

СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ СЕРВИСНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УСЛУГ IPTV

Царёв Р. Ю., Никитюк Л.А.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
c4r@mail.ru, nikityuk_l@mail.ru*

СПОСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ СЕРВІСНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПОСЛУГ IPTV

Царьов Р. Ю., Нікітюк Л.А.

*Одесска національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.
c4r@mail.ru, nikityuk_l@mail.ru*

CHOICE MODEL THE OPTIMAL SET OF SERVER RESOURCES FOR IPTV SERVICES

Tsaryov R. Y., Nikityuk L.A.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kuznechna St., Odessa, 65029, Ukraine.
c4r@mail.ru, nikityuk_l@mail.ru*

Аннотация. Показана актуальность разработки и развития методов обеспечения качества услуги IPTV. В работе рассмотрен способ оптимизации структуры сервисной платформы услуги IPTV по критерию минимизации среднего времени отклика сети на запросы пользователей. Для уменьшения среднего времени отклика сети предлагается распараллеливание потока входящих запросов пользователей и оптимизация мест расположения точек кэширования контента в сети. Метод решения базируется на общем подходе решения задач о размещении. Работоспособность предложенного способа показана на конкретном примере.

Ключевые слова: IPTV, сервер, время отклика сети, контент, задержка, производительность.

Анотація. Показано актуальність розробки та розвитку методів забезпечення якості послуги IPTV. В роботі розглянуто спосіб оптимізації структури сервісної платформи послуги IPTV за критерієм мінімізації середнього часу відгуку мережі на запити користувачів. Для зменшення середнього часу відгуку мережі пропонується розпаралелювання потоку вхідних запитів користувачів та оптимізація місць розташування точок кешування контенту у мережі. Метод розв'язання базується на загальному підході до розв'язання задач про розміщення. Працездатність способу показано на конкретному прикладі.

Ключові слова: IPTV, сервер, час відгуку мережі, контент, затримка, продуктивність

Abstract. The urgency of the design and development the methods to ensure the quality of IPTV services. The article considers a way of optimizing the structure of the service platform to provide IPTV services according to the criterion of minimizing the average network response time to user requests. To reduce the average network response time offered paralleling the stream of incoming user requests and optimization of locations of points of content caching in the network. The solution is based on the general approach for solving occupancy problem. The efficiency of the way is demonstrated on a concrete example

Key words: IPTV, server, response time, content, delay, efficiency.

В современных сетях наблюдается стойкая тенденция роста доли трафика видеосервисов, при этом возрастают требования пользователей к качеству этих сервисов [1]. Одним из наиболее популярных сервисов на базе передачи видеотрафика является услуга IPTV.

Основные требования к построению сервисной платформы для предоставления услуги IPTV определены в Рекомендациях МСЭ-Т Y.1901 и Y.1910 [2,3]. Требования к

параметрам качества передачи видеотрафика (время задержки пакетов, джиттер задержки, процент потерянных пакетов) определены в Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 и Y.1541 [4, 5].

Анализ работ, посвященных услуге IPTV [6-8], дает представление об уровне разработок в данном направлении. Предлагаемые методы направлены на обеспечение качества услуги IPTV и базируются на применении дополнительных механизмов, таких как кеширование контента, организация гибридной рассылки контента, оценки динамичности изображения. В работах [9, 10] предлагается подход, ориентированный на повышения эффективности предоставления услуги IPTV за счет оптимизации структуры сервисной платформы, необходимой для предоставления данной услуги. Развитию этого подхода посвящена данная работа.

Целью данной статьи является разработка метода определения оптимального числа серверов и мест их расположения для минимизации времени отклика сети на запрос пользователя при предоставлении услуги IPTV.

В работе [11] показано, что среднее время отклика \bar{O} на запросы пользователей может быть представлено следующим выражением:

$$\bar{O} = \bar{T}_C + \bar{T}_{i \times} + \bar{T}_{iA} + \bar{T}_{\hat{E}}, \quad (1)$$

где \bar{T}_C – среднее время передачи запроса по сети;

$\bar{T}_{i \times}$ – среднее время нахождения запроса в очереди на обслуживание сервером;

\bar{T}_{iA} – среднее время обслуживания сервером запроса;

$\bar{T}_{\hat{E}}$ – среднее время доставки запрошенного контента.

Пусть задана топология сети провайдера, число оконечных пунктов соответствует количеству абонентов, сервер услуги располагается в центральном узле (см. рис. 1).

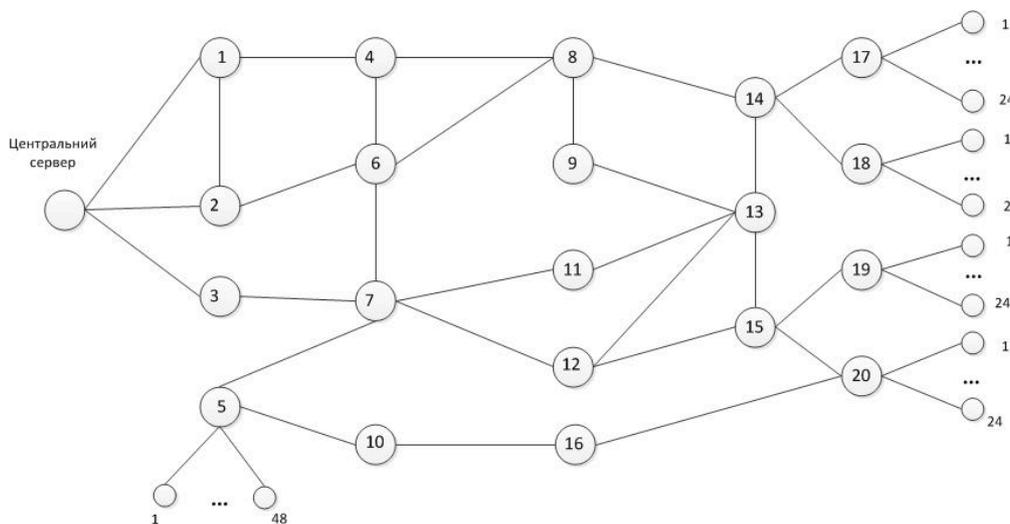


Рисунок 1 – Структура сети с сервером услуги

Пусть сеть представлена в виде взвешенного графа $G(N, E)$, где N - множество вершин (пункты сети), а E – множество ребер (линии связи). Весовой характеристикой вершин является время задержки сообщений в узлах $\{t_i\}, i \in N, i = \overline{1, n}$. Весовой характеристикой ребер является скорость передачи $\{v_{ij}\}$, где $(i, j) \in E, i, j \in N$. Множество путей передачи в сети $M = M' \cup M'' = \{\mu_{is}\} \cup \{\mu_{si}\}$, где $\{\mu_{is}\}$ – множество путей передачи запроса от i -го пользователя к серверу s , а $\{\mu_{si}\}$ – множество путей передачи контента от сервера s к i -му

пользователю. Значения \overline{T}_C и \overline{T}_E зависят от скорости передачи запроса пользователя и запрашиваемого контента соответственно по пути $\mu \in M$ и от времени задержки t_i в коммуникационных узлах. Согласно преобразованиям, проведенным в работе [11], выражение (1) можно представить в виде:

$$\overline{O} = \left(\frac{\overline{O}_{iA}^2 * \overline{\gamma}}{1 - \overline{T}_{iA} * \overline{\gamma}} + \overline{T}_{iA} \right) + \left\{ \frac{1}{q} \left[2 \sum_i t_i^C + \left(\sum_i \sum_j \frac{1}{v_{ij}} \sum_k \overline{L}_{Ck} \right) + \left(\sum_i \sum_j \frac{1}{v_{ij}} \sum_k \overline{L}_{Ek} \right) \right] \right\}, \quad (2)$$

$i \in N(\mu_{is}), i, j \in N(\mu_{is}), k : i, j \in N(\mu_{ks}), i, j \in N(\mu_{si}), k : i, j \in N(\mu_{ki})$

где средняя интенсивность $\overline{\gamma}$, поступающих на сервер запросов пользователей; средний объем \overline{L}_C запроса пользователя в байтах и средний объем \overline{L}_E запрашиваемого пользователем контента в байтах.

Из выражений (1) и (2) следует, что минимизировать среднее время отклика \overline{O} можно за счет уменьшения времени нахождения запроса в очереди на обслуживание сервером и сокращения времени доставки запрашиваемого контента.

Для уменьшения времени нахождения запроса в очереди на обслуживание целесообразно разделить (распараллелить) входной поток запросов между несколькими серверами. Из выражения (2) видно, что текущее время нахождения запроса в очереди определяется как:

$$\overline{T}_{i \times} = \frac{\overline{O}_{iA}^2 * \overline{\gamma}}{1 - \overline{T}_{iA} * \overline{\gamma}}. \quad (3)$$

Тогда, необходимое число серверов Ser для уменьшения времени нахождения запроса в очереди можно определить как:

$$Ser = \frac{\overline{T}_{i \times}}{\overline{T}_{i \times \text{доп}}}, \quad (4)$$

где $\overline{T}_{i \times \text{доп}}$ – допустимое время нахождения запроса в очереди.

Уменьшить время доставки контента возможно за счет сокращения числа ребер и вершин в пути μ_{ik} . Для этого обычно применяется технология кеширования контента. Так, в работе [11] предложено использование технологии кеширования контента для предоставления услуги IPTV, где эффект достигается за счет размещения в сети промежуточных серверов, на которые записывается (кешируется) контент. В этом случае, в ядре располагается основной сервер, который хранит весь контент, а в сети организуется несколько точек кэширования для размещения дополнительных серверов. Центральный сервер отправляет запрошенный контент абоненту, при этом контент параллельно записывается на ближайший к абоненту дополнительный сервер. При повторном запросе другими абонентами этого же контента, последний будет отправляться с дополнительного сервера. Однако в работе не решена основная проблема – это определение оптимального места расположения пунктов кэширования, с точки зрения минимизации времени доставки контента. Указанное условие достигается за счет выбора n пунктов, в которых следует разместить дополнительные сервера так, чтобы сократить время доставки контента пользователю за счет сокращения числа ребер, входящих в путь доставки контента пользователю.

Из выражения (2) следует, что среднее время передачи контента \overline{t}_{Eij} между вершиной i и j графа, $i, j \in N$ может быть определено как:

$$\overline{t}_{Eij} = \frac{\overline{L}_K}{v_{ij}}. \quad (5)$$

Задачу нахождения пунктов расположения дополнительных серверов можно свести к известной задаче о размещении или, иными словами, к задаче о p -медиане [12,13]. Отличие рассматриваемой задачи от известной задачи о p -медиане заключается в том, что в данном случае не требуется принимать во внимание предпочтения абонентов (предпочтения задаются в виде весов вершин графа), а так же в том, что необходимо найти $p-1$ медиан, поскольку месторасположение центрального сервера известно.

Рассматриваемая задача может быть формализована следующим образом: на графе $G(N,E)$ необходимо выбрать ровно p узловых вершин (узлов сети), так чтобы суммарное время доставки контента $\overline{T_E}$ до конечных абонентов сети было минимальным.

Введем следующие обозначения:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{адрес } i \text{ является медианой}, i \in N, \\ 0, & \text{иначе}. \end{cases} \quad (6)$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ является медианой и } j \text{ является клиентом}, i, j \in N, \\ 0, & \text{иначе}. \end{cases} \quad (7)$$

Тогда задача определения оптимального места расположения пунктов кэширования может быть формализована в виде:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \overline{t_{kij}} \cdot x_{ij} \rightarrow \min. \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad \sum_{i \in N} y_i = p, \quad (9)$$

$$x_{ij} \leq y_i; x_{ij} \in \{0,1\}; i, j \in N$$

Нахождение оптимального места расположения пунктов кэширования является NP-полной задачей, для ее решения могут быть использованы подходы, предложенные в [14, 15, 16, 17]. Общим недостатком указанных подходов является их трудоемкость. Для решения задачи за приемлемый временной интервал может быть использован эвристический алгоритм [17]:

1. Определяем некоторое множество S вершин мощностью p , $S \subset N$ в качестве первого приближения, все остальные вершины будут «неопробованными».

2. Выбираем произвольную «неопробованную» вершину $x_j \in N - S$ и для каждой вершины $x_i \in S$ рассчитываем приращение Δ_{ij} передаточных чисел для множества S и множества $S' = (S - \{x_j\}) \cup \{x_i\}$:

$$\Delta_{ij} = \sigma(S) - \sigma(S' - \{x_j\} \cup \{x_i\}), \quad (10)$$

$$\sigma(S) = \sum_{x_j \in N} n_j \cdot \overline{t_k}(S, x_j), \quad (11)$$

$$\sigma(S') = \sum_{x_j \in N} n_j \cdot \overline{t_k}(S', x_j), \quad (12)$$

где $\sigma(S)$ – передаточное число для исходного множества S ; $\sigma(S')$ – передаточное число для множества S' ; n_j – вес j вершины, $j \in N$; $\overline{t_k}(S, x_j)$ – среднее время передачи контента между вершинами $x_i \in S$ и $x_j \in N - S$; $\overline{t_k}(S', x_j)$ – среднее время передачи контента между вершиной $x_i \in S'$ и $x_j \in N - S'$;

3. Если $\Delta_{ij} \leq 0$, то вершину $x_j \in N - S$ помечаем как «опробованную» и переходим к шагу 5. Если $\Delta_{ij} \geq 0$, то вершину $x_j \in N - S$ помечаем как «опробованную», заменяем множество S на множество S' ($S \leftarrow S'$) и переходим к шагу 4.

4. Проверяем есть ли в множестве $N - S$ неопробованные вершины. Если $(N - S) \neq \emptyset$, то переходим к шагу 2. Если $(N - S) = \emptyset$ то стоп, текущее множество S является решением задачи.

Решение задачи оптимизации сервисной платформы для предоставления услуги IPTV для исходного графа (рис. 1) с использованием приведенного выше подхода выглядит следующим образом.

Пусть задана средняя интенсивность поступающих на сервер запросов пользователей $\bar{\gamma} = 25$ запросов/с; время обслуживания $T_{i, \lambda} = 50$ мс; допустимое время нахождения запроса в очереди $T_{i, \text{одд}} = 100$ мс; средний объем запрашиваемого пользователем контента $\bar{L}_{\hat{E}} = 15000000$ байт. В качестве весов ребер используем среднее время передачи контента $t_{\hat{E}, ij}$, все вершины имеют одинаковый вес – $n_j = 1$.

Используя выражение (3), получили текущее значение нахождения пакета в очереди – $\bar{T}_{i, \times} = 250$ мс. Подставив полученное значение в выражение (4) получаем, что необходимое число серверов равно $Ser = 3$. Центральный сервер располагается в ядре сети, оптимальным местом расположения для двух кеширующих серверов будут вершины 7 и 13 (рис. 2).

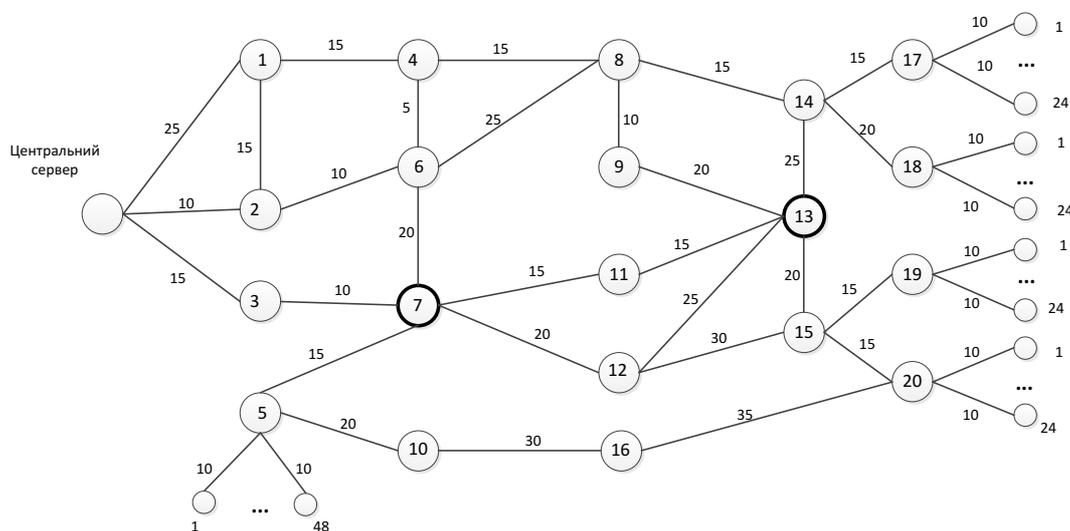


Рисунок 2 – Расположение искомых пунктов кеширования

В заключение можно сказать следующее, в работе предложен способ оптимизации сервисной платформы услуги IPTV по критерию минимизации среднего времени отклика сети \bar{O} на запросы пользователей. Для уменьшения среднего времени отклика сети предлагается распараллеливать поток входящих запросов пользователей и оптимизировать места расположения пунктов кеширования контента в сети. Работоспособность предложенного способа показана на примере.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Обзор развития мирового рынка телекоммуникаций [Электронный ресурс] / The Cisco corp. – Режим доступа: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html
2. МСЭ-Т Recommendation Y.1910. IPTV functional architecture// September 2008.
3. МСЭ-Т Recommendation Y.1901. Requirements for the support of IPTV services // January 2009.
4. МСЭ-Т Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters // December 2002.
5. МСЭ-Т Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services // May 2002.
6. Маколкина М.А. Методы оценки качества передачи видео в сетях связи: учеб. пособ. [Текст] / Маколкина М. А. – СПб. : СПбГУТ, 2012.

7. Гергес М.С. Улучшение качества передачи IPTV-услуги видео по запросу через широкополосную сеть доступа / Гергес М.С. // Проблемы информатики. – 2011. – № 3. – С. 79-88.
8. Гольдштейн Б.С. Об одном подходе к организации IPTV-услуги «Видео по запросу» с применением гибридного механизма / Б.С. Гольдштейн, М.С. Гергес // Техника Связи. – 2011. – № 1. С. 16-21.
9. Никитюк Л. А. Модель выбора оптимального набора ресурсов сервера для услуги IPTV [Текст] / Л. А.Никитюк, Р. Ю.Царёв // Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2014. – № 2. – С. 147.
10. Никитюк Л. А. Алгоритм решения задачи выбора оптимального набора ресурсов сервера для услуги IPTV [Текст] / Л. А.Никитюк, Р. Ю.Царёв // Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2015. – № 2. – С. 36.
11. Бородинский А. А. «Методы достижения синергетического эффекта услуги IPTV» / А. А. Бородинский // Вестник АГТУ. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика – 2011. – № 2
12. Емеличев В.А. Многогранники, графы, оптимизация / Емеличев В.А., Ковалев М.М., Кравцов М.К. – М.: Наука, 1981. – 344 с.
13. Krarup J. The simple plant location problem: survey and synthesis / Krarup J., Pruzan P. M. // European Journal of Operational Research. – 1983. – Vol. 12. – P. 36.
14. Алексеева Екатерина Вячеславовна Алгоритмы локального поиска для задачи о р-медиане с предпочтениями клиентов: дис. ... канд. физ.- мат. наук: 01.01.09 / Алексеева Екатерина Вячеславовна. – Новосибирск, 2007. – 92 с.
15. Климентова Ксения Борисовна Оценки оптимальных значений и методы решения задач размещения с предпочтениями клиентов: дис. канд. физ.-мат.наук: 05.13.01 / Климентова Ксения Борисовна. – Иркутск, 2010. – 124 с.
16. Васильев И.Л. . Метод декомпозиции для задачи о р-медиане на несвязном графе // Дискретный анализ и исследование операций. 2007. Т. 14, № 1. С. 43–58.
17. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Кристофидес Н. – М.:Мир, 1978. – 432 с.

REFERENCES:

1. Obzor razvitija mirovogo rynka telekommunikacij / The Cisco corp. – Available: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.html
2. ITU-T Recommendation Y.1910. IPTV functional architecture // September 2008.
3. ITU-T Recommendation Y.1901. Requirements for the support of IPTV services // January 2009.
4. ITU-T Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters // December 2002.
5. ITU-T Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services // May 2002.
6. Makolkina M. A. Metody ocenki kachestva peredachi video v setjah svjazi: ucheb. posob. [Tekst] / Makolkina M. A. – SPb. : SPBGUT, 2012.
7. Gerges M.S. Uluchshenie kachestva peredachi IPTV-uslugi video po zaprosu cherez shirokopolosnuju set' dostupa / M.S. Gerges // Problemy informatiki. – 2011. – № 3. – S. 79-88.
8. Gol'dshtejn B.S. Ob odnom podhode k organizacii IPTV-uslugi «Video po zaprosu» s primeneniem gibridnogo mehanizma / B.S. Gol'dshtejn, M.S. Gerges // Tehnika Svjazi. – 2011. - № 1. S. 16-21.
9. Nikitjuk L. A. Model' vybora optimal'nogo nabora resursov servera dlja uslugi IPTV [Tekst] / L. A.Nikitjuk, R. Ju.Carjov // Zbirnik naukovih prac' ONAZ im. O. S. Popova. – 2014. – № 2. – S. 147.
10. Nikitjuk L. A. Algoritm reshenija zadachi vybora optimal'nogo nabora resursov servera dlja uslugi IPTV [Tekst] / L. A.Nikitjuk, R. Ju.Carjov // Zbirnik naukovih prac' ONAZ im. O. S. Popova. – 2015. – № 2. – S. 36.
11. Borodinskij A. A. «Metody dostizhenija sinergeticheskogo jeffekta uslugi IPTV» / A. A. Borodinskij // Vestnik AGTU. Ser. Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika – 2011. – № 2
12. Emelichev V.A. Mnogogranniki, grafy, optimizacija / Emelichev V.A., Kovalev M.M., Kravcov M.K. – М.: Nauka, 1981. – 344 s.
13. Krarup J. The simple plant location problem: survey and synthesis / Krarup J., Pruzan P. M. // European Journal of Operational Research. – 1983. – Vol. 12, – P. 36.
14. Alekseeva Ekaterina Vjacheslavovna Algoritmy lokal'nogo poiska dlja zadachi o p-mediane s predpochtenijami klientov: dis. kand. fiz.- mat. nauk: 01.01.09 / Alekseeva Ekaterina Vjacheslavovna. – Novosibirsk, 2007. – 92 s.
15. Klimentova Ksenija Borisovna Ocenki optimal'nyh znachenij i metody reshenija zadach razmeshhenija s predpochtenijami klientov: dis. kand. fiz.-mat.nauk: 05.13.01 / Klimentova Ksenija Borisovna. – Irkutsk, 2010. – 124 s.
16. Vasil'ev I.L. . Metod dekompozicii dlja zadachi o p-mediane na nesvjaznom grafe // Diskretnyj analiz i issledovanie operacij. 2007. Т. 14, № 1. S. 43–58.
17. Kristofides N. Teorija grafov. Algoritmicheskij podhod / Kristofides N. – М.:Mir, 1978. – 432 s.