

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВИДЕО В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ ПУТЕМ ДУБЛИРОВАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ КАДРОВ

Сагатов Евгений Собилович

Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Введение

В большом городе мы постоянно находимся в зоне действия сразу нескольких сетей различных поколений: Wi-Fi, 3G и WiMAX [1]. Отсутствие проводов и привязки к конкретному месту делают мобильный Интернет невероятно популярным и экспоненциально растущим год от года [2]. Но мобильность накладывает свои ограничения в первую очередь на сервисы последнего поколения. Их внедрение ограничивается качественными параметрами беспроводных сетей: значительным процентом потерь пакетов и большими значениями вариации задержки пакетов. Подробная информация о градациях качества сетевого соединения при передаче видео приведена в [3, 4].

Ранее в работе [5] рассматривалась проблема адаптации современных алгоритмов кодирования и передачи видео для беспроводных сетей. Была сделана попытка найти и сравнить численную зависимость качества видеоизображения от сетевых параметров.

В настоящей работе будет проанализировано влияние дублирования пакетов на качество получаемого видео и возможность резервирования информации, которую несут ключевые кадры. Также будет дан обзор,

¹ Haghani, E. De, S. Ansari, N., VoIP Traffic Scheduling in WiMAX Networks, in: IEEE Global Telecommunications Conference, 2008.

² Cisco Systems, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2008–2013", 9 июня 2009 (http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360.pdf).

³ M. Claypool and J. Tanner, "The Effects of Jitter on the Perceptual Quality of Video," in ACM Multimedia, 1999.

⁴ P. Calyam, M. Sridharan and et. al., "Performance Measurement and Analysis of H.323 Traffic," in PAM Workshop, 2004.

⁵ E.S. Sagatov, A.M. Sukhov, P. Calyam, "Influence of Distortions of Key Frames on Video Transfer in Wireless Networks". IEEE International Symposium on Image/Video Communications over fixed and mobile networks (ISIVC), 2010.

сравнивающий качественные характеристики основных беспроводных сетей передачи данных.

Предпосылки для моделирования

При передаче видео по сети качество связи ухудшается [6, 7] в зависимости от характеристик сетевого соединения. Качество передаваемого видео измеряется по шкале MOS [8] и может быть описано универсальной функцией $Q_{mos}(p, j, D, B)$ в зависимости от сетевых параметров [9]:

- p - процент потерь пакетов, %;
- j - сетевой джиттер (вариация задержки D) в момент ошибки, сек.;
- Q_{mos} - качество принимаемого видео, баллы от одного до пяти;
- B - доступная ширина канала, Мбит/с.

Эта функция может быть разложена в степенной ряд, принимая во внимание малые значения сетевых переменных, при этом можно ограничиться линейными членами.

В работе [10] было показано, что для фиксированной скорости видео потока достаточно рассмотреть только члены разложения, описывающие линейную зависимость от двух переменных, потерь пакетов и сетевого джиттера:

$$Q_{mos} = Q_{ideal} - \alpha p - \beta j \quad (1)$$

- Q_{ideal} - максимальное качество видео для данного кодека, баллы от нуля до пяти;
- α , β - коэффициенты модели, которые следует определять экспериментально.

⁶ X. Hei, C. Liang, and et. al., A Measurement Study of a Large-Scale P2P IPTV System, IEEE Trans. on Multimedia, vol. 9, 8, 2007.

⁷ Y. Won and M. Choi, End-User IPTV Traffic Measurement of Residential Broadband Access Networks, in IEEE NOMS, 2008.

⁸ International Telecommunication Union, "Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures (ITU-R BT.500-11)" (2002).

⁹ S. Bradner, J. McQuaid, RFC2544 - Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices, March 1999.

¹⁰ A. Sukhov, P. Calyam, W. Daly, A. Ilin, Towards an analytical model for characterizing behavior of high-speed VVoIP applications, Computational Methods in Science and Technology, 11(2), 161-167 (2005).

Для проведения исследований была выбрана единая видео последовательность, которая обрабатывалась кодеками MPEG-4 (DivX), MPEG-2 и Windows Media Video 9 с постоянным битрейтом 256 кбит/с. Данная последовательность использовалась для тестирования видео. Она может быть найдена в глобальной сети по адресу [11].

Планирование эксперимента

Для нахождения значений коэффициентов из уравнения (1) нами был разработан и проведен ряд экспериментов [5]. Закодированные кодеками MPEG-4 (DivX), MPEG-2 и Windows Media Video 9 видео файлы, пересылались в виде RTP потока с помощью VideoLan VLC [11] на ноутбук, подключенный к беспроводной сети стандарта Wi-Fi, WiMAX или 3G. На ноутбуке проводилась запись получаемого видео с помощью VideoLan VLC в файл, параллельно записывался сетевой трафик на уровне пакетов при помощи сетевого sniffера Wireshark [12]. Таким образом, по полученному видеоизображению можно установить качество видео по шкале *MOS*, а по сетевым логам – параметры сетевого соединения.

Коэффициенты модели

В результате экспериментов были получены значения коэффициентов для кодеков MPEG-2, MPEG-4 (DivX) и WMV9 и сетей Wi-Fi, 3G и WiMAX, которые сведены в табл. 1-3. В них данные коэффициенты приведены отдельно для ключевых и обычных кадров и отсортированы для различных кодеков и типов беспроводных сетей. Используются следующие обозначения:

α^k – коэффициент при потерях на ключевых кадрах, значения которых выражены в процентах;

β^k – коэффициент при сетевом джиттере, измеренный в секундах;

α^w и β^w – коэффициенты модели для отрезков видео, на которых нет потерь на ключевых кадрах.

¹¹ VideoLAN team, “VideoLAN, Free streaming and multimedia solutions for all OS!” (<http://www.videolan.org/>).

¹² Wireshark Foundation, “Wireshark. Go deep.”. (<http://www.wireshark.org/>).

Таблица 1 – Значения коэффициентов модели для кодеков MPEG2, MPEG-4 (DivX) и WMV9 в сети Wi-Fi

№	Кодек	Q_{ideal}	α^k	β^k	α^w	β^w
1	MPEG2	4,2±0,2	0,11±0,03	15±4	0,06±0,02	10±4
2	DivX	4,7±0,2	0,25±0,05	15±5	0,17±0,02	10±3
3	WMV9	4,7±0,2	0,25±0,11	20±8	0,16±0,6	10±3

Таблица 2 – Значения коэффициентов модели для кодеков MPEG2, MPEG-4 (DivX) и WMV9 в сети 3G

№	Кодек	Q_{ideal}	α^k	β^k	α^w	β^w
1	MPEG2	4,2±0,2	0,12±0,02	10±2	0,06±0,01	5±1
2	DivX	4,7±0,2	0,22±0,05	13±5	0,12±0,05	8±3
3	WMV9	4,7±0,2	0,32±0,1	15±5	0,22±0,08	10±3

Таблица 3 – Значения коэффициентов модели для кодеков MPEG2, MPEG-4 (DivX) и WMV9 в сети WiMAX

№	Кодек	Q_{ideal}	α^k	β^k	α^w	β^w
1	MPEG2	4,2±0,2	–	–	0,2±0,1	15±0,5
2	DivX	4,7±0,2	0,5±0,3	30±1	0,3±0,1	15±0,5
3	WMV9	4,7±0,2	–	–	0,3±0,1	15±0,5

При анализе данных нами было установлено, что потери качества видео на 80% обусловлены потерями пакетов и только на 20% сетевым джиттером (вариацией задержки).

Дублирование пакетов

Ранее в работе [5] были сформулированы пути значительного повышения качества видеоизображения при передаче в беспроводной сети:

1. Модернизировать проигрыватель на приемной стороне с тем, чтобы автоматически отбрасывать дублирующиеся RTP пакеты;

2. Сервер потокового видео должен дублировать пакеты, содержащие информацию ключевых кадров.

В рамках проверки идей по улучшению качества видео нами были разработаны утилиты, которые

1. отбрасывают дублирующие пакеты на приемной стороне;

2. могут по запросу дублировать либо все кадры, либо только ключевые.

Влияние ключевых кадров

Для проверки гипотезы о том, что дублирование ключевого кадра приведет к значительному улучшению качества видео, была проведена серия экспериментов. Разработанная утилита, описанная в предыдущем разделе, позволяет дублировать кадры на передающей стороне и отбрасывать их на приемной стороне. Данное программное обеспечение было установлено как на сервере, так и на клиенте в беспроводной локальной сети стандарта Wi-Fi (IEEE 802.11g). Каждый фрагмент видео, закодированный кодеком MPEG-2, MPEG-4 (DivX) или WMV9, передавался через локальную сеть трижды: первый раз без дублирования, второй раз с дублированием только ключевых кадров, третий раз с дублированием всех пакетов. На приемной стороне дублирующие кадры отбрасывались, а видео записывалось и затем анализировалось его качество по шкале MOS.

Данные по ухудшению качества видео ΔQ в беспроводной сети Wi-Fi для различных вариантов дублирования приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Ухудшение качества видео при разных вариантах дублирования для сети Wi-Fi

№	Кодек	Без дублирования	С дублированием ключевых кадров	С полным дублированием
1	MPEG-2	0,7	0,3	1,0
2	DivX	1,2	0,4	1,5
3	WMV9	1,2	0,4	1,5

Дублирование ключевых кадров увеличивает объем передаваемой информации приблизительно на 7%, а качество связи улучшается почти в 3 раза. Низкие показатели качества, полученного при дублировании всех кадров видео, объясняются увеличением объема передаваемой информации в два раза. Чем больше скорость потока, тем больше процент потерь пакетов, причем зависимость не линейна, а процент потерь пакетов растет опережающими темпами при росте средней загрузки сети. Кроме того, эффект нарушения порядка следования пакетов также усиливается при уменьшении межпакетного интервала видео потока.