

УДК 621.397

**АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА
РЕСУРСОВ СЕРВЕРА ДЛЯ УСЛУГИ IPTV**

Никитюк Л. А., Царёв Р. Ю.

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

**АЛГОРИТМ РОЗ'В'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРУ
РЕСУРСІВ СЕРВЕРА ДЛЯ ПОСЛУГИ IPTV**

Нікіт'юк Л.А., Царьов Р. Ю.

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

**PROBLEM ALGORITHM OF CHOICE THE OPTIMAL SET OF SERVER
RESOURCES FOR IPTV SERVICES**

Nikityuk L.A., Tsaryov R. Y.

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

Аннотация. В работе предложен алгоритм решения задачи выбора оптимального набора комплектующих сервера, входящего в состав сервисной платформы для предоставления услуги IPTV в режиме одноадресного вещания. Задача формализуется в терминах комбинаторной оптимизации, представляет собой двухконтурную оптимизационную модель. Метод решения базируется на общем подходе решения задач о рюкзаке и формализован в виде алгоритма. Работоспособность алгоритма продемонстрирована на конкретном примере.

Ключевые слова: IPTV, сервер, задача о рюкзаке, набор ресурсов, производительность.

Анотація. В роботі запропоновано алгоритм розв'язання задачі оптимального набору комплектуючих сервера, який входить до складу сервісної платформи для надання послуги IPTV у режимі одноадресного мовлення. Задача формалізована у термінах комбінаторної оптимізації та являє собою двоконтурну оптимізаційну модель. Метод розв'язання базується на загальному підході до розв'язання задач про рюкзак і формалізований у вигляді алгоритму. Працездатність алгоритму продемонстровано на конкретному прикладі.

Ключові слова: IPTV, сервер, задача про рюкзак, набір ресурсів, продуктивність.

Abstract. The article represents a problem-algorithm of choice the optimal set of server hardware to organize a service platform to provide IPTV services in unicast mode. The problem is formalized in terms of combinatorial optimization it is a two-circuit optimization model. The solution is based on the general approach for solving knapsack problem and formalized in the form of the algorithm. The efficiency of the algorithm is demonstrated on a concrete example

Key words: IPTV, server, knapsack problem, set of resources, efficiency.

Современная тенденция развития сетей характеризуется значительным ростом доли передаваемого видеотрафика и возрастающими требованиями пользователей к качеству связанных с ним предоставляемых услуг [1]. Это, в свою очередь, ставит ряд актуальных

задач перед сервис-провайдерами, в числе которых организация эффективной сервисной платформы предоставления качественной услуги IPTV.

Целью данной статьи является формализация задачи выбора оптимального набора комплектующих сервера, являющегося базовым элементом сервисной платформы предоставления услуги IPTV в терминах комбинаторной оптимизации и разработка алгоритма ее решения, обеспечивающего нахождение экстремума целевой функции.

Задача повышения эффективности предоставления услуги IPTV может быть решена путем оптимизации выбора компонент сервера (таких, как системная плата, процессор, оперативная память, жесткие диски, корпус с блоком питания) из множества представленных аналогов.

Отличительными особенностями комплектующих являются такие характеристики, как: число ядер и тактовая частота для процессора, объем памяти для оперативного запоминающего устройства, объем и скорость чтения данных для жестких дисков. Оптимизация выбора комплектующих рассматривается с точки зрения обеспечения гарантированного качества предоставления услуги при заданной средней интенсивности, поступающих на сервер запросов пользователей. Суммарные затраты на комплектующие должны быть минимизированы. Задача формулируется следующим образом.

Пусть M – множество комплектующих сервера, мощностью m . Каждый комплектующий элемент, в свою очередь, представлен конечным набором возможных вариантов N_i ($i = \overline{1, m}$) мощностью n_i . Необходимо из каждого множества N_i ($i = \overline{1, m}$) выбрать по одному элементу $x_{kl} \in N_i$ таким образом, чтобы их общая стоимость C_i была минимизирована при соблюдении следующих условий [2]:

– выбранные комплектующие должны быть совместимы между собой, указанное условие выполняется, если выбираемые элементы совместимы с системной платой – центральным элементом сервера;

– среднее время обслуживания запроса сервером $\overline{T_{об}}$ не должно превышать некоторой заданной величины T_0 .

Указанная задача может быть формализована в терминах моделей комбинаторной оптимизации [3,4] и сведена к следующему общему виду. Найти минимум целевой функции:

$$\gamma = \min_i \{C_1, C_2, \dots, C_{n_i}\},$$

$$C_i = \sum_k \sum_l c_{kl} \cdot x_{kl} \cdot e_{kl} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где c_{kl} – стоимость l -го компонента сервера k -го набора; x_{kl} – переменная, определяющая выбор l -го компонента сервера k -го набора, $x_{kl} \in \{0, 1\}$, $k = \overline{1, (m-1)}$, $l = \overline{1, \max(n_2, n_3, \dots, n_i)}$; e_{kl} – элемент булевой матрицы $E_i = \|e_{ij}\|$, ($i = \overline{1, n_1}$) размерностью $((m-1) \times \max(n_2, n_3, \dots, n_i))$, отражающей совместимость компонентов i -го набора комплектующих с системной платой сервера (n_1 – мощность множества доступных для выбора системных плат; n_2, n_3, \dots, n_i – соответственно мощности множеств остальных наборов компонентов сервера) и может принимать значения:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если имеет место совместимость,} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$$

при ограничении:

$$\overline{T_{i \dot{A}}} \leq T_0. \quad (2)$$

Указанное ограничение обеспечивает гарантированное качество предоставления услуги при выполнении условия [5,6]:

$$\rho \leq 0,8RPS_{Ser}, \quad (3)$$

где ρ – утилизация сервера; RPS_{Ser} – производительность сервера.

Известно, что время обслуживания связано с утилизацией сервера следующей зависимостью [7]:

$$\overline{T_{iA}} = \frac{\rho}{\bar{\gamma}}, \quad (4)$$

где $\bar{\gamma}$ – средняя интенсивность поступающих на сервер запросов пользователей.

В работе [2] показано, что производительность сервера RPS_{Ser} зависит от производительности его компонентов:

$$RPS_{SER} = \frac{1}{10} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{CPU} + \frac{1}{100} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{MEM} + \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{HDD}, \quad (5)$$

где RPS_{kl}^{CPU} – производительность l -го процессора k -го набора; RPS_{kl}^{MEM} – производительность l -й оперативной памяти k -го набора; RPS_{kl}^{HDD} – производительность l -й системы хранения k -го набора [2].

С учетом (5) выражение (4) можно записать следующим образом:

$$\overline{T_{iA}} = \frac{1}{\bar{\gamma}} \cdot \left(\frac{1}{10} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{CPU} + \frac{1}{100} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{MEM} + \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{HDD} \right). \quad (6)$$

Тогда ограничение (2) будет иметь вид:

$$\frac{0,8}{\bar{\gamma}} \cdot \left(\frac{1}{10} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{CPU} + \frac{1}{100} \cdot \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{MEM} + \sum_k \sum_l x_{kl} \cdot e_{kl} \cdot RPS_{kl}^{HDD} \right) \leq T_0; \quad (7)$$

$$\sum_k \sum_l x_{kl} = 1, \text{ а́ñè } x_{kl} \neq 0, \text{ òì } x_{gh} = 0, \text{ ì ðè } k \neq g, l \neq h.$$

Рассматриваемая задача может быть классифицирована как задача дискретной оптимизации, и может быть сведена к задаче о многомерном рюкзаке [3]. В рюкзаке есть множество отсеков различной вместимости по весу $\{t_i\}$, $i = \overline{1, m}$; и есть комплекты вещей весом $\{g_{ij}\}$, причем i -я вещь любого j -го комплекта может быть помещена только в i -й отсек. Комплект может размещаться только целиком, разделение комплекта не допускается. Отличие рассматриваемой задачи от задачи о многомерном рюкзаке заключается в том, что из каждого комплекта комплектующих N_i ($i = \overline{1, m}$) необходимо выбрать только по одному элементу, при этом компоненты должны быть совместимы между собой.

Предложенную задачу можно решить методом полного перебора [3,4]. Метод полного перебора не всегда позволяет найти решения за приемлемый временной промежуток, поэтому для решения предлагается использовать следующий алгоритм:

1. Рассчитываем RPS_{kl}^{CPU} , RPS_{kl}^{MEM} , RPS_{kl}^{HDD} .

2. Рассчитываем коэффициенты Pr_{kl} , показывающие отношение стоимости комплектующего компонента к его производительности:

$$Pr_{kl} = \frac{c_{kl}}{RPS_{kl}}, \quad (8)$$

где c_{kl} – стоимость l -го комплектующего компонента k -го набора; RPS_{kl} – производительность l -го комплектующего компонента k -го набора, которая определяется как:

$RPS_{kl} = RPS_{kl}^{CPU}$ – для процессоров;

$RPS_{kl} = RPS_{kl}^{MEM}$ – для оперативной памяти;

$RPS_{kl} = RPS_{kl}^{HDD}$ – для системы хранения;

$RPS_{kl} = PWR - PWR$ – мощность блока питания, установленного в корпусе.

3. Выбираем первую системную плату $i=1$.

4. Выбираем первый набор комплектующих компонентов ($k=1$).

5. Выбираем такой компонент, у которого значение Pr минимально.

6. Проверяем совместимость выбранного комплектующего компонента с выбранной системной платой – если совместимы, то переходим к шагу 6. Если не совместимы, то возвращаемся к шагу 5 и выбираем минимальное значение среди оставшихся элементов.

7. Проверяем, выбраны все наборы комплектующих компонентов или нет – ($k > m-1$). Если все компоненты выбраны, то переходим к шагу 8, если нет, то переходим к следующему набору ($k=k+1$) и повторяем для него шаги 5 и 6.

8. Определяем стоимость сервера C_i на базе выбранных компонентов.

9. Проверяем, перебраны ли все системные платы ($i > n_1$), если да – переходим к шагу 10, если нет – выбираем следующую системную плату – ($i= i+1$).

10. Проверяем выполнение ограничения (7). Если ограничение выполняется, то найденное значение C_i и есть решение задачи, если нет, то возвращаемся к шагу 3.

Общий алгоритм поиска решения задачи показан на рис. 1, алгоритм нахождения C_i – на рис. 2.

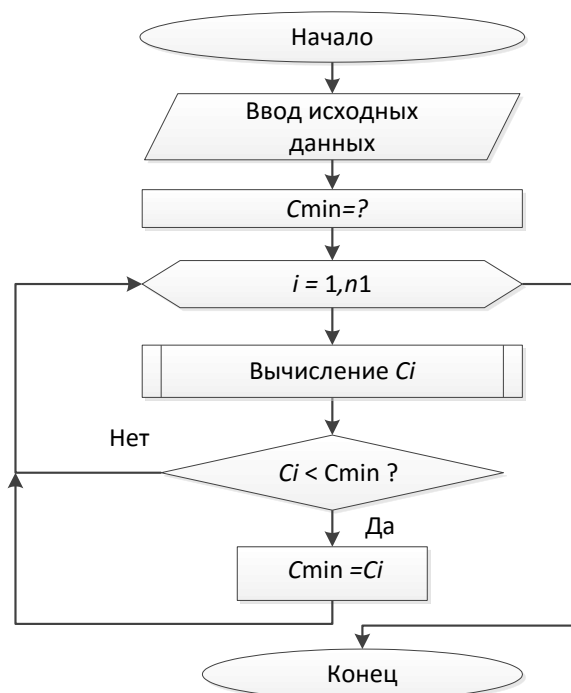


Рисунок 1 – Общий алгоритм решения задачи

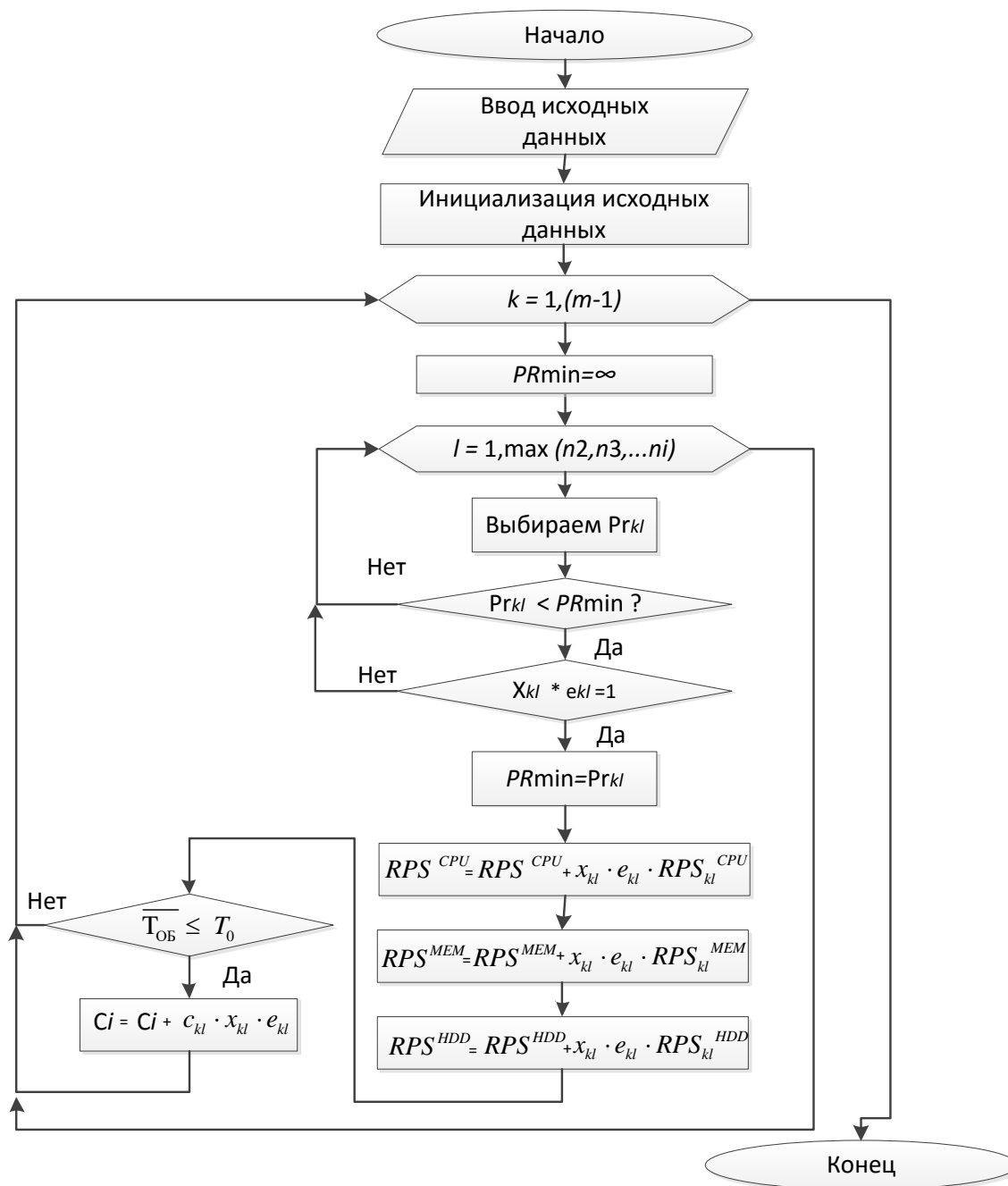


Рисунок 2 – Алгоритм нахождения C_i

Решим задачу с помощью предложенного алгоритма для следующих исходных данных. Пусть задан набор ресурсов (табл. 1...5), средняя интенсивность поступающих на сервер запросов пользователей $\bar{\gamma} = 3,3$ запроса/с, время выполнения $t_b = 1$ мс, объем тактовой частоты процессора, выделяемой для выполнения одной задачи $F_{task} = 100$ ГГц; объем оперативной памяти, выделяемой для выполнения одной задачи $MEM_{task} = 100$ Мбайт. $T_0 = 400$ мс.

Таблица 1 – Множество процессоров

№ пп	Модель	Тактовая частота ГГц	Число ядер	Стоимость, грн.	Pr_{CPU}
1	i7-4790	4	4	10000	62,5
2	i5-4690	3,8	4	4500	29,6
3	i7-4790K	4	4	11000	67,75
4	i5-4590	3,5	4	5000	35,7
5	i5-4440	3,3	4	4000	30,3

Таблица 2 – Множество модулей оперативной памяти

№ пп	Модель	Объем, Мб	Стоимость, грн.	Pr_{MEM}
1	KHX316C10FR	8192	2500	30,5
2	KVR16N11	8192	2200	26,85
3	KHX324C11SR	8192	2800	34,2
4	KVR16N11S8	4096	1200	29,3
5	GR1333D364L9	4096	1050	25,6

Таблица 3 – Множество системных плат

№ пп	Модель	Число процессоров	Число модулей оперативной памяти	Число систем хранения	Стоимость, грн.	Pr_{MB}
1	ASUS B85M-G	1	4	4	3300	0,088
2	GigaByte GA-H97M-D3H	1	4	4	2800	0,075
3	ASUS MAXIMUS VII HERO	1	4	8	5000	0,084
4	ASUS Z97-P	1	4	6	4500	0,093
5	ASUS H97M	1	4	4	3000	0,080

Таблица 4 – Множество блоков питания

№ пп	Модель	Мощность, Вт	Стоимость, грн.	Pr_{PWR}
1	Xigmatek T46DB	1000	3800	3,8
2	Xigmatek CCC-AM36BS	1000	3950	3,95
3	Chieftec CA-01B-B-B-0P	1000	4000	4
4	Chieftec BA-01B-B-B-0P	1100	4150	3,77
5	Chieftec UNC-210T-B-0P	1150	3900	3,4

Таблица 5 – Множество систем хранения

№ пп	Модель	Объем, Гбайт	Скорость считывания, Мбайт/с	Стоимость, грн.	Pr_{HDD}
1	WD4003FZEX	4000	160	5500	8,6
2	WD40EFRX	4000	120	4800	10
3	WD AV-GP	2000	120	2500	10,42
4	ST2000VX000	2000	100	2300	11,5
5	ST2000VX004	2000	160	3800	11,88

Совместимость компонентов задана матрицами:

Совместимость MB и CPU

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Совместимость MB и RAM

1	1	0	0	1
1	1	1	1	1
0	1	1	1	0
1	1	0	1	1
1	1	1	1	1

Совместимость MB и HDD

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	1	0

Совместимость MB и PWR

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
0	0	0	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Рассчитываем RPS_{kl}^{CPU} , RPS_{kl}^{MEM} , RPS_{kl}^{HDD} [2], с помощью выражения (8) определим Pr_{kl} для всех компонентов. Используя предложенный алгоритм, был выбран следующий набор компонентов для создания сервера:

- системная плата – GigaByte GA-H97M-D3H;
- процессор – i5-4690;
- оперативная память – GR1333D364L9;
- система хранения – WD4003FZEX;
- корпус с блоком питания – Chieftec UNC-210T-B-OP.

Стоимость выбранного сервера: $C_{SER} = 17750$ грн.

Представленная математическая модель и алгоритм ее решения могут быть использованы при решении практических задач при создании эффективных сервисных платформ для предоставления услуги IPTV. Результаты проведенного расчета подтверждают эффективность предложенного подхода.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Обзор развития мирового рынка телекоммуникаций [Электронный ресурс] /<http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2014/02/020714c.html>.
2. 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. – 147 с.
3. Пападимитриу Х. Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу, К. Стайглиц – М.: Мир, 1985.
4. Левитин А.В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ/ Левитин А.В. – М.: Вильямс, 2006.
5. МСЭ-Т Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters // December, 2002.
6. МСЭ-Т Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services // May, 2002.
7. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей / Кульгин М. – СПб.: Питер, 1999. – 704 с.

REFERENCES:

1. Obzor razvitija mirovogo rynka telekommunikacij / The Cisco corp. – Available: /<http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2014/02/020714c.html>.
2. Nikitjuk L. A. Model' vioru optimal'nogo naboru resursiv servera dlja poslugi IPTV [Tekst] / L. A. Nikitjuk, R. Ju. Carjov // Zbirnik naukovih prac' ONAZ im. O. S. Popova. – 2014. – № 2. – 147 p.
3. Papadimitriu H. Kombinatornaja optimizacija. Algoritmy i slozhnost' / H. Papadimitriu, K. Stajglic. – M.: Mir, 1985.
4. Levitin A.V. Algoritmy: vedenie v razrabotku i analiz / Levitin A.V. – M.: Vil'jams, 2006.
5. ITU-T Recommendation Y.1540. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters // December, 2002.
6. ITU-T Recommendation Y.1541. Network Performance Objectives for IP-Based Services // May, 2002.
7. Kul'gin M. Tehnologii korporativnyh setej. / Kul'gin M. – SPb.: Piter, 1999. 704 p.