

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

<sup>1</sup>Факультет компьютерных наук

<sup>2</sup>Институт электроники систем управления  
Национального авиационного университета

*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*

### **Вступление**

Проблема повышения производительности компьютерной сети весьма актуальна.

На практике реальная скорость приема/передачи данных оказывается существенно ниже, чем битовая скорость, поддерживаемая используемой сетевой технологией. Особенно остро эта проблема стоит в беспроводных сетях [1, 2]. 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.

### **Постановка задачи**

При большой вероятности битовой ошибки (*BER, Bit Error Rate*) рекомендуется [2] уменьшить длину сетевых пакетов путем фрагментации. Фрагментация – это выполняемая на *MAC*-уровне функция, назначение которой – повысить надежность передачи пакетов данных через беспроводную среду.

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, исследование возможности повышения производительности за счет динамического изменения порога фрагментации в современных беспроводных компьютерных сетях стандарта *IEEE 802.11*.

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 потоков, т.е. беспроводная точка доступа работает в режиме концентратора, а не коммутатора;
- 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 увеличивающееся время, требуемое обработки сетевых пакетов при их передаче и приеме.

В результате проведенного анализа можно сделать общий вывод о том, что фактическая пропускная способность беспроводной компьютерной сети инди-

видуальна для каждого абонента и на практике может оказаться значительно меньше максимальной битовой скорости передачи, поддерживаемой стандартом.

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* [1] является  $10^{-5}$ , в то время как для компьютерных сетей на основе витой пары [3] 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.

Очевидно, что фрагментация пакетов увеличивает накладные расходы, связанные с увеличением общего объема служебной информации. 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 *IEEE802.11*, эта проблема существует, и порог фрагментации может быть задан лишь статически.



Рис. 1. Фрагментация фрейма данных

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

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

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

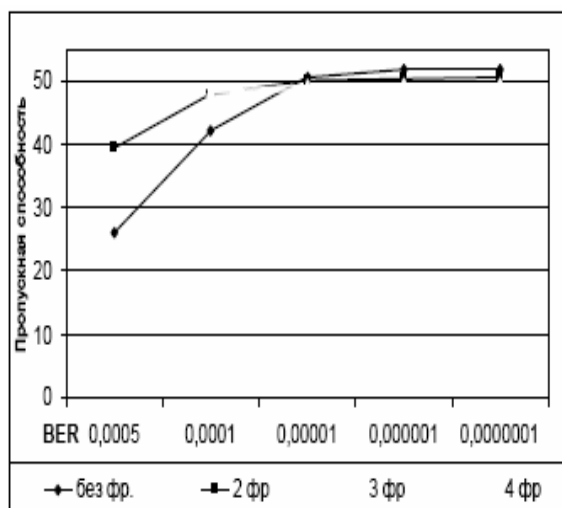


Рис. 2. Зависимость пропускной способности от *BER* при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 2312 байт

Из анализа графиков (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 том случае, когда исходный размер пакета равен 1156 байт, зависимость

пропускной способности от вероятности битовой ошибки показана на рис. 3.

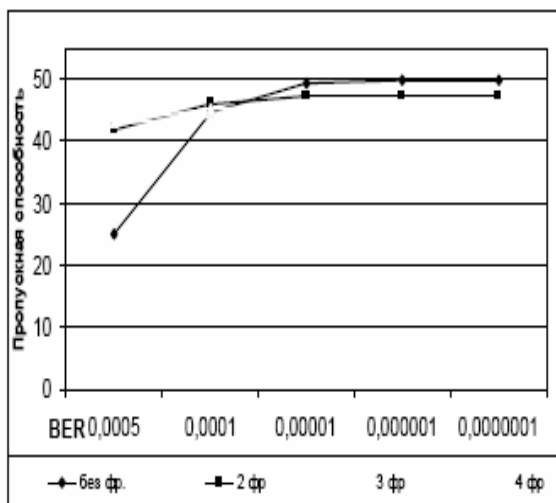


Рис. 3. Зависимость пропускной способности от *BER* при передаче фрагментируемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) размером 1156 байт

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 том 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 (рис. 4), а при выполнении фрагментации она может быть повышена до 41 Мбит/с (при разбиении на 2 фрагмента).

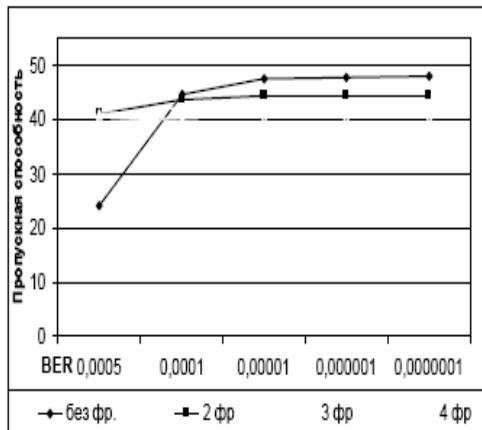


Рис. 4. Залежність пропускної здатності від  $BER$  при передачі фрагментуемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) розміром 771 байт

При вероятності битової помилки 0,000055 виконання фрагментації нецелесообразно.

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).

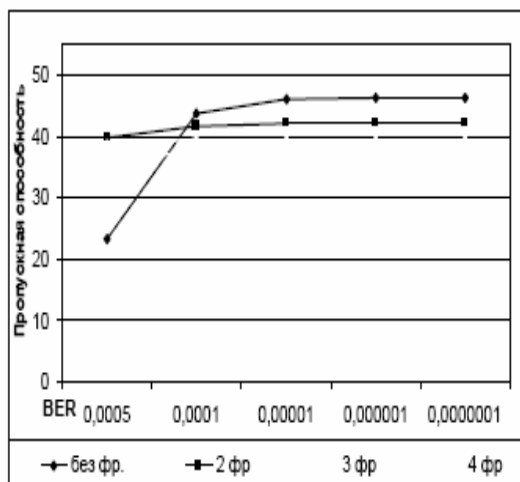


Рис. 5. Залежність пропускної здатності від  $BER$  при передачі фрагментуемого пакета (1, 2, 3, 4 фрагмента) розміром 578 байт

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 нецелесообраз-

разным из-за высокой избыточности служебной информации.

### Выводы

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на производительность беспроводных компьютерных сетей, 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. *M. Gast. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide.* – O'Reilly, 2002. – 464 p.
2. *Рощан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Рощан, Д. Лиэре.* – М.: Вильямс, 2004. – 296 с.
3. *Таненбаум Э. Компьютерные сети.* 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2002. – 992 с.