

УДК 004.7: 004.9

В. В. ГНАТУШЕНКО, ДАНЛАДІ АЛІ*Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, Україна***МОДЕЛЮВАННЯ МОБІЛЬНИХ БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ**

Зроблено огляд протоколів маршрутизації в мобільних бездротових Ad hoc мережах (MANET) та розглянуто їх особливості. Проведено порівняльний аналіз роботи протоколів маршрутизації DSR, GRP, OLSR у середовищі імітаційного моделювання OPNET. Ефективність протоколів маршрутизації оцінена за такими критеріями, як кількість відправленого та отриманого трафіку, навантаження мережі, пропускна здатність, затримка, втрачені дані, затримка доступу до середовища. За результатами моделювання протокол OLSR показав кращу працездатність. Отримані результати дозволяють ефективно використовувати ресурси бездротової мережі за рахунок правильного вибору протоколу маршрутизації.

Ключові слова: Ad-hoc мережа, протокол маршрутизації, продуктивність протоколу, імітаційне моделювання.

Введення

В даний час мережі передачі даних продовжують активно розвиватися, в тому числі все більшого поширення набуває такий їхній клас, як мережі Ad hoc. Це однорангові бездротові мережі передачі даних зі змінною топологією і відсутністю чіткої інфраструктури, де кожен вузол може виконувати функції маршрутизатора і приймати участь в ретрансляції пакетів даних (MANETs). Подібні мережі можуть застосовуватися в структурах МНС, в системах транспорту та різних силових структурах.

Особливість бездротового середовища, що полягає в низькій вірогідності успішної передачі пакета (в дротових мережах ця ймовірність близька до одиниці), не дозволяє використовувати для надійної доставки даних добре вивчені протоколи маршрутизації, розроблені для дротових мереж. Так само в останні роки розробники бездротових мереж стикаються з новими труднощами, які пов'язані з необхідністю забезпечення відповідної якості обслуговування при передачі даних реального часу, що важливо для надання послуги передачі мультимедійної інформації, попит на яку в останні роки значно зріс [1]. Це висуває нові вимоги до протоколів маршрутизації і робить проблему надійної доставки мультимедійних даних реального часу в бездротових мережах актуальною.

Відомі протоколи маршрутизації, як правило, включають в себе механізми, що відповідають за наступні завдання:

- виявлення сусідніх станцій;
- оцінку якості каналу між сусідніми станціями,

ми, яка пов'язана з визначенням значення метрики маршрутизації на з'єднанні;

- поширення мереж інформації;
- вибір маршрутів для передачі на підставі отриманої мережевої інформації;
- ретрансляція пакетів за обраними маршрутами.

Висока ймовірність втрати пакетів при широкомовній передачі робить вибір механізму поширення мережевої інформації критичним для функціонування мережі, що визначає актуальність даної роботи.

Мережева інформація може являти собою:

- інформацію про топологію (про з'єднання з сусідніми станціями) - протоколи класу Link - State (стан з'єднання): OLSR [2] (Optimized Link State Routing Protocol), HSLs [3] (Hazy - Sighted Link State Routing Protocol), ZRP [4] (Zone Routing Protocol) та ін;
- інформацію про довжини маршрутів між усіма можливими парами станцій - клас протоколів Distance -Vector: AODV [5] (Ad hoc On - Demand Distance Vector), DSDV [6] (Destination - Sequenced Dis - tance Vector) та ін.

При використанні протоколу класу Link - State кожна станція отримує інформацію про топологію всієї мережі і будує маршрут, ґрунтуючись на цій інформації. У протоколах класу Distance -Vector пошук маршруту відбувається розподілено, але тим не менш, вони простіші в реалізації і показують хорошу ефективність в мережах з малим числом станцій. Протоколи класу Link - State в порівнянні складніші, але при цьому володіють кращою масштабо-

ваністю: їх ефективність слабкіше залежить від числа станцій, тому саме їх найчастіше використовують у великих мережах [7].

Мережева інформація може поширюватися проактивно (регулярно, незалежно від існуючих потоків даних в мережі) і реактивно (на вимогу). Ефективність того чи іншого методу поширення мережевої інформації істотно залежить від розглянутого сценарію. Проактивне поширення забезпечує більшу продуктивність в нерухомих мережах при великому числі потоків даних. Реактивне - навпаки, в мобільних мережах з невеликим числом потоків [8].

Постановка задачі дослідження

Специфіка мереж Ad hoc полягає в тому, що їх топологія постійно змінюється через переміщення вузлів мережі в просторі або зміни умов поширення сигналу. Крім цього, для Ad hoc - мереж, як і для будь-яких бездротових систем, характерні обмежені смуга пропускання і зона радіовидимості. В результаті протоколи та технічні рішення, використовувані в класичних дротових мережах передачі даних, наприклад централізована маршрутизація з ієрархією заздалегідь призначених маршрутизаторів, в мережах Ad hoc опиняються неефективними і не забезпечують потрібну продуктивність [9,10].

Адекватне порівняння протоколів з чисто теоретичних позицій ускладнене тим, що на процес передачі даних в бездротових мережах впливає велика кількість різних факторів, багато з яких носять випадковий характер і слабо піддаються строгому математичному аналізу. Тому основним інструментом порівняльного аналізу протоколів маршрутизації є імітаційне моделювання, яке в цілях економії часу і коштів спочатку здійснюється за допомогою комп'ютерних програм - симуляторів, без застосування реального обладнання [11].

На даний момент найбільш часто використовуються в MANET мережах наступні протоколи маршрутизації [9-11]:

– DSR (Dynamic Source Routing). Реактивний протокол, розроблений спеціально для використання в невеликих (діаметром в 5-10 хопів) мережах з помірною мобільністю вузлів.

– OLSR (Optimized Link - State Routing). Проактивний протокол, який є спробою адаптації класичного LSR (Links State Routing) до використання в умовах бездротових мереж. Основним нововведенням є концепція багатоточечних ретрансляторів, яка оптимізує процес широкомовної розсилки, значно скорочуючи обсяги розсилаємої інформації.

– GRP (Geometry based Routing Protocol) протокол маршрутизації на основі взаємного розташування вузлів.

Мета роботи полягає в дослідженні властивостей мультимедійного трафіку при використанні різних протоколів маршрутизації у мережі MANET.

Основна частина

Кожен клас протоколів потенційно має свої переваги і недоліки при використанні в умовах мобільних Ad hoc мереж. Проактивні протоколи володіють явною перевагою перед реактивними в часі побудови маршруту. У проактивних протоколів цей процес, по суті, відбувається заздалегідь, і потрібно лише зчитати маршрут з таблиці, тоді як реактивним протоколам необхідно розіслати циркулярний запит та дочекатись підтвердження від адресата. Однак проактивним протоколам необхідно постійно здійснювати широкомовні розсилання, на що може витрачатися значна частка пропускну здатності мережі, особливо в умовах великих мереж з високою мобільністю вузлів.

В роботі побудовано модель мобільної Ad hoc мережі (MANET) в середовищі OPNET (рисунок 1). Мережа має довільну структуру, що складається з мобільних маршрутизаторів (і прилеглих хостів), з'єднаних бездротовими каналами зв'язку, об'єднання яких формує довільну топологію.

Маршрутизатори можуть вільно пересуватися в будь-якому напрямку і організовуватися довільно, таким чином топологія бездротової мережі може змінюватися швидко і непередбачувано. MANET топологія має набагато більше надлишкових зв'язків, ніж у традиційних мережах. Властивості каналів, включаючи пропускну здатність і частоту появи помилок, є статичними в традиційних мережах, але можуть змінюватися в розглянутій моделі.

При моделюванні порівнювалися параметри протоколів маршрутизації (DSR, GRP, OLSR) в бездротовій мережі, що складається з 150 мобільних вузлів, швидкість передачі даних у яких до 18 Мбіт і потужність передачі 0,11 Вт. Кожен вузол рухається випадковим чином в діапазоні мережі 10000 кв.м.

Час моделювання для всіх протоколів - 1000 с, при цьому середня швидкість по мережі для протокола DSR близько 200 тис. подій/секунду і об'єм використаної пам'яті 160 Мб, для протоколу GRP - близько 210 тис. подій/секунду і 130 Мб, для протоколу OLSR - близько 55 тис. подій/секунду і 960 Мб відповідно.

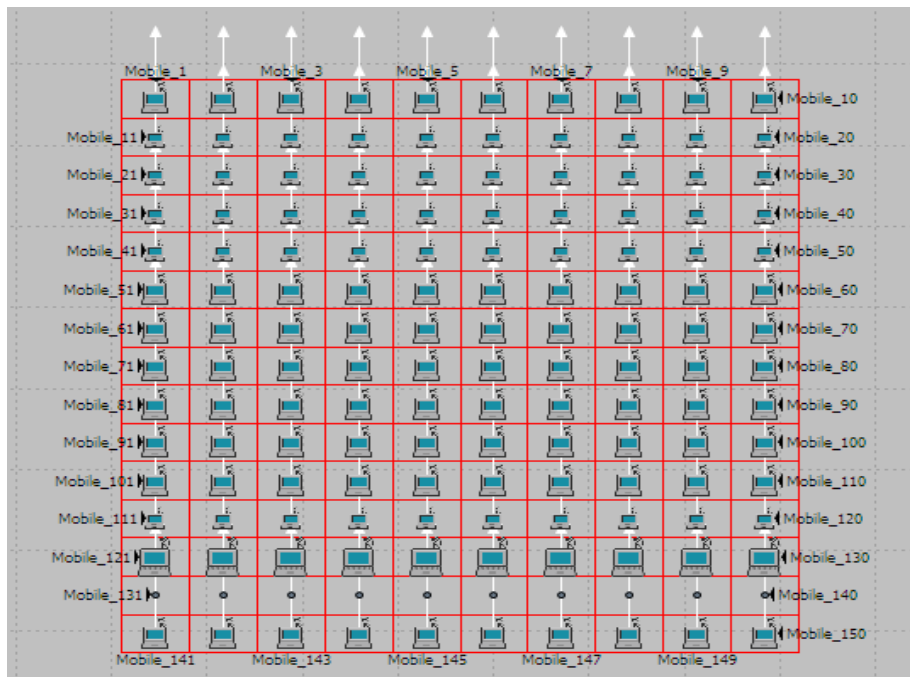


Рис. 1. Модель мережі MANET в середовищі OPNET

Проаналізовано продуктивність трьох різних спеціальних мережевих протоколів маршрутизації DSR, GRP, OLSR, використовуючи різні сценарії для однакової моделі мережі в середовищі OPNET. Для кожного сценарію застосовувався один протокол і порівнювалися наступні параметри: вхідний і вихідний трафік, завантаження мережі, затримки, пропускна здатність і т.п.

На рисунках 2 і 3 представлено кількість відправленого та отриманого трафіку в модельованій мережі всіма бездротовими вузлами відповідно. Найменше значення передачі даних отримано при використанні протоколу DSR (синя лінія), для протоколів GRP і OLSR (червона і зелена лінії) отримані більш високі результати в порівнянні з DSR.

Оцінювалася затримка: час, необхідний для передачі по мережі пакета від вихідного вузла до вузла призначення. Рисунок 4 ілюструє середню затримку при застосуванні протоколів маршрутизації DSR, GRP, OLSR в мережі для функціонування 150 мобільних вузлів. Затримки для GRP є найбільш високими, DSR середніми і OLSR низькими за оцінки на закінчення моделювання.

Розраховувалося нормалізоване навантаження створеної мережі як відношення загальної кількості всіх пакетів, переданих усіма вузлами, до загальної кількості отриманих пакетів даних. Після завершення модельного часу на рисунку 5 представлено результати: OLSR - високе навантаження, GRP - середнє і DSR - низьке.

Визначалася затримка доступу до середовища в бездротовій локальній мережі.

Згідно рисунку 6 оцінені після завершення часу

моделювання DSR затримки доступу до середовища є самими високими, OLSR - середніми і GRP - низькими.

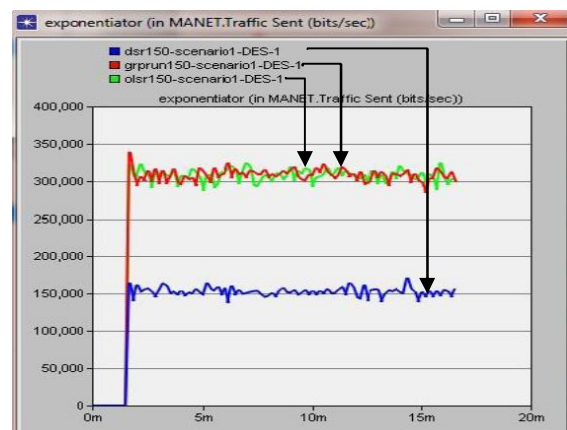


Рис. 2. Відправлений трафік

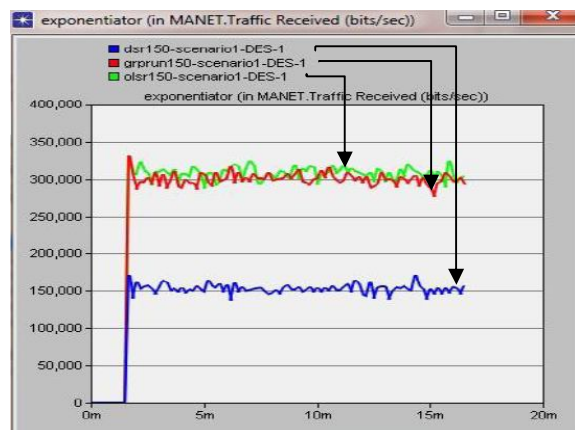


Рис. 3. Отриманий трафік

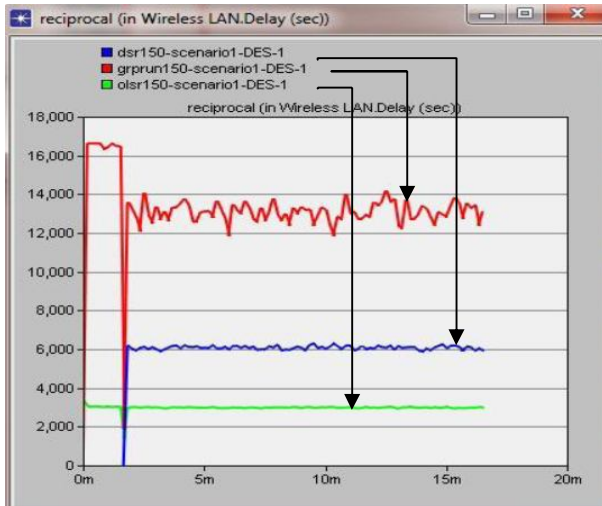


Рис. 4. Затримка WLAN

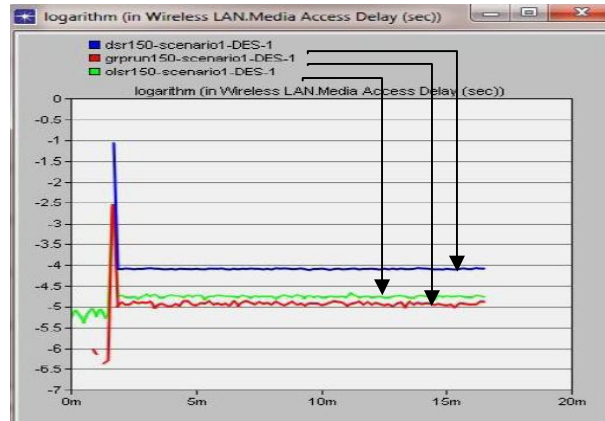


Рис. 6. Затримка доступу до середовища (Media Access Delay)

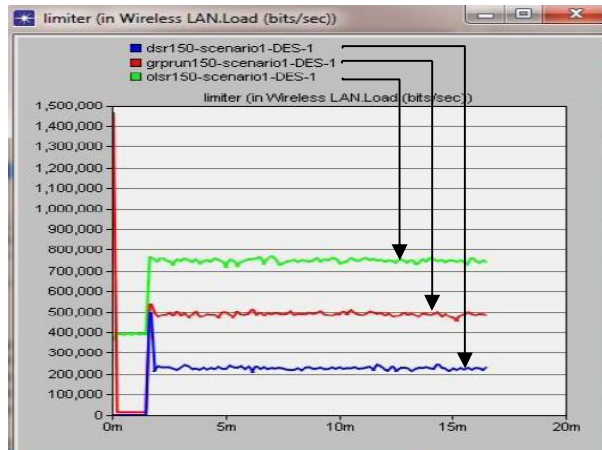


Рис. 5. Навантаження WLAN

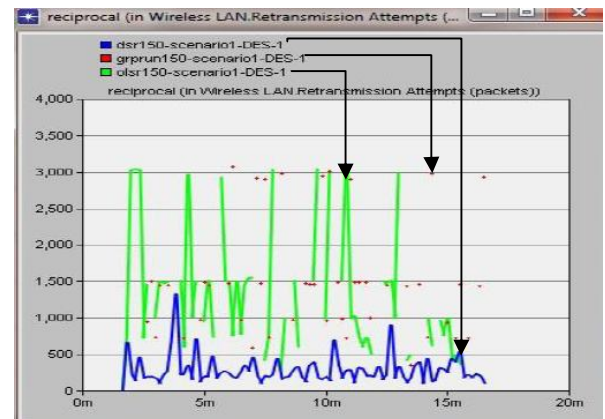


Рис. 7. Повторні передачі пакетів

Спроби ретрансляційної передачі даних визначалися як відношення кількості переданих пакетів до отриманих. Під переданими розуміється загальна кількість переданих пакетів кожним вузлом мережі. Згідно рисунку 7 для протоколу маршрутизації GRP спроба повторної передачі є найвищою, OLSR - середньою та DSR - низькою.

На рисунку 8 представлено пропускну здатність модельованої бездротової мережі при використанні різних протоколів маршрутизації. При оцінці отриманих даних можна зробити висновок, що OLSR має найбільшу пропускну здатність, GRP середню, а DSR найменшу з аналізованих.

Також оцінено кількість втрачених даних.

Висновок

Проведені дослідження демонструють можливість симуляторів як у плані завдання вхідних умов експерименту, так і в плані збору та представлення його результатів.

Представлені графіки дозволяють наочно і кількісно оцінити роботу протоколів. За результатами моделювання протокол OLSR представляє кращу

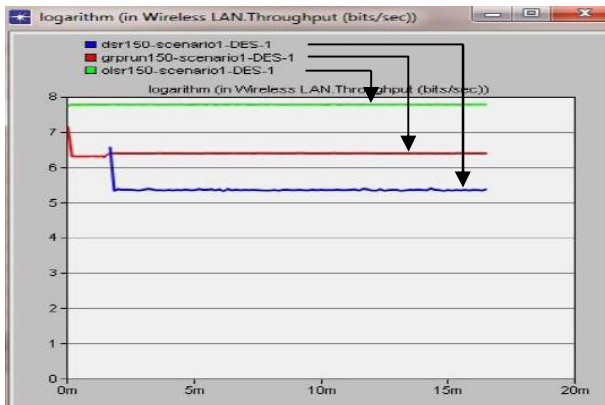


Рис. 8. Пропускна здатність

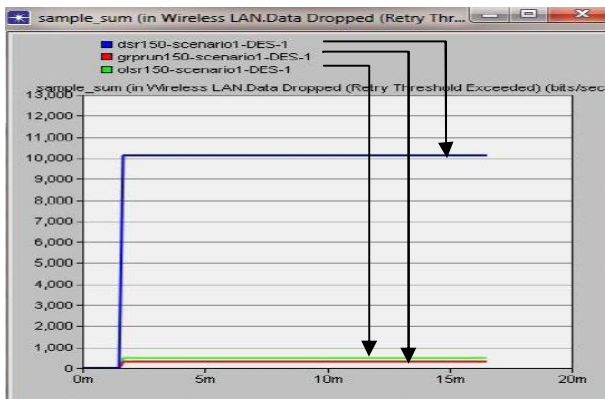


Рис. 9. Втрачені дані

продуктивність за розглянутими параметрами бездротової Ad-hoc мережі (пропускна здатність, затримка, вхідний та вихідний трафік і т.д.) і можливо умовно наступне розміщення протоколів маршрутизації за оцінкою роботи DSR<GRP<OLSR.

Література

1. Беспроводные сети [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.cisco.com/web/RU/products/wireless/benefits.html>. – 28.03.2014.
2. Macker, J. P. A study of link state flooding optimizations for scalable wireless networks [Text] / J. P. Macker, J. W. Dean // *Proceedings of Military Communications Conference, (MILCOM 2003)*. – 2003. – Vol. 2. – P. 1262–1267.
3. Santivanez, C. Hazy Sighted Link State (HSLS) Routing: A Scalable Link State Algorithm [Електронний ресурс] / C. Santivanez, R. Ramanathan // *BBN Technologies*. – 2003. – 44 p. – Режим доступу: <http://www.ir.bbn.com/documents/techmemos/TM1301.pdf>. – 28.03.2014.
4. Haas, Z. J. The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks [Електронний ресурс] / Z. J. Haas, M. R. Pearlman, P. Samar // *IETF, 2002 (Internet-Draft)*. – Режим доступу: <http://www.ietf.org/proceedings/55/I-D/draft-ietf-manet-zone-zrp-04.txt>. – 28.03.2014.
5. Perkins, C. Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing [Електронний ресурс] / C. Perkins // *IETF, 2003 (Internet-Draft)*. – Режим

доступу: <http://tools.ietf.org/pdf/rfc3561.pdf>. – 28.03.2014.

6. Perkins, C. E. *DSDV Routing over a Multihop Wireless Network of Mobile Computers. Ad Hoc Networking [Text]* / C. E. Perkins, P. Bhagwat. – Addison-Wesley. – 2001, chapter 3. – P. 53–74.
7. Haerri, J. *Performance Comparison of AODV and OLSR in VANETs Urban Environments under Realistic Mobility Patterns [Text]* / J. Haerri, F. Filali, C. Bonnet // *Proceedings of Med-Hoc-Net 2006, the 5th Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop*. – Lipari (Italy). – 2006. – P. 14–17.
8. Huhtonen, A. *Comparing AODV and OLSR Routing Protocols [Text]* / A. Huhtonen // *Telecommunications Software and Multimed.* – 2004. – P. 1–9.
9. Boukerche, Azzedine. *Algorithms and protocols for wireless, mobile ad hoc networks [Text]* / Azzedine Boukerche. – New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 495 p.
10. Cordeiro, Carlos de Moraes. *Ad hoc & Sensor Networks. Theory and Applications [Text]* / Carlos de Moraes Cordeiro, Dharma Prakash Agrawal. – Singapore : World Scientific Publishing Co, 2006. – 642 p.
11. *Performance of Mobile Ad hoc Networking Routing Protocols in Large Scale Scenarios [Text]* / Julian Hsu Bhatia, S. Tang, K. Bagrodia, R. Acriche // *IEEE Military Communications Conference*. – 2004. – Vol. 1. – P. 21–27.

Поступила в редакцію 28.03.2014, рассмотрена на редколлегии 19.05.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри електронних засобів телекомунікацій В. М. Корчинський, Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

В. В. Гнатушенко, Данлади Али

Сделан обзор протоколов маршрутизации в мобильных беспроводных Ad hoc сетях (MANET) и рассмотрены их особенности. Проведен сравнительный анализ работы протоколов маршрутизации DSR, GRP, OLSR в среде имитационного моделирования OPNET. Эффективность протоколов маршрутизации оценена по таким критериям, как количество отправленного и полученного трафика, нагрузка сети, пропускная способность, задержка, потерянные данные, задержка доступа к среде. По результатам моделирования протокол OLSR показал лучшую работоспособность. Полученные результаты позволяют эффективно использовать ресурсы беспроводной сети за счет правильного выбора протокола маршрутизации.

Ключевые слова: Ad-hoc сеть, протокол маршрутизации, производительность протокола, имитационное моделирование.

MODELING MOBILE WIRELESS NETWORKS AND COMPARATIVE ANALYSIS ROUTING PROTOCOLS

V. V. Hnatushenko, Danladi Ali

An overview of routing protocols in wireless mobile Ad hoc networks (MANET) and examined their features. A comparative analysis of routing protocols DSR, GRP, OLSR simulation modeling environment in OPNET. The efficiency of routing protocols evaluated according to criteria such as the number of sent and received traffic, network traffic, throughput, delay, lost data, media access delay. For OLSR protocol simulation results showed better performance. The obtained results allow to use resources efficiently wireless network by proper selection of the routing protocol.

Key words: Ad-hoc network, routing protocol, performance protocol, simulation.

Гнатушенко Вікторія Володимирівна – канд. техн. наук, доц., докторант кафедри інформаційних технологій і систем, Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: trip@ukr.net.

Данладі Алі – аспірант кафедри інформаційних технологій і систем, Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, Україна.