

УДК 004.72;681.5

Роман Ф. Мазур¹, аспірант

Широкомовна передача повідомлень на базі топології гіперкуба у мобільних ad hoc мережах на прикладі моделі натовпу

¹ Національний університет “Києво-Могилянська академія”, 04655, м. Київ, вул. Г. Сковороди, 2, e-mail: mazur.roman@gmail.com

Roman F. Mazur¹, Postgraduate Student

Broadcasting in mobile ad hoc networks on the basis of hypercube topology: case of a crowd

¹ National University of “Kyiv-Mohyla Academy”, 04655, Kyiv, Skovorody str., 2, e-mail: mazur.roman@gmail.com

Ad hoc мережі можуть служити потужним інструментом вирішення задач комунікації між мобільними пристроями, які переносяться людьми у натовпі. У таких умовах стандартні засоби зв'язку часто відмовляють через високе навантаження на централізовані елементи мереж. У даній роботі пропонується підхід до організації ширококомовної передачі повідомлень в мобільних ad hoc мережах, який базується на ідеї побудови гіперкубічної топології зв'язків між вузлами. Описується процес моделювання ширококомовної передачі повідомлень у натовпі людей на базі симулятора ONE та порівнюється робота запропонованого методу з лавиноподібним алгоритмом.

Ключові слова: ширококомовна маршрутизація, ad hoc мережі, гіперкуб.

Bluetooth and Wi-Fi technologies used by modern mobile devices can transform principles of networks organization on the base of self-organization ideas. Ad hoc networks can be a powerful instrument for solving task of communication between mobile devices that are carried by people in a crowd. In such conditions standard communication means often fail due to high load on centralized nodes. The article describes an approach to messages broadcasting organization in mobile ad hoc networks. The method is based on an idea of building a hypercube topology of links between nodes. As a result mobile nodes connections are self-organized reducing number of links used by each node. It is described how broadcast transmissions in people crowd are modeled with use of simulator ONE. Also performance of the suggested method is compared to epidemic algorithm, which shows that the proposed approach reduces overhead in data transmitted between nodes maintaining the same level of delivery probability.

Keywords: broadcasting, ad hoc networks, hypercube.

Статтю представив д.ф.-м.н., проф. Анісімов А. В.

Вступ

У наш час мобільний телефон став практично неодмінним атрибутом кожної людини, ефективно задовольняючи нашу потребу у зв'язку. В останні роки можливості цих пристроїв вийшли далеко за рамки створення з'єднання з оператором, надаючи нам можливості користуватися такими технологіями, як Bluetooth, Wi-Fi та NFC. Це, у свою чергу, зумовлює утворення мобільних ad hoc мереж, де комунікація між вузлами здійснюється через тимчасові з'єднання між пристроями, які опиняються в зоні досяжності один одного. Рух людей, які переносять свої мобільні телефони, створює високу динаміку зміни стану з'єднання вузлів у таких мережах.

Завдяки тому, що мобільні ad hoc мережі не потребують задалегіть створеної інфраструктури, вони можуть дуже швидко розгортатися у реальному середовищі. Це робить їх привабливими для застосування у військовій сфері або в системах оповіщення про небезпеку [1]. У даній роботі розглядається близька до зазначених вище сфера застосування: вирішення проблем комунікації людей у натовпі, де звичайні засоби стільникового зв'язку перестають працювати через велике навантаження на вишки операторів [2]. А саме, розглядається задача ширококомовної передачі повідомлень у натовпі.

На відкритому просторі телефони, які підтримують технологію Wi-Fi, можуть взаємодіяти один з одним на відстані

до 150 м [3]. При такому радіусі дії в умовах натовпу кожен з вузлів має дуже велику кількість потенційних зв'язків. При цьому, внаслідок відсутності фіксованої інформації про структуру мережі, для кожного вузла виникає проблема відбору тих з'єднань, які повинні бути використаними для успішної доставки повідомлення усім пристроям. Одним з перших рішень поставленої задачі є лавиноподібна маршрутизація, яка зумовлює використання всіх потенційних з'єднань для передачі повідомлення. На відміну від попереднього, запропонований у роботі підхід має мету зменшити кількість використаних зв'язків за рахунок внесення певної організації між вузлами.

Використання топології гіперкуба

Зменшити кількість з'єднань, які використовуються для ширококомовної передачі повідомлень, можна використавши побудований підграф із графа ad hoc мережі. При цьому в умовах великої кількості потенційних зв'язків між вузлами важливо, щоб між ними формувалася топологія, яка забезпечить рівномірне навантаження на кожен з пристроїв. Тобто варіація значень степеня вершин утвореного підграфа має бути невисокою, а в ідеалі повинен формуватися однорідний граф. Однією з таких топологій є гіперкуб.

Запропонований підхід передбачає присвоєння кожній з вершин графа мережі $G = \langle V, E \rangle$ номера вершини гіперкуба з подальшою активацією тих ребер у графі, які є частиною побудованого гіперкуба $G' = \langle V', E' \rangle$. Активовані ребра вказують на з'єднання між вузлами, які необхідно задіяти при ширококомовній передачі повідомлень (рис. 1).

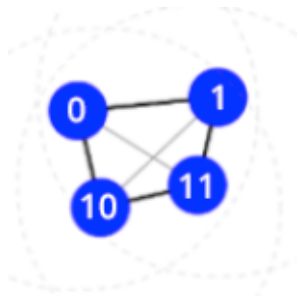


Рис. 1 Активація ребер, які належать утвореному гіперкубу. Тоншими лініями показано ті зв'язки, які не будуть використовуватися для передачі повідомлень.

Усі потенційні з'єднання вершини $v_i \in V$ можна описати як

$$L^i = \{(v_i, v_j) \in E \mid i \neq j, v_j \in V\}. \quad (1)$$

Тоді функція f , яка повертає з'єднання, які використовуються при передачі повідомлень, приймаючи на вході всі потенційні з'єднання, є функцією тотожності для лавиноподібного алгоритму:

$$f_e(L^i) = L^i. \quad (2)$$

Тоді як при застосуванні підходу на базі топології гіперкуба вказана функція може зменшувати об'єм множини ребер, відфільтровуючи ті з них, які не належать графу гіперкуба:

$$f_h(L^i) = L^i \cap E'. \quad (3)$$

Для побудови гіперкуба G' потрібно визначитися, як формується код кожної з вершин. Для цього розглянемо ситуацію, коли в зоні досяжності вузла v_i опиняється набір вузлів $X^i = \{v_j \in V \mid (v_i, v_j) \in L^i\}$, кожен з яких вже має визначений код a_j вершини в гіперкубі G' . При цьому вважатимемо, що кожен з вузлів множини X^i має інформацію про коди усіх вершин зі своєї зони досяжності. Тобто, для вершини v_i окрім множини кодів $A^i = \{a_j \mid v_j \in X^i\}$ ми також маємо набір кодів вершин, які належать найближчому оточенню вузлів множини X^i : $B^i = \bigcup_{v_k \in X^i} A^k$.

Маючи на вході множини A^i та B^i , необхідно знайти код вершини a_i .

Лема. Гіперкуб з кодами вершин A та однією невідомою вершиною має розмірність d , таку що

$$d \leq \rho(A) = \lceil \log_2 \max(A) \rceil + 1 \quad (4)$$

Оскільки ця вершина повинна належати гіперкубові, то шуканий код має бути одним із сусідніх кодів для множини A^i . Використавши функцію ρ з формули (4), можемо визначити набір сусідніх кодів, який нас цікавитиме:

$$\eta(A) = \bigcup_{a_k \in A} \{a_k \oplus 2^m \mid m = 0.. \rho(A)\} \quad (5)$$

та накласти першу умову на шуканий код a_i :

$$a_i \in \eta(A^i). \quad (6)$$

Друга умова, яку повинен задовольняти код a_i , також очевидна: він не повинен повторити жоден з кодів множин A^i та B^i :

$$a_i \notin A^i \cup B^i. \quad (7)$$

Отже, задача визначення наступного коду вершини зводиться до задачі пошуку елемента в множині (5) з обмеженнями (6) та (7). Це дозволяє нам будувати підграф гіперкуба G' та використовувати правило (3) для відбору зв'язків з множини (1)

Варто відзначити, що оскільки множини A^i та B^i не несуть інформації про всю ad-hoc мережу, у загальному графі G коди вершин можуть дублюватися (рис. 2).

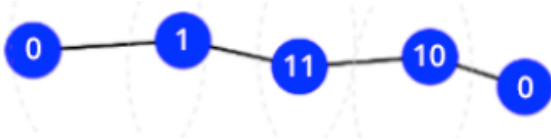


Рис. 2 Ситуація дублювання кодів вершин гіперкуба у мережі через відсутність інформації про весь граф у кожного з вузлів

Однак на роботу запропонованої схеми дублювання кодів вершин не впливає.

Моделювання ширококомовної передачі

Задачу ширококомовної передачі повідомлень було розглянуто на моделі натовпу людей кількістю 200 чоловік, який знаходиться на площі міста розміром 200 м x 200 м. За модель переміщення було обрано Random Waypoint: кожен вузол починає з того, що чекає на одному місці випадковий проміжок часу, а далі рухається з рівномірною швидкістю до певної точки. Усі параметри використаної моделі наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри моделі переміщення Random Waypoint

Параметр моделі	Діапазон можливих значень
Кількість вузлів	200
Розмір території	200 м x 200 м
Час очікування в одній точці	0 - 2 хв
Швидкість руху	0,5 - 1,5 м/с

Для моделювання маршрутизації з визначеним інтервалом генеруються ширококомовні повідомлення певного об'єму, випадково обираючи вузол-відправник. Далі, використовуючи з'єднання, які диктуються алгоритмом маршрутизації, та враховуючи їхню швидкість, відбувалася передача згенерованих повідомлень на інші вузли. Параметри моделі маршрутизації зведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри моделі маршрутизації

Параметр моделі	Діапазон можливих значень
Загальний час моделювання	200
Інтервал генерації нового повідомлення	200 м x 200 м
Розмір повідомлень	0 - 2 хв
Швидкість з'єднання	0,5 - 1,5 м/с
Розмір буферу маршрутизаторів	5 МіБ
Радіус покриття кожного з вузлів	10 м, 30 м, 50 м, 90 м

Моделювання здійснювалося на базі симулятора опортуністичних мереж ONE, який було розширено з метою реалізації моделі ширококомовної передачі повідомлень. Зокрема, було додано підтримку генерації ширококомовних повідомлень та їх обробку на рівні маршрутизаторів у вузлах.

Приклад топології, утвореної під час моделювання зображено на рис. 3.

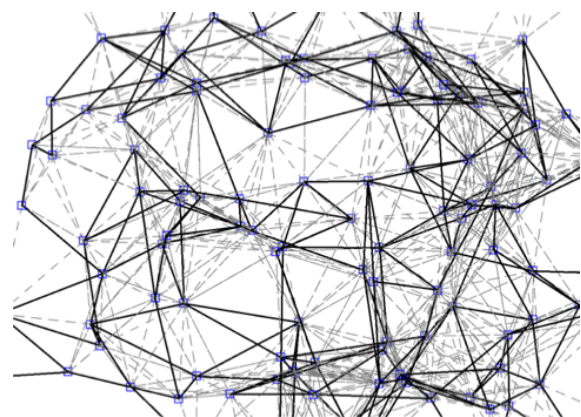


Рис. 3 Фрагмент ad hoc мережі під час моделювання з використанням алгоритма маршрутизації на основі топології гіперкуба. Суцільними лініями показано зв'язки, які входять у гіперкуб, пунктиром - можливі з'єднання між вузлами, які не входять у гіперкуб.

Результати моделювання

Результати моделювання включають дані для двох алгоритмів маршрутизації: лавиноподібного та на основі топології гіперкуба. Перший з них зумовлює передачу повідомлень, використовуючи всі можливі з'єднання вузла, тоді як другий використовує лише ті, що є частиною зв'язків побудованого гіперкуба (рис. 3).

Для порівняння роботи алгоритмів використовуються коефіцієнт витрат O та імовірність успішної доставки повідомлень P , які обчислюються за формулою (8).

$$O = \frac{(N_r - N_c)}{N_c}, P = \frac{\sum_{i=1}^{N_c} N_d^i}{N_c}, \quad (8)$$

де

N_r - сумарна кількість виконаних передач повідомлень між парами вузлів;

N_c - загальна кількість створених повідомлень у мережі протягом всього часу моделювання;

N_d^i - кількість вузлів, у які було доставлено повідомлення i ;

N - загальна кількість вузлів.

Порівняльні діаграми цих показників для двох алгоритмів, задіяних в моделюванні, наведено на рисунках 4 та 5.

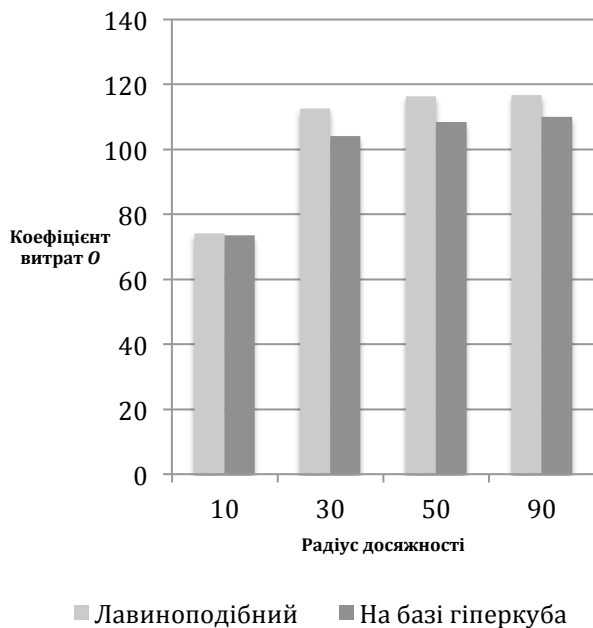


Рис. 4 Значення коефіцієнта витрат при різних радіусах досяжності.

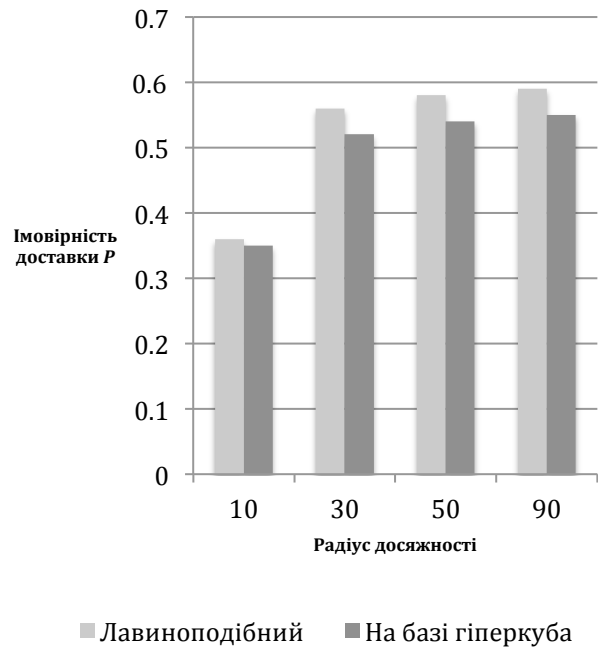


Рис. 5 Значення імовірності успішної доставки при різних радіусах досяжності.

З діаграм, зображених на рисунках 4 та 5, можливо зробити висновок, що запропонований підхід до ширококомовної передачі повідомлень дозволяє зменшити надлишок даних, які передаються в мережі підтримуючи імовірність успішної доставки повідомлень на рівні близькому до того, що можна отримати з лавиноподібним алгоритмом.

Висновки

Результати моделювання запропонованого алгоритму вказують на перспективність розвитку підходів, орієнтованих на саморганізацію визначеної топології у мобільних ad hoc мережах, оскільки вони зменшують надлишковість даних, які передаються в мобільних ad hoc мережах.

У статті докладно описано параметри використаних моделей, а сам код, використаний для емуляції опубліковано на ресурсі github.com [4] для максимальної простоти відтворюваності проведених експериментів, що є дуже важливим для подібних праць [5].

Список використаних джерел

1. *Andel T.* On the credibility of manet simulations / T. Andel, A. Yasinsac. // *Computer*. – 2006. – №37. – С. 48–54.
2. Cellular traffic offloading through opportunistic communications: a case study / [B. Han, P. Hui, A. Kumar та ін.]. // In *Proceedings of the 5th ACM workshop on Challenged networks*. – 2010. – С. 31–38.
3. Feasibility study of mobile phone WiFi detection in aerial search and rescue operations / [W. Wang, R. Joshi, A. Kulkarni та ін.]. // In *Proceedings of the 4th Asia-Pacific Workshop on Systems*. ACM. – 2013. – С. 7.
4. *Mazur R.* Hypercube based routing for MANETs [Електронний ресурс] / Roman Mazur. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://github.com/roman-mazur/hadress>.
5. *Kurkowski S.* MANET simulation studies: the incredibles / S. Kurkowski, T. Camp, M. Colagrosso. // *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*. – 2005. – №9. – С. 50–61.

References

1. ANDEL T.R., YASINSAC A. (2006) On the credibility of manet simulations. *Computer*. 37 (7). p. 48-54.
2. HAN B., HUI P., KUMAR V. S., MARATHE M. V., PE, G., SRINIVASAN, A. (2010) Cellular traffic offloading through opportunistic communications: a case study. *In Proceedings of the 5th ACM workshop on Challenged networks*. September. p. 31-38.
3. WANG W., JOSHI R., KULKARNI A., LEONG, W. K., LEONG B. (2013) Feasibility study of mobile phone WiFi detection in aerial search and rescue operations. *In Proceedings of the 4th Asia-Pacific Workshop on Systems*. ACM. July. p. 7.
4. MAZUR R. (2014) *Hypercube based routing for MANETs*. [Online] Available from: <https://github.com/roman-mazur/hadress> [Accessed: 14th April 2014]
5. KURKOWSKI S., CAMP T., COLAGROSSO M. (2005) MANET simulation studies: the incredibles. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*. 9 (4). p. 50-61.

Надійшла до редколегії 17.04.2014

УДК 519.8

Маляр М.М.¹, к.т.н., доц., докторант

N. N. Malyar¹, PhD

Моделювання обмеженого раціонального вибору з використанням нечітких множин

Modeling bounded rational choice using fuzzy sets

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 03680, м. Київ, пр-т Глушкова 4д, e-mail: malyarmm@gmail.com

¹ Taras Shevchenko National University of Kyiv, 03680, Kyiv, Glushkova av., 4d, e-mail: malyarmm@gmail.com

Розглядається підхід для вирішення задач багатокритеріального вибору. Запропоновано модель вибору, яка базується на ідеї обмеженої раціональності з використанням апарату нечітких множин.

Ключові слова: багатокритеріальність, задоволення вимог, нечіткі множини, обмежена раціональність

This paper addresses the problem of rational decision on a finite set of alternatives. Typically, these problems are described by means of multicriteria choice model types which are provided. The approach of constructing a model selection problem from the point of view of the theory of bounded rationality by H. Simon, with the use of fuzzy sets is described. The concept point "meet the requirements" is introduced. A model for constructing membership functions of fuzzy sets using the terms "meet the requirements" and convolution models that characterize pessimistic, cautious, moderate, optimistic estimates based on piecewise linear, exponential and Gaussian functions are proposed. We displayed wording of some fuzzy sets. We describe a general scheme for solving the problem of choice, based on this approach. The proposed approach allows us to build a model of multi-task selection in a finite set of alternatives. The result is the construction of fuzzy sets in terms of "best alternative" with the appropriate membership function. List of the advantages of this approach are given.

Key Words: multi-criteria, meet the requirements, fuzzy sets, bounded rationality

Статтю представив д.т.н., проф. Волошин О.Ф.

Вступ. Вирішення проблем, які виникають в сучасному суспільстві, пов'язано з прийняттям рішень у надзвичайно складних умовах. Складність умов обумовлюється необхідністю врахування величезних об'ємів різномірної інформації, яка, до того ж, характеризується невизначеністю або неточністю. Проблема прийняття рішень найбільш адекватно відображається за допомогою моделей багатокритеріального вибору [1,2]. Розглянемо класичну задачу багатокритеріального вибору. Нехай задано множину рішень (альтернатив), реалізація кожної з яких приводить до настання деякого наслідку, який оцінюється за деякою множиною критеріїв. Оцінка наслідків за вибраними критеріями ефективності визначає ступінь переваги відповідних альтернатив. Потрібно побудувати модель вибору найкращої альтернативи

відповідно до заданих критеріїв ефективності.

Побудова математичної моделі такої задачі супроводжується врахуванням деяких реальних умов, які можна виразити наступним чином. По-перше, критерії за якими проводиться оцінка множини альтернатив мають різні розмірності, визначені у різних шкалах, покращенням результату вважається по деяких показниках їх зростання, по інших – спадання. По-друге, не завжди найкращим результатом вважається екстремальне значення того чи іншого показника.

Як показав Г.Саймон [3], у багатьох випадках раціональним вибором вважається деякий задовольняючий результат.

Постановка задачі багатокритеріального вибору. Вимоги, які ставляться до процедури вибору, визначають вид задачі прийняття рішень. Найбільш поширеними