

## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ P2P-СЕТИ С УЧЕТОМ СДВИГА ПО ВРЕМЕНИ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ДЛЯ СТРАТЕГИИ LATEST FIRST<sup>1</sup>

Гайдамака Ю.В., Васильев И.Ю.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия  
ygaidamaka@sci.pfu.edu.ru, iuvasiliev@gmail.com

*Построена имитационная модель обмена порциями данных между буферами пользователей потоковой P2P-сети с учетом задержек передачи от сервера-источника.*

Ключевые слова: P2P-сеть, потоковое видео, лаг, стратегия загрузки.

### Введение

Потоковые P2P-сети обладают рядом преимуществ, таких как минимальная нагрузка на сервер-источник видеоданных, эффективное использование ресурсов пользователей сети, масштабируемость и высокая устойчивость сети. Качество предоставляемой услуги потокового видео зависит от нескольких характеристик сети: числа пользователей сети, размеров буферов пользователей и величины задержек передачи данных от сервера, скоростей загрузки и отдачи видеоданных пользователями, частоты подключения пользователей к сети и частоты отключения от сети, применяемой в сети стратегии заполнения буферов пользователей данными.

### Имитационная модель

В работе построена имитационная модель процесса обмена порциями данных между буферами пользователей потоковой P2P-сети для стратегии заполнения буферов Latest Useful Chunk First (LF), согласно которой пользователь пытается в первую очередь загрузить наиболее «свежие», реже всего встречающиеся в сети, порции данных [1-3]. Модель позволяет исследовать одну из основных характеристик потоковой P2P-сети - вероятность непрерывного воспроизведения (англ., playback continuity), т.е. вероятность того, что пользователь успел загрузить ближайшую к воспроизведению порцию данных до момента начала ее воспроизведения [3,4]. Модель учитывает так называемые «лаги» - задержки передачи информации от сервера-источника потоковых мультимедийных данных, показанные на рис. 1 [1,2].

На рис. 1 показаны лаги для каждого пользователя сети. Для простоты в имитационной модели все пользователи разбиты на три группы в зависимости от величины задержки. Так называемые «быстрые» пользователи находятся в непосредственной близости от сервера (напр.,  $n$ -пользователи), считаем, что данные к ним поступают от сервера без задержки. Так называемые «средние» пользователи (напр.,  $i$ - и  $k$ -пользователи) расположены дальше от сервера, поэтому имеют отличную от нуля задержку). Наконец, так называемые «медленные» пользователи (напр.,  $j$ - и  $h$ -пользователи), являющиеся самыми удаленными от сервера, имеют самую большую задержку.

Для анализа функционирования потоковой P2P-сети была построена имитационная модель сети с одним сервером и  $N$  пользователями, которые не подключаются к сети и не отключаются от нее, а присутствуют в сети постоянно. Соотношение пользователей в группах 1:1:1, т.е. в каждой группе  $N/3$  пользователей. Процесс воспроизведения потокового видео в P2P-сети разбит на такты. Длина каждого такта постоянна и соответствует времени воспроизведения одной порции данных из буфера пользователя [1-4]. Времени работы имитационной модели равно  $T$  тактов, причем сбор статистических

<sup>1</sup> Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов № 13-07-00953-а, 14-07-00090-а.

данных начинается спустя  $T_s$  тактов с начала моделирования ( $T_s < T$ ). Каждый пользователь имеет буфер для хранения видеоданных размера  $M+1$ , где  $M$  мест предназначено для хранения и обмена порциями данных с другими пользователями, а 0-место – для загрузки наиболее «свежей» порции от сервера. Таким образом, вектор состояния буфера  $n$ -пользователя имеет вид  $x(n)=(x_0(n), x_1(n), \dots, x_M(n))$ , где  $x_m(n)=1$ , если  $m$ -место буфера занято порцией данных и  $x_m(n)=0$  в противном случае,  $m=0, \dots, M$ . Порция видеоданных на  $M$ -месте буфера, наиболее «старая» порция видеоданных у пользователя, находится ближе всего к воспроизведению.

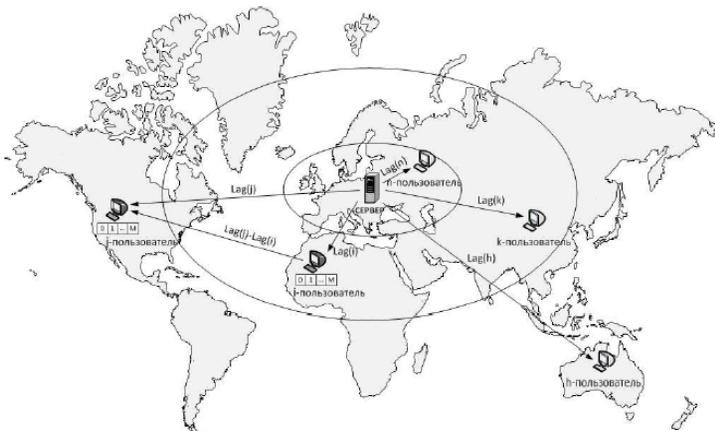


Рис. 1. Задержки передачи информации от сервера-источника

Вследствие задержек пользователи P2P-сети будут воспроизводить одну и ту же порцию данных в разное время: пользователи с минимальной задержкой будут смотреть видео раньше, нежели пользователи с большей задержкой. Разработанная имитационная модель P2P-сети для стратегии LF с учетом сдвига по времени между пользователями позволяет для каждой группы пользователей по собранной статистике оценить вероятность непрерывного воспроизведения.

Для каждого пользователя составляется список соседей, куда входят представители всех трех групп в соотношении 1:1:1. В список соседей пользователи из сети выбираются случайным образом из каждой группы. Список формируется один раз в начале моделирования и остается неизменным в течение всего времени моделирования. Пользователи могут взаимодействовать напрямую только со своими соседями. Предполагается, что за один такт пользователь может загрузить одну порцию данных, причем запрашивать данные он может только у одного пользователя сети, входящего в список его соседей.

Ниже представлен алгоритм функционирования имитационной модели P2P-сети.

**Шаг 1.** Задание начальных значений.

- 1.1. Определить текущее значение числа тактов, прошедших с начала работы имитационной модели  $t = 0$ .
- 1.2. Определить количество порций данных, отправленных на воспроизведение от разных групп пользователей  $PV_1 = 0, PV_2 = 0, PV_3 = 0$ .
- 1.3. Создать список соседей для каждого пользователя сети.

**Шаг 2.** Проверка критерия остановки алгоритма.

- 2.1. Увеличить  $t = t + 1$ , и если  $t = T$ , остановить выполнение.
- 2.2. Если критерий остановки выполнен, завершить работу алгоритма. Результатом выполнения будут величины  $PV_i = 3PV_i / N(T - Ts), \forall i = 1, 2, 3$ .

**Шаг 3.** Обновление состояния системы.

- 3.1. Для всех пользователей произвести сдвиг буфера по описанному ранее алгоритму:  $x_m(n) = x_{m-1}(n), m = M, \dots, 1; x_0(n) = 0, n = 1, \dots, N$ .
- 3.2. Выбрать одного из «быстрых» пользователей, которому сервер загрузит новую порцию видеоданных. Для этого пользователя определить  $x_0(n) = 1$ .
- 3.3. Каждый пользователь ( $n$ -пользователь), которого сервер не выбрал для загрузки видеоданных, выбирает другого, целевого, пользователя из списка своих соседей и производит попытку загрузки от него данных. Номер места загрузки определяется согласно стратегии Latest First: минимальный номер места, на котором у  $n$ -пользователя нет порции данных, а у целевого пользователя есть порция данных. Если такой номер  $m$  существует, то определить  $x_m(n) = 1$ , иначе в состоянии буфера  $n$ -пользователя ничего не меняется.

**Шаг 4.** Сбор статистики.

- 4.1. Если для «быстрого»  $n$ -пользователя выполнилось равенство  $x_M(n) = 1$  (т.е. имеется порция видеоданных на  $M$ -месте его буфера), то увеличить величину  $PV_1$  на единицу. Аналогичная операция увеличения  $PV_2$  на единицу проводится для «средних» пользователей, и  $PV_3$  для «медленных» пользователей.
- 4.2. Перейти к шагу 2.

### Численный эксперимент

В качестве исходных данных для имитационного моделирования потоковой P2P-сети было выбрано  $N=300, M=40$ , количество соседей равно 60, длина задержки быстрых пользователей равна 0 тактов, средних - 10 тактов, медленных - 20 тактов. Время моделирования равнялось  $T=10^6$  тактов, сбор статистических данных начинался после  $T_s=5 \cdot 10^4$  такта, когда система находилась в стационарном режиме. На рис. 2 для каждой из трех групп пользователей изображены графики зависимости вероятностей непрерывного воспроизведения от величины задержек.

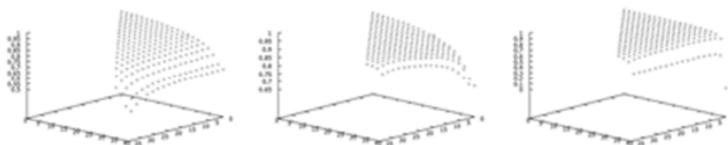


Рис. 2. Зависимость вероятности непрерывного воспроизведения от величины задержек

При фиксированной нулевой задержке у «быстрых» пользователей варьировались размеры задержек у «средних» (от 0 до 35 тактов) и у «медленных» (от размера задержки «средних» пользователей до 40 тактов) пользователей. На первом графике изображена вероятность непрерывного воспроизведения  $PV_1$  для «быстрых» пользователей, на втором –  $PV_2$  для «средних», и для «медленных»  $PV_3$  на третьем графике. Из рисунков видно, что «медленные» пользователи имеют наибольшую вероятность воспроизведения видео без пауз. Это обусловлено тем, что

недостающие порции данных уже распространены в сети среди «средних» и «быстрых» пользователей.

### **Выводы**

Разработанная имитационная модель учитывает скорости загрузки и отдачи данных пользователями, что позволяет моделировать ситуации так называемых «коллизий», когда скорости отдачи пользователя недостаточно для отдачи порций всем пользователям, которые запросили у него данные. Оценка влияния коллизий на характеристики эффективности функционирования потоковой P2P-сети является задачей дальнейших исследований. Также в дальнейшем планируется исследовать при имитационном моделировании другие известные стратегии заполнения буферов, напр., Rarest First и Greedy.

### **Литература**

1. *Gaidamaka Yu., Vasiliev I., Samuylov A., Samouylov K., Shorgin S.* Simulation of Buffering Mechanism for Peer-to-Peer Live Streaming Network with Collisions and Playback Lags // Proc. of the 13th Int. Conf. on Networks (ICN 2014), February 23 - 27, 2014. - Nice, France. - Pp. 86-91.
2. *Zhao Y., Shen H.* A simple analysis on P2P streaming with peer playback lags // Proc. of the 3rd International Conference on Communication Software and Networks (IEEE ICCSN 2011), May 27-29, 2011. Xi'an, China, pp. 396-400.
3. *Gaidamaka Yu., Samuylov A.* Analytical Modeling of Playback Continuity in P2P Streaming Network with Latest First Download Strategy // Lecture Notes in Computer Science, Germany, Heidelberg, Springer-Verlag, 2013, Vol. 8121, pp. 363-370.
4. *Adamu A., Gaidamaka Yu., Samuylov A.* Discrete Markov Chain Model for Analyzing Probability Measures of P2P Streaming Network // Lecture Notes in Computer Science. Germany, Heidelberg: Springer. 2011. Vol. 6869. pp. 428-439.

## **SIMULATION OF P2P NETWORK WITH LAGS FOR THE LATEST FIRST DOWNLOAD STRATEGY**

*Gaidamaka Yu. V., Vasiliev I. Yu.*

*Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia  
ygaidamaka@sci.pfu.edu.ru, iuvasiliev@gmail.com*

***A simulation model of the data interchange between peers' buffers in live streaming P2P network with lags is presented.***

Key words: P2P network, live streaming video, lag, download strategy.