

# Особливості взаємодії декількох протоколів маршрутизації у складній комп'ютерній мережі

І. С. Бобрікова<sup>✉</sup>, Т. Н. Барабаш

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039, Україна

✉e-mail: [bobrikova.irina@gmail.com](mailto:bobrikova.irina@gmail.com)

В роботі представлено дослідження особливостей функціонування декількох протоколів маршрутизації одночасно на одному маршрутизаторі та особливостей налаштування такої взаємодії. Робота проводилась у середовищі Cisco Packet Tracer. Вивчено налаштування маршрутизаторів у різних варіантах побудови складних мереж з функціонуванням декількох протоколів маршрутизації та проведено спостереження, яким чином певна настройка впливає на побудову таблиці маршрутизації.

**Ключеві слова:** Маршрутизатор; Протокол маршрутизації; Складні мережі; Cisco Packet Tracer

© The Author(s) 2017. This article is an open access publication  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## Основна частина

За замовчуванням кожен протокол маршрутизації, що працює на певному маршрутизаторі, поширює тільки «власну» інформацію, тобто ту інформацію, яка була отримана даним маршрутизатором з даного протоколу. Наприклад, якщо про маршрут до деякої мережі маршрутизатор дізнався по протоколу *RIP*, то і поширювати по мережі оголошення про цей маршрут він буде за допомогою протоколу *RIP*.

Однак такий режим роботи маршрутизаторів ставить невидимі бар'єри на шляху поширення маршрутною інформації, створюючи у складі мережі області взаємної недосяжності. Завдання маршрутизації вирішувалося б ефективніше, якби маршрутизатори могли обмінюватися маршрутною інформацією, отриманою різними протоколами маршрутизації. Така можливість реалізується в особливому режимі роботи маршрутизатора, що називається **перерозподілом**. Цей режим дозволяє одному протоколу маршрутизації використовувати не тільки «свої», але й «чужі» записи таблиць маршрутизації, отримані за допомогою іншого протоколу маршрутизації, зазначеного при конфігурації (рисунок 1).

## Перерозподілена маршрутна інформація

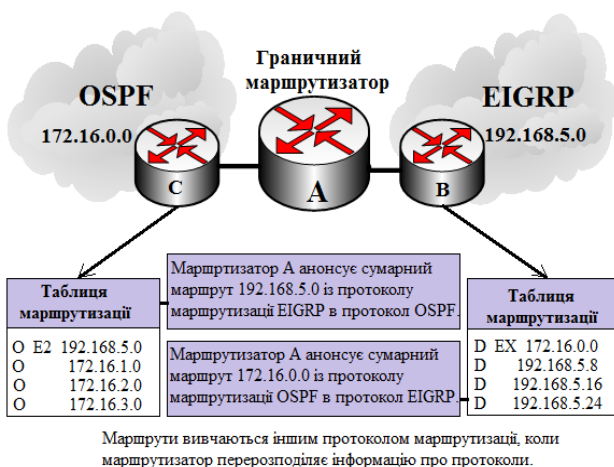


Рисунок 1 – Перерозподілена маршрутна інформація

Маршрутизатори можуть перерозподіляти статичні і безпосередньо підключені маршрути так само, як і маршрути від інших протоколів маршрутизації.

Перерозподіл завжди здійснюється назовні. Маршрутизатор, який робить перерозподіл, ніколи не змінює свою таблицю маршрутизації. Коли відбувається перерозподіл між *OSPF* і *EIGRP*, *OSPF*-процес на граничному маршрутизаторі бере *EIGRP*-маршрути з таблиці маршрутизації і поширює їх *OSPF*-сусідам. Точно так само *EIGRP*-процес на граничному маршрутизаторі бере *OSPF*-маршрути з таблиці маршрутизації і поширює їх *EIGRP*-сусідам. Тоді обидві автономні системи знають про маршрути іншої системи, і кожна автономна система може прийняти рішення про маршрутизацію в цій мережі.

Крім того, велику складність представляє собою узгодження різних метрик, які використовують в своїх алгоритмах маршрутизації різні протоколи.

Коли маршрутизатор рекламує з'єднання, підключене до одного зі своїх інтерфейсів, початкову метрику називають метрикою за замовчуванням, і вона залежить від характеристик інтерфейсу: для *OSPF* метрика за замовчуванням ґрунтується на пропускній здатності інтерфейсу, для *EIGRP* – на пропускній спроможності і затримці. Для *RIP* метрика за замовчуванням починається з лічильника переприйомів, рівного 0, і зростає від маршрутизатора до маршрутизатора. Перерозподілені маршрути, фізично не підключені до маршрутизатора, вивчаються за допомогою інших протоколів. Тому виникає складність в перетворенні з однієї метрики в іншу: з кількості переприйомів в пропускну здатність. Якщо граничний маршрутизатор перерозподіляє інформацію між протоколами маршрутизації, він повинен вміти перетворювати метрику одного протоколу в метрику іншого протоколу.

Команда *default-metric*, яка використовується в режимі конфігурації протоколу маршрутизації, встановлює метрику за замовчуванням для всіх перерозподілених маршрутів. Маршрутизатори Cisco дозволяють встановлювати метрику за замовчуванням, як частину команди *redistribution* або в параметрі *metric* карти маршрутів. Але тут треба виконувати одну

важливу умову: який би метод ми не вибрали для установки метрики за замовчуванням, її значення повинно бути більше, ніж найбільше значення метрики всередині автономної системи, щоб запобігти неоптимальній маршрутизації та петлям маршрутів.

Якщо маршрутизатор отримує інформацію про одного й того ж одержувача або мережі одержувача з різних джерел, то йому необхідно якимось чином вибрати, який саме маршрут помістити в таблицю. Для цього використовується адміністративна дистанція.

*Administrative distance (AD)* – це число, присвоєне кожному з можливих джерел маршрутів, яке є певною мірою довіри до джерела. У таблицю маршрутизації потрапить маршрут від того джерела, у якого менше значення *AD*. Адміністративна дистанція має тільки локальне значення і ніяк не впливає на прийняття рішення на інших маршрутизаторах.

Особливості функціонування і налаштувань маршрутизаторів, на яких одночасно працюють декілька протоколів маршрутизації, ми вивчаємо за допомогою програми-тренажеру *CiscoPacketTracer*. Програма *PacketTracer* є інтегрованим, сумісним та

візуалізованим середовищем, орієнтованим на починаючих мережних адміністраторів, що ставлять перед собою задачу набути навичок проектування, конфігурування та налагодження комп'ютерних мереж.

За допомогою цієї програми збираємо різні схеми і налаштовуємо на маршрутизаторах різні протоколи маршрутизації. У цій статті немає можливості показати налаштування усіх маршрутизаторів. Але вони були зроблені і були написані методичні вказівки для виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі».

**Приклади.** Схема 1. Побудова та налаштування мережі зі зміною адміністративної дистанції при взаємодії протоколів маршрутизації *RIP* та *OSPF*.

Будуємо мережу з використанням трьох маршрутизаторів, яким присвоїмо назви: *OSPF* – той, на якому працюватиме протокол *OSPF*, *RIP* – той, на якому працюватиме протокол *RIP* та *AD* – маршрутизатор, який з'єднуватиме два попередніх (рисунок 2). На останньому пристрої буде змінюватися значення адміністративної дистанції маршрутів протоколу *RIP*.

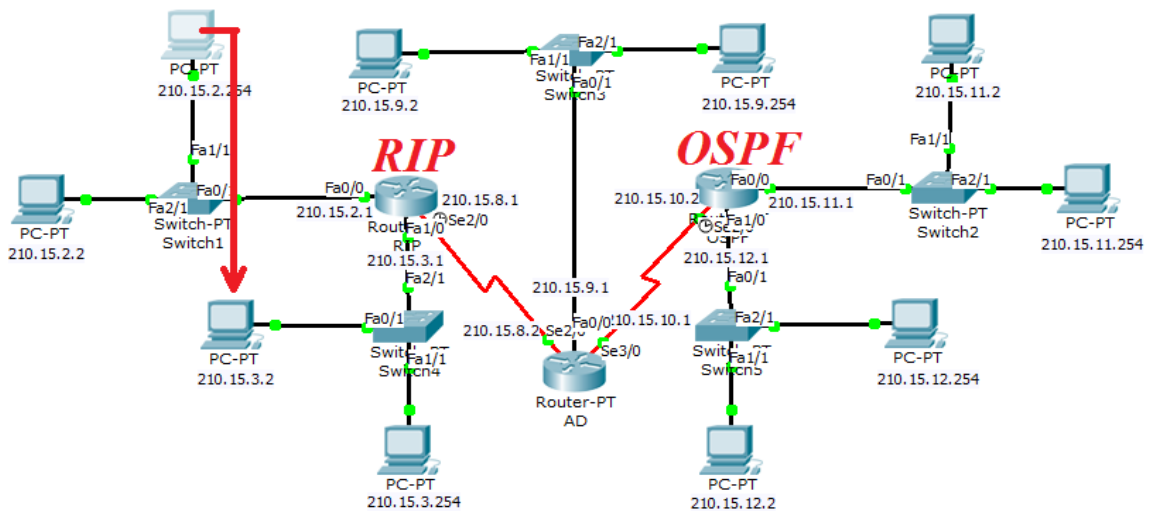


Рисунок 2 — Модель мережі, на якій вивчалася взаємодія протоколів маршрутизації *RIP* та *OSPF*

Після призначення *IP*-адрес усім портам маршрутизаторів мережі і налаштувань всіх мережних адаптерів комп'ютерів, налаштовуємо динамічну маршрутизацію *RIP* на маршрутизаторі *RIP* та динамічну маршрутизацію *OSPF* на маршрутизаторі *OSPF*. Щоб маршрутизатори *RIP* та *OSPF* мали можливість обмінюватися інформацією, на пристрої, що знаходиться між ними, під назвою *AD*, потрібно налаштувати маршрутизацію за обома протоколами: і *RIP*, і *OSPF*.

В результаті цих налаштувань таблиця маршрутизації маршрутизатора *AD* показує, що з мережами маршрутизатора *RIP* він з'єднаний протоколом *RIP*, а з пристроєм під назвою *OSPF* – за протоколом *OSPF*. З цього випливає, що існує взаємодія між будь-яким вузлом маршрутизатора *AD* і будь-яким іншим вузлом мережі. Однак, між маршрутизаторами *RIP* та *OSPF* зв'язок досі відсутній. Щоб він з'явився, на маршрутизаторі *AD* треба налаштувати перерозподіл маршрутів *RIP* в *OSPF* та навпаки. Команди, які це виконують, такі:

```
AD(config)#router ospf 100 – ця команда вводить у режим конфігурації протоколу OSPF;
```

```
AD(config-router)#redistribute rip metric 3
```

Тепер виконаємо перерозподіл в іншу сторону, щоб пристрої, які працюють за протоколом *RIP* також мали дані про маршрути протоколу *OSPF*.

```
AD(config)#router rip – введена команда входить у режим конфігурації протоколу RIP;
```

```
AD(config-router)#redistribute ospf 100.
```

Тепер змінимо адміністративну дистанцію протоколу маршрутизації.

Як видно з таблиці маршрутизації, протокол *OSPF* має менше значення адміністративної дистанції (110), ніж протокол *RIP* (120). Тому його маршрути мають пріоритет перед маршрутами протоколу *RIP*. Це означає, що доставкою пакетів по мережі буде займатися тільки протокол *OSPF*. Але інколи бувають випадки, що потрібно як основний протокол використовувати *RIP* чи інший з ще більшою адміністративною дистанцією. Для цієї мети можемо

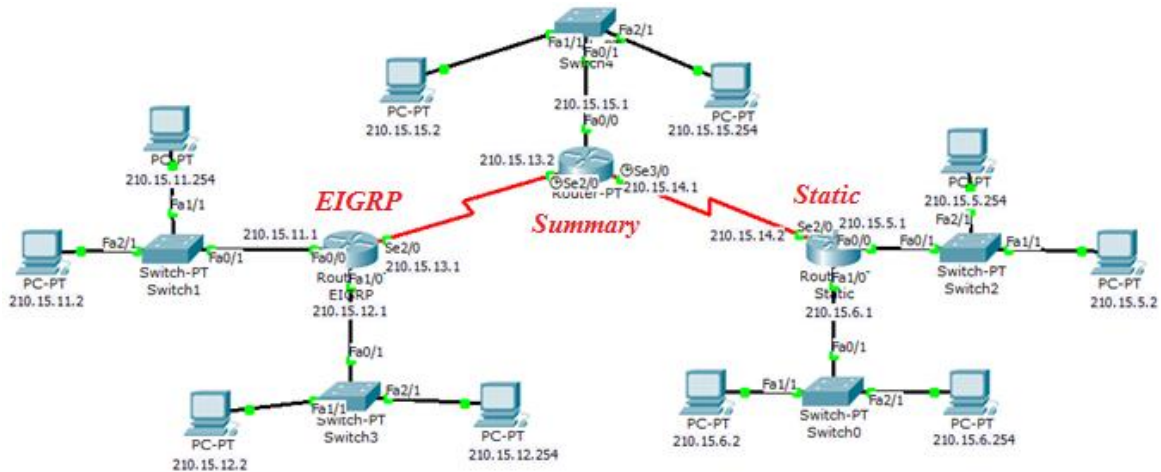
змінити стандартне значення адміністративної відстані на маршрутизаторі *AD*

```
AD(config)#router rip
AD(config-router)#distance 90
```

Для перевірки функціональності мережі, виконаємо команду *tracert* від вузла, підключеного до маршрутизатора *RIP* до вузла, підключеного до маршрутизатора *OSPF*. Результат виконання команди показав, що пакет передався успішно, і це означає, що маршрутизація, перерозподіл маршрутів та зміна адміністративної дистанції виконані вірно, в результаті чого мережа функціонує правильно.

Схема 2. Побудова та налаштування мережі з взаємодією між протоколом маршрутизації *EIGRP*, статичною маршрутизацією і з підсумовуванням маршрутів

В середовищі *CiscoPacketTracer* побудуємо мережу з використанням трьох маршрутизаторів, яким присвоїмо назви: *EIGRP* – той, який працюватиме з динамічною маршрутизацією за протоколом *EIGRP*, *Static* – той, на якому працюватиме статична маршрутизація та *Summary* – маршрутизатор, який з'єднуватиме два попередніх (рисунк 3). На останньому пристрої буде прослідковуватися автоматичне та адміністративне підсумовування маршрутів.



Рисунк 3 — Модель мережі з взаємодією між протоколом маршрутизації *EIGRP*, статичною маршрутизацією і з підсумовуванням маршрутів

Призначаємо *IP*-адреси усім портам маршрутизаторів мережі і налаштуємо всі мережні адаптери комп'ютерів. Після цього налаштуємо динамічну маршрутизацію *EIGRP* на маршрутизаторі *EIGRP* статичну маршрутизацію на маршрутизаторі *Static*. Щоб у подальшому маршрутизатори *Static* та *EIGRP* мали можливість також обмінюватися інформацією, на пристрої, що знаходиться між ними, під назвою *Summary*, потрібно налаштувати статичну маршрутизацію, а потім перерозподіл маршрутів *Static* в *EIGRP*. Для цього на маршрутизаторі *Summary* в режимі конфігурації протоколу *EIGRP* вводимо команди:

```
Summary(config)#router eigrp 1
Summary(config-router)#redistribute static
Summary(config-router)#end
```

Між вузлами з різною маршрутизацією з'явився зв'язок, але проблеми залишилися. Справа у тому, що протокол *EIGRP* може створити навантаження на мережу, якщо від усіх «зовнішніх» маршрутів одночасно почнуть пересилатися повідомлення на маршрутизатор *EIGRP*. У цій частині мережі дані оброблятимуться повільніше. Частина мережі зі статичною маршрутизацією та центральний маршрутизатор *Summary* такого навантаження не отримає. Адже пристрій *Static* взагалі не навантажується завдяки простоті статичної маршрутизації, а *Summary* працює також за статичною маршрутизацією, оскільки адміністративна відстань її значно менша за динамічну.

Найбільш широко підсумовування маршрутів використовується саме протоколом *EIGRP*. Автоматичне підсумовування в даному протоколі

встановлено за замовчуванням. Тому часто при налаштуванні протоколу доводиться вимикати автоматичне підсумовування, щоб не виникало складностей. В даній схемі також необхідно його вимкнути. Так як *IP*-адреси підмереж нашої мережі повнокласові, то підсумовуватися автоматично нічого не буде, та для демонстрації роботи команди виконаємо дії:

```
Summary#conf t
Summary(config)#router eigrp 1
Summary(config-router)#no auto-summary
```

Перевіримо таблицю маршрутизації маршрутизатора *EIGRP*:

```
EIGRP#sh ip route
D EX 210.15.5.0/24 [170/25632000] via
210.15.13.2, 00:24:03, Serial2/0
D EX 210.15.6.0/24 [170/25632000] via
210.15.13.2, 00:24:03, Serial2/0
C 210.15.11.0/24 isdirectlyconnected,
FastEthernet0/0
C 210.15.12.0/24 isdirectlyconnected,
FastEthernet1/0
C 210.15.13.0/24 isdirectlyconnected,
Serial2/0
D 210.15.14.0/24 [90/21024000] via
210.15.13.2, 00:24:03, Serial2/0
D 210.15.15.0/24 [90/20514560] via
210.15.13.2, 00:24:03, Serial2/0
```

Щоб зменшити навантаження на маршрутизатор *EIGRP*, якому доводиться підтримувати дві «внутрішніх» та дві «зовнішніх» гілки мережі по даному протоколу, треба об'єднати всі чотири адреси в одну за допомогою адміністративного підсумовування.

Увімкнемо підсумовування всіх маршрутів протоколу в один, вказавши маску класу B, замість класу C.

```
Summary>en
Summary#conf t
Summary(config)#interface serial2/0
Summary(config-if)#ip address
210.15.13.2 255.255.255.0
Summary(config-if)#ip summary-address
eigrp 1 210.15.0.0 255.255.0.0
```

Перевіряємо, які зміни сталися в таблиці маршрутизації:

```
EIGRP#sh ip route
D    210.15.0.0/16 [90/21024000] via
210.15.13.2, 00:01:51, Serial2/0
C    210.15.11.0/24 isdirectlyconnected,
FastEthernet0/0
C    210.15.12.0/24 isdirectlyconnected,
FastEthernet1/0
C    210.15.13.0/24 isdirectlyconnected,
Serial2/0
```

Замість чотирьох різних маршрутів тепер маємо один спільний маршрут за протоколом *EIGRP*. В деяких випадках таке підсумовування може бути корисним, а в деяких — навпаки шкідливим.

Наприклад, у разі, якщо маршрутизатору необхідно знати всю інформацію про складові мережі, володіти даними про їхні *IP*-адреси, то підсумовування їх виконувати не варто. Коли ж для маршрутизатора важлива лише сама інформація, а не точні дані про адресата, процедура підсумовування спростить умови функціонування мережі.

## Висновки

У результаті проведеної роботи були змодельовані схеми комп'ютерних мереж, в яких налаштована сумісна робота різних протоколів маршрутизації. Були

відмічені особливості налаштувань маршрутизаторів та особливості функціонування таких схем.

За результатами роботи були написані методичні вказівки для лабораторної роботи для студентів спеціальності «Комп'ютерні системи та мережі».

## Література

1. Мазур А.С., Овчинников А. Л. Исследование Методов Маршрутизации. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ea.donntu.edu.ua>.
2. Полукаров Д. Ю. Методы *IP*-маршрутизации на основе алгоритмов с использованием нечетких множеств. – Самара, 2007. [Електронний ресурс].
3. Устинов И. А. Адаптивная децентрализованная маршрутизация в цифровой сети с интеграцией служб общего назначения в условиях динамики топологии и трафика сети. – Владимир, 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tekhnosfera.com>
4. Остерлох Х. Маршрутизация в *IP*-сетях. Принципы, протоколы, настройка; пер. с англ. СПб: ООО "Диа-СофтЮП", 2002. – 512 с.
5. Работа сети с множеством протоколов маршрутизации [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mcp1971.livejournal.com/9063.html>.
6. *OSPF*. Настройка и проверка суммирования маршрутов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mcp1971.livejournal.com/7775.html>.
7. Вопросы оценки управления маршрутами в производительности сети [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mcp1971.livejournal.com/9593.html>.
8. Протокол *EIGRP* (усовершенствованный внутренний протокол маршрутизации шлюзов) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92088\\_eigrp-toc.html#theoryofoperation](http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92088_eigrp-toc.html#theoryofoperation)

Отримана в редакції 02.11.2017, прийнята до друку 08.12.2017

## Features of Several Routing Protocols Interaction in a Complex Computer Network

I. S. Bobrikova , T. N. Barabash

Odesa National Academy of Food Technologies, 112, Kanatna str., Odesa, 65039, Ukraine

✉e-mail: [bobrikova.irina@gmail.com](mailto:bobrikova.irina@gmail.com)

*The study of operation features of several routing protocols at the same time on the same router and configuration features of such interaction is presented in the paper. The work was carried out in the Cisco Packet Tracer environment. The configuration of routers in different variants of complex networks construction with operation of several routing protocols was studied and observations as to how a certain setting affects the construction of the routing spreadsheet were made.*

**Keywords:** router, routing protocol, complex networks, Cisco Packet Tracer

## References

1. Mazur A. S., Ovchinnikov A. L. Исследование Методов Маршрутизации. URL: <http://ea.donntu.edu.ua>.
2. Polukarov D. Yu. 2007. Методы *IP*-маршрутизации на основе алгоритмов с использованием нечетких множеств. [Electronic source].
3. Ustinov I. A. 2009. Адаптивная децентрализованная маршрутизация в цифровой сети с интеграцией служб общего назначения в условиях динамики топологии и трафика сети. URL: <http://tekhnosfera.com>
4. Osterlokh Kh. 2002. Маршрутизация в *IP*-сетях. Принципы, протоколы, настройка; пер. с англ. СПб, 512 p.
5. Работа сети с множеством протоколов маршрутизации. URL: <http://mcp1971.livejournal.com/9063.html>.
6. *OSPF*. Настройка и проверка суммирования маршрутов. URL: <http://mcp1971.livejournal.com/7775.html>.
7. Вопросы оценки управления маршрутами в производительности сети. <http://mcp1971.livejournal.com/9593.html>.
8. Протокол *EIGRP* (усовершенствованный внутренний протокол маршрутизации шлюзов). URL: [http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92088\\_eigrp-toc.html#theoryofoperation](http://www.cisco.com/cisco/web/support/RU/9/92/92088_eigrp-toc.html#theoryofoperation)

Received 02 November 2017  
Approved 08 December 2017  
Available in Internet 23 December 2017