

УДК 519.876.5:[623.611:621.396]

*Анатолій Іванович Сбітнєв*  
*Анатолій Петрович Волобуєв*  
*Дмитро Анатолійович Бухал*

## АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЗВ'ЯЗНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ РЕТРАНСЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РУХОМОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

### Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Важливим напрямом розвитку Збройних Сил України є підвищення бойових можливостей військ за рахунок удосконалення системи управління. Від її скритності сьогодні, як ніколи, залежить досягнення успіху в війні. Немаловажну роль у забезпеченні скритності системи управління відіграє військова система зв'язку взагалі та військова система радіозв'язку зокрема, яка є одним з основних засобів забезпечення управління військами у всіх арміях світу в різноманітних умовах обстановки. Але в зв'язку з появою в ряді зарубіжних країн засобів радіоелектронної розвідки [1-6], які спроможні з високою ефективністю вскривати мережі радіозв'язку, що розгортаються в інтересах Збройних Сил України, більш вагомими стають питання забезпечення скритності факту інформаційного обміну, змісту повідомлень, місцеположення радіостанцій та приналежності радіостанції до того чи іншого пункту управління. Розв'язання цих питань досягається зокрема створенням військових систем радіозв'язку з необхідним рівнем радіомаскування. Під радіомаскуванням будемо розуміти складову частину радіоелектронного маскування, яка являє собою комплекс технічних та організаційних заходів, спрямованих на зниження ефективності радіорозвідки противника [7]. Значним потенціалом з точки зору забезпечення необхідного рівня радіомаскування володіють військові ретрансляційні системи рухомого радіозв'язку [8-12]. Але вони не знайшли ще широкого розповсюдження через низку суттєвих проблем щодо їх створення, однією з яких є проблема забезпечення зв'язності системи. При розв'язанні цієї проблеми виникає завдання визначення зв'язності військових ретрансляційних систем рухомого радіозв'язку та завдання визначення радіостанції, що має виконувати функції хаба в системі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій [13-19] показав, що завдання визначення зв'язності військових ретрансляційних систем рухомого радіозв'язку та визначення радіостанції, що має

виконувати функції хаба в системі, пропонувалося вирішувати на основі методів математичного моделювання. При цьому система подавалася у вигляді графу, який задавався матрицею суміжності (інцидентності) або плексом (багатозв'язаним списком з використанням покажчиків). Недоліком такого подання військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку, особливо із значною кількістю абонентів, є виникнення суттєвої надмірності використання ресурсів електронно-обчислювальної машини (ЕОМ), оскільки в першому випадку має місце велика розрідженість матриць, а в другому – необхідність використання спеціальних програмних засобів.

### Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Мета статті полягає в розробленні алгоритму визначення зв'язності військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку та алгоритму визначення радіостанції, що має виконувати функції хаба в системі, з поданням системи, якому не притаманна суттєва надмірність використання пам'яті ЕОМ.

Значне зменшення надмірності використання ресурсів ЕОМ забезпечує застосування графових моделей, поданих у вигляді околів і меж вершин [20]. Тому будемо застосовувати саме метод околів і меж вершин для подання військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку. Сутність функціонування військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку можна зрозуміти, розглянувши рис. 1. Всі радіостанції рухомі та ретранслюють повідомлення від сусідніх радіостанцій, що знаходяться в їх зоні дії. Лінії прямого зв'язку між такими радіостанціями динамічно утворюються та зникають, завдяки чому структура системи є динамічною. При цьому застосування ретрансляції дозволяє отримати значну дальність зв'язку для кожної радіостанції при незначній дальності дії кожної з них, що позитивно впливає на досягнення необхідного рівня радіомаскування системи. Враховуючи динаміку структури військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку, її слід подавати у вигляді або випадкового або

нечіткого графа. Але в перерізах часу структура системи буде являтися детермінованою реалізацією цих процесів. При поданні такого графу околами та межами вершин (тобто абонентів мережі) першим околom  $S_i^1$  вершини  $x_i$

називається множина кінцевих вершин для дуг, інцидентних  $x_i$ , і сама вершина  $x_i$ , для якої істинним є вираз:

$$\forall x_j \in X \{x_j \in S_i^1 \leftrightarrow \exists \langle x_i, x_j \rangle [ \langle x_i, x_j \rangle \in E, ]$$

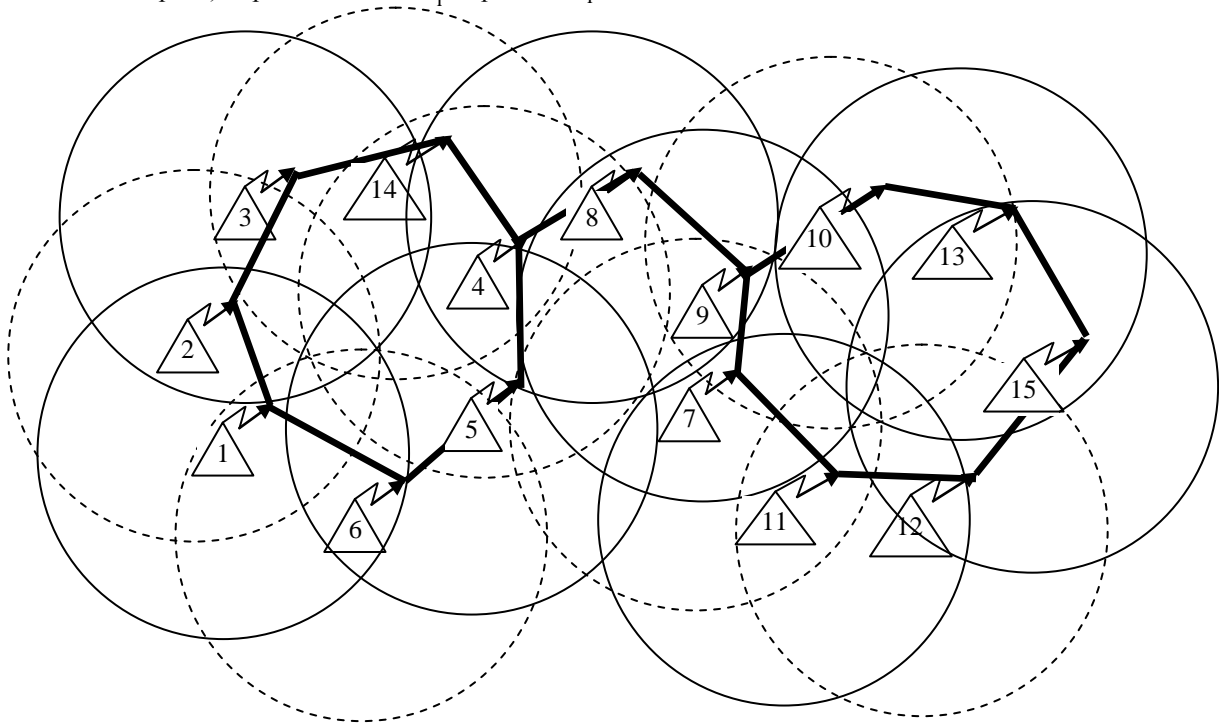


Рис. 1. Загальний погляд на функціонування військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку

$$\in F \langle x_i, x_j \rangle \vee (x_i = x_j) \},$$

де  $X = \{x_i\}$  при  $i \in I = \{1, 2, \dots, n, \dots, N\}$  – множина вершин графа;

$$F = \{ \langle x_i, x_j \rangle, \langle x_i, x_j \rangle \in X^2 \text{ при}$$

$j \in J = \{1, 2, \dots, m, \dots, N\}$  – множина дуг, причому  $x_i$  – початок, а  $x_j$  – кінець дуги.

А  $n$ -й окол вершини  $x_i$  за індукцією визначається так:

$$S_i^n = \bigcup_{x_j \in S_i^{n-1}} S_j^1.$$

Межею  $n$ -го околу або  $n$ -ю межею  $i$ -ї вершини називається множина:

$$B_i^n = S_i^n \setminus S_i^{n-1}.$$

Графічно це ілюструє рис. 2.

Під зв'язністю військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку будемо розуміти наявність у будь-які моменти часу хоча б одного простого шляху між двома будь-якими абонентами системи. При такому поданні графа його зв'язаність можна визначити шляхом визначення для всіх вершин всіх можливих околів з послідовним аналізом околів.

Лема. Якщо до можливих околів  $S_i^1 \subseteq S_i^2 \subseteq \dots \subseteq S_i^n$  будь-якої вершини  $x_i$  графу входять всі вершини графу і це є істинним для всіх

вершин графу, то такий граф є зв'язаним.

Або, якщо  $\forall x_i \in X$  істинним є вираз:

$$S_i^n = X, \text{ то такий граф є зв'язаним.}$$

Спираючись на наведену лему, можна запропонувати алгоритм визначення зв'язності військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку (рис. 3).

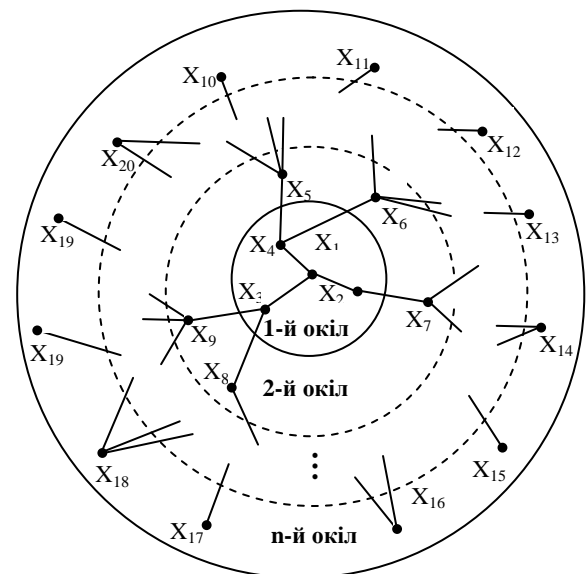


Рис. 2. Околи і межі вершин детермінованого графу

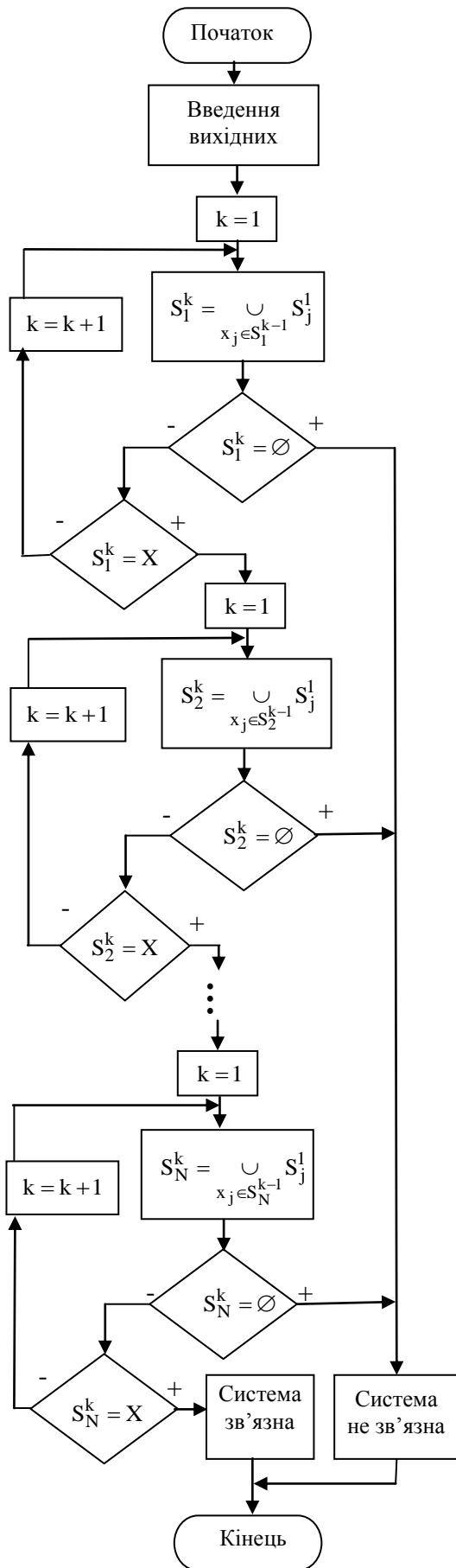


Рис. 3. Алгоритм визначення зв'язності військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку

Сутність роботи алгоритму полягає в тому, що після введення вихідних даних, а саме загальної кількості абонентів та переліку абонентів між якими існують лінії прямого зв'язку, формуються околиці кожної вершини, починаючи з першого. Після формування кожного околиці він перевіряється на співпадіння з множиною всіх вершин графа. У разі співпадіння формування околиці даної вершини припиняється. У разі неспівпадіння – формування продовжується. Якщо для будь-якої вершини сформований окіл є пустою множиною при тому що попередній окіл не співпав з множиною всіх вершин графа, то робиться висновок що система не зв'язна.

Щодо визначення радіостанції, яка буде виконувати функції хаба в системі, то її має виконувати радіостанція, у якій в першому околиці знаходиться максимальна кількість радіостанцій.

### Висновки і перспективи подальших досліджень

Для зниження надмірності використання ресурсів ЕОМ при застосуванні графових моделей військових ретрансляційних систем рухомого радіозв'язку, особливо із значною кількістю абонентів, доцільно використовувати метод околиці і меж вершин. Використання цього методу дозволяє вирішувати завдання визначення зв'язності військової ретрансляційної системи рухомого радіозв'язку та визначення радіостанції, що виконуватиме функції хаба в системі. В подальших дослідженнях доцільно застосовувати не детерміновані графи, а нечіткі, що підвищить адекватність математичних описів військових ретрансляційних систем рухомого радіозв'язку.

### Література

1. **Фиолентов А.** Французский авиационный комплекс радиоэлектронной разведки SARIG-NG [Текст] / А. Фиолентов // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 4. – С. 44–46.
2. **Фароский А.** Средства радиоэлектронной войны ВМС Франции [Текст] / А. Фароский // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 5–6. – С. 75–82.
3. **Стрелецкий А.** Мобильный автоматизированный комплекс радиоразведки сухопутных войск США [Текст] / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 5–6. – С. 40–42.
4. **Стрелецкий А.** Система радиоэлектронной разведки сухопутных войск США „Гардрейл коммон сенсор” [Текст] / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – № 9. – С. 23–26.
5. **Кондратьев А.** Перспективный комплекс РРТР и РЭВ сухопутных войск США “Профет” [Текст] / А. Кондратьев // Зарубежное военное обозрение. – 2008. – № 7. – С. 37–41.
6. **Стрелецкий А.** Американский перспективный наземный комплекс ведения радиоэлектронной войны “Вулфпак” [Текст] / А. Стрелецкий // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – № 10. – С. 27–28.
7. **Военный** энциклопедический словарь [Текст] [Пред. Гл. ред. комиссии С.Ф. Ахромеев]. – М.: Воениздат, 1986 — 863 с.
8. **Романюк В.А.** Направление развития тактических сетей связи [Текст] / В.А. Романюк // Зв'язок. – 2001. – № 3. – С. 63–64.
9. **Романюк В.А.** Мережі MANET – основа побудови тактичних мереж зв'язку [Текст] / В.А. Романюк // Збірник матеріалів ІV

- Науково-практичного семінару ВІПІ „Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення” / ВІПІ НТУУ „КПІ” – К., 2007. – С. 15–28. **10. Бунин С.Г.** Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами [Текст] / С.Г. Бунин, А.П. Войтер, М.Е. Ильченко, В.А. Романюк. – К.: Наукова думка, 2012 – 444 с. **11. Ozan K.** Ad Hoc Wireless Networks: A Communication-Theoretic Perspective [Text] / K. Ozan, G. Ferrari. – John Wiley & Sons, 2006. – 346 p. **12. Toh С.К.** Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols & Systems [Text] / С.К. Toh. – Prentice Hall Publishers, 2002. – 336 p. **13. Филлин Б. П.** Методы анализа структурной надежности сетей связи [Текст] / Б.П. Филлин. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с. **14. Фрэнк Г.** Сети, связь и потоки: Перевод с англ. [Текст] / Г. Фрэнк, И. Фриш // Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с. **15. Егунов М.М.** Анализ структурной надёжности транспортной сети [Текст] / М.М. Егунов, В.П. Шувалов // Вестник СибГУТИ. – 2012. – № 1. – С. 54–60. **16. Попков В.К.** Математические модели связности [Текст] / В.К. Попков. – Новосибирск: РИЦ «Прайс-курьер», 2006. – 490 с. **17. Родионова О.К.** Исследование и разработка методов анализа и синтеза оптимально-связных информационных сетей [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.18 / Родионова Ольга Константиновна. – Новосибирск, 2003. – 117 с. **18. Полесский В.П.** Структурная надежность однородных вероятностных сетей связи [Текст] / В.П. Полесский // Управление сетями связи и синтез управляющих устройств. – М.: Наука, 1969. – С. 16–20. **19. Траковская О.С.** Оценки вероятности связности графа сети связи [Текст] / О.С. Траковская, А.Я. Толчан // Информационные сети и коммутация. — М.: Наука, 1968. – С. 138–141. **20. Сбитнев А.И.** Структурная организация и проектирование математического обеспечения АСУ ТП [Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.13.11, 05.13.06 / Сбитнев Анатолий Иванович. – К., 1989. – 447 с.
- 

В статье предлагается алгоритм определения связности военной ретрансляционной системы подвижной радиосвязи и алгоритм определения радиостанции, которая может выполнять функции хаба в этой системе на базе метода окрестностей и границ.

*Ключевые слова:* военная ретрансляционная система подвижной радиосвязи, связность, хаб, метод окрестностей и границ.

This article considers connectivity determination and HUB-radio determination algorithms for military relay mobile wireless system based on surroundings and borders method.

*Key words:* military relay mobile wireless system, connectivity, HUB, surroundings and borders method.