

УДК 621.39:004

А.А. Красноруцкий,
А.В. Ширяев

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

В работе излагаются основные положения влияния процесса сжатия видеоинформации на основные характеристики телекоммуникационной сети: задержка доставки сообщения, вероятность потерь данных, а также использование пропускной способности каналов в процессе передачи сжатых видеоданных.

Ключевые слова: процесс сжатия видеоинформации, телекоммуникационная сеть, доставка сообщения с задержкой, вероятность потерь данных, пропускная способность каналов.

У роботі викладаються основні положення впливу процесу стиску відеоінформації на основні характеристики телекомунікаційної мережі: затримка доставки повідомлення, ймовірність втрат даних, а також використання пропускної здатності каналів у процесі передачі стислих відеоданих.

Ключові слова: процес стиску відеоінформації, телекомунікаційна мережа, доставка повідомлення із затримкою, ймовірність втрат даних, пропускна здатність каналів.

Fundamentals of the influence of video information compression on the basic characteristics of TCN such as a delayed delivery, the probability of data losses as well as the use of a channel capacity in the process of the compressed video information transmission are considered.

Keywords: process of information compression, TCN, delayed delivery, the probability of data losses, channel capacity.

Переход к сетям нового поколения (NGN) характеризуется многообразием услуг, сервисов и сетей, которые как раз и предоставляют эти услуги. Среди всего многообразия услуг следует отдельно выделить те, которые обеспечивают передачу фото- и видеоданных, поскольку в настоящий момент именно эта категория наиболее востребована и занимает лидирующую позицию. Однако проблемой является использование полосы пропускания имеющихся в наличии каналов связи и нагрузка на узлы коммутации и маршрутизации. Для решения данной проблемы необходим комплексный подход, учитывающий все этапы – от формирования изображений или видео на стороне источника до момента его получения приемной стороной.

В статье представлен анализ влияния процесса сжатия видеоинформации на основные характеристики телекоммуникационной сети.

Одним из важных параметров для телекоммуникационной сети является задержка от источника до получателя (рис. 1), которая складывается из следующих составляющих:

$$t_p = t_{\text{пакет}} + t_{\text{ад}} + t_{\text{core}} + t_{\text{ад}} + t_{\text{буф}},$$

где t_p – время передачи пакета от источника до получателя;

$t_{\text{пакет}}$ – время пакетизации (время формирования кадра, куда входят время накопления необходимого для передачи объема данных, выявление направления передачи, расчет контрольной суммы, добавление ключевых элементов пакета);

$t_{\text{ад}}$ – время задержки при транспортировке в сети доступа (задержка распространения по каналам связи);

t_{core} – время задержки при распространении в транзитной сети (время обработки на узлах коммутации транзитной сети);

$t_{\text{буф}}$ – время задержки в приемном буфере получателя.

Поскольку распределение интервалов между поступлениями пакетов соответствует экспоненциальному закону, то для анализа процесса можно воспользоваться моделью M/G/1, для которой среднее время обслуживания в устройстве коммутации для j-го источника определяется как:

$$t_{\text{ад}j} = \frac{\tau_j \cdot (1 + C_b^2)}{2 \cdot (1 - \lambda_j \cdot \tau_j)},$$

где τ_j – средняя длительность обслуживания одного пакета от j – источника устройством коммутации;

C_b^2 – квадрат коэффициента вариации;

λ_j – средняя интенсивность входящего потока от j – источника;

$t_{\text{ад}j}$ – среднее время задержки пакета в сети доступа.

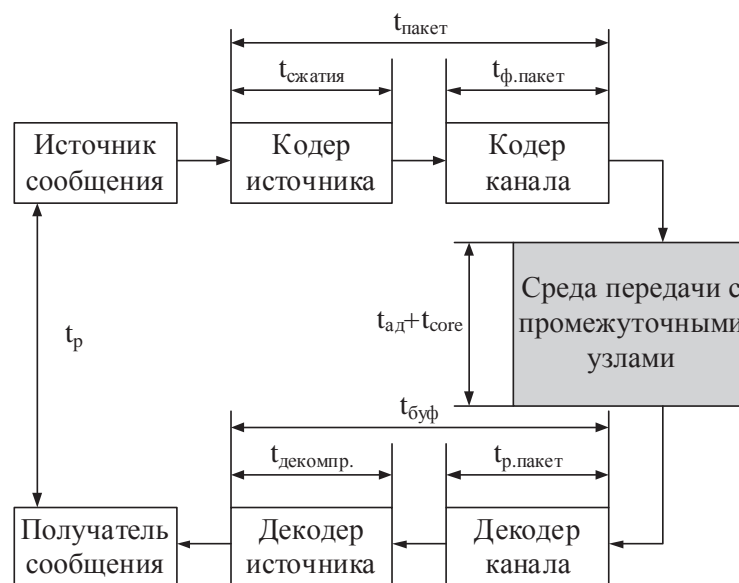


Рис. 1. Составляющие задержки от источника до получателя.

Средняя длительность обслуживания одного пакета в устройстве коммутации величина постоянная и зависит от производительности этого устройства. Для средней длительности обслуживания одного пакета от среднего времени задержки в сети доступа следует такая зависимость:

$$\tau_j = \frac{1}{\lambda_j + \frac{1 + C_b^2}{2 \cdot \bar{t}_{адj}}}$$

Очевидно, что средняя длительность обслуживания одного пакета будет тем выше, чем выше среднее время задержки в сети доступа (рис. 2).

В зависимости от объема данных, которые источнику необходимо передать, а также от скорости поступления со стороны источника сообщения, скорости обработки кодера источника и кодера канала происходит формирование пакетов, которые в последствии передаются через канал связи в сеть доступа. Следовательно, интенсивность формирования пакетов будет полностью определена той скоростью, которая получается при совокупной обработке в кодере источника и кодере канала на стороне источника.

Очередь пакетов на устройстве коммутации, которые необходимо обработать и передать, будет расти до тех пор, пока не переполнится буферное устройство обрабатывающего узла. Переполнение буферного устройства может произойти по причине высокой интенсивности нагрузки, поступающей на вход от источников, которая превосходит скорость обработки устройства коммутации. В случае переполнения происходит потеря пакетов, поскольку вновь поступившие пакеты не могут быть записаны в буферное устройство. При этом считается, что система обрабатывает поступающие из буферного устройства пакеты с максимально допустимой скоростью, которой соответствует длительность обслуживания одного пакета $\tau_{j \max}$. Рассмотрим ситуацию, когда интенсивность поступающей нагрузки будет эквивалентна нагрузке, которую способна обслуживать коммутационная система. При этом потери будут отсутствовать, поскольку размер очереди будет постоянен и буферное устройство не будет подвержено переполнению.

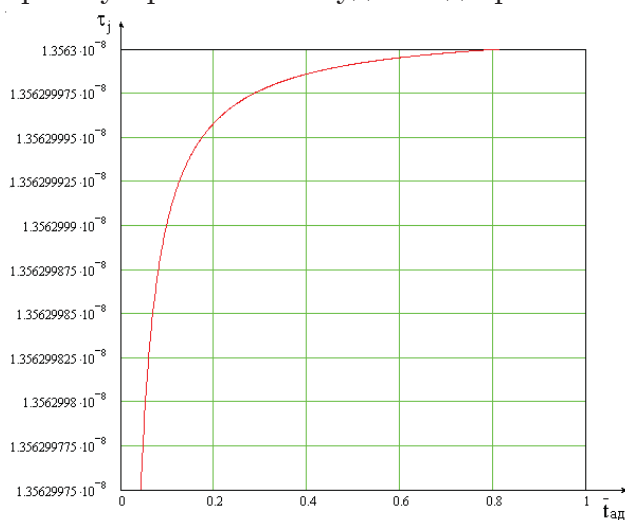


Рис. 2. Зависимость средней длительности обслуживания пакета от среднего времени задержки в сети доступа

Использование предложенного алгоритма сжатия изображений [1] позволяет уменьшить объем передаваемых данных, уменьшить число формируемых пакетов, уменьшая задержку пакетирования и снижая интенсивность потока. Зависимость интенсивности входного потока λ_j от коэффициента сжатия:

$$\lambda_j = v_j \cdot \frac{\frac{t_1}{n_{сж}} + t_2 + t_3}{h_1},$$

где λ_j – объем бит данных, передаваемый от j -источника по каналу связи;

h_1 – размер пакета в битах;

t_1 – размер в битах информационного поля;

t_2 – размер в битах служебной части пакета;

t_3 – размер в битах интервала между пакетами;

$n_{сж}$ – коэффициент сжатия.

Поскольку узел коммутации сети доступа строится для обслуживания нескольких источников сообщений, то для группы пакетов, которые формируются от нескольких источников, среднюю длительность обслуживания можно определить как $\tau_{jn\lambda} = \tau_{j\lambda} \cdot n_j$, где n_j – число пакетов в группе.

$$\begin{aligned} \tau_{jn\lambda} &= \tau_{j\lambda} \cdot n_j = (\tau_{j\max} - \tau_j) \cdot n_j = \\ &= \left(\tau_{j\max} - v_j \cdot \frac{\frac{t_1}{n_{сж}} + t_2 + t_3}{h_1} \right) \cdot n_j \end{aligned}$$

Зависимость средней длительности обслуживания группы пакетов от коэффициента сжатия приведена на рис. 3.

Коэффициент использования узла коммутации ρ показывает насколько загружен узел коммутации обработкой поступающих данных от источников и определяет его возможности к увеличению поступающей нагрузки, или же, другими словами, показывает резерв по обработке данных, появление которых может ожидаться $(1 - \rho)$:

$$\rho = \lambda_j \cdot \tau_{\lambda j} = v_j \cdot \frac{\frac{t_1}{n_{сж}} + t_2 + t_3}{h_1} \cdot \tau_{\lambda j}$$

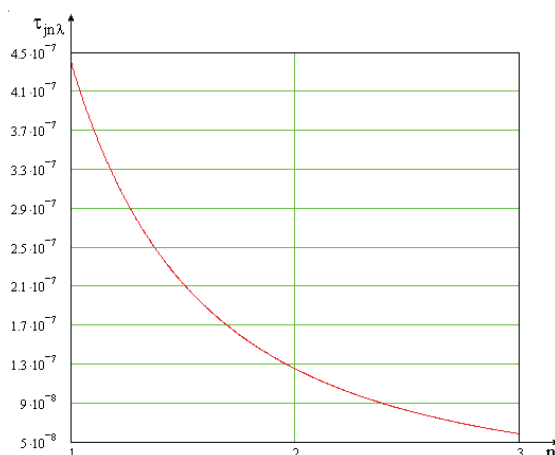


Рис. 3. Зависимость средней длительности обслуживания одного пакета от коэффициента сжатия

На рис. 4 представлен график зависимости коэффициента использования узла коммутации от коэффициента сжатия.

Вероятность потерь пакета на узле коммутации определяется как:

$$P(n_{сж}) = P_0(n_{сж}) \cdot \left(\frac{\lambda(n_{сж})}{\mu} \right)^k,$$

$$P_0(n_{сж}) = \frac{1 - \frac{\lambda(n_{сж})}{\mu}}{1 - \left(\frac{\lambda(n_{сж})}{\mu} \right)^{Nu+1}}.$$

где

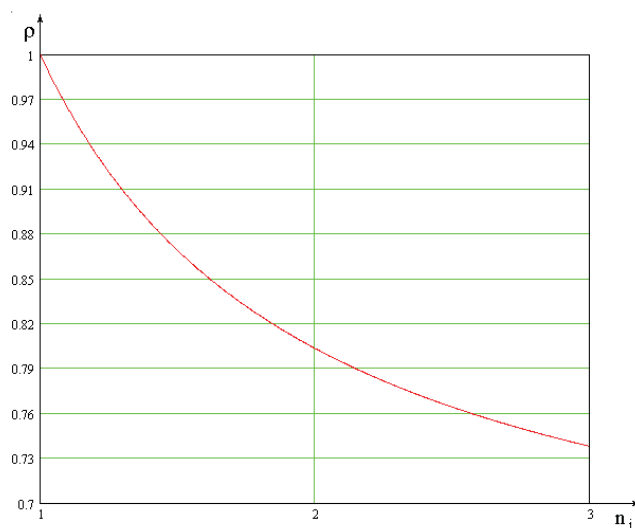


Рис. 4. Зависимость коэффициента использования узла коммутации от коэффициента сжатия

На рис. 5 представлен график зависимости вероятности потерь пакета на узле коммутации от коэффициента сжатия.

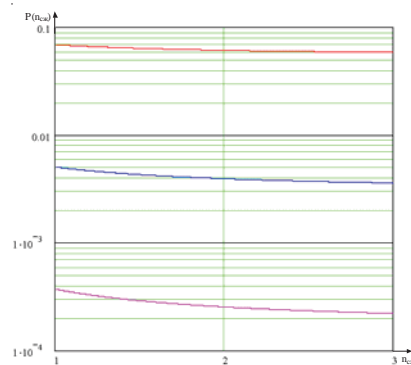


Рис. 5. Залежність ймовірності втрати пакету від коефіцієнта стиснення

В ході проведеного аналізу виявлені закономірності, дозволяючі численно оцінити вплив коефіцієнта стиснення передаваної відеоінформації на основні характеристики мережі. Як показують розрахунки, в вузлах комутації мережі доступу та транспортної мережі з збільшенням ступеня стиснення зменшуються:

- тривалість обслуговування пакетів;
- коефіцієнт використання;
- ймовірність втрати пакетів.

СПИСОК ІСПОЛЬЗОВАНИХ ІСТОЧНИКІВ

1. Баранник В.В. Метод квадратурного стиснення трансформант вейвлет-перетворення в двовимірному поліадическому просторі / В.В. Баранник, А.В. Ширяев // Сучасна спеціальна техніка. – 2011. – № 2.
2. Баранник В.В. Модель оцінювання інформативності диференціального представлення / Баранник В.В. Шинкарев В.В., Ширяев А.В. // Наукові технології. – 2009. – № 4. – С. 88–92.
3. Будников В.Ю. Технології забезпечення якості обслуговування в мультисервісних мережах / Будников В.Ю., Пономарев Б.А. // Вестник зв'язи. – 2000. – № 9.

Отримано 12.04.2012