффективность работы протокола TCP/IP в беспроводных компьютерных сетях. При истечении таймера повторной передачи для некоторого сетевого пакета протокол TCP на стороне отправителя резко уменьшает окно передачи для избежания перегрузки компьютерной сети. Однако в беспроводных сетях потеря пакетов чаще всего обусловлена

не перегрузкой сети, а тем, что пакет был отброшен получателем после проверки контрольной суммы из-за возникших, вследствие влияния электромагнитных помех, искажений. Т.е. вместо того, чтобы выполнить быструю повторную передачу искаженного пакета протокол TCP необоснованно снижает пропускную способность.

В результате проведенного анализа можно сделать общий вывод о том, что фактическая пропускная способность беспроводной компьютерной сети индивидуальна для каждого абонента и на практике может оказаться значительно меньше максимальной битовой скорости передачи, поддерживаемой стандартом.

### Использование фрагментации для повышения производительности беспроводной сети

Беспроводные сети характеризуются достаточно высокой вероятностью битовой ошибки (*Bit Error Rate, BER*) по сравнению с кабельными сетями в силу воздействия электромагнитных помех. Для беспроводных сетей Wi-Fi типичным значением BER [2] является  $10^{-5}$ , в то время как для компьютерных сетей на основе витой пары [4] это значение составляет  $10^{-7}$ , а при использовании оптоволоконного кабеля снижается до  $10^{-9}$ . Таким образом, большое значение размера поля данных приводит к повышению вероятности искажения всего пакета, что повлечет за собой повторную передачу и, как следствие, снижение полезной пропускной способности.

Одним из решений этой проблемы является фрагментация пакетов (рис. 1) и снабжение каждого пакета небольшим заголовком с адресной информацией и отдельной контрольной суммой.

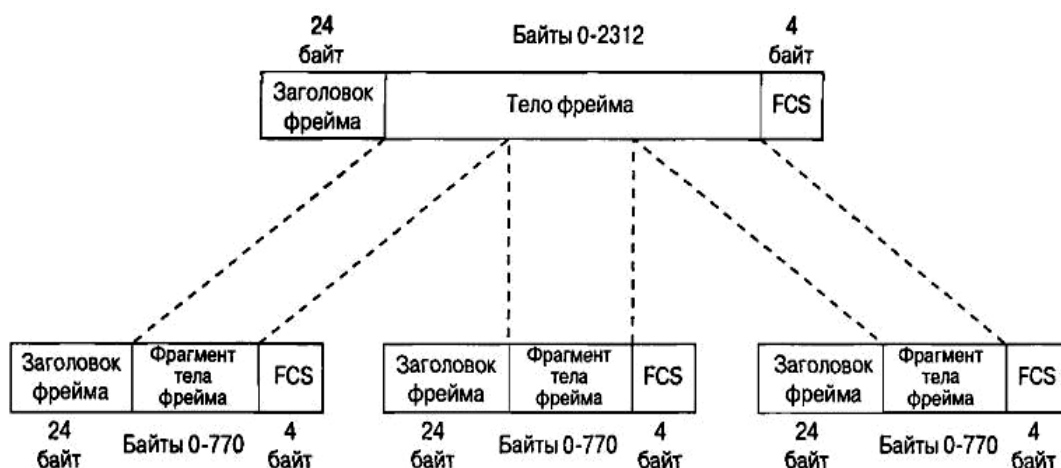


Рис. 1. Фрагментация фрейма данных

Тогда при искажении повторно необходимо будет передать не весь пакет, а отдельный небольшой фрагмент.

В то же время очевидно, что фрагментация пакетов увеличивает накладные расходы, связанные с увеличением общего объема служебной информа-

ции. Поэтому количество и размер фрагментов целесообразно выбирать динамически в зависимости от текущего значения BER.

Однако на сегодняшний день в современных беспроводных сетевых технологиях, таких как IEEE802.11g эта проблема не решена и порог фрагментации может быть задан лишь статически.

### Исследование зависимости производительности беспроводной сети от порога фрагментации

Для проведения исследования зависимости производительности беспроводной сети от порога фрагментации в пакете Matlab была разработана имитационная модель.

В результате проведенного моделирования были получены графики зависимости пропускной способности от битовой ошибки при передаче исходного фрагментируемого пакета разной длины (рис. 2 – 4).

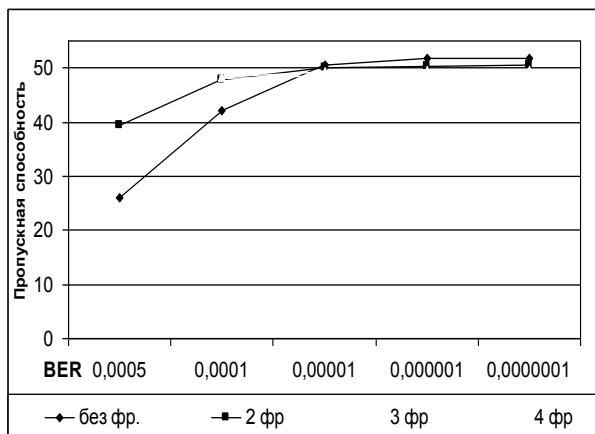


Рис. 2. Зависимость пропускной способности от BER при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 2312 байт

Максимальный размер пакета IEEE802.11g составляет 2312 байт, порог фрагментации (при делении на 2, 3, и 4 фрейма) – 1156, 771 и 578 байт соответственно.

Из анализа графиков на рис. 2 можно сделать вывод, что в случае вероятности битовой ошибки меньше чем 0,0000055 выполнять фрагментацию не следует, так как пропускная способность при передаче нефрагментируемого пакета выше, чем при выполнении фрагментации.

В случае вероятности битовой ошибки 0,0005 наиболее высокая пропускная способность наблюдается при использовании порога фрагментации, равного 578 байт, когда исходный пакет делится на четыре фрагмента.

В случае, когда исходный размер пакета равен 1156 байт, зависимость пропускной способности от вероятности битовой ошибки будет выглядеть следующим образом (рис. 3).

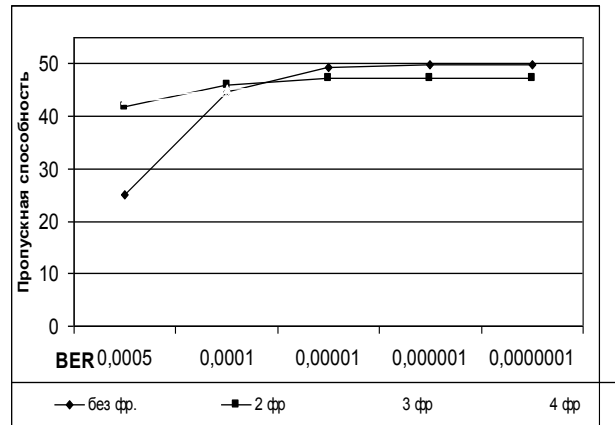


Рис. 3. Зависимость пропускной способности от BER при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 1156 байт

Как видно, при исходном размере пакета 1156 байт и вероятности битовой ошибки 0,0003 без выполнения фрагментации пропускная способность сети снижается в 2 раза, в этом случае фрагментация пакета позволяет повысить данную характеристику до 42 Мб/с.

При вероятности битовой ошибки 0,0000055 выполнение разбиения пакета на фрагменты приведет к снижению пропускной способности по сравнению с передачей нефрагментируемого пакета.

В случае же, когда значение BER равно 0,0000055 разбиение пакета на 2 фрагмента «выгоднее», чем на 3 или 4.

Если исходный размер пакета составляет 771 байт, а размер фрагментов при разбиении на 2, 3 и 4 фрагмента – 386 байт, 257 байт и 193 байт соответственно, то в случае вероятности битовой ошибки, близкой к 0,00025 без фрагментации пакета, пропускная способность сети снижается до 23 Мбит/с (см. рис. 4), а при выполнении фрагментации она может быть повышена до 41 Мбит/с (при разбиении на 2 фрагмента).

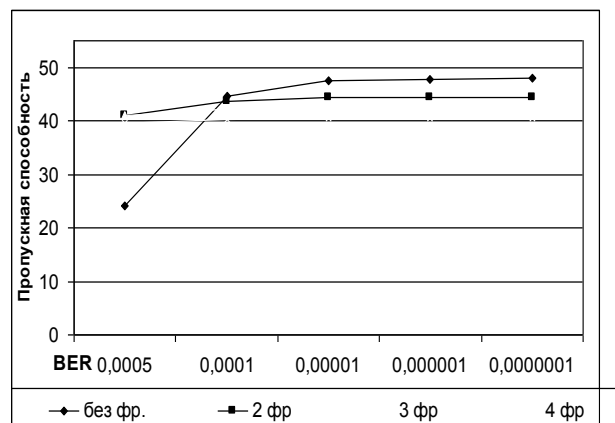


Рис. 4. Зависимость пропускной способности от BER при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 771 байт

При вероятности битовой ошибки 0,000055 выполнение фрагментации не целесообразно.

Наконец, для пакета с исходным размером 578 байт без фрагментации пропускная способность сети снижается до 22 Мбит/с при вероятности битовой ошибки, близкой к 0,00025 (рис. 5).

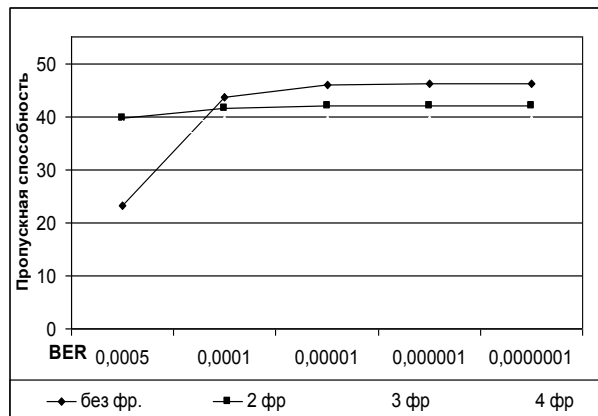


Рис. 5. Зависимость пропускной способности от BER при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 578 байт

При разбиении же исходного пакета на 2, 3 и 4 фрагмента пропускная способность составляет 37, 38 и 40 Мбит/с соответственно.

Дальнейшее применение фрагментации к пакетам, исходная длина которых меньше 578 байт, является нецелесообразным из-за высокой избыточности служебной информации.

### Выводы

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на производительность беспроводных компьютерных сетей, и рассмотрен способ повышения пропускной способности при работе компьютерной сети в условиях электромагнитных помех или слабого уровня принимаемого сигнала.

Способ основан на динамическом изменении порога фрагментации в зависимости от текущего значения вероятности битовой ошибки.

В результате имитационного анализа были получены зависимости, позволяющие выбрать наилучший порог фрагментации в зависимости от параметра BER при использовании сетевых пакетов и различным исходным размером. Как показывают результаты исследований, правильный выбор порога фрагментации в определенных случаях позволяет более чем в два раза повысить пропускную способность компьютерной сети.

Необходимо отметить, что при хорошем уровне сигнала и отсутствии электромагнитных помех информацию целесообразно передавать пакетами максимальной длины без использования фрагментации. В технологии IEEE802.11g максимально допустимый размер пакета ограничен значением в 2312 байт.

### Список литературы

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2009 – 958 с.
2. M. Gast. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide. – O'Reilly, 2002 – 464 p.
3. Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Рошан, Д. Лиэре. – М.: Вильямс, 2004 – 296 с.
4. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2002. – 992 с.

Поступила в редколлегию 5.08.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ УПРАВЛІННЯ ПОРОГОМ ФРАГМЕНТАЦІЇ ПАКЕТІВ ДАНИХ

Мохамед Саїд Газал, А.В. Горбенко, О.М. Тарасюк

Проведено аналіз факторів, що впливають на продуктивність бездротових мереж стандарту 802.11g. Розглянуто механізм фрагментації та надано результати дослідження впливу порогу фрагментації на пропускну здатність бездротової комп'ютерної мережі.

**Ключові слова:** бездротова мережа, Wi-Fi, 802.11g, продуктивність, фрагментація.

### ENHANCING THE WIRELESS NETWORKS PERFORMANCE BY CONTROLLING DATA FRAMES' FRAGMENTATION THRESHOLD

Mokhamed Said Gazal, A.V. Gorbenko, O.M. Tarasyuk

The analysis of factors affecting the performance of 802.11g wireless networks is carried out. The fragmentation mechanism is considered and results of impact examination of data frames' fragmentation threshold on performance of wireless networks are presented.

**Keywords:** wireless network, Wi-Fi, 802.11g, performance, fragmentation.