

2. *Enns D. F.* Model reduction with balanced realizations: An error bound and a frequency weighted generalization // Proc. 23rd Conf. Decision Contr., Las Vegas, 1984. P. 127–132.
3. *Pernebo L., Silverman L. M.* Model reduction via Balanced State space Representation // IEEE. Transactions on Automatic Control, AC-27, 1982(2). P. 382–387.

## УЛУЧШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СТАНДАРТА 802.11 В VOIP ТЕЛЕФОНИИ

**А. Г. Семенов**

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие беспроводных сетей привело к тому, что VoIP (IP телефония) развивается стремительными темпами. Однако качество сервиса во многих случаях оставляет желать лучшего. Одной из причин тому является низкая емкость VoIP в WLAN. Теоретически, возможно одновременное выполнение более 500 VoIP сессий в Wi-Fi сетях (802.11b) при скорости VoIP потока менее чем 20 Кбайт/с (по 10 в обе стороны). В действительности, эта цифра гораздо скромнее и составляет от 10 до 20 в зависимости от используемого кодека.

Целью работы является разработка схемы мультиплексного сжатия пакетов для улучшения емкостных показателей беспроводной сети стандарта IEEE 802.11 без изменения на MAC-уровне.

Для достижения этой цели решались следующие задачи: исследование механизмов работы стандарта IEEE 802.11b/g; сравнение существующих кодеков сжатия голоса, применяемых в IP телефонии; построение модели рассматриваемой сети.

### 1. МУЛЬТИПЛЕКСНАЯ СХЕМА

Главная идея предлагаемой схемы состоит в том, чтобы объединить данные от несколько нисходящих потоков в один. Таким образом, издержки многократных VoIP пакетов могут быть уменьшены до издержек одного многоадресного пакета.

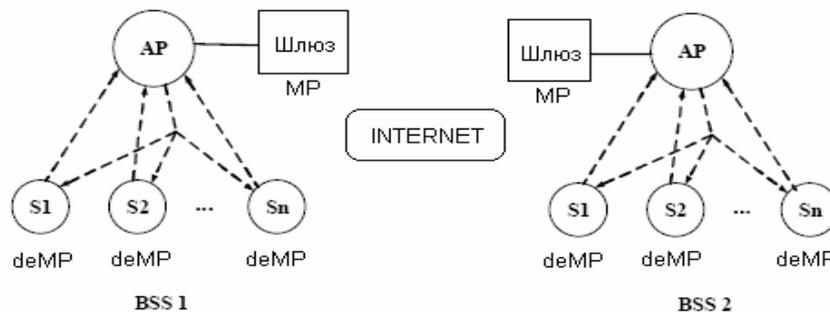


Рис. 1. VoIP схема с мультиплексированием

Нисходящий VoIP трафик сначала проходит мультиплексор (MP) в голосовом шлюзе. MP заменяет RTP, UDP и IP заголовки каждого голосового пакета в сжатый мини-заголовок, объединяет пакеты в единственный мультипакет, затем передает его через точку доступа. Полезной загрузке каждого VoIP пакета предшествует мини заголовок, в котором находится ID для идентификации текущего VoIP пакета. Приемник, на который следует VoIP пакет, использует этот ID, чтобы извлечь конкретный пакет из мультиплексного пакета. Извлечение выполняется демупльтиплексором (deMP). После получения полезной информации, deMP восстанавливает оригинальный RTP заголовок и собирает данные в первоначальную форму перед передачей к VoIP приложению. В восходящем потоке все станции используют стандартную одноадресную схему [1]. На рис. 1 мы видим, что эта схема может уменьшать число VoIP потоков на одном BSS от  $2n$  до  $n+1$ , где  $n$  – номер VoIP сессии. MP отправляет мульти пакет каждые  $T$  мс, где  $T$  – интервал между кадрами. Для кодека G.729,  $T$  – 10 мс. Большие значения  $T$  могут улучшить эффективность полосы пропускания, так как большее количество пакетов может быть мультиплексировано, однако задержки тоже увеличатся.

## 2. АНАЛИЗ ЕМКОСТИ

Существует два способа задания полосы пропускания: с постоянной полосой пропускания (continuous-bit-rate – CBR) и с переменной полосой пропускания (variable-bit-rate – VBR). Для CBR скорость голосовых пакетов равна показателю скорости кодека (например, в G.729 – 50 пакетов в секунду). VBR источники используют модель, представленную в [2].

Пусть  $n$  – максимальное число поддерживаемых одновременно сессий. Время передачи нисходящих и восходящих пакетов соответственно  $T_{down}$  и  $T_{up}$  соответственно. Пусть  $T_{average}$  – среднее время между передачами двух последовательных пакетов в WLAN. То есть в одной секунде, всего  $1/T_{average}$  пакетов, переданных точкой доступа и всеми станциями.(1)

Рассмотрим сначала емкость VoIP в стандартном режиме работы. Для VoIP пакета заголовок  $P_H$  состоит из заголовков RTP, UDP, IP и 802.11 MAC уровня:

$$P_H = P_{RTP} + P_{UDP} + P_{IP} + P_{MAC}. \quad (2)$$

Кроме того, на MAC уровне, издержки источника составляют

$$H_{out} = DIFS + CW_{average} + PHY. \quad (3)$$

В случае с одноадресным пакетом, затраты в приемнике

$$H_{in} = SIFS + ACK \quad (4),$$

где  $CW_{average} = T_S * \frac{(CW_{min} - 1)}{2}$  – среднее время ожидания до начала передачи следующего пакета,  $T_S$  – время передачи пакета. Итак, мы имеем

$$T_{down} = T_{up} = \frac{(P + P_H)}{V_{data}} + H_{out} + H_{in}. \quad (5)$$

В обычном VOIP случае мы имеем  $n$  восходящих и  $n$  нисходящих одноадресных потоков. В среднем, для каждого downlink пакета, имеется соответствующий uplink пакет

$$T_{average} = \frac{T_{down} + T_{up}}{2} \quad (6)$$

$$1/T_{average} = 2n * N, \quad (7)$$

где  $N$  – число пакетов, отправленных одним потоком в секунду. Значения  $DIFS$ ,  $PHY$ ,  $SIFS$ ,  $ACK$  для 802.11b (G.729) приведены в [3].  $P$  – 33 байта,  $N$  – 50,  $V_{data}$  – 11Мбит/с. Решая (7), получаем  $n=11.2$ . Итак, мы видим, что 802.11b WLAN может поддерживать только 11 VoIP сессий. Рассмотрим теперь емкость VoIP в нами предложенном режиме работы.

В схеме мультиплексного объединения пакетов, RTP, UDP и IP заголовков каждого обыкновенного пакета сжат до 2 байт,  $n$  пакетов соединены в один пакет, и они разделяют издержки того же кадра, который включает UDP, IP и MAC заголовки мультиплексного пакета. Стоит отметить, RTP заголовка в мультиплексном пакете уже не существует. Кроме того, так как мультиплексный пакет отправлен по многим адресам, то он также не имеет и  $H_{in}$ . Так,

$$T_{down} = \frac{((P + 2) * n + P_{UDP} + P_{IP} + P_{MAC})}{V_{data}} + H_{out}. \quad (8)$$

Здесь в среднем одному нисходящему пакету соответствуют  $n$  восходящих пакетов. Имеем

$$T_{average} = \frac{(T_{down} + n * T_{up})}{(n + 1)}, \quad (9)$$

где  $T_{up}$  то же самое, что в (5). Решая (8) и (9) с учетом

$$1/T_{average} = (n + 1) * N, \quad (10)$$

получаем  $n=21.2$ .

Емкость VoIP для разных кодеков

Кодеки	Обычная схема работы VoIP	Мультиплексная схема
GSM 6.10	11.2	21.2
G.711	10.2	17.7
G.723.1	17.2	33.2
G.726-32	10.8	19.8
G.729	11.4	21.7

Аналогично были получены значения  $n$  при использовании других кодеков.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Здесь представлены результаты моделирования сети при использовании симулятора сетей NS2 – Network Simulator 2 [4]. Модель состоит из точки доступа и числа мобильных станций пользователей. Тип используемой антенны – Omni. Это означает, что сигнал распространяется одинаково во всех направлениях. Тип беспроводного соединения – LL, протокол маршрутизации – DSDV, время эксперимента – 45 секунд.

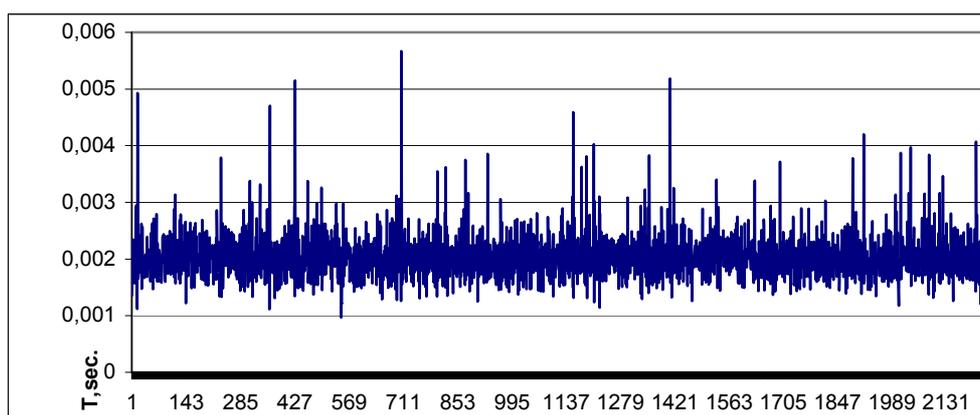


Рис. 2. Сдвиги во временной области (Джиттер)

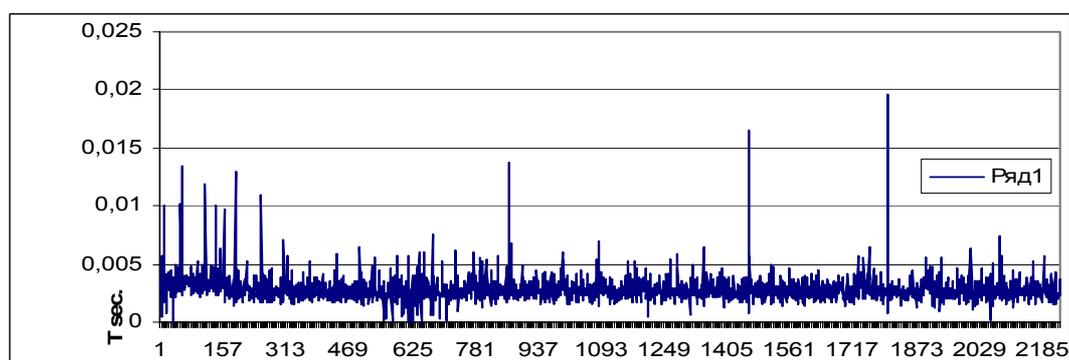


Рис. 3. Сдвиги во временной области при наличии TCP соединения

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной работе получены результаты, подтверждающие, что схема с мультиплексным объединением пакетов увеличивает емкость сети стандарта IEEE 802.11 в два раза в исследуемых кодеках. Максимальное количество VoIP сессий в IEEE 802.11b в обычном случае составляет 14, и 38 при использовании модели с переменным битрейтом. Наличие TCP соединения в беспроводной сети способно уменьшить максимальное количество VoIP соединений на 25-30%, также ведет к возрастанию задержек. Показано, что данное улучшение достигается без вмешательства в MAC протокол. Теоретические расчеты были подтверждены результатами моделирования в среде симулятора NS-2.

### **Литература**

1. *Frank O.* Voice over 802.11. British Library. ISDN: 1-58053-677-8. 2004.
2. *Brady P.* A Model for Generating On-Off Speech Patterns in Two-Way Conversation // Bell Syst. Tech. Journal. Sept. 1969. V. 48. No. 7. P. 2245–2272.
3. *Bai Y., Ito M. R.* A study for providing better quality of Services to VoIP Users // IEEE AINA06.
4. The Network Simulator – NS-2. Интернет-адрес: [www.isi.edu/nsnam/ns/](http://www.isi.edu/nsnam/ns/)

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**

**А. В. Сиволобов**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследование кинетики спектров флуоресценции позволяет изучать множество структурных и динамических свойств молекулярных систем, таких как микровязкость, вращательная диффузия, концентрация, размер молекул и др. Анализируя спектр испускания, можно получить информацию о ближайшем окружении флуорофора.

Причиной растущей популярности флуоресцентных исследований является сочетание высокой чувствительности данных методов с подходящим временным диапазоном между поглощением и переиспусканием кванта энергии ( $\approx 10$  нс). За этот промежуток времени может произойти множество различных молекулярных процессов, которые способны повлиять на спектральные характеристики флуорофоров. Достоинством флуоресцентной спектроскопии является также очень низкая инвазивность по отношению к образцу. В отличие от неоптических методов, например электронной микроскопии, флуоресцентно-спектроскопические методы позволяют работать с живыми клетками. Это один из основных факторов, предопределивших их развитие. Метод ICS (Image Correlation