

## АНАЛІЗ ОКРЕМИХ ПРОТОКОЛІВ ДИНАМІЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ

*Ефективність охорони кордону залежить від ефективності функціонування телекомунікаційної системи Державної прикордонної служби України. Статична маршрутизація не дозволяє забезпечити необхідний рівень пропускної спроможності та доступності функціонування мережі, тим самим знижує ефективність функціонування телекомунікаційної системи. Одним зі шляхів підвищення ефективності функціонування телекомунікаційної системи є використання протоколів динамічної маршрутизації. У статті проаналізовано деякі протоколи динамічної маршрутизації та їх базові характеристики. На підставі здійсненого аналізу, зроблено обґрунтований вибір доцільності використання в телекомунікаційній системі Державної прикордонної служби України окремих протоколів динамічної маршрутизації.*

*Ключові слова: маршрутизація, динамічна маршрутизація, протоколи динамічної маршрутизація, телекомунікаційна система, інформаційно-телекомунікаційна система.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Аналіз оперативно-службової діяльності (ОСД) Державної прикордонної служби України (ДПСУ) свідчить про те, що в сучасних умовах значна увага приділяється підвищенню ефективності інформаційного забезпечення процесу охорони державного кордону. Ефективність інформаційного забезпечення ОСД безпосередньо пов'язана з ефективністю побудови та функціонування інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС) ДПСУ. В свою чергу, ефективність функціонування ІТС безпосередньо залежить від особливостей побудови, протоколів та технологій, які використовуються при розгортанні телекомунікаційної системи (ТКС) ДПСУ.

ТКС ДПСУ побудована за принципом опорної мережі типу «зірка», до якої підключаються органи охорони та підрозділи різних рівнів [1] та характеризується достатньо високим інформаційним навантаженням. Для об'єднання різних сегментів відомчої ТКС використовуються відповідні комунікаційні пристрої компанії Cisco, а для організації маршрутизації – методи статичної маршрутизації. Разом з тим, статична маршрутизація не дозволяє забезпечити необхідний рівень пропускної спроможності та доступності функціонування мережі, тим самим знижує ефективність функціонування ТКС. Тому, здійснення динамічної маршрутизації є однією з найбільш важливих проблем при передачі інформаційних потоків в сучасній мережі [2].

Значний внесок в розвиток методів динамічної маршрутизації внесли Р. Гиббенс, Франк Келли, Г.Р. Еш, А. Чанг, Э. Вонг, Б.С. Гольдштейн та багато інших авторів.

**Мета статті.** Метою статті є аналіз протоколів динамічної маршрутизації, які доцільні для використання в телекомунікаційній мережі ДПСУ.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Динамічна маршрутизація передбачає режим роботи мережевої топології, при якому конфігурація топології системи змінюється автоматично на основі пошуку найближчих шляхів доставки пакетів до адресата. Даний режим роботи передбачає обмін оперативною інформацією між сусідніми вузлами мережі, в процесі якого вони інформують один одного про доступність [3]. На основі отриманих даних кожен вузол формує таблицю маршрутизації, тобто виступає в ролі маршрутизатора. Шляхом обміну сформованими таблицями, кожен вузол отримує повну інформацію про топологію мережі. Динамічна маршрутизація має ряд переваг над статичною:

- адаптація при зміні конфігурації мережі – робота мережі автоматично перестроюється в найбільш оптимальну топологічну структуру;
- збільшення живучості – зазвичай існують декілька резервних маршрутів передачі даних в мережі;

– зручність в проектуванні та введенні в експлуатацію – користувачу достатньо призначити номери окремим модулям та встановити їх на місце призначення.

В залежності від застосування, динамічна маршрутизація працює в рамках однієї з двох архітектур: протоколи внутрішніх шлюзів (Interior Gateway Protocols - IGP) і протоколи зовнішніх шлюзів (Exterior Gateway Protocols - EGP) [4-5]. Протоколи класу IGP створювались для роботи в мережах в межах однієї автономної системи (Autonomous System - AS). Звичайно такими мережами є внутрішньо - відомчі мережі однієї організації. На відміну від них протоколи EGP проектувались для обміну маршрутною інформацією між прикордонними маршрутизаторами різних автономних систем. На сьогодні основним протоколом цього класу є BGP. Однак цей протокол недоцільно використовувати у тих випадках, коли існує можливість єдиного адміністрування мережі (IGP). Оскільки мережа ДПСУ відноситься саме до цього випадку, далі ми розглядатимемо маршрутизацію IGP.

За методом поширення маршрутної інформації протоколи IGP діляться на дистанційно-векторні і стану каналів зв'язку. У методі вектора відстаней кожен маршрутизатор через рівні проміжки часу посилає сусіднім маршрутизаторам оновлення всієї або частини своєї таблиці маршрутизації. У міру поширення маршрутної інформації в мережі кожен маршрутизатор може обчислити відстані від нього до всіх мереж і підмереж в межах внутрішньо корпоративної мережі. Найбільш поширеними протоколами даного типу є RIP (Routing Information Protocol) і IGRP (Interior Gateway Routing Protocol). У методі врахування стану каналів зв'язку кожен маршрутизатор корпоративної мережі посилає іншим маршрутизаторам інформацію про свої безпосередні з'єднання з мережами і маршрутизаторами. На основі отриманої інформації про всі локальні з'єднання в мережі, кожен маршрутизатор здатний побудувати її повний топологічний граф, а потім заповнити свою таблицю, використовуючи складний алгоритм вибору першого найкоротшого шляху (Shortest Path First - SPF). Найбільш відомими протоколами даного типу є OSPF (Open Shortest Path First) і IS-IS (Intermediate System to Intermediate System). Існують також гібридні протоколи, що поєднують в собі переваги обох методів поширення маршрутної інформації. Прикладом гібридного протоколу є EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) [4].

Однак в будь-якому випадку динамічна маршрутизація передбачає знаходження найкращого маршруту передачі даних серед декількох можливих. Тому постає проблема оцінки якості маршрутів. Звичайно використовуються два варіанти вирішення даної проблеми:

- оцінка якості передачі за певною шкалою;
- оцінка якості передачі в залежності від відстані між вузлами.

Розглянемо більш детально перший варіант. Систему в процесі роботи можна представити у вигляді повного графу, де кожна вершина відповідає вузлу, а ребро – наявності зв'язку між окремими вузлами з умовною оцінкою якості. На рис. 1 представлений приклад такого графу, оцінки якості зв'язку наведені у табл. 1.

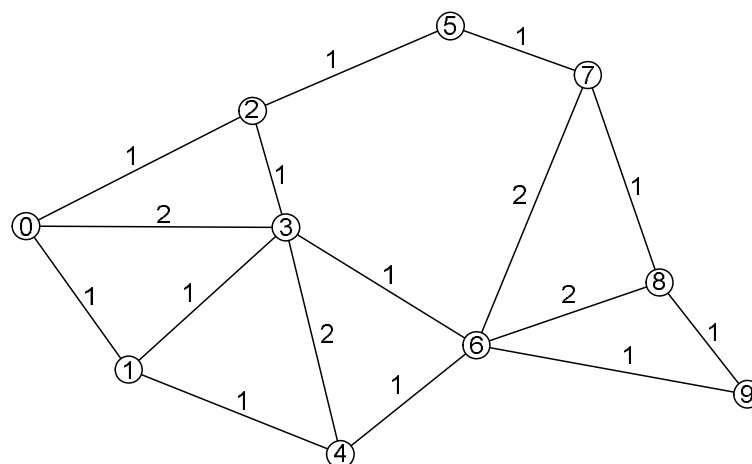


Рис. 1. Граф зв'язків окремих вузлів

Оцінка якості зв'язку

|                   |        |
|-------------------|--------|
| Якість зв'язку    | Оцінка |
| Зв'язок відсутній | “∞”    |
| Задовільно        | “1”    |
| Добре             | “2”    |

Оцінювання якості зв'язку проводиться на підставі аналізу кінцевим вузлом цілісності пакету інформації. Так як дана мережа передбачає підтвердження отримання інформації, то якість зв'язку можна розцінювати як співвідношення безпомилкових отриманих пакетів ( $m$ ) до загальної кількості відправлених пакетів ( $n$ ).

$$P = \frac{m}{n} \leq 1.$$

В залежності від призначення мережі виводиться допустимий діапазон значень  $P \in [p_1...1]$ . Потім цей діапазон розбивається на три умовні характеристики: «зв'язок відсутній» -  $P \in [0...p_1]$ , «задовільно» -  $P \in [p_1...1]$ , «добре» -  $P = 1$ . На практиці шкала якості може мати більшу градацію оцінок. Кожній характеристиці присвоюється умовна оцінка.

Аналіз такого графу дає змогу виявити всі можливі варіанти передачі даних та оцінити сумарну довжину шляху передачі даних. Наприклад, між вузлом №0 та №9 існує декілька можливих маршрутів наведених в табл. 2.

Кожен з маршрутів характеризується різною довжиною. Принцип динамічної маршрутизації передбачає вибір маршруту з найменшою сумарною оцінкою. Але на практиці можливий варіант, коли найменша сумарна оцінка не буде оптимальною. Розглянемо маршрути 0-3-6-9 та 0-1-4-6-9, які мають однакову довжину. Маршрут 0-3-6-9 має менше проміжних вузлів, але містить ребро з оцінкою “2”, а отже на цьому етапі, за рахунок «задовільного зв'язку» частина даних може бути втрачена. Коли як маршрут 0-1-4-6-9 має більше проміжних вузлів, але виявляється більш надійним.

Таблиця 2

Маршрути комутації

| № | Маршрут     | Сумарна оцінка |
|---|-------------|----------------|
| 1 | 0-2-5-7-8-9 | 5              |
| 2 | 0-3-6-7-8-9 | 7              |
| 3 | 0-3-6-8-9   | 6              |
| 4 | 0-3-6-9     | 4              |
| 5 | 0-1-4-6-9   | 4              |
| 6 | ...         | ...            |

Отже в алгоритм пошуку найкоротшого маршруту між вузлами варто додати ланку виключення з оптимальних таких маршрутів, що містять більшу кількість ребер з задовільною оцінкою. Тобто, з перелічених в таблиці 2.5 маршрутів, оптимальним буде маршрут №5. В загальному випадку оптимальним буде маршрут який відповідатиме умові:

$$\min \left( \sum_{i=1}^n P_i \right)_{P \neq 2},$$

де  $i$  – ребро;  $P_i$  – оцінка  $i$ -го ребра;  $n$  – кількість ребер.

Також можна додати умову мінімальної кількості вузлів в маршруті:

$$\min \left( \sum_{i=1}^n P_i \right)_{P \neq 2, (n+1) \rightarrow \min},$$

де  $(n + 1)$  – кількість вузлів.

В другому варіанті оцінка якості передачі даних ґрунтується на відстані між вузлами. Відстань визначається часом відгуку сусіднього вузла на hallo-пакет (пакет, завдяки якому встановлюється приналежність до сусідів). Отже замість умовної оцінки, ребра будуть характеризуватися конкретним часовим інтервалом, що буде вимірюватися таймером мікроконтролера у кожному вузлі. Довжина маршруту буде визначатися, як і в попередньому випадку, сумою оцінок. Оптимальним буде той маршрут, у якого довжина буде меншою. За умови наявності достатніх ресурсів, пропонується використовувати комбінацію з двох вищезазначених варіантів. Сумарні оцінки всіх можливих варіантів передачі даних приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка зв'язку на визначених маршрутах

| № | Маршрут     | Оцінка зв'язку | Сумарна оцінка часу |
|---|-------------|----------------|---------------------|
| 1 | 0-2-5-7-8-9 | 5              | 50                  |
| 2 | 0-3-6-7-8-9 | 7              | 63                  |
| 3 | 0-3-6-8-9   | 6              | 47                  |
| 4 | 0-3-6-9     | 4              | 39                  |
| 5 | 0-1-4-6-9   | 4              | 42                  |
| 6 | 0-1-3-6-9   | 4              | 40                  |

Оптимальним за часом буде маршрут, який відповідатиме умові:

$$\min \left( \sum_{i=1}^n T_i \right)_{(n+1) \rightarrow \min},$$

де  $i$  – ребро;  $T_i$  – оцінка  $i$ -го ребра;  $n$  – кількість ребер;  $(n + 1)$  – кількість вузлів.

Пріоритетною в даному випадку є оцінка якості зв'язку, тому вона проводиться першою, якщо декілька маршрутів матимуть однакову сумарну оцінку якості зв'язку, тоді для них розраховується оптимальна сумарна оцінка часу. Маршрути №4, №5 та №6 мають однакову сумарну оцінку зв'язку. Маршрут №4 відкидається, так як він містить ребро з «задовільним зв'язком», залишаються №5 та №6. Далі відбувається оцінка за часом, тобто перевага надається маршруту №6. З заданою періодичністю таблиця маршрутизації оновлюється, що дає змогу переоцінити якість зв'язку при зміні умов передачі даних. Періодичність оновлення залежатиме від ширини каналу зв'язку та особливості завад. Варто зауважити, що часте оновлення може викликати зайве інформаційне навантаження на мережу.

Динамічну маршрутизацію пропонується реалізовувати на основі протоколу RIP (англ. Routing Information Protocol) – протокол динамічної маршрутизації, що базується на дистанційно-векторному алгоритмі (distance-vector algorithm).

Дистанційно-векторний алгоритм передбачає обмін відносно невеликою кількістю інформації. Кожен маршрутизатор всередині AS (англ. Autonomous System) зберігає інформацію про всі мережі AS. Ця інформація зведена в окрему маршрутну базу даних. Кожен запис в цій базі даних містить інформацію про одну з мереж AS, а також включає в себе адресу наступного маршрутизатора, тобто маршрутизатора, якому повинні бути відіслані дані, щоб вони досягли відповідної мережі. Окрім того, кожен запис містить так звану «метрику». В даному випадку метрика це оцінка часу та зв'язку. Виходячи з основних характеристик, можна сформулювати обмеження, що матиме дана мережа:

– для великих мереж може стати проблемою наявність циклічних зв'язків або циклів. Механізми вирішення проблем циклічних зв'язків можуть виконуватись протягом значного проміжку часу, при цьому займаючи смугу пропускання мережі за рахунок невеликої швидкості передачі даних регламентованої стандартом IEEE 802.15.4.

– для порівняння двох маршрутів до однієї мережі використовується метрика. В тих ситуаціях, коли вибір маршруту базується на таких параметрах, як відносна оцінка зв'язку та часу - такий критерій не є показовий. Протокол не підтримує механізмів відстежування реальних параметрів лінії при виборі маршруту передачі даних.

Перша проблема може суттєво вплинути на роботу мережі. При наявності великої кількості вузлів, з'являється багато варіантів маршрутів передачі даних серед яких і циклічні маршрути. Останніми називають маршрути, в яких через один вузол інформація проходить більше одного разу. Для вирішення цієї проблеми пропонується наступний алгоритм, який розглянемо на прикладі графу, зображеного на рис. 2.

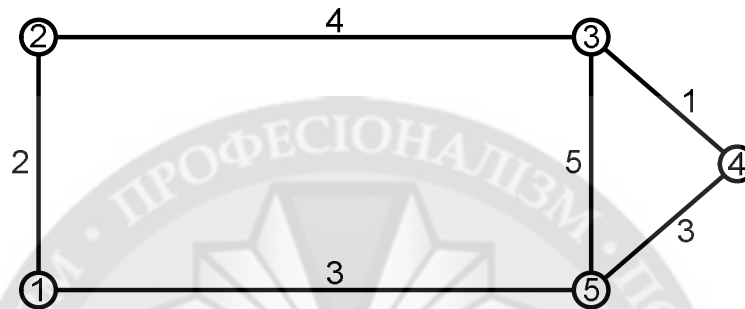


Рис. 2. Граф з'єднання вузлів

Кожен вузол формує таблицю маршрутизації, куди записуються всі сусіди та відповідна метрика (табл. 4).

Таблиця 4

Таблиця маршрутизації

| № | Вузол | Метрика | № | Вузол | Метрика |
|---|-------|---------|---|-------|---------|
| 1 | 2     | 2       | 2 | 1     | 2       |
|   | 5     | 3       |   | 3     | 4       |
| 3 | 2     | 4       | 4 | 3     | 1       |
|   | 4     | 1       |   | 5     | 3       |
|   | 6     | 5       |   |       |         |
| 5 | 1     | 3       |   |       |         |
|   | 3     | 5       |   |       |         |
|   | 4     | 3       |   |       |         |

Далі вузли починають обмінюватись таблицями маршрутизації наступним чином. Вузол 1 отримує від вузла 2 таблицю, де по черзі розглядаються всі записи. Перший запис вказує на перший вузол, який в даному випадку виступає за початковий вузол, тому цей запис пропускається. Другий запис вказує на третій вузол. Перший вузол не містить інформації про вузол 3, тому вноситься в таблицю разом з попередньо обрахованою сумарною метрикою. Потім розглядається інформація отримана з вузла 5. Перший запис пропускається, а другий містить інформацію про вузол, який вже є в таблиці маршрутизації вузла 1. Тому порівнюється сумарна метрика. Через вузол 2 метрика маршруту дорівнює 6, а через 5 вузол 7, отже другий запис також ігнорується. Таким чином заповнюються повні таблиці маршрутизації для всіх вузлів (табл. 5). (наведені для вузлів 1 та 2). Такий алгоритм виключає утворення циклів.

Таблиця маршрутизації для всіх вузлів

| Вузол | Маршрут | Метрика |
|-------|---------|---------|
| 2     |         | 2       |
| 5     |         | 3       |
| 3     | 2       | 6       |
| 4     | 5       | 6       |
| 1     |         | 2       |
| 3     |         | 4       |
| 5     | 1       | 5       |

Розглянемо базові протоколи динамічної маршрутизації з метою аналізу доцільності їх використання в мережі ДПСУ.

Протокол RIP. RIP заснований на дистанційно-векторному алгоритмі і в більшості реалізацій використовує найпростішу метрику – кількість проміжних маршрутизаторів до мережі призначення. Головною перевагою протоколу є легкість конфігурування, що не вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу [3]. Протокол є відкритим і підтримується практично всіма виробниками мережевого обладнання. Також є реалізації протоколу в ПЗ (наприклад, для Unix подібних ОС - пакети Zebra, Quagga та ін) і підтримка в ряді ОС (наприклад, в Windows, починаючи з Windows NT Server, в Unix-подібних, Cisco IOS). Основними недоліками протоколу є: повільна збіжність і великий обсяг службового трафіку (для адаптації до змін в топології мережі маршрутизатори періодично розсилають повні копії своїх таблиць). Це обмежило сферу застосування протоколу мережами з кількістю маршрутизаторів не більше п'ятнадцяти. В протокол RIP версії 2 добавлена підтримка маски змінної довжини, мультикастингова (багатоадресна) розсилка замість ширококомвної і засоби захисту при обміні маршрутною інформацією у вигляді аутентифікації по ключу MD5 і відкритому (нешифрованому) тексту. Протокол досить поширений в невеликих локальних мережах з невисокими вимогами до надійності мережі та відсутністю кваліфікованого персоналу мережевих адміністраторів. У новій версії протоколу організована підтримка протоколу IPv6.

Протокол IGRP. Закритий дистанційно-векторний протокол IGRP компанії Cisco Systems був спроектований для усунення ряду недоліків протоколу RIP, і мав на меті забезпечити кращу підтримку великих мереж (до 255 маршрутизаторів), які містять канали зв'язку з відмінними характеристиками смуги пропускання і величини затримки [3]. Протокол використовує комбіновану метрику, яка включає затримку, смугу пропускання, надійність і завантаженість маршруту. Вагові коефіцієнти, що визначають внесок цих характеристик в результуючу метрику, задаються користувачем, забезпечуючи гнучку адаптацію до його конкретних задач. Показники затримки та смуги пропускання конфігуруються для кожної лінії зв'язку попередньо, а показники надійності і завантаженості можуть обчислюватися в процесі обробки реального трафіку в мережі. Для підтримки вимог QoS різних додатків можна підготувати кілька маршрутних таблиць, побудованих на основі метрик з різними значеннями вагових коефіцієнтів. Протокол IGRP забезпечує більш швидку збіжність, ніж RIP завдяки застосуванню пакетів оновлення з миттєвою розсилкою (інформація про зміни в мережі відправляється відразу, як тільки стає доступною, не очікуючи чергового часу поновлення). Протокол підтримує балансування навантаження між декількома маршрутами навіть у тому випадку, якщо їх метрики не рівні, але знаходяться в межах певного діапазону показників найкращого маршруту. При цьому співвідношення обсягів відправлених по кожному каналу даних буде пропорційною співвідношенню їх метрик. До недоліків протоколу можна віднести відсутність підтримки масок підмереж змінної довжини і можливості сумаризації маршрутів. Розсилання маршрутної інформації

сусіднім маршрутизаторам є широкомовною. Відсутні можливості аутентифікації при обміні маршрутною інформацією (хоча засобом захисту є можливість прийому повідомлень про оновлення маршрутів тільки від тих маршрутизаторів, які даний визначає як «сусідні»), а також можливість занесення змін у конфігурацію маршрутизатора тільки на підставі пароля, який зберігається в зашифрованому вигляді. Протокол сумісний з RIP.

Протокол EIGRP. Протокол EIGRP компанії Cisco Systems представляє собою поліпшену версію протоколу IGRP [3]. Протокол є гнучкий та заснований на алгоритмі поновлення Diffusing-Update Algorithm (DUAL). Він поєднує в собі кращі сторони дистанційно-векторних протоколів (простота алгоритму вибору оптимального маршруту) і протоколів стану каналів зв'язку (швидка збіжність і економія смуги пропускання мережі за рахунок повідомлень тільки про стан зв'язків та про їх зміни). Всі розсилки протоколу є мультикастними або індивідуальними. Таким чином, інформація розсилається тільки при змінах і тільки тим маршрутизаторам, яких вона стосується. З метою підвищення маштабуємості протоколу в нього додана підтримка масок підмереж змінної довжини і можливість об'єднання маршрутів. Маршрути діляться на внутрішні і зовнішні - отримані від інших протоколів маршрутизації або записані в таблиці статично. В останніх версіях EIGRP є додаткові засоби захисту. Крім того, в даний час для EIGRP розробляють засоби підтримки IPv6, так що цей протокол буде розвиватися надалі.

Основним недоліком EIGRP, є проприетарність (реалізація тільки на обладнанні Cisco Systems) [3]. Протокол добре сумісний з IGRP, а також з RIP.

Протокол OSPF. Найбільш універсальний і гнучкий у налаштуванні протокол динамічної маршрутизації в корпоративних мережах на сьогоднішній день - відкритий протокол вибору першого найкоротшого шляху (Open Shortest Path First Protocol - OSPF) [3]. Протокол споконвічно був орієнтований на роботу у великих мережах (до 65536 маршрутизаторів) зі складною топологією. Він заснований на алгоритмі стану каналів зв'язку і має високу стійкість до змін топології мережі і швидку збіжність. При виборі маршруту використовується метрика пропускну здатності складових мережі (тобто передача даних здійснюється по найбільш швидкісним каналам зв'язку). Протокол може підтримувати різні вимоги IP-пакетів на якість обслуговування (пропускну здатність, затримка і надійність) за допомогою побудови окремої таблиці маршрутизації для різних показників.

До інших переваг протоколу відносяться можливість балансування навантаження між каналами з рівними метриками та засоби аутентифікації як зокрема і по шифрованому пароллю. Нумерація пакетів виключає їх повторюваність і таким чином можливість повторної атаки. Відкритість протоколу визначає його підтримку практично всіма виробниками мережевого устаткування, реалізації в ПЗ під всі популярні ОС (наприклад, для Unix-подібних ОС - пакети Zebra, Quagga і ін), а також безпосередню інтеграцію в ряд ОС (наприклад, Windows2000 Server і вище, OpenBSD, Cisco IOS, Solaris 10 і т.д.).

До недоліків протоколу слід віднести високу обчислювальну складність і, отже, високі вимоги, що пред'являються до ресурсів маршрутизатора. Складність OSPF зростає зі збільшенням розмірів мережі. Для збільшення маштабованості протоколу можливий поділ мережі на логічні області, з'єднані магістральною областю. Внутрішня топологічна інформація між областями не передається. Можлива деяка оптимізація за рахунок сумаризації мереж.

В якості перспективних функцій OSPF слід назвати підтримку протоколу IPv6 і можливість вибору маршруту на підставі поточного коефіцієнта навантаженості каналів зв'язку (розширена версія OSPF отримала назву Constrained Shortest Path First - CSPF). Протокол сумісний з RIP.

Протокол IS-IS. Протокол IS-IS заснований на алгоритмі стану каналів зв'язку і є попередником OSPF [3]. В даний час цей протокол дуже рідко використовується в корпоративних мережах [6]. Це пов'язано з перевагами над ним протоколу OSPF. До недоліків протоколу відноситься його нездатність підтримувати маски підмереж змінної довжини, об'єднувати маршрути, а також широкомовний характер розсилок сусіднім

маршрутизаторам. Все це негативно впливає на швидкість збіжності, навантаження маршрутизаторів і завантаженість ліній зв'язку.

Враховуючи цю інформацію побудуємо зведену таблицю з основними характеристиками протоколів важливими для врахування при виборі протоколу динамічної маршрутизації в мережі ДПСУ (табл. 6).

Таблиця 6

Базові характеристики протоколів динамічної маршрутизації

| Протокол | Тип алгоритму   | Максимальна кількість підмереж | Доступність | Тип метрики            | Безпека | Доцільність для ДПСУ |
|----------|-----------------|--------------------------------|-------------|------------------------|---------|----------------------|
| RIP v2   | вектор відстані | 15                             | відкритий   | одна                   | +       | -                    |
| IGRP     | вектор відстані | 255 (доцільне < 50)            | Cisco       | комбінована            | -       | -                    |
| EIGRP    | комбінований    | 255                            | Cisco       | комбінована            | +       | +                    |
| OSPF     | стан каналів    | 65534                          | відкритий   | основна + 3 додаткових | +       | +                    |
| IS-IS    | стан каналів    | 1024                           | відкритий   | основна + 3 додаткових | -       | -                    |

**Висновок.** В ході дослідження проаналізовано окремі протоколи динамічної маршрутизації та їх доцільність для використання в телекомунікаційній системі ДПСУ. Для обґрунтованого вибору раціонального протоколу динамічної маршрутизації в подальших дослідженнях пропонується провести оцінку комплексного імовірнісного показника ефективності ОСД (7) для фіксованої архітектури мережі з резервуванням каналів при використанні OSPF і EIGRP та порівняти їх.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Програмно-технічні комплекси прикордонних підрозділів / [Катеринчук І. С., Мул Д. А., Рачок Р. В. та ін.]. – Хмельницький : Вид-во Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького, 2010. – 271 с.
2. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / Олифер В. Г., Олифер Н. А. – С-Пб. : Питер, 2001. – 672 с.
3. Уэнстром, М. Организация защиты сетей Cisco / М. Уэнстром ; [пер. с англ.]. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 768 с.
4. Короуз, Дж. Компьютерные сети / Дж. Короуз, К. Росс. – [3-е изд.]. – СПб. : Питер, 2004. – 765 с.
5. Стеклов, В. К. Проектирование телекоммуникационных сетей / Стеклов В. К., Беркман Л. Н. – К. : Техніка, 2002. – 792.
6. Горяева, С. Н. Многопутевая маршрутизация с использованием оптимального алгоритма распределения сетевых ресурсов для сетей MPLS-TE / С. Н. Горяева, Л. И. Мельникова, Д. В. Андрушко // Радиотехника : Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. – 2006. – Вып. 144. – С. 35–38.
7. Басараб, О. К. Формування комплексного ймовірнісного показника ефективності оперативно-службових дій Державної прикордонної служби України в залежності від функціонування телекомунікаційних систем / О. К. Басараб // АСУ та прилади автоматики : Всеукраїнський міжвідомчий науково-технічний збірник / голов. ред. Семенець В. В. – Харків : Вид-во ХНУРЕ, 2013. – Випуск № 162. – С. 47–49.

REFERENCE:

1. Programno-tehnichni kompleksi prykordonnyh pidrozdiliv / [Katerynychuk I. S., Mul D. A., Rachok R. V. ta in.]. – Hmel'nyc'kyj : Vyd-vo Nacional'noi' akademii' Derzhavnoi' prykordonnoi' sluzhby Ukrainy imeni B. Hmel'nyc'kogo, 2010. – 271 s.



2. Olyfer, V. G. Komp'yuternye sety. Prynсury, tehnologyy, protokoly / Olyfer V. G., Olyfer N. A. – S-Pb. : Pyter, 2001. – 672 s.
3. Uэнstrom, M. Organizatsiya zashhyty setej Cisco / M. Uэнstrom ; [per. s angl.]. – M. : Yzdatel'skyj dom «Vyl'jams», 2005. – 768 s.
4. Korouz, Dzh. Komp'yuternye sety / Dzh. Korouz, K. Ross. – [3-e yzd.]. – SPb. : Pyter, 2004. – 765 s.
5. Steklov, V. K. Proektuvannja telekomunikacijnyh mrezh / Steklov V. K., Berkman L. N. – K. : Tehnika, 2002. – 792.
6. Gorjaeva, S. N. Mnogoputevaja marshrutyzatsiya s yspol'zovanyem optimal'nogo algoritma raspredelenija setevykh resursov dlja setej MPLS–TE / S. N. Gorjaeva, L. Y. Mel'nykova, D. V. Andrushko // Radyotehnyka : Vseukr. mezhdved. nauchn.-tehn. sb. – 2006. – Выр. 144. – S. 35–38.
7. Basarab, O. K. Formuvannja kompleksnogo jmovirnisnogo pokaznyka efektyvnosti operativno-sluzhbovyh dij Derzhavnoi' prykordonnoi' sluzhby Ukrainy v zalezhnosti vid funkcionuvannja telekomunikacijnyh system / O. K. Basarab // ASU ta pryklady avtomatyky : Vseukrai'ns'kyj mizhvidomchyj naukovo-tehnichnyj zbirnyk / golov. red. Semenev' V. V. – Harkiv : Vyd-vo HNURE, 2013. – Vypusk № 162. – S. 47–49.

**Рецензент:** д.т.н., проф. Катеринчук І.С., доцент кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації Національної академії Державної прикордонної служби України

к.т.н. Басараб О.К.

#### АНАЛИЗ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОТОКОЛОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОГРАНИЧНОЙ СЛУЖБЫ УКРАИНЫ

*Эффективность охраны границы зависит от эффективности функционирования телекоммуникационной системы Государственной пограничной службы Украины. Статическая маршрутизация не позволяет обеспечить необходимый уровень пропускной способности и доступности сети, тем самым уменьшает эффективность функционирования телекоммуникационной системы. Одним из путей повышения эффективности функционирования телекоммуникационной системы является использование протоколов динамической маршрутизации. В статье проанализированы некоторые протоколы динамической маршрутизации и их базовые характеристики. На основании проведенного анализа, сделан обоснованный выбор целесообразности использования в телекоммуникационной системе Государственной пограничной службе Украины отдельных протоколов динамической маршрутизации.*

*Ключевые слова:* маршрутизация, динамическая маршрутизация, протоколы динамической маршрутизации, телекоммуникационная система, информационно-телекоммуникационная система.

Ph.D. Basarab O.K.

#### ANALYSIS OF SEPARATE DYNAMIC ROUTING PROTOCOLS FOR THE TELECOMMUNICATION SYSTEM OF THE STATE BORDER GUARD SERVICE OF UKRAINE

*The effectiveness of the border protection depends on the efficiency of the telecommunications system of the State Border Guard Service of Ukraine. A static routing does not provide the necessary level of capacity and availability of the network, thereby reduces the efficiency of the telecommunications system. One of the way of improving the efficiency of the telecommunication system is the usage of dynamic routing protocols. The article analyzes some dynamic routing protocols and their basic characteristics. On the basis of analysis, the reasonable choice of expediency of the usage of some dynamic routing protocols in the telecommunications system of the State Border Service of Ukraine was made.*

*Keywords:* routing, dynamic routing, dynamic routing protocols, telecommunication system, Information and Telecommunication System.