

## ЦІЛЬОВІ ФУНКЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТАКТИЧНИМИ РАДІОМЕРЕЖАМИ

*Визначено особливості та проведена класифікація цільових функцій управління тактичними радіомережами з можливістю самоорганізації. Запропоновано новий підхід до вибору цільових функцій управління даними мережами, що полягає в поточному формуванні функцій управління в залежності від типу трафіка, ситуації, що склалася на мережі та наявних мережевих ресурсів. Завдання прийняття рішення щодо вибору цільової функції управління радіомережею зведена до ієрархічного цільового оцінювання альтернатив.*

*Романюк В.А. Целевые функции оперативного управления тактическими радиосетями. Определены особенности и проведена классификация целевых функций управления тактическими радиосетями с возможностью самоорганизации. Предложен новый подход к выбору целевых функций управления данными сетями, заключающийся в текущем формировании функций управления в зависимости от типа передаваемого трафика, сложившейся ситуации в сети и имеющихся сетевых ресурсов. Задача принятия решения по управлению радиосетью сведена до иерархического оценивания альтернатив.*

*Romanuk V. Objective functions of the tactical radio networks operative management. The features and the objective functions classification for the tactical radio networks operative management were considered in the article. A new approach to the objective function selection and their implementation is proposed. It consists in the current objective functions formation, depending on the traffic type, situation in the network and available network resources. The network operative management decision-making procedure is reduced to a hierarchical trust evaluation of alternatives.*

**Ключові слова:** система управління, цільові функції, тактичні радіомережі.

**Актуальність.** Сьогодні розмаїття мережевих та інформаційних технологій, наявність багатопротокольних трафіків роблять завдання організації ефективного функціонування мереж зв'язку достатньо складним і, разом з тим, актуальним. Це завдання може бути вирішене тільки шляхом створення систем управління телекомунікаційними мережами, побудованими з використанням сучасних технологій управління і відповідних математичних моделей.

Основне завдання процесу управління телекомунікаційною мережею полягає у забезпеченні її функціонування із заданим набором і якістю послуг, які надаються, в умовах зовнішніх і внутрішніх заважають впливів (дестабілізуючих факторів) при допустимій (як правило, мінімальній) витраті ресурсів. Управління визначається як функція системи, що забезпечує або зберігає сукупності її основних властивостей, або її розвиток у заданому напрямку. І в тому, і в іншому випадку управління здійснюється для досягнення певної мети, цілком конкретної для кожного окремого об'єкта управління та пов'язаної зі станами цього об'єкта і середовища, в якому він знаходиться. Критерієм оптимальності управління, що відображає ступінь досягнення поставленої мети, є цільова функція управління.

Цільова функція (ЦФ) управління – це деяка кількісно вимірювана величина, яка є функцією вхідних і вихідних змінних, параметрів об'єкта управління і часу. Цільові функції управління стаціонарними мережами зв'язку орієнтовані на статичні умови їх функціонування і не враховують особливостей перспективних мереж радіозв'язку, побудованих за принципом радіомереж класу MANET (*Mobile Ad-Hoc Networks*), які характеризуються можливістю самоорганізації вузлів у радіомережу [1]. Враховуючи, що зазначені радіомережі складатимуть основу мобільної компоненти (МК) мереж зв'язку військового призначення (зокрема в тактичній ланці управління військами), то для побудови системи управління радіомережами класу MANET визначення цільових функцій управління і їх використання є актуальним завданням.

**Мета статті** – визначити множину цільових функцій управління в децентралізованих мережах радіозв'язку типу MANET, провести їх класифікацію, визначити взаємозв'язок між ними, особливості та порядок їх використання.

### ***Аналіз стану проблеми та публікації.***

*Управління стаціонарними телекомунікаційними мережами.* В існуючих синхронних цифрових мережах і мультисервісних мережах, які є основою переходу до мереж наступного покоління – NGN (*Next Generation Network*), застосовуються різні технології управління. Вони описуються двома різними класами моделей. З одного боку, це класична модель TMN (*Telecommunication Management Networks*) управління ресурсами мережі, з іншого боку, це модель NGOSS (*Next Generation Operations Systems and Software*), яка визначає процеси управління та підтримки послуг в NGN.

Служба управління мережею утворюється сукупністю розподілених у мережі апаратних і програмних засобів та інформаційних ресурсів, розміщених у всіх елементах мережі [2, 3]. Вона описується спеціальною моделлю міжнародної організації зі стандартизації, яка визначає функції управління, види послуг мережевої служби, що надаються для управління, структуру керуючої інформації та протоколи, що визначають її транспортування мережею. Відповідно до цієї моделі управління мережею є розподіленим і забезпечується функціонуванням всіх систем, що входять в мережу. Управління об'єктами мережі здійснюється за допомогою керуючих процесів. Модель охоплює п'ять основних функцій управління, які здійснюються керуючими прикладними процесами: підтримання високої продуктивності мережі; управління конфігурацією мережі; визначення несправностей в мережі та усунення помилок; управління використанням ресурсів; управління безпекою інформації.

Для виконання процесів управління в мережі здійснюється збір, зберігання, передача, обробка інформації та вироблення управляючих впливів. Причому, процеси управління мережею побудовані за ієрархічним принципом, який включає чотири рівні управління:

- 1) управління функціонуванням всієї мережі;
  - 2) управління всіма системами, що входять в мережу (абонентські, адміністративні, асоціативні та ін.);
  - 3) управління всіма рівнями еталонної моделі взаємодії відкритих систем;
  - 4) управління протоколами на кожному з рівнів всіх систем.
- Взаємодія керуючих і керованих елементів будується за схемою «менеджер-агент».

*Особливості побудови та управління мережами мобільної компоненти.* Підкреслимо особливості перспективної архітектури МК мереж зв'язку військового призначення. Вона є ієрархічною, неоднорідною та може складатися із трьох основних рівнів [1]: 1-й – бойові радіомережі мобільних абонентів – військовослужбовець, бойова машина, танк, вертоліт тощо; 2-й – мережі мобільних базових станцій, що утворюють опорні мережі в різних географічних зонах бойових дій; 3-й – повітряна мережа телекомунікаційних аероплатформ (безпілотні літальні апарати або супутники), яка забезпечить зв'язність між даними зонами. Додатковий рівень можуть утворювати сенсорні мережі.

Кожен рівень МК (кожна радіомережа) будується за принципами функціонування радіомереж типу MANET. До основних особливостей функціонування цих мереж відносяться: значна динаміка зміни їх топології, колективне використання радіоресурсу, нестабільність радіоканалів та наявність взаємних перешкод, обмеженість та неоднорідність ресурсів вузлів, обмежена безпека через широкомовну природу радіоканалу та ін.

Всі вузли МК (сенсори, мобільні абоненти, базові станції, телекомунікаційні аероплатформи) повинні швидко адаптуватися до частих змін топології мережі, вимог до передачі трафіка та ефективно використовувати обмежені мережеві ресурси. В таких умовах забезпечити інформаційний обмін із заданою якістю неможливо без ефективної системи управління (СУ) мобільною компонентою, до якої пред'являються наступні основні вимоги:

- забезпечення адаптивного та розподіленого функціонування радіомережі з можливістю її самоорганізації;

- оптимізація характеристик мережі, її зони, напрямку, маршруту передачі;
- забезпечення прийняття рішень в реальному масштабі часу;
- мінімальне завантаження мережі службовою інформацією;
- забезпечення засекреченої передачі різних видів трафіка із заданою якістю;
- максимальна автоматизація процесів управління.

Однак, як зазначалося вище, існуючі технології управління телекомунікаційними мережами розраховані на статичні або квазістатичні умови їх функціонування [2 – 4] і не враховують особливостей МК (табл. 1). Так, технологія TMN (представлена в рекомендації ITU-TM.3010 [2, 3]) є централізованою, для управління телекомунікаційною мережею застосовується виділена мережа управління, яка побудована на технології агент-менеджер з низьким рівнем автоматизації процесів управління. В то же час основними відмінностями систем управління мережами класу MANET від стаціонарних мереж є [4]:

- різні цілі, етапи, функції, рівні управління, жорсткі вимоги до якості та оперативності рішень (рис. 1, 2);
- різна архітектура систем управління мережами – архітектура системи управління мережею класу MANET повинна реалізовувати децентралізоване управління;
- відсутність виділеної мережі передачі службової інформації.

Таблиця 1

### Загальні характеристики систем управління мережами зв'язку

Характеристика	Цивільна – стандарт управління ISO 7498-4	Військова – мобільна компонента
Цілі управління	Максимальний прибуток, задана якість обслуговування абонентів	Задана якість обслуговування абонентів, максимальна (задана) продуктивність, максимум часу функціонування, забезпечення мобільності, стійкості та безпеки
Етапи управління	Оперативне управління мережею	1. Планування бойового застосування. 2. Розгортання мереж. 3. Оперативне управління мережами.
Функції управління	1. Управління конфігурацією мережі. 2. Обробка відмов. 3. Аналіз продуктивності та надійності. 4. Управління безпекою. 5. Облік роботи мережі.	1. Планування та оперативне управління топологією 2. Управління радіо ресурсом. ..... n. Управління безпекою. .....
Рівні (об'єкти) управління	Елементи мережі, мережа, послуги, бізнес-управління	Вузол, радіоканал, маршрут, зона, мережа, мобільна компонента
Оперативність рішень	Низька	Висока
Складність задач	Низька	Висока
Тип управління	Централізований	Змішаний, в основному децентралізований
Передача службової інформації	Окрема мережа	Відсутня виділена мережа, разом з інформаційними повідомленнями
Залежність функціонування від зовнішніх впливів	Низька	Дуже висока

Раніше запропоновані підходи пропонували здійснювати оптимізацію визначених мереж за одним або декілька показниками [5 – 8]. Так в [5] запропоновано управляти витратами енергії батарей, в [6] здійснювати багатокритеріальну оптимізацію маршруту з врахуванням його мобільності, в [7] оптимізувати топологію мережі за декількома показниками, у [8] враховувати тип трафіка тощо.

В даній статті пропонується новий підхід до визначення, отримання та використання цільових функцій управління. Основна ідея полягає в тому, що на етапі оперативного

управління цільові функції не є статичними, а визначаються в часі в залежності від типу трафіка, етапів і функцій управління, а також параметрів стану об'єкта (об'єктів) управління (вузол, радіоканал, маршрут, зона, мережа, МК) та наявних ресурсів.



Рис. 1. Рівні та функції системи оперативного управління МК



Рис. 2. Класифікація задач управління МК

До особливостей системи управління МК можна віднести:

- багатомірність, яка обумовлена значною кількістю підсистем, елементів та зв'язків між ними;
- багатопараметричність, яка визначається різноманіттям цілей окремих підсистем та їх характеристик, вимог та показників ефективності;
- багатфункціональність і ієрархічність, яка визначається необхідністю вирішення різних задач на різних умовах функціонування системи;
- значну залежність характеру функціонування від параметрів МК і зовнішніх впливів;
- розмаїття використання мережевих та інформаційних технологій.

Визначимо особливості задач управління МК (рис. 1, 2), які, відповідно, визначатимуть особливості цільових функцій:

1. Мають як визначену множину (характерно для мереж всіх рівнів МК) так і множину специфічних задач управління (наприклад, задачі переміщення аероплатформ і мобільних роботів, розміщення сенсорів в сенсорній мережі тощо);
2. Висока розмірність та динамічний характер задач управління;
3. Важкість формування повної системи показників ефективності;

4. Неповнота та недостовірність контрольної інформації про стан мережі;
5. Реалізуються на різних етапах управління мережами (планування, розгортання або відновлення, оперативне управління);
6. Можуть бути реалізовані різними функціональними підсистемами (управління маршрутизацією, управління топологією, управління навантаженням тощо);
7. Можуть заперечувати один одному (наприклад, бажання мінімізувати витрати енергії батарей абонентів призведе до росту кількості ретрансляцій або довжини маршруту передачі і, відповідно, збільшення часу передачі повідомлень);
8. Різні об'єкти впливу (вся МК, мереж, її зона, напрямок, маршрут, канал, вузол);
9. Різний тип управління (централізований, децентралізований, змішаний);
10. Вимагають узгодження і координації (у масштабах всієї мережі, її зони чи вузла);
11. Можуть бути реалізовані на різних рівнях еталонної моделі OSI;
12. Більшість з них залежать один від одного;
13. Відрізняються математичною постановкою (чітка або нечітка, задачі масового обслуговування, маршрутні тощо).

В умовах змішаного управління (частка функцій виконується централізовано центрами управління мережами, а друга децентралізовано – вузлами) можна визначити дві взаємозалежні групи цілей:

*мережеві* (зонові) – оптимізація мережеских або зонних показників ефективності;

*користувальницькі* – досягнення заданої якості передачі та функціонування елементів мережі за необхідним напрямком.

До мережеских (зонних) цілей управління можна віднести оптимум наступних параметрів  $C_i = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ :

$C_1$  – продуктивність всієї МК, мережі певного рівня або її зони;

$C_2$  – потужність передач вузлів мережі чи її зони;

$C_3$  – ступінь покриття території (абонентів) мережею МБС (аероплатформ);

$C_4$  – структурна надійність (зв'язність) мережі, її зони;

$C_5$  – кількість апаратних ресурсів (аероплатформ, мобільних базових станцій);

$C_6$  – час функціонування мережі, її зони;

$C_7$  – обсяг службового трафіка;

$C_8$  – час планування, розгортання, відновлення мережі чи її зони;

$C_9$  – параметри безпеки й т. д.

Однак в умовах децентралізованого управління та наявності протиріччя між оптимальною інформованістю керуючого об'єкта і своєчасністю керуючих впливів неможливо досягти глобальної оптимізації [1]. Тому необхідно здійснювати локальну оптимізацію в рамках окремого вузла (радіоканалу, маршруту, напрямку, зони мережі). У зв'язку з цим основна мета управління декомпонується на дві складові: передача інформації між парою відправник-адресат ( $a-b$ ) із заданою якістю при прагненні мінімізувати витрати мережеских (зонних) ресурсів на її здійснення або досягнення сприятливих умов для виконання цілей управління інших елементів мережі.

До основних користувальницьких цілей управління можна віднести оптимум (обмеження) наступних параметрів: пропускна здатність, час затримки передачі повідомлень, потужність передавача, енергія (витрати енергії) батарей.

Розглянемо декілька користувальницьких *критеріїв цільових функцій управління*:

1. Максимум (обмеження) пропускної здатності  $s$ :

каналу  $s_k \rightarrow \max s_k (s_k \geq s_{k\text{зад}})$ ;

маршруту  $m \rightarrow \max S_m (S_m \geq S_{m\text{зад}})$ , де  $S_m = \min \{s_{ki}\}$ ,  $i \in m$ ;  $i = \overline{1, I}$ ;

напрямку  $M \rightarrow \max S_n (S_n \geq S_{n\text{зад}})$ , де  $S_n = \sum_{j=1}^J S_{nj}$ ,  $m_i \in M$ .

2. Мінімум потужності передачі:

а) окремого вузла  $i$ -го вузла  $p_i \rightarrow \min p_i$  або  $p_i \leq p_{i\text{зад}}$ , де  $i = \overline{1, N}$ ;

б) при передачі за  $m$ -м маршрутом  $\rightarrow \min P_m, P_m = \sum_{i=1}^l p_i, i \in m$ ;

в) за напрямком передачі  $\rightarrow \min P_n, P_n = \sum_{j=1}^J P_{mj}$ , де  $m_j \in M$  – множина можливих маршрутів

напрямку;

3. Максимум часу функціонування через мінімум (обмеження) витрат енергоресурсу:

а) батареї окремого вузла  $i$ -го вузла  $e_{\delta i} \rightarrow \min e_{\delta i}$  або  $e_{\delta i} \leq e_{\delta i\text{зад}}$ , де  $i = \overline{1, N}$ ;

б) при передачі за  $m$ -м маршрутом –  $E_m = \min_{m \in M} \sum_{i=1}^N e_{\delta i}$ , де  $m \in M$  – множина маршрутів;

в) за напрямком передачі

$$E_n = \min \sum_{j=1}^{M_n} E_{mj}, \text{ де } m_j \in M_n \text{ – множина можливих маршрутів напрямку;}$$

4. Мінімальний час доставки пакетів (обмеження) часу доставки пакетів  $t_3$ :

$$\text{маршруту } m - \min t_{3m} (t_{3m} \leq t_{3m\text{зад}}), t_{3m} = \sum_{i=1}^l t_{3i}, i \in m.$$

5. Максимум ( $\max n_m$ ) або обмеження ( $n_m \leq n_{m\text{зад}}$ ) кількості незалежних маршрутів передачі.

В табл. 2 наведено можливі об'єкти управління та основні параметри оптимізації.

Таблиця 2

**Об'єкти впливу та його охоплення**

Рівень OSI	Управляючий вплив вузла	Об'єкти управління	Основні параметри оптимізації
<b>Фізичний</b>	Потужність (спрямованість) передачі, вид модуляції, тип корегуючого коду, параметри MIMO тощо	Радіоканал в межах радіозв'язності з сусідніми вузлами	Пропускна здатність, час передачі в каналі, витрати енергії батарей, потужність передачі тощо
<b>Канальний</b>	Алгоритми обміну каналного рівня: детерміновані, випадкові, гібридні; розміри пакетів та квитанцій	Радіоканали в межах радіозв'язності з сусідніми вузлами	Пропускна здатність та час передачі в каналі, витрати енергії батарей, обсяг службової інформації тощо
<b>Мережевий</b>	Алгоритми обміну мережевого рівня: табличні, зондові, гібридні, хвильові асиметричні, ієрархічні тощо. Алгоритми управління чергами. Алгоритми управління навантаженням. Алгоритми управління топологією.	Один або декілька маршрутів передачі (відповідно зона мережі або вся мережа)	Обсяг службової інформації, параметри маршруту (час побудови та існування, кількість, пропускна здатність, час доставки, витрати енергії батарей тощо).
<b>Транспортний</b>	Алгоритми обміну транспортного рівня	Напрямок зв'язку (відповідно зона мережі або вся мережа)	Пропускна здатність, час та варіація його передачі в напрямку
<b>Прикладний</b>	Алгоритми (протоколи) інформаційного обміну прикладного рівня, координація та інтелектуалізація за рівнями ISO, зонам мережі, рівням МК	Вузол, вузли-сусіди, зона мережі, вся мережа	Пропускна здатність, час та варіація часу передачі, витрати енергії батарей, безпека передачі

Наявність інформації, необхідної для передачі, вимагає вузол здійснити вибір цілей (цільових функцій) управління, які повинні врахувати (рис. 3):

1. Стан мережі (визначається станом вузлів, каналів, напрямків, зони та всієї мережі, наявністю ресурсів та динамікою їх зміни),

2. Тип інформації (трафіка), який визначає вимоги до якості передачі (час передачі та його варіація, кількість помилок тощо).

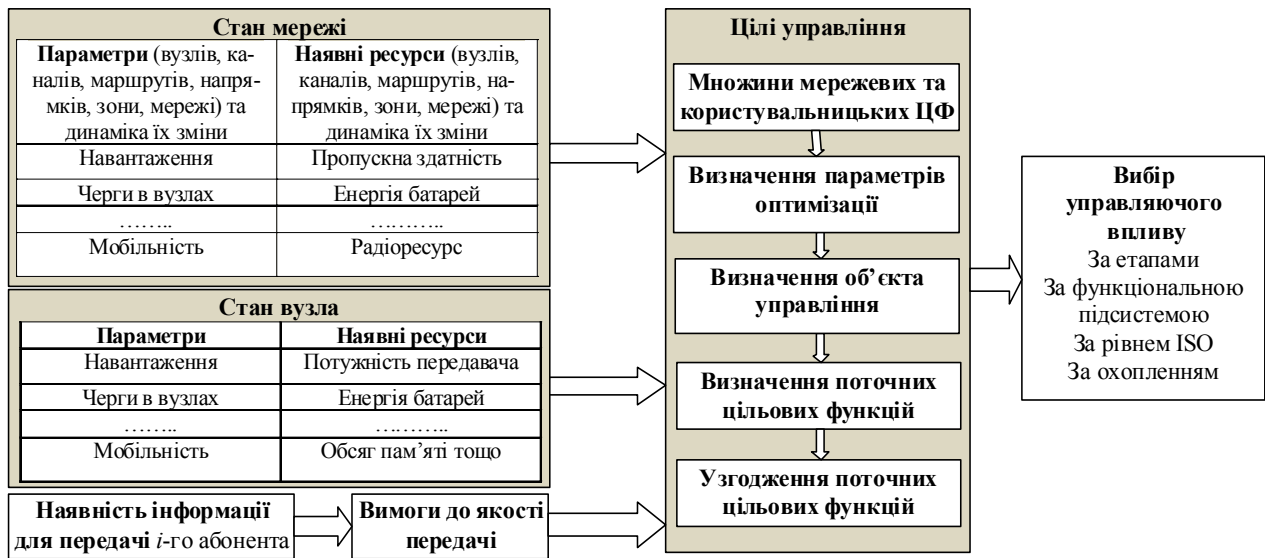


Рис. 3. Схема визначення цільових функцій системою управління вузла

Стан вузла можна описати наступними параметрами: навантаження, якість обслуговування трафіка, розмір черг, кількість радіоканалів з сусідами, мобільність, наявні чи необхідні маршрути передачі, тощо [4]. Ресурсами вузла є апаратні (енергія батарей, швидкодія процесорів, потужність передавача тощо), алгоритмічні або програмні (множина алгоритмів або протоколів управління на різних рівнях моделі OSI та функціональних підсистемах), радіоресурс тощо. Кожен вузол збирає інформацію про стан мережі та за сукупністю показників визначає її стан [4].

В табл. 3 можна виявити взаємозалежність цілей, а також їх ієрархічний характер.

Таблиця 3

### Приклади залежності ціль-підціль

Цілі	Підцілі
Встановлення (підтримка) зв'язності між вузлами	Мінімум взаємних перешкод Побудова (перебудова) маршруту Побудова найкоротшого маршруту за певними метриками Мінімум (обмеження) витрат енергоресурсу вузлів-сусідів Максимум (забезпечення) кількості незалежних маршрутів передачі Максимум (забезпечення) пропускної здатності Мінімум (обмеження) часу доставки пакетів Оптимізація топології зони мережі
Побудова та підтримка маршруту передачі даних	Забезпечити задану якість маршруту Мінімум службового трафіка
Побудова та підтримка маршрутів передачі даних	Забезпечити задану кількість та якість маршрутів Мінімум службового трафіка
Збільшити час функціонування мережі	Мінімум (обмеження) витрат енергії батарей
Побудова і підтримка необхідної топології	Мінімум взаємних завад передач вузлів Мінімум (обмеження) витрат енергоресурсу вузлів Найкоротші маршрути
Оптимізація топології	Побудова додаткових маршрутів Максимум часу функціонування Мінімум часу доставки повідомлень тощо

Проведено декомпозицію глобальної мети управління мережею за функціями, кожна з яких ділиться на завдання й реалізується за рівнями OSI (рис. 4) [9]. Мета – одержання вектора пріоритету елементів нижнього рівня ієрархії стосовно цілі – елементу першого рівня за допомогою методу аналізу ієрархій або методу згортки нечітких відносин.

Цільова структура управління МК має наступний вигляд:

$$ЦС \rightarrow H = \{C_1, R_{1m(1)} \{C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2m(2)}\}, R_{2m(2)} \{C_{31}, C_{32}, \dots, C_{3m(3)}\}, \dots, R_{km(k)} \{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{km(k)}\}\},$$

де  $C_1$  – основна ціль системи управління,  $C_{im(i)}$  –  $m(i)$ -а підціль  $i$ -го рівня на цільовій структурі,  $i = 1 \dots k$ ,  $R$  – множина відносин на підцілі структури. Запропонована побудова ієрархії процесу вибору альтернатив та порівняння рішень на кожному рівні ієрархії на основі нормалізації отриманих оцінок альтернатив (застосовуючи процедуру зважування методу аналізу ієрархій або метод згортки нечітких відносин).

В [9] завдання ухвалення рішення з управління МК (вибір методів управління) зведена до завдання ієрархічного цільового динамічного оцінювання альтернатив при нечітких вихідних даних.

Крім цього, проведені дослідження показують відсутність єдиного методу управління мережею, що забезпечує оптимізацію мережевих показників на кожному з рівнів OSI [10]. Так, наприклад, на мережевому рівні моделі OSI: зондові методи маршрутизації ефективні при низькому рівні трафіка та високій мобільності вузлів; табличні методи – при низькій мобільності та значному навантаженню. Методи управління доступом каналного рівня OSI також мають свої межі ефективного застосування. Крім цього, для зменшення службового трафіка виникає доцільність використання одним рівнем OSI службової інформації отриманої на інших рівнях. Наприклад, якщо існуючі маршрути (мережевий рівень OSI) не відповідають вимогам до швидкості передачі інформації, то їх можна не перебудовувати (не витратити ресурси мережі на побудову нових маршрутів), а здійснити адаптацію швидкості та затримки передачі пакетів використовуючи можливості транспортного рівня OSI. Тобто виникає задача координації та інтеграції рівнів еталонної моделі OSI.



Рис. 4. Домінантна ієрархія процесу ухвалення рішення з управління МК

Основні труднощі інтеграції – це визначення необхідних параметрів, які будуть використовуватися між рівнями OSI та визначення методів прийняття рішення за рівнями OSI та функціями управління, які дозволять отримати користувальницьку та (або) мережеву, зонову оптимізацію.



Для цього пропонується нова парадигма побудови системи управління – ввести базу методів управління та інтелектуальну надбудову над нею (систему прийняття рішень з управління), що координує функціонування множини методів управління за рівнями OSI з метою оптимізації показників функціонування мережі. База методів управління містить множини методів управління для кожного рівня OSI. Система прийняття рішень складається з бази знань (містить знання про об'єкт управління, знання про цілі функціонування та управління, знання про способи досягнення цілей), бази даних управління, блока логічного виводу і моделей ресурсів мережі.

Відмінність запропонованого підходу від існуючих полягає в координації та інтеграції між рівнями OSI не тільки за різними параметрами, а за цілями управління (цільовими функціями), які визначають певний метод управління на кожному рівні моделі OSI.

Таким чином в статі визначені особливості цільових функцій управління мережами радіозв'язку класу MANET та проведена їх класифікація. Показано, що вони є залежними один від одного, носять ієрархічний і змінний характер, відрізняються масштабом впливу. Запропоновано новий підхід до формування цільових функцій в радіомережах з самоорганізацією: кожен вузол визначає в часі поточну цільову функцію, в залежності від типу трафіка, ситуації, що склалася в мережі, та наявних мережевих ресурсів. Завдання прийняття рішення щодо вибору цільової функції управління радіомережею зведене до ієрархічного цільового оцінювання альтернатив.

Напрямок подальших досліджень є отримання математичних моделей узгодженості цільових функцій управління вузлами мережі на основі використання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень та мультиагентних систем.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Самоорганизующиеся радиосети со сверхширокополосными сигналами / [Бунин С.Г., Войтер А.П., Ильченко М.Е., Романюк В.А.]. – К.: НПП „Издательство „Наукова Думка” НАН Украины”, 2012. – 444 с.: ил.
2. Дымарский Я.С. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи / Дымарский Я.С., Крутякова Н.П., Яновский Г.Г. – М.: НТЦ “Мобильные коммуникации”, 2003. – 384 с.
3. Гребешков А.Ю. Стандарты и технологии управления сетями связи / Гребешков А.Ю. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 288 с.
4. Миночкин А.И. Методология оперативного управления мобильными радиосетями / Миночкин А.И., Романюк В.А. // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 53 – 58.
5. Olascuaga-Cabrera J.G. A multi-objective PSO strategy for energy-efficient ad-hoc networking / Olascuaga-Cabrera J.G., Lopez-Mellado E., Mendez-Vazquez // IEEE Cybernetics Systems, Man (SMC) Conference, 2011.
6. Babaei H. Multi Objective AODV Based On a Realistic Mobility Model / Babaei H., Romoozi M. // IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 7, Issue 3, № 3, May 2010.
7. Banner R. Multi-Objective Topology Control in Wireless Networks / Banner R., Orda A. // In Proc. IEEE INFOCOM, 2008.
8. Selvi R. Multiple-objective optimization of multimedia packet scheduling for ad hoc networks through hybridized genetic algorithm / Selvi R., Rajaram R. // The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA), Vol.3, № 3, August 2011.
9. Міночкін А.І. Методи прийняття рішень системою управління мобільною радіомережею / Міночкін А.І., Романюк В.А. // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2006. – № 1. – С. 66 – 71.
10. Координация и интеллектуализация уровней OSI – новая парадигма управления MANET: 7-международная научно-практическая конференция [„Современные информационные и электронные технологии”], (Одесса, 22-26 мая 2006 г.) – О.: СИЭТ'06. – 2006. – С. 145.