

**МЕХАНІЗМ КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ РЕСУРСАМИ
В СИТУАТИВНИХ МЕРЕЖАХ**

**МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ РЕСУРСАМИ
В СИТУАТИВНЫХ СЕТЯХ**

**MECHANISM OF RESOURCE ALLOCATION IN THE
SITUATIONAL NETWORKS**

Анотація. В роботі розглянуто загальні принципи побудови ситуативних мереж та запропоновано механізм керування розподіленими ресурсами, який базується на періодичному опитуванні вузлів мережі. Показано, що практична реалізація та запровадження такого механізму дозволить подолати одну з найбільших перепон на шляху розвитку ситуативних мереж – відсутність єдиного адміністративного управління.

Аннотация. В работе рассмотрены общие принципы построения ситуативных сетей и предложен механизм управления распределенными ресурсами, который базируется на периодическом опросе узлов сети. Показано, что практическая реализация и введение такого механизма позволит преодолеть одну из наибольших преград на пути развития ситуативных сетей – отсутствие единого административного управления.

Summary. The general principles of situational networks is considered in the work and proposed a mechanism for managing distributed resources, which is based on a periodic survey of network nodes. It is shown that the implementation and introduction of such a mechanism would overcome one of the biggest obstacles to the development of situational networks – the lack of administrative control.

Одним із найбільших важливих завдань, які постають перед людством на шляху до створення інформаційного суспільства, є забезпечення вільного доступу до інформаційних ресурсів в будь-якому місті та в будь-який час. Саме цей принцип покладено в основу побудови мереж наступних поколінь [1]. Зрозуміло, що сьогодні забезпечити такий доступ користувачу можна лише за наявності відповідної телекомунікаційної інфраструктури в тій точці, де знаходиться користувач, що в свою чергу стає однією з основних причин так званого «цифрового розриву» над подоланням якого активно працюють міжнародні організації на кшталт ІТУ [2]. Однією з найбільших перепон на шляху подолання цієї проблеми сьогодні є відсутність (або обмеженість) доступу до сучасних широкосмугових телекомунікаційних мереж в віддалених (в першу чергу сільських та гірських) районах, що обумовлено низькою економічною ефективністю їх будівництва.

Відповідно до свого походження всі телекомунікаційні мережі можна умовно поділити на два класи: мережі побудовані централізовано та ситуативні мережі.

Яскравим прикладом централізовано побудованих мереж є мережі операторів телекомунікацій, корпоративні мережі або навіть локальні домашні мережі. Основною особливістю побудови цих мереж є спланованість та, як правило, знаходження під єдиним адміністративним управлінням. Всі взаємоз'єднання таких мереж із іншими мережами, як правило, є спеціально утвореними, а відомості про такі взаємоз'єднання можуть використовуватися мережними адміністраторами з метою вибору оптимальних схем адресації та маршрутизації навантаження.

Прикладом ситуативних мереж можуть бути так звані безпроводні «ad hoc»-мережі, які сьогодні мають досить обмежене застосування та використовуються, насамперед, для забезпечення потреб кризових центрів в оперативному обміні інформацією під час стихійних лих, військових дій або інших незапланованих ситуацій. Основною особливістю таких мереж є те, що вони не мають постійної структури, а маршрутизація навантаження здійснюється вузлами мережі на основі інформації про топологію, що постійно змінюється. Обмеженість сфери застосування «ad hoc»-мереж (та ситуативних мереж в цілому) пояснюється, насамперед, відсутністю телекомунікаційних механізмів управління розподіленими інформаційними ресурсами в таких мережах (в тому числі відсутністю засобів інформування користувачів про наявні ресурси). Зважаючи на те, що переважна кількість користувачів по всьому світові використовує для обміну інформацією мобільні пристрої з декількома інтерфейсами різних типів (ноутбуки, нетбуки, кишенькові комп'ютери, мобільні телефони, смартфони тощо) для організації таких мереж сьогодні існує безліч можливостей, які не

одержують широкого розповсюдження лише внаслідок відсутності зручних механізмів обміну інформацією.

Типовими прикладами ситуацій, в яких досить доречним є розгортання самокерованої ситуаційної мережі, можуть бути:

- пересування великої кількості користувачів загальнодоступними транспортними засобами (потяги, літаки, автобуси тощо);
- знаходження великої кількості людей в одному приміщенні (наприклад, під час виставок, конференцій, симпозіумів тощо);
- проживання в одному готелі, кемпінгу, будинку або базі відпочинку;
- перебування групи людей в одному таборі у складі групи туристів (на відкритій місцевості вдалині від телекомунікаційної інфраструктури) тощо.

Характерними ознаками всіх наведених прикладів є:

- наявність групи користувачів, які зібралися разом на певний час (ситуативно) в одному географічно обмеженому районі місцевості;
- необхідність передавання даних між користувачами або надання інформаційно-комунікаційних послуг (обмін файлами, доступ до мережі Інтернет через термінал іншого користувача тощо);
- повна або часткова відсутність телекомунікаційної інфраструктури (кабельна інфраструктура, точки безпроводного доступу тощо), що унеможливує або істотно обмежує процес обміну інформацією;
- користувачам заздалегідь є невідомим скільки людей з присутніх можуть і хочуть надавати інформаційно-комунікаційні послуги, а також які саме ресурси вони можуть отримати в мережі;
- мобільні пристрої користувачів можуть використовувати різні проводові або безпроводні технології передавання даних (Ethernet, WiFi тощо).

Всі існуючі сьогодні механізми керування мережами, в яких кінцеві пристрої самостійно формують взаємозв'язки між собою в децентралізованому середовищі передавання даних (протоколи маршрутизації «ad hoc»-мереж [3]), можна умовно поділити на декілька класів [4]:

1. Проактивні. Прикладами таких механізмів можна назвати: безпроводний протокол маршрутизації (WRP - Wireless Routing Protocol [5]), оптимізований протокол стану каналу зв'язку (OLSR – Optimized Link State Routing Protocol [6]), послідовності призначення векторної відстані (DSDV – Destination-Sequenced Distance Vector [7]) тощо. Більшість з проактивних протоколів засновані на існуючих алгоритмах маршрутизації для IP мереж, наприклад алгоритмі Беллмана-Форда або алгоритмі Дейкстри [8].

2. Реактивні. Прикладами таких механізмів, можна назвати: протокол вектора відстані за запитом (AODV - Ad Hoc On Demand Distance Vector [9]), протокол динамічного джерела маршрутизації (DSR – Dynamic Source Routing protocol [10]) тощо. Більшість з зазначених механізмів не базуються на існуючих алгоритмах маршрутизації, а розроблені на нових принципах передавання маршрутної інформації.

3. Гібридні. Прикладами таких протоколів є: зоновий протокол маршрутизації (ZRP – Zone Routing Protocol [4]), ієрархічний протокол каналного стану заснований на зонах (ZHLS – Zone-Based Hierarchical Link State [11]) тощо.

Не зважаючи на різноманіття існуючих протоколів маршрутизації, існує дві характерні для будь-якої «ad hoc»-мережі особливості:

1. Кожен вузол «ad hoc»-мережі заздалегідь проінформований про існування всіх інших вузлів та про ресурси, які знаходяться у кожного з них.
2. Кожен з розглянутих протоколів, в загальному випадку, може працювати тільки в децентралізованій мережі, побудованій на основі однієї технології каналного рівня.

Такий підхід є цілком виправданим у випадку, коли він застосовується в ситуаційних мережах, які розгортаються під час військових конфліктів, техногенних або природних катастроф та в інших подібних випадках. В цьому випадку основним завданням таких протоколів є знаходження необхідних (заздалегідь відомих) вузлів в мережі та організація інформаційного обміну між ними.

Слід однак зазначити, що такий підхід є повністю неприйнятним для абонентів в тому випадку, коли мережа формується ситуаційно, наприклад в готелі, на кемпінгу, в потязі, літаку тощо. Той варіант організації «ad hoc»-мереж, що пропонується в більшості мережних операційних систем, встановлених на мобільних пристроях зв'язку (КПК, ноутбук тощо), працює лише у випадку прямого зв'язку між усіма абонентами із використанням протоколу IP (один з мобільних пристроїв, що підключається, повинен виконувати роль DHCP сервера). При цьому формування мережі, здатної

використовувати всі існуючі інтерфейси терміналів користувачів, сьогодні є неможливим внаслідок відсутності необхідних телекомунікаційних механізмів.

Метою статті є розробка механізму керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах, який забезпечує інформування користувачів мережі про наявні інформаційні ресурси та процес маршрутизації навантаження відповідно до ресурсного наповнення вузлів.

Приклад типової ситуативної мережі зображено на рис. 1. На цьому рисунку штриховими лініями показані взаємозв'язки між абонентськими терміналами (АТ) за безпроводною технологією (наприклад Wi-Fi). Деякі з зображених абонентських терміналів мають доступ до інформаційних ресурсів, які можуть бути цікавими для інших терміналів. Так, наприклад, АТ5 має можливість підключення до мережі Інтернет за іншою безпроводною технологією (наприклад Wi-Max), в той самий час АТ4 має пряме підключення до АТ6 (який виконує роль файлового серверу) за допомогою провідної технології (в даному випадку за допомогою технології Ethernet).

Припустимо, що АТ1 попадає в зону прямої взаємодії із АТ2 за допомогою технології WiFi. Як було зазначено раніше, характерною ознакою ситуативної мережі є те, що абонентські термінали знаходяться під різним адміністративним управлінням та у первинному стані взагалі не проінформовані про наявні в ситуативній мережі інформаційні ресурси.

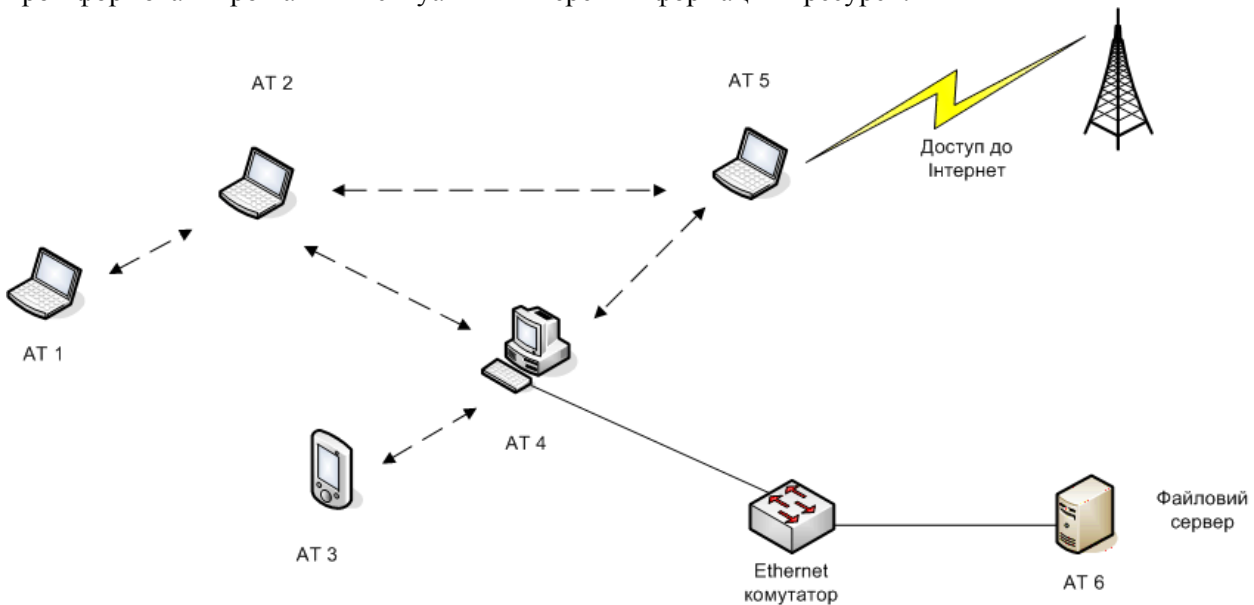


Рисунок 1 – Приклад ситуативної мережі побудованої із використанням різних технологій каналного рівня

Таким чином, для отримання доступу до мережі Інтернет в прикладі, наведеному на рис. 1, АТ1 має:

- отримати відомості про існування можливості надання доступу до мережі Інтернет через будь-який з вузлів ситуативної мережі;
- сформувати найкращий маршрут з усіх можливих для організації віртуального каналу обміну інформацією із терміналом-постачальником послуги (АТ5);
- якщо це необхідно – отримати дозвіл від термінала-постачальника послуги щодо можливості використання ресурсу (наприклад, каналу доступу до мережі Інтернет).

З метою вирішення поставлених вище завдань пропонується новий механізм керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах, який передбачає поділ процесу отримання послуги на три основні етапи:

Етап 1. Початковий запит. На цьому етапі АТ-ініціатор надсилає запит, який передається через всі дозволені для цього мережені інтерфейси (у разі можливості – широкошовним способом). Абонентські термінали, які отримали запит, можуть виступати у ролі ретрансляторів запиту, при цьому також використовуючи всі задіяні мережні інтерфейси (для деяких випадків, наприклад для WiFi, і через той самий інтерфейс з якого отримано запит). Таким чином, запит буде поступово розповсюджуватися між іншими абонентами ситуативної мережі. З метою обмеження кількості вузлів, через які може пройти запит, до змісту запиту АТ-ініціатором включається максимальна кількість переходів, яка зменшується на одиницю при кожній ретрансляції. При досягненні нульового значення максимальної кількості переходів запит далі не ретранслюється.

Крім ретрансляції кожен термінал, який отримав запит безпосередньо, здійснює його аналіз та надсилає відповідь (у той самий спосіб в яких отримано запит), яка включає інформацію про маршрут до цього терміналу та типи ресурсів (надання доступу до мережі Інтернет, доступу до файлів, доступу до периферійних пристроїв тощо), які відповідний абонентський термінал може надати в користування іншим терміналам ситуативної мережі.

Отримавши відповіді від всіх абонентських терміналів, АТ-ініціатор отримує повну інформацію щодо кількості АТ, маршрутів до кожного з АТ та типів ресурсів, які вони надають.

Процес розповсюдження початкового запиту представлено у виді потокової діаграми на рис. 2,а та 2,б.

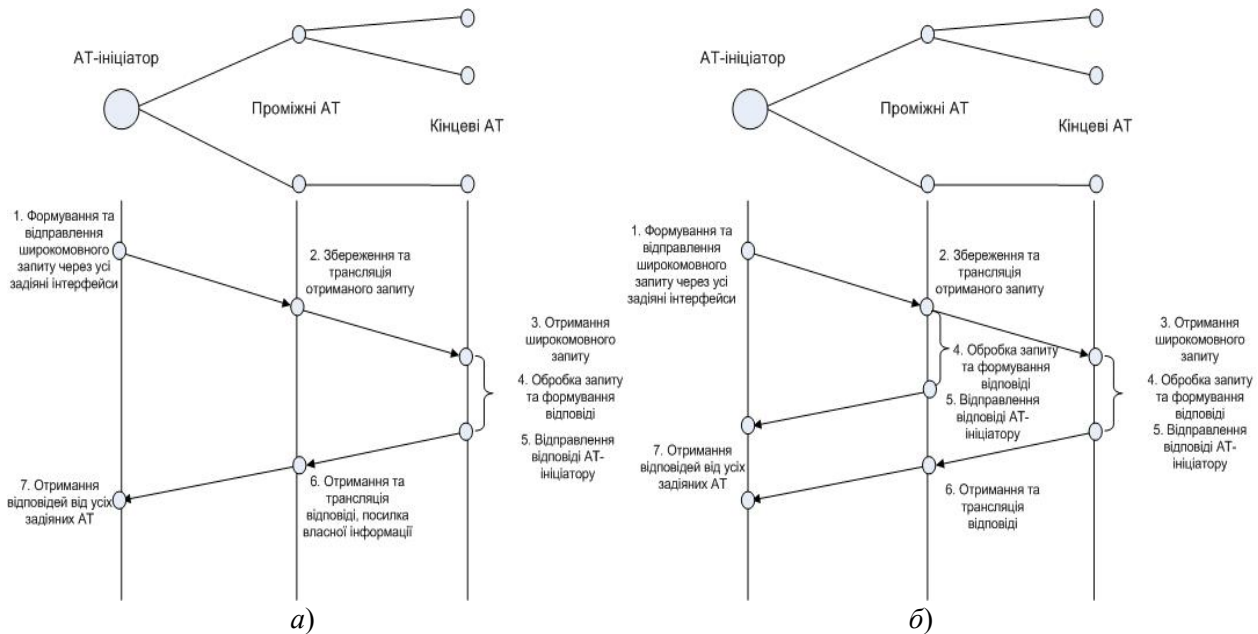


Рисунок 2 – Процес розповсюдження початкового запиту:

а) випадок, коли проміжні абоненти акумулюють відповіді від кінцевих абонентів;

б) випадок, коли кожний абонент відповідає окремо

На рис. 2,а потокову діаграму наведено для випадку, коли проміжні АТ акумулюють відповіді від інших АТ на протязі певного часу з моменту отримання та ретрансляції запиту. В цьому випадку абонентські термінали ситуативної мережі, що одержали запит від АТ-ініціатора, не надсилають відповіді відразу, а очікують її від інших терміналів з метою приєднання їх відповіді до власної. Очевидно, що такий підхід зменшує навантаження на канали зв'язку ситуативної мережі, однак збільшує час очікування відповідей терміналом-ініціатором запиту.

На рис. 2,б потокову діаграму наведено для випадку, коли АТ надсилають відповіді на запити окремо від інших. В цьому випадку абонентські термінали ситуативної мережі, що одержали запит від АТ-ініціатора, відразу після обробки самостійно відповідають на запит не очікуючи відповідей від інших терміналів. В подальшому ці термінали лише ретранслюють відповіді, які надходять від інших терміналів ситуативної мережі, до АТ-ініціатора. Цей підхід дещо збільшує навантаження на канали зв'язку ситуативної мережі, однак, при цьому, зменшує час очікування відповіді АТ-ініціатором.

Пропонований механізм передбачає можливість використання обох розглянутих режимів роботи. Вибір режиму має здійснюватися абонентом, який надсилає запит. Інформація про режим роботи має надсилатися іншим АТ разом із іншими корисними даними запиту.

Етап 2. Запит на деталізацію ресурсів. Отримавши детальну інформацію щодо інформаційних ресурсів наявних в ситуативній мережі, АТ-ініціатор приймає рішення про необхідні йому інформаційні ресурси та формує інформативний запит до конкретного АТ-постачальника ресурсу. Отримавши через деякий час відповідь від терміналу-постачальника, в якому можуть зазначатися умови одержання ресурсу (наприклад, термінал-постачальник може надавати доступ до мережі Інтернет іншим АТ ситуативної мережі на платній основі), АТ-ініціатор може прийняти рішення про необхідність користування ресурсами або про завершення процесу опитування.

Етап 3. Отримання доступу до обраного ресурсу. Обравши необхідний ресурс та погодившись з умовами його постачання (наприклад, шляхом здійснення авторизації), АТ-ініціатор

формує запит щодо використання конкретного ресурсу, який надається терміналом-постачальником. За результатами цього запиту може бути організовано віртуальний канал передавання даних, який в обраному режимі (з гарантованою або не гарантованою доставкою інформації) може бути використаний обома терміналами (АТ-ініціатором та АТ-постачальником) для передавання інформаційного ресурсу (запитаного файлу, ретрансляції інформації між каналом доступу до мережі Інтернет, який підімкнено до АТ-постачальника та АТ-ініціатором тощо).

Більш детально етапи запитів на деталізацію ресурсів та отримання доступу до обраного ресурсу наведено у вигляді потокової діаграми на рис. 3.

Представлення поточкових діаграм (рис. 2, 3) включає в себе кроки, позначені цифрами. Кроки включають в себе процеси передавання, ретрансляції та приймання керуючих повідомлень (стрілки на діаграмі) і події, що відбуваються на вузлах мережі (фігурні скобки та точки). Для забезпечення цілісного сприйняття процесу обміну інформацією на рисунках збережено наскрізну нумерацію. Штрих-пунктирними лініями показані процеси, які можуть відбуватися або не відбуватися (процес встановлення та завершення сеансу зв'язку), в залежності від типу обраного ресурсу та механізму передавання даних більш високого рівня.

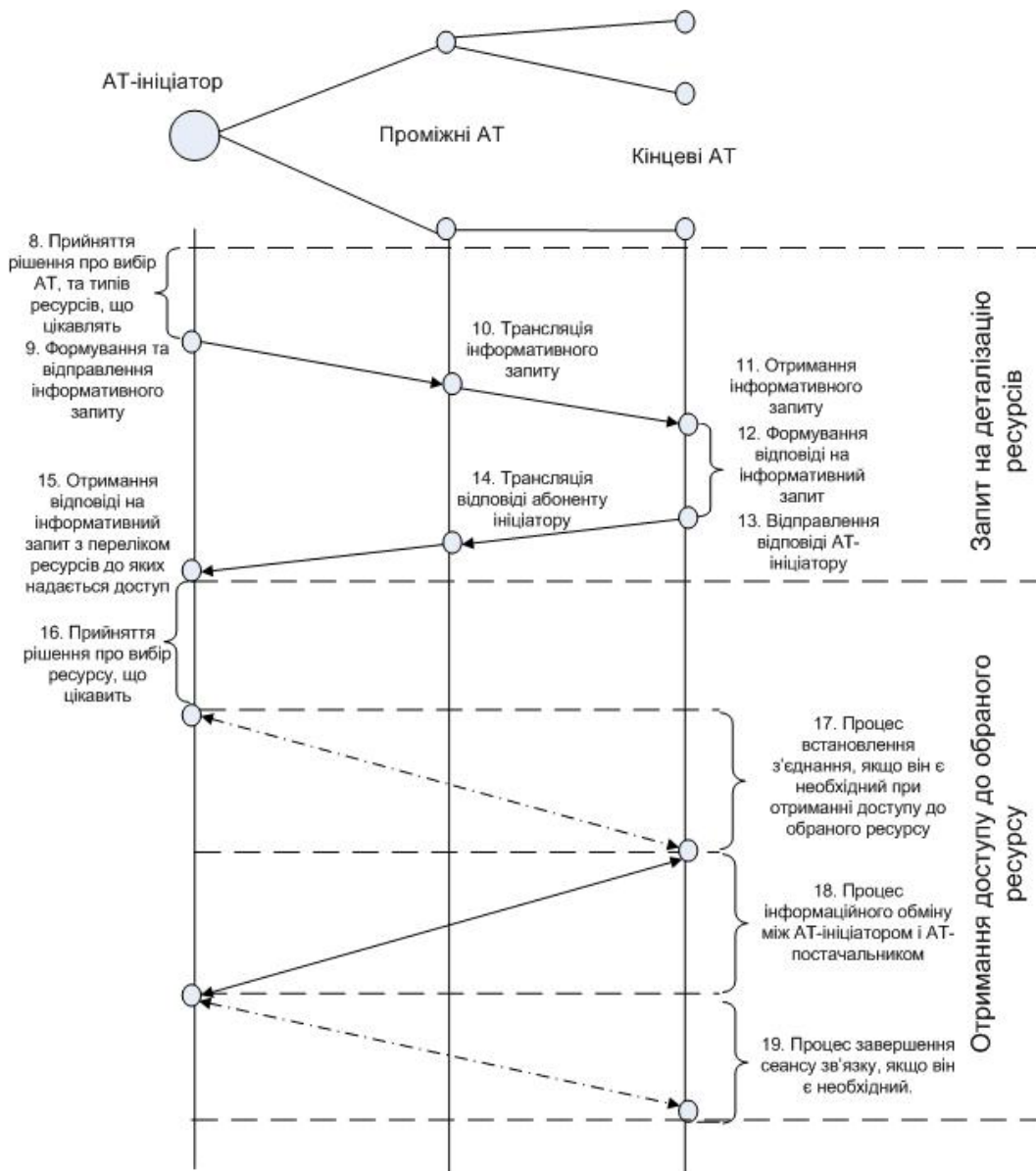


Рисунок 3 – Потокова діаграма подій запитів на деталізацію ресурсів та отримання доступу до обраного ресурсу

Порівняно з існуючими протоколами маршрутизації «ad hoc»-мереж запропонований механізм має такі основні відмінності:

1. Процес початкового запиту представляє собою дещо середнє між проактивними і реактивними протоколами маршрутизації. Проактивні протоколи формують повну таблицю маршрутів до всіх існуючих абонентів та постійно підтримують її в актуальному стані; реактивні протоколи маршрутизації посилають запит на отримання маршруту тільки в разі необхідності отримання доступу до ресурсів конкретного віддаленого абонента. Запропонований механізм формує миттєвий знімок мережі з усіма розміщеними в ній абонентами, маршрутами до них та типами ресурсів, які надаються. У разі втрати актуальності існуючих маршрутів та неможливості отримання доступу до обраного ресурсу, процес початкового запиту розпочинається знову.

2. Формування інформативного запиту до одного АТ дозволяє отримати у відповідь тільки ті ресурси, якими цікавиться АТ-ініціатор, а також зменшити загальне навантаження на ситуативну мережу (при формуванні відповіді на інформативний запит загальну кількість інформації, що передається, буде суттєво зменшено).

3. Процес обміну інформацією між АТ-ініціатором та АТ-постачальником послуги може бути організований в різний спосіб (наприклад, гарантованою або не гарантованою доставкою інформації), в залежності від типу запитаної послуги.

Подальший розвиток запропонованого механізму керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах передбачає:

1. Деталізацію алгоритмів перших двох етапів (визначення змісту запиту та відповідей, визначення оптимальних маршрутів, формат опису наявних ресурсів тощо). Така деталізація в подальшому дозволить розробити специфікацію мережних протоколів, а також виконати розробку спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволить використати можливості запропонованого механізму.

2. Розробку математичної та імітаційної моделі запропонованого механізму. Розробка таких моделей дозволить отримати низку аналітичних виразів та алгоритмів для оцінки залежності певних критичних для функціонування ситуативної мережі характеристик від первинних параметрів.

Висновки та результати

1. Відсутність механізмів керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах суттєво звужує сферу застосування таких мереж та не дозволяє користувачам скористатися всіма можливостями власних абонентських терміналів в самих різних ситуаціях (під час подорожі, відпустки, на час участі у конференції тощо).

Існуючі протоколи «ad hoc»-мереж вирішують лише проблему маршрутизації інформації, мають обмежений спектр застосування (лише безпроводні технології одного типу) та не надають користувачам відповіді про наявні в мережі ресурси.

2. Для вирішення зазначених проблем в ситуативних мережах запропоновано новий підхід до керування розподіленими ресурсами, який базується на опитуванні вузлів про наявні інформаційні ресурси, а також на ретрансляції запитів та відповідей всіма вузлами мережі.

3. Основними перевагами запропонованого механізму керування розподіленими ресурсами в ситуативних мережах у порівнянні із іншими механізмами та протоколами цього класу, є:

– можливість отримання доступу до ресурсів, які можуть надавати вузли мережі, в ситуації, коли не відома кількість вузлів, їх розміщення або наявні ресурси;

– одночасне використання більшості доступних технологій передавання даних для отримання інформації про існуючі навколо ресурси (без попередньої побудови телекомунікаційної інфраструктури або використання спеціалізованого мережного обладнання);

– зменшення адміністративного навантаження на існуючу мережну інфраструктуру за рахунок використання інформативних запитів на етапі отримання переліку ресурсів та формування маршрутів до інших абонентів тільки у разі необхідності для користувача ініціатора.

Література

1. *Бакланов И.Г.* NGN: принципы построения и организации / Бакланов И.Г. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 400 с.
2. *Beyond Digital Divides – is there a chance for developing countries?* [Електронний ресурс] / Hanimann, Thomas; Ruedin, Etienne // Fachhochschule Ostschweiz University of Applied Sciences, Zurich, Switzerland, 2007 – 65 с. – Режим доступу до матеріалу: <http://eprints.rclis.org/11455/>
3. *Abolhasan M.* A review of routing protocols for mobile ad hoc networks / M. Abolhasan, T. Wysocki, E. Dutkiewicz // Elsevier Journal of Ad Hoc Networks. – 2004. – №1. – С. 1–22.
4. *Subir K. S.* Ad hoc mobile wireless networks: principles, protocols, and applications / Subir Kumar Sarkar, T.G. Basavaraju, C. Puttamadappa. – New York: Auerbach Publications, 2007. – 313 с.

5. *An efficient* routing protocol for wireless networks [Електронний ресурс] / Murthy Shree, Garcia-Luna-Aceves J. J. // Hingham, MA: Kluwer Academic Publishers. – 1996 – № 1 – С. 183–197. – Режим доступу до статті: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=272250>
6. *Optimized Link State Routing Protocol* (OLSR): RFC 3626 – 2003 – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 75 с. – (Міжнародний стандарт).
7. *Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector* (DSDV) for Mobile Computers [Електронний ресурс] / С. Perkins, P. Bhagwat // SIGCOMM 1994 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications – С. 234–244. – Режим доступу до статті: <http://www.cs.virginia.edu/~cl7v/cs851-papers/dsdv-sigcomm94.pdf>
8. *Introduction to Algorithms* (3rd ed.) / [Cormen Thomas H., Leiserson Charles E., Rivest Ronald L., Stein Clifford]. – MIT Press, 2009. – 845 с.
9. *Improving* reactive routing on wireless multirate ad-hoc networks [Електронний ресурс] / R. Guimaraes, Ll. Cerda // Proceedings of 13th European Wireless 2007 – 4 с. – Режим доступу до статті: <https://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/1173/1/mr-aodv.pdf>
10. *The Dynamic Source Routing Protocol* (DSR) for Mobile Ad Hoc Networks for IPv4: RFC 4728 – 2007 – Internet Engineering Task Forces (IETF) – 107 с. – (Міжнародний стандарт).
11. *An Efficient ZHLS Routing Protocol* for Mobile Ad Hoc Networks / Hamma T., Katoh T., Bista B.B., Takata T. // Proc. of DEXA Workshops 2006. – С. 66-70.