

## ОГЛЯД ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ В MESH-МЕРЕЖАХ СТАНДАРТУ IEEE 802.11

*У статті здійснено огляд існуючих протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11. Проведено класифікацію протоколів маршрутизації за особливостями їх функціонального призначення. Сформовано перелік основних вимог, що висувуються до протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11.*

*Гаркуша С.В. Классификация протоколов маршрутизации в mesh-сетях стандарта IEEE 802.11. В статье сделан обзор существующих протоколов маршрутизации в mesh-сетях стандарта IEEE 802.11. Проведена классификация протоколов маршрутизации по особенностям их функционального назначения. Сформирован перечень основных требований, предъявляемых к протоколам маршрутизации в mesh-сетях стандарта IEEE 802.11.*

*S.Garkusha Classification of routing protocols in mesh-networking standard IEEE 802.11. This article provides an overview of the existing routing protocols in mesh-networking standard, IEEE 802.11. The classification of routing protocols on the specifics of their functional purpose. Generated a list of basic requirements for routing protocols in mesh-networking standard IEEE 802.11.*

**Ключові слова:** mesh-мережа, протокол маршрутизації, класифікація.

В даний час в Збройних Силах України особливу увагу направлено на створення єдиного інформаційного простору. Це має сприяти ефективному застосуванню військ (сил) шляхом організації своєчасного планування та узгодження їх дій, забезпечення своєчасного зворотнього зв'язку з підлеглими з'єднаннями, частинами і підрозділами для отримання відомостей про їх стан, розташування і засоби, що сприяють виконанню поставлених завдань.

При цьому фундаментом повинна виступати глобальна (просторово-рознесена) інформаційна мережа, що створюється на базі наявних та перспективних мереж зв'язку передачі даних на основі застосування сучасних телекомунікаційних технологій і обладнання з високими оперативно-технічними характеристиками. Така мережа повинна забезпечувати безперервний і одноманітний обмін інформацією для всіх систем і засобів, що використовуються в мирний час і при проведенні бойових дій.

Так одним з основних напрямів розвитку єдиного інформаційного простору є забезпечення автоматизації управління військами в усіх ланках і створення засобів, що дозволяють формувати єдину картину «поля бою» на основі отримуваної від різних джерел інформації. Крім того, отримана інформація повинна доводитись до керівництва в зручному для ухвалення рішення вигляді, а також забезпечувати планування бойового застосування військ (сил) і зброї в близькому до реального масштабі часу. Так для вирішення зазначених завдань в тактичній ланці управління Збройних Сил України повинен бути забезпечений перехід від мереж зв'язку, організованих відповідно до існуючих контурів управління, до високошвидкісних закритих локальних mesh-мереж на базі засобів широкопasmового доступу.

В даний час досить складно сформулювати точні критерії, що визначають mesh-мережу в застосуванні до систем широкопasmового безпроводового доступу. При цьому в загальному вигляді воно може звучати так: mesh-мережа – це один з видів мереж, в якій кожна станція виконує не тільки збір і розповсюдження своїх власних даних, а також виступає в якості ретранслятора для інших вузлів, тобто станції повинні взаємодіяти між собою з метою передачі даних по мережі [1].

Одним з найбільш важливих етапів розвитку та вдосконалення mesh-мереж є вирішення завдання забезпечення необхідної якості обслуговування. Вирішення даного завдання актуальне з огляду на рухливість станцій та їх відмов, які відбуваються частіше, ніж в про-водових мережах. Крім того, в mesh-мережах відбувається постійне збільшення обсягу трафіку реального часу, який особливо чутливий до змін затримок, пропускну здатності каналів зв'язку, а також втрат пакетів [2 – 6].

Одним з найбільш ефективних засобів забезпечення якості обслуговування в mesh-мережах є протоколи маршрутизації. У цьому зв'язку актуальною представляється задача, пов'язана з оглядом і класифікацією протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11, які можуть бути використані для забезпечення зв'язку в тактичній ланці управління Збройних Сил України.

### 1. Класифікація протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11

На сьогоднішній день існує декілька підходів до класифікації протоколів маршрутизації в mesh-мережах [7 – 14]. Проте, всі вони носять поверхневий характер не дозволяючи зробити вибір того чи іншого протоколу маршрутизації для вирішення конкретних завдань.

Класифікація традиційно основана на систематизації і об'єднанні в групи об'єктів, що аналізуються, відповідно до їх загальних ознак. Метою проведення класифікації існуючих протоколів маршрутизації є виявлення їх переваг та недоліків, а також визначення умов і області їх застосування в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11.

В загальному вигляді класифікація протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 представлена на рис. 1:

### Класифікація протоколів маршрутизації

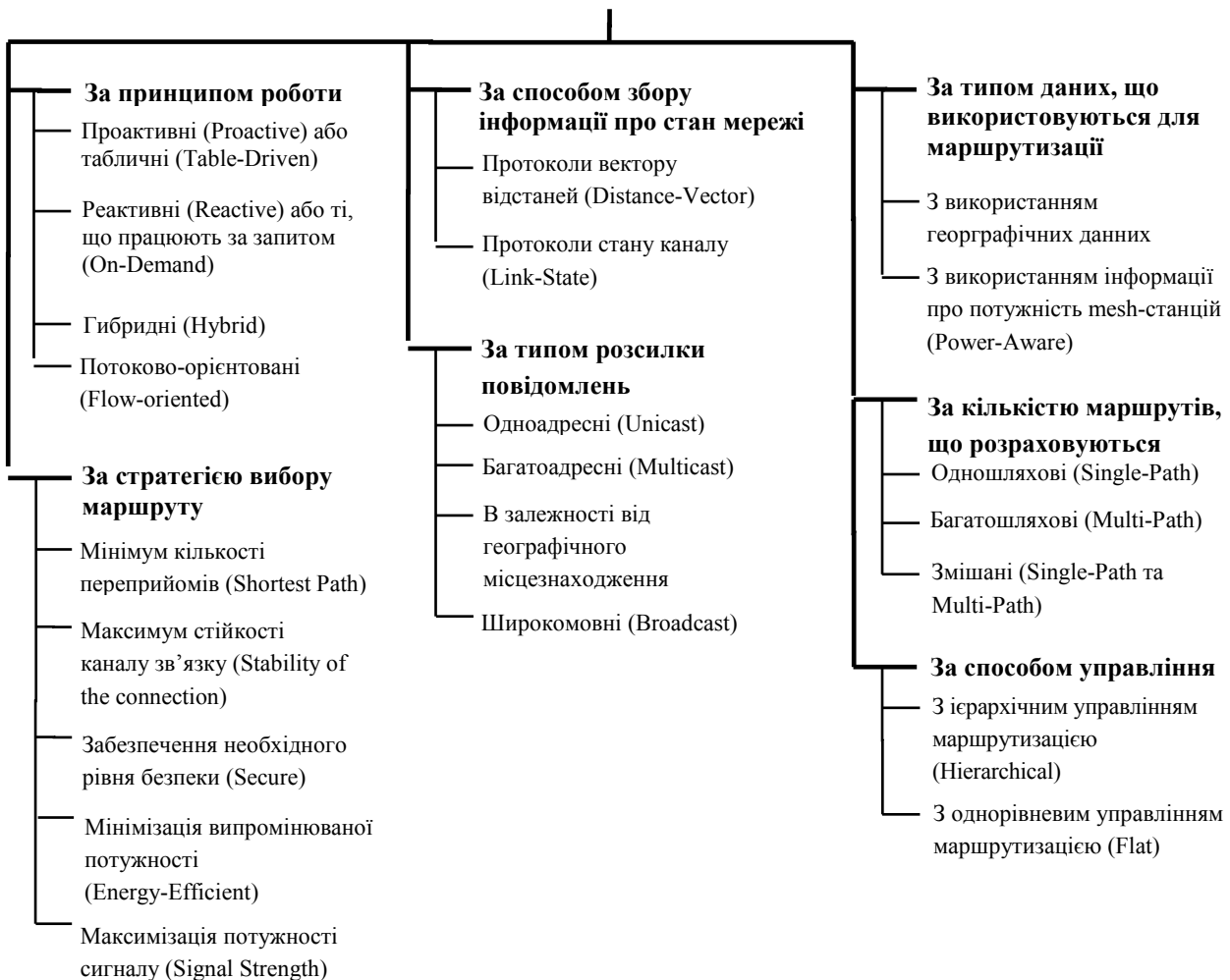





Рис. 1. Класифікація протоколів маршрутизації

З метою відображення прикладів класифікаційних груп будемо використовувати умовні позначення представлені в табл. 1.

Умовні позначення елементів mesh-мереж

Умовне позначення	Типи mesh-станцій	
	Назва англійською мовою	Назва українською мовою
 WMR-CH	Wireless Mesh Router – Cluster Head	Безпроводовий mesh-маршрутизатор – старший кластера
 WMR-G	Wireless Mesh Router - Gateway	Безпроводовий mesh-маршрутизатор – шлюз
	Wireless Mesh Router	Безпроводовий mesh-маршрутизатор

За принципом роботи всю множину протоколів маршрутизації можна розділити на: проактивні, реактивні, гібридні, потоково-орієнтовані і адаптивні протоколи. В проактивних протоколах (AWDS, Babel, BATMAN, CGSR, DFR, DBF, DSDV, HSLS, Guesswork, HSR, IARP, LCA, MMRP, OLSR, TBRPF, WAR, WRP, STAR) маршрутизація здійснюється на основі таблиць, в результаті чого вони також мають назву табличних протоколів маршрутизації [7, 8, 14, 15]. У таблиці заноситься актуальна інформація про зміни в топології мережі та про стан маршрутів, яка збирається через службові повідомлення, що періодично передаються по мережі. Збір службової інформації проводиться навіть у випадку, коли система знаходиться в стійкому стані. На основі зібраної інформації та чи інша станція буде маршрути до всіх інших вузлів мережі і зберігає їх в таблиці маршрутизації. Основними недоліками таких протоколів є:

1. Великий обсяг службової інформації, що передається.

2. Повільна реакція на зміну конфігурації безпроводової мережі і відмови в передачі пакетів.

Реактивні протоколи маршрутизації (ESAODV, RSRP, SENCASST, MAODV, MEPA, ARA, ACOR, Ariadne, ABR, AODV, BSR, CHAMP, DSR, FSDSR, DYMO, AORP, BSR, DSR, DSRFLOW, FORP, SMR, TORA) виконують формування маршрутів передачі даних за вимогою, тобто при виникненні необхідності у передачі інформації тією чи іншою станцією мережі [7, 8, 14-16]. При необхідності побудови нового маршруту станція відправник виконує трансляцію по мережі повідомлення, яке містить запит, з метою його досягнення станції адресата. В результаті отримання запиту станція адресат формує повідомлення підтвердження, яке надсилається станції відправнику. З інформації, що зберігається в підтвердженні, станція відправник отримує дані про необхідний маршрут і заносить його в свою таблицю маршрутизації. При необхідності повторної передачі даних станції адресату маршрут просто зчитується з таблиці маршрутизації. У разі зміни топології безпроводової мережі, використання реактивних протоколів не вимагає додаткових ресурсів для формування нових маршрутів. Основними недоліками таких протоколів є:

1. Великий час затримки при передачі пакетів по мережі.

2. Широкомовна маршрутизація може привести до перенасичення мережі.

Гібридні протоколи маршрутизації (ARPAM, HRPLS, HSLS, HWMP, OORP, SSR, ZRP, HRP, GZRP, HARP, LANMAR, SHARP) дозволяють скомбінувати механізми, що використовуються в проактивних і реактивних протоколах [7, 8, 15]. Результатом використання гібридних протоколів є розбиття мережі на підмережі, в рамках яких маршрути будуються з використанням проактивних протоколів. У свою чергу взаємодія між підмережами здійснюється з використанням реактивних протоколів маршрутизації. Використання гібридних протоколів маршрутизації в великих мережах дозволяє скоротити кількість службової інформації, що передається по мережі, так як основна її частина локалізована в рамках підмереж. Також використання гібридних протоколів дозволяє зменшити розміри створюваних таблиць маршрутизації. Основними особливостями гібридних протоколів є:

1. Перевага залежить від кількості активних станцій.

## 2. Реакція на запити залежить від різких змін інтенсивності трафіку.

Потоково-орієнтовані протоколи маршрутизації (GB, IERP, LBR, LMR, LQSR, LUNAR, MOR, MPRDV, QuaSAR, RDMAR, SrcRR, SSR, PLBR, VRR, FR) роблять оцінку обсягу трафіку, що передається по mesh-мережі, перед прийняттям рішення про вибір маршруту для передачі пакету [7]. Важливою вимогою в роботі зазначених протоколів є наявність можливості охарактеризувати транспортні потоки в режимі реального часу. Основною ідеєю алгоритму закладеного в потоково-орієнтовані протоколи маршрутизації є те, що для будь-якого напрямку зв'язку повинні бути відомі продуктивність і середнє значення потоку інформації, що передається. На основі зазначених даних може бути обчислена середня затримка при передачі пакета по певному маршруту, з використанням теорії масового обслуговування. В результаті цього завдання маршрутизації з використанням потоково-орієнтованих протоколів зводиться до знаходження маршруту, що забезпечує мінімальну середню затримку по підмережі. Основним недоліком потоково-орієнтованих протоколів маршрутизації є те, що необхідно витратити достатньо великий час на вивчення нових маршрутів. Зазначений недолік може бути компенсований шляхом оцінки трафіку, що передається по безпроводовій мережі.

Також всю множину протоколів маршрутизації в mesh-мережах можна розділити за способом збору інформації про стан мережі. При цьому можна виділити протоколи (AODV, DSDV, DVMRP, SEAD, AOMDV, SAODV, ARAN), які використовують алгоритми вектора відстаней, за допомогою яких станції розсилають своїм сусіднім станціям інформацію про відомі їм маршрути [8, 17]. Необхідно зауважити, що станції розсилають інформацію, що має дві складові. По-перше, станція повідомляє відстань до станції призначення, а по-друге, вона вказує який напрям (вектор) необхідно використовувати для досягнення станції призначення. На основі отриманої інформації, кожна станція формує таблицю адрес призначень, відстаней та зв'язків з сусідніми станціями. Потім із сформованої таблиці вибирається найкоротший маршрут до станції призначення. Використання протоколу вектора відстаней припускає, що кожна станція просто пересилає пакети на сусідню станцію (або станцію призначення) по найкоротшому шляху, що міститься в таблиці маршрутизації. При цьому передбачається, що станція одержувач пакета буде знати, як переслати пакет далі в напрямку станції призначення. Також можна виділити протоколи маршрутизації (DSR, TORA, OLSR, TBRPF, LANMAR, FSR), які використовують алгоритм стану каналу [8, 18]. При використанні протоколів стану каналу станції не надають інформацію про станцію призначення, замість цього вони надають інформацію про топологію mesh-мережі. Як правило, в якості такої інформації виступає інформація про стан сегментів мережі і можливих напрямів зв'язку, доступних конкретній станції. Ця інформація поширюється по всій mesh-мережі, після чого кожна станція формує свою картину щодо стану маршрутів.

Крім того, протоколи маршрутизації можна розділити за кількістю маршрутів, що розраховуються. Виділяють протоколи одношляхової маршрутизації (рис. 2 а), які в результаті обробки інформації про топологію мережі проводять пошук оптимального шляху до зазначеного адресату, після чого заносять його в таблицю маршрутизації (DVR, DSDV, WRP, ABR, HSR) [8, 14, 19]. Також виділяють протоколи багатошляхової маршрутизації (рис. 2 б), які заносять в таблицю маршрутизації більше одного маршруту до необхідного адресату (AODV, AOMDV, SMR, MP-DSR, NDMR, DSR, TORA) [8, 14, 19, 20]. В якості основного використовується оптимальний маршрут передачі повідомлень, в результаті розриву якого використовується один з резервних маршрутів. Резервні маршрути також можуть бути використані з метою перерозподілу частини навантаження з основного шляху. Крім того, виділяють протоколи маршрутизації зі змішаним вибором числа маршрутів (рис. 2 в), які можуть виконати формування як одного, так і декількох маршрутів до станції призначення (LSR, GSR, FSR, CSGR) [14, 19].

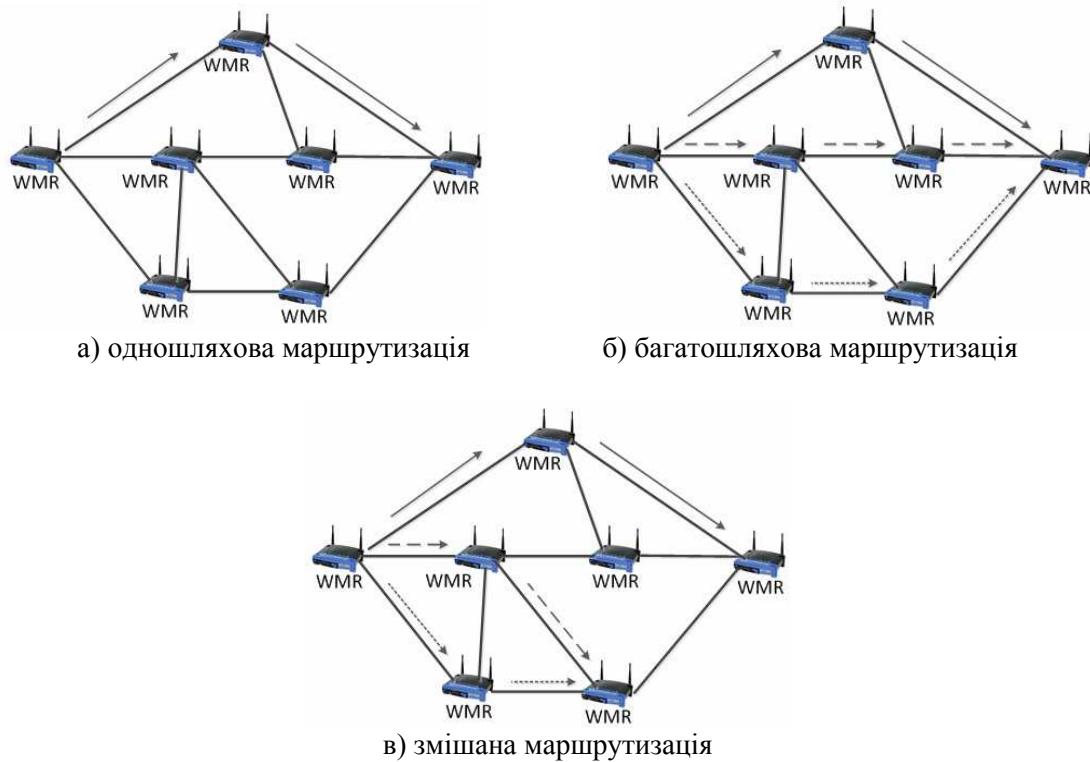
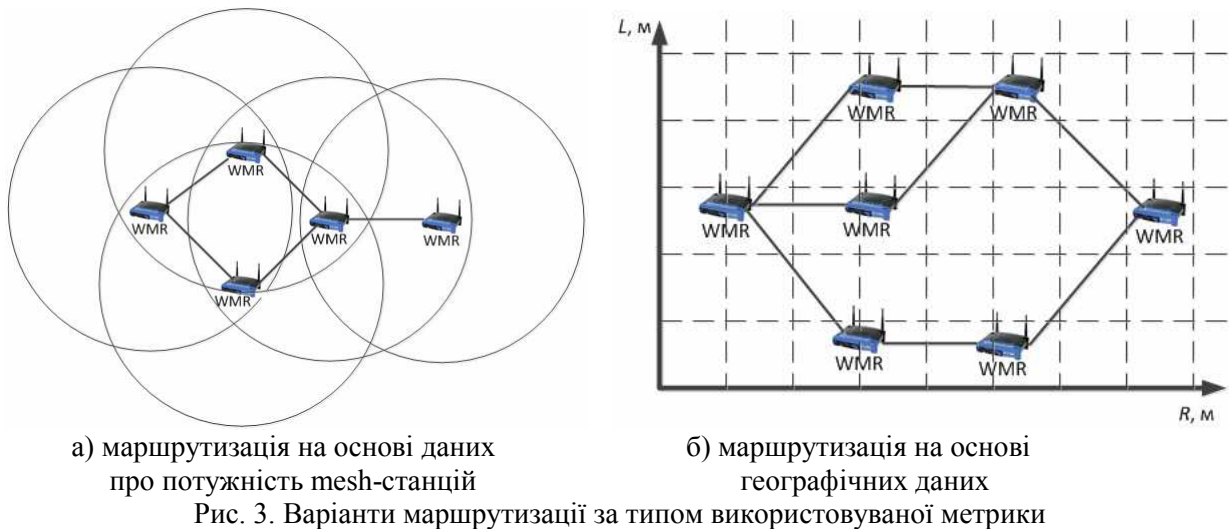


Рис. 2. Варіанти маршрутизації по кількості маршрутів, що розраховуються

Також всю множину протоколів маршрутизації в mesh-мережах можна класифікувати за типом метрики, використовуваної для маршрутизації даних. При цьому можна виділити протоколи маршрутизації (рис. 3 а), які використовують дані про потужність безпроводових адаптерів (ISAIAH, PARO, EADSR, PAMAS, DSPRA, GAF) [8, 21]. Основним недоліком протоколів, що використовують дані про потужність безпроводових адаптерів є достатньо висока затримка для кожної передачі. Також виділяють протоколи, що використовують географічні дані про місце розташування станцій (рис. 3 б), які можуть бути зібрані, наприклад, засобами супутникової навігації (ALARM, BGR, DREAM, GLS, LAR, GPSAL, ZHLS, GPSR, GFG, SiFT) [7, 8, 22]. Ефективність протоколів, що використовують географічні дані, залежить від збалансованості географічного розподілу по відношенню до трафіку, що поступає.



Також всю множину протоколів маршрутизації в mesh-мережах можна розділити за способом управління. При цьому, виділяють протоколи з однорівневим управлінням

маршрутизацією (рис. 4 а), при використанні яких всі станції mesh-мережі знаходяться на одному функціональному рівні, тобто використовуються станції одного функціонального типу (DSR, DSDV, AODV, SLS, ZRP, TORA, LSR, DVR, GSR, CSGR, WRP, ABR) [8, 14, 23]. Однорівневі протоколи маршрутизації є простими і ефективними для невеликих мереж. При використанні однорівневих протоколів у досить великій мережі виникає необхідність у передачі великого об'єму службової інформації, що призведе до збільшення часу доставки службових повідомлень до віддалених станцій. Також можна виділити ієрархічні (кластерні) протоколи маршрутизації (рис. 4 б), при використанні яких всі станції mesh-мережі динамічно розбиваються на сегменти, що називаються кластерами, а потім кластери об'єднуються в більш великі сегменти і т.д. (BRP, CBRP, CEDAR, CSGR, DART, DDR, FSR, GSR, HARP, HSR, IARP, IERP, LANMAR, OORP, WHIRL) [7, 8, 14, 24]. Ієрархічні протоколи маршрутизації використовують mesh-станції різних функціональних властивостей. Організація мережі в кластери, допомагає забезпечувати відносно стабільну топологію мережі. При цьому динамічні зміни топології мережі обмежені в рамках кластерів.

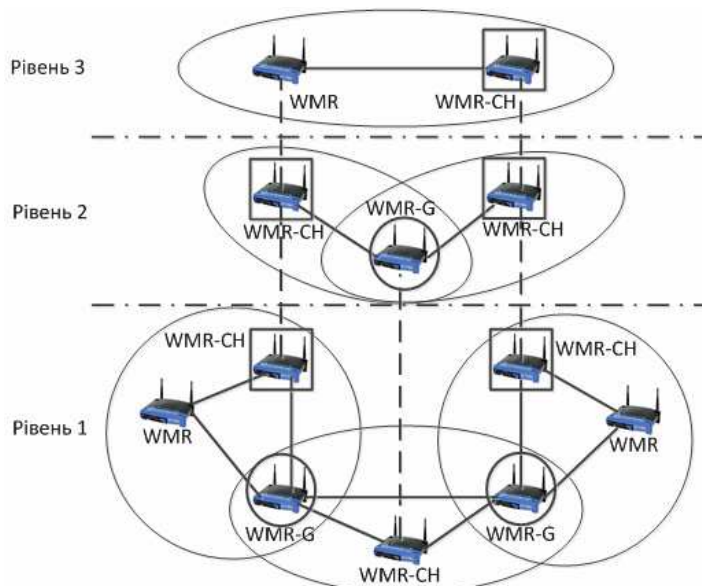
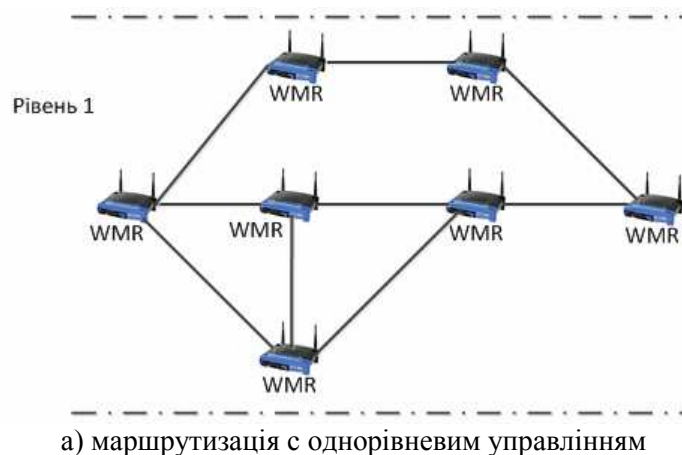


Рис. 4. Варіанти маршрутизації за способом управління

Крім цього, протоколи маршрутизації в mesh-мережах можна розділити за типом розсилки повідомлень. При цьому можна виділити протоколи, які виконують одноадресну розсилку повідомлень (рис. 5 а), тобто повідомлень призначених для однієї станції адресата (AODV, AODV\_BR, ARA, ABR, ADV, CEDAR, DSDV, DSR, BSR, BEE, CHAMP, CBR, CSGR, CMMBCR, DREAM, DART, FORP, GB, GEDIR, GRID, GSR, ISR, LBR, LPBR, MRPC,



MSR, MBCR, MIF, MTPR, MMBCR, MFR, NFP, NDMR, NVSP, OLSR, STAR, TORA, FSLs, FSR, HSR, LANMAR, LAR, LMR, ZRP, PSR, PARO, RDMAR, RABR, SLURP, SSA, SMR, ZHLS) [25]. Це найпростіший вид розсилки повідомлень в будь-якій мережі, яка може бути використана для проектування інших видів протоколів маршрутизації. Недоліки одноадресних протоколів маршрутизації проявляються при необхідності переслати повідомлення або потік даних декільком пунктам призначення. Також необхідно виділити протоколи багатадресної маршрутизації (рис. 5 б), які виконують побудову дерева маршрутизації від однієї станції відправника до кількох станцій адресатів (AMRoute, AMRIS, ODMRP, CAMP, MAODV, EMMR, OPHMR, MANHSI, PAST-DM, PUMA, DCMP, NSMP, ADMR, MCEDAR, ROMANT, AAMRP, PPMA, MOBICAST, ABAM, ADMR, AODV-BR, BEMRP, CBM, DCMP, DDM, DSR-MB, EraMobile, FGMP, LAM, MCEDAR, AOMDV, MOLSR, MP-DSR, MRMP, MZR, SRMP) [26]. Також виділяються протоколи, які виконують розсилку залежно від географічного положення станцій призначення (рис. 5 в), тобто повідомлення адресуються для групи станцій, що знаходяться в рамках зазначеного географічного району (LBM, GAMER, GeoGRID, GeoTORA, GeoNODE, GFG, GFP, MGRP, MRGR, OFSGP, OFMGP, URAD) [27]. Крім того, виділяють протоколи ширококомовної маршрутизації (рис. 5 г), що виконують розсилку повідомлень від однієї станції відправника до всіх станцій mesh-мережі (TBRPF, PLBD, LUNAR, BCAST) [28].

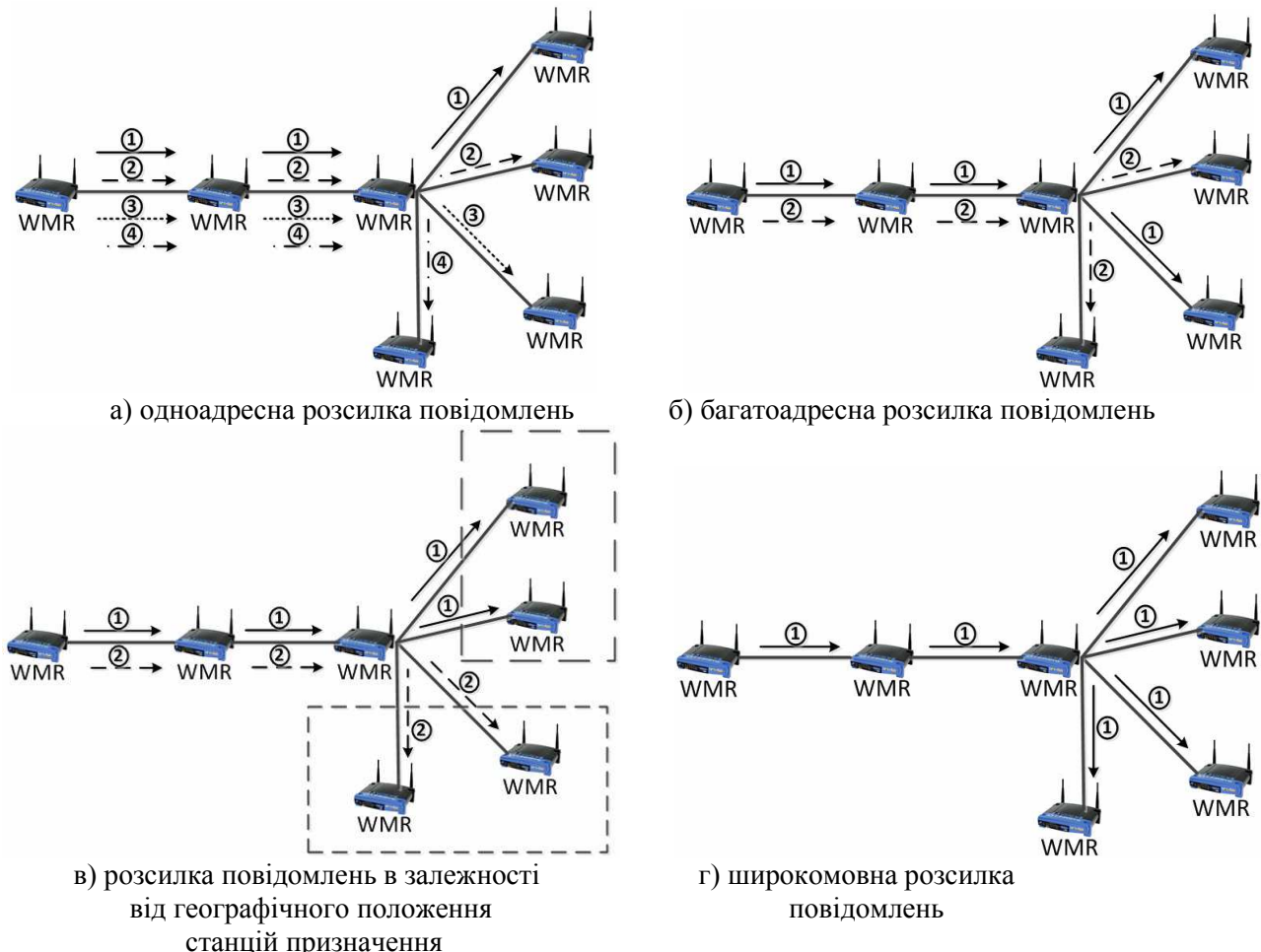


Рис. 5. Варіанти маршрутизації за типом розсилки повідомлень

Також всю множину протоколів маршрутизації в mesh-мережах можна розділити за стратегією вибору маршруту. При цьому виділяють протоколи (DSDV, AOVD, OLSR, ZRP, SHARP) пошуку шляхів з мінімальною кількістю переприйомів (рис. 6) [29]. Також необхідно виділити протоколи маршрутизації в mesh-мережах, які виконують вибір маршруту через найбільш стійкі канали зв'язку (SSR, ABR, SSA, RABR, LBR, FORP) [30]. Також

виділяють протоколи, які в якості критерію оптимальності при виборі маршруту використовують забезпечення необхідного рівня безпеки переданих даних (ARAN, Ariadne, SEAD, SAR, TESLA, EndairA, S-DSDV, SLSP, SAODV, SRP, LHAP, SMT, SPAAR, SRP) [31]. Крім того, виділяють протоколи, спрямовані на мінімізацію потужності випромінюваної станціями (FAR, OMM, PLR, MER, RAR, COMPOW, LEAR, CMMBCR, SPAN, GAF, PEN) [32]. Також можна виділити протоколи маршрутизації в mesh-мережах, які виконують вибір маршруту з максимальною потужністю сигналу (SSA, ABR, SSOD) [33].

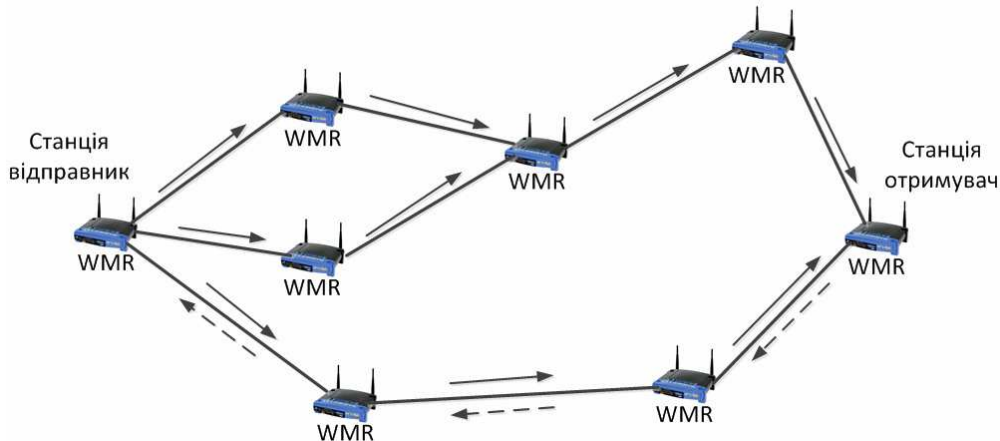


Рис. 6 Маршрутизація, яка виконує пошук маршрутів з мінімальною кількістю переприємів

## 2. Вимоги до протоколів маршрутизації

В результаті проведеного огляду можна сформуванати перелік основних вимог, що висуваються до протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11, який доповнює перелік вимог, наведений в [7]:

- забезпечувати можливість побудови декількох маршрутів;
- володіти механізмом оперативного виявлення відмов маршрутів та їх відновлення;
- забезпечувати мінімальний час побудови маршруту при зміні положення mesh-станцій;
- підтримувати децентралізоване управління, тобто всі станції мережі повинні мати можливість здійснювати маршрутизацію пакетів не маючи жорстко закріплених функцій;
- забезпечувати надійну доставку пакетів;
- забезпечувати економію енергії безпроводових адаптерів;
- забезпечувати відсутність циклів в mesh-мережі;
- забезпечувати безпеку передачі даних;
- забезпечувати підтримку необхідного рівня якості обслуговування;
- забезпечувати мінімізацію обсягу службового трафіку;
- мінімізувати вимоги до обробки пакетів за рахунок використання відповідних алгоритмів маршрутизації.

### Висновки

У роботі наведено класифікацію протоколів маршрутизації в mesh-мережах стандарту IEEE 802.11 (рис. 1), яка дозволила констатувати наявність досить широкого спектру підходів до маршрутизації пакетів даних. При цьому важливо розуміти, що ефективність того чи іншого протоколу маршрутизації визначається покладеним в його основу методом, а також типом математичної моделі за допомогою якої він реалізується.

Також необхідно враховувати, що чим більше особливостей та закономірностей в роботі протоколу маршрутизації опише математична модель, тим ефективнішим буде технологічне рішення пошуку оптимальних маршрутів. Неповний облік вимог висунутих до протоколам маршрутизації призведе до відсутності ефективної передачі даних з наданням необхідних параметрів якості обслуговування. У зв'язку з цим, подальші дослідження



пов'язані з вирішенням задачі маршрутизації в mesh-мережах повинні бути спрямовані на вибір існуючих або розробку нових підходів, що задовольняють вимогам висунутим до протоколів маршрутизації, а також їх реалізацією на практиці. Результатом цих досліджень має бути підвищення ефективності передачі даних із забезпеченням, різними додатками, необхідного рівня якості обслуговування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Akyildiz I.F., Wang X., Wang W. Wireless mesh networks: a survey // *Computer Networks*. – 2005. – Vol. 47, No.2. – P. 445 – 487.
2. Chen S., Nahrstedt K. Distributed quality-of-service routing in Ad Hoc networks // *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*. – 1999. – Vol.17, No.2. – P. 1488-1505.
3. Perkins D. D., H. D. Hughes A survey on quality-of-service support for mobile Ad Hoc networks // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2002. – P. 503 – 513.
4. Chakrabarti S., Mishra A. QoS issues in Ad Hoc Wireless // *IEEE Communications Magazine*. – 2001. – P. 142 – 148.
5. Perkins C., Belding-Royer E. Quality of service for Ad Hoc on-demand distance vector routing // *A Thesis Submitted for the Degree*. – University of Victoria. – 2005. – 81 p.
6. Миночкин А.И., Романюк В.А. Управление качеством обслуживания в мобильных радиосетях // *Зв'язок*. – 2005. – № 8. – С. 17 – 23.
7. Гоголева М.А. Классификация и анализ методов маршрутизации в mesh-сетях // *Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.* – 2008. – Вып. 155. – С. 173 – 185.
8. Фадеев М.Н., Кулаков М.С. Маршрутизация в беспроводных мобильных АD НОС сетях // *Сб. матер. международной научно-технической конференции «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения INTERMATIC-2011»*. – М.: МИРЭА. – 2011. – С. 248 – 252.
9. Nechaev Y., Kaschenko G., Epifancev A. Selecting the routing protocol for networking an adaptive mobile network with mesh topology // *International Conference on Telecommunication Technology and Applications – IACSIT Press, Singapore* – 2011. – Vol.5.– P. 70 – 74.
10. Núñez-Martínez J., Mangues-Bafalluy J. A Survey on Routing Protocols that really Exploit Wireless Mesh Network Features // *Journal of Communications*. – 2010. – Vol.5, No.3. – P. 211 – 231.
11. Singh T. P., Dua S., Das V. Energy-Efficient Routing Protocols In Mobile Ad-Hoc Networks // *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*. – 2012. – Vol.5, Iss.1. – Режим доступа к журн.: <http://www.ijarcsse.com/docs/papers/january2012/V2I1035A.pdf>.
12. Жук О.В., Романюк В.А., Сова О.Я. Управление топологией беспроводной сенсорной сети // *19-я Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»*. – Севастополь.: КрыМиКо`09. – 2009. – С. 277 – 278.
13. Миночкин А.И., Романюк В.А. Маршрутизация в мобильных радиосетях – проблема и пути решения // *Зв'язок*. – 2006. – № 7. – С. 49 – 55.
14. Khetrapal A. Routing techniques for Mobile Ad Hoc Networks Classification and Qualitative/Quantitative Analysis // *International Conference on Wireless Networks*. – 2006. – P. 251 – 257.
15. Siva Nageswara Rao S., Sundara Krishna Y. K., Nageswara Rao K. A Survey: Routing Protocols for Wireless Mesh Networks // *International Journal of Research and Reviews in Wireless Sensor Networks (IJRRWSN)*. – 2011. – Vol.1, No.3. – P. 43 – 47.
16. Qin L., Kunz T. Adaptive MANET routing: A case study // *Proceedings of the 7th International Conference on Ad-Hoc Networks and Wireless – Sophia-Antipolis, France: Springer Lecture Notes in Computer Science*, 2008. – P. 43 – 57.
17. Marina M. K., Das S. R. Ad hoc on-demand multipath distance vector routing // *Wireless Communications and Mobile Computing*. – 2006. – P. 969 – 988.

18. Adjih C., Baccelli E., Jacquet P. Link State Routing in Wireless Ad-Hoc Networks // Unité de recherche INRIA Rocquencourt. – Institut National De Recherche En Informatique Et En Automatique. – 2003. – Rapport de recherche n° 4874 – 16 p.
19. Tachtatzis C. Performance evaluation of multi-path and single-path routing protocols for mobile ad-hoc networks // International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems. – 2008. – P. 173 – 178.
20. Минович А.И., Романюк В.А. Многопутевая маршрутизация в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2004. – № 6. – С. 65 – 69.
21. Rishiwal V., Yadav M., Verma S., Bajapai S. K. Power Aware Routing in Ad Hoc Wireless Networks // Journal of Computer Science & Technology. – 2009. – Vol.9, No.2. – P. 101 – 109.
22. Maghsoudlou A., St-Hilaire M., Kunz T. A Survey on Geographic Routing Protocols for Mobile Ad hoc Networks // Systems and Computer Engineering, Technical Report SCE-11-03. – Carleton University. – 2011. – 49 p.
23. Talooki V. N., Rodriguez J. Quality of service for flat routing protocols in mobile ad hoc networks // Proceedings of the 5th International Mobile Multimedia Communications Conference. – 2009. – P. 274 – 278.
24. Романюк В.А. Иерархическая маршрутизация в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2002. – № 1. – С. 38 – 42.
25. Meghanathan N. Survey and Taxonomy of Unicast Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks // The International Journal on Applications of Graph Theory in Wireless Ad hoc Networks and Sensor Networks. – 2009. – Vol.1, No.1. – P. 1 – 21.
26. Banerjee A., Dutta P. A Survey of Multicast Routing Protocols For Mobile Ad Hoc Networks // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2010. – Vol.2(10). – P. 5594 – 5604.
27. Yao P., Krohne E., Camp T. Performance Comparison of Geocast Routing Protocols for a MANET // Proceedings of 13th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2004). – 2004. – P. 213 – 220.
28. Wibling O., Parrow J., Pears A. Ad Hoc Routing Protocol Verification Through Broadcast Abstraction // Formal Techniques for Networked and Distributed Systems (FORTE 2005). – 2005. – P. 128 – 142.
29. Souihli O., Frikha M., Hamouda M. B. Load-balancing in MANET shortest-path routing protocols // Journal Ad Hoc Networks. – Vol.7, Iss.2. – 2009. – P. 431 – 442.
30. Gerharz M., De Waal C., Frank M., Martini P. Link Stability in Mobile Wireless Ad Hoc Networks // Proceedings of 27th Annual IEEE Conference on Local Computer Networks. – 2002. – P. 30 – 39.
31. Singh U. Secure Routing Protocols in Mobile AdHoc Networks – A Survey and Taxonomy // International Journal of Reviews in Computing. – Vol.7. – 2011. – P. 9 – 17.
32. Preethi S., Ramachandran B. Energy efficient routing protocols for mobile AdHoc networks // International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC). – 2011. – P. 136 – 141.
33. Chena C., Wenga C., Kuo Y. Signal strength based routing for power saving in mobile ad hoc networks // Journal of Systems and Software. – Vol.83, Iss.2. – 2010. – P. 1373 – 1386.