

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ ЗВ'ЯЗКУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Сучасна мережа зв'язку військового призначення відноситься до складних систем, яка в своєму складі має велику кількість підсистем різного функціонального призначення. Такого роду системи потребують якісного управління, яке на різних ланках управління може бути реалізовано автоматизованим (для вищих рівнів) або автоматичним (бажано для нижчого рівня) способом. Перспективна мережа зв'язку військового призначення не повинна мати суворо фіксованої інфраструктури, а повинна будуватися з існуючого набору підсистем під певні завдання, які потрібно вирішувати. В мережі повинна прослідковуватися певна ієрархія структури – централізація управління, а також одночасно передача певних повноважень управління (децентралізація) на нижчі ланки (в разі потреби) (рис. 1).

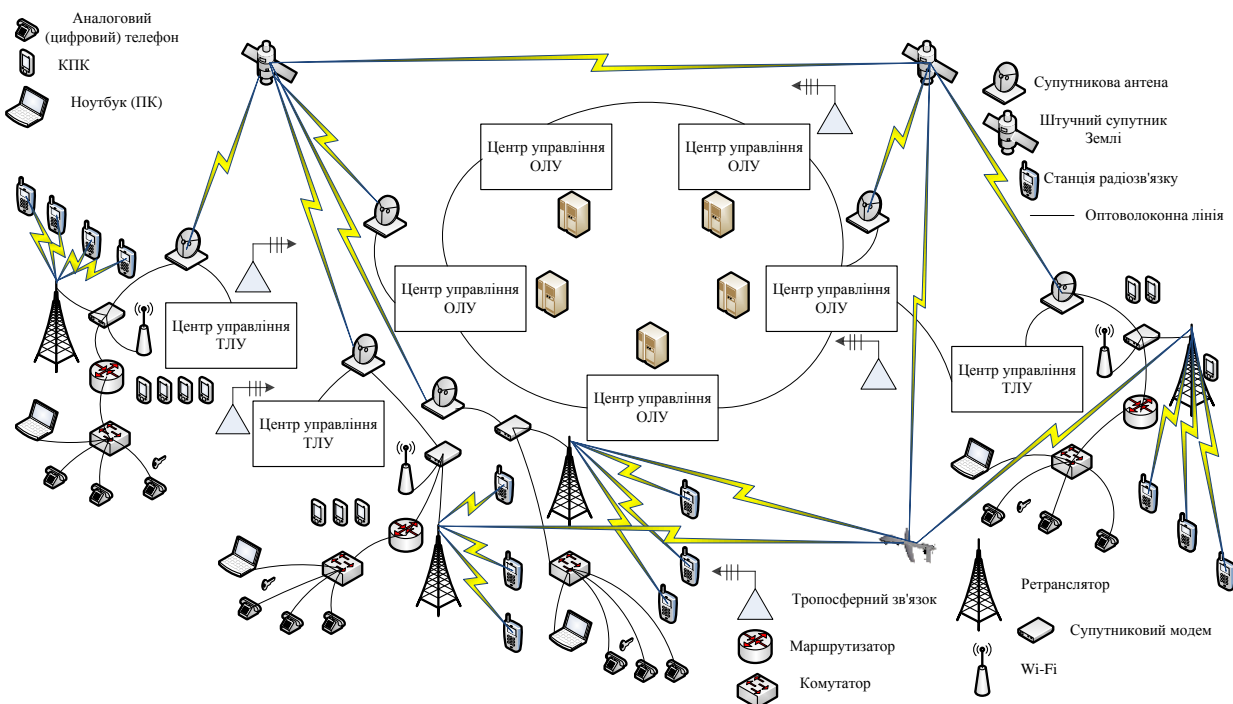


Рис. 1. Ієрархія системи управління мережею зв'язку військового призначення

До особливостей системи управління телекомунікаційними мережами військового призначення можна віднести:

- багатofункціональність, яка визначається необхідністю рішення різних задач при різних умовах функціонування системи;
- ієрархічність, яка визначається підлеглистю мереж різних рівнів управління (наприклад, тактичний рівень підпорядкований оперативному рівню);
- багатомірність, що обумовлена значною кількістю підсистем, елементів та зв'язків між ними;
- багатопараметричність, яка визначається різноманіттям цілей окремих підсистем та їх характеристик, вимогами та показниками ефективності;
- залежність функціонування від параметрів мережі та особливо зовнішніх впливів.

До системи управління телекомунікаційною мережею пред'являються наступні вимоги [1]:

- забезпечення засекреченої передачі всіх видів трафіка з заданою якістю;

- максимальна автоматизація процесів управління;
- забезпечення адаптивного функціонування мережі з можливістю її самоорганізації (особливо при втратах елементів системи);
- забезпечення прийняття рішень в реальному масштабі часу;
- оптимізація характеристик мережі;
- мінімальне завантаження мережі службовою інформацією.
- гнучкість архітектури, що надає можливість реконфігурації та нарощування функцій управління;
- використання рекомендацій ІТУ, стандартів ETSI, ISO, державних та галузевих стандартів [3].

Система управління мережею має глобальну мету – забезпечення заданого інформаційного обміну з потрібною якістю обслуговування. Система управління мережею повинні забезпечити виконання наступних завдань:

доведення з заданими ймовірно-часовими характеристиками наказів і сигналів централізованого бойового управління від пунктів управління Генерального штабу ЗСУ до пунктів управління видів ЗС і родів військ;

якісне та своєчасне надання посадовим особам органів управління ЗСУ інформаційно-телекомунікаційних послуг;

виконання вимог сталого, безперервного, оперативного і скритного управління військами (силами) і зброєю;

створення умов для забезпечення безпеки, достовірності і цілісності інформації, що циркулює в системі управління ЗСУ, на етапах збору, обробки, передачі, зберігання, розподілу та надання користувачам;

оперативне централізоване та децентралізоване безперервне управління засобами зв'язку та автоматизації різних виробників;

оптимальне використання ресурсів мереж, каналів і ліній зв'язку;

локалізацію зоновому (регіональному) трафіку від трафіку, спрямованого до центрального вузла (зони) зв'язку;

автоматичну реєстрацію подій у телекомунікаційних мережах, пов'язаних із станом технічних засобів, з урахуванням ступеню їх важливості;

автоматичне конфігурування мережі при зміні її стану; віддалене конфігурування обладнання та одержання статичної інформації щодо їх роботи і надання цієї інформації у тому числі й у графічному вигляді в масштабі часу, близькому до реального.

Основними функціями управління в телекомунікаційних мережах є наступні складові [5, 6]:

– мережеве управління, що складається з завдань: управління конфігурацією; управління безпекою; управління за відмов; управління послугами; управління робочими характеристиками;

– управління розподіленими застосуваннями;

– моніторинг технічного програмного забезпечення;

– підтримання прийняття рішень щодо функціонування мережі;

– управління модернізацією;

– моделювання мереж;

– тренування та злагодження особового складу пунктів управління.

На систему управління мережами військового призначення (СУМВП) покладаються наступні завдання, які можна класифікувати:

1. за етапами управління – поділяються на задачі планування, розгортання, оперативного управління;

2. за функціями управління – задачі можна класифікувати на спеціальні (політ ШСЗ, здійснення переміщення, тощо) та універсальні (управління топологією, навантаженням, маршрутизацією, безпекою, абонентами, тощо);

3. за способом реалізації – задачі поділяються на технологічні та організаційно-технологічні;
4. за типом управління – централізовані, децентралізовані, змішані;
5. за масштабами охоплення – управління всією мережею, її зонами, рівнями мережі;
6. за видом постановки задачі та математичним апаратом, який використовується – задачі розподілу ресурсів, задачі масового обслуговування, задачі динамічного програмування, прогнозування, розподілу ресурсів.

Мережа зв'язку військового призначення та її система управління (рис. 1, 2) за своєю організаційною побудовою є ієрархічною та складається з кількох рівнів: стратегічного, оперативного та тактичного. Сама система управління мережею зв'язку військового призначення представляє собою організаційно-технічну систему, яка входить до складу Національного центру оперативного-технічного управління мережами телекомунікацій України, що є сукупністю функціонально та організаційно пов'язаних між собою органів, пунктів управління зв'язком та технологічної основи, що включає інформаційні, обчислюва-

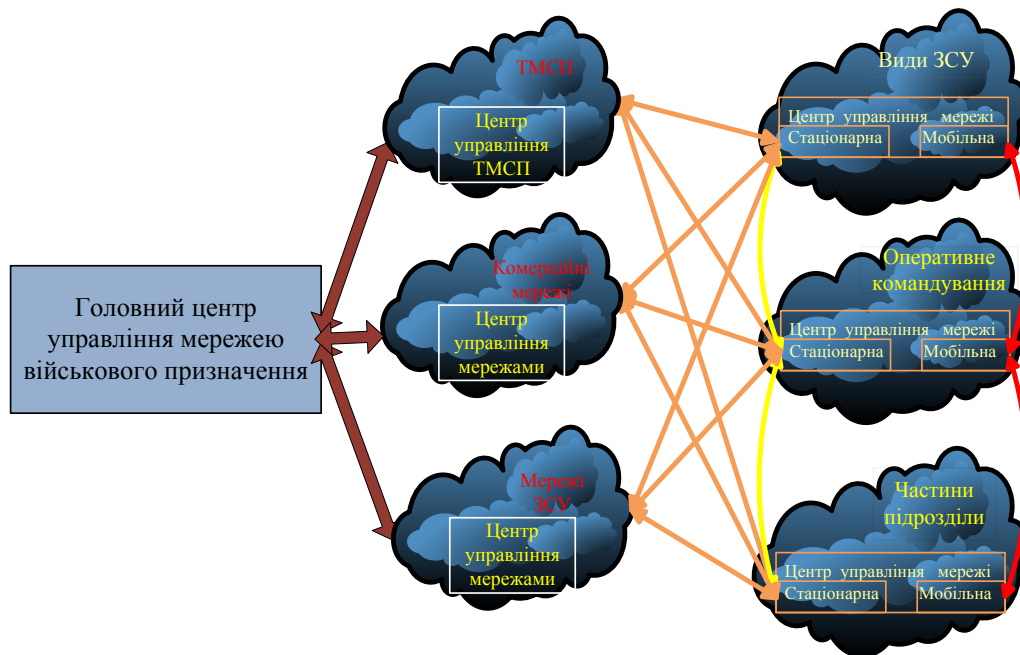


Рис. 2. Система управління мережею військового призначення

льні, службові телекомунікаційні ресурси та спеціальні засоби, що ґрунтуються на комплексах програмно-апаратних засобах автоматизації (КЗА зв'язком) та службового зв'язку технологічного управління Державної системи управління, що утворюють автоматизовані системи управління зв'язком (АСУЗ). Нижчі рівні будуються за типовою структурою та складом: станції супутникового зв'язку (супутникова антена, модем), комутатора, маршрутизатора, VoIP шлюза, АРМів, спеціальних засобів, телефонних апаратів, точок радіодоступу, ретрансляторів та радіо засобів тощо. Система управління на цьому рівні повинна будуватися з використанням технологій SDR, MANET, а для зв'язку з вищим рівнем – за технологією TMN (SDN). На рівні видів ЗСУ, ОК, частин та підрозділів мається обладнання нижчого рівня, а також обладнання для стаціонарної мережі: сервери різних служб, комутатори, маршрутизатори, шлюзи, АТС, ІДС, Дата-центри, комплекси та засоби зв'язку.

Центр управління мережею військового призначення, який знаходиться на вищому рівні, використовує мережі ТМСП та комерційних мереж для організації доступу до нижчих рівнів з метою збору потрібної інформації про стан мереж та вироблення управляючих впливів на їх, причому як на польову складову, так на стаціонарну. Управління телекомунікаційної складової буде використовувати підходи концепції TMN (протокол

SMIP), а для управління локальними мережами – концепція *SDN* (протоколи *SNMP* та *OpenFlow*).

Система управління мережею зв'язку військового призначення повинна будуватися за змішаним принципом: ієрархічним (на організаційному рівні) та децентралізованим (на технологічному рівні) управлінням, відповідно до існуючої структури системи управління ЗС України, вирішуваних завдань та з реалізацією в кожній зоні принципу централізованого управління.

Для оперативного управління в кожній зоні (сегменті ЛОМ) створюється локальні бази даних (*MIB*, *RMON*), які об'єднуються в розподілену базу даних. Управління та контроль за розподіленою базою даних повинен здійснюватись як централізовано, так і децентралізовано для забезпечення живучості системи в цілому.

Побудова системи управління всіх рівнів повинна бути узгоджена та взаємозв'язана на організаційному, технічному, інформаційному, лінгвістичному, математичному і програмному рівнях стаціонарної та польової компоненти системи в цілому.

Структурно мережа складається з транспортної мережі (наприклад – телекомунікаційна мережа спеціального призначення) та мережі доступу. Основу транспортної мережі складають волоконно-оптичні, тропосферні та супутникові лінії зв'язку, а мережі доступу – радіо (*KXB*, *UXB*, *SXB*), тропосферні, супутникові та проводові лінії зв'язку.

Елементами та об'єктами управління мережі є: лінії зв'язку, радіостанції, телекомунікаційна аероплатформа, штучні супутники Землі, маршрутизатори, комутатори, шлюзи, сервера, АРМи посадових осіб.

Різні рівні мережі повинні швидко адаптуватися до частих змін топології мережі, трафіка та ефективно використовувати всі мережеві ресурси. В таких умовах забезпечити інформаційний обмін з заданою якістю неможливо без ефективної системи управління мережею військового призначення (СУМВП) (рис. 2.).

За етапами управління задачі діляться на задачі планування, розгортання (організаційні способи реалізації) і оперативного управління (організаційно-технологічний спосіб) [1].

Етап планування здійснюється центром управління мережі. Сутність планування полягає в організації діяльності органу управління, яка направлена на формування і прийняття рішення по організації мережі (способи побудови мережі), своєчасну розробку документів і доведення їх до підлеглих (постановка задач перед силами зв'язку та розподіл сил та засобів) (рис. 3).

Збільшити ефективність управління можливо за допомогою автоматизації процесів управління зв'язком (АСУЗ) (рис. 4).

Архітектура автоматизованої системи управління зв'язком складається з наступних частин: середовища зовнішніх мережевих та інформаційних ресурсів; транспортного середовища; інформаційного середовища; сервісного середовища; прикладного інтерфейсного середовища, кожен з яких на своєму рівні вирішує завдання по захисту підсистем від несанкціонованого доступу та впливу.

Зовнішнє та транспортне середовище на сьогоднішній день складається за рахунок оренди у недержавних операторів телекомунікаційних ресурсів.

До транспортного середовища відносяться такі елементи: телекомунікаційні портали, засоби доступу до Web-ресурсів, шлюзи взаємодії зі спеціальними зовнішніми системами управління зв'язком.

До інформаційного середовища відносяться наступні засоби: інформаційні та обчислювальні ресурси IP- транспортної мережі, в тому числі ресурси інформаційних порталів, автоматизованих комплексів та засобів комутації й маршрутизації. Створення інформаційного середовища обумовлено проблемами її уніфікації, взаємодії з ГІС та іншими системами управління недержавних операторів телекомунікаційних ресурсів.

До сервісного середовища входять наступні засоби: мультимедіа, телематичні служби державних та недержавних операторів телекомунікаційних ресурсів, геоінформаційні

системи, забезпечення безпеки інформації, електронного документообігу, доступу до сервісних порталів прикладного інтерфейсного середовища. Ці засоби повинні забезпечувати формування, доведення та надання мультимедійних послуг всім посадовим особам на прикладному інтерфейсному та прикладному рівнях.

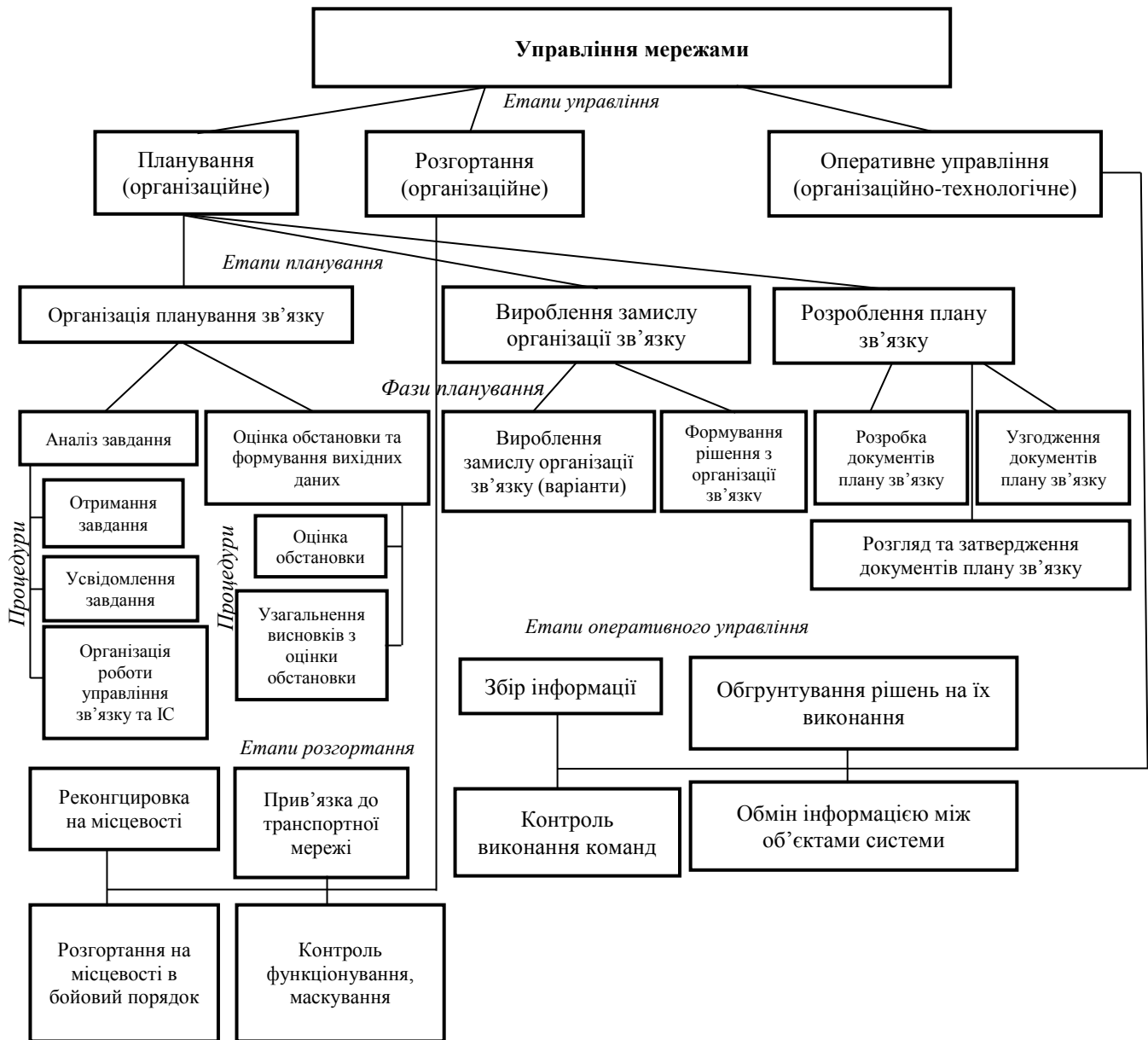


Рис. 3. Класифікація етапів управління мережами та функцій етапу планування

До прикладного інтересного середовища належать наступні засоби: сервісні портали в управляючому, інформаційно-аналітичному та контрольно-технологічному аспектах функціонування АСУЗ; служби номерів, імен, адрес; автоматизації управління якістю сервісного обслуговування.

Засоби прикладного середовища повинні забезпечувати формування, доведення та надання на прикладному рівні всім посадовим особам послуг: управляючих впливів по формуванню та передачі команд, сигналів підтвердження, директив, донесень та розпоряджень по зв'язку, прийому та оперативному аналізу інформації, донесень, доповідей, що поступають від посадових осіб різних підсистем управління.

Етап розгортання полягає в розгортанні мережі в заданому районі. При цьому задачі етапу розгортання (перепланування) мережі можуть виконуватися й на етапі оперативного

управління при значних її змінах (ушкодженні, введенні нових угруповань військ й ін.). Контроль за етапом розгортання мережі здійснюється із центру управління мережею.

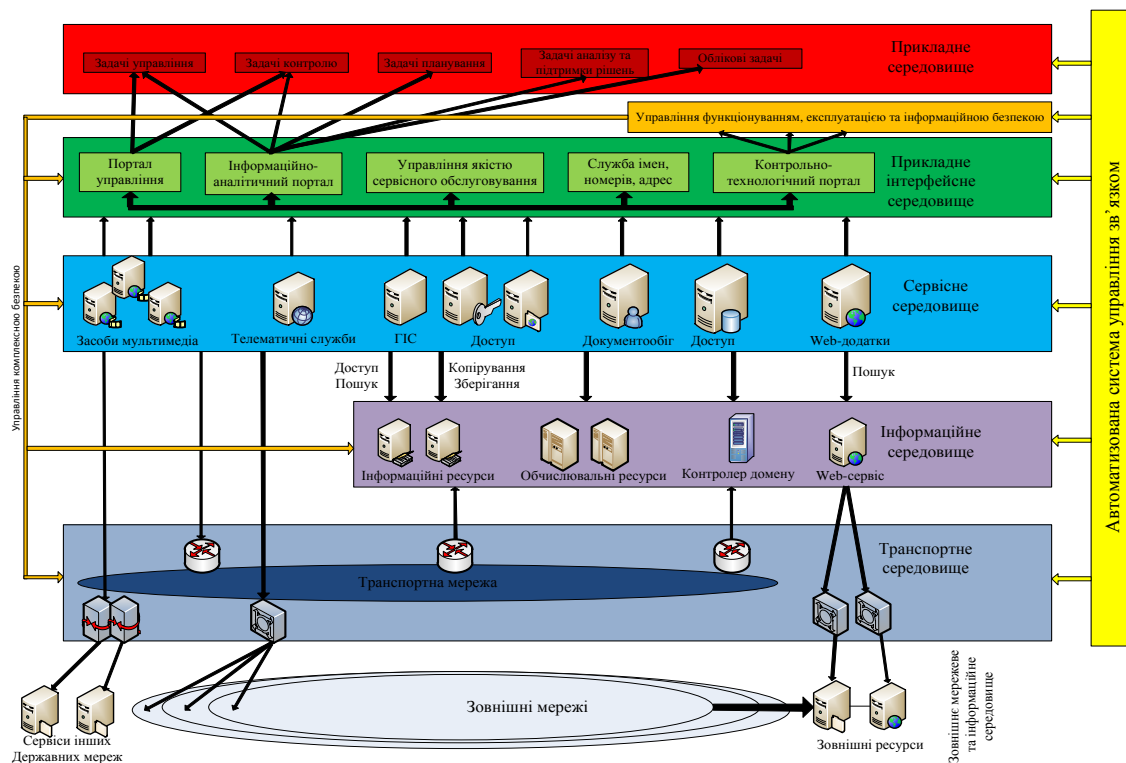


Рис. 4. Автоматизована система управління зв'язком

На етапі оперативного управління за прийнятими критеріями ефективності постійно оцінюється стан мереж, і приймаються міри (відповідно до плану та реальної обстановки) по втриманню показників ефективності функціонування в заданих межах або здійснюється їх системна (користувальницька) оптимізація. Задачі оперативного управління (на відмінність задач планування) вирішуються змішаним способом (централізовано/децентралізовано) у режимі реального часу, а за змістом багаторазово їх повторюють.

Цикл управління мережі здійснюється органом управління (особою, що приймає рішення) та включає наступні основні складові (рис. 5) [1]:

- збір інформації про стан мережі (при цьому необхідно приймати рішення за об'ємом, типом, рівнями, функціями збору службової інформації);
- аналіз даної інформації – визначаються: виконання мережею своїх функцій, необхідність управляючого впливу, цілі управління з подальшою деталізацією їх на підцілі;
- прийняття рішення (реконфігурація мережі, перерозподіл каналів транспортної мережі та мережі доступу, маршрутизація та обмеження потоків, оновлення елементів мережі тощо);
- виконання рішення (видача та доведення управляючих команд, розсилання службової інформації, резервування ресурсу, установлення потужності передавачів, спрямованість антен тощо);
- контроль виконання рішень у задані часові інтервали.

Виходячи з основних відмінностей та особливостей системи управління мережею та основних вимог до неї, визначені основні принципи її функціонування: принцип адаптивного управління; принцип функціональності управління (повинен реалізовуватися на кожному вузлі, рис. 6); принцип ієрархічності управління; принцип розподіленості та координації взаємодії; принцип оптимальності управління [1 – 3].

За охопленням задачі управління діляться на управління функціонуванням всієї телекомунікаційної мережі, її зони або процесом передачі інформації між виділеними абонентами.

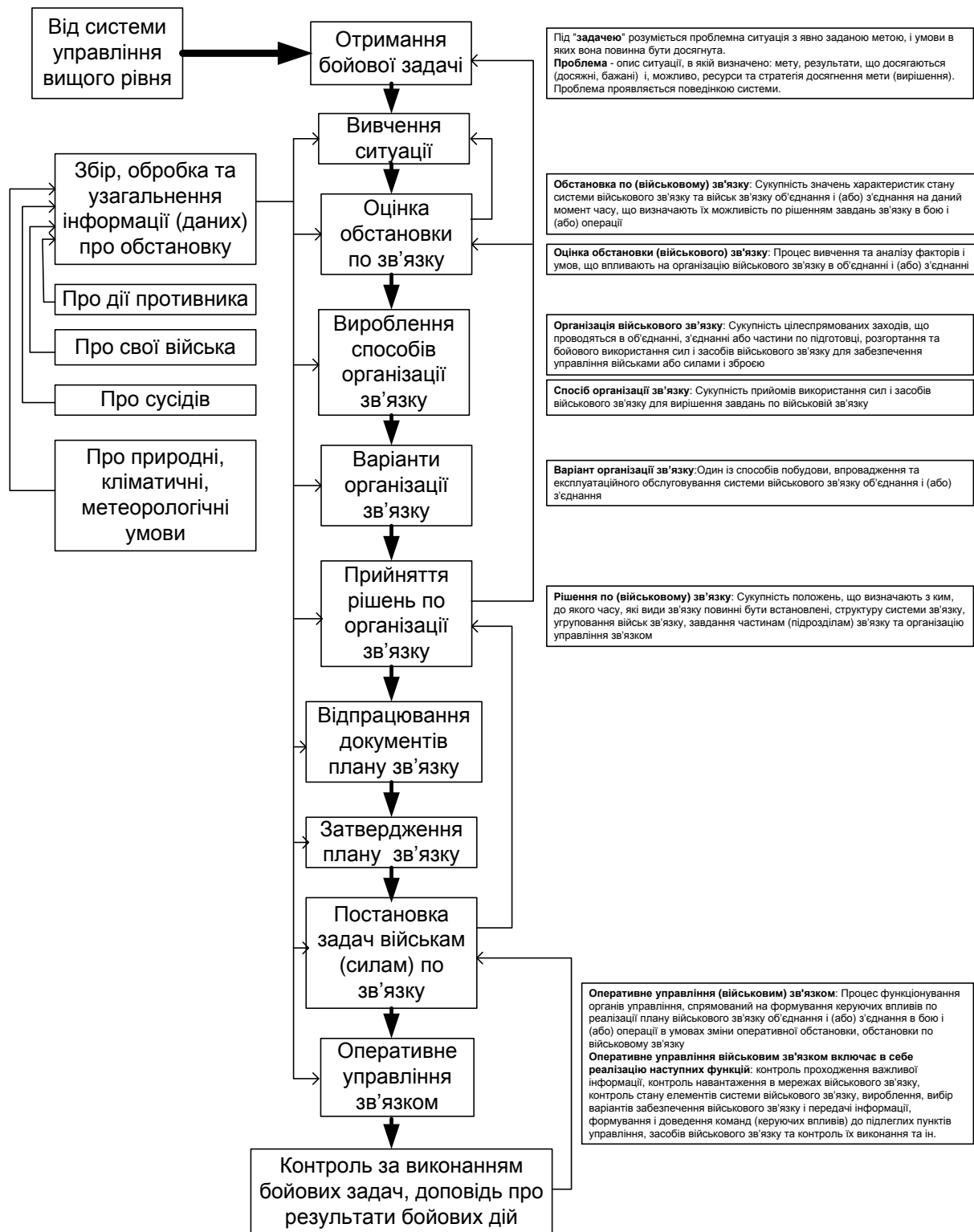


Рис. 5. Схема процесу управління в системі управління військами зв'язку

За способом реалізації частина задач оперативного управління вирішується ізолювано (окремим вузлом), а більша частина – кооперовано, сукупністю вузлів (наприклад, маршрутизація інформаційних повідомлень й ін.).

За видом постановки та математичному апарату задачі діляться на задачі розподілу ресурсів, задачі масового обслуговування, маршрутні задачі й ін.

За функціями задачі управління мережі діляться на дві групи [1, 2]:

1. Спеціальні задачі управління (наприклад, визначення маршрутів польоту БПЛА й координація їхнього переміщення, тощо).

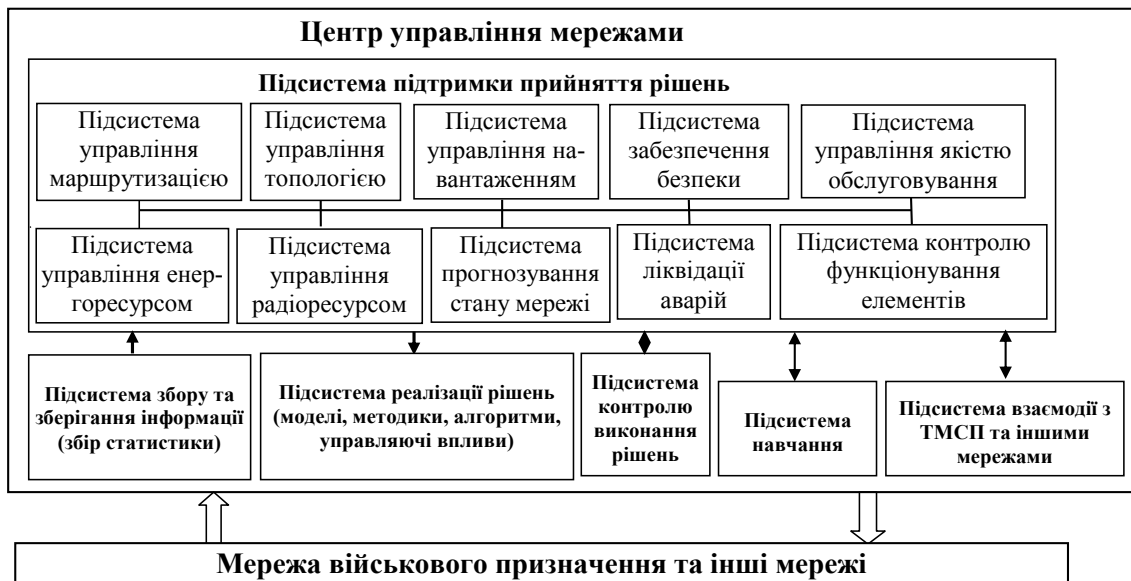


Рис. 6. Функціональна модель системи оперативного управління

2. Універсальні задачі управління – характерні для мереж всіх рівнів мережі: управління топологією, управління маршрутизацією, управління навантаженням, управління радіоресурсом, управління енергоресурсом, управління безпекою. Однак, конкретна реалізація методів управління кожної мережі повинна враховувати її призначення та особливості архітектури (розмірність, мобільність, продуктивність й ін.). Наприклад, методи маршрутизації повинні бути орієнтовані на ієрархічну архітектуру мережі та передачу повідомлень із заданою якістю (QoS).

Цілями системи управління можуть бути екстремум або підтримка (виступають як обмеження) заданих параметрів функціонування всієї мережі, що можна представити в вигляді [5, 8]:

$$\begin{aligned} & \text{Ц} = f(S, P^e, P^{зв}, F, Y, O, R) \rightarrow \text{opt} \\ & \text{при обмеженнях } R \leq R_{\text{доп}}, \text{ та } O \leq O_{\text{доп}}, \{T_{\text{ц}} \leq T^{\text{доп}}\} \rightarrow \text{min} \end{aligned}$$

де S – структура системи управління;

P^e – параметри елементів системи;

$P^{зв}$ – параметри зв'язків між елементами;

F – сукупність функцій, що реалізуються системою управління;

Y – умови функціонування системи управління;

O – обмеження на значення характеристик властивостей системи управління, що створюється;

R – обмеження на ресурси, за допомогою яких буде синтезуватися система управління;

$T_{\text{ц}}$ – час циклу оперативного управління мережею;

$T^{\text{доп}}$ – час, що відведений на оперативне управління мережею, який визначається директивними документами, а також час на проведення кожного етапу оперативного управління мережею.

Разом з тим, у системі управління мережею існує ієрархія цілей (рис. 7). В загальному випадку її можна представити у вигляді списків підцілей, які пов'язані визначеними відношеннями:

$$Ц_{\text{ц}} = \{C_0 R_{01} \{C_{11}, C_{12}, \dots, C_{1n}\} R_{12} \{C_{21}, C_{22}, \dots, C_{2n}\} \dots R_{ij} \{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kn}\}\},$$

де $Ц_{\text{ц}}$ – ієрархія цілей системи управління;

C_0 – глобальна ціль системи управління;

C_{ij} – j -а підціль i -го рівня ієрархії цілей, $i = \overline{1, k}; j = \overline{1, n}$;

R – множина відношень на підцілі ієрархії цілей.



Рис. 7. Фрагмент цільової структури вузла мережі

В умовах змішаного управління (частка функцій виконується централізовано центрами управління мережами, а друга децентралізовано – вузлами, особливо в тактичній ланці управління) можна визначити дві взаємозалежні групи цілей: мережеві (зонові) – оптимізація мережевих або зонових показників ефективності; користувальницькі – досягнення заданої якості передачі та функціонування елементів мережі за необхідним напрямком.

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

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

C_2 – потужність передачів вузлів мережі чи її зони;

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

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

C_5 – кількість апаратних ресурсів (аероплатформ, 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 [9]. 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 мережевих (зонових) 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 $M \rightarrow \max S_M (S_M \geq S_{M\text{зад}})$, де $S_M = \sum_{j=1}^J S_{mj}$, $m_j \in M$

2. Мінімальний час доставки пакетів (обмеження) часу доставки пакетів t_3 :

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

3. Максимум ($\max n_M$) або обмеження ($n_M \leq n_{M\text{зад}}$) кількості незалежних маршрутів передачі.

Наявність сукупності критеріїв ефективності обумовлює багатокритеріальність задач управління та значно ускладнює розробку формальних методів.

$$K(x_j) = \{K_1(x_j), K_2(x_j), \dots, K_m(x_j)\} = \{K_j(x_j); j = 1, \dots, m\}$$

Для рішення здійснення управління пропонується динамічно визначати головний критерій ефективності (виходячи з поточної ситуації в мережі), який підлягає оптимізації, а інші переводити в розряд обмежень.

Таким чином, розглянута загальна ідеологія побудови системи управління мережами зв'язку військового призначення. Розглянуто задачі, функції та технології управління мережами. Створення сучасної системи управління мережами зв'язку військового призначення потребує розробки сучасних методів управління мережами, що складуть основу побудови інтелектуальної мережі зв'язку спеціального призначення, яка дозволить побудувати адаптивну архітектуру, що самоорганізується, забезпечити передачу різних видів трафіка з заданою якістю та значно покращити показники ефективності мережі зв'язку та автоматизувати процеси управління цією мережею, що є напрямком подальших досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Міночкін А.І., Романюк В.А. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення// Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2005, № 3.
2. Котенко И.В. Теория и практика построения автоматизированных систем информационной и вычислительной поддержки процессов планирования связи на основе новых информационных технологий. – СПб: ВАС, 1998. – 404 с.
3. В.В. Хиленко, Л.Н. Беркман, Г.Ф. Колченко, О.Г. Варфоломеева Методи підвищення показників якості системи управління телекомунікаційними мережами: Монографія// – К.: Норіта-плюс, 2007.– 236 с.
4. А. Барсков *SDN: кому и зачем это надо?* Журнал сетевых решений/*LAN*, № 12, 2012.
5. А.В. Боговик, С.С. Загорулько, И.С. Ковалёв, И.В. Котенко, В. Масановец Теория управления в системах военного назначения/ Под редакцией И.В. Котенко. М.: МО, 2001. С. 1 – 320.
6. Гребешков А.Ю. Управление сетями связи по стандарту *TMN*: Учеб. пособие. – М.: Радио и связь, 2004 г. – 155 с.
7. Арипов М.Н., Присяжнюк С.П., Шарипов Р.А. Контроль и управление в сетях передачи данных с коммутацией пакетов. – Ташкент: Фан, 1988. – 160 с.
8. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методология оперативного управления мобильными радиосетями // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 53 – 58.
9. Романюк В.А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2012. – № 1. – С. 109 – 117.