

*Єфанова Катерина Олександрівна  
Бригадир Сергій Петрович  
Сальник Сергій Васильович (кандидат технічних наук)*

*Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ, Україна*

## МЕТОД ГІБРИДНОЇ ПОБУДОВИ МАРШРУТІВ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*В статті розроблено метод побудови маршрутів передачі даних шляхом вибору метрик параметрів даних з урахуванням характеристичних особливостей застосування мереж спеціального призначення. Новизна методу полягає у введенні ієрархії процесу прийняття рішення з побудови маршруту передачі даних з метою забезпечення заданої якості обслуговування певних типів трафіка при різних умовах функціонування телекомунікаційних мереж з використанням гібридної структури побудови методу. Метод дозволяє побудувати маршрути заданої якості, скоротити об'єми службового трафіка, збільшити пропускну спроможність інформаційного напрямку при зменшенні складності побудови методу.*

*Метою даної статті є аналіз використання методу гібридної побудови маршрутів в телекомунікаційних мережах. Автори розглядають підхід щодо використання методу в телекомунікаційних мережах спеціального призначення, що дозволить підвищити показники ефективності побудови маршрутів передачі даних вузлової системи управління в телекомунікаційних мережах військового призначення.*

*У ході подальших досліджень буде розроблено метод взаємодії та зв'язності елементів підсистеми передачі потоків даних в телекомунікаційних мережах спеціального призначення.*

***Ключові слова:** військове призначення, телекомунікаційні мережі, управління потоками даних, маршрути передачі даних, гібридна структура.*

### Вступ

На сьогодні у телекомунікаційній сфері багато уваги приділяється розвитку мобільних радіомереж (MR), які відносяться до класу MANET (*Mobile Ad-Hoc Networks*), які завдяки своїм особливостям, знаходять широке застосування при побудові безпроводових мереж зв'язку військового призначення (за умов де побудова мережевої інфраструктури є ускладненою, в ході проведення динамічних, високманеврених бойових дій або військових операцій, тощо). Мережі даного класу являють собою сукупність автономних мобільних радіовузлів з динамічною топологією, об'єднаних між собою через радіоканали без будь-якої попередньо розгорнутої мережевої інфраструктури [1-3].

**Постановка проблеми.** Основними особливостями побудови та застосування MR є: мобільність вузлів; динамічна топологія; децентралізоване управління MR; спільний доступ вузлів до середовища передачі даних; масштабованість; збір значної кількості інформації про стан мережі на різних рівнях моделі OSI. Основною відмінністю MR від класичних радіомереж є відсутність фіксованої мережевої інфраструктури і, як наслідок, фіксованих маршрутів передачі інформації, що потребує використання нових підходів до управління MR та системами, які забезпечують її функціонування [1-3].

В порівнянні з проводовими мережами зв'язку, MR характеризуються частими і непередбачуваними змінами топології

радіомережі, відсутністю постійних маршрутів передачі даних, а також окремих мережевих пристроїв (маршрутизаторів), які б виконували цю функцію, так як кожен вузол MR виконує роль кінцевого пристрою і маршрутизатора одночасно. Разом з тим, у порівнянні зі стільниковими мережами зв'язку, де доступ до мережі здійснюється через базову станцію, в MR використовується багатострибковий (multihop) підхід до передачі даних у радіомережі. Зазначені особливості MR призводять до того, що маршрутизація потоків даних стає першочерговим завданням, яке необхідно вирішити при проектуванні MR як цивільного, так і військового призначення [4].

Аналіз сучасних методів побудови маршрутів передачі даних вказує на те що, вони здебільшого пристосовані для стаціонарних або комп'ютерних мереж передачі даних. Дані методи призначені для рішення завдань виходячи із мети для якої вони були створені. Ці методи відрізняються один від одного цільовими функціями, множиною параметрів даних, характеристичними особливостями середовища застосування, характеристиками та інше. В наслідок чого дані методи не задовольняють умовам та вимогам застосування в MR військового призначення, а саме: врахування характеристичних особливостей функціонування MR; інтелектуалізація процесу управління; робота в режимі реального часу; невисока обчислювальна складність; можливість боротьби з перевантаженнями; відсутність

зацикленних маршрутів; самонавчання; збільшення швидкості навчання; прогнозування подій; тощо. Враховуючи зазначене, **наукове завдання**, пов'язане з розробкою метода побудови маршрутів передачі даних в телекомунікаційних мережах військового призначення для підвищення функціонування як вузлової системи управління (СУ) так і МР зокрема, є актуальним сьогодні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З розвитком телекомунікаційних систем з'являється велика кількість літератури та матеріалів, що описують роботу та принципи маршрутизації потоків даних.

Так, вагомий внесок у розвиток маршрутизації внесли роботи [5,6,8]. В них описується основні принципи управління трафіком і якість обслуговування в мережі Інтернет.

У роботі [1,2] автор описує проблеми що стосуються роботи протоколів маршрутизації в мобільних радіомережах.

Роботи [10,13,14] присвячені ефективності управлінню ресурсами інформаційно-телекомунікаційною мережею на основі програмного конфігурування мереж.

**Метою статті** є підвищення показників ефективності побудови маршрутів передачі даних вузлової системи управління в телекомунікаційних мережах військового призначення.

### Виклад основного матеріалу

До основних факторів які впливають на якість функціонування телекомунікаційних мережах та характеристики якості обслуговування цих мереж, відноситься: поява черг мережевого трафіка; поява затримок передачі пакетів мережею; пульсація вхідного трафіку; втрата пакетів; переповнення буфера комутатора або маршрутизатора; тощо. Черги створюються на тих проміжках, на яких інтенсивність надходження пакетів перевершує інтенсивність обслуговування. Перевантаження ресурсів може призвести до зменшення пропускнуєї спроможності мережі, у разі коли, мережею передаються пакети повідомлень, а корисна швидкість передачі даних виявляється рівною нулю. Це відбувається в тому випадку, коли затримка доставки пакетів перевищує встановлений поріг, і пакети по тайм-ауту відкидаються вузлом призначення, як застарілі. У разі, якщо протоколи, які працюють у мережі, використовують надійні процедури передачі даних на основі квітування та повторної передачі втрачених пакетів, то процес перевантаження мережі буде наростати ще більше [4-6].

На відміну від стаціонарних мереж зв'язку, де мережева топологія залишається незмінною протягом тривалого проміжку часу, вузли МР не мають жодної інформації про топологію радіомережі, тому повинні самі виявити її і побудувати маршрути в разі необхідності передачі даних. В МР, як і в стаціонарних мережах зв'язку, процес маршрутизації реалізується з допомогою методів, які являють собою сукупність семантичних і синтаксичних правил, що визначають процес побудови та підтримання маршрутів передачі між відправником та адресатом в МР і забезпечують ефективне використання мережевих ресурсів при заданій якості обслуговування користувачів [4,7].

*З метою вибору архітектури побудови методу маршрутів передачі даних, проведемо короткий*

*аналіз сучасних методів управління потоками даних:*

1. AODV (*Ad hoc On-Demand Distance Vector*) – протокол динамічної маршрутизації для мобільних ad-hoc мереж (MANET) та інших бездротових мереж. AODV придатний для маршрутизації як unicast, так і multicast пакетів. AODV є реактивним протоколом маршрутизації, тобто встановлює маршрут до адресата за вимогою. На відміну від класичних протоколів маршрутизації інтернету є превентивними, тобто знаходить шляхи маршрутизації незалежно від використання маршрутів. Як впливає з назви, для обчислення маршрутів використовується дистанційно-векторний алгоритм маршрутизації. У AODV за допомогою застосування порядкових номерів при оновленнях маршруту виключена можливість виникнення проблеми «рахунку до нескінченності», притаманної іншим протоколам, які використовують цей алгоритм маршрутизації.

2. DSR (*Dynamic Source Routing*) – протокол динамічної маршрутизації для мереж MANET з топологією mesh. Також формує маршрут на-вимогу, за допомогою передачі broadcast-запиту. Однак, він використовує явну маршрутизацію, не покладаючись на таблиці маршрутизації на кожному проміжному пристрої. Крім того, в DSR було внесено послідовні конкретизації, включаючи DSR-Flow (гібрид явною маршрутизацією і маршрутизацією за таблицями). В даному протоколі маршрут встановлюється тільки, коли він потрібен і отже потреба в пошуку шляхів до всіх інших вузлів в мережі як робиться в підходах з формуванням маршрутів за допомогою таблиць відсутня. Недолік протоколу полягає в тому, що механізм обслуговування маршруту в місцевому масштабі не відновлює розірвані з'єднання. Застаріла інформація з кеша маршруту може також привести до невзгодженості під час фази реконструкції маршруту. Продуктивність DSR погіршується зі зростаючою рухливістю. Крім того, значні витрати маршрутизації з'являються через маршрутизації від джерела, що використовується в DSR. Ці витрати прямо пропорційні довжині шляху.

3. GOR (*Global On-Demand Routing protocol*) – гібридний метод, який передбачає наявність ідентифікаційного номера кожного вузла та координат його розташування в мережі, а також фіксованого радіусу передачі для кожного вузла. Для пошуку оптимальних маршрутів використовується алгоритм Дійкстри. Використовуючи координати місця розташування кожного вузла, визначається центральний вузол мережі, який розпочинає зондування з метою створення таблиці локації для кожного вузла. На основі цієї таблиці кожен вузол зможе знайти маршрути передачі до будь-якого адресата. GOR не передбачає негайного оновлення маршрутних таблиць у результаті будь-якої зміни вузлами їх статусу. Натомість, протоколом приймаються до уваги тільки ті зміни, які призводять до суттєвої зміни топології мережі, або якщо відстань між вузлами стає більшою, ніж радіус передачі. Недоліком GOR є: наявність модуля GPS у складі мобільного вузла, якій ускладнює його структуру [4].

4. OLSR – це IP адреса протоколу маршрутизації, оптимізоване для мобільних

однорангових мереж, які також можуть бути використані на інших бездротових систем, що самоорганізуються. OLSR-це протокол, який використовує топології контролю повідомлення а потім поширює відомості про стан зв'язку на всій мобільного тимчасової мережі. Окремі вузли використовують ці відомості про топологію для обчислення призначень наступного переходу для всіх вузлів мережі з використанням найкоротших шляхів пересилання переходу. Так як маршрутизація стану зв'язку вимагає, щоб база даних топології була синхронізована по мережі, то це вимагає ресурсної завантаженості для реалізації надійного алгоритму. Такий алгоритм дуже важко спроектувати для спеціальних бездротових мереж, тому OLSR не обтяжує себе надійністю; він просто заповнює дані топології досить часто, щоб переконатися, що база даних не залишається несинхронізованою протягом тривалих періодів часу.

5. OON (*OrderOne MANET*) – являє собою алгоритм для комп'ютерів, спілкуючись з цифровим радіо в мережі. OON здатен обслуговувати обробляти тисячі вузлів, де більшість інших протоколів обробляють менше ста. OON використовує ієрархічні алгоритми, щоб мінімізувати загальну кількість передач, необхідних для маршрутизації. Основна ідея полягає в тому, що мережа організовується в дерево. Вузли зустрічаються в корені дерева, щоб встановити початковий маршрут. Всі вузли висувають маршрут до себе до кореня дерева. Тому вузол, якому потрібно з'єднання, може відправити запит до кореня дерева і завжди знаходити маршрут. Протокол використовує алгоритм Дейкстри для постійної оптимізації та збереження маршруту. У міру того, як мережа рухається і змінюється, шлях постійно налаштовується. Система може використовувати вузли з невеликим об'ємом пам'яті. Недоліками OON є: наявність ключових вузлів, що робить мережу в певній мірі централізованою, а вихід їх з ладу призводить до необхідності реконфігурування всієї мережі; неможливість забезпечення аутентифікації користувачів та безпеки передачі даних [8-10].

6. ZRP (*Zone Routing Protocol*) – протокол ZRP є протоколом зональної маршрутизації, який складається з проактивного (за допомогою постійної підтримки таблиць маршрутизації) і реактивного (відкриття маршруту відбувається тільки за запитами) підходів до маршрутизації. Знання локальної топології передбачає використання всередині зони проактивного підходу до маршрутизації. Розбиття на зони відбувається у результаті об'єднання вузлів за кількістю переходів (хопов) з іншими сусідніми вузлами. При зональному розбитті немає чітких меж, вузли не мають чіткої належності до зони, вони практично одночасно знаходяться в декількох зонах. Можна зробити висновок, що зони можуть легко перекривати одна іншу. ZRP передбачає використання реактивного походу для міжзональної маршрутизації модуль IARP - протокол маршрутизації між зонами. Він включає в себе проактивну частину для проходження маршруту всередині зони. Кожен вузол всередині зони збирає інформацію про найкоротший маршрут до своїх сусідів. Цей мінімальний маршрут повинен

бути менше ніж радіус зони для запобігання петлі. Недоліками ZRP є: неможливість локального відновлення маршруту в разі його втрати [8,11].

7. OpenFlow – протокол управління процесом обробки даних, які передаються по мережі маршрутизаторами і комутаторами. Використовується для управління мережевими комутаторами і маршрутизаторами з центрального пристрою - контролера мережі (наприклад, з сервера або навіть персонального комп'ютера). Це управління заміною або доповнює працюючу на комутаторі (маршрутизаторі) вбудовану програму, яка здійснює побудову маршруту, створення карти комутації і т. д. Контролер використовується для управління таблицями потоків комутаторів, на підставі яких приймається рішення про передачу прийнятого пакета на конкретний порт комутатора. Комутатор встановлює захищений канал із контролером, за допомогою якого контролер реалізує свої керівні функції. Таким чином в мережі формуються прямі мережеві з'єднання з мінімальними затримками передачі даних і необхідними параметрами. Взаємодія між комутаторами та контролером забезпечується за допомогою повідомлень протоколу OpenFlow. Контролер отримує інформацію про зміну станів елементів у мережі, на основі якої він конфігурує мережне обладнання, керує мережною інфраструктурою та потоками даних у мережі.

В основу існуючих на сьогодні методів в телекомунікаційних мережах покладені принципи функціонування аналогічних методів розроблених для комп'ютерних та прововодних мереж зв'язку з метою підтримки якості обслуговування мереж в яких вони застосовуються. Вибір архітектури побудови кожного окремого методу буде залежати від умов функціонування мережі та вимог до передачі того чи іншого типу трафіка. Так, при низькій динаміці зміни мережевої топології більш ефективними є таблично-орієнтовані методи, а з ростом динаміки топології мережі перевагу отримують зондові методи. Зазначену невідповідність намагаються вирішувати гібридні методи, які об'єднали в собі переваги таблично-орієнтованих та зондових. Крім того, на вибір конкретного методу будуть впливати вимоги, які накладаються з боку мережі чи необхідність ефективного використання вузлових та мережних ресурсів [12,13].

В цілому, сучасні вузлові системи управління (СУ) здебільшого використовують методи побудови маршрутів передачі даних, які не враховують особливостей функціонування телекомунікаційної мережі військового призначення. Тому доцільно висунути до методів які розробляються множини **вимог**:

- наявність технології прийняття рішень, самонавчання, інтелектуалізації тощо;
- врахування особливостей функціонування мереж;
- можливість проведення аналізу трафіка та характеристик передаваної мережі;
- бути оптимальними при визначенні критеріїв оцінки (наприклад: кількість ретрансляцій для МР, час доставки пакетів, мінімальна відстань, швидкість передачі даних);
- врахування обмежень (наприклад обмеженість: енергоресурсу, потужності вузлів, тощо);

- застосування при непередбачуваній, нечіткій мережевій активності;
- можливість як автономного так і кооперованого функціонування;
- забезпечувати необхідну якість обслуговування (QoS) різних типів трафіка.

Очевидно, що сучасні методи побудови маршрутів передачі даних при використанні зазначених алгоритмів збільшують математичну складність та ускладнюють мережеві пристрої. Тому виходячи із мети розробки методу та з урахуванням зазначених вимог буде запропонована гібридна структури методу побудови маршрутів передачі даних.

**Метод гібридної побудови маршрутів передачі даних в мережах військового призначення.**

**Позначення вихідних параметрів даних:**  $x_1$  – тип трафіка,  $x_2$  – об'єм інформації,  $x_3$  – розмір черг на вході вузла-адресата,  $x_4$  – швидкість зміни розміру черги вузла-адресата,  $x_5$  – кількість адресатів,  $x_6$  – залишкова ємність батарей,  $x_6$  – забезпечення безпеки інформації,  $x_7$  – якість маршрутів між вузлами,  $x_8$  – швидкість передачі,  $x_9$  – довжина пакету даних,  $x_{10}$  – множина маршрутів між  $i$ -м та  $j$ -м абонентами мережі,  $x_{11}$  – мінімально допустиме значення пропускної здатності з'єднання,  $x_{12}$  – максимально допустиме значення затримки передачі в з'єднанні,  $x_{13}$  – середня швидкість передачі,  $x_{14}$  – середня затримка передачі,  $x_{15}$  – множина допустимих шляхів,  $x_{16}$  – інтенсивність відправки пакетів.

**Необхідно:** розробити метод побудови маршрутів передачі даних шляхом вибору метрик параметрів даних з урахуванням характеристичних особливостей застосування телекомунікаційних мереж військового призначення при задоволенні користувальницької оптимізації, вимог до якості обслуговування типу трафіка.

**Суть методу** полягає у введенні ієрархії процесу прийняття рішення з побудови маршруту передачі даних з метою забезпечення заданої якості обслуговування певних типів трафіка при різних умовах функціонування телекомунікаційних мереж з використанням гібридної структури побудови методу.

**Етапи реалізації методу:**

1. Вибір: цільової функції управління маршрутами; вимог до передачі трафіка, якості обслуговування та безпеки, в залежності від стану інформаційного напрямку.

2. Збір вузлами інформації про час існування діючого маршруту на напрямку  $a - b$ ;

$$T_m(t) = \min(T_1(t), T_2(t), \dots, T_i(t)), i = 1, k, (1)$$

3. Квітування. Аналіз отриманих квитанцій, підрахунок часу очікування квитанцій, оновлення матриці станів маршрутів, тощо.

4. Обрахування потоків даних. Визначення потоків, що втрачені в процесі їх передавання. Ймовірність своєчасного передавання пакетів  $p$  пріоритету через канал зв'язку визначається за схемою Бернуллі:

$$P_p = \sum_{u=1}^b \left[ P_{pu} \sum_{k=0}^{c_k^p} \prod_{i \in k} P_{pi} \prod_{j \in (b-k)} (1 - P_{pj}) \right], (2)$$

Ймовірність доведення пакетів за шляхом визначається:

$$P_{pp} = \prod_{\beta=1}^w P_{\beta p}, (3)$$

Визначення частки потоків, які можуть бути прийняті на обслуговування мережею та розподіл їх за шляхами доставки. Для кожного з пріоритетних потоків  $\lambda_p$  необхідно знайти такі  $\lambda_p^*$ , при яких досягається максимум добутку коефіцієнтів недовикористання пропускних здатностей каналів зв'язку:

$$\lambda_p^* = \max_{\lambda_{kr} \in \Lambda_p} \prod_{k \in N} \prod_{j \in N} \left( 1 - \frac{c_{ij} + \lambda_{ij(p-1)} + \sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N \sum_{ijp}^{kp}}{k_{pij} k_{kj}} \right), (4)$$

5. Визначення загальної кількості повідомлень з потрібною якістю. Визначаємо потік, що обслуговано:

$$\lambda_{ktp}^{обс} = \lambda_{ktp} \cdot P_{ktp}, \lambda_{ktp} \in \Lambda_p, (5)$$

Кількість повідомлень, що передається в одиницю часу, визначається:

$$\Lambda_{i\hat{a}\hat{n}} = \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_{ktp}^{i\hat{a}\hat{n}}}{\delta_p}, (6)$$

де,  $\Lambda_{обс}$  характеризує пропускну здатність мережі.

6. Підрахунок кількості спроб передачі пакетів та кількості адресатів, визначення незалежних маршрутів.

7. Визначення величини скорочення часу життя діючого маршруту  $\delta_{j-2}, \delta_{j-1}, \delta_j$ .

8. Прогнозування величини скорочення часу життя діючого маршруту  $\delta_{j+1}$  на основі значень  $\delta_{j-2}, \delta_{j-1}, \delta_j$ .

9. Підрахунок пропускної здатності маршруту визначається мінімальною пропускну спроможністю каналу, який входить до його складу:

$$s(m_{sd}) = \min_{(s,d) \in m} \{s(c_{ij})\}, (7)$$

Максимальну пропускну здатність з'єднання  $i$ -го вузла з  $j$ -м вузлом визначаємо як сумарну пропускну здатність всіх маршрутів направлено графа з вершини  $i$  в  $j$ , тобто як максимальний потік з вершини  $i$  в  $j$ :

$$S(C) = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} f(i, j), i \neq j, (8)$$

$$\text{де } f(i, j) \leq \min_{(i,j) \in m} \{s(c_{ij})\},$$

10. Вибір способу зондування: побудова дерева зондування; локальне зондування; направлене зондування; побудова маршруту адресатом, тощо. Розсилання зонду-запиту вузлом  $i$ . Прийом зонду-запиту проміжними вузлами (або адресатом  $j$ ). Вимірювання параметрів мережі проміжними вузлами; обробка зонду запиту адресатом  $j$ . Відправка зонду-відповіді адресатом. Надсилання повідомлення вузлом з інформацією про вибраний маршрут (маршрути).

11. Визначення відповідності висунутим вимогам передачі трафіка. Прийом рішення щодо переходу на новий маршрут (вибір кількості маршрутів, типу маршрутизації та прогнозування відстрочки передачі пакетів або знищення їх).

За умови заповнення матриці інформацією про кількість успішно переданих і втрачених пакетів для кожного вузла і на кожному маршруті, рядок матриці з найменшим ваговим коефіцієнтом є статистично найбільш надійним маршрутом.

Оскільки ваговий коефіцієнт маршруту

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^k \frac{1}{M_{ij}} = \sum_{j=1}^k \gamma_j, \text{ то чим більше число успішно}$$

переданих пакетів, тим швидше  $\gamma_i$  прагне до нуля, а отже тим більш статистично надійний даний маршрут.

При передачі декількох пакетів, тобто коли  $V > 1$ , виникає питання з вибору напрямку передачі. Для вирішення даного завдання доцільно скористатися апаратом дискретної математики, зокрема теорією розбиттів числа на складові. За допомогою теорії отримуємо функцію виду

$$\varphi(p) = \frac{1}{(1-x)(1-x^2)(1-x^3)\dots(1-x^p)}. \text{ Тоді можливо}$$

сформулювати завдання пошуку оптимальних маршрутів наступним чином – знайти таку комбінацію розподілу переданих пакетів по маршрутами, щоб ваговий коефіцієнт був мінімальним [5,6,14].

### Література

1. **Миночкин А.И.** Протоколы маршрутизации в мобильных радиосетях. *Зв'язок*. 2001. № 1. С. 31–36.
2. **Миночкин А.И.** Маршрутизация в мобильных радиосетях. *Сети и телекоммуникации*. 2002. № 1. С. 42–47.
3. **Сальник В.В.** Анализ методов поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления зв'язком військового призначення. Журнал Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба «Системи озброєння і військова техніка». 2017. № 2(50). С. 114–119.
4. **Уманець Я.Л.** Протоколы та методи маршрутизації потоків даних в перспективних мобільних радіомережах з динамічною топологією. *Системи озброєння і військова техніка. Теоретичні основи розробки систем озброєння*. 2013. № 2(34). С. 150–159.
5. **Voitenko Iu.** Multiroute cross-layer transport protocol with reliable data delivery. *Telecommunication Sciences*. 2012. Vol.3, Num.1. pp. 23–28.
6. **Bunin S.G.,** A method for data retransmission in Ad Hoc networks with impulse ultrawideband signals. *Наукові Вісті НТУУ КПІ*. 2012р. №5. С. 7-11
7. **Бовда Е.М.** Методи забезпечення якості обслуговування в сучасних телекомунікаційних мережах військового призначення. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2017. № 2(51). С. 85-94.
8. **Кучерявий Е.А.** Управление трафиком и качество

### Висновки і перспективи подальших досліджень

В статті розроблено метод побудови маршрутів передачі даних шляхом вибору метрик параметрів даних з урахуванням характеристичних особливостей застосування телекомунікаційних мереж військового призначення. Новизна методу полягає у введенні ієрархії процесу прийняття рішення з побудови маршруту передачі даних з метою забезпечення заданої якості обслуговування певних типів трафіка при різних умовах функціонування телекомунікаційних мереж з використанням гібридної структури побудови методу. Метод дозволяє побудувати маршрути заданої якості, скоротити об'єми службового трафіка, збільшити пропускну спроможність інформаційного напрямку. У ході подальших досліджень буде розроблено метод взаємодії та зв'язності елементів підсистеми передачі потоків даних в телекомунікаційних мережах військового призначення.

- обслуговування в сети Интернет. *Наука и техника*. 2004. С. 336–340.
9. **Лотов А.В.** Многокритериальные задачи принятия решений. *МАКС Пресс*. 2008. 197с.
  10. **Лемешко А.В.** Разработка и исследование потоковой модели адаптивной маршрутизации в программно-конфигурируемых сетях с балансировкой загрузки. *Управление, вычислительная техника и информатика, Доклады ТУСУРа*, № 3 (29), 2013. С. 100 – 108
  11. **Левчук А.В.** Анализ эффективности алгоритмов разбиения мобильной компьютерной сети на зоны маршрутизации. *Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць*. Вид. нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк». 2010. № 1(29). С. 118–121.
  12. **Лукашенко В.В.** Анализ эффективности способов разбиения сети на зоны маршрутизации. *Електроніка та системи управління*. 2010. № 1(23). С. 112–118.
  13. **Сосенушкин С.Е.** Адаптивное управление ресурсами информационно-телекоммуникационной сети на основе программного конфигурирования. *Механика и машиностроение*. Московский государственный технологический университет „СТАНКИН“. 2015. С. 479 – 484.
  14. **Бовда Е.М.** Метод управління перерозподілом навантаження в SDN мережах. *Збірник наукових праць ВПІ*. 2017. № 2. С. 6–15.

## МЕТОД ГИБРИДНОГО ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Ефанова Екатерина Александровна*

*Бригадир Сергей Петрович*

*Сальник Сергей Васильевич (кандидат технических наук)*

*Военный институт телекоммуникаций и информатизации, Киев, Украина*

*В статье разработан метод построения маршрутов передачи данных путем выбора метрик параметров данных с учетом характеристических особенностей применения сетей специального назначения. Новизна метода заключается во введении иерархии процесса принятия решения по построению маршрута передачи данных с целью обеспечения заданного качества обслуживания определенных типов трафика при различных условиях функционирования телекоммуникационных сетей с использованием гибридной структуры построения метода. Метод позволяет построить маршруты заданного качества, сократит объемы служебного трафика, увеличит пропускную способность информационного направления при уменьшении сложности построения метода.*

*Целью данной статьи является анализ использования метода гибридного построения маршрутов в телекоммуникационных сетях. Авторы рассматривают подход по использованию метода в телекоммуникационных сетях специального назначения, что позволит повысить показатели*

эффективности построения маршрутов передачи данных узловой системы управления в телекоммуникационных сетях военного назначения.

В ходе дальнейших исследований будет разработан метод взаимодействия и связности элементов подсистемы передачи потоков данных в телекоммуникационных сетях специального назначения.

**Ключевые слова:** военное назначение, телекоммуникационные сети, управление потоками данных, маршруты передачи данных, гибридная структура.

## A THE METHOD OF HYBRID CONSTRUCTION OF DATA TRANSMISSION ROUTES IN TELECOMMUNICATION NETWORKS OF SPECIAL PURPOSE

*Kateryna Yefanova*

*Serhey Brigadir*

*Sergey Salnyk (Candidate of technical sciences)*

*Military institute of telecommunications and information, Kyiv, Ukraine*

*In the article the method of construction of data transmission routes is developed by choosing metrics of data parameters taking into account the specific features of the use of special purpose networks. The novelty of the method is the introduction of the hierarchy of the decision making process on the construction of a data transmission route in order to provide a given quality of service for certain types of traffic under different conditions of the functioning of telecommunication networks using the hybrid structure of the method construction. The method allows you to build routes of a given quality, reduce the volume of service traffic, increase the throughput of the information direction while reducing the complexity of constructing the method.*

*The purpose of this article is to analyze the use of hybrid route construction in telecommunication networks. The authors consider the approach to using the method in telecommunication networks of special purpose, which will increase the efficiency of construction of data transmission paths of the nodal control system in telecommunication networks of military designation. The use of these methods makes students think independently, seek information, find the right answers to questions that arise. At the end, formulated directions for further research on implementation of the ks-method*

**Key words:** military purpose, telecommunication networks, data flow management, data transmission paths, hybrid structure.

### References

- 1. Minochkin A.I.** (2001) Protokoly marshrutyzatsyy v mobilnykh radiomerezhakh [Routing Protocols in Mobile Radio Systems], *Zv'yazok*, № 1 pp. 31–36.
- 2. Minochkin A.I., Romanyuk V.A.** (2002), Marshrutyzatsya v mobilnykh radiomerezhakh, [Routing in Mobile Radio Systems Seti i telekommunikatsii], № 1. – pp. 42 – 47.
- 3. Salnik V.V., Salnik S.V., Lukina K.V., Alekseenko V.P.** (2017). Analiz metodiv pidtrymky pryvnyattva rishen v avtomatyzovanykh systemakh upravlinnya zvyazkom viyskovoho pryznachennya [Analysis of Decision Support Methods in Automated Management Systems for Military Communications] *Journal of KhUPPS them. I. Kozhedub "Armament and military equipment"*. - Kharkiv: Kharkiv National Air Force University. - № 2(50) pp. 114-119.
- 4. Umanets Y.L.** Protokoly ta metody marshrutyzatsiyi potokiv danykh v perspektyvnykh mobilnykh radiomerezhakh z dynamichnoyu topolohiyeyu [Protocols and methods of routing data flows in perspective mobile radio networks with dynamic topology] *Theoretical Foundations of the Development of Armament Systems*, № 2(34). – pp. 150 – 159.
- 5. Voitenko Iu.** Multiroute cross-layer transport protocol with reliable data delivery / Voitenko Iu. // *Telecommunication Sciences*. 2012. – Vol.3, № 1. – pp. 23–28.
- 6. Bunin S.G., Voitenko Iu.Iu., Plotnuk K.O.** (2012) Metod povtornoyi peredachi danykh v setyakh Ad Hoc s impul'snymi sverkhshirokopolosnymi signalami [A method for data retransmission in Ad Hoc networks with impulse ultrawideband signals] *Scientific News of NTUU KPI*. № 5 – pp. 7 – 11.
- 7. Bovda E.M., Salnik V.V.** Metody zabezpechennya yakosti obsluhovuvannya v suchasnykh telekommunikatsiynykh merezhakh viyskovoho pryznachennya [Methods of providing quality of service in modern telecommunication networks of military purpose], *Per Collection of scientific works*. - Kharkiv: Kharkiv National Air Force University. 2002. № 2 (51). – pp. 85 – 94.
- 8. Kucheryavyi Ye.A.** (2014). Upravlinnye trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet [Traffic Management and Quality of Service on the Internet] – SPb.: Science and Technoloev..P-336.
- 9. Lotov A.V., Pospelov I.I.** Mnogokriterial'nyye zadachi prinyatiya resheniy [Multicriteria decision-making problems]. – M.: MAX Press. 2008. P - 197.
- 10. Lemeshko A.V.** Razrabotka i issledovaniye potokovoy modeli adaptivnoy marshrutyzatsii v programno-konfiguriruyemykh setyakh s balansirovkoj nagruzki [Development and research of the flow model of adaptive routing in software-configured networks with load balancing], *Vimiryuvalna ta obchislyuvalna tehnik v tehnologichnih protsesah*. – 2010. – №2. – pp. 133-137.
- 11. Levchuk A.V.** Analiz efektyvnosti alhoritmov razbyenyia mobylnoy kompyuternoy sety na zony marshrutyzatsyy [Analysis of the efficiency of mobile computer network partitioning algorithms into routing zones], *Problems of informatization and management: ST. sciences. prar - K. : View. nat aviats un-that "NAU-druk"*. 2010. - № 1 (29). - pp. 118–121.
- 12. Lukashenko V.V., Levchuk A.V.** Analiz efektyvnosti sposobov razbyenyia sety na zony marshrutyzatsyy [Analysis of the efficiency of methods for partitioning the network into routing zones] *Electronics and control svstems*. - 2010. - №. 1 (23). – P. 112-118.
- 13. Sosenushkin S.E., Kruglova P.A.** Adaptivnoye upravlinnye resursami informatsionno-telekommunikatsionnoy seti na osnove programnoy konfigurirovaniya [Adaptive management of information and telecommunication network resources based on software configuration] M.: State Technological University "STANKIN". *Mechanics and mechanical engineering*. 2015. pp. 479 – 484.
- 14. Bovda E.M.** (2017) Metod upravlinnya pererozpodilom navantazhennya v SDN merezhakh [Control method by re-subdivision of the navantazhennya in SDN dependencies ] *Collection of scientific works of VITI*, №2– pp. 6 – 15.