

УДК 681.3

Д.Ю. Голубничий, Є.А. Мінаєв, А.О. Мінаєва

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ АСУ АВІАЦІЄЮ ТА ПРОТИПОВІТРЯНОЮ ОБОРОНОЮ

*Потокова модель маршрутизації будується на основі протоколів маршрутизації, тому вибір оптимального протоколу маршрутизації дозволить частинам та підрозділам отримати перевагу при доставці службової інформації про стан інформаційно-телекомунікаційної мережі до центрів управління та оповіщення Повітряних Сил. На основі цього у роботі були розглянуті протоколи Routing Information Protocol та Open Shortest Path First. Проведено порівняльний аналіз розглянутих методів маршрутизації.*

**Ключові слова:** маршрутизація, протокол, інформаційно-телекомунікаційна мережа, RIP, OSPF.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** На сьогоднішній день основні цілі маршрутизації полягають у мінімізації (максимізації) значень обраних показників якості обслуговування (швидкості передачі, середньої затримки, втрат пакетів й ін.), а також у забезпеченні збалансованого завантаження мережі, її каналних і буферних ресурсів. Тому основними завданнями, які належать до галузі маршрутизації, є: контроль і збір інформації про стан мережі і реалізація маршрутних рішень [1].

Маршрутизація є однією з ключових функцій мережного рівня. При цьому під маршрутизацією розуміється, перш за все, процес визначення в телекомунікаційній мережі одного або множини шляхів (маршрутів), оптимальних у рамках обраних критеріїв, між заданою парою або множиною мережних вузлів. За аналізом останніх досліджень потокова модель маршрутизації будується на основі протоколів маршрутизації, тому вибір оптимального протоколу маршрутизації дозволить частинам та підрозділам отримати перевагу при доставці службової інформації про стан інформаційно-телекомунікаційної мережі до центрів управління та оповіщення Повітряних Сил. На основі цього у роботі були розглянуті протоколи Routing Information Protocol (RIP) та Open Shortest Path First (OSPF) [2].

**Формулювання мети статті.** Завданням дослідження є підвищення оперативності обміну інформацією в інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ авіацією та протиповітряною обороною за рахунок модифікації алгоритму протоколу маршрутизації.

### Виклад основного матеріалу

Routing Information Protocol цей протокол маршрутизації призначений для порівняно невеликих і однорідних мереж. Маршрут тут характеризується вектором відстані до місця призначення. Передбачається, що кожний маршрутизатор є відправною точ-

кою декількох маршрутів до мереж, з якими він зв'язаний.

Якщо мережа однорідна, тобто всі канали мають однакову пропускну здатність і приблизно однакове завантаження, що є типовим для невеликих локальних мереж, тоді число кроків до мети є розумною оцінкою шляху (метрикою).

Опис цих маршрутів зберігається в спеціальній таблиці, що має назву маршрутної. Таблиця маршрутизації RIP містить по одному запису на кожну машину, що обслуговується (на кожний маршрут). Запис повинен містити в собі:

- IP-адресу місця призначення;
- метрику маршруту (від 1 до 15; число кроків до місця призначення);
- IP-адреса найближчого маршрутизатора (Gateway) по шляху до місця призначення;
- таймери маршруту.

Невідповідність маршрутної таблиці реальній ситуації є типовою не тільки для RIP, але й характерною для всіх протоколів, які базуються на векторі відстані, де інформаційні повідомлення актуалізації несуть у собі тільки пари кодів: адреса місця призначення й відстань до нього представлено на рис. 1.

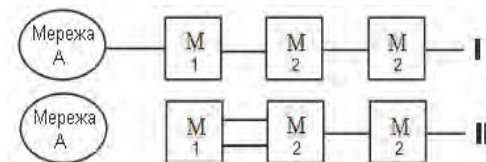


Рис. 1. Приклад взаємозв'язку маршрутизаторів (М) по протоколу Routing Information Protocol

У верхній частині рис. 1 показана ситуація, коли маршрутизатори вказують маршрут до мережі <А>. У нижній частині зв'язок на ділянці М1 <Мережа А> обірвана, а М2 як і раніше продовжує сповіщати про її доступність із числом кроків, яке дорівнює 2. При цьому М1, сприйнявши цю інформацію (якщо М2 встиг передати свою маршрутну інформацію раніше

M1), може перенаправляти пакети, адресовані мережі А, на M2, а у своїй маршрутній таблиці буде характеризувати шлях до мережі А метрикою 3. У такий спосіб формується замкнута петля маршрутів. Наступна широкомовна передача маршрутних даних M1 і M2 не вирішить цю проблему швидко. Так, після чергового обміну шлях від M2 до мережі А буде характеризуватися метрикою 5. Цей процес буде тривати доти, доки метрика не стане дорівнювати 16, що займе занадто багато циклів обміну маршрутною інформацією.

Open Shortest Path First даний протокол є альтернативою RIP як внутрішній протокол маршрутизації для великих мереж. Алгоритм є протоколом стану маршруту. Кожний маршрутизатор має повну інформацію про стан всіх інтерфейсів всіх маршрутизаторів автономної системи.

Якщо субмережа містить N маршрутизаторів, кожний з яких має M сусідів, то необхідна ємність пам'яті буде пропорційна N\*M. Для більших субмереж це може виявитися проблемою, та й швидкість розрахунків при цьому виявиться невисокою. Незважаючи на це, у більшості випадків протокол працює цілком задовільно. Але при тисячах і тим більше десятках тисяч вузлів цими проблемами не можна знехтувати. У таких випадках варто подумати про розбивку мережі на зони й побудову ієрархічної схеми маршрутизації. Кожний маршрутизатор самостійно вирішує завдання оптимізації маршрутів. Якщо до місця призначення ведуть два або більше еквівалентних маршрути, інформаційний потік буде поділений між ними однаково. Перехідні процеси в алгоритмі завершуються швидше, ніж в протоколі RIP. У процесі вибору оптимального маршруту аналізується орієнтований граф мережі. Для розв'язання цього завдання потрібно мати всю необхідну інформацію про всі вузли й канали даної області мережі.

На рис. 2 наведена схема вузлів (А-І) зі значеннями метрики для кожного з відрізків шляху. Аналіз графа починається з вузла А (Старт). Шляхи з найменшим сумарним значенням метрики вважаються найкращими. Саме вони стають обраними в результаті розгляду графа.

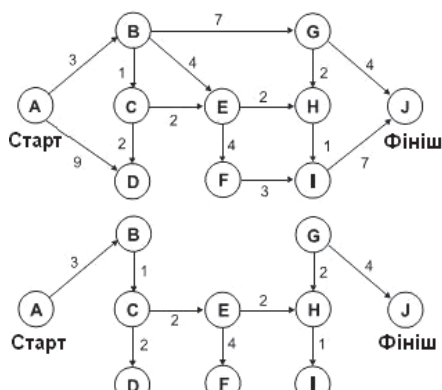


Рис. 2. Ілюстрація роботи алгоритму Дейкстри

Аналіз методів маршрутизації протоколу Routing Information Protocol і Open Shortest Path First.

Для аналізу методів маршрутизації протоколу RIP і OSPF скористаємося характеристиками, що є найбільш істотними при формуванні та поширенні таблиць маршрутизації, які регламентують можливість і порядок обміну даними між інформаційно-телекомунікаційними вузлами (ІТВ): затримка, час збіжності, оперативність обміну інформацією [3–5].

Кількісна оцінка затримки пакета даних на маршруті ( $T_p$ ) з використанням методів маршрутизації потоків, які ґрунтуються на комутації пакетів, може бути розрахована в такий спосіб. Вважаючи, що пакет проходить через  $S_{мп}$  мережних пристроїв, вираз для визначення затримки пакета на маршруті у ІТМ із комутацією каналів має вигляд:

$$T_p = \sum_{i=1}^{S_{мп}} \frac{I_p}{P_{мп_i} P_{мп_i} k_{мп_i}}, \quad (1)$$

де  $I_p$  – об'єм пакета даних, переданого по мережі; ( $P_{мп}$ ) – пропускна здатність мережного пристрою; ( $k_{мп}$ ) – коефіцієнт завантаження мережного пристрою.

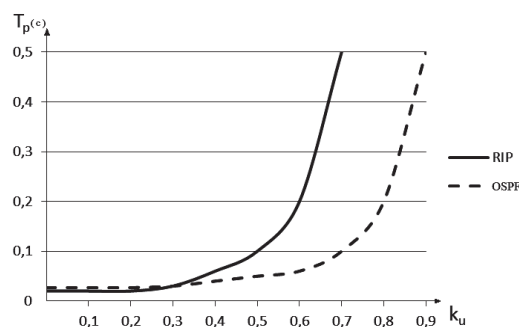


Рис. 3. Залежність середньої затримки пакета даних  $T_p$  від середнього коефіцієнта завантаження каналів передачі даних  $k_u$  для різних методів маршрутизації

Аналіз кривих, наведених на рис. 3, показав, що метод маршрутизації протоколу RIP забезпечує меншу середню затримку пакета даних у мережі порівняно з протоколом OSPF для значень коефіцієнта мережних пристроїв  $k_u=0...0,2$ . Це пояснюється наявністю додаткового завантаження мережних пристроїв, яке створюється потоками службової інформації, що виникають при застосуванні динамічних методів маршрутизації.

1) Час збіжності.

Під часом збіжності ( $T$ ) розуміють інтервал часу від моменту початку поширення довільним ІТВ (маршрутизатором) службової інформації (всієї або частини таблиці маршрутизації) до моменту одержання цієї інформації самим вилученим стосовно до джерела ІТВ [6]:

$$T_{зб} = \max(T_{гq}), \quad (2)$$

де  $T_{гq}$  – діагональна матриця мінімальних затримок передавання пакета; M – кількість ІТВ (маршрутизаторів).

Аналіз кривих на рис. 4 показав, що при збільшенні кількості ІТВ (маршрутизаторів) до  $M = 14...35$  час збіжності при застосуванні протоколу RIP у 2–4,5 рази перевищує час збіжності при застосуванні протоколу маршрутизації OSPF.

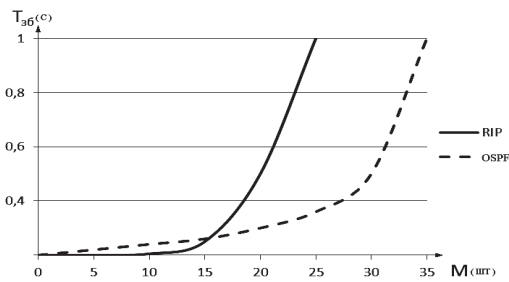


Рис. 4. Графік залежності часу збіжності від кількості інформаційно-телекомунікаційних вузлів

2) Оперативність обміну інформацією.

Найважливішою характеристикою ІТМ є оперативність обміну інформацією ( $K_{оп}^{(γ)}$ ):

$$K_{оп}^{(γ)} = \frac{1}{k_n} \cdot \frac{1}{T_p^{(γ)}}, \quad (3)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт нормування;  $T_p^{(γ)}$  – середня затримка пакета даних у мережі для розподілу потоків  $γ$ , який визначається залежно від використовуваного методу.

Аналіз графіків на рис. 5 показав що при збільшенні значень сумарної інтенсивності інтегральних потоків даних  $c_u \geq 53176$  біт/с і, відповідно, збільшенні коефіцієнта завантаження мережних пристроїв  $k_{мп} \geq 0,25$  нормований коефіцієнт оперативності значно підвищується при використанні протоколу OSPF [7].

**Висновки**

Для створення великої інформаційно-телекомунікаційної мережі раціональніше використовувати метод маршрутизації OSPF тому, що він забезпечує низьку затримку пакета даних, менший час збіжності і більш високий нормований коефіцієнт оперативності при високих значеннях сумарної інтенсивності інтегральних потоків та високому коефіцієнту завантаження мережних пристроїв. Проведений аналіз дозволив переконатися, що всі методи

залежать від того, наскільки ефективно реалізована в них маршрутизація службової інформації. Найбільш перспективним методом маршрутизації, з погляду поширення службової інформації, є метод станів зв'язків протоколу OSPF.

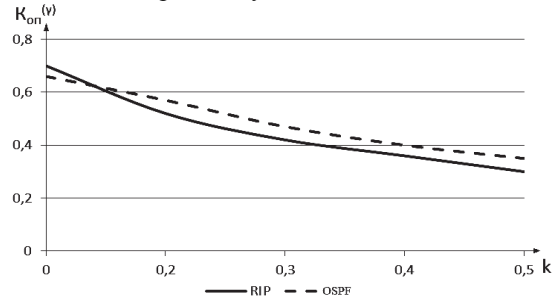


Рис. 5. Залежність нормованого коефіцієнта оперативності обміну інформацією в мережі  $K_{оп}^{(γ)}$  від значень середнього коефіцієнта завантаження каналів передачі даних  $k_u$

**Список літератури**

1. Стеклов В.К. Інформаційна система. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Телекомунікації» / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. – К.: Техніка, 2014. – 792 с.
2. Болілій В.О. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник / В.В. Котьяк, В.О. Болілій. – Кіровоград: ЦОП Авангард, 2014. – 146 с.
3. Голубничий Д.Ю. Моделі розподілу ресурсів мереж загального користування для реалізації VPN [Текст] / Н.Г. Агаджанян, А.В. Герко, А.М. Мельник. – Х.: ХУПС, 2015. – 173 с.
4. Стасєв Ю.В. Комп'ютерні мережі. Технології, протоколи та моделювання: навч. посіб. / І.В. Рубан, С.В. Дуденко, Д.В. Сумцов, О.І. Тимочко. – Х.: ХУПС, 2014. – 359 с.
5. Жуков І.А. Аналіз та діагностика систем та мереж / І.А. Жуков, В.І. Дровозовов. – К.: НАУ, 2015. – 361 с.
6. Системи дослідження та інформаційні технології, № 3, 2015. – 150 с.
7. Олексюк В.С. Аналіз мереж / В.С. Олексюк, Н.О. Балик, Д.Ю. Балик. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2013. – 80 с.

Надійшла до редколегії 7.06.2017

Рецензент: д-р. техн. наук доц. Н.О. Королюк, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ АСУ АВИАЦИЕЙ И ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНОЙ**

Д.Ю. Голубничий, Е.А. Минаев, А.А. Минаева

Потоковая модель маршрутизации строится на основе протоколов маршрутизации, поэтому выбор оптимального протокола маршрутизации позволит частям и подразделениям получить преимущество при доставке служебной информации о состоянии информационно-телекоммуникационной сети в центры управления и оповещения Воздушных Сил. На основе этого в работе были рассмотрены протоколы Routing Information Protocol и Open Shortest Path First. Проведен сравнительный анализ рассмотренных методов маршрутизации.

**Ключевые слова:** маршрутизация, протокол, информационно-телекоммуникационная сеть, RIP, OSPF.

**COMPARATIVE ANALYSIS METHODS ROUTING INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS ACS AIR AND AIR DEFENSE**

D. Holubnychyy, Y. Minaiev, A. Minaieva

The streaming routing model based on routing protocols, so choosing the optimal routing protocol will allow parts and units to gain preference when delivering official information about the state of the information and telecommunication network to the Air Force control centers and alerts. Based on this, the Routing Information Protocol and Open Shortest Path First protocols were reviewed. The comparative analysis of the considered methods of routing is carried out.

**Keywords:** routing, protocol, information and telecommunications network, PIP, OSPF.