

ОЦІНКА ПРОТОКОЛІВ ДИНАМІЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ ІНТЕГРОВАНИХ МЕРЕЖ

В статті проведено аналіз характеристик протоколів, виділено набір критеріїв, на основі яких можна здійснити вибір протоколу динамічної маршрутизації, а також запропоновано метод кількісної оцінки їх ефективності, що дозволяє порівнювати їх між собою і обирати найбільш оптимальний із них. В результаті імітаційного моделювання отримано аналітичні залежності додаткових критеріїв для практичної кількісної оцінки ефективності роботи протоколів маршрутизації

Ключові слова: протоколи, динамічна маршрутизація, інтегровані мережі.

Вступ. Створення комп'ютерних мереж викликано необхідністю вирішення багатьох проблем користувачів, що працюють в одній організації. До таких завдань можна віднести необхідність у користуванні однією і тією ж інформацією, доступ до загальних ресурсів, робота над одним і тим же проектом, швидкий обмін інформацією та інші.

Багато організацій, що мають на меті також і захист від несанкціонованого доступу (наприклад, банківські, військові та ін.), об'єднуються у власну, так звану, інтегровану мережу. Така мережа може нараховувати сотні і тисячі комп'ютерів. Вони можуть бути розташовані в межах однієї будівлі або в межах міста чи регіону. Тому для складно зв'язаних інтегрованих мереж доводиться використовувати глобальні зв'язки. Для з'єднання віддалених локальних мереж чи окремих станцій використовуються різні телекомунікаційні технології, наприклад, радіоканали, супутниковий зв'язок, телефонні лінії, а також мережеві технології і пристрої.

На сьогодні інтегрована мережа може мати будь-яку топологію, склад та характеристики. Також мереж створюються для виконання різних завдань, до них ставляться різноманітні вимоги. З іншого боку, існує значна кількість протоколів динамічної маршрутизації, що відрізняються між собою за алгоритмом роботи, часовими показниками, об'ємом службового трафіку та іншими важливими характеристиками.

Постановка проблеми. У наш час важко знайти компанію, яка б не мала мережевої інфраструктури. Кожна інтегрована мережа може відрізнятися власною топологією та характеристиками, що описують її функціонування. Разом з тим, існує чимало протоколів, які мають сильні і слабкі сторони з точки зору забезпечення ефективності роботи мережі.

Вибір протоколу має великий вплив на ефективність і надійність роботи мережі, тому він має бути обґрунтованим.

Існують критерії оцінки тих чи інших аспектів роботи протоколів маршрутизації чи мережі в цілому. Проте універсального методу оцінки протоколів автору магістерської роботи не вдалось знайти у доступних літературних джерелах.

Протоколи маршрутизації характеризуються деякою кількістю різнотипних параметрів, серед яких не можна обрати найважливіший. Крім того, в залежності від задач, які ставляться перед мережею, важливість цих критеріїв буде змінюватись.

Таким чином постає важливе завдання, що полягає у виділенні найбільш суттєвих критеріїв порівняння протоколів і факторів, що впливають на їх вибір для інтегрованої мережі, та у розробці методу кількісної оцінки протоколів динамічної маршрутизації на основі цих критеріїв.

Виклад основного матеріалу досліджень. Узагальнена модель методу оцінки протоколів ДМ представлено на рисунку 1.

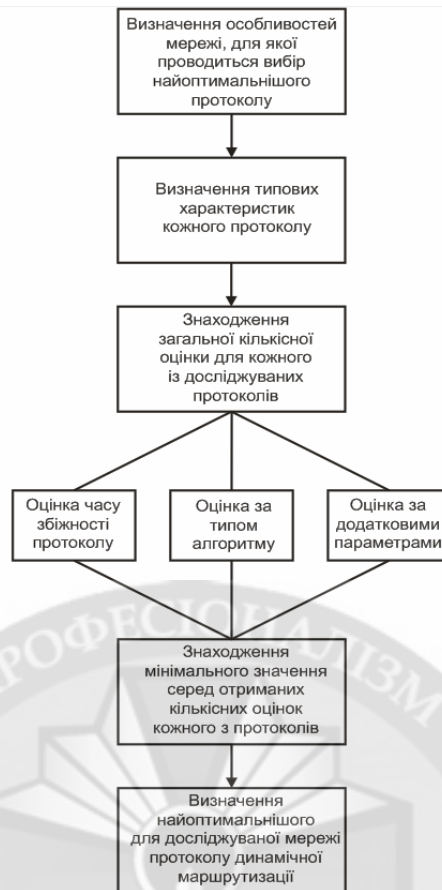


Рис. 1. Узагальнена модель методу оцінки протоколів ДМ

Суть розробленого методу полягає в наступному. Так як провести узагальнену оцінку протоколів маршрутизації для будь-яких мереж є досить складним завданням з огляду на різноманітність топологій мереж, набору вимог, що ставляться до конкретного протоколу, то абстрагування від структури мережі на більш високому рівні не є можливим. Тому визначення найоптимальнішого протоколу необхідно проводити для конкретної мережі без відриву від її особливостей.

На початковому етапі визначаються властивості, якими володіє досліджувана мережа, а саме її топологія, кількість маршрутизаторів, підмереж, діаметр та інші особливості.

Наступний крок полягає у визначенні типових характеристик, притаманним протоколу маршрутизації. До них можна віднести період розсилань службових повідомлень, кількість періодів, при досягненні якої лінія чи мережевий пристрій вважається недоступним, а також розмір пакету і тому подібні властивості.

Надалі необхідно провести кількісне оцінювання кожного протоколу динамічної маршрутизації. Таке оцінювання проводиться із врахуванням кількісних оцінок часу збіжності протоколу, за типом алгоритму і за додатковими характеристиками. Сума цих параметрів і буде загальною кількісною оцінкою протоколу.

Четвертим етапом являється знаходження мінімального значення серед отриманих на попередньому кроці кількісних оцінок всіх досліджуваних протоколів.

Останньою дією є прийняття рішення щодо визначення найоптимальнішого для конкретної мережі протоколу динамічної маршрутизації за мінімальним значенням загальної кількісної оцінки.

Насамперед, існує декілька вимог, які висувають мережі щодо вибору протоколу ДМ. Для того, щоб обрати ефективний протокол, необхідно враховувати наступні фактори:

– *Розмір мережі і необхідність її масштабування в майбутньому.* Можливості деяких протоколів в цьому плані обмежені.

– *Топологія і складність мережі.* Наприклад, наявність резервних ліній зв'язку чи деревовидна топологія мережі із «кореневим маршрутизатором», що зводить до мінімуму можливості динамічної маршрутизації.

– *Вимоги щодо надійності мережі.* Визначення максимального часу простою чи нестабільної роботи мережі.

– *Завантаженість мережі.* Важливою є здатність протоколу перерозподіляти потоки даних для мереж із високим коефіцієнтом завантаження ліній зв'язку.

– *Можливість організації програмних маршрутизаторів.* На окремих ділянках мережі доцільним з економічної точки зору є використання комп'ютера із декількома мережевими адаптерами і відповідним ПЗ із функціями протоколів маршрутизації, замість апаратного маршрутизатора. Проте не для всіх протоколів є таке програмне забезпечення. Також від складності його реалізації залежать вимоги щодо обчислювальних ресурсів комп'ютера.

– *Вимоги до захисту інформації.* Визначаються ступенем ризику, що пов'язаний із отриманням зловмисниками інформації про адреси і маршрути в інтегрованій мережі. Це є важливим для мереж, що мають зовнішні канали зв'язку.

– *Можливість підключення сегменту, що маршрутизується, до вже існуючої мережі.* В даному випадку варто звернути увагу на сумісність протоколів динамічної маршрутизації, а також засобів їх реалізації.

– *Кваліфікація і суб'єктивний вибір обслуговуючого персоналу.* Складність налаштування маршрутизаторів і адміністрування мережі для різних протоколів суттєво відрізняються. В такому випадку варто враховувати зручність використання і наявність досвіду роботи із протоколом у адміністратора мережі.

Кількісний критерій оцінки протоколів маршрутизації.

В якості кількісного критерію оцінки протоколів ДМ запропоновано використовувати цільову функцію. Цільова функція являє собою суму нормованих параметрів, що характеризують той чи інший аспект роботи протоколів маршрутизації, із врахуванням коефіцієнтів, які визначають значимість співставлених з ними параметрів у відповідності до мети.

Позначимо цільову функцію через F . Кількісний критерій оцінки протоколів ДМ залежить від параметрів, перерахованих у пункті 2.2. Формула розрахунку цільової функції має наступний вигляд:

$$F = k_s F_s + k_a F_a + k_z F_z(h_1, h_2, \dots, h_n) \quad (1)$$

де k_s, k_a, k_z – вагові коефіцієнти, які визначають вплив окремих видів критеріїв на загальну оцінку протоколу;

F_s, F_a, F_z – кількісні критерії, що визначають ефективність роботи протоколу із врахуванням часу збіжності, типу алгоритму та узагальненого параметру, що включає решту характеристик;

h_1, h_2, \dots, h_n – множина параметрів, від яких залежить оцінка протоколів ДМ.

Після отримання кількісної оцінки для кожного протоколу, вибирається протокол із мінімальним значенням, що являється показником того, що він є найоптимальнішим для мережі.

В рамках завдання оцінки ефективності роботи протоколів маршрутизації, необхідно отримати аналітичний опис алгоритмів, що дозволяє оцінити час їх виконання. Для цього застосовується теорія множин, так як це дозволяє легко оцінити об'єми оброблених даних, а отже, і час виконання алгоритму.

Використовуються наступні позначення:

V – множина маршрутизаторів в мережі;

VC – множина сусідніх вузлів щодо поточного маршрутизатора;

E – множина підмереж в мережі;

EC – множина підмереж, приєднаних до поточного маршрутизатора;

I – множина вхідних повідомлень, кожне з яких містить сумарну метрику маршруту до визначеної мережі (сумарна метрика – сума метрик всіх мереж, через які проходить маршрут);

$i_{v,e}$ – елемент множини I , що означає вхідне повідомлення, яке надійшло з v -го інтерфейсу, про маршрут до мережі e ;

O – множина вихідних повідомлень;

$O_{v,e}$ – вихідне повідомлення, що надійшло з v -го інтерфейсу, про маршрут до мережі e ;

R – множина найкращих маршрутів (таблиця маршрутизації), елементами якої є пари чисел. Перше число означає найменшу сумарну вартість маршруту до відповідної мережі, друге – сусідній маршрутизатор, через який проходить вказаний маршрут.

r_e – елемент множини R , який відповідає маршруту до мережі e ;

$r_{e,1}$ – елемент множини R , що відповідає метриці маршруту до мережі e ;

$r_{e,2}$ – елемент множини R , що відповідає адресі наступного маршрутизатора до мережі e ;

C – множина підмереж, що підключені до маршрутизатора безпосередньо;

M – множина метрик;

m_e – вартість шляху через мережу e ;

m_v – метрика мережі між поточним маршрутизатором і маршрутизатором v .

Кожне вхідне чи вихідне повідомлення являє собою сумарну метрику маршруту до вказаної мережі. Елементами множини оптимальних маршрутів є сумарна метрика маршруту із зазначенням інтерфейсу, з якого отримані ці дані.

Таблиця маршрутизації розраховується маршрутизатором за наступною формулою (2):

$$r_{e,1} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } e \in C \\ \min_{v \in VC} (i_{v,e}), \text{ якщо } \exists (i_{v,e} \in I | v \in VC) \\ \emptyset, \text{ в інших випадках} \end{cases} \quad \forall e \in E. \quad (2)$$

$$r_{e,2} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } e \in C \\ v | (i_{v,e} = \min_{v \in VC} (i_{v,e})), \text{ якщо } \exists (i_{v,e} \in I | v \in VC) \\ \emptyset, \text{ в інших випадках} \end{cases}$$

Вихідні повідомлення розраховуються за формулою (3):

$$O_{v,e} = r_{e,1} + m_v | \forall v \in VC, \forall e \in E \quad (3)$$

Наведені формули описують роботу алгоритмів вектора відстані без додаткових налаштувань. Вони не враховують деякі розширення алгоритмів, як наприклад, усунення лічби до нескінченності, сумування маршрутів, розподілення інформації між протоколами та інші.

Коротко розглянемо деякі розширення алгоритмів.

При виконанні деяких розподілених обчислень може виникнути помилка, пов'язана із зміною топології під час розрахунків (проблема лічби до нескінченності). Тому сучасні протоколи маршрутизації мають розширення до даного алгоритму, що дозволяють уникнути описаної помилки.

Враховуючи те, що маршрутизатор не повинен передавати інформацію про маршрут в ті мережі, з яких ця інформація отримана формула (3) прийме наступний вигляд:

$$O_{v,e} = r_{e,1} + m_v | \forall v \in VC, \forall e \in E (e | r_{e,2} = v) \quad (4)$$

Якість функціонування інтегрованих мереж у значній мірі визначається ефективністю протоколів маршрутизації, що використовуються, і правильним вибором параметрів конфігурації маршрутизаторів, налаштування яких здійснюється у відповідності до заданих вимог.

Імітаційне моделювання методу оцінки протоколів.

В якості вхідних даних для імітаційної моделі були виокремлені наступні параметри:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ – параметри мережі, що досліджується:

- Топологія мережі.
- Пропускні здатності каналів.
- Кількість підмереж.

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – параметри протоколів ДМ за замовчуванням:

- Період розсилання службової маршрутної інформації.
- Кількість періодів розсилання повідомлень оновлення.
- Розмір пакета протоколу.
- Максимальна кількість записів про маршрути, що може міститись у повідомленні.
- Додаткові характеристики.

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_z\}$ – основні результати моделювання:

- Оцінка часу збіжності протоколу.
- Оцінка за типом алгоритму.
- Оцінка за додатковими параметрами.
- Загальна кількісна оцінка протоколу динамічної маршрутизації.

Імітаційна модель представлена на рисунку 2



Рис. 2. Структура імітаційної моделі

Імітаційне моделювання методу оцінки протоколів динамічної маршрутизації проводиться за алгоритмом, представленим на рис. 3, даними для якого є параметри мережі (рис. 4), а також стандартні параметри протоколів маршрутизації.

Частина параметрів, що характеризують ту чи іншу сторону протоколу, залежить насамперед від топології і характеристик конкретної мережі. Тому для проведення імітаційного моделювання методу оцінки оберемо модель мережі, що володіє наступними властивостями:

- До складу входить 10 однакових маршрутизаторів.
- Мережеві пристрої обслуговують 50 підмереж.
- До кожного маршрутизатора приєднано по 5 підмереж.
- Діаметр мережі дорівнює 5.

Топологію мережі представлено на рисунку 4.

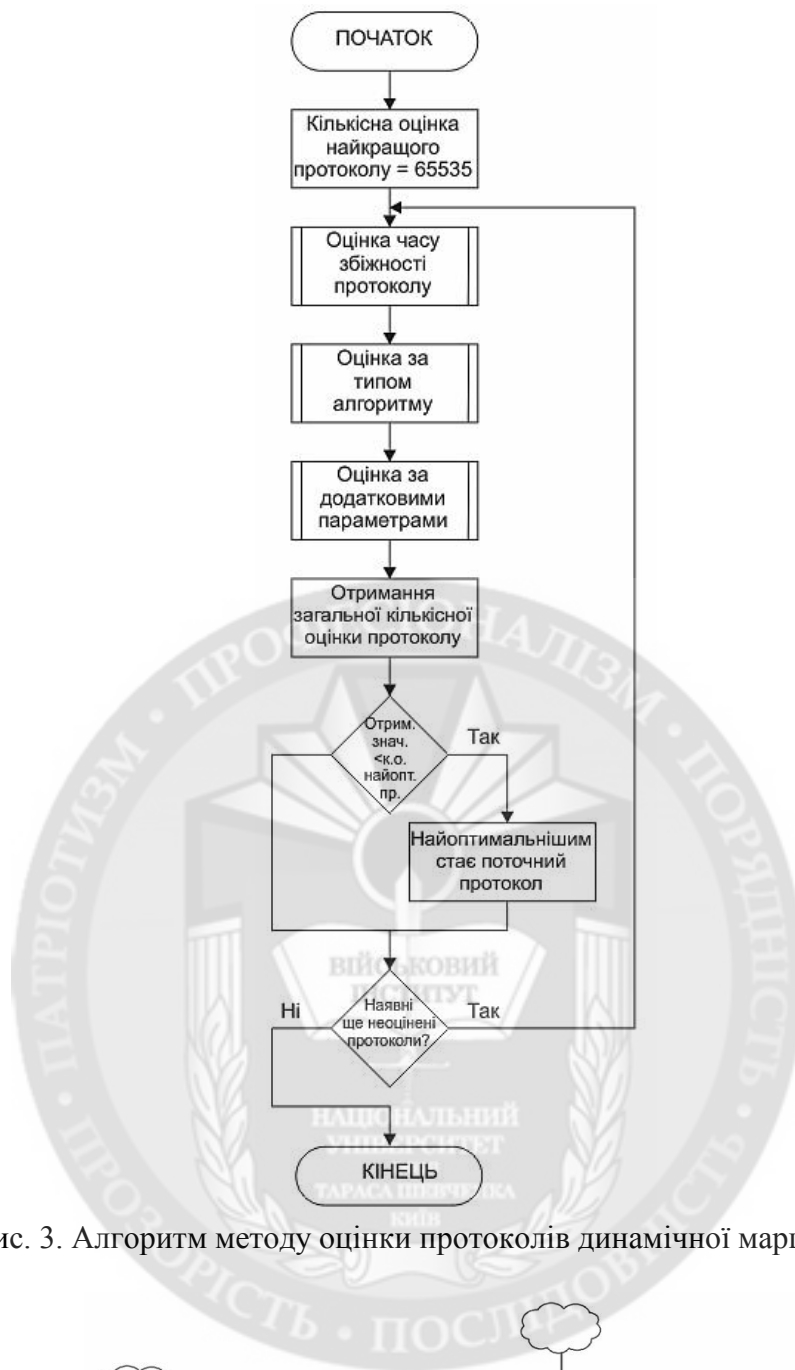


Рис. 3. Алгоритм методу оцінки протоколів динамічної маршрутизації

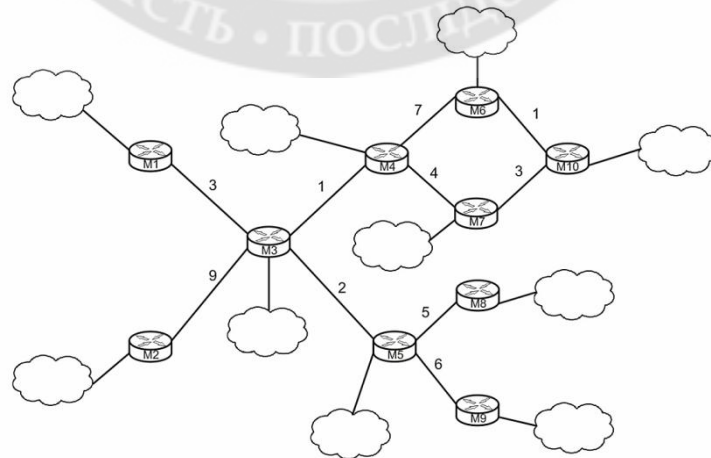


Рис. 4. Топологія мережі, на основі якої проводиться апробація розробленого методу оцінки протоколів

Існує множина протоколів ДМ, які необхідно оцінити і серед них обрати найефективніший для даної мережі. До них відносяться RIP v1, IGRP, OSPF, EIGRP. Застосуємо деякі допущення.

1. Оцінка протоколу BGP для даної мережі не буде проводитись, оскільки він є зовнішнім протоколом і не є пристосованим для маршрутизації в локальній мережі.

2. Будемо вважати, що зміни в топології відбуваються достатньо рідко. Оскільки всі маршрутизатори мережі є ідентичними і вносять однакову затримку, то для спрощення обчислення часу передачі інформації про зміни топології знехтуємо цим параметром (він буде рівний 0). Цей параметр можна не враховувати у випадку однократної зміни топології.

3. Будемо вважати, що в мережі, яка досліджується, наявне модемне з'єднання, тому виявлення змін топології відбувається тільки на каналному рівні.

4. З огляду на п.3, значимими параметрами для оцінки часу збіжності є час на виявлення зміни топології і час на передачу інформації про зміни топології. У свою чергу, час побудови таблиць маршрутизації є порівняно малим і не має значимого впливу на оцінку часу збіжності протоколу.

Для наочності представимо дані, отримані в процесі імітаційного моделювання у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Результати імітаційного моделювання

Критерії	RIP v1	IGRP	OSPF	EIGRP
Протоколи				
<i>Час виявлення змін топології</i>	180	270	40	15
<i>Час поширення маршрутної інформації</i>	150	450	50	25
Оцінка за часом збіжності протоколу	330 с 5 хв 30 с	720 с 12 хв	90 с 1 хв 30 с	40 с
<i>Оптимальність вибору маршруту</i>	1	0	0	0
<i>Об'єм службового трафіка</i>	2515,8 біт/с	585,6 біт/с	720 біт/с	864 біт/с
<i>Спосіб оновлення маршрутної інформації</i>	1	1	0	0
Оцінка за типом алгоритму	2517,8	586,6	720	864
<i>Забезпечення безпеки</i>	1	1	0	0
<i>Балансування навантаження</i>	1	0	0,5	0
<i>Можливість об'єднання маршрутів</i>	1	1	0	0
<i>Коефіцієнт максимальної кількості маршрутизаторів</i>	6,67	0,4	0,002	0,4
<i>Врахування в метриці різних характеристик шляху</i>	1	0	0,5	0
<i>Підтримка QoS</i>	1	0	0	0
<i>Необхідність логічної підготовки мережі</i>	0	0	1	0

<i>Доступність реалізації</i>	0	1	0	1
<i>Перспективність – підтримка IPv6</i>	1	1	0	0
<i>Оцінка за додатковими параметрами</i>	12,67	4,4	2,002	1,4
<i>Загальна оцінка протоколу динамічної маршрутизації</i>	2859,87	1311	812,002	905,4

Висновки. На основі аналізу характеристик протоколів виділено набір критеріїв, на основі яких можна здійснити вибір протоколу ДМ, а також запропоновано метод кількісної оцінки їх ефективності, що дозволяє порівнювати їх між собою і обирати найбільш оптимальний із них. В результаті імітаційного моделювання отримано аналітичні залежності додаткових критеріїв для практичної кількісної оцінки ефективності роботи протоколів маршрутизації

ЛІТЕРАТУРА:

1. Альтман Е.А. Высокопроизводительные программно-аппаратные средства конфигурирования маршрутизаторов на основе количественной оценки качества работы [Электронный ресурс] : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 / Альтман Евгений Анатольевич. – М. : РГБ, 2005. – 122 с.
2. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Учебник для вузов]. 4-е издание / Олифер В.Г., Олифер Н.А. – СПб. : Питер, 2011. – 944 с.

Без рецензії.

к.т.н., доц. Муляр И.В., д.т.н., проф. Сбитнев А.И., к.т.н. Джулий А.В., Ленков А.С.
**ОЦЕНКА ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ
ИНТЕГРИРОВАННЫХ СЕТЕЙ**

В статье проведен анализ характеристик протоколов, выделен набор критериев, на основе которых можно осуществить выбор протокола динамической маршрутизации, а также предложен метод количественной оценки их эффективности, позволяет сравнивать их между собой и выбирать наиболее оптимальный из них. В результате имитационного моделирования получены аналитические зависимости дополнительных критериев для практической количественной оценки эффективности работы протоколов маршрутизации

Ключевые слова: протоколы, динамическая маршрутизация, интегрированные сети.

Mulyar I., Sbitnev A., Julie A., Lenkov A.

ASSESSMENT OF DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS FOR INTEGRATED NETWORKS

The paper analyzed the characteristics of the protocol selected set of criteria on which to make a choice dynamic routing protocol and a method of quantitative evaluation of their performance, to compare them with each other and choose the most appropriate of them. The result of simulation analytical dependences additional criteria to quantify the practical efficiency of routing protocols

Keywords: protocols, dynamic routing, integrated network.