

УДК 621.391

Ю.Г. Даник¹, Ю.О. Кулаков², В.В. Воротніков¹, К.М. Білоус¹¹ Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова ДУТ, Житомир² Національний технічний університет України «КПІ», Київ

ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИЙ АЛГОРИТМ ПІДКЛЮЧЕННЯ АБОНЕНТІВ ДО КЛАСТЕРУ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ АСУВ

У статті запропоновано підхід щодо підключення абонентів до кластеру мобільної мережі автоматизованої системи управління підрозділами на основі реалізації принципу самоорганізації. За основу мобільної мережі АСУВ розглянуто mesh-мережу. Алгоритм підключення реалізується у два етапи: ініціалізації і самоорганізації. Реалізація алгоритму у протоколах ієрархічної маршрутизації дозволить підвищити ефективність управління мобільною мережею за рахунок зменшення частки службового трафіку. Наведено результати моделювання.

Ключові слова: mesh-мережа, кластер, самоорганізація, ієрархічна маршрутизація.

Постановка проблеми

На сучасному етапі розвитку Збройних сил відбувається новий якісний стрибок в управлінні військами. Створення нових систем управління військами на основі бездротових інформаційно-телекомунікаційних мереж з метою об'єднання всіх видів інформації до єдиного інформаційного простору є актуальною науковою і однією із основних задач визначених Міністром оборони України в плані розвитку Збройних сил України [1].

Визначено, що зброя нового покоління ґрунтуватиметься на використанні новітніх технологій і принципів у сфері інформаційно-телекомунікаційних систем, криптографії, стільникових систем зв'язку, систем перехоплення і дешифрування інформації, роботизованих комплексів та «інтелектуальних» ракет і їх головних частин, які автоматично будуть вибирати і розпізнавати зазначені цілі, визначати оптимальні траєкторії польоту і підходити до цілі під ракурсом, який забезпечить найефективніше її ураження [2].

Світові тенденції свідчать і про бурхливий розвиток АСУВ. Так, концепція «мережної війни» була покладена в основу програми військового будівництва в США до 2010 року («Joint Vision 2010»), а для її ведення створена нова глобальна інформаційна мережа Пентагона, першим полігоном випробувань якої став Афганістан. Проект Пентагона «Бойові системи майбутнього» передбачав досягнення збройними силами США до 2010 року повної інформаційної переваги над будь-яким супротивником. Кінцева мета автоматизації в галузі оборони США – створення єдиної командно-управляючої системи, здатної забезпечити автоматизоване управління операціями в будь-якій точці світу [2].

Тому, найбільш перспективною для побудови бездротових мобільних мереж вважається mesh-

технологія. Mesh-мережі є оптимальним рішенням для підтримки роботи оперативних служб і підрозділів тактичної ланки в екстремальних ситуаціях, під час виконання спеціальних завдань [2]. Високу надійність такої мережі обумовлено відсутністю загального центра управління, що може вийти з ладу у результаті руйнуючих зовнішніх і внутрішніх впливів. Такі мережі мають можливість автоматично визначати відключення або вихід із ладу окремих елементів, при цьому здійснюється миттєве спрямування трафіка в обхід пошкоджених участків по вільних каналах зв'язку (рис. 1). Пропускна здатність таких мереж складає десятки Мбіт/с і дозволяє використовувати їх для трафіко-ємніших додатків, таких як передача потокового відео. А такі додаткові можливості, як використання абонентських пристроїв як маршрутизаторів мережі, дають можливість розглядати децентралізовані мережі як основу АСУ таких підрозділів і служб [2].



Рис. 1. Концепція mesh-мережі управління спецпідрозділами

Вимоги, що висуваються до таких систем [3], а саме: автоматичне розгортання мережі за обмежений час; висока пропускна здатність каналів зв'язку для забезпечення працездатності системи відеоспостереження; можливість використання прикінцевого

обладнання для знаходження місця розташування абонентських пристроїв, а також для аудіо і відео фіксації подій, що відбуваються на місці дислокації, підвищують актуальність питань, пов'язаних з забезпеченням високої живучості мобільних мереж АСУ, що гарантує її працездатність у випадку виходу із ладу декількох вузлів.

Недоліком mesh-мереж є використання проміжних вузлів для передачі даних; це може викликати затримку при передачі інформації і, як наслідок, знизити якість трафіка реального часу.

В зв'язку з цим у mesh-мережах використовуються спеціальні протоколи [7], що дозволяють кожній точці доступу створювати таблиці абонентів мережі з контролем стану транспортного каналу і підтримкою динамічної маршрутизації трафіка по оптимальному маршруту між сусідніми точками. За умови відмови будь-якої з них, здійснюється автоматичне спрямування трафіка по іншому маршруту, що гарантує не лише доставку трафіка адресату, а й доставку за мінімальний час.

Одним із головних чинників, що впливають на живучість мобільних мереж, є реалізація ефективних процедур маршрутизації, що дозволяють враховувати динаміку зміни топології мережі, збільшувати зону інформаційного покриття у режимі самоорганізації, контролювати стан мережі тощо.

Огляд останніх досліджень і публікацій

Відомо, що динамічна маршрутизація в мобільних mesh-мережах може здійснюватись на основі активних, реактивних або ієрархічних протоколів [4 – 7].

Активні протоколи [6] краще працюють, коли топологія мережі змінюється повільно. Якщо мережа є занадто динамічною (велика рухливість вузлів), ці протоколи переповнюють мережу додатковими повідомленнями, намагаючись зберегти повний набір обновлюваних таблиць маршрутизації, не дивлячись на значні зміни в мережі протягом часу. Тому ці протоколи не можуть працювати при занадто великих змінах мережі у часі, в основному за причини високої рухливості вузлів і/або занадто великого розміру мережі. Принциповою проблемою використання активних протоколів в мобільних мережах є значні втрати, пов'язані з маршрутизацією в динамічних мережах.

Реактивні протоколи [6] шукають шляхи тільки тоді, коли вони необхідні, зменшуючи таким чином витрати на маршрутизацію у порівнянні з активними протоколами. Таким чином, їх витрати зростають із збільшенням мережевого трафіка, а не зі змінами мережі. Такі схеми можуть ефективно працювати у високо динамічних мережах, якщо величина трафіка не занадто висока.

Проте, якщо мережа стає занадто великою, час, витрачений на знаходження маршрутів за запитом,

може перевищити час, протягом якого маршрут існує, у такому випадку реактивні протоколи виявляються непрацездатними.

Необхідність знаходження повного шляху в реальному масштабі часу є суттєвим обмеженням для обох цих класів протоколів [4, 8].

Ієрархічні протоколи [6]: мережа розбивається на кластери. Маршрутизація в межах кластера виконується одним з вищезгаданих методів. Проте, прокладання маршруту до вузла, що знаходиться поза межами кластера вузла S , здійснюється шляхом передачі даних до вказаного шлюзового вузла. В даному випадку шлюзовий вузол відноситься до іншого кластера, а не до фіксованої мережі. Шлюзові вузли також є мобільними. Потім дані передаються від кластера до кластера через шлюзові вузли, які повинні розв'язувати задачу маршрутизації між кластерами, поки не буде досягнуто кластер, в якому знаходиться вузол D . Дані передаються в D з використанням міжкластерного протоколу.

При ієрархічній маршрутизації в мережах включено необхідність у визначенні повного шляху перед передачею даних. Проте, вони стикаються із проблемами, аналогічними проблемам, що виникають в активних протоколах, тобто не можуть працювати в занадто великих і/або динамічних мережах. Причина полягає у тому, що вони повинні неодноразово розв'язувати проблему мережевого масштабу: вибирати як об'єднувати вузли в ієрархічні кластери і як прокласти маршрут між кластерами.

Найбільш поширеними в наш час є способи маршрутизації, що використовуються для кластеризації, в основу яких покладено зважений кластерний алгоритм [9], алгоритм зв'язної k -стрижкової кластеризації [10] і топологічний адаптивний алгоритм [11].

У зваженому кластерному алгоритмі (WCA) [9] для визначення, наскільки вузол придатний для того, щоб стати центральним, приймається до уваги його степінь зв'язності, потужність передавача, динамічність (рухливість) і запас живлення.

Параметри, що враховуються у зваженому кластерному алгоритмі, дозволяють достатньо повно охарактеризувати кожен вузол мережі, і на підставі цього визначити центральний вузол для побудови кластера. Але при подальшому збільшенні розмірності мережі число центральних вузлів збільшується і для самоорганізації потребується більше часу. Розв'язують цю проблему шляхом розбиття мережі на зони розмірності k , в яких кожен вузол мережі зондує локальну область на відстані k ретрансляційних дільниць. В алгоритмі k -стрижкової кластеризації [10] мережа формується шляхом пошуку центральних вузлів в k -стрижковій області і знаходження вузлів-шлюзів для з'єднання центральних вузлів. Тому число центральних вузлів, що передають широкомовні повідомлення, може бути зменшено.

На практиці важко досягти оптимального ідеального результату, використовуючи таку кількість параметрів як степінь зв'язності, мобільність, порогове значення вузлів тощо.

В топологічному адаптивному алгоритмі класифікації для мобільних ad hoc мереж [11] за метрику запропоновано лише 2 параметра, а саме рухомість вузла і залишковий заряд живлення.

Нехай v – максимально допустима швидкість вузлів мережі. За останні n переміщень вузла визначається його середня швидкість. Різниця між v і середньою швидкістю – це коефіцієнт мобільності вузла. Більший коефіцієнт мобільності засвідчує про повільніший вузол, а менший коефіцієнт указує на швидкий вузол.

Доступна потужність батареї живлення – енергія, що міститься у вузлі в момент розрахунку ваги коефіцієнтів вузла. Обрані параметри як метрику додають із різними ваговими коефіцієнтами. Алгоритм указує, що вузол з максимальною вагою серед своїх однострибкових сусідів заявляє про себе як про центральний. Такий центральний вузол називають добровільним.

Його одно стрибкові сусіди (роль яких ще не вирішена) становляться членами добровільного центрального вузла. Множина розглянутих вузлів звільнюється від участі у наступній процедурі відбору. Даний процес повторюють до тих пір, поки усім вузлам не будуть назначені їх ролі або як центрального вузла, або в якості внутрішнього вузла.

Після того, як внутрішній вузол пов'язаний із центральним вузлом, він не буде приєднуватись до нового центрального вузла, доки не вийде за межі свого кластера, або поточний центральний вузол не витратить весь заряд живлення. Такий підхід знижує як число повторних переприєдань, так і вартість кластерного обслуговування. Необхідність вибору нового недобровільного центрального вузла виникає, коли діючий центральний вузол (або добровільний, або недобровільний) не витратить заряд енергії свого акумулятора до половини своєї початкової потужності, працюючи у ролі центрального вузла. В цьому випадку діючий центральний вузол обирає одного із своїх діючих центральних вузлів з максимальною вагою і пропонує йому прийняти роль центрального вузла. Максимальна вага вузлів забезпечує низьку мобільність і високу доступні потужність батареї. Проте обраний вузол вирішує сам чи прийняти йому роль центрального або ні, виходячи із аналізу власних доступних ресурсів. Процес відбору відбувається локально в межах кластера, тим самим зменшуючи обчислення і комунікаційні витрати.

Недоліком [11] є те, що в ньому не враховується, що в залежності від поточної випадкової топології мережі центральні вузли, що формують кластери не завжди мають однакове навантаження (кількість

приєднаних до центрального мобільних вузлів, середня відстань до вузлів кластеру, середня продуктивність кластера і ін.). Це призводить до того, що шлюзові вузли, у якості яких виступають центральні, використовувані для зв'язку між кластерами, маючи однакові ресурси, завантажуються нерівномірно.

Шлюзові вузли поєднані між собою в опорну мережу, географічно розподілені і, як правило, мають не велику кількість з'єднань між собою. Якщо один із шлюзових вузлів, включений як транзитний, перевантажений порівняно із сусідніми, то при інтенсивному трафіку це призводить до зниження ефективності міжкластерного обміну.

Таким чином, метою роботи є підвищення ефективності процедури ієрархічної маршрутизації за рахунок самоорганізації вузлів мережі та вирівнювання поточного навантаження між сусідніми кластерами при наявних обмеженнях на час ремаршрутизації.

Формулювання завдання та мети статті

В процесі функціонування мобільної мережі здійснюється реконфігурація кластерів з метою зменшення часу на передачу інформації і оптимізації мережевого трафіка. Тому, для критерію вибору структури і розміру кластерів доцільно визначити ефективність передачі даних, що дорівнює:

$$E = \frac{W_K}{W_K + W_{Cl}}, \quad (1)$$

де: W_K – кількість переданих корисних даних; W_{Cl} – кількість службової інформації.

Критерієм ефективності динамічної маршрутизації визначимо об'єм службового трафіка, що повинен бути зведений до мінімуму. Визначимо фактори, що впливають на об'єм службового трафіка в мобільній мережі.

Об'єм службового трафіка подамо як функцію $V_{Cl} = f(F_r, V_0)$ від частоти реконфігурації мережі F_r і кількості вузлів nV_i у кластері V_i .

Із збільшенням числа реконфігурацій у мережі об'єм службового трафіка збільшується за нелінійним законом, як наслідок різко знижується ефективність передачі даних. При визначених умовах це може призвести до нестійкої роботи мережі.

Тому, для зменшення службового трафіка в мережі частота реконфігурацій на заданому проміжку часу ΔT і кількість кластерів мережі повинна бути спрямована до мінімуму:

$$F_r \rightarrow \min, V_0 \rightarrow \min.$$

Оптимальний розмір мережі можна охарактеризувати за допомогою коефіцієнта k :

$$k = \frac{F_r * V_0}{\Delta T}, k \rightarrow \min. \quad (2)$$

Таким чином, об'єм службового трафіка залежить від частоти реконфігурацій мережі і кількості кластерів у мережі.

Необхідно розробити алгоритм самоорганізації вузлів у кластери, що мають відносно вирівняне між собою поточне навантаження та об'єм службового трафіку.

Виклад основного матеріалу

В основу алгоритму поставлено процедуру формування у кластери мобільних вузлів мережі, при якому сусідні кластери на основі самоорганізації вирівнюють між собою навантаження шляхом перепідключення поточного вузла до кластеру, який має менше навантаження порівняно із сусідніми.

Запропонований децентралізований алгоритм підключення абонентів до кластеру (рис. 2) полягає у тому, що територіально розподілені на площині мобільні вузли самоорганізуються у кластери. Наявність великої кількості можливих з'єднань між мобільними вузлами мережі є необхідною умовою застосування алгоритму.



Рис. 2. Алгоритм кластеризації мережі

Самоорганізація вузлів mesh-мережі, що територіально розподілені на площині у кластери для подальшої ієрархічної маршрутизації відбувається у два етапи: етап ініціалізації і етап самоорганізації.

На етапі ініціалізації визначаються кількість вузлів, що підлягають кластеризації, і степінь зв'язності кожного.

Етап самоорганізації включає наступні кроки. Кожен вузол визначає максимально можливу кіль-

кість вузлів, що може бути під'єднано до нього; по обраній метриці розраховується вага кластера, центром якого він може бути.

Розпочинаючи з вузла мережі, який має максимальне значення можливих з'єднань, починається кластеризація. Вузли розсилають «кожен-кожному» інформацію про доступні вузли і ваги можливих кластерів і самостійно визначають до якого кластера приєднатися.

Перерозподіл навантаження між центральними вузлами сусідніх кластерів відбувається у тому випадку, коли поточний вузол може бути приєднаний до декількох кластерів одночасно.

Такий вузол аналізує інформацію про ваги потенційних кластерів, і відправляє повідомлення про приєднання до кластеру з мінімальною.

Приклад використання

Запропонований алгоритм програмно реалізовано і апробовано на прикладі мережі із 30 вузлів, що територіально розподілені на площині.

На етапі ініціалізації мобільні вузли розсилають на максимальному рівні потужності передавача HELLO-повідомлення з метою визначення доступних вузлів в радіусі дії (рис. 3).

Вузли отримавши від сусідніх HELLO-повідомлення, відповідають один одному про можливе підключення, визначаючи при цьому максимальну кількість вузлів, що підлягає кластеризації.

Для такого покриття характерним є те, що між вузлами наявні чисельні зв'язки (рис. 3). Саме наявність великої кількості можливих з'єднань між мобільними вузлами мережі є необхідною умовою застосування алгоритму.

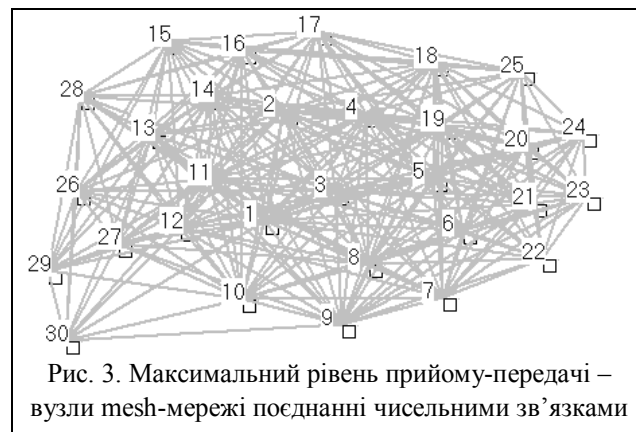


Рис. 3. Максимальний рівень прийому-передачі – вузли mesh-мережі поєднанні чисельними зв'язками

Шляхом поступового зменшення потужності передавачів вузлів мережі досягається регулярна структура мережі, при чому усі вузли, що підлягають кластеризації, доступні і мережа є зв'язною (рис. 4). На рис. 5 наведено залежність покриття вузлів (% доступних вузлів) мережі від енергетичної потужності передавача (енергетичного рівня).

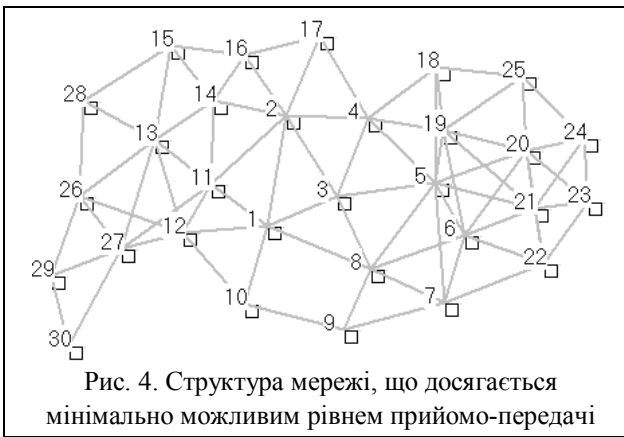


Рис. 4. Структура мережі, що досягається мінімально можливим рівнем прийомо-передачі

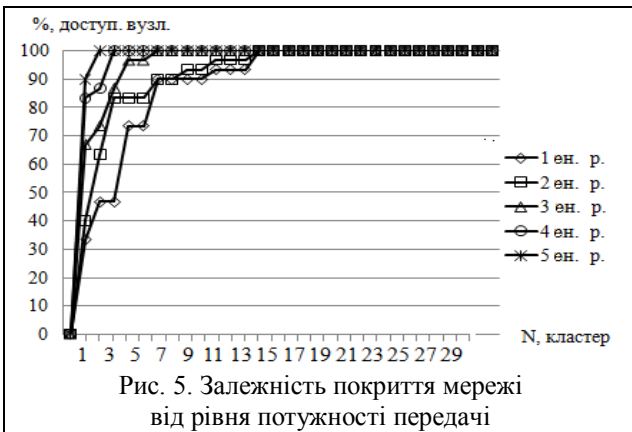


Рис. 5. Залежність покриття мережі від рівня потужності передачі

Алгоритм застосовується на мінімальному рівні потужності передачі, етап ініціалізації початкової топології мережі завершено.

Без етапу самоорганізації для того, щоб покрити всю мережу, необхідно мінімум 13 кластерів, що забезпечать від початкового значення більше 70% можливих з'єднань (рис. 6).

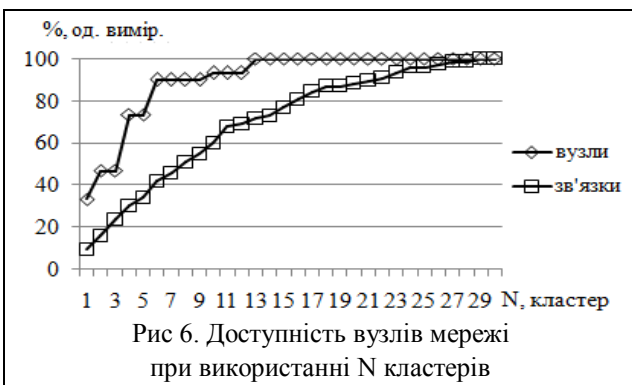


Рис. 6. Доступність вузлів мережі при використанні N кластерів

Етап самоорганізації мережі.

На енергетичному рівні потужності прийомо-передачі модулів безпроводового зв'язку вузлів мережі, визначеному на етапі ініціалізації, усі вузли розсилають HELLO-повідомлення з метою визначення доступних вузлів у радіусі дії соти.

З відповідей, що отримуються від сусідніх вузлів, кожен вузол визначає максимально можливу кількість вузлів, що може бути під'єднано до нього, а також по обраній метриці розраховується вага кластера, центром якого він може бути (табл. 1). Вузли розсила-

ють «кожен-кожному» інформацію про доступні вузли і ваги можливих кластерів. Для мережі із топологією, що подано на рис. 4, вузли за ступенем зв'язності сортуються у порядку зменшення. У табл. 1 наведено перші k=13 (2) вузлів у порядку зменшення ваг кластерів, що ними утворюються.

Таблиця 1

Характеристики кластерів мережі

Контролер кластера	Степінь зв'язності вузла	Вага кластера
5	9	630
20	8	501
6	7	448
13	7	464
21	7	410
2	7	462
19	7	447
11	6	367
12	6	377
4	6	384
1	6	397
8	6	406
27	6	403

Самоорганізація мережі розпочинається з вузла мережі, який має максимальне значення можливих з'єднань. Для розглянутого прикладу це вузол з номером 5, степінь зв'язності якого дорівнює 9 (рис. 7).

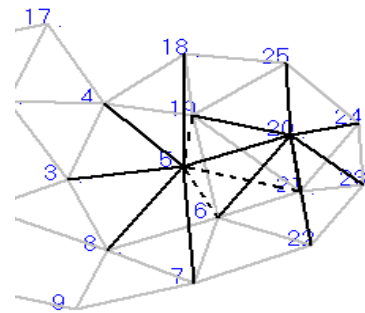


Рис. 7. Вузли 6, 19, 21 у кластері з 5-м контролером переведено у резервний стан (пунктирна лінія)

Вага такого кластера (сума відстаней до вузлів) 630 од. Якщо кількість можливих з'єднань сусіднього вузла, більша за кількість власних з'єднань, вузол, що отримав таку інформацію повідомляє про те, що він готовий приєднатися до кластера, що утворюється вузлом із більшою зв'язністю.

До кластера, що утворюється 5-им вузлом підключаються вузли: 3, 4, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21.

Центром наступного кластера обирається вузол з номером 20 із ступенем зв'язності 8. Вага кластера 501. До його складу можуть входити вузли 5, 6, 19, 21, 22, 23, 24, 25.

У випадку, коли поточний вузол може бути приєднаний до декількох кластерів одночасно, він визначається як «колізійний». В такому випадку такий вузол розсилає повідомлення потенціальним центрам кластерів повідомлення про те, що відношення його до конкретного кластера невизначено і,

після цього, виконується процедура адаптації (вирівнювання) ваг кластерів-конкурентів.

«Колізійними» є вузли 9, 19, 21.

Модуль різниці ваг кластерів-конкурентів дорівнює $|630-501|=129$ ум. од.

Колізійний вузол аналізує інформацію про ваги потенційних кластерів, і відправляє повідомлення про приєднання до кластеру з мінімальною вагою і переведення у стан резервного у всіх інших кластерах-конкурентах.

Так, приєднавшись до кластеру з меншою вагою (рис. 7), різниця ваг кластерів-конкурентів, із центральними вузлами 5-м і 20-м зменшиться до $|470-501|=31$ ум. од.

Процес повторюється доти, поки усі вузли не будуть розподілені по кластерах.

Визначено, що для 100% покриття вузлів мережі необхідно 9 кластерів із центральними вузлами 20(501), 5(470), 2(382), 13(339), 1(251), 11(223), 8(212), 3(201), 27(138).

Висновки

1. Очікуваним технічним рішенням реалізації алгоритму у протоколі ієрархічної маршрутизації буде формування кластерів вузлів мобільної мережі з контролерами, що виконують функції вузлів-шлюзів між кластерними зонами та мають відносно вирівняне між собою поточне навантаження.

2. У випадку переміщення вузлів з одного кластера в сусідній виконується «м'який» handover (без розриву з'єднання) одним із відомих методів. Після чого центральні вузли кластерів, в яких відбулися зміни, разом із сусідніми повторюють процес самоорганізації у локальній області.

Список літератури

1. Педченко Г.Н. Автоматизована система управління Вооруженными Силами Украины. Общезадачи / Г.Н. Педченко // Оборонный вестник. – К.: ЦВППБ. – 2012. – №1. – С. 6-10.

2. Телелим В. Найважливіші аспекти розвитку збройної боротьби / В. Телелим // Військо України. – 2012. – № 1-2(138). – С. 10-17.

3. Дружинін С.В. Сучасний стан автоматизації управління в Збройних Силах України / С.В. Дружинін, О.К. Климович, О.Г. Сасенко // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 1(21). – С. 60-62.

4. Максимов В.В. Комбинированный алгоритм деления ad hoc сети на кластеры / В.В. Максимов, Н.Н. Романюк, А.О. Огородник // Научные записки УНДІЗ. – 2010. – №1(13). – С. 94-98.

5. Маршрутизация в беспроводных мобильных Ad hoc-сетях / В.М. Винокуров, А.В. Пуговкин, А.А. Пиленников и др. // Доклады ТУСУРа: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 2 (22), ч. 1. – С. 288-292.

6. Анализ совместного использования проактивного и реактивного методов распространения сетевой информации в многошаговых беспроводных сетях / А.И. Ляхов, П.О. Некрасов, Д.М. Островский и др. // Информационные процессы. – Том 12, № 3. – 2012. – С. 198-212.

7. IEEE 802.11s-2011 Standard for Information Technology – Telecommunications and information exchange between systems–Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 10: Mesh Networking. IEEE, 2007.

8. Кэнрайт Дж. Способ управления сетями с использованием анализа связности. RU 2394382 C2 H04J3/07, H04L1/08, 2004 [Электронный ресурс] / Дж. Кэнрайт, К. Энгё-Монсен, Осмунд Вельтциен // Режим доступа к ресурсу: <http://www.findpatent.ru/239>.

9. Kluwer Academic Publishers. WCA: A Weighted Clustering Algorithm for Mobile Ad Hoc Networks // Cluster Computing 5. – 2002. – С. 193-204.

10. Shuhui Y. Connected k-Hop Clustering in Ad Hoc Networks [Electronic resource] / Y. Shuhui, W. Jie, C. Jiannong // Mode of access: <http://www.pdf-search-engine.com/clustering-in-ad-hoc-networks-pdf.html>.

11. Suchismita Ch. TACA: A Topology Adaptive Clustering Algorithm For Mobile Ad Hoc Networks [Electronic resource] / Ch. Suchismita, K. R. Santanu // Mode of access: <http://www.pdf-search-engine.com/clustering-in-adhoc-networks-pdf.html>.

Надійшла до редколегії 18.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННИЙ АЛГОРИТМ ПОДКЛЮЧЕННЯ АБОНЕНТОВ К КЛАСТЕРУ МОБІЛЬНОЇ СЕТИ АСУВ

Ю.Г. Даник, Ю.А. Кулаков, В.В. Воронников, К.Н. Билоус

В статье предложен подход для подключения абонентов к кластеру мобильной сети автоматизированной системы управления подразделениями на основе реализации принципа самоорганизации. За основу мобильной сети АСУВ взята mesh-сеть. Алгоритм подключения реализуется в два этапа: инициализации и самоорганизации. Реализация алгоритма в протоколах иерархической маршрутизации позволит повысить эффективность управления мобильной сетью за счет уменьшения части служебного трафика. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: mesh-сеть, кластер, самоорганизация, иерархическая маршрутизация.

DECENTRALIZED ALGORITHM FOR CONNECTING OF SUBSCRIBERS TO CLUSTER THE MOBILE NETWORK OF CAS A MANAGEMENT TROOPS

Y.G. Danik, Y.A. Kulakov, V.V. Vorotnikov, K.M. Bilous

In the article offered approach in relation to connecting subscribers to the cluster of mobile network of CAS of management subdivisions on the basis of realization of principle of self-organization. For basis of mobile network of CAS of management a mesh-network is taken. A connecting algorithm will be realized in two stages: initialisings and self-organization. Realization of algorithm in protocols of the hierarchical routing will allow to promote efficiency of management a mobile network due to diminishing of part of official traffic. Design results are resulted.

Keywords: mesh-network, cluster, hierarchical routing, self-organization.