

УДК 621.39

В.В. Баранник,
доктор технических наук, профессор
Р.В. Сафронов,
П.Н. Гуржий,
кандидат технических наук

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ КОНТРОЛЯ БИТОВОЙ СКОРОСТИ ВИДЕОПОТОКА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

Обгрунтовано необхідність контролю біткової швидкості відеопотоку в телекомунікаційних мережах. Визначено, що однією з технологій зниження негативного впливу пульсацій швидкості передавання даних у мережі є управління бітковою швидкістю відеопотоку. В основі цієї технології лежить узгодження біткової швидкості відеопотоку зі швидкістю передачі даних в мережі шляхом зниження або підвищення інтенсивності відеопотоку на рівні кодера.

Ключові слова: відеопотік, управління бітковою швидкістю відеопотоку, узгодження швидкості передачі даних та біткової швидкості відеопотоку.

Обоснована необходимость контроля битовой скорости видеопотока в телекоммуникационных сетях. Определено, что одной из технологий снижения негативного влияния пульсаций скорости передачи данных в сети является управление битовой скоростью видеопотока. В основе этой технологии лежит согласование битовой скорости видеопотока со скоростью передачи данных в сети путем снижения либо повышения интенсивности видеопотока на уровне кодера.

Ключевые слова: видеопоток, управление битовой скоростью видеопотока, согласование скорости передачи данных и битовой скорости видеопотока.

The necessity of the control of a bit speed of video stream in telecommunication networks is proved. It is defined, that one of the technologies of the decrease of the negative influence of DTR pulsations in a network is the control of a video stream bit rate.

Keywords: video stream, control of bit speed of a video stream, coordination of DTR and a bit speed of a video stream.

Телекоммунікаційні мережі широко використовуються як для забезпечення діяльності державних, економічних і бізнес-структур, так і приватних осіб. Сучасний стан телекоммунікаційних мереж характеризується високими темпами зростання обсягів циркулюючої в них інформації, збільшенням кількості користувачів і розширенням надаваних послуг. Проте зростання ефекту від їх застосування неможливе без удосконалення існуючих і розробки нових технологій обробки інформації в телекоммунікаційних мережах.

В процессе работы телекоммуникационных сетей наблюдается динамичная пульсация скорости передачи данных. Это явление оказывает негативное влияние на характеристики работы телекоммуникационной сети, и выражается в снижении качества предоставления сервисов пользователям. Качество обслуживания трафика в сети зависит от:

- величины задержек доставки пакетов и величины изменений этих задержек;
- перегрузок сети (потери пакетов);
- организации контроля за использованием полосы пропускания.

Для разработки эффективных механизмов снижения влияния пульсаций скорости передачи данных в телекоммуникационной сети необходимо понимание причин их возникновения. Пульсации скорости передачи данных вызваны:

- пульсацией загрузки сети;
- различной разрешающей способностью и сложностью трафика;
- наличием помех и обрывов (от качества линий связи), приводящих к блокировке отдельных трактов сети передачи данных;
- добавлением новой сети доступа к транспортной магистрали;
- изменением количества абонентов, подключенных к единому каналному ресурсу;
- расстояния между узлами сети [1].

В результате динамичного изменения этих параметров скорость S_k в сети постоянно меняется, т.е.

$$S_k = \text{var.}$$

Отсюда следует, что скорость передачи данных является функцией нескольких переменных:

$$S_k = f(s_1, s_2, s_3, s_4, s_5), \quad (1)$$

- где s_1 – пропускная способность сети;
 s_2 – сложность трафика;
 s_3 – качество и тип линий связи;
 s_4 – количество одновременно работающих абонентов;
 s_5 – пространственные характеристики сети.

С другой стороны, сетевой трафик современных компьютерных сетей носит случайный и нестационарный характер, обусловленный изменением интенсивностей потоков данных в различное время суток и непредсказуемостью характера работы абонентов сети. Нестационарность сетевого трафика приводит к возникновению в сети перегрузок и блокировок.

Рассмотрим как образуется ключевая составляющая объема и структуры трафика. Основная доля трафика в телекоммуникационных системах составляет видеоданные и мультимедиа [2]. Из анализа рис. 1 видно, что прогнозируемая доля потокового видеотрафика в структуре мирового Интернет-трафика в 2014 году вырастет в десятки раз по сравнению с 2009 годом. Прогнозируемая доля видеоданных к 2014 году в общей структуре мирового трафика составит до 75 %. Общие тенденции мирового Интернет-трафика заключаются в

неуклонном ежегодном росте объемов видеоданных, так, их прогнозируемый общий объем к 2014 году вырастет в 3 раза по сравнению с 2012 годом.

Современные стандарты сжатия видеоданных формируются на базе технологий MPEG-4 Visual и H.264. В их основе лежит обработка видеоданных с использованием JPEG-технологии. Эта технология подразумевает посегментную обработку трансформированных кадров видеопоследовательности с последующим статистическим кодированием.

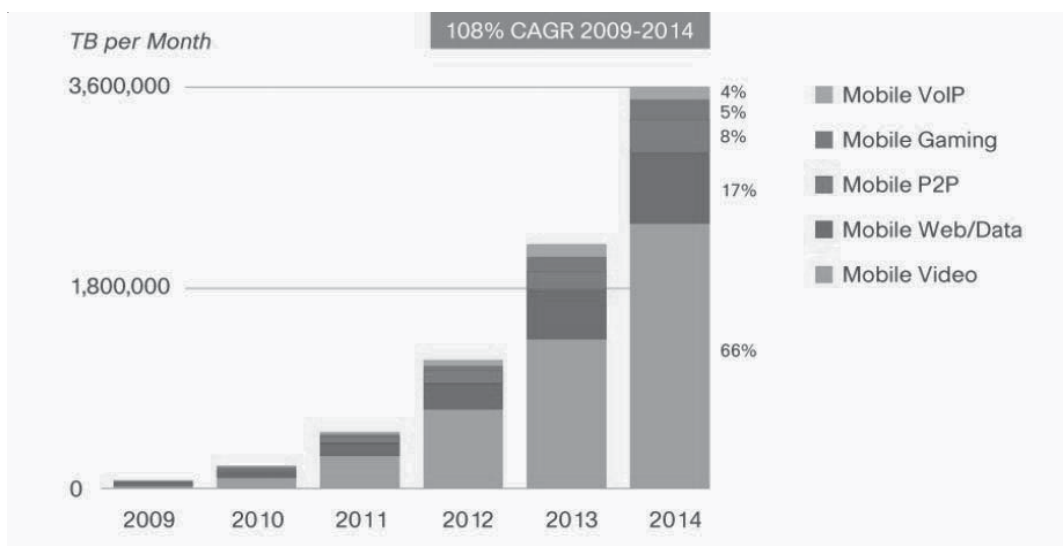


Рис. 1. Прогноз структуры мирового Интернет-трафика.

Интенсивность I_t потока компрессированных видеоданных, их структура и объем зависит как от содержания исходных изображений, так и от особенностей технологии их обработки.

При постоянных параметрах функционирования кодера (размер сегмента $m \times n$, тип преобразования в цветовое пространство T_{cs} , тип сегментации изображения T_{seg} , параметр квантования Q , тип кодирования T_{cod}) длина кодового представления каждого сегмента $d^{(\zeta;\gamma)}$ изображения будет переменной.

Основной характеристикой видеопотока является битовая скорость. Битовая скорость W_{comp} сегментированного сжатого изображения составит:

$$W_{comp} = \sum_{\zeta=1}^M \sum_{\gamma=1}^N w_{comp}^{(\zeta;\gamma;\varphi)},$$

где $w_{comp}^{(\zeta;\gamma;\varphi)}$ – объем $(\zeta; \gamma)$ сегмента φ -кадра видеопоследовательности.

Другой важной характеристикой видеотрафика является качество реконструкции изображений, оценка которого проводится по критерию среднеквадратичного отклонения значений пикселей исходного изображения и восстановленного изображения.

В тоже время изменяются и характеристики обрабатываемых изображений – статистические характеристики (степень корреляции q_q элементов сегмента изображения, временная r_t и пространственная избыточность r_s) и структурные характеристики (яркость q_y , цветовая насыщенность q_c , степень насыщенности

мелкими деталями q_d , сложность контуров q_k) [3]. В результате работы видеокодера формируется поток, битовая скорость которого постоянно меняется, т.е.:

$$W_t = \text{var.}$$

Битовая скорость видеопотока является функцией нескольких переменных:

$$W_t = f(f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7), \quad (1)$$

где f_1 – статистические особенности исходного изображения;
 f_2 – структурные особенности исходного изображения;
 f_3 – размер сегмента изображения;
 f_4 – тип цветовой модели;
 f_5 – вид сегментации изображения;
 f_6 – параметр квантования;
 f_7 – тип кодирования.

Среди этих переменных можно условно выделить управляемые параметры: размер сегмента изображения, тип цветовой модели, вид сегментации изображения, параметр квантования и объективные факторы, такие как статистические и структурные особенности исходного изображения.

Сцены с медленными изменениями и без мелкой детализации преобразуются кодеком в кодовые последовательности меньшей длины (хорошо сжимаются, имеют низкую битовую скорость). Видеопоследовательности, которые отображают динамичное изменение сцены, либо насыщены мелкими деталями, преобразуются кодеком в кодовую последовательность большей длины, т.е. имеют высокую битовую скорость.

Значит существует противоречие, состоящее в необходимости согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети, обусловленное тем, что битовая скорость видеопотока и скорость передачи данных в сети постоянно меняются.

Под таким процессом согласования будем понимать приведение битовой скорости видеопотока (интенсивности видеопотока) в соответствии со скоростью передачи данных в сети:

$$W_t \rightarrow S_k.$$

Схема, отображающая суть согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети, представлена на рис. 2.

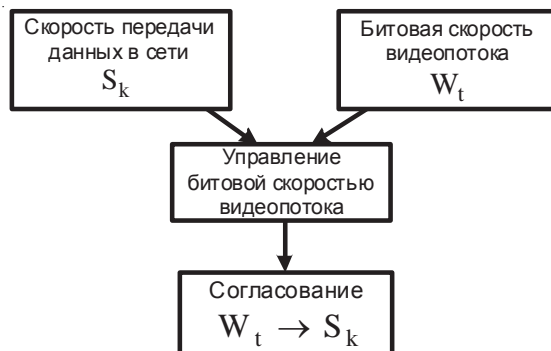


Рис. 2. Схема согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети

Для согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных используются следующие технологии:

- контроля битовой скорости, реализованных в виде специальных схем, встроженных в видеокодеки;
- средства буферизации на канальном уровне и уровне кодеров и декодеров;
- реализация средств общесистемного управления, а именно: маршрутизация, распределение канальных и буферных ресурсов.

Управление на уровне буфера, не учитывая объема видеоданных, имеет ряд недостатков и не позволяет решать задачу согласования битовой скорости и скорости передачи данных в сети. Буферизация только частично снижает пульсации битовой скорости, поскольку с одной стороны, чем больше объем памяти буферного устройства, тем более высокие пульсации битовой скорости видеопотока он может сглаживать. Но увеличение объемов запоминающих устройств возможно за счет увеличения энергопотребления и увеличения их массогабаритных характеристик. С другой стороны, чем больше объем памяти буферного устройства, тем выше временные задержки, которые проявляются в снижении скорости обработки видеоданных. Управление переходит на уровень приоритетов, что выражается в потере данных с низким приоритетом.

Существующие технологии общесистемного управления при согласовании битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети не снижают интенсивности видеопотока, а лишь производят перераспределение видеотрафика, что является их существенным недостатком. В случае невозможности перераспределения видеопотока происходит потеря данных.

При использовании протокола реального времени UDP обеспечение минимальной временной задержки достигается за счет потери качества восстановленных видеоданных. Увеличение временной задержки приводит к тому, что приходится либо снижать качество восстановления изображения, либо происходит потеря пакетов данных.

При использовании протокола TCP обеспечивается гарантированная доставка данных. Плата за это – возрастание временной задержки до величины, превышающей допустимую для приложений реального времени, поскольку потерянные пакеты данных будут повторно отправлены потребителю.

Для снижения или устранения указанных недостатков существующих технологий согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети предлагается использовать технологии управления на основе управления интенсивностью видеопотока на уровне кодека. Кодек производит формирование компактно представленных изображений и определяет битовую скорость выходной последовательности.

Выводы

1. Пульсации скорости передачи данных в телекоммуникационных сетях оказывают влияние на снижение эффективности их функционирования. Это влияние проявляется в ухудшении характеристики работы телекоммуникационной сети и в снижении качества обслуживания абонентов. Пульсации скорости передачи данных в сети зависят от пульсаций загрузки сети, вида циркулирующего трафика, качества линий связи, количества одновременно подключенных абонентов, расстояния между узлами сети, т.е. скорость передачи данных в сети является функцией нескольких переменных.

Большая доля трафика принадлежит видеоданным, а его интенсивность, структура и объем зависят от технологий их компрессии. Одной из основных характеристик видеопотока является битовая скорость. Битовая скорость зависит как от содержания исходных изображений, так и от особенностей технологии их обработки. Поскольку изменяются характеристики обрабатываемых изображений, то в результате кодирования изменяется и битовая скорость видеопотока. Таким образом, для снижения негативного влияния пульсаций скорости передачи данных в сети и битовой скорости необходимо их согласование.

2. На сегодняшний день существуют технологии согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в телекоммуникационных сетях. Это – контроль битовой скорости видеопотока, буферизация и средства общесистемного управления. Однако эти технологии имеют ряд недостатков, которые не позволяют решить задачу согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных.

Технологии, основанные на буферизации, только частично снижают пульсации битовой скорости. Недостатками этой технологии является то, что она не учитывает объема обрабатываемых видеоданных, порождает временные задержки.

Недостатком технологий общесистемного управления при согласовании битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети является то, что они лишь производят перераспределение видеотрафика. В случае невозможности перераспределения видеопотока происходит потеря данных.

3. Использование технологии управления на основе снижения либо повышения интенсивности видеопотока на уровне кодека устраняют приведенные недостатки существующих технологий согласования битовой скорости видеопотока и скорости передачи данных в сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Технологии, протоколы, принципы. 3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер. – 2006, – С. 957.
2. Cisco Visual Networking Index : Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2009–2014.
3. *Баранник В.В.* Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х. : ХУПС, 2010. – 212 с.

Отримано 31.08.2012