

УДК 004.01/08, 004.7, 004.32

*Г.С. Гайворонская, А.А. Назаренко*

Институт холода, криотехнологий и эконоэнергетики им. В.С. Мартыновского, Одесская национальная академия пищевых технологий, ул. Дворянская 1/3, г. Одесса, 65082

## ПОДХОД К ВЫБОРУ ПРОТОКОЛА МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ СЕТЕЙ БУДУЩЕГО

*Статья посвящена одному из аспектов проектирования сетей будущего, а именно выбору протокола маршрутизации. В работе выполнена постановка задачи для которой сформулированы условия, ограничения и допущения, критерии принятия решения, входные и результирующие параметры. С помощью математического аппарата теории принятия решений проведён анализ входных данных и получено решение оптимального протокола маршрутизации для реализации сетей будущего.*

**Ключевые слова:** протокол маршрутизации, теория принятия решений, сети будущего.

*Г.С. Гайворонська, А.А. Назаренко*

Інститут холоду, кріотехнологій і екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, Одеська національна академія харчових технологій, вул. Дворянська 1/3, м. Одеса, 65082

## ПІДХІД ДО ВИБОРУ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ МЕРЕЖ МАЙБУТНЬОГО

*Стаття присвячена одному з аспектів проектування мереж майбутнього, а саме вибору протоколу маршрутизації. У роботі сформульована постановка задачі з виділеними умовами, обмеженнями і припущеннями, сформульованими критеріями прийняття рішення, вхідними і результируючими даними. За допомогою апарату теорії прийняття рішень, вибору та оптимізації проведено аналіз вхідних даних і отримано рішення щодо оптимального протоколу маршрутизації для реалізації мереж майбутнього.*

**Ключові слова:** протокол маршрутизації, теорія прийняття рішень, мережі майбутнього.

### I. ВВЕДЕНИЕ

В конце 90-х годов с появлением Интернет основными пользователями ресурсов сети стали физические лица, что привело к увеличению разветвлённости и повышению ёмкости сети. Возникла необходимость в сетевой структуре, не уступающей по своим масштабным характеристикам телефонной сети общего пользования (ТфОП). Однако использование двух параллельных сетевых структур оказалось не эффективным и затратным. В связи с этим потребовалась разработка технологических решений, обеспечивающих передачу разных видов информации и предоставления разнообразных инфокоммуникационных услуг в рамках единой сетевой структуры. В основе такого решения лежит единый метод передачи информации на основе коммутации пакетов. А поскольку требования к сети и сетевому оборудованию постоянно растут, это оказывает существенное влияние на развитие и модернизацию современных сетей. В рамках многочисленных исследовательских проектов предлагаются требования, характерные для будущего общества [1,2], которые предъявляют, в свою очередь, специфические требования к сетям будущего (англ. *Future Networks, FN*). Эти требования сформулированы в рекомендациях Международного союза электросвязи (МСЭ) серии Y и F [3].

Базовая архитектура широкомасштабных сетей общего пользования с трудом поддается изменениям в связи с огромным количеством ресурсов, необходимых для их построения, эксплуатации и технического обслуживания. В связи с этим архитектура таких сетей тщательно проектируется с целью обеспечения достаточной гибкости для удовлетворения непрерывно меняющихся требований пользователей. Например, протокол Интернет (*IP*) воспринимает и скрывает различные протоколы и реализации нижних уровней, и благодаря простоте его адресации и другим свойствам он успешно адаптируется к масштабированию сети и изменению требований к качеству обслуживания, определяемому соглашениями о качестве обслуживания (англ. *Quality of service, QoS*) и информационной безопасности.

Маловероятно, что существующие сети смогут выполнять свои функции с необходимым пользователям качеством в будущем и неизвестно будет ли растущий рынок новых прикладных областей обладать потенциалом для масштабного финансирования. Некоторые требования, предъявляемые к сетям, могут быть реализованы с помощью новых сетевых архитектур и технологий, положенных в основу сетей будущего *FN*, поэтапное создание которых предполагается в 2015-2020 г. [4].

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как было упомянуто, протокол *IP* скрывает остальные протоколы, используемые на более низких уровнях, в частности протоколы маршрутизации, которые, как и протокол *IP* находятся на транспортном уровне модели *OSI*. Одним из основных факторов качественного функционирования информационных сетей является обоснованный выбор протокола маршрутизации. В связи с этим возникает проблема выбора того или иного протокола маршрутизации для конкретных условий. Такая задача выбора может быть решена с использованием аппарата теории принятия решений (ТПР). Общую схему принятия решений [5] для выбора протокола маршрутизации иллюстрирует рисунок 1.

Постановка задачи, решаемой в этой работе, имеет следующий вид. Пусть существует физически реализованная сеть с заданным количеством узлов  $N_U$  и линиями связи между ними. Необходимо обеспечить маршрутизацию в сети, при удовлетворении протоколом маршрутизации требований по надёжности при проектировании *FN*, определенным в Рекомендации *Y.3011 МСЭ* [4].

Модель, иллюстрирующая постановку задачи выбора, приведена на рисунке 2. Входные данные для этой модели представлены в таблице 1 и указаны с учетом шкалирования. При этом приняты следующие обозначения: *P* – протоколы, *S* – сложность, требования к вычислительной мощности

маршрутизаторов; *N* – максимальное количество маршрутизаторов в сети; *T* – время/скорость сходимости, под которой понимается процесс соглашения между всеми маршрутизаторами по оптимальным маршрутам; *L* – надёжность, под которой понимаем возможность поддержки протоколом аутентификации и шифрования; *V* – объём служебного трафика; *O* – объединение маршрутов, *Q* – поддержка *QoS*; *I* – поддержка *IPv6*; *F* – обновление маршрутной информации, *M* – поддержка масок подсетей переменной длины; *D* – доступность реализации, т.е. поддержка протокола, всеми производителями оборудования.

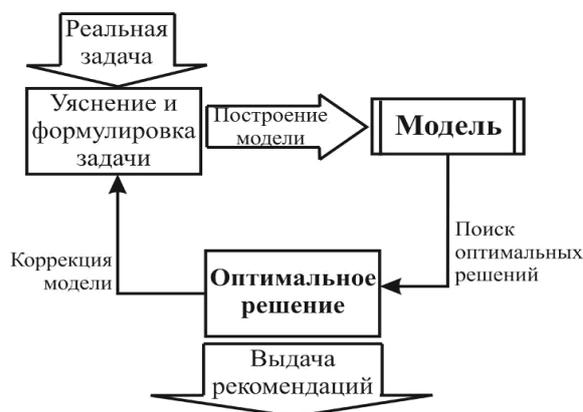


Рисунок 1 – Общая схема принятия решения

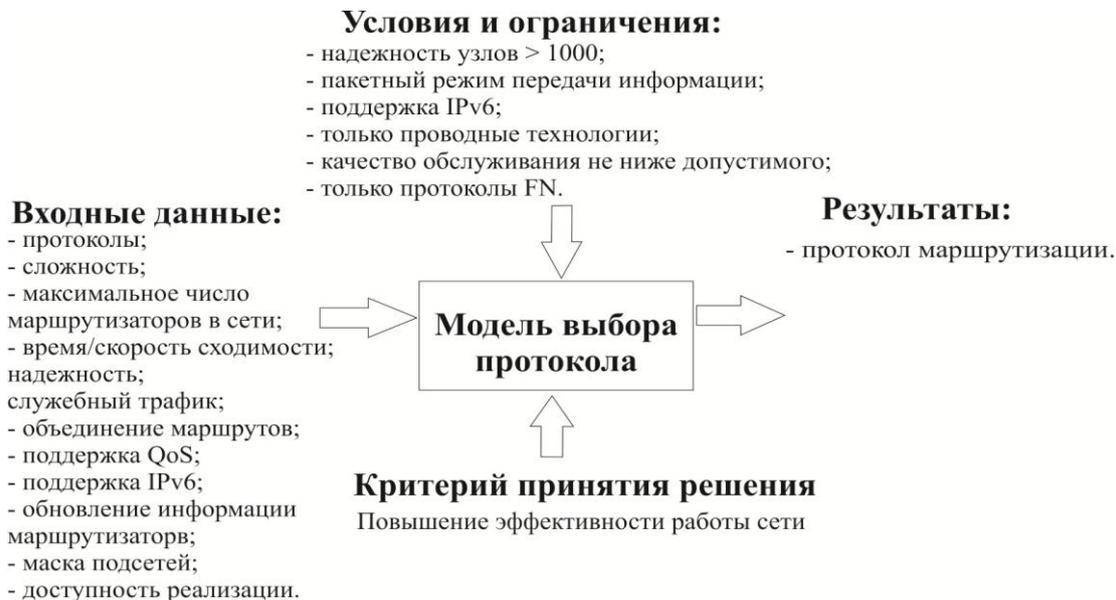


Рисунок 2 – Модель решения поставленной задачи

Для поставленной задачи характерны следующие соотношения

$$S \rightarrow \max, N \rightarrow \max, T \rightarrow \max, L \rightarrow \max, V \rightarrow \max, \\ O \rightarrow \max, Q \rightarrow \max, I \rightarrow \max, F \rightarrow \max, M \rightarrow \max, \\ D \rightarrow \max.$$

Графическое отображение задачи в виде диаграммы Хассе приведено на рисунке 3.

Таблица 1 – Входные характеристики протоколов

	RIP v2	IGRP	EIGRP	OSPF	IS-IS	BGP-4
S	10	7	3	0	3	0
N	0	1	1	8	2	8
T	1	1	10	10	10	5
L	0	5	7	7	7	10
V	1	1	5	10	10	10
O	0	0	1	1	0	1
Q	0	1	1	1	1	0
I	0	0	1	1	0	1
F	0	0	1	1	1	1
M	1	0	1	1	0	1
D	1	0	0	1	1	1

В нашем случае для решения поставленной задачи воспользуемся критерием Ходжа-Лемана, поскольку:

- вероятности появления определённых состояний неизвестны, но некоторые допущения о распределении возможностей существуют;
- принятие решения допускает бесконечно много реализаций;
- при небольшом количестве реализаций допускается некоторый риск.

$$x^* \in \text{Arg min}_{x \in X} E_{HL}(x) =$$

$$= \text{Arg max}_{x \in X} \left( \alpha \int p(s)u(x, s)ds + (1 - \alpha) \min_{s \in S} u(x, s) \right),$$

где  $X$  – множество альтернатив;  $s$  – состояние среды;  $p(s)$  – вероятность появления конкретного состояния;  $\alpha \in [0,1]$ ;  $u(x, s)$  – интерпретация затрат;  $E_{HL}$  – функция полезности Ходжа-Лемана.

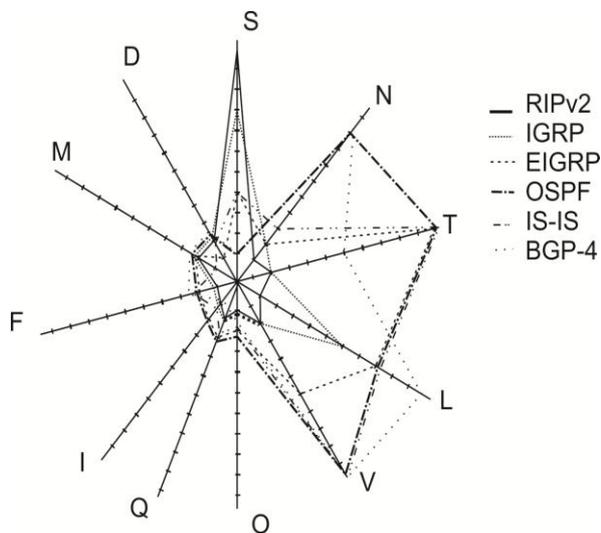


Рисунок 3 – Диаграмма Хассе для поставленной задачи

В результате решения поставленной задачи выбора протокола доказано, что *OSPF* является оптимальным протоколом маршрутизации по критерию Ходжа-Лемана. При анализе с помощью метода Ходжа-Лемана все критерии воспринимаются как равнозначные, поскольку необходимо учесть каждое из возможных последствий выбранной альтернативы воспользуемся методом Байеса-Лапласа. Этот метод позволяет учесть важность каждого из показателей, принимая во внимание распределение вероятностей состояний, приведенное в таблице 2.

$$x^* \in \text{Arg max}_{x \in X} E_{BL}(x) = \text{Arg max}_{x \in X} \int_{s \in S} p(s)u(x, s)ds,$$

где  $E_{BL}$  – функция полезности Байеса-Лапласа.

Таблица 2 – Определение вероятности состояний

Обозначения	Вероятность состояния
S	0.05
N	0.15
T	0.1
L	0.15
V	0.025
O	0.1
Q	0.025
I	0.15
F	0.1
M	0.1
D	0.05

Результат анализа характеристик протоколов маршрутизации при помощи критерия Байеса-Лапласа подтверждает выбор, полученный ранее, с применением критерия Ходжа-Лемана. Этим результатом является протокол *OSPF*.

## ВЫВОД

При проектировании сети расчётная фаза играет важную роль. Проведенные расчёты, учитывающие большое количество факторов позволяют оптимизировать работу сети. В процессе проектирования сети решаются вопросы выбора технологий, протоколов, оборудования. Для этого может быть применен математический аппарат теории принятия решений. В работе для выбора оптимального протокола маршрутизации, согласно заданным характеристикам использованы критерии Байеса-Лапласа и Ходжа-Лемана. Определено, что при заданных условиях учитывая входные характеристики протоколов, оптимальным является протокол маршрутизации *OSPF*. Следует учитывать, что полученные результаты актуальны только для заданных условий и ограничений, в случае изменения этих параметров или, например, добавления новых – результат может измениться.

## ЛИТЕРАТУРА

1. National Institute of Information and Communications Technology, Strategic Headquarters for New Generation Network R&D (2009), Diversity & Inclusion: Networking the Future Vision and Technology Requirements for a New-generation Network, February.
2. European Commission, Information Society and Media Directorate-General (2009), Future Internet 2020: Visions of an Industry Expert Group, May.
3. Y.3001: – Objectives and design goals [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int>.– Дата обращения: 19.02.14.
4. Y.3011: Framework of network virtualization for future networks. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.itu.int>.– Дата обращения: 19.02.14.
5. <http://mathworld.wolfram.com/HasseDiagram>– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mathworld.wolfram.com>.– Дата обращения: 20.02.14.
6. **Шелобаев С.И.** Математические методы и модели. Экономика. Финансы. Бизнес. – М.: ЮНИТИ, 2000, 356 с.
7. **Моисеев Н.М.** Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981, 488 с.

**G.S. Gaivoronska, A.A. Nazarenko**

V.S. Martinovsky Institute of Refrigeration Cryotechnologies and Ecoenergetics, Odessa National Academy of Food Technologies, 1/3 Dvoryanskaya str., 65028, Odessa

## APPROACH TO THE CHOICE OF ROUTING PROTOCOL FOR NETWORKS OF THE FUTURE

*The article presents the studies results of some aspects of networks of the future design. In this paper, most attention is paid to routing protocols. This theme was chosen because of its significant relevance and importance of networks of the future design, as one of the priority directions of further development of information and communication technologies. Internet Engineering Task Force (IETF) published a series of recommendations related to routing protocols, in particular the recommendation RFC 2328 describes the protocol OSPF v2, recommendation RFC 1771 contains the basic provisions of the protocol BGP v4. Based on this information, as well as some other data were analyzed in order to select a routing protocol for a specific task. The paper presents the most famous routing protocols. Relevant protocols are OSPF and BGP v4, supporting a large number of network nodes with high reliability and low service traffic. For non-large networks often is used RIP v2 due to the simplicity of its realization. IS-IS protocol is currently not widely used because it does not satisfy a very important requirement for modern networks, namely not support IP-routing. Protocols IGRP and EIGRP are developed by Cisco and implemented, primarily, on their equipment. It should be noted that this study is directed primarily to show that the task of choosing a routing protocol is a controversial issue and has a large dependence on various factors. These factors include: the purpose of creating a network, the number of nodes in the network, the requirements for scalability and reliability, convergence. To solve global issues appropriate to apply protocols OSPF and BGP, while BGP is a major dynamic routing protocol in the Internet. By considering a particular example of a small corporate network, for which is not necessary to use such protocols like: OSPF and BGP v4, which will be characterized by high complexity for this situation, RIP v2 is best suited. Consequently, the value of this lies in correct, competent and flexible approach to the choice of routing protocol for each case, according to the recommendations of various standards organizations.*

**Keywords:** routing protocol, theory of decision making, networks of the future.

## REFERENCES

1. National Institute of Information and Communications Technology, Strategic Headquarters for New Generation Network R&D (2009), Diversity & Inclusion: Networking the Future Vision and Technology Requirements for a New-generation Network, February.
2. European Commission, Information Society and Media Directorate-General (2009), Future Internet 2020: Visions of an Industry Expert Group, May.
3. Y.3001: – Objectives and design goals [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.itu.int>. – Access date: 19.02.14.
4. Y.3011: Framework of network virtualization for future networks. – [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.itu.int>. – Access date: 19.02.14.
5. <http://mathworld.wolfram.com/HasseDiagram>– [Electronic resource]. – Access mode: <http://mathworld.wolfram.com>. – Access date: 20.02.14.
6. **Shelobaev S.I.** Matematicheskie metody i modeli. Ekonomika. Finansy. Biznes. – M.: JUNITI, 2000, 356 s.
7. **Moiseev N.M.** Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza. – M.: Nauka, 1981, 488 s.

Отримана в редакції 18.03.2014, прийнята до друку 29.04.2014