

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ МЕРЕЖ

Сучасна телекомунікаційна мережа складається з великої сукупності елементів. В мережу можуть входити як стаціонарні вузли, так і мобільні засоби. Розробка топології такої мережі вимагає критичного аналізу роботи за умов можливої динамічної зміни навантаження. В роботі показано аналіз сучасних програмних засобів моделювання роботи мережі. Емулятори NS-2, Riverbed OPNET Modeler, Cisco Packet Tracer є представниками великої сукупності таких технічних засобів. В пакетах моделювання мережі доступно використання різноманітного обладнання. Cisco Packet Tracer орієнтовано на моделювання із застосуванням обладнання фірми «Cisco». OPNET Modeler навпаки орієнтований на створення моделі із застосуванням як існуючого обладнання різних виробників, так і моделей обладнання без прив'язки до виробника.

Ключові слова: силова лінія, передача даних, перетворення Фур'є.

O. POLNOV, K. HORIASHCHENKO, V. MISHAN

Khmelnytskyi National University, Ukraine

## MODERN NETWORK MODELLING SOFTWARE

Modern telecommunication network consist of large amount of components like servers, routers, switches, end-point computers. Fibre channels and usual gigabit lines used as a medium. Modern network can combine not only static elements but mobile components like mobile phones, ZigBee modules, Wi-Fi access points, Bluetooth. High speed equipment like satellites can be added to network structure too.

So, selecting of correct equipment for network, estimating characteristics of such network can be hard task to be done in most cases. The analysis of modern programmatic facilities of design of work of network is in-process shown. Emulators of NS - 2, Riverbed OPNET Modeler, Cisco Packet Tracer are the representatives of large aggregate of such technical equipment. In the packages of design of network accessible the use of various equipment. It is oriented Cisco Packet Tracer to the design with application of equipment of firm Cisco. OPNET Modeler vice versa - oriented to creation of model with application of both existent equipment of different producers and models of equipment without attachment to the producer.

Keywords: power line, data transmission, Fourier transform.

## Вступ

Сучасні технології дозволяють використовувати мережі зв'язку не тільки для звичайного перегляду web-сторінок і відправки електронних листів, але і для передачі голосу і відео. Трафік пакетних даних досяг таких обсягів, що для телекомунікаційних компаній будь-якого типу він став помітним джерелом доходів, тому мережі IP експлуатуються все активніше [1, 2]. З метою збільшення прибутку оператори намагаються підвищити ефективність використання мережі, а значить, методи оптимізації мереж IP набувають все більшої значущості. Максимальний комерційний ефект від мережі IP не може бути отриманий без раціонального використання всіх мережевих ресурсів – в першу чергу маршрутизаторів і каналів зв'язку. Функціонування пакетної мережі можна вважати ефективним тільки тоді, коли кожен ресурс завантажений, але водночас не перевантажений.

Кілька років тому послуги телебачення і телефону надавалися користувачам через різні мережі доступу. В кінці 90-х – на початку 2000 року в телекомунікації почався новий етап розвитку індустрії, а саме конвергенція трафіку. Тепер одними і тими ж мережами доступу користувачі можуть отримувати послуги і телебачення, телефонії, доступу до Internet та ін. [3] види сервісів. Однак методи маршрутизації, які застосовувалися для трафіку єдиного типу сервісу, стали неефективними для трафіку пакетів різних сервісів.

У зв'язку з цим виникла потреба створення систем маршрутизації, які при побудові шляху враховували б не тільки технічні характеристики обладнання і каналів, а й його вартість.

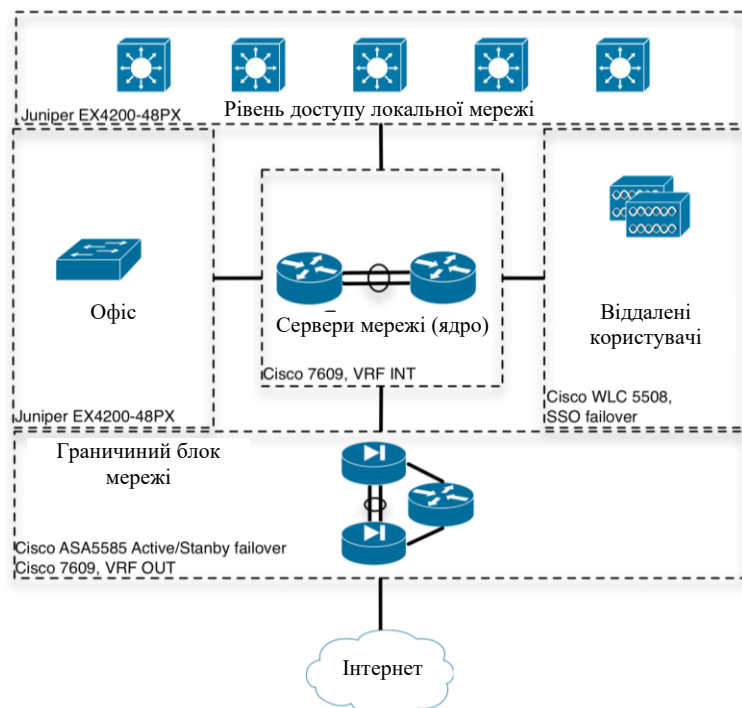


Рис. 1. Мережеве устаткування різного призначення

### Проблеми надання послуг необхідної якості

Для якісного надання будь-якої послуги оператори зв'язку повинні мати ресурсну базу (маршрутизатори, канали зв'язку та інше обладнання), технічні характеристики якої задовольняють всім вимогам цієї послуги. При цьому різні типи сервісів мають різні вимоги до технічних характеристик мережі зв'язку. Так, для простої передачі даних (пересилання електронної пошти або файлів) критична тільки ширина пропускання каналів зв'язку, тоді як для IP-телефонії найбільшим пріоритетом є мінімальний час затримки обробки IP пакетів на шляху проходження до адресата.

На різних ділянках мережі може перебувати різне обладнання зі своїм набором характеристик [4]. Для деякого сервісу не всі пристрої мережі можуть задовольняти вимоги до ресурсів. Тому такі пристрої не повинні входити в маршрут прямування IP пакетів цього сервісу. Таким чином, не всі послуги можуть надаватися на деяких ділянках мережі.

Для вирішення завдань створення мереж розробляється мережеве устаткування різного призначення (рис. 1): комутатор – мережеве устаткування для об'єднання комп'ютерів в одну або декілька локальних мереж; маршрутизатор – пристрій, призначений для взаємодії комп'ютерів, що знаходяться в різних локальних мережах і надання доступу в мережу Інтернет; міжмережевий екран – пристрій, що забезпечує безпеку в мережі і так далі.

#### Технології, що використовуються під час побудови захищених корпоративних мереж

Вибираючи технологію, яка використовуватиметься в ході реалізації проекту, необхідно одразу звертати увагу на декілька моментів. По-перше, технологія повинна задовольняти вимоги проекту – забезпечувати необхідну пропускну спроможність, масштабованість, захищеність передаваної інформації і так далі. По-друге, технологія має бути стандартизована і широко поширена; це дозволить уникнути проблем в ході впровадження і експлуатації (наприклад, припинення підтримки вибраної технології виробниками устаткування) [5]. Ще один аргумент на користь рішень на основі стандартних протоколів – незалежність від виробника устаткування, і гарантія можливості подальшої модернізації мережі з використанням актуальних рішень.

Фізичний рівень визначає середовище передачі даних і протокол. Для ЛВС під вимоги актуальності для завдання проекту і поширеності підходить оптичне середовище передачі даних і вита пара [6, 7]. Для безпроводної – тільки радіоканал, причому в частотних діапазонах, не вимагаючих додаткових дозволів на використання.

У виборі протоколів каналного рівня для дротяної мережі – з поширених під вимогу поширеності, доступності і забезпечення пропускну спроможності підходить тільки сімейство IEEE 802.3, Ethernet. У другу чергу:

- 802.3ae, 10 Гбіт/з по оптичному волокну;
- 802.3ab, GigabitEthernet по витій парі;
- 802.3af, Power over ethernet;
- 802.3ad, агрегація каналів.

#### Емулятори мережевого обладнання

Усі емулятори мережевого устаткування можна розділити на дві основні групи:

1. Апаратно-реалізовані емулятори.
2. Програмно-реалізовані емулятори.

До першої групи відносять, як правило, вузько спеціалізоване устаткування, що дозволяє при підключенні до нього реального телекомунікаційного устаткування імітувати роботу реальної телекомунікаційної мережі, або якоїсь її частини (як правило, каналів зв'язку). У апаратних емуляторах на апаратному рівні реалізовані процеси, що протікають в реальних мережах: виникнення затримок, втрат пакетів, спотворення передаваних даних і тому подібних подій. Основна мета розробки і застосування апаратних емуляторів – дослідження роботи реального телекомунікаційного устаткування в різних умовах і при різних характеристиках каналів [8].

До другої групи емуляторів відносять спеціально розроблені програми, що дозволяють імітувати роботу устаткування і каналів зв'язку, а також роботу командних інтерфейсів активного мережевого устаткування [8]. Основна мета використання програмних емуляторів – застосування в якості науково-дослідної діяльності для постановки наукових експериментів. Також ці програми часто використовуються як повчальні системи для підготовки персоналу в роботі з мережевим устаткуванням [9].

Більшість емуляторів досить зручна у використанні, оскільки надають графічний інтерфейс для управління мережевою інфраструктурою, що буває набагато зручнішим ніж управління підключеннями реальних пристроїв [10].

Серед засобів імітаційного моделювання окремих подій і станів безпроводних сенсорних мереж на базі стандарту IEEE 802.15.4-2006 найбільшого поширення отримали наступні середовища:

1. OPNET Modeler (поточна версія 16.0);
2. OMNET++ (поточна версія 4.1);
3. NS-2 (поточна версія 2.34).

NS-2 – об'єктно-орієнтоване середовище імітаційного моделювання дискретних подій і станів з відкритим початковим кодом, яка розроблена у рамках проекту VINT. Середовище моделювання написано на C++ і TCL. NS-2 використовує TCL для генерації сценаріїв; це дозволяє генерувати комплексні сценарії за допомогою скриптів.



Рис. 2. Структура компонентів моделі LR-WPAN NS-2

Спочатку NS-2 підтримував моделювання тільки статичних комп'ютерних мереж TCP/IP. Проте зараз мобільні вузли підтримуються, що дозволяє моделювати мобільні мережі ad-hoc. Підтримуються протоколи маршрутизації ad-hoc AODV, DSDV, DSR і TORA, але вони вимагають доопрацювання для коректної роботи з мобільними вузлами.

Для NS-2 існує модель, що реалізує стандарт IEEE 802.15.4, розроблена Джинлиан Женгом та ін. Структура компонентів моделі LR - WPAN і основні її функції представлені на рис. 2.

OPNET Modeler – потужне середовище імітаційного моделювання дискретних подій і станів. Вона включає безліч бібліотек мережних технологій і протоколів зв'язку, таких як TCP/IP, протокол передачі гіпертексту (HTTP), технологія асинхронного режиму передачі (ATM) і FrameRelay, IP-QoS,

802.11 (Wi-Fi), ZigBee та ін. (рис. 3). Ці бібліотеки поставляють блоки для побудови моделей мереж. Одним з безлічі модулів, доступних в OPNET Modeler, є безпроводний модуль. Він розширює функціональність середовища для імітаційного моделювання і аналізу безпроводних мереж.

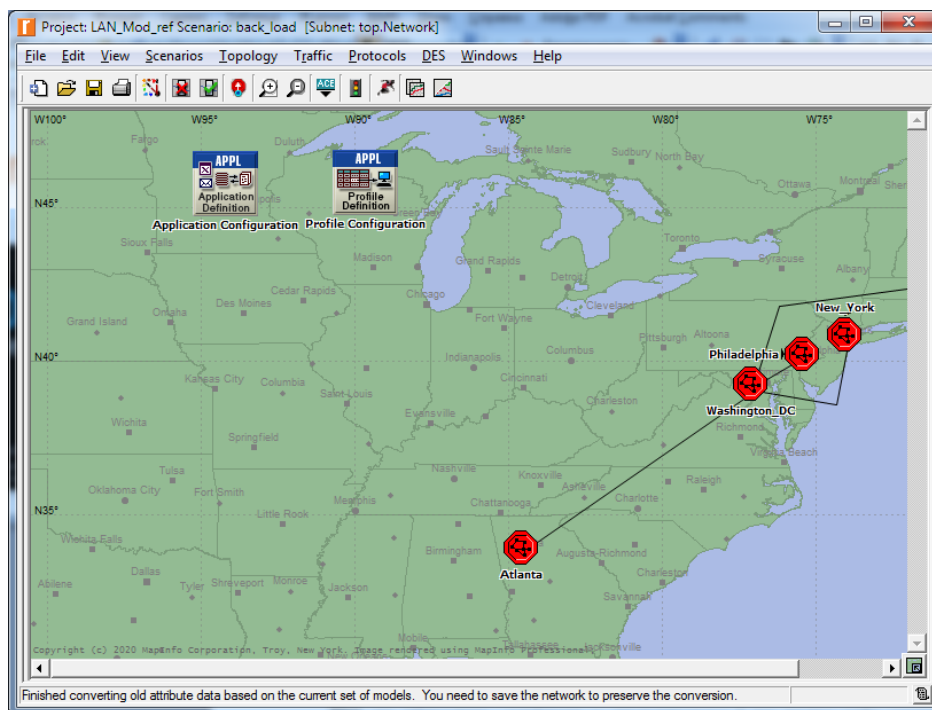


Рис. 3. Вікно програми проекту в середовищі OPNET Modeler 17.5

У версії OPNET Modeler 14.0 доступні моделі вузлів ZigBee, розроблені самою компанією «OPNET». При цьому початковий код моделі мережевого рівня і рівня додатків прихований від користувачів. Доступний тільки код моделі нижнього рівня 802.15.4.

Найпопулярнішим емулятором мережевого устаткування є Cisco Packet Tracer – це емулятор, розроблений самою компанією «Cisco Systems» для навчання починаючих фахівців. Cisco Packet Tracer отримав велике поширення за рахунок необхідності його застосування для проходження навчання у рамках програм Cisco Network Academy, мережевої академії, в якій щорічно проходять навчання десятки тисяч фахівців-початківців [5].

Створення мережевої інфраструктури і подальша модифікація відбуваються через графічний інтерфейс, який є інтуїтивно зрозумілим і найбільш зручним з графічних інтерфейсів управління, що надаються даними програмними засобами емуляції мережевого устаткування. Інтерфейс добре адаптований

для початкуючих фахівців і дуже сильно спрощує процес створення нових мережевих інфраструктур або запуск і налаштування необхідних для проведення практичних занять сервісів.

### Висновки

Присутні на ринку програмних засобів технічні реалізації середовищ з моделювання параметрів телекомунікаційних мереж мають широкий спектр властивостей.

Для сучасного ПО властиве забезпечення моделювання мережевого устаткування відомих виробників. Так, OPNET Academic Modeler містить моделі як відомих виробників, так і моделі для маніпуляцій з налаштуваннями. UNetLab, навпаки, моделює роботу обладнання Cisco, проте надає можливість емуляції роботи середовища операційної системи Cisco IOS.

Засоби емуляції також підтримують створення моделей мереж із застосуванням мобільних вузлів – ZigBee, LTE, Wi-Fi.

В пакетах моделювання мережі доступне використання різноманітного обладнання. Cisco Packet Tracer орієнтоване на моделювання із застосуванням обладнання фірми «Cisco». OPNET Modeler навпаки орієнтований на створення моделі із застосуванням як існуючого обладнання різних виробників, так і моделей обладнання без прив'язки до виробника.

### Література

1. Локальные сети: архитектура, алгоритмы, проектирование / Ю.В. Новиков, С.В. Кондратенко. – М. : ЭКОМ, 2001. – 312 с.
2. Горященко К.Л. Обзор систем имитационного моделирования телекоммуникационных сетей / К.Л. Горященко, М.Д. Доротюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – №5. – С. 115–118.
3. Компьютерные сети. Книга 2: Networking Essentials. Энциклопедия пользователя / А. Марк, Д. Спортак и др. ; пер. с англ. – К. : Изд-во «ДиаСофт», 1999. – 468 с.
4. Dainese A. UNetLab: List of supported images [Електронний ресурс] / А. Dainese. – Режим доступу : <http://www.unetlab.com/documentation/supported-images/index.html>. – Дата звернення : 16.03.2017 г.
5. Иванова Т.И. Корпоративные сети связи / Т.И. Иванова. – Москва, 2001. – 297 с.
6. Горященко К.Л. Впровадження технологій PLC / К.Л. Горященко, О.П. Войтюк, С.Л. Кушнірук, О.В. Шевчук // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2017. – №2. – С. 250–253.
7. Збаравський В.В. Реалізація концепції Triple play в мережі ADSL / В.В. Збаравський, К.Л. Горященко, Л.О. Ковтун // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – №2. – С. 266–270.
8. Попов Е.Ф. Использование программных средств эмуляции оборудования при модификации сетевой инфраструктуры / Е.Ф. Попов // Сборник научных трудов по материалам всероссийскую научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Новые технологии – нефтегазовому региону». – Тюмень, 2012.
9. Introduction to Cisco IOS Netflow:A Technical Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ios-netflow/prod\\_white\\_paper0900aecd80406232.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ios-netflow/prod_white_paper0900aecd80406232.html). – Дата звернення : 16.03.2017.
10. Девис Д. Вычислительные сети и сетевые протоколы / Д. Девис, Д. Барбер, У. Прайс. – М. : Мир, 1982. – 562 с.

### References

1. Lokal'nye seti: arhitektura, algoritmy, proektirovanie / Ju.V. Novikov, S.V. Kondratenko. – М. : JeKOM, 2001. – 312 s.
2. Horiashchenko K.L. Ohliad system imitatsiinoho modeliuвання telekomunikatsiinykh merezh / K.L. Horiashchenko, M.D. Dorotiuk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2014. – №5. – S. 115–118.
3. Komp'yuternye seti. Kniga 2: Networking Essentials. Jenciklopedija pol'zovatelja / A. Mark, D. Sportak i dr. ; per. s angl. – К. : Izd-vo «DiaSoft», 1999. – 468 s.
4. Dainese A. UNetLab: List of supported images [Elektronnyi resurs] / A. Dainese. – Rezhym dostupu : <http://www.unetlab.com/documentation/supported-images/index.html>. – Data zvernennia : 16.03.2017 h.
5. Ivanova T.I. Korporativnye seti svjazi / T.I. Ivanova. – Moskva, 2001. – 297 s.
6. Horiashchenko K.L. Vprovadzhenia tekhnolohii PLC / K.L. Horiashchenko, O.P. Voitiuk, S.L. Kushniruk, O.V. Shevchuk // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2017. – №2. – S. 250–253.
7. Zbaravskiy V.V. Realizatsiia kontseptsii Triple play v merezhi ADSL / V.V. Zbaravskiy, K.L. Horiashchenko, L.O. Kovtun // Herald of Khmelnytskyi National University. – 2012. – №2. – S. 266–270.
8. Popov E.F. Ispol'zovanie programmnyh sredstv jemuljatsii oborudovanija pri modifikacii setевой infrastruktury / E.F. Popov // Sbornik nauchnyh trudov po materialam vsrossijskujju nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Novye tehnologii – neftegazovomu regionu». – Tjumen', 2012.
9. Introduction to Cisco IOS Netflow:A Technical Overview [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ios-netflow/prod\\_white\\_paper0900aecd80406232.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/ios-netflow/prod_white_paper0900aecd80406232.html). – Data zvernennia : 16.03.2017.
10. Devis D. Vychislitel'nye seti i setevye protokoly / D. Devis, D. Barber, U. Prajs. – М. : Mir, 1982. – 562 s.

Надійшла / Paper received : 09.10.2020      Надрукована/Printed :27.11.2020