

**ПРОТОКОЛ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО
ТРАФІКА В EX-МЕРЕЖАХ**

Гуляєв К.Д.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
03186, Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13
kirill@gulyayev.com.ua*

**ПРОТОКОЛ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТЕЛЕКОММУНІКАЦІЙНОГО
ТРАФІКА В EX-СЕТЯХ**

Гуляєв К.Д.

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
03186, Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13
kirill@gulyayev.com.ua*

**NETWORK TRAFIC ROUTING PROTOCOL
IN THE EX-NETWORKS**

Gulyayev K.D.

*Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU
03186, Ukraine, Kiev, Chokolivskiy bulv, 13
kirill@gulyayev.com.ua*

Анотація. У роботі розглянуто базові принципи реалізації протоколу динамічної маршрутизації трафіка в телекомунікаційних мережах, які побудовані на базі нової технології, що передбачає використання службової інформації протоколів транспортного, мережного та каналного рівнів моделі OSI у складі єдиного заголовка змінюваного розміру. Визначено основні механізми формування таблиці маршрутизації, а також інкапсуляції даних протоколу маршрутизації до EX-кадру.

Ключові слова: мережна технологія EX, маршрутизація, EX-мережа, алгоритм, таблиця маршрутизації, схема інкапсуляції, автономна система.

Аннотация. В работе рассмотрены базовые принципы реализации протокола динамической маршрутизации трафика в телекоммуникационных сетях, построенных с использованием новой технологии, предполагающей использование служебной информации протоколов транспортного, сетевого и канального уровней модели OSI в составе единого заголовка изменяемого размера. Определены основные механизмы формирования таблиц маршрутизации, а также инкапсуляции данных протокола маршрутизации в EX-кадр.

Ключевые слова: сетевая технология EX, маршрутизация, EX-сеть, алгоритм, таблица маршрутизации, схема инкапсуляции, автономная система.

Abstract. The paper discusses the basic principles for the dynamic routing protocol for traffic in telecommunication networks built with using new technology which use of the transport, network and link layers protocol overhead as part of a single header with variable size. The basic mechanisms of the routing tables and data encapsulation routing protocol to the EX-frame.

Key words: EX network technology, routing, EX-network, algorithm, routing table, encapsulation scheme, autonomous system.

Одним із ключових елементів нової телекомунікаційної технології (EX), що передбачає використання службової інформації протоколів транспортного, мережного та каналного рівнів семирівневої моделі відкритих систем OSI-ISO у складі єдиного заголовка змінюваного або фіксованого розмірів на базі технології Ethernet, є механізми маршрутизації телекомунікаційного навантаження. На попередніх етапах створення нової технології [1...4] було сформовано базові принципи її практичної реалізації, а також розроблено специфікацію алгоритмів її роботи та характеристик протоколів зв'язку, що забезпечують транспортування навантаження як в межах одного сегмента, так і крізь спеціалізовані EX-комутатори.

Однією з ключових особливостей пропонованої технології стало використання адрес змінюваного розміру, що унеможливило використання стандартних протоколів маршрутизації (зорі-

ентованих на використання адрес фіксованого розміру, наприклад, IP-адрес) в EX-мережі.

Метою статті є розробка базових принципів функціонування протоколу динамічної маршрутизації для технології EX.

Як відомо [5], маршрутизація водночас має вирішувати два завдання – забезпечувати передавання інформації крізь мережу, що складається з відокремлених сегментів, а також забезпечувати визначення маршрутів відправлення блока даних мережного рівня. Для вирішення першого завдання використовують протоколи, що їх маршрутизують (наприклад, IP), а для вирішення другого – протоколи маршрутизації.

Серед основних компонентів сучасного протоколу маршрутизації, що визначають базові принципи його функціонування, можна виділити алгоритм маршрутизації (включно із механізмом визначення пріоритетності), можливості щодо групування логічних мереж, механізм наповнення таблиці маршрутизації та метод перенесення маршрутної інформації між вузлами мережі. Розглянемо ці компоненти більш детально.

Алгоритм маршрутизації. В основу реалізації протоколу маршрутизації для роботи в EX-мережах (RPEX – Routing Protocol for EX-network) пропонується покласти алгоритм Беллмана-Форда (Bellman-Ford algorithm) [6, 7]. Вибір саме цього алгоритму пояснюється відносною простотою його реалізації, що зменшує навантаження на комунікаційне обладнання, та достатністю його можливостей для використання у гомогенній мережі.

В якості метрики (показника пріоритетності маршруту) в протоколі RPEX передбачається використання безрозмірної величини, яку розраховують як суму відношень числа 10000 до пропускної здатності проміжних каналів передавання даних на шляху до мережі призначення, вираженої в Мбіт/с. Такий механізм обчислення метрики дозволить найкращим чином використовувати стандартні значення швидкості каналів зв'язку, що використовують сучасні Ethernet технології (100 Мбіт/с, 1 Гбіт/с, 10 Гбіт/с).

За наявності декількох шляхів з однаковою метрикою до одного адресата на комутуючому маршрутизаторі має забезпечуватись можливість розподілення трафіка між усіма маршрутами. При цьому маршрутизатори, в залежності від вибраної політики маршрутизації, для пересилки пакетів у віддалені мережі можуть обирати або один оптимальний маршрут (з найменшою метрикою), або використовувати всі наявні маршрути. В останньому випадку передавання навантаження за різним напрямками має відбуватися пропорційно метрикам маршрутів. Однак слід зазначити, що ці механізми, як правило, не входять до складу протоколів маршрутизації і тому в цій роботі детально не розглядаються.

Таблиця маршрутизації. Кожний комутуючий маршрутизатор EX-мережі має підтримувати таблицю маршрутизації, яка містить інформацію про те, як можна передати дані кожній мережі автономної системи. Таблиця маршрутизації має містити наступні поля для кожного запису (один запис – одна мережа призначення): адреса мережі призначення; адреса інтерфейсу маршрутизатора, якому повинні бути надіслані дані для того, щоб вони досягли мережі призначення; інтерфейс, через який необхідно відправити дані маршрутизатору; метрика до мережі призначення; таймер, який вказує проміжок часу, протягом якого даний запис не поновлювали; номер області в межах автономної системи тощо. Таблицю маршрутизації на початковому етапі заповнюють інформацією про локально (безпосередньо) підключені EX-мережі. Поновлення записів відбувається в міру отримання повідомлень від інших маршрутизаторів.

Метод перенесення маршрутної інформації між вузлами мережі. Необхідна інформація про віддалені мережі має бути в повідомленнях, якими обмінюються маршрутизатори (update-повідомлення). Кожний пристрій, який бере участь в процесі обміну маршрутною інформацією має розсилати повідомлення з інформацією про всі відомі йому мережі.

В якості учасника процесу обміну маршрутною інформацією повинні виступати всі маршрутизатори автономної системи на яких ініційовано протокол RPEX. Серед основних функцій, що покладають на кожного учасника, слід зазначити такі:

- підтримка таблиці маршрутизації, до складу якої входить інформація про кожну

мережу автономної системи (або області у випадку поділу автономної системи на області);

- періодична розсилка hello-повідомлень всім своїм сусідам з метою інформування останніх про власну працездатність та відсутність змін у своїй таблиці маршрутизації;
- розсилка всім своїм сусідам update-повідомлень (у випадку фіксації змін), в яких міститься маршрутна інформація, що змінилась [5];
- надсилання request-повідомлень (запитів) через всі активні порти з метою отримання маршрутної інформації від своїх сусідів (під час ініціалізації).

При прийманні update-повідомлення маршрутизатор має додати до вказаної в повідомленні метрики значення метрики, яка відповідає “відстані” до маршрутизатора, який надіслав повідомлення, після чого провести оброблення отриманої інформації (порівняти її з наявною у власній таблиці маршрутизації). Якщо отримана інформація вказує, що для деякої мережі призначення отримано новий маршрут, відсутній на даний час в таблиці маршрутизації, то змінити таблицю маршрутизації шляхом створення відповідного запису. Якщо в таблиці маршрутизації міститься запис, отриманий від маршрутизатора-ініціатора, і від цього ж маршрутизатора отримано нову інформацію відносно даного запису, то запис в таблиці маршрутизації має бути змінено, навіть, якщо значення метрики при цьому збільшиться. В даній ситуації update-повідомлення розсилають, як і в попередній функції, усім сусідам крім маршрутизатора, який надіслав вихідне повідомлення [5].

У свою чергу, при отриманні request-повідомлення маршрутизатор повинен у відповідь відправити свою повну таблицю маршрутизації.

Очевидно, що через дію різноманітних факторів у мережі може відбутись незаплановане припинення функціонування деяких маршрутизаторів або каналів зв'язку. При цьому деякі віддалені мережі стають недоступними через відповідні маршрутизатори. З метою подолання зазначених проблем реалізація протоколу має передбачати перерахунок маршруту у випадку приймання update-повідомлення, а також підтримку механізму старіння (timing out) маршрутів, який передбачає періодичну розсилку маршрутизаторами hello-пакетів. Якщо деякий маршрутизатор протягом визначеного часу не отримує від сусіда hello-повідомлення (або update-повідомлення), він вважатиме, що маршрут до мережі через вказаний маршрутизатор став недійсним. Відповідно до алгоритму маршрутизатор не лише визначає недоступність мережі, а й має повідомити про це своїм сусідам шляхом відправлення update-повідомлення.

Формат пакетів протоколу маршрутизації. RPEX-пакет інкапсулюють безпосередньо в поле “Дані прикладного рівня” EХ-кадру [4]. Значення поля “Ідентифікатор протоколу” секції “Службові заголовки” заголовка EХ-кадру для протоколу PREX пропонується прийняти рівним 89 (за аналогією для протоколу OSPF у заголовку IP-пакета).

Групування логічних мереж. Реалізація протоколу RPEX повинна забезпечувати можливість групування мереж на області (area). При цьому топологія області має бути “невидимою” для іншої частини автономної системи (AS). Таке приховування маршрутної інформації (як правило, надлишкової) дозволить помітно знизити рівень службового трафіка, який генерують комутуючими EХ-маршрутизаторами. Крім того, маршрутизацію всередині області визначають виключно внутрішньою топологією даної області, що забезпечує захист областей від використання некоректної маршрутної інформації.

Взаємодію маршрутизаторів різних областей має бути організовувано за допомогою так званих “призначених” маршрутизаторів (designated router), які володіють інформацією про всі мережі областей, до яких вони включені [8]. Так, для передавання навантаження з мережі однієї області до мережі іншої області, “внутрішні” маршрутизатори повинні передати трафік лише призначеному маршрутизатору своєї області, а вже він, у свою чергу, визначить подальший шлях передавання.

Висновки та результати

1 Використання в EХ-мережі адрес змінного розміру унеможливило впровадження на мережі стандартних сучасних протоколів маршрутизації, які сьогодні широко використо-

вують в IP-мережах.

2 Запропонований у статті протокол RPEX є протоколом внутрішнього шлюзу та за принципом прийняття маршрутного рішення відноситься до класу протоколів, які засновано на базі алгоритму Беллмана-Форда.

3 Під час розробки протоколу RPEX було використано принципи маршрутизації, які покладено в основу таких протоколів, як RIP та OSPF, що дозволило сумістити переваги зазначених протоколів та мінімізувати їх недоліки за рахунок комбінування функціональних можливостей.

4 Подальші дослідження має бути спрямовано на формалізацію логіки маршрутизації в межах автономної системи як без використання поділу на області, так і з використанням зазначеного поділу, а також на розробку процедур визначення призначених маршрутизаторів, а також на деталізацію структури та формату службових повідомлень.

5 Окремого дослідження потребує визначення оптимальних значень таймерів, згідно яких повинен відбуватися обмін hello-пакетами, задля знаходження компромісу між завантаженистю мережі службовими повідомленнями та швидкістю відпрацювання незапланованих змін у топології в залежності від масштабу проекрованої ЕХ-мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Каптур В.А. Базові принципи практичної реалізації систем адресації із змінним розміром мережної адреси в Ethernet мережах / В.А. Каптур, К.Д. Гуляєв, П.С. Кравченко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2012. – № 1. – С. 51–54
2. Каптур В.А. Оцінювання ефективності впровадження телекомунікаційних технологій зменшення протокольної надлишковості / В.А. Каптур, К.Д. Гуляєв, П.С. Кравченко, О.О. Яніна // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. – 2011. – № 52. – С. 77–89
3. Гуляєв К.Д. Стек протоколів системи адресації із змінним розміром мережної адреси / К.Д. Гуляєв // *Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова*. – 2012. – № 2. – С. 74–76
4. Гуляєв К.Д. Адаптивний протокол передавання інформації в Ethernet мережах / К.Д. Гуляєв // *Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова*. – 2013. – № 1. – С. 110–113.
5. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство. – [3-е изд., с испр.]. – пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2007. – 1168 с.: ил. – Парал. тит. англ.
6. Bellman R. On a Routing Problem / R. Bellman // *Quarterly of Applied Mathematics*. – 1958. – Vol. 16, No. 1. – С. 87–90.
7. Ford L. R., Jr., Fulkerson D. R.. *Flows in Networks*, Princeton University Press, 1962.
8. Moy J. OSPF Version 2, Network Working Group.- 1998, RFC 2328.- 244 p.

REFERENCES

1. Kaptur, V.A., K.D. Gulyayev, and P.S. Kravchenko. "Bazovi pryntsyvy praktychnoyi realizatsiyi system adresatsiyi iz zminnym rozmirom merezhnoyi adresy v Ethernet merezhakh." *Radioelektronni i kompyuterni systemy* 1 (2012): 51-54. Print.
2. Kaptur, V.A., K.D. Gulyayev, P.S. Kravchenko, and O.O. Yanina. "Otsinyuvannya efektyvnosti vprovadzhennya telekomunikatsiynykh tekhnolohiy zmeshennya protokolnoyi nadlyshkovosti." *Otkrytye ynformatsyonnye y kompyuternye yntehryrovannye tekhnolohyy* 52 (2011): 77-89. Print.
3. Gulyayev, K.D. "Stek protokoliv systemy adresatsiyi iz zminnym rozmirom merezhnoyi adresy." *Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova* 2 (2012): 74-76. Print.
4. Gulyayev, K.D. "Adaptyvnyy protokol peredavannya informatsiyi v Ethernet merezhakh." *Naukovi pratsi ONAZ im. O.S. Popova* 1 (2013): 110-113. Print
5. Programma setevoy akademii Cisco CCNA 1 i 2. Vspomogatel'noye rukovodstvo. 3rd ed. M: Izdatel'skiy dom "Vil'yams", 2007. Print.
6. Bellman, R. "On a Routing Problem." *Quarterly of Applied Mathematics* 1st ser. 16 (1958): 87-90. Print.
7. Ford, L. R., Jr., and D. R. Fulkerson. *Flows in Networks*. N.p.: Princeton UP, 1962. Print.
8. Moy, J. OSPF Version 2. N.p.: Network Working Group, 1998. Print. RFC 2328.