

УДК 004.773.5

*А. В. ГАБИНЕТ*

### СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕДАЧИ ПОТОКОВОГО ВИДЕО В ОДНОРАНГОВЫХ СЕТЯХ

Предложен способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях. Предложено использовать топологию сети на основании анализа количества пользователей, которые пользуются услугами доставки потокового видео в зависимости от стран. Описана схема расположения виртуальных машин на одном сервере с помощью виртуализации, а также взаимодействие между ними. Учитываются характеристики сети для эмуляции задержек, потерь пакетов и джиттера.

**Ключевые слова:** одноранговая сеть, потоковое видео, моделирование сети, глобальная сеть, задержка, потери пакетов, джиттер

**Введение.** Процедура научного исследования требует оценки результатов и методов исследования. Тестирования также должны иметь возможность воспроизводиться и проверяться другими учеными. Для этого используются три основных способа: аналитическое решение, моделирование, и живой эксперимент [1].

Аналитические решения ссылаются на математическую модель системы, но они хорошо работают только на простых моделях. Симуляторы могут быть использованы для решения неисправности в матема

© А. В. Габинет., 2015

тических моделях, но у них есть также свои недостатки. Предпочтительный метод, если такой возможен, заключается в выполнении экспериментов с помощью реальной системы.

Тем не менее, в одноранговых сетях (peer-to-peer, P2P), тестирование на реальной системе может оказаться достаточно трудной задачей. Даже в довольно простой P2P сети, которая состоит из нескольких сотен узлов, возникают проблемы с масштабированием и нехваткой ресурсов. Для избегания такого рода проблем, протокол P2P может быть реализован на основе реального мирового тестового стенда, глобальной исследовательской сети PlanetLab [2]. Такая испытательная модель состоит из более чем 1000 компьютеров, расположенных в различных местах по всему миру. Такая установка позволяет получить реальные данные с точки зрения задержки сети, потерь пакетов и джиттера. Недостатком является то, что исследователь должен зависеть от устройств, на которых будет проводиться эксперимент. Они должны быть постоянно доступными и необходим опыт соответствующей настройки узлов для проведения экспериментов. Это само по себе является сложной задачей, т. к. устройства принадлежат различным административным доменам, каждый со своей технической поддержкой и периодически аппаратным или программным обновлением. Поэтому, отслеживание проблем в P2P системах с большим количеством узлов является трудной задачей [3].

Таким образом, появляется четвертый способ для анализа и оценки исследования — эмуляция сети. Этот способ является промежуточным решением между моделированием и реальными экспериментами. Эмуляция имеет много преимуществ перед моделированием: код, который используется для проведения экспериментов может быть использован для внедрения в разрабатываемый продукт. Эмулятор может легко использоваться для оценки всей системы, а не только отдельных компонентов; в результате экспериментальная установка может быть

использована для оценки проблем производительности и безопасности, а также служит в качестве интеграционного стенда. С помощью такого подхода модифицирующие эксперименты легче воспроизводить, измерить, оценить нежелательное поведение, чем делать то же с помощью экспериментов на основе моделирования. На самом деле, в зависимости от абстрактно выбранных данных, моделирование может не учитывать реальных поведений сети. Это тем более применимо для оценки безопасности, так как симуляторы устраняют некоторые детали реализации, и тем самым источники уязвимостей [4].

**Выбор топологии для моделирования одноранговой сети.** Около 90 процентов от мирового числа пользователей пользуются услугами доставки потокового видео [5]. На рис. 1 отображена статистика доли интернет-пользователей, которые смотрят онлайн-видео в зависимости от страны.

Количество интернет-пользователей в каждой из стран [6], которые смотрят видео онлайн представлены в таблице 1. Страны Европы можно объединить в одну группу, так как они находятся близко друг другу и можно пренебречь расстоянием между ними. В результате в табл. 2 было получено распределение пользователей, которые смотрят видео онлайн.

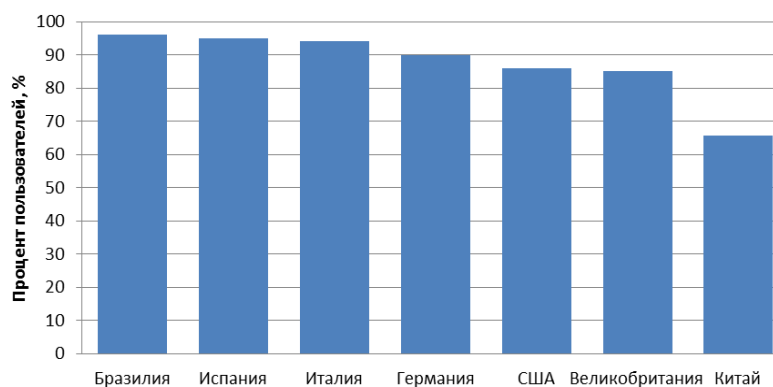


Рис. 1 – Процент интернет пользователей в стране, которые смотрят видео онлайн

Значения задержек, джиттера и потерь пакетов между странами [7] представлены в табл. 3–5 соответственно (данные за 01.07.2014г.)

Таблица 1 – Количество интернет-пользователей, которые смотрят видео онлайн

| № | Страна         | Кол-во интернет пользователей | Процент пользователей, которые смотрят онлайн видео | Кол-во пользователей, которые смотрят онлайн видео |
|---|----------------|-------------------------------|---|--|
| 1 | Бразилия       | 107,822,831                   | 96%   | 103,509,918  |
| 2 | Испания        | 35,010,273                    | 95%   | 33,259,759   |
| 3 | Италия         | 36,593,969                    | 94%   | 34,398,331   |
| 4 | Германия       | 71,727,551                    | 90%   | 64,554,796   |
| 5 | США            | 279,834,232                   | 86%   | 240,657,440  |
| 6 | Великобритания | 57,075,826                    | 85%   | 48,514,452   |
| 7 | Китай          | 617,580,000                   | 65,8%   | 407,602,800  |

Таблица 2 – Распределение пользователей, которые смотрят видео онлайн

| № | Страна        | Просмотр видео онлайн |
|---|---------------|-----------------------|
| 1 | Китай         | 44%                   |
| 2 | США           | 26%                   |
| 3 | Страны Европы | 19%                   |
| 4 | Бразилия      | 11%                   |

Таблица 3 – Значение задержек между странами

| № | Страна/страна | Китай | США   | Страны Европы | Бразилия |
|---|---------------|-------|-------|---------------|----------|
| 1 | Китай         | -     | -     | -             | -        |
| 2 | США           | 185,8 | -     | -             | -        |
| 3 | Страны Европы | 200,4 | 150,2 | -             | -        |
| 4 | Бразилия      | 372,6 | 200,8 | 258,8         | -        |

Таблица 4 – Значение джиттера между странами

| № | Страна/страна | Китай | США  | Страны Европы | Бразилия |
|---|---------------|-------|------|---------------|----------|
| 1 | Китай         | -     | -    | -             | -        |
| 2 | США           | 3,59  | -    | -             | -        |
| 3 | Страны Европы | 2,15  | 0,57 | -             | -        |
| 4 | Бразилия      | 2,98  | 1,75 | 0,32          | -        |

Таблица 5 – Значение потерь пакетов между странами

| № | Страна/страна | Китай | США  | Страны Европы | Бразилия |
|---|---------------|-------|------|---------------|----------|
| 1 | Китай         | -     | -    | -             | -        |
| 2 | США           | 0,12  | -    | -             | -        |
| 3 | Страны Европы | 0,02  | 0,08 | -             | -        |
| 4 | Бразилия      | 0,19  | 0,06 | 0,04          | -        |

**Описание модели для проведения экспериментов.** Наиболее распространёнными инструментами для эмуляции глобальной сети являются NetEm [8] и Dumynet [9]. Проанализировав работу [10] был сделан вывод о том, что NetEm обеспечивает лучшую точность для внесения в сеть задержек, джиттера, потерь пакетов и требует меньше мощности процессора.

Логическая топология модели состоит из четырех сетей, каждая представляет собой страну, и эмулятора глобальной сети, который размещается в центре топологии (рис. 2.) и вносит в сеть задержки, джиттер и потери пакетов. В каждой сети размещаются узлы в зависимости от распределения по странам (табл. 2).

Физическая структура модели состоит из двух серверов. Первый сервер будет использоваться как хост система с множеством виртуальных серверов, сетевые интерфейсы которых будут принадлежать отдельным виртуальным сетям. Объединение виртуальных сетей будет осуществляться на втором сервере, который будет использоваться как WAN эмулятор. IP адресация и размещение узлов представлено на рисунке 3. Для оценки точности предложенного эмулятора, был проведен эксперимент. Сервер трансляции находился в сети 192.168.4.0/24 (страны Европы), к которому подключались участники из разных сетей. Количество участников задано по распределению из таблицы 2. Для объективной оценки качества видео использовалось пиковое отношение сигнала к шуму (PSNR). Видеоряд со значением PSNR между 30 и 40 дБ, как правило, является приемлемым [11]. Для сравнения полученных результатов были взяты данные из экспериментов проведенных в PlanetLab [12]. График зависимости качества воспроизведения видео от страны показан на рис. 4.

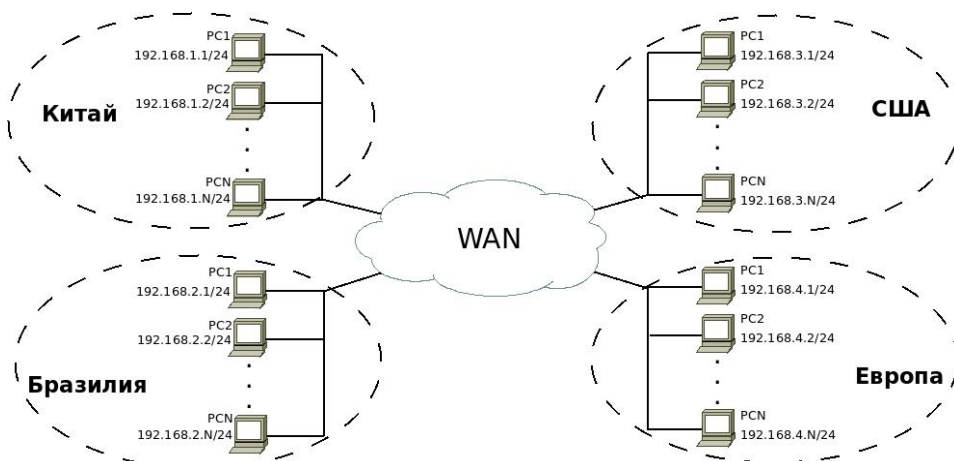


Рис. 2 – Логическая топология сети

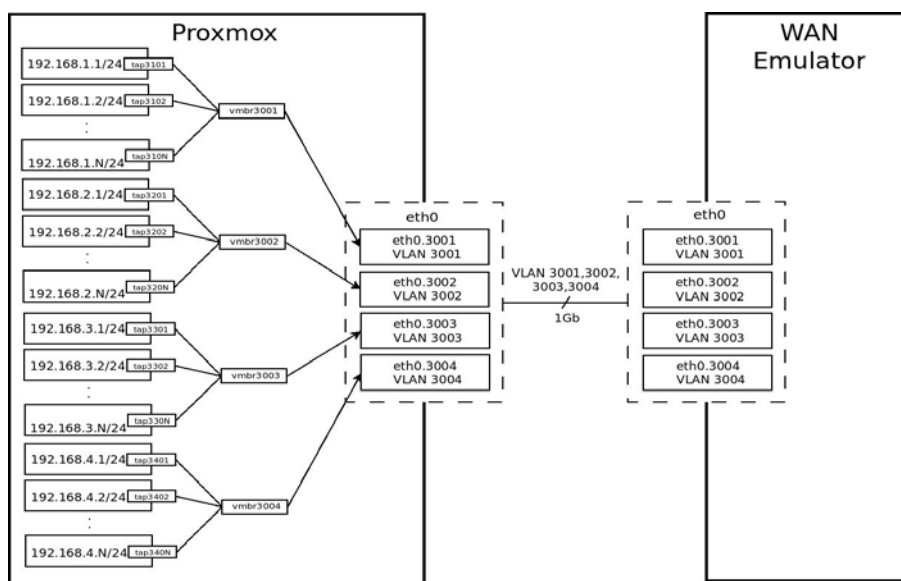


Рис. 3 – Физическая топология сети

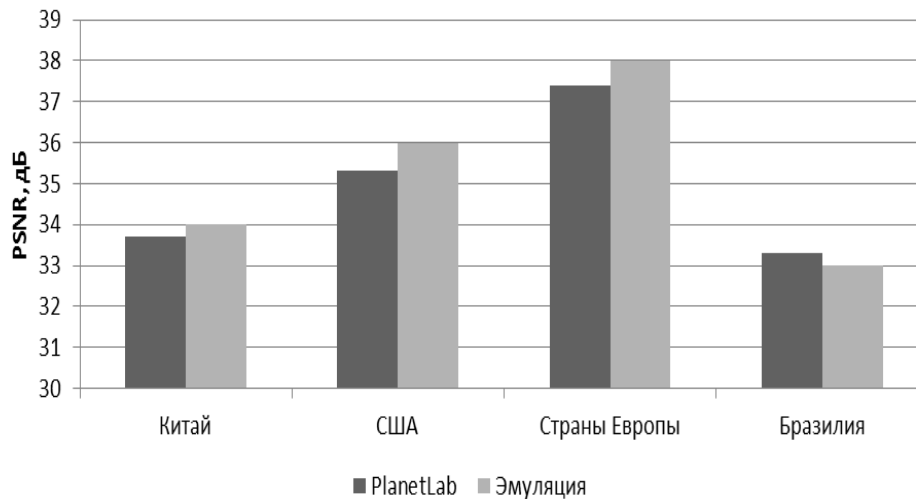


Рис. 4 – Сравнение результатов

**Выводы.** В работе предложен способ моделирования передачи потокового видео в одноранговых сетях. Создана топология для проведения экспериментов основываясь на статистике количества пользователей, которые пользуются услугами доставки потокового видео в зависимости от стран. Предложенная модель учитывает такие сетевые характеристики как задержки и потеря пакетов, джиттер, что позволило эмулировать глобальную компьютерную сеть. Небольшая погрешность результатов, дает возможность в дальнейшем проводить исследования с помощью предложенной модели.

**Список литературы:** 1. Law, A. Simulation modeling and analysis [Text] / A. Law, W. Kelton // McGraw-Hill Higher Education. – 1999. 2. PlanetLab [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <https://www.planet-lab.org>. 3. Basu, A. The state of peer-to-peer network simulators [Text] / A. Basu, S. Fleming, J. Stanier // ACM Computing Surveys. – 2013. 4. Evans, N. Beyond Simulation: Large-Scale Distributed Emulation of P2P Protocols [Text] / N. Evans, C. Grothoff // Conference on Cyber Security Experimentation and Test, CSET. – 2011. 5. The statistics portal [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.statista.com/statistics/272835/share-of-internet-users-who-watch-online-videos>. 6. Internet Users by Country [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country>. 7. Pinger summery table [Электронный ресурс] // - Режим доступа: [http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average\\_rtt&date=2014-07](http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average_rtt&date=2014-07). 8. NetEm Software [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>. 9. Rizzo, L. Dummynet: a simple approach to the evaluation of network protocols [Text] / L. Rizzo // ACM Computer Communication Re-

view. – 1997. 10. Becke, M. Link Emulation on the Data Link Layer in a Linux-based Future Internet Testbed Environment [Text] / M. Becke, T. Dreibholz, P. Rathgeb // Proceedings of the The Tenth International Conference on Networks. – 2011. 11. Wang, Y. Video Processing and Communications [Text] / Y. Wang, J. Ostermann, Y. Zhang // Prentice Hill. – 2002. 12. Baccichet, P. Content-aware p2p video streaming with low latency [Text] / P. Baccichet, J. Noh, E. Setton, B. Girod // IEEE ICME. – 2007.

**Bibliography (transliterated):** 1. Law, A., Kelton, W. (1999). Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill Higher Education. 2. Planet-Lab [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <https://www.planet-lab.org>. 3. Basu, A., Fleming, S., Stanier, J., Wakeman, I., Gurbani, V. (2013). The state of peer-to-peer network simulators, ACM Computing Surveys. 4. Evans, N., Grothoff, C. (2011). Beyond Simulation: Large-Scale Distributed Emulation of P2P Protocols, Conference on Cyber Security Experimentation and Test, CSET. 5. The statistics portal [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.statista.com/statistics/272835/share-of-internet-users-who-watch-online-videos>. 6. Internet Users by Country [Электронный ресурс] // - Режим доступа: <http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country>. 7. Pinger summery table [Электронный ресурс] // - Режим доступа: [http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average\\_rtt&date=2014-07](http://www.wanmon.slac.stanford.edu/cgi-wrap/table.pl?from=Country&to=Country&file=average_rtt&date=2014-07). 8. NetEm Software [Электронный ресурс] // -Режим доступа: <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/netem>. 9. Rizzo, L. (1997). Dummynet: a simple approach to the evaluation of network protocols. ACM Computer Communication Review, 27(1). 10. Becke, M., Dreibholz, T., Rathgeb, P. (2011). Link Emulation on the Data Link Layer in a Linux-based Future Internet Testbed Environment. 11. Wang, Y. Ostermann, J., Zhang, Y.-Q. (2002). "Video Processing and Communications," Prentice Hill. 12. Baccichet, P., Noh, J., Setton, E., Girod, B. (2007). Content-aware p2p video streaming with low latency, IEEE ICME.

Поступила (received) 27.05.2015

#### Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Габінет Артем Вікторович** – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», асистент кафедри обчислювальної техніки; тел.: 068-901-11-41; e-mail: [artemgabinet@gmail.com](mailto:artemgabinet@gmail.com).

**Габінет Артем Вікторович** – аспірант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», ассистент кафедры вычислительной техники; тел.: 068-901-11-41; e-mail: [artemgabinet@gmail.com](mailto:artemgabinet@gmail.com).

**Gabinet Artem Victorovych** – graduate, National Technical University Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", assistant of the computer engineering department; tel.: 068-901-11-41, e-mail: [artemgabinet@gmail.com](mailto:artemgabinet@gmail.com).