

МЕТОД ЛОКАЛИЗАЦИИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА В ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЯХ

Предложен метод локализации мультимедийного трафика в одноранговых сетях на основе прогнозирования количества внешних пиров. Метод позволяет повысить качество передачи мультимедийных данных для конечных пользователей за счет преждевременной перестройки логической топологии при изменении количества пиров. Доказана возможность прогнозирования временного ряда количества внешних пиров. Выбран метод прогнозирования, обеспечивающий требуемую точность прогноза.

The method of localization of multimedia traffic in peer-to-peer networks based on forecasting of outside peers quantity is offered in the article. The method allows to increase the quality of data transmission to end-users at the expense of premature changing of the logical topology while changing the quantity of peers. The possibility of forecasting the time series of the outside peers quantity is proved. The forecasting method that provides the required forecast accuracy is chosen.

Введение

Современный этап развития сети Интернет характеризуется увеличением объемов мультимедийного трафика, основная часть которого приходится на приложения, генерирующие потоковое видео. Это связано с тем, что сеть Интернет постепенно становится основным транспортным средством для распространения различного рода видеоданных, в том числе предоставления услуг телевидения.

Задача предоставления услуг телевидения в сети Интернет состоит в копировании одного и того же потока видео всем узлам-подписчикам в рамках требуемых временных ограничений. Для эффективного решения этой задачи можно использовать механизмы, встроенные в протокол IP [1]: групповая адресация и обеспечение качества обслуживания. Механизм групповой адресации выполняет копирование потока видео на уровне маршрутизаторов, тем самым снимая нагрузку с узла-источника видеоданных и уменьшая общий объем трафика, генерируемого приложением. Механизм обеспечения качества обслуживания должен гарантировать: полосу пропускания канала передачи данных не менее битовой скорости потока видеоряда, в среднем 500-1000 Кбит/с, задержку передачи данных от источника к приемнику не более 10 с, потери данных не более 1 %. [2]

Как групповая адресация, так и обеспечение

качества обслуживания требуют поддержки со стороны маршрутизаторов. При этом все маршрутизаторы на пути следования должны реализовывать эти механизмы. Что достаточно сложно обеспечить для произвольной пары узлов сети Интернет. Поэтому указанные механизмы не могут быть использованы для предоставления услуг телевидения в сети Интернет. Единственным способом решения этой задачи до недавнего времени была классическая клиент-серверная архитектура. Где узел-источник видеоданных передавал поток видео для каждого клиента в отдельности. То есть, процедура копирования потока выполнялась на узле-источнике видеоданных.

Однако такой подход не может обеспечить передачу потокового видео для большого количества пользователей из-за ограниченной пропускной способности каналов передачи данных в определенной точке сети, а также высокой нагрузки на узел-источник. Решением проблемы может быть использование подхода наложенной поверх существующих каналов сети передачи данных. Где идея групповой доставки реализуется не на уровне маршрутизаторов, а на уровне приложений, работающих на конечных узлах сети.

Одноранговая сеть (P2P), где каждый узел одновременно выступает в роли клиента и в роли сервера, является эффективным решением для распространения потокового видео в сети Интернет. На сегодня существует огромное

количество коммерческих приложений, таких как SopCast[3], PPLive [4], PPStream [5], UUSee [6], которые успешно справляются с задачей доставки видеоданных для тысяч узлов (пиров).

В P2P сети пиры устанавливают соединения между собой, благодаря чему образуют наложенную сеть. В зависимости от географического местоположения пиров, наложенная сеть может охватывать большое количество интернет-провайдеров (ISP). Взаимодействие между пирами формирует поток мультимедийных данных через наложенную сеть и, следовательно, между провайдерами. Таким образом, наложенная сеть не учитывает топологию базовой сети и приводит к нежелательному трафику между ISP [7].

Естественный способ уменьшить количество мультимедийного трафика между ISP, который генерируется P2P сетью, это предпочтительная установка соединений внутри одного и того же ISP [8,9] и использование технологии выбора суперпиров [10]. При увеличении количества пиров возрастает нагрузка на суперпиры и возникает необходимость увеличения их количества. Это ведет за собой изменение логической топологии внутри сети ISP, появляются больше допустимых задержки и потери, что в результате ухудшает качество передачи видеоданных к конечным пирам. Поэтому возникает необходимость

прогнозирования количества внешних пиров для преждевременного выбора новых суперпиров и изменения логической топологии.

Таким образом, целью работы является разработка эффективного метода локализации мультимедийного трафика на основе прогнозирования количества внешних пиров.

Проведение эксперимента

Среди множества приложений для передачи потокового видео в одноранговых сетях (P2PTV) самым популярным является SopCast[11]. SopCast – это бесплатное приложение для P2PTV, которое было разработано в университете Fundan в Китае. Скорость передачи видеоданных для SopCast, как правило, находится в диапазоне от 250 до 400 Кбит/с, в некоторых случаях может достигать 800 Кбит/с.

Приложение SopCast использует закрытый протокол, поэтому прямых способов выделения P2P трафика из общего объема не существует. В работе [12] были проведены исследования, на основании которых получены оценочные характеристики трафика, генерируемого приложением SopCast. Результаты исследований представлены в таблице 1. На основании этих данных можно построить фильтр для утилиты, осуществляющей захват сетевого трафика.

Таблица 1

| Тип | Размер (байты) | Функциональность |
|-------------------|---------------------------|---|
| Видео пакет | 1320 | Максимальный размер видео пакетов |
| | 377, 497, 617, 1081, 1201 | Видео фрагменты |
| Управляющий пакет | 52 | HELLO пакет для установления соединения |
| | 80 | Подтверждения на получение HELLO пакета |
| | 28 | Подтверждение |
| | 42 | Поддержка состояния между пирами |
| | 46 | Запрос видео пакета |

Эксперимент проводился в локальной сети Национального технического университета Украины “КПИ” во время футбольного матча отборочного цикла Лиги Чемпионов. Упрощенная топология сети показана на рисунке 1. Клиенты, на которых запущено приложение SopCast, подключены к коммутатору SWR18h. Прямое соединение

коммутатора с маршрутизатором R1 позволяет направлять IP трафик в сеть Интернет. Клиентов внутри автономной системы AS25500 будем называть локальными пирами, а остальных, которые установили соседство с ними и находятся снаружи – внешними пирами. Сбор P2P трафика осуществлялся на маршрутизаторе R1.

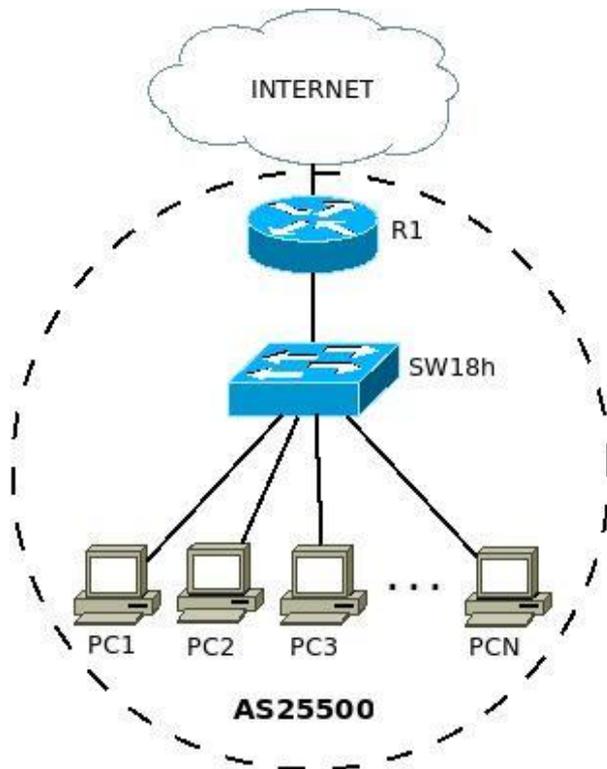


Рис.1. Топология для проведения эксперимента

В период времени с 21:15 по 21:55 для сбора P2PTV трафика на маршрутизаторе R1 была запущена утилита tcpdump [13] с фильтрами, построенными на основе данных из таблицы 1.

Обработка результатов

Для анализа захваченного трафика была разработано приложение r2p-analyzer, которое формирует временной ряд количества внешних

пиров с заданным интервалом. В работе [12] было показано, что интервал обмена сообщениями в приложении SopCast между двумя пирами с вероятностью 0,95 не превышает порог в 2 с. Поэтому интервал для временного ряда был задан в 2 с. Временной ряд количества внешних пиров, полученный в результате анализа, представлен на рисунке 2.

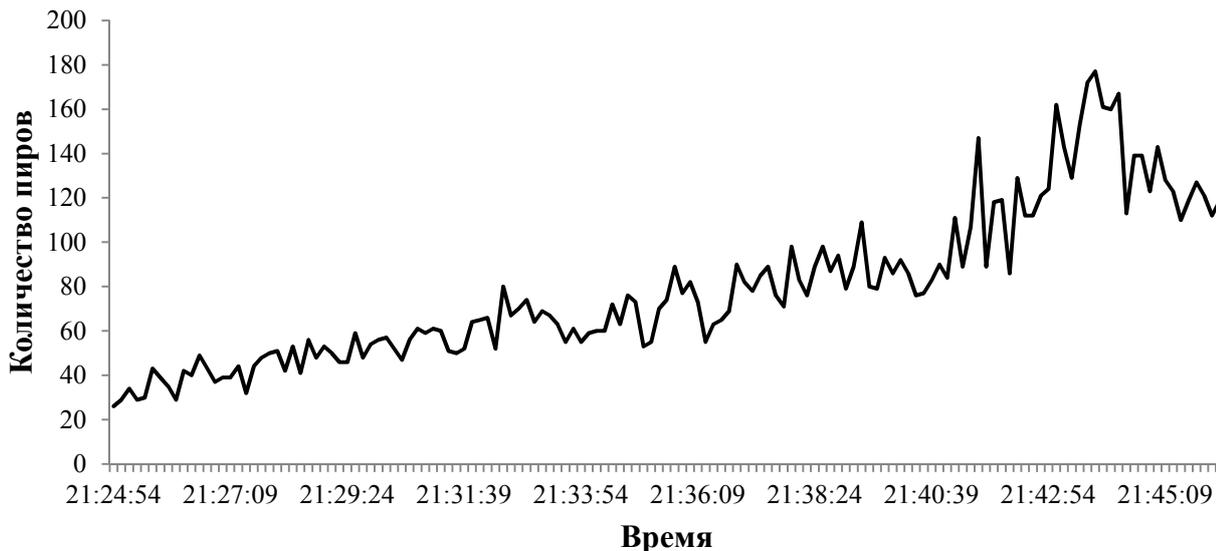


Рис.2. Временной ряд количества внешних пиров

Возможность прогнозирования временного ряда определяется показателем Херста, который рассчитывается следующим образом [14].

1. Среднее значение временного ряда \bar{X}

определяется по формуле 1.

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_t \tag{1}$$

где:

N – количество значений;

X_t – значение ряда.

2. Накопившееся отклонение ряда изменений $X_{t,N}$ определяется по формуле 2.

$$X_{t,N} = \sum_{i=1}^t (X_i - \bar{X}) \quad (2)$$

где:

N – количество элементов ряда, для которых определяется накопившееся отклонение.

3. Разность максимального и минимального накопившегося отклонений R определяется по формуле 3.

$$R(N) = \max(X_{t,N}) - \min(X_{t,N}), \quad 1 \leq t \leq N \quad (3)$$

4. Среднеквадратическое отклонение S определяется по формуле 4.

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (X_t - \bar{X})^2} \quad (4)$$

5. Показатель Херста H рассчитывается по формуле 5.

$$H = \frac{\log(\frac{R}{S})}{\log(\frac{N}{2})} \quad (5)$$

В случае $0,5 < H < 1$ процесс называют персистентным, то есть процесс имеет длительную память. Иными словами, если в течение некоторого времени в прошлом наблюдались положительные приросты процесса, то и в дальнейшем в среднем будет происходить увеличение.

При $H = 0,5$ отклонения процесса от среднего есть действительно случайными и не зависят от предыдущих значений.

В случае $0 < H < 0,5$ процесс является переменчивым, то есть увеличение относительно среднего в прошлом, в будущем изменится в противоположном направлении.

Для определения показателя Херста временного ряда, представленного на рисунке 2, использовалось приложение The SELFIS Tool[15]. В результате получен параметра Херста $H = 0,632$. Следовательно, временной ряд имеет предпосылки к его прогнозированию.

Прогнозирование количества внешних пиров

Временной ряд количества внешних пиров, представленный на рисунке 2, имеет четко вы-

раженную тенденция роста. Поэтому для его прогнозирования был выбран метод экспоненциального сглаживания с учетом тренда (метод Хольта [16]). В этом методе учитывается локальный линейный тренд, присутствующий во временных рядах.

Метод Хольта состоит из следующих действий.

1. Экспоненциально сглаженная величина ряда L_t определяется по формуле 6.

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} - T_{t-1}) \quad (6)$$

где:

α – постоянная сглаживания для данных ($0 \leq \alpha \leq 1$);

Y_t – новое наблюдение или реальное значение ряда в период t ;

T_t – оценка тренда.

2. Оценка тренда определяется по формуле 7.

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (7)$$

где:

β – постоянна сглаживания для оценки тренда ($0 \leq \beta \leq 1$).

3. Прогноз на p точек вперед \hat{Y}_{t+p} выполняется по формуле 8.

$$\hat{Y}_{t+p} = L_t + pT_t \quad (8)$$

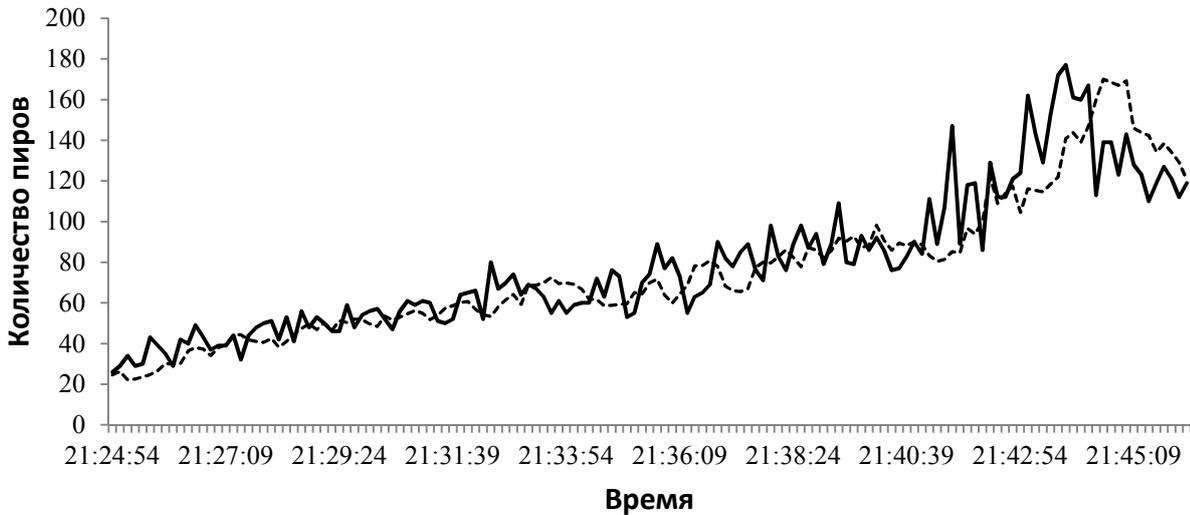
Точность прогноза определяется следующими параметрами: постоянная сглаживания для данных (α), постоянная сглаживания для оценки тренда (β). Эмпирическим способом были определены значения этих параметров: $\alpha = 0,3$, $\beta = 0,1$.

С учетом особенностей работы приложения SopCast, временных параметров сети и объемов передаваемых мультимедийных данных, было определено время, необходимое для перестроения топологии внутри сети ISP при увеличении количества внешних пиров. Это время не превышает 10 с. Так как текущий временной ряд был построен для интервала в 2 с, достаточно выполнить прогнозирование на 5 точек вперед.

С помощью приложения MS Excel был построен прогноз методом Хольта для временного ряда, представленного на рисунке 2. Для исходного временного ряда с определенной точки строится прогноз на 5 точек вперед, эти значения заносятся во временной ряд-прогноз. Следующие 5 точек ряда-прогноза получают с учетом реальных значений до текущей точки. Таким образом, на каждом шаге прогнозирования в качестве исходных данных берутся ре-

альные, а не спрогнозированные значения ряда. ной ряд и ряд-прогноз.

На рисунке 3 представлены исходный времен-



— Временной ряд количества внешних пиров
 - - - - - Прогноз количества внешних пиров

Рис.3. Прогнозирование методом Хольта

Выводы

В работе предложен метод локализации мультимедийного трафика в одноранговой сети на основе прогнозирования количества внешних пиров. Было доказано, что временной ряд количества внешних пиров можно прогнозировать на требуемый горизонт. Для прогнозирования временного ряда был выбран метод экс-

поненциального сглаживания с учетом тренда. Этот метод обеспечивает достаточную точность для выполнения преждевременной перестройки логической топологии одноранговой сети при изменении количества пиров в ней. Таким образом, использование предложенного метода позволяет повысить качество передачи мультимедийных данных конечным пользователям.

Список литературы

1. Postel J. RFC 791 – Internet Protocol / J. Postel // IETF. – Sep 1981.
2. End-user multimedia QoS categories // ITU-T Recommendation G.1010. – Nov 2001.
3. SopCast Software [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.sopcast.org>. – Дата доступа: 09.04.2014.
4. PPTV Software [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.pplive.com> – Дата доступа: 09.04.2014.
5. PPS Software [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.pps.tv> – Дата доступа: 09.04.2014.
6. UUSee Software [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.uusee.com> – Дата доступа: 09.04.2014.
7. Karagiannis T., Rodriguez P., Papagiannaki K. Should Internet Service Providers Fear Peer-Assisted Content Distribution? // The 5th ACM SIGCOMM conference on Internet Measurement, 2005. – P. 6.
8. Picconi F., Massoulie L. ISP-friendly or foe? Making P2P live streaming ISP-aware // The 29th IEEE International Conference on Distributed Computer Systems (ICDCS), 2009. – P. 413-422.
9. Seedorf J., Niccolini S., Stiemerling M., Ferranti E., Winter R. Quantifying operational cost-savings through alto-guidance for P2P live streaming // 3rd Workshop on Economic Traffic Management (ETM 2010), 2010.
10. Jesi G.P., Montresor A., Babaoglu O. Proximity-aware superpeer overlay topologies // IEEE Transactions on Network and Service Management, 2007.
11. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков: Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике // М.: Интернет-Трейдинг, 2004 – 304 с.

12. Bermudez I., Mellia M., Meo M. Investigating overlay topologies and dynamics of p2p-tv systems: the case of sopcast // Selected Areas in Communications IEEE Journal on 29(9), 2011. – P. 1863-1871.
13. Tang S., Lu Y., Hernandez J.M., Kuipers F.A., P. Van Mieghem. Topology dynamics in a P2PTV network // Networking, 2009. – P. 326-337.
14. TCPDump Software [Электронный ресурс] // – Режим доступа: <http://www.tcpdump.org> . – Дата доступа: 09.04.2014.
15. Karagiannis, T., Faloutsos, M. SELFIS: A Tool For Self-Similarity and Long-Range Dependence Analysis // 1st Workshop on Fractals and Self-Similarity in Data Mining: Issues and Approaches (in KDD), Edmonton, Canada, 2002.
16. John E. Hanke, Dean W. Wichern. Business Forecasting / 8th edition. – Pearson, 2005.