

Системы телекоммуникации, связи и защиты информации

УДК 681.324 (075)

Метод управления трафиком IPTV

В. А. Артёменко, канд. тех. наук, **К. А. Артёменко**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
ул. Политехническая, 36, корпус 18, г. Киев, 03056, Украина.

Анализ известных методов управления трафиком IPTV показывает, что большинство из них не обеспечивают желаемую равномерность загрузки сетей в силу того, что они не учитывают характер самоподобия сетевого трафика. Построенная на основе временных интервалов математическая модель разброса времени доставки пакета учитывает время задержки между устройствами при передаче по сети, время задержки на каждом промежуточном коммутаторе сети и время дополнительной задержки коммутатора при загрузке, но не учитывает фрактальный характер процесса в сети.

Известная математическая модель разброса пакета на основе временных интервалов также не учитывает фрактальность процесса в сети IPTV.

Задача заключается в заблаговременном формировании оценок прогноза задержки для различных моментов времени. Для решения такой задачи предлагается математическая модель оценки прогноза с учетом самоподобия трафика IPTV и на основе полученной математической модели новый (проактивный) метод управления трафиком IPTV. Оптимальная оценка прогноза задержки для определенного момента времени, определенная с учётом параметра самоподобия или Херста. Имитационное моделирование процессов сети IP показало, что предложенный метод управления трафиком IPTV работает эффективно при введении двух дополнительных пороговых значений оценки прогноза задержек. Библ. 9.

Ключевые слова: IPTV, параметры задержки, параметр Херста, качество обслуживания, проактивный метод управления трафиком IPTV.

Введение

Как известно, услуги IPTV реализуются на базе технологии TCP/IP, которая является ос-

новой для построения сетей связи следующего поколения NGN. Концепция NGN предоставляет оператору большие возможности по организации практически неограниченного количества услуг. Борьба за ресурсы, безусловно, будет влиять на показатели качества обслуживания для всех видов трафика, в том числе и на IPTV. Таким образом, возникает проблема доставки видео через сеть IP.

Одним из подходов решения такой проблемы, есть оптимизация использования всех имеющихся ресурсов сети. Так как полоса пропускания рассматривается как критический ресурс современных сетей, то центральной функцией управления трафиком является эффективное управление пропускной способностью. Перегрузка, связанная с неэффективным размещением ресурсов, может быть уменьшена с помощью политики балансировки нагрузки в различных фрагментах сети. Задача такой стратегии заключается в минимизации максимальной перегрузки или напротив минимизации максимума использования ресурса. Когда перегрузка минимизирована путем обслуживания, то потери пакетов и задержка доставки падают, а совокупная пропускная способность возрастает.

Методы управления перегрузками трафика в IP сетях

Существует множество скоростных схем управления перегрузками в IP-сети и все они предусматривают использование обратной связи для информирования источника о том, с какой скоростью в данный момент он может передавать ячейки по каждому виртуальному соединению [3, 6, 7]. Проанализируем наиболее популярные методы управления трафиком IP-сети.

FECN (Forward Explicit Congestion Notification) - одна из скоростных схем управления перегрузками, использующая отрицательную обратную связь. Когда коммутатор или АТМ испытывает перегрузку, он выставляет в прохо-

дующих через него ячейках бит $EFCI=1$, информируя тем самым приемник о перегрузке по конкретному виртуальному соединению. Получив сообщение о перегрузке, приемник направляет эту информацию источнику трафика. В свою очередь источник принимает решение о снижении скорости передачи по "перегруженному" виртуальному соединению.

По аналогичному принципу работает и схема BECN (Backward Explicit Congestion Notification), но в ней предусмотрено, чтобы информацию о перегрузке направлял источнику трафика непосредственно сам испытывающий ее коммутатор. Очевидным преимуществом схемы BECN является более быстрая и, следовательно, более эффективная реакция на перегрузку. Но с другой стороны, при использовании этой схемы каждый транзитный коммутатор или ATM должен уметь генерировать ячейки RM (Resource Management) и вставлять их в проходящий поток данных.

В схемах FECN и BECN коммутатор или ATM считается перегруженным, если очередь ячеек на обслуживание (коммутацию) превысит определенное пороговое значение. Получив информацию о перегрузке, источник должен начать снижение скорости передачи трафика, направляемого через перегруженный участок сети. Если ячейки RM, направляющиеся к источнику трафика с информацией о перегрузке, сами попадают в перегруженный поток, то, вполне возможно, они никогда не смогут доставить эту информацию. Таким образом, при использовании схем FECN и BECN существует потенциальная возможность возникновения аварийной ситуации.

В отличие от предыдущих схем, алгоритм PRCA (Proportional Rate Control Algorithm) основан на принципе положительной обратной связи, что позволяет избежать описанных выше проблем. При использовании алгоритма PRCA источник трафика увеличивает скорость передачи только тогда, когда получает разрешение на это от приемника.

С алгоритмом PRCA связана очевидная проблема. Она заключается в том, что при прохождении потока через несколько перегруженных участков число ячеек в нем с $EFCI$ (Explicit Forward Congestion Indication) равных 1 будет значительно больше числа ячеек в других, не использующих этот алгоритм в потоках. Следовательно, доступная данному потоку скорость будет значительно ниже скоростей, доступных другим потокам.

Подобных проблем не возникает при использовании алгоритма EPRCA (Enhanced

PRCA). В этом случае источник трафика посылает все информационные ячейки с битом $EFCI=0$. Через каждые N таких ячеек источник посылает ячейку RM, содержащую значения желаемой и текущей скорости передачи. Испытывающий перегрузку коммутатор ATM подсчитывает свое значение текущей скорости, которое зависит от того, какой объем трафика он может обработать в данный момент, и вставляет это значение в проходящую через него ячейку RM. Получив эту ячейку, приемник отправляет ее обратно источнику, а тот корректирует свою скорость в соответствии с новым значением текущей скорости.

Большую популярность в сетях IP получил параметр доставки информации MDI (Media Delivery Index). Фактор задержки представляет собой максимальную разницу между реальным временем прибытия пакета и ожидаемым, наблюдаемую при приеме каждого пакета транспортного потока. Фактор задержки определяет время, на которое поток данных должен помещаться в буфер приемника для достижения постоянной скорости передачи и предотвращения потерь данных. Таким образом, он учитывает джиттер и позволяет получить значение размера буфера, что помогает избежать потерь пакетов из-за опустошения буферов, например, в случае большого значения задержки и недостаточного размера буфера. Значение задержки может быть в диапазоне от 0 до 50 мс. Одним из основных достоинств параметра MDI можно назвать локализацию проблем, возникающих на сети, что позволяет получить данные, указывающие на наличие проблемы в сети до того, как она приведет к ухудшению качества видео.

Поскольку параметр MDI основывается на сетевых характеристиках, то он может быть использован для установки пороговых значений в сети, достижение которых сигнализирует о приближении проблемы, влияющей на качество видео. Также он может применяться для контроля сетевого оборудования, например маршрутизатора, на котором зачастую происходят задержки и потери пакетов.

По своей сути параметр MDI линейно отображает характеристики сети, в то время как видео данные, в зависимости от алгоритмов сжатия, отличаются нелинейностью и, как результат, значения сетевых параметров, удовлетворительные в одном случае, могут оказаться критическими для качества видео в другом.

Проведенный анализ литературных источников показывает, что большинство известных методов управления трафиком IP-сети не обеспечивают равномерность загрузки сетей в силу

того, что они не учитывают характер самоподобия сетевого трафика. Задача заключается в формировании заблаговременно, не заходя в критическую область обнаружения потерянных пакетов, оценок, как месторасположения временного интервала возможного проявления перегрузки, так и величины самой перегрузки. Решение такой задачи можно получить в рамках исследования методов идентификации процессов, использующих при моделировании задержек фрактальное броуновское движение.

Для этого необходимо определить характер сетевого трафика в современных IP сетях и провести оценку параметров задержки. На основе полученной математической модели оценки прогноза задержки предложить новый проактивный метод управления трафиком IPTV.

Характер сетевого трафика в современных IP сетях

Последние исследования различных типов сетевого трафика [1, 2, 8] показывают, что сетевой трафик является самоподобным или фрактальным по своей природе, то есть в нем присутствуют, так называемые, всплески или пачки пакетов, наблюдаемые в различных временных интервалах (от миллисекунд до минут или даже часов). Математическое определение самоподобного (фрактального) стохастического процесса основано на прямом масштабировании непрерывной переменной во времени. Стохастический процесс $X(t)$, считается статистически самоподобным с параметром Херста $H(0,5 \leq H \leq 1)$ [7-8], если для любого вещественного числа $a > 0$, процессы $X(t)$ и $a^{-H}X(at)$ будут, иметь идентичные распределение, то есть обладать одинаковыми статистическими свойствами для всех положительных целых n . Параметр Херста или параметр самоподобия указывает на степень устойчивости статистического явления или меру длительности долгосрочной зависимости стохастического процесса. При $H=0,5$ самоподобие отсутствует, при H близких к 1 степень самоподобия увеличивается. Это значит, что если процесс, характеризующийся долгосрочной зависимостью, имеет тенденцию к увеличению (или уменьшению) в прошлом, то с большой вероятностью он будет иметь тенденцию к увеличению (или уменьшению) в будущем. В работах [5,8] показано, что самоподобный стохастический процесс можно определить при помощи медленно затухающего распределения или распределения с «тяжелыми хвостами».

Известные математические модели [4] не позволяют адекватно описывать процессы, происходящие в современных IP сетях. В связи с этим возникает необходимость в разработке новых математических моделей, учитывающих фрактальный характер трафика в сети.

Оценка параметров задержки в сетях IPTV

Величина задержки доставки пакета является случайной и характеризуется распределением вероятности и его параметрами. Разброс времени доставки пакета (джиттер IPDV) является второй важной характеристикой качества обслуживания трафика. Для ряда услуг, в первую очередь потоковых, чрезмерный разброс задержки вызывает снижение качества предоставления услуги из-за возникновения ощутимой задержки реакции собеседника или «пропадания» частей слов и фраз. Разброс времени доставки пакета на основе временных интервалов определяется как [4]:

$$IPDV = IPTD_{\max} - IPTD_{\min},$$

где $IPTD_{\max}$ – максимальное значение задержки, полученное на коротком интервале времени; $IPTD_{\min}$ – минимальное значение задержки, полученное на коротком интервале времени.

Конкретная задержка складывается из задержек при передаче по сети между устройствами, задержек на каждом из промежуточных коммутаторов сети и дополнительной задержки:

$$IPTD = (T_{o,\min} + T_n) + T_{o,\text{доп}},$$

где $T_{o,\min}$ – фиксированное минимальное время задержки, которое определяется маршрутом передаваемой информации;

T_n – задержка на каждом из промежуточных коммутаторов сети;

$T_{o,\text{доп}}$ - дополнительная задержка, которая возникает из-за задержек в коммутаторах при загрузке последних.

Оптимальную оценку прогноза задержки с учетом параметра Херста для момента времени t_{n+k} можно представить в виде:

$$T_{n+k} = BH(t_{n+k}) - BH(t_{n+k-1}) + T_o + T_{cp},$$

где T_{n+k} – оптимальная оценка прогноза задержки для момента времени t_{n+k} ;

$BH(t_{n+k})$ – оптимальная оценка процесса, с учетом параметра Херста для момента времени t_{n+k} ;

$BH(t_{n+k-1})$ – дополнительная задержка, которая возникает из-за задержек в коммутаторах при загрузке последних.

T_o – минимальная составляющая интервала времени без очереди;

T_{cp} – среднее приращение задержки.

С учетом коэффициента корреляции $r_H(1, T_{cp})(2^{2H-1} - 1)$ для $k=1$, оценка прогноза задержки для момента времени t_{n+1} принимает вид:

$$r_H(2^{2H-1} - 1)[T_n - (T_o + T_{cp})] + T_o + T_{cp}$$

Анализ полученной математической модели оценки прогноза задержки с учетом параметра Херста показывает, что если величина прогноза оказывается больше порога, зависящего от уровня загрузки буфера и определяемого некоторым адаптивным алгоритмом, то по сигналу обратной связи интенсивность генерации информации от источника уменьшается на величину, зависящую от уровня загрузки буфера и значений оценок прогноза.

Проактивный метод управления трафиком IPTV

Для анализа проактивного метода управления трафиком IPTV с учётом самоподобия моделирование процесса было проведено с помощью имитационной модели предложенной в работе [4], но при введении двух пороговых значений IPDV, полученных для оценки прогноза с учетом параметров Херста равными соответственно 0,6 и 0,8.

Результаты моделирования показали, что предложенный метод управления работает более эффективно, чем известный. При получении значения первого порога, коммутатор-получатель предупреждает коммутатор-отправитель о приближении перегрузки и предлагает ему уменьшить нагрузку на себя. При получении значения второго порога, коммутатор-получатель сигнализирует коммутатор-отправитель и источник информации о наступлении перегрузки, близкой к критической. Источник реагирует на полученное сообщение понижением скорости передачи или выбирает альтернативный маршрут.

Однако, при высоком уровне загрузки сети, время задержки в предложенном методе приближается к задержкам, получаемым в известной схеме. Это объясняется тем, что при высоких нагрузках предложенная схема управления трафиком будет вынуждена уменьшать скорости передачи некоторых источников, для кото-

рых эти скорости были увеличены, что увеличивает непроизводительные расходы.

Результаты моделирования показали также, что предлагаемая схема более эффективно использует полосу пропускания в силу того, что при большой загруженности сети остается нераспределенная пропускная способность, величина которой недостаточна для установки новых соединений. В предложенной схеме эта пропускная способность передается тем соединениям, которые могут получить некоторую выгоду от передачи своего трафика с более высокой скоростью.

Выводы

Проведенный сравнительный анализ и исследование методов управления трафиком IPTV выявили основные факторы и степень их влияния на качества обслуживания.

Полученные результаты позволили предложить проактивный метод управления трафиком IPTV путем прогнозирования его параметров, учитывающих принцип фрактальности, и путем введения двух пороговых значений времени доставки пакета, что повышает эффективность управления сетевыми процессами и обеспечивает, тем самым, необходимый уровень качества обслуживания.

Литература

1. *Addie R.* Fractal Traffic: Measurements, Modelling and Performance Evaluation, Proceeding of IEEE INFOCOM'95 / R. Addie, M. Zukerman, T. Neame. - 1995.
2. *Willinger W.* A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance Modelling for Modern High-Speed Networks, Stochastic Networks // W. Willinger, M. S. Taqqu, A. Erramilli // Theory and Applications, Oxford University Press. - 1996.
3. *Баня Е.Н.* Компьютерные сети, учебное пособие: Изд-во К.; "Корнейчук". 2009. - 264 с.
4. *Богданова Н.В.* Метод та способи підвищення ефективності управління телекомунікаційними мережами. Автореферат, Київ, 2008.
5. *Городецкий А. Я.* Информатика. Фрактальные процессы в компьютерных сетях: учебное пособие / А. Я. Городецкий, В. С. Заборовский. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2000. – 100 с.
6. *Маколкина, М.А.* Методы оценки качества обслуживания IPTV: учебное пособие / Маколкина М. А. : Изд-во СПбГУТ, 2012, - 16 .

7. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы, 2-е изд.» СПб, Питер-пресс, 2002
8. Столингс В. Современные компьютерные сети / В. Столингс. - [2-е изд.]; [пер. с англ.]. – Питер, 2003. - 783с. - (Серия «Классика computer science»).
9. Тарасов Д.В. Исследования характеристик системы мониторинга сетей связи следующего поколения. Автореферат, Санкт Петербург, 2012

УДК 681.324 (075)

Метод управління трафіком IPTV

В. А. Артеменко, канд. тех. наук, **К.А. Артеменко**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
ул. Політехнічна, 36, корпус 18, г. Київ, 03056, Україна.

Аналіз відомих методів управління трафіком IPTV показує, що більшість з них не забезпечують бажану рівномірність завантаження мереж в силу того, що вони не враховують характер самоподібності мережевого трафіку. Побудована на основі тимчасових інтервалів математична модель розкиду часу доставки пакета враховує час затримки між пристроями при передачі по мережі, час затримки на кожному проміжному комутаторі мережі і час додаткової затримки комутатора при завантаженні, але не враховує фрактальний характер процесу в мережі.

Відома математична модель розкиду пакету на основі тимчасових інтервалів також не враховує фрактальність процесу в мережі IPTV.

Завдання полягає у завчасному формуванні оцінок прогнозу затримки для різних моментів часу. Для вирішення такого завдання пропонується математична модель оцінки прогнозу з урахуванням самоподібності трафіку IPTV і на основі отриманої математичної моделі новий (проактивний) метод управління трафіком IPTV. Оптимальна оцінка прогнозу затримки для певного моменту часу, визначена з урахуванням параметра самоподібності або Херста. Імітаційне моделювання процесів мережі IP показало, що запропонований метод управління трафіком IPTV працює ефективно при введенні двох додаткових порогових значень оцінки прогнозу затримок. Бібл. 9.

Ключові слова: IPTV, параметри затримки, параметр Херста, якість обслуговування, проактивний метод управління трафіком IPTV.

UDC 681.324 (075)

IPTV traffic management method

V. A. Artemenko, Ph.D, **K. A. Artemenko**

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
str. Polytechnique, 36, campus 18, Kiev, 03056, Ukraine.

Analysis of the known methods of traffic management IPTV shows that most of them do not provide the desired uniformity of loading networks due to the fact that they do not take into account the nature of the self-similarity of network traffic. Built on the basis of a mathematical model of timing variation of packet delivery time takes into account the delay in the transmission between devices on the network, the delay time for each intermediate switch network and additional time delay switch boot, but does not account for the fractal nature of the process in the network.

The known mathematical model for spread of packet-based timing also does not account for fractal process in network IPTV.

The aim is to advance the formation of the forecast estimates the delay for various times. To solve this problem we propose a mathematical model to evaluate the prognosis of self-similar traffic based IPTV and based on that new mathematical model (proactive) the method of traffic management IPTV. Optimal forecast estimate the delay for a particular point in time, defined with respect to the parameter of self-similarity or Hurst. Simulation modeling of IP networks has shown that the proposed method of traffic management IPTV works effectively with the introduction of two additional thresholds assessing prognosis delays. Ref. 9.

Keywords: *IPTV, delay parameters, Hurst parameter, the quality of parking around, proactive method of managing traffic IPTV.*

References

1. *Addie R, Zukerman M., Neame T.* (1995), "Fractal Traffic: Measurements, Modelling and Performance Evaluation, Proceeding of IEEE INFOCOM'95".
2. *Banya E.N.* (2008), "Computer networks, Tutorial: Publishing House K." Korneichuk. P. 264.(Rus)
3. *Bogdanova N.V.* (2008), "The method that is capable of pidvischennya effektivnosti upravlinnya telekomunikatsiyimi seines". The Abstract. Kiev. (Rus)
4. *Dmitry Tarasov* (2012), "Studies performance monitoring system of next generation networks." The Abstract. St. Petersburg. (Rus)
5. *Gorodetsky A. J., Zaborowski In. C.* (2000), "Informatics. Fractal processes in computer networks: a training manual". St. Petersburg: St. Petersburg State University, P. 100. (Rus)
6. *Makolkin, M. A.* (2012), "Methods for assessing service quality IPTV: Tutorial". Publishing House of the SUT. P. 16. (Rus)
7. *Olifer V.G., Olifer N.A.* (2002), "Computer networks. Principles, technologies, protocols, 2nd ed." St. Peter Press, P. 680 (Rus)
8. *Willinger W., Taqqu M. S., Erramilli A.* (1996), "A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance Modelling for Modern High-Speed Networks, Stochastic Networks." Theory and Applications, Oxford University Press. P. 128.
9. *Stallings W.* (2003), "Modern computer networks." [2nd ed.], [Lane. from English.]. Peter, P. 783 (Series "Classic computer science»). (Rus)

Поступила в редакцию 14 мая 2013 г.