

УДК 621.391

О.А. Дробот<sup>1</sup>, В.К. Медведєв<sup>2</sup>, В.В. Ткачов<sup>2</sup>, О.В. Якобінчук<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Національний університет оборони України, Київ

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО УПРАВЛІННЯ МАРШРУТИЗАЦІЄЮ З РОЗПОДІЛОМ МЕРЕЖНИХ РЕСУРСІВ У ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті пропонується обґрунтування підходів для рішення задач маршрутизації та розподілу мережних ресурсів у сучасній та перспективній стаціонарній інфокомунікаційній мережі спеціального призначення в конкретних умовах експлуатації. Пропонується застосування перспективних потокових моделей та методів, а в кінцевому випадку і протоколів (механізмів) розподілу мережних ресурсів для забезпечення своєчасності та достовірності передачі даних на підставі погодженого розв'язання окремих мережних задач: маршрутизації, обслуговування черг, розподілу пропускну здатності трактів передачі та ін. Також у статті пропонується гнучкий механізм управління маршрутизацією, наданий у вигляді схеми алгоритму управління маршрутизацією зі зворотнім зв'язком, який дозволяє забезпечити корегування залежно від зростання вимог та появи нових сучасних додатків.

**Ключові слова:** інфокомунікаційна мережа, маршрутизація, розподіл ресурсів, гарантована якість обслуговування, мережа зв'язку.

### Вступ

**Постановка проблеми й аналіз літератури.** Існуюча на теперішній час в Україні інфокомунікаційна мережа спеціального призначення (ІМ СП) за такими основними характеристиками, як пропускну здатність (ПЗ), надійність та швидкість передачі інформації, вже не задовольняє потребам управління Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України у повному обсязі і має ряд суттєвих вад, які стримують не тільки її подальший розвиток, а й можуть у майбутньому призвести до порушення управління. Такий стан ІМ СП вимагає вжиття певних заходів щодо її вдосконалення для подальшого забезпечення зростаючих потреб управління військами [1].

Одним з напрямків модернізації засобів інфокомунікацій є удосконалення принципів, методів та алгоритмів, які закладені в сучасні засоби маршрутизації. При цьому необхідно враховувати те, що перспективні моделі і методи повинні носити системний характер, гарантувати необхідний рівень обслуговування (Quality of Service, QoS), враховувати характеристики обслуговуваних інформаційних трафіків (ІТ), можливу зміну стану ІМ СП, а також необхідність розширення переліку структурно-функціональних параметрів і характеристик, по яких здійснюється адаптація до змін умов функціонування мережі. Як показав проведений аналіз [1 – 8], одним з досить конструктивних є підхід, заснований на забезпеченні узгодженого рішення завдань маршрутизації і розподілу мережних ресурсів (МР) у рамках потокових математичних моделей (ММ). Їх використання дозволять забезпечити цілісний математичний опис ІМ СП, як складної організаційно -

технічної системи, з реалізацією широкого переліку вимог відносно гарантованого QoS.

**Постановка задачі.** Згідно з Комплексною програмою створення Єдиної національної системи зв'язку, система зв'язку АСУ та РТЗ ПС, як складова частина системи зв'язку і автоматизації управління ЗС України, повинна інтегруватися в єдину національну систему та в разі потреби використовувати ресурси усіх мереж. У мирний час власні канали Міністерства оборони використовуються в основному в центральній зоні і в мережі зв'язку окремих частин і з'єднань ЗС України. На магістральних напрямках канали зазвичай орендуються у Державного комітету зв'язку та інформатизації України. Між мережними вузлами зв'язку ЄНСЗ та військовими вузлами будуються спеціальні лінії прив'язки, за допомогою яких орендовані канали достаються безпосередньо до споживачів. Розглядаючи цю систему, слід зазначити, що вона повинна задовольняти певним вимогам. Одними з основних вимог до передачі даних в мережах зв'язку є своєчасність та достовірність. У рамках даної статті вимоги до своєчасності та достовірності передачі даних будуть полягати в забезпеченні гарантованої QoS ІТ за часовими і швидкісними показниками QoS, а також показниками надійності зв'язку. Ця вимога обумовлена різномірністю сучасного трафіку і відповідних йому запрошуваних гарантій QoS. Тобто забезпечення показників QoS буде визначено як перша вимога.

З ростом мультисервісності зростають вимоги до перспективних засобів забезпечення QoS, ІТ тобто вони повинні здійснювати підтримку одночасно декількох служб (мова, відео, ці та ін.) з їх диференціацією у рамках єдиної транспортної технології -

ATM, IP або MPLS. Саме підтримка мультисервісності визначає другу вимогу.

Вимога 3 – забезпечення рішень завдань маршрутизації і розподілу мережних ресурсів. У сучасних транспортних технологіях рішення завдань розподілу каналних ресурсів здійснюється переважно з використанням засобів пріоритетного управління чергами, наприклад –CBQ і WFQ, механізмів превентивного обмеження черг – RED і WRED, а також сигнальних протоколів резервування ресурсів – RSVP в IP-мережах, PNNI в мережах ATM, LDP (Label Distribution Protocol) в MPLS-мережах [6, 8].

Вимога 4 – реалізація багатопляхової стратегії маршрутизації (БШМ). Важливість задоволення цієї вимоги визначається тим, що БШМ (MultiPath Routing) [6] у рамках мережних концепцій TE, QoS – Based Routing і Load Balancing Routing розглядається як ефективний засіб збалансованого завантаження ІТ СП і забезпечення необхідних показників QoS ІТ.

Як показав проведений раніше аналіз [4 – 8], для виконання кожної з перерахованих вимог у рамках існуючих технологій використовується окремий протокол або механізм, в основу якого покладена проста ММ або евристична схема. Крім того, функціонування різних засобів забезпечення QoS ІТ відбувається не узгоджено.

Саме тому, пропонується обґрунтування підходів для рішення задач маршрутизації та розподілу МР у сучасній та перспективній стаціонарній ІМ СП в конкретних умовах експлуатації.

**Метою даної роботи** є забезпечення визначених вимог без збільшення об'ємів створюваного службового трафіку, розмірності і обчислювальної складності реалізації запропонованих рішень для подальшого підвищення продуктивності роботи ІМ.

### Основна частина

Запропоновані підходи до рішення завдань маршрутизації з розподілом мережних ресурсів ґрунтуються на їх комплексному рішенні [4, 7]. У якості базової моделі для вирішення завдань маршрутизації з розподілом МР пропонується використовувати комплексну модель управління трафіком із забезпеченням гарантованого QoS [4]. У рамках цієї ММ реалізується вимога мультисервісності, мінімізується вартість використання МР і забезпечується узгоджене рішення завдань маршрутизації, розподілу ресурсів і гарантованого QoS за часовими, швидкісними показниками і показниками надійності. Для розподілу МР пропонується запровадження активних технологій (Active Network, AN) на мережних вузлах ІМ СП [9, 10]. У рамках цієї технології "інтелект" мережі рівномірно розподілено по всім мережним вузлам – активним вузлам. У свою чергу, функції транзитних вузлів значно розширюються за рахунок можливості розв'язання ними таких важли-

вих мережних задач, як адаптивна зміна пріоритетів, фрагментації (дефрагментації), стиску й маршрутизації пакетів. Визначений підхід дозволить підвищити гнучкість управління при забезпеченні заданих показників QoS – середньої затримки, джитеру, швидкості передачі, ймовірності своєчасної доставки пакетів. Це, перш за все, повинно торкнутися способів призначення та адаптивного перегляду пріоритетів пакетів від вузла до вузла, динамічного розподілу пропускної здатності трактів передачі у відповідності до зміни стану ВІМ – деградації або нарощування її структури, варіації завантаженості мережних елементів, коливання абонентського навантаження та змін вимог щодо якості обслуговування.

Основною вимогою до перспективних ММ, а в кінцевому випадку і протоколів (механізмів) розподілу МР є забезпечення заданих показників QoS на підставі погодженого розв'язання окремих мережних задач: маршрутизації, обслуговування черг, розподілу ПЗ ТП та ін. Як вже раніше було зазначено, на роль базової ММ може претендувати модель [8, 9], яка представлена наступними рівняннями та нерівностями:

$$\gamma_{ij}^{(\theta)} = r_{ij}^{(\theta)} + \sum_{s \in M_i} \gamma_{sj}^{(\theta)} \phi_{ji}^{s(\theta)},$$

$$\sum_{j \in M_i} \gamma_{ij}^{(\theta)} \phi_{js}^{i(\theta)} = \lambda_{is}^{(\theta)}, \quad \theta = \overline{1, \Theta}, \quad (1)$$

$$\phi_{js}^{i(\theta)} = \begin{cases} 0, & \text{если } i = j; \\ \geq 0, & \text{если } i \neq j \end{cases} \text{ и } \sum_{s \in M_i} \phi_{js}^{i(\theta)} = 1, \quad (2)$$

де  $\Theta$  – множина класів трафіку, які підтримує ІМ СП;  $\gamma_{ij}^{(\theta)}$  – інтенсивність потоку  $\theta$ -го класу в  $i$ -му вузлі;  $\phi_{js}^{i(\theta)}$  – маршрутна змінна, яка чисельно характеризує долю потоку  $\gamma_{ij}^{(\theta)}$ , що протікає з  $i$ -го вузла по тракту  $(i, s)$ ;  $r_{ij}^{(\theta)}$  – інтенсивність вхідного трафіку  $\theta$ -го класу, який надходить в ІМ через  $i$ -й вузол та адресований  $j$ -му вузлу;  $\lambda_{ij}^{(\theta)}$  – інтенсивність трафіку  $\theta$ -го класу в тракту  $(i, j)$ .

Виконання умови збереження потоку для трафіку  $\theta$ -го класу (1) та обмежень на маршрутні змінні (2) дає можливість виконати вимогу щодо реалізації стратегії БШМ та забезпечення збалансованого завантаження ТП ІМ СП. Описати динамічний характер маршрутизації з розподілом МР можна, доповнивши умови (1), (2) умовами відсутності перевантаження ТП:

$$0 \leq \lambda_{is}^{(\theta)} \leq \phi_{ij}^{(\theta)}, \quad (3)$$

$$\phi_{ij} \beta_{ij}^{(\theta)} = \phi_{ij}^{(\theta)} (0 \leq \beta_{ij}^{(\theta)} \leq 1), \quad (4)$$

$$\sum_{\theta=1}^{\Theta} \phi_{ij}^{(\theta)} \leq \phi_{ij} \text{ або } \sum_{\theta=1}^{\Theta} \beta_{ij}^{(\theta)} \leq 1, \quad (5)$$

де  $\phi_{ij}^{(\theta)}$ ,  $\beta_{ij}^{(\theta)}$  – загальний об'єм та доля виділеного МР для трафіка  $\theta$ -го класу в ТП  $(i, j)$ .

Базову модель варто доповнити умовами забезпечення гарантованої QoS, які складають додаткову групу обмежень, пов'язану з формулюванням достатніх умов забезпечення QoS, та в загальному випадку мають вигляд:

$$\tau_{\text{трб}}^{(\theta)} \leq \tau_{\text{трб}}^{(\theta)}; \sigma_{\text{трб}}^{(\theta)2} \leq \left[ \sigma_{\text{трб}}^{(\theta)} \right]^2; p_{\text{трб}}^{(\theta)} \leq p, \quad (6)$$

де  $\tau_{(z)\text{трб}}^{(\theta)}$ ,  $\tau_{(z)\text{трб}}^{(\theta)}$ ,  $\sigma_{(z)\text{трб}}^{(\theta)}$ ,  $p_{(z)\text{трб}}^{(\theta)}$  – необхідні значення вибраних показників QoS відповідно до швидкості передачі, середньої затримки, джиттера і вірогідність своєчасної доставки пакетів трафіків  $\theta$ -ї служби, між  $i$ -ю парою вузлів мережі.

У роботі [4] за допомогою тензорного аналізу мереж ці загальні умови (7) представлені аналітичними виразами, тобто у вигляді залежності чисельних значень того або іншого показника QoS від структурних і функціональних параметрів ІМ СП в умовах реалізації БШМ.

Для мінімізації обсягу використовуваних МР при забезпеченні QoS як критерій оптимальності одержуваних рішень доцільно використати вартісний критерій:

$$D = \min_{\lambda, \phi} \sum_{\theta=1}^{\Theta} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \alpha_{ij}^{(\theta)} \phi_{ij}^{(\theta)}, \quad (7)$$

де  $\alpha_{ij}^{(\theta)}$  – умовна вартість використання (резервування) одиниці МР для трафіку  $\theta$ -го класу в тракті  $(i, j)$ ;  $m$  – загальна чисельність мережних вузлів.

Таким чином, у рамках наведеної ММ визначення порядку розподілу МР (трафіку та пропускної здатності ТП) зводиться до розв'язання оптимізаційної задачі математичного програмування з критерієм (7) та обмеженнями (1) – (6).

При реалізації моделі (1) – (7) в АН можна виділити три основні варіанти розподілу МР: статичний, квазідинамічний і динамічний варіант.

Перший варіант допускає лише статичний розподіл МР (СРМР). Дана схема найбільше відповідає прийнятним у цей час на практиці рішенням і припускає виділення постійного за об'ємом МР  $\beta_{ij}^{(\theta)}$  відповідно до призначеного і незмінного від вузла до вузла пріоритетом трафіку того чи іншого класу. Як правило, кількість таких пріоритетів фіксована, причому їхнє призначення відбувається не адміністративно для кожного класу трафіків як, наприклад, у технологіях АТМ і ІР, а автоматично – відповідно до зміни стану ІМ СП. Виділення (розподіл) МР в цьому випадку може здійснюватися за допомогою абсолютного й ревалентного механізмів QoS. Використання першого засноване на резервуванні ресур-

сів, а використання другого – на агрегуванні інформаційних потоків із присвоєнням їм пріоритетів. Прикладом абсолютної схеми є технологія АТМ, основна ідея якої полягає в поділі всіх додатків за класами QoS з їх наступною пріоритизацією за категоріями послуг CBR, rt-VBR, nrt-VBR, UBR, ABR [6]. Абсолютна схема в рамках моделі ІР/ІntServ реалізується за допомогою протоколу RSVP, що встановлює відповідно до запиту параметри QoS у класифікаторі пакетів ("офарблення" трафіку), а також у планувальнику пакетів, що визначає порядок проходження пакетів.

Класифіковані пакети у відповідності до архітектур DiffServ та IntServ на мережних вузлах (комутаторах/маршрутизаторах) утворюють черги, які регулюються механізмами обслуговування черг (WFQ, DWFQ та ін.). Крім того, за кожною чергою статично закріплена частка ПЗ вихідного ТП. По своїй суті ця частка і є значенням  $\beta_{\omega}^{(\theta)}$ , яка розраховується на кордоні мережі і є незмінною при обробці пакету на всіх транзитних вузлах. І якщо в раніше відомих рішеннях призначення пріоритету для трафіку здійснювалося на основі емпіричних даних, то в моделі (1) – (7) значення пріоритету розраховується, виходячи із ситуації на мережі узгоджено з пошуком маршрутних змінних ( $\phi_{ij}^{(\theta)}$ ). СРМР припускає виконання наступних умов-обмежень:

$$\beta^{(\theta)} \in \{ \beta_{\omega}, \omega = \overline{1, Pr} \}; \beta_{ij}^{(\theta)} = \text{const}; Pr = \text{const}, \quad (8)$$

де  $Pr$  – загальна кількість пріоритетів.

Таким чином, реалізація схеми СРКР полягає в наступному:

1. Після надходження трафіку до мережі він агрегується відповідно схеми розподілу на класи.

2. Здійснюється призначення пріоритетів трафіками шляхом маркування пакетів відповідно до чисельних значень змінних  $\beta_{ij}^{(\theta)}$ , на підставі яких на мережних вузлах організується процес обслуговування черг.

3. Відбувається розподіл трафіку по ТП відповідно до політики обробки пакетів на вузлах і закріпленим за кожною чергою обсягом МР вихідних трактів передачі з урахуванням завантаження мережі, значень показників QoS і результатів розв'язання маршрутних задач.

Наведена схема найбільш проста й доступна для реалізації на сьогоднішній день у ІМ СП, однак використання її в рамках АН надає найменший вигреш у порівнянні з наступними варіантами розподілу мережних ресурсів.

Статичні маршрути мають перевагу при передачі даних в каналах з вузькою смугою пропускання, наприклад, в аналогових комутуваних з'єднаннях (через модем) або з'єднаннях типу "точка-точка", тому вони можуть використовуватися для створення резервного каналу у разі відмови основного. Міра

надійності маршруту визначається значенням так званої адміністративної дистанції. Для статичного маршруту воно дорівнює 1, що ставить його на друге місце по надійності після прямого з'єднання джерела і одержувача. Для того, щоб забезпечити резервний канал, необхідно змінити значення адміністративної дистанції для певного статичного маршруту.

Достоїнства SRMP проявляються повною мірою в малих мережах. Вона дозволяє оперативного розгорнути локальну мережу без витрати додаткового часу на конфігурацію протоколів маршрутизації, а також понизити навантаження на маршрутизатор за рахунок використання цих таблиць маршрутизації. Проте при масштабуванні або зміні топології такої мережі можуть виникнути проблеми з її адмініструванням, оскільки статичні маршрутизатори не обмінюються інформацією один з одним і з динамічними маршрутизаторами і не повідомляють про наявність збою в якому-небудь з маршрутизаторів або в каналі зв'язку. Внесення змін до конфігурації таблиць займатиме більше часу, що в разі знижує ефективність мережі із статичною маршрутизацією. Проте, в середніх і великих мережах грамотне використання переваг статичної маршрутизації у поєднанні з динамічною як основний спосіб розподілу трафіку дозволяє забезпечити досить ефективну передачу даних.

Другий варіант припускає реалізацію квазідинамічного розподілу МР (КРМР). У ньому, на відміну від першого варіанта, закладена можливість зміни пріоритету пакетів від вузла до вузла. У схемі КРМР змінні управління МР  $\beta_{ij}^{(0)}$  також спочатку визначаються на границі мережі індивідуально для кожного вузла. Аналітично представити КРКР можна в наступному вигляді:

$$\beta^{(0)} = \{\beta_{\omega}, \omega = \overline{1, Pr}\}; \beta_{ij}^{(0)} = \text{Var}; Pr = \text{const}. \quad (9)$$

Реалізація даної схеми з використанням можливостей активних технологій може бути реалізована за рахунок відповідної модифікації змісту пакета даних, у заголовку якого в тім або іншому виді може міститися інформація про пріоритет обслуговування на заданому вузлі активної мережі, що включає ідентифікатор функції й дескриптор. Ідентифікатор визначає викликану функцію обробки, а дескриптор указує на параметри стану активного вузла, які повинні використовуватися в процесі обробки. У схемі КРМР змінна  $\beta_{ij}^{(0)}$ , яка міститься в пакеті-капсулі, спочатку визначається на границі індивідуально для кожного вузла. На підставі цієї ж інформації на кожному вузлі працює своя схема розподілу МР.

Даний механізм є поширеним в багатьох протоколах, і вже реалізованим у спеціальних мережах. Саме тому на сьогоднішній час його використання з наведеною ММ найбільш можливе. У цьому випадку під пріоритет виділяється стандартна позиція

настільки високо в ієрархії протоколів, щоб її наявність несуттєво впливала на розміри заголовків, і в той же час досить низько, щоб доступ до неї могли дістати засоби комутації. Так, у мережах АТМ спеціальні поля з пріоритетом можна розташувати безпосередньо над заголовками адаптаційного рівня (AAL). Таке рішення гарантує співіснування активних і неактивних вузлів у єдиній мережній інфраструктурі. Пакети, що не містять керуючої інформації, обробляються активними вузлами відповідно до стандартних процедур маршрутизації. І навпаки, додатковий уміст заголовків не розпізнається звичайними вузлами, так що вони можуть комутуватися звичайним чином. Програмна реалізація схеми КРКР полягає в наступному: так само, як і в схемі SRMP, після надходження трафіку в мережу він маркірується, інформація про клас і пріоритет записується в пакет-капсулу (інкапсулюється). Після маркірування інформація про капсулу (мітка) записується в заголовок пакета в спеціальне поле, а на підставі цієї інформації вже на кожному вузлі працює активізована кодом схема перерозподілу МР.

І перспективний третій варіант, який припускає динамічний розподіл мережних ресурсів (ДРМР). Дана схема є найбільш гнучкою, тому що в ній на відміну від першого й другого варіантів кількість пріоритетів і їхніх значень чітко не задаються й можуть змінюватися від вузла до вузла залежно від поточного стану мережі. Відповідно кількість МР, які виділяються для кожного ІТ, може також адаптивно змінюватися [6].

Таким чином, у випадку ДРМР значення змінної  $\beta_{ij}^{(0)}$  може варіюватися й обиратися не з раніше встановленої множини значень (варіант 2), а відповідно до зміни стану ІМ СП. Значення змінних управління МР  $\beta_{ij}^{(0)}$  ( $i, j = \overline{1, m}, i \neq j$ ) можуть перераховуватися й обновлятися разом з маршрутними таблицями. Схему ДРМР можна записати у вигляді:

$$\beta_{\omega}^{(0)} = \text{var}, Pr = \text{Var}. \quad (10)$$

Реалізація на практиці схеми ДРМР полягає в можливості забезпечення завантаження в мережні вузли АН спеціального програмного забезпечення з можливістю його оперативної модифікації або перенастроювання.

У перспективних технологіях дані про управління МР повинні зберігатися в комплексних таблицях, що включають у себе набори маршрутних змінних  $\phi_{ij}^{(0)}$  (маршрутні таблиці) та змінних управління МР  $\beta_{ij}^{(0)}$  (таблиці розподілу МР).

Таким чином, враховуючі запропоновані рішення задач маршрутизації з управлінням МР цей процес можливо відобразити як структурну схему, яка представлена на рис 1.

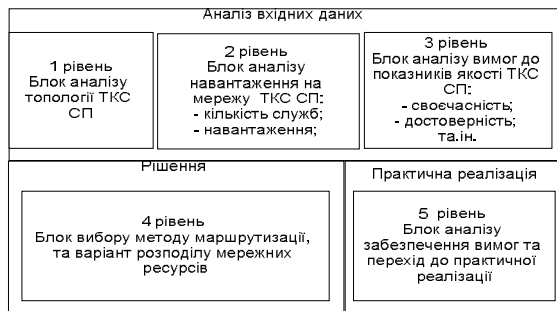


Рис. 1. Структурна схема процесу маршрутизації з управління мережними ресурсами в ІМ СП

На основі результатів аналізу існуючих та перспективних рішень, а також цієї схеми маршрутизації було створено алгоритм управління маршрутизацією та розподілом МР в стаціонарній ІМ СП в

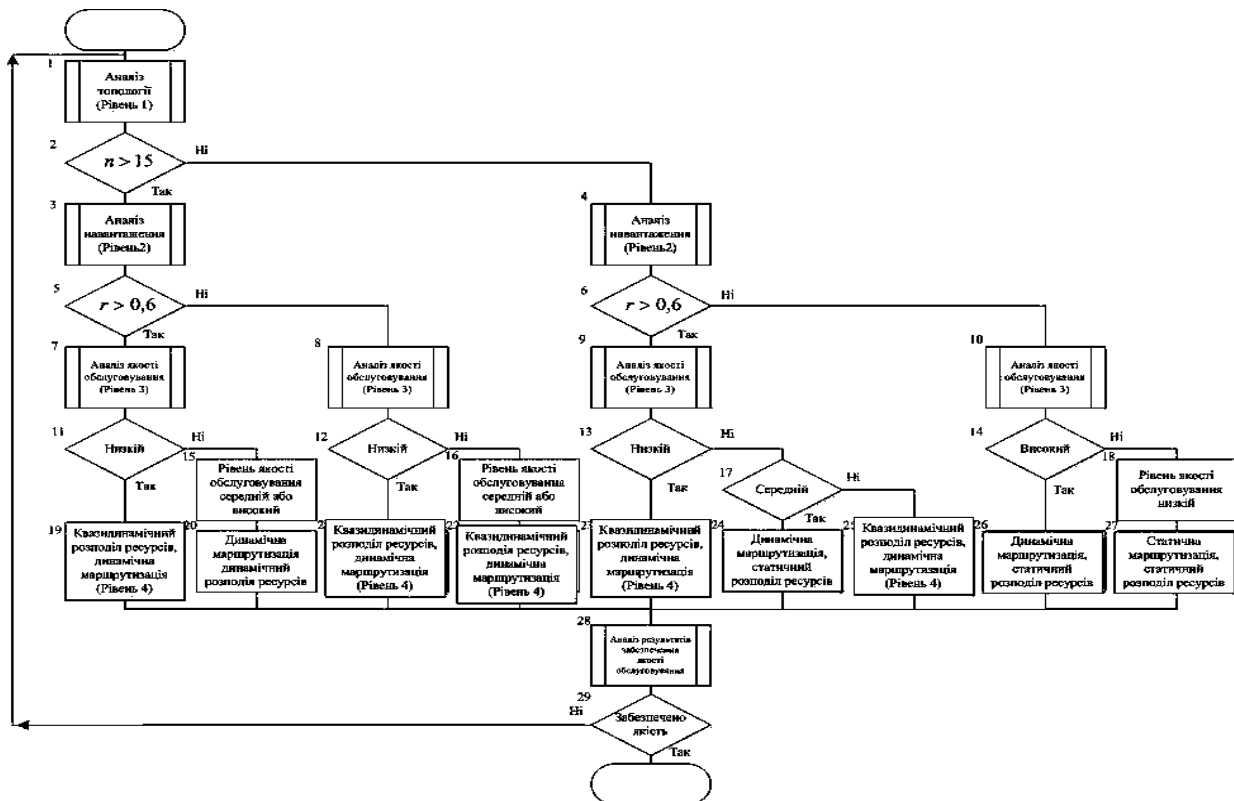


Рис. 2. Схема алгоритму управління маршрутизацією з розподілом мережних ресурсів

На першому рівні алгоритму, згідно схеми (рис. 1) здійснюється аналіз топології ІМ СП. Особливістю цього рівня є обмеження на кількість вузлів в мережі, що обумовлює неможливість деяких протоколів вирішувати завдання маршрутизації (при кількості вузлів більше 15). Прикладом такого протоколу є число переприймань (hop), що дорівнює 15.

На другому рівні цього алгоритму здійснюється аналіз вхідного навантаження. Коли число переприймань менше 15, але високе абонентське навантаження, то доцільно використовувати методи маршрутизації з балансуванням навантаження (наприклад IGPR, IS - IS).

У інших випадках вибір того або іншого методу обумовлений вимогою QoS до тієї або іншої

конкретних умовах експлуатації сучасних і перспективних ІМ СП, який наведено на рис. 2.

Пошук методів маршрутизації та розподілу МР, які будуть задовольняти визначеним вимогам в конкретних умовах експлуатації сучасних і перспективних ІМ, є гнучким механізмом, який потребує корегування залежно від зростання вимог та появи нових сучасних додатків. Саме тому цей алгоритм можна подати як систему зі зворотнім зв'язком.

Особливістю цього алгоритму є те, що невірний вибір варіанту реалізації у бік його ускладнення призводить до додаткового зростання обчислювальної складності і вартості роботи мережі в цілому. У зв'язку з цим в роботі запропонованого алгоритму необхідно відстежувати відсутність надмірності вимог, які висувуються, до показників QoS.

служби. Таким чином, враховуючі всі ці фактори, можливі наступні підходи щодо використання моделі маршрутизації з можливістю управління МР.

Перший підхід ґрунтується на використанні статичного розподілу ресурсів та статичної маршрутизації. Даний підхід раціонально використовувати у таких випадках:

- а) структура мережі не перевищує 15 вузлів;
- б) абонентське навантаження не перевищує 0,6;
- в) вимоги до показників QoS не вище середніх;
- г) з'єднання "точка"- "точка", і є резервування.

Реалізація цього підходу найбільш доцільна при передаванні формалізованої інформації між об'єктами, з'єднання яких іншим чином не можливо. Прикладом такої інформації може бути спеціа-

льна інформація управління, службова інформація, команди оповіщення та інша подібна інформація.

Підхід, в основу якого покладено статичний розподіл ресурсів та динамічна маршрутизація, можливий в декількох варіантах:

1 варіант:

- структура мережі не перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження не перевищує 0,6;
- вимоги до показників якості обслуговування високі.

2 варіант:

- структура мережі не перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження високе, перевищує 0,6;
- вимоги до показників якості обслуговування не вище середніх.

3 варіант:

- структура мережі перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження не перевищує 0,6;
- вимоги до показників QoS низькі.

Використовуючи цей підхід, стає можливим передача не тільки формалізованих повідомлень, а і передачу графічної неформалізованої інформації, а також мультимедійних повідомлень невеликого обсягу. Підхід, в основу якого покладено квазідинамічний розподіл МР та динамічна маршрутизація, має теж декілька варіантів реалізації:

1 варіант:

- структура мережі не перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження перевищує 0,6;
- вимоги до показників QoS високі;

2 варіант:

- структура мережі перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження не перевищує 0,6;
- вимоги до показників QoS середні або високі.

3 варіант:

- структура мережі перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження перевищує 0,6;
- вимоги до показників QoS низькі.

Такий підхід надає можливість проведення відеоконференцв'язку на досить високому рівні, обслуговування одночасно декількох різнорідних служб з відмінними вимогами до показників QoS.

Найбільш перспективним є підхід, у якому закладено динамічний розподіл МР та динамічна маршрутизація. Його доцільно використовувати коли:

- структура мережі перевищує 15 вузлів;
- абонентське навантаження перевищує 0,6 і близьке до критичного навантаження;
- високі вимоги до показників QoS.

Використання такого підходу дозволить забезпечити виконання всіх вище зазначених вимог, що в подальшому у перспективних протоколах є актуальним.

Важливим моментом при аналізі запропонованих в роботі підходів до управління маршрутизацією та МР є оцінка часової і обчислювальної складності реалізації його можливих варіантів (рис. 3).

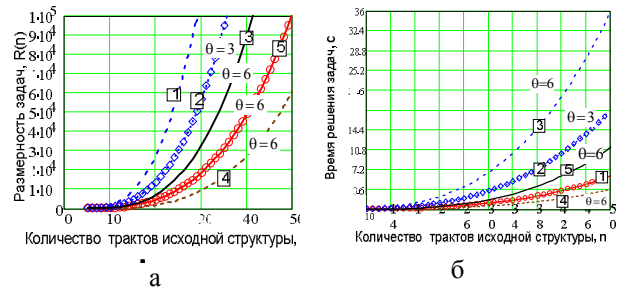


Рис. 3. Результати аналізу обчислювальної (а) і часової (б) складності запропонованих підходів до управління маршрутизацією та МР

Складність реалізації того або іншого алгоритму або методу залежить від розмірності вирішуваної задачі. В даному випадку розмірність завдань, рішення яких закладене в запропоновані в роботі моделі і методи, повністю визначається кількістю управляючих змінних і залежить від числа вузлів, чисельності трактів передачі і підтримуваних мережею служб. Результати порівняння розмірності визначених підходів у рамках того або іншого варіанту реалізації представлені на рис. 3.

На рис. 3 наведені залежності відповідно до варіантів реалізації запропонованих підходів і пронумеровані таким чином:

- 1 – статичний розподіл МР і БШМ; число служб дорівнює одиниці;
- 2 – квазідинамічний розподіл ресурсів і БШМ; число служб дорівнює трьом;
- 3 – квазідинамічний розподіл ресурсів і БШМ; число служб дорівнює шести;
- 4 – динамічний розподіл МР і динамічна БШМ, топологія мережі проста відсутні шляхи, що перетинаються; число служб дорівнює шести;
- 5 – динамічний розподіл МР і динамічна БШМ, складна топологія мережі, число служб 6.

## Висновок

З аналізу отриманих результатів можливо зробити висновок, що використання наведеної моделі маршрутизації з можливістю управління МР в мережах, де кількість вузлів до 15 не суттєво відрізняється від простих ММ, але її використання в мережах з кількістю вузлів більш 15 вигідно визначає її, вона працює в умовах з великою кількістю вузлів і трактів. Розмірність вирішуваних завдань у рамках того або іншого варіанту наведених підходів (рис. 3, б) безпосередньо впливає на час рішення задачі, який в цілому визначає період перерахунку, наприклад, маршрутних таблиць і інших дій, що управляють. Як показали результати моделювання (рис. 3, б), загальний час рішення задачі маршрутизації з забезпечення гарантованого QoS з можливістю управління МР у рамках практично усіх варіантів реалізації наведених підходів не перевищував 30 – 35 с. Це цілком відповідає значенням таймерів (від

30 до 90 с) використовуваних на практиці управлінських протоколів.

Таким чином, у статті обґрунтовані основні підходи щодо використання потокової моделі маршрутизації з можливістю управління мережними ресурсами для різних умов. Виконання запропонованих рекомендацій має на увазі проведення комплексу організаційно-технічних заходів, які спрямовані на забезпечення ефективного функціонування ІМ СП і зачіпають принципи структурно-топологічної, технологічної і алгоритмічно-програмної реалізації.

Рекомендації структурно-топологічного характеру спрямовані на використання сильнозв'язаної структури ІМ СП, що дозволить підвищити надійність і стійкість військової системи, а також істотно вплинути на її ефективність з точки зору збільшення продуктивності. Зростання продуктивності ІМ СП в даному випадку обумовлене реалізацією БШМ, що забезпечує збалансоване завантаження каналних і буферних ресурсів, а з іншою, веде до підвищеної оперативності доставки пакетів одного трафіку одночасно по безлічі альтернативних маршрутів.

### Список літератури

1. Мішин М. Війська зв'язу: «Цифра» як еволюція розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://mil.in.ua/statii>.
2. Малярчук М.В. Сучасні проблеми інформаційного забезпечення автоматизованих систем управління тактичної ланки Збройних Сил України / М.В. Малярчук, С.П. Колачов, Ю.П. Недайбіда, А.В. Драглюк // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2009. – №3. – С. 40-45.
3. Закарян С. Оружие России. Системы радиосвязи шестого поколения для армии [Електронний ресурс]. – Режим доступу до сайту: <http://www.arms-expo.ru>.

4. Дробот О.А. Комплексная модель обеспечения гарантированного качества обслуживания с реализацией динамических стратегий распределения сетевых ресурсов / О.А. Дробот // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2007. – № 148. – С. 43-54.

5. Поповский В.В. Обзор и сравнительный анализ основных моделей и алгоритмов многопутевой маршрутизации в мультисервисных телекоммуникационных сетях / В.В. Поповский, А.В. Лемешко, Л.И. Мельникова, Д.В. Андрушко // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Том.4, вып. № 4. – С. 372-382.

6. Лемешко А.В. Повышение масштабируемости управления трафиком и обеспечения качества обслуживания с использованием оверлейных сетей / А.В. Лемешко, О.А. Дробот, Ю.Н. Добрышкин // Проблемы телекоммуникаций. – 2011. – № 1 (3). – С. 11-27. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журн.: <http://pt.journal.kh>.

7. Vutukury S. MPATH: a loop-free multipath routing algorithm / S. Vutukury, J.J. Garcia-Luna-Aceves // Elsevier Journal of Microprocessors and Microsystems. – 2001. – № 24(6). – P. 319-327.

8. Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных систем / В.М. Вишневский. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.

9. Tennenhouse D.L. A Survey of Active Network Research / D.L. Tennenhouse, J.M. Smith, W.D. Sincoskie, D.J. Wetherall, G.J. Minden // IEEE Communications Magazine, 1997. – Vol. 35, №1. – P. 80-86.

10. Psounis K. Active networks: applications, security, safety and architectures / K. Psounis // Proc. IEEE Communications Surveys. – 1999. – Vol.1. – P. 2-16.

Надійшла до редколегії 27.05.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ОБОСНОВАНИЕ ПОДХОДОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ МАРШРУТИЗАЦИЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ В ИНФОКОМУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

О.А. Дробот, В.К. Медведев, В.В. Ткачов, А.В. Якобинчук

В статье предлагается обоснование подходов для решения задач маршрутизации и распределения сетевых ресурсов в современной и перспективной стационарной инфокоммуникационной сети специального назначения в конкретных условиях эксплуатации. Предлагается применение перспективных моделей и методов, и в конечном случае и протоколов распределения сетевых ресурсов для обеспечения своевременности и достоверности передачи данных на основании согласованного решения отдельных сетевых задач: маршрутизации, обслуживания очередей, распределения пропускной способности трактов передачи и др. Также в статье предлагается гибкий механизм управления маршрутизацией, представленный в виде схемы алгоритма управления маршрутизацией из обратной связью, которая позволяет обеспечить корректировку в зависимости от роста требований и появления новых современных дополнений.

**Ключевые слова:** инфокоммуникационная сеть, маршрутизация, распределение ресурсов, гарантированное качество обслуживания, сеть связи.

### JUSTIFICATION OF APPROACHES ON MANAGEMENT OF ROUTING WITH DISTRIBUTION OF NETWORK RESOURCES IN INFORMATION COMMUNICATION NETWORKS OF THE SPECIAL PURPOSE

O.A. Drobot, V.K. Medvedev, V.V. Tkachov, A.V. Yakobenchuk

In article justification approaches for the solution problems routing and distribution network resources at a modern and perspective stationary infocommunication network a special purpose in specific conditions operation is offered. Application perspective models and methods, and in a final case and protocols distribution network resources for ensuring timeliness and reliability data transmission on the basis the coordinated solution separate network tasks of routings, service of turns, distribution of capacity of paths of transfer is offered etc. Also in article the flexible mechanism management by the routing, presented in the form the scheme of algorithm management routing from feedback which allows to provide correcting depending on growth requirements and emergence new modern additions is offered.

**Keywords:** information communication network, routing, distribution of the resources, the guaranteed quality of service, communication network.