

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
Кафедра Комп'ютерних наук

**Пояснювальна записка**

до бакалаврської роботи  
на ступінь вищої освіти бакалавр

на тему: «**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІР  
MININET ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОРПОРАТИВНОЇ  
МЕРЕЖІ**»

Виконав: студент 4 курсу, групи КНД-42  
спеціальності

122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Столяренко М.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Серих С.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

*Актуальність теми дослідження.* Важливою умовою підвищення конкурентоспроможності української економіки в умовах ринку є впровадження на вітчизняних підприємствах інформаційних технологій (ІТ). Основою інфраструктури сучасних підприємств є корпоративні мережі передачі даних, що забезпечують транспорт для перенесення інформації між різними додатками інформаційних систем. На них спираються підсистеми телефонії, охорони, відеоспостереження та ін.

В даний час на зміну спеціалізованих мереж (телефонних, охоронних і ін.) Приходять мультисервісні корпоративні мережі. Нові технології (NGN та MPLS) дозволяють створювати ефективні, надійні і безпечні мережі будь-якого масштабу. Для забезпечення зростаючих потреб українських підприємств вимоги до мультисервісної корпоративної мережі, як до середовища передачі інформації для забезпечення роботи різних додатків, безперервно зростають. Великого значення набуває час реакції додатків – при динамічному ринку для успішної боротьби з конкурентами рішення необхідно приймати в реальному масштабі часу, що вимагає відповідної організації корпоративної мережі і її додатків. Вимоги роботи в реальному часі стали для багатьох підприємств нагальною потребою і одним з основних вимог, що пред'являються до корпоративних мереж і корпоративних додатків.

У той же час в реальній корпоративній мережі забезпечити хороший час реакції особливо складно – цьому заважає висока інтенсивність і різноманітність потоків даних, що створюються сотнями і тисячами співробітників корпорації, необхідність проводити пошук даних в базах

великої розмірності, складна взаємодія розподілених додатків, невисока швидкість глобальних ліній зв'язку між відділеннями корпорації, уповільнення швидкості взаємодії в шлюзах, що погоджують неоднорідні компоненти різних підмереж.

Як показує світовий досвід, вирішення зазначених проблем неможливе без створення і впровадження ефективних систем управління, що дозволяють підтримувати на заданому рівні мережеві, ресурси, необхідні для надання якісних послуг. На зазначені цілі в світі витратиться до 20% від вартості обладнання корпоративних мереж передачі даних. При цьому необхідно враховувати, що в сучасних мультисервісних корпоративних мережах використовується складне багатофункціональне комунікаційне обладнання, що забезпечує підтримку спеціальних механізмів контролю та управління якістю – QoS, розвинених інструментів реалізації корпоративної політики інформаційної безпеки.

Комплексне вирішення завдань управління корпоративною мережею являє складну наукову проблему, пов'язану з розробкою науково-обґрунтованих методів створення систем, що забезпечують підтримку заданої якості обслуговування, адміністрування та адаптивного управління.

Найважливішим параметром корпоративної мережі є її структура, яка багато в чому визначає характеристики мережі. У зв'язку з цим структура мережі може розглядатися як об'єкт управління, вплив на який дозволяє управляти потоками даних, що є основним завданням управління мережею.

**Мета та завдання дослідження.** Метою даної роботи виступає дослідження особливостей використання HP Mininet для підвищення ефективності корпоративної мережі. Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно виконати низку завдань:

- дослідити технології HP Mininet;
- дослідити архітектуру HP Mininet;
- дослідити принципи побудови топологій у системі HP Mininet;
- провести аналіз оптимальних методів побудови корпоративної мережі;

- дослідити основні принципи побудови ефективної корпоративної мережі;
- здійснити синтез ефективної корпоративної мережі із застосуванням HP Mininet;
- навести верифікацію результатів дослідження.

**Об’єкт та предмет дослідження.** Об’єктом роботи виступає корпоративна мережа. Предметом є процес дослідження особливостей використання HP Mininet для підвищення ефективності корпоративної мережі.

**Методи дослідження.** При проведенні досліджень використовувалися методи системного аналізу, теорії ймовірностей, теорії масового обслуговування, теорії управління, теорії множин, математичного програмування, матричної алгебри.

**Практичне значення отриманих результатів.** Практичне значення одержаних результатів, полягає в створенні на основі розроблених підходів і моделей методики застосування теоретичних результатів на практиці, систематизуючої і впорядковуючої дії розробників і адміністраторів корпоративної мережі при прийнятті рішень з управління мережею.

Методика дає можливість приймати рішення, адаптовані до специфіки роботи додатків і вимог до характеристик роботи корпоративної мережі.

**Структура роботи.** Структуру роботи складають вступ, три розділи, висновок та список використаної літератури.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ HP MININET

## 1.1 Дослідження технології HP Mininet

### 1.1.1 Поняття HP Mininet

Симулятор мережі Mininet є безкоштовним програмним забезпеченням, яке розробляється спільнотою програмістів, які, є прихильниками безкоштовного програмного забезпечення. Mininet спроектований таким чином, щоб можна було легко і просто створювати віртуальні програмно-конфігуровані мережі. Крім цього був розроблений спосіб підключення віддаленого контролера, який дозволяє тестувати будь-які програмно-конфігуровані контролери.

Даний емулятор з'явився в першу чергу через швидко зростаючий інтерес до програмно-конфігурованих мереж. Володіє функціями генерації даних, дозволяє тестувати отриману мережу на предмет продуктивності і відразу виявляти слабкі місця спроектованої топології [9]. Вся емуляція відбувається на рівні ядра. За допомогою зручного API, дозволяє швидко будувати складні топології, які можуть зберігати не одну тисячу пристроїв.

### 1.1.2 Генезис HP Mininet

Обсяги інформації, що передаються в мережі Інтернет, ростуть стрімкими темпами. За прогнозами компанії Cisco в найближчі 5 років обсяг трафіку збільшиться в 4 рази, причому мобільний трафік буде подвоюватися щорічно.

Збільшується кількість різноманітних сервісів, пропонованих в Мережі, а значить зростає різнотипний трафік, що вимагає певних характеристик мережі передачі даних. Велика кількість користувачів використовує Інтернет для здійснення телефонних дзвінків, для перегляду відеоматеріалів, для участі у відеоконференціях. Тим часом, основні мережеві протоколи, які використовуються для передачі даних, були розроблені в 70-і роки, коли й мови не могло йти про сучасні швидкості і обсяги переданих даних.

У 2006 р дослідники університетів Стенфорда і Берклі припустили, що в комп'ютерних мережах можливо розділити функції управління і передачі даних. А саме, якщо раніше комутатор самостійно, ґрунтуючись на своїх алгоритмах, ухвалював рішення про відправку пакета на певний порт, то в даній моделі функції управління (маршрутизаторами, комутаторами і т. п.) переносяться в додатки, що працюють на окремому сервері (контролері).

Даний підхід отримав назву програмно-конфігуровані мережі (ПКС), Software Defined Networks (SDN). Найбільш перспективним і таким, що активно розвивається стандартом для ПКС є OpenFlow (OpenFlow версія 1.3). Відкритий стандарт, в якому описуються вимоги, що пред'являються до комутатора, що підтримує протокол OpenFlow для віддаленого управління[5].

В даний час інтерес до даної технології дуже високий. Багато виробників мережевого устаткування (Extreme Networks, Juniper, Cisco, HP, IBM, NEC) додають в свої пристрої підтримку протоколу NetFlow. Велика кількість вчених по всьому світу проводить дослідження в області ПКС. Основним центром досліджень є спільна лабораторія Університетів Стенфорда і Берклі ON.Lab [1].

Лабораторією ON.Lab розроблено велику кількість програмних продуктів, що дозволяють вивчити і дослідити дану технологію. Окрему увагу варто приділити розробленим даною лабораторією мережевого емулятора MININET [3]. Даний інструмент в точності емулює роботу як одного, так і декількох з'єднаних пристроїв мережі будь-якого типу (комп'ютер, комутатор, маршрутизатор) з точки зору їх функціональності і продуктивності. На протязі декількох хвилин можливо створити віртуальну ПКС мережу і швидко і недорого перевірити свої ПКС рішення на різних мережевих конфігураціях. Надалі, розроблене рішення може без змін бути перенесено на реальне обладнання. Даний інструмент є дуже затребуваним і зручним для навчання і проведення досліджень в освітніх закладах.

В свою чергу, групою дослідників проводяться роботи з аналізу впливу різних мережевих перешкод на передачу мультимедійних потоків [4]. Для емулявання роботи мережевого каналу в даній роботі використовувалося ПЗ WANem. Було зроблено припущення про можливість використання середовища Mininet для емуляції мережевих перешкод. Середовище Mininet дозволяє задавати різні характеристики (пропускну здатність, затримку пакетів, джиттер, втрату пакетів) для каналів віртуальної мережі і створена віртуальна мережа може бути інтегрована в реальну мережу. Тобто, направляючи трафік через створену віртуальну мережу за допомогою відповідно прописаних маршрутів, можна проаналізувати вплив різних мережевих перешкод

## **1.2 Дослідження архітектури HP Mininet**

### **1.2.1 Структура HP Mininet**

Mininet надає віртуальний випробувальний стенд і середовище розробки для програмно-визначених мереж (SDN). Mininet дозволяє розробляти SDN на будь-якому ноутбучі або ПК, а проекти SDN можуть плавно переміщатися між Mininet (що забезпечує недорогу і оптимізовану розробку) і реальним обладнанням, що працює на лінійній швидкості при розгортанні в реальному часі. Mininet дозволяє:

- швидке прототипування програмно-визначених мереж;
- комплексне тестування топології без необхідності підключення фізичної мережі;
- кілька одночасно працюючих розробників працюють незалежно над однією топологією.

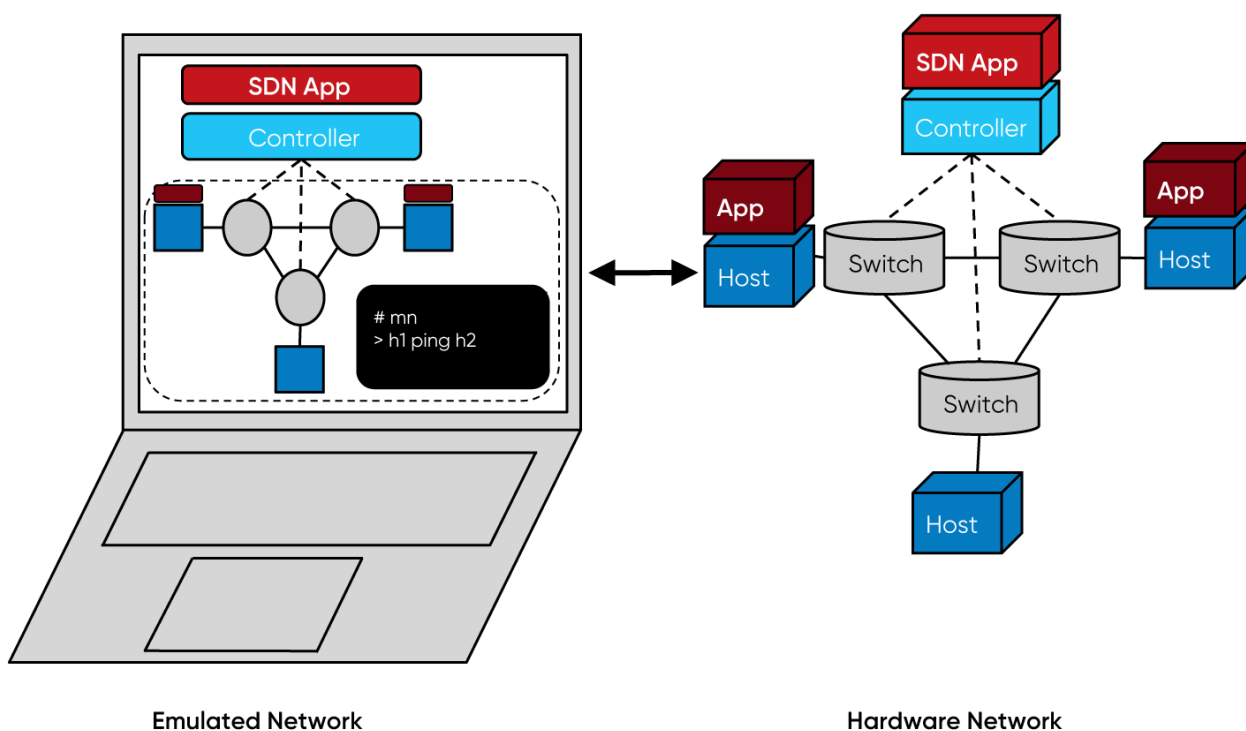


Рисунок 1.1 – Структура HP Mininet

Мережа Mininet складається з

Ізольовані хости

Група процесів користувацького рівня переміщена в мережевий простір імен, яке забезпечує виняткове володіння інтерфейсами, портами і таблицями маршрутизації.

Емульовані посилання

Linux Traffic Control (tc) забезпечує швидкість передачі даних для кожного каналу, щоб налаштувати трафік відповідно до налаштованої швидкості. Кожен емульований хост має свій власний віртуальний інтерфейс (и) Ethernet.

Емульовані перемикачі

Міст Linux за замовчуванням або Open vSwitch, що працює в режимі ядра, використовується для перемикання пакетів між інтерфейсами. Комутатори і маршрутизатори можуть працювати в ядрі або в просторі користувача.



### 1.2.2 Функціональність HP Mininet

Mininet – це емулятор комп'ютерної мережі. Під комп'ютерною мережею маються на увазі прості системи – хости, комутатори, а також OpenFlow-контролери. За допомогою найпростішого синтаксису в примітивному інтерпретаторі команд легко розгортаються мережі з довільної кількості хостів, комутаторів в різних топологіях, і все це в рамках однієї віртуальної машини (VM).

На всіх хостах можна змінювати мережеву конфігурацію, користуватися стандартними утилітами (`ipconfig`, `ping`) і навіть отримувати доступ до терміналу. Комутатори вміють додавати різні правила і маршрутизувати трафік. Загалом, виходить досить цікава річ, що дозволяє познайомитися з пристроєм і функціонуванням комп'ютерних мереж без необхідності використання будь-якого мережевого обладнання.

Починаючи з версії 2.6.24 ядром Linux підтримуються механізми віртуалізації і ізоляції - Cgroups [3], які дозволяють забезпечити мережевими інтерфейсами, таблицями маршрутизації і ARP-таблицями процеси в рамках однієї операційної системи. Це один з видів віртуалізації на рівні ОС, що дозволяє запустити безліч однотипних процесів в ізольованому і обмеженому по ресурсах оточенні. Подібні техніки дозволяють Mininet створювати в просторі ядра або користувача комутатори, OpenFlow контролери і хости і взаємодіяти в рамках модельованої мережі.

У якості віртуальних комутаторів використовується адаптована реалізація Open vSwitch. Основна функціональність проекту Mininet реалізована на Python, за винятком деяких утиліт, написаних на C. Практично будь-яка довільна топологія може бути описана за допомогою спеціального синтаксису на Python. В Інтернеті можна знайти безліч цікавих лабораторних робіт на базі проекту Mininet, що вирішують різні завдання. Наприклад, реалізація простого маршрутизатора [4].

### 1.3 Дослідження принципів побудови топологій у системі HP Mininet

Віртуальне оточення mininet є симулятором топології на віртуальних хостах. Це віртуальна машина для системи OracleVirtualBox, яка заздалегідь готова до роботи. Вихідний матеріал з повною документацією можна знайти на сайті Openflow.org.

Mininet – це образ Ubuntu з уже встановленими контролером, пакетним перехоплювачем і емулятором mininet. Встановимо образ на Virtualbox.

#### Oracle VM Virtual Box Менеджер

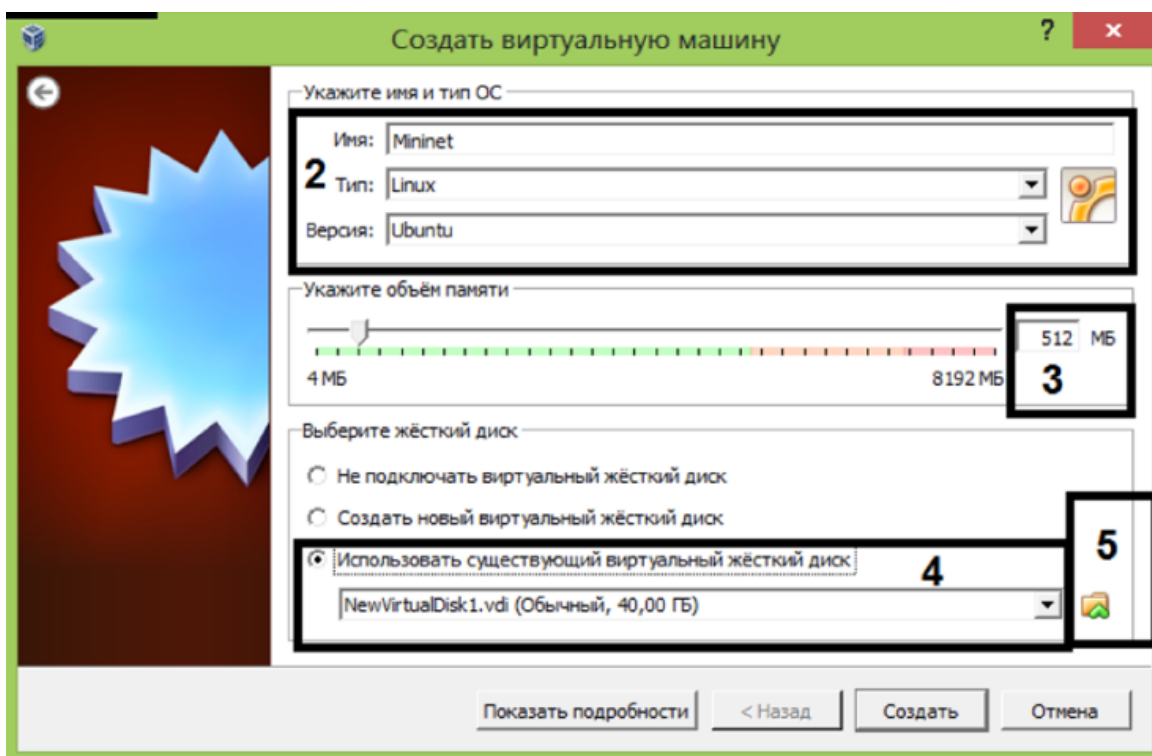


Рисунок 1.2 – Створення віртуальної машини

Після запуску VirtualBox необхідно натиснути кнопку створити (поле 1 на Рисунок 1.2), написати назву віртуальної машини і вибрати тип Linux-Ubuntu, як показано в полі 2 Рисунок 1.2. Обсяг пам'яті встановити не менше 512Мб (поле 3), для диска встановити значення «Використовувати існуючий жорсткий диск» (поле 4), натиснути кнопку вибору файлу (поле 5).

Необхідно вибрати скачаний образ Mininet і натиснути кнопки «Відкрити», потім «Створити».

Після створення необхідно налаштувати на віртуальній машині інтерфейси, через які можна відкривати ssh сесії.

Для цього в VirtualBox виділяємо віртуальну машину з mininet, натискаємо кнопку «Налаштувати» (Рисунок 1.3), далі на вкладці «Сеть» (поле 1 Рисунок 1.3) вибираємо вкладку «Адаптер 2» (поле 2) і ставимо галку навпроти «Включити мережевий адаптер» (поле 3). Потім зі списку (поле 4) вибираємо «Внутрішня мережа».

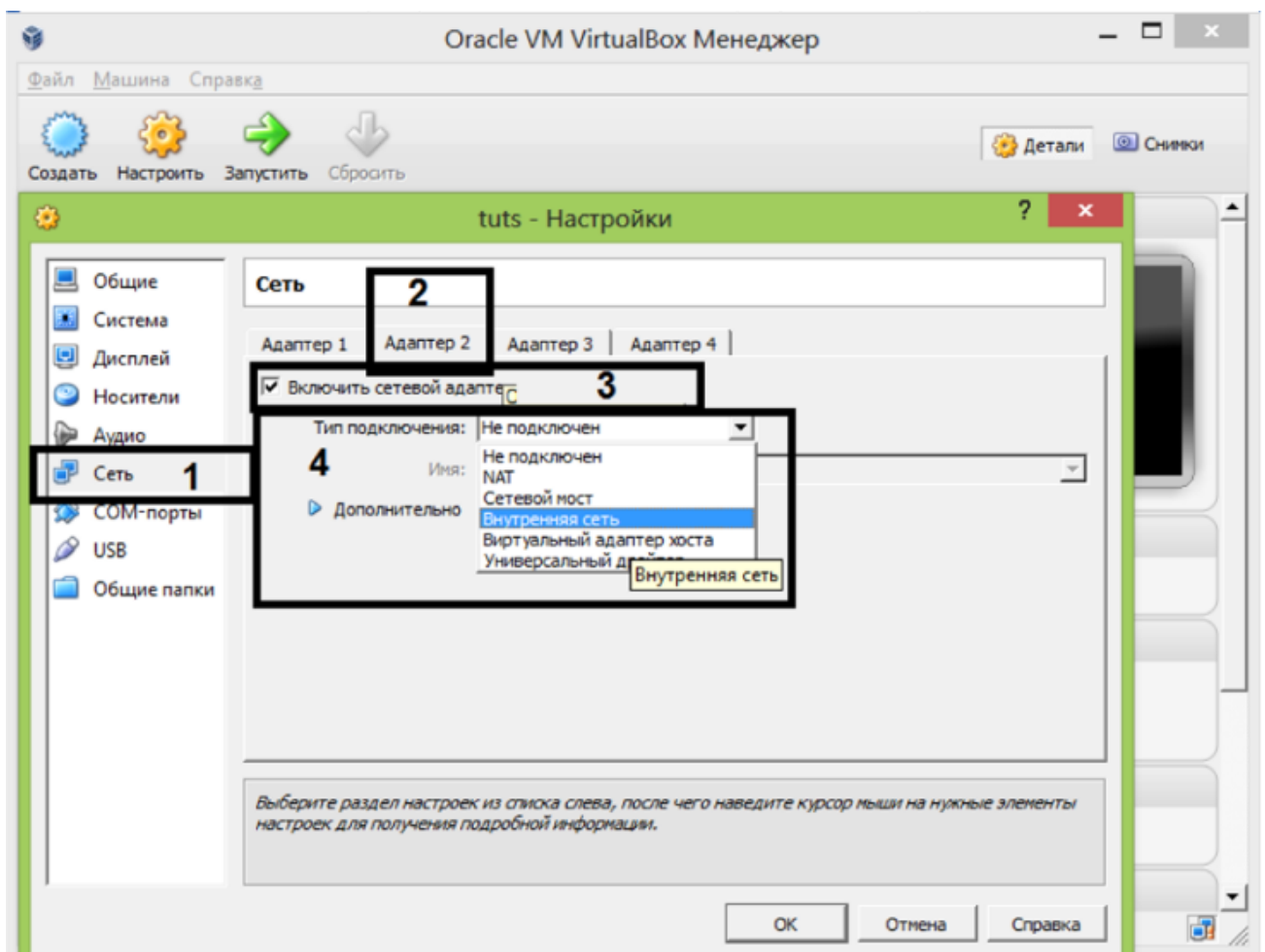


Рисунок 1.3 – Налаштування адаптера 2 віртуальної машини

Після цього, для можливості доступу до Інтернет та внутрішньої мережі необхідно налаштувати адаптер 1 (Рисунок 1.4). У вкладці зверху (поле 1) вибрати «Адаптер 1», потім тип адаптера - «Мережевий міст» (поле 2), в випадаючому списку фізичних адаптерів (поле 3) вибрати потрібний

(Ethernet або WiFi адаптер). Після установки необхідно застосувати параметри натисканням кнопки «Ок».

Тепер необхідно запустити віртуальну машину подвійним клацанням миші на назві віртуальної машини. Після запуску (Рисунок 1.5) буде доступна консоль Linux.

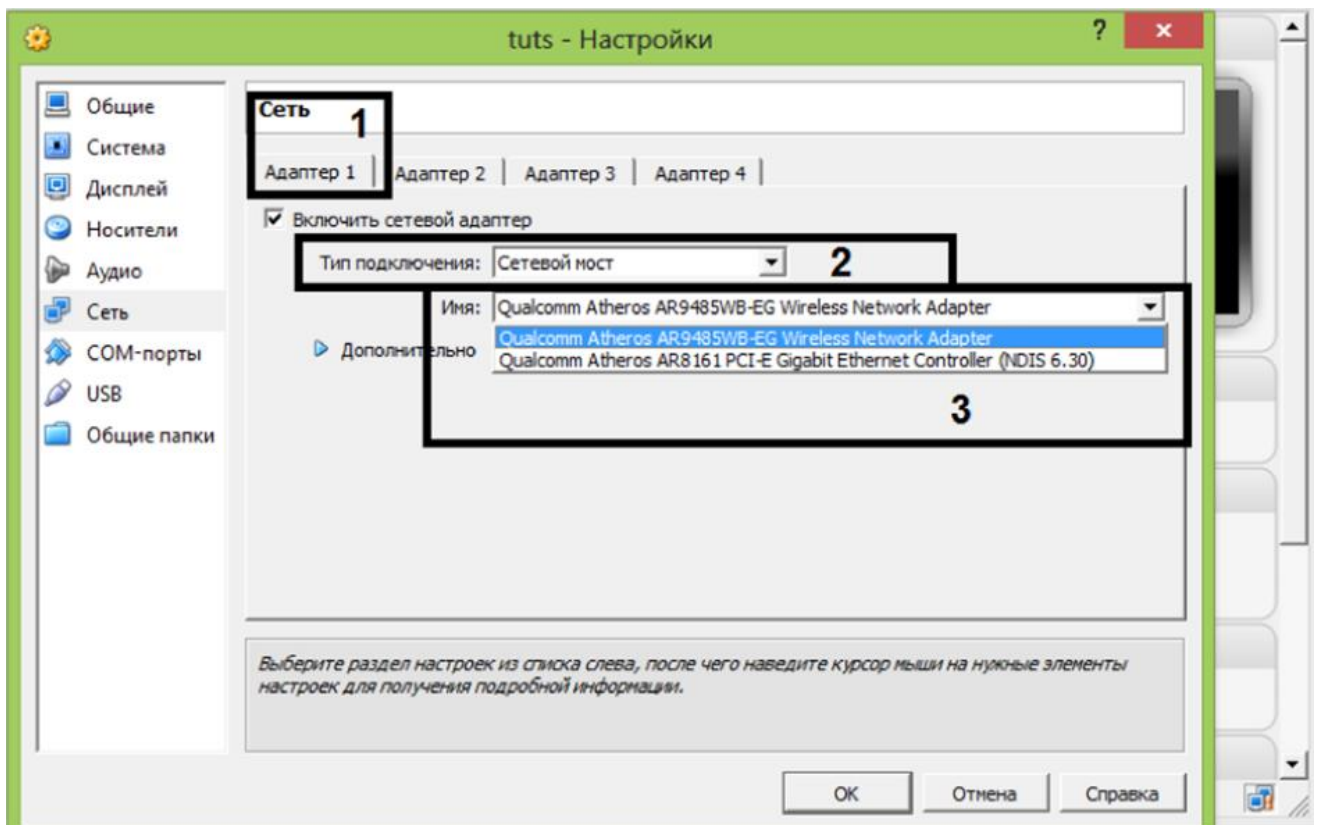


Рисунок 1.4 – Налаштування адаптера 2 віртуальної машини

Необхідно ввести логін і пароль за замовчуванням, для 32-бітного образу користувач openflow пароль openflow, для 64-бітного образу це відповідно (mininet, mininet). Зверніть увагу, що при введенні пароля символи не відображаються.

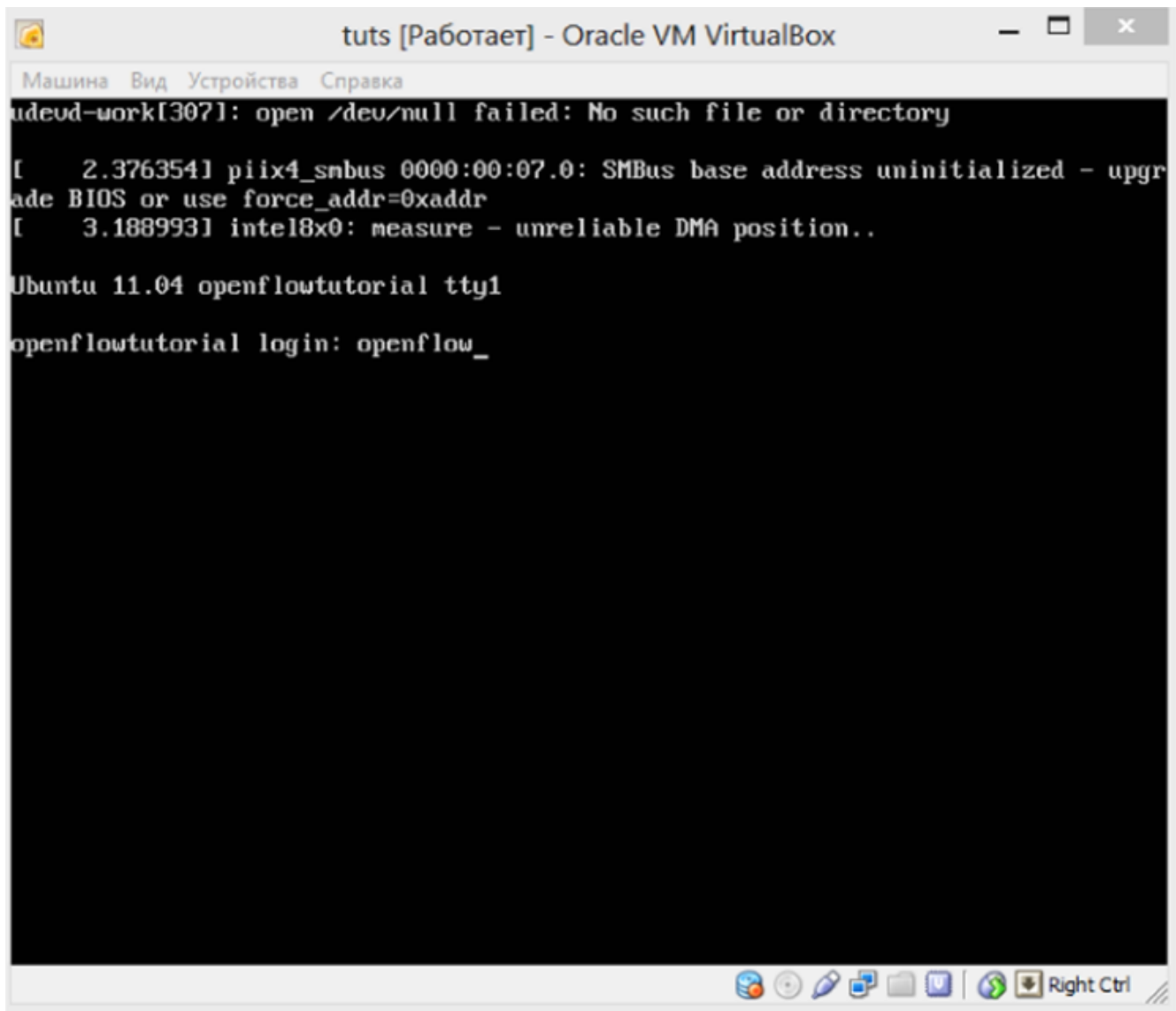


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд консолі віртуальної машини

Для перевірки мережевих інтерфейсів необхідно використовувати команду «ifconfig -a» (рисунок 1.6).

```

Link encap:Ethernet BROADCAST MULTICAST MTU:1500 Metric:1 RX packets:0 errors:0
dropped:0 ouerruns:0 TX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 col 1 is ions:0
txqueuelen:1000

RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B) Interrupt:16 Base address:0xdZ40

frame:0 carrier:0

Link encap:Local Loopback inet addr:127.0.0.1 inet6 addr: UP LOOPBACK RUNNING
Mask:255.0.0.0

:1/128 Scope:Host

MTU:16436

Metric:1 ouerruns:0 overruns:0

RX packets:0 errors:0 dropped:0 TX packets:0 errors:0 dropped:0 collisions:0 txqueuelen:0
RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)

frame:0 carrier:0

ipenflouPopenfloututorial:/$

9 ?' ©S^htCtrl

```

Рисунок 1.6 – Перевірка мережевих параметрів віртуальної машини

Якщо адрес немає, як на рисунку 1.6, необхідно виконати команду на отримання адрес через DHCP «`sudo dhclient eth0`», «`sudo dhclient eth1`» відповідно до іменами інтерфейсів. Після виконання необхідно перевірити факт отримання адрес (рисунок 1.7 поле 1).

```
openflouPopenfloututorial:/$ ifconf ig
```

```
08:00:27:48:20:20
```

```
Beast: 192.168.1.255 Mask: 255.255.255.0 Г: fe48:2020/64 Scope: L i nk
```

```
1 7 UP BROADCAST RUNNING MULTICAST NTU:1500 Metric:1
```

```
7 RX packets:159 errors:1 dropped:0 overruns:0 frame:0 TX packets:8 errors:0
dropped:0 overruns:0 carrier:0 collisions:0 txqueuelen:1000 RX bytes:18677 (18.6
KB) TX bytes:1152 (1.1 KB) Interrupt:19 Base address:0xd020
```

```
eth1 Link encap:Ethernet HUaddr 08:00:27:70:le:ae inet6 addr: fe80::a0:27ff:fe70:leae/64
Scope:Link UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1 RX packets:0
errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0 TX packets:0 errors:4 dropped:0 overruns:0
carrier:4 collisions:0 txqueuelen:1000 RX bytes:0 (0.0 B) TX bytes:3204 (3.2 KB)
Interrupt:16 Base address:0xd240
```

```
lo Link encap:Local Loopback
```

```
inet addr:127.0.0.1 Mask:255.0.0.0 inet6 addr: ::1/128 Scope:Host UP LOOPBACK
RUNNING MTU:16436 Metric:1 RX packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0 TX
packets:0 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0 col 1 isions:0 txqueuelen:0 RX
bytes:0 (0.0 B) TX bytes:0 (0.0 B)
```

```
openflowOopenfloututorial:/$ _____
```

Рисунок 1.7 – Місцезнаходження адреси у висновку команди ifconfig

Після цього можна підключитися будь-яким SSH клієнтом, наприклад PUTTY (рисунок 1.8).

Адреса в поле 1 повинна відповідати адресі у виведенні команди «ifconfig», як на рисунку 1.7 поле 1. Тип протоколу - SSH (поле 2). Після натискання кнопки «Open» відкриється вікно (рисунок 1.9) з пропозицією ввести логін і пароль.

Для повноцінного використання необхідно встановити графічне середовище. Це відбувається тільки при підключенні до Інтернет. Якщо в мережі не використовується проксі-сервер, то можна просто приступати до виконання команд установки, інакше необхідно прописати проксі-сервер, перед цим увійти в режим root командою «sudo su», ввести пароль і виконати команди:

«Export Ёр\_ргоху =« ЁЦр: // адрес\_сервера: порт\_сервера »i« export  
Ар\_ргоху = «ЁЦр: // адрес\_сервера: порт\_сервера».

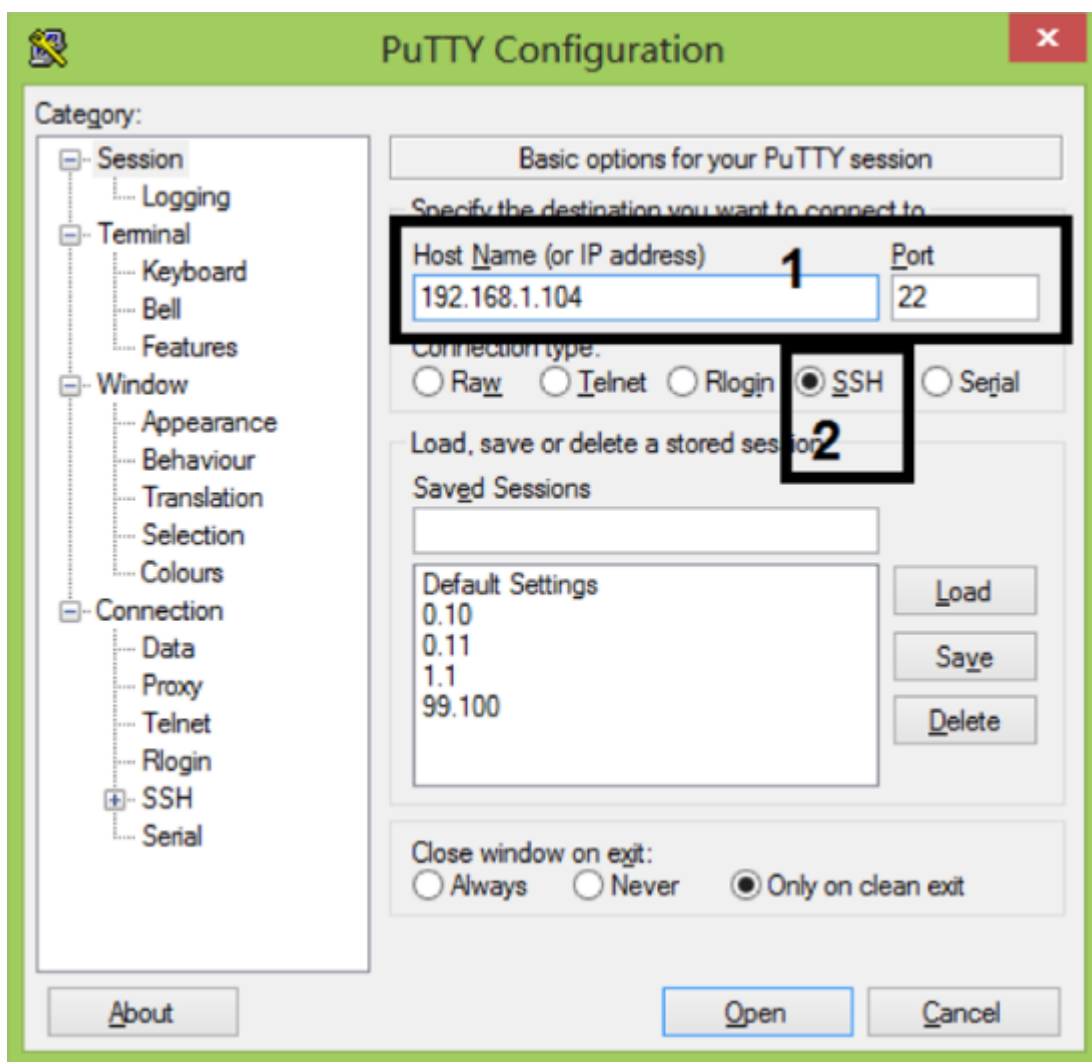


Рисунок 1.8 – Налаштування SSH клієнта



\$ 192.168.0.104 - PuTTY - °

login as: openflow openf1OW0192.168.0.104's password: Welcome to Ubuntu 11.04  
(GNU/Linux 2.6.38-8-generic 1686)

\* Documentation: <https://help.ubuntu.com/>

System information as of Sun Jun 2 23:49:28 FDT 2013

System load: 0.0 Processes: 81

Usage of /: 69.7% of 5.17GB Users logged in: 1

Memory usage: 2% IP address for eth0: 192.168.0.104

Swap usage: 0%

Graph this data and manage this system at <https://landscape.canonical.com/> New release 'oneiric' available. Run `?do-release-upgrade` to upgrade to it.

The programs included with the Ubuntu system are free software; the exact distribution terms for each program are described in the individual files in `/usr/share/doc/*/*copyright`.

Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by applicable law.

### Рисунок 1.9 – Підключення по SSH

Якщо проксі сервер вимагає авторизацію, то команда буде виглядати як «EXPRO! ЇЦр\_ргоху =« ЇЦр: // логін: пароль @ адрес\_сервера: порт\_сервера »і

«Ехро11Др\_ргоху =« Їр: // логін: пароль @ адрес\_сервера: порт\_сервера ».

Після настройки можна запустити установку графічного інтерфейсу командою «`sudoapt-getupdate`» і «`sudoapt-getinstallxinitflwm`»

Графічний інтерфейс можна запустити тільки з самої віртуальної машини, але не з SSH клієнта.

Для роботи з mininet можна використовувати такі ключі запуску (див. Таблицю 1.1).

Таблиця 1.1 – Ключі запуску mininet

Команда	Дія
-h, -help	Вивід довідки
-switch =	Вибір типу програмно-керованого комутатора. Варіанти: [kerneluserovsk]
-host =	Задає адресу запуску mininet
-controller	Задає тип контролера. Варіанти: [nox_dumpnonerefremotenoх_pysw]
-topo =	Задає параметри топології. Варіанти: [treereversedsinglelinearminimal] через кому можуть зазначатися аргументи, arg1, arg2, ... argN
-c, -clean	Закриває mininet і очищає все віртуальні машини
-mac	Включає формування різних MAC адрес для хостів
-x, -xterms	Запустити консолі в графічному режимі для кожного хоста
-arp	Заздалегідь встановити arp записи в хости в статичному режимі
-ip =	Адреса контролера

Наприклад, для створення топології, показаної на рисунку 1.10, необхідно виконати наступну команду:

```
sudo mn -topo single, 3 -mac -switch ovsk -controller remote
```

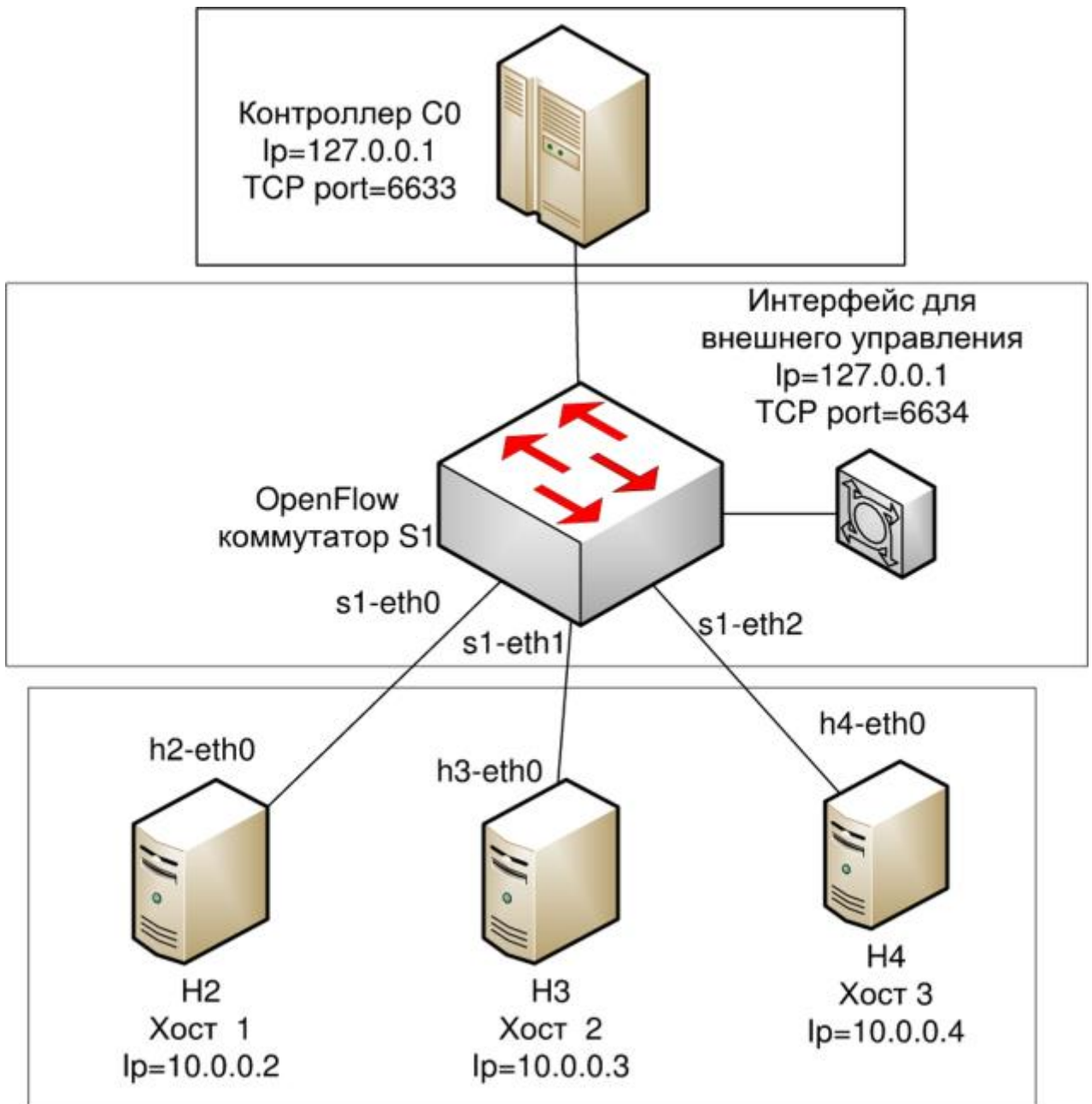


Рисунок 1.10 – Топологія з 3 вузлами і 1 комутатором

При вході в mininet відображається консоль управління, що починається з рядку «mininet>»

Список команд представлений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Список команд управління mininet

Команда	Опис
dump	Показує всі IP адреси пристроїв, їх інтерфейси
intfs	Показує список інтерфейсів пристроїв
iperf	Вимірює продуктивність обміну по TCP між першим і останнім хостом
iperfudp	Вимірює продуктивність обміну по UDP між першим і останнім хостом
net	Показує схему з'єднань пристроїв
link	Дозволяє створити новий зв'язок. Синтаксис: «link пристрій! устройство2 [upldown] »
nodes	Показує список пристроїв
noecho	Виконує команду, але не відображає інформацію про результат
pingpair	Посилає ICMP пакети між першими двома хостами
pingall	Посилає кілька ICMP пакетів між усіма хостами по черзі і показує результат
PU	Виконує будь-яку команду на мові Python
quit, exit	Закриває mininet
source	Читає список команд із зазначеного після команди файлу
xterm, gterm	Відкриває в графічному режимі окреме вікно з консоллю відповідного хоста. Синтаксис команди: «xterm вузол 1 вузол2 ...». Команди працюють тільки в графічному режимі віртуальної машини
sh	Виконує довільну команду в операційній системі
dpctl	Виконує зовнішнє управління комутаторами, синтаксис буде розглянуто нижче.
ifconfig	Налаштовує мережеві параметри зазначеного перед командою хоста. Синтаксис команди: «хост1 ifconfig параметри»
ping	Виконує команду ping на зазначеному хост. Синтаксис команди «хост! ping хост2 »

Для отримання допомоги по командам можна скористатися знаком «?» (Рисунок 1.11), для докладної допомоги можна набрати «?команда».

Documented commands (type help ):

EOF dump gterm intfs iperfudp net noecho pingpair quit source

dpctl exit help iperf link nodes pingall py sh xterm

You may also send a command to a node using:

command {args}

For example:

```
mininet> h1 ifconfig
```

The interpreter automatically substitutes IP addresses for node names when a node is the first arg, so commands like

```
mininet> h2 ping h3 should work.
```

Some character-oriented interactive commands require noecho:

```
mininet> noecho h2 vi foo.py
```

However, starting up an xterm/gterm is generally better:

```
mininet> xterm h2
```

```
mininet> | v
```

Рисунок 1.11 – Список і синтаксис команд mininet

При необхідності використовувати графічний інтерфейс (для команд xterm, gterm) необхідно запустити його командою «startx» (рисунок 1.12), після запуску натиснути правою кнопкою миші на порожньому місці робочого столу і вибрати «OpenTerminalHere» для запуску консолі. В консолі графічного режиму можна працювати так само, як і в текстовому режимі.

tuts [Працює] - Oracle VM VirtualBox

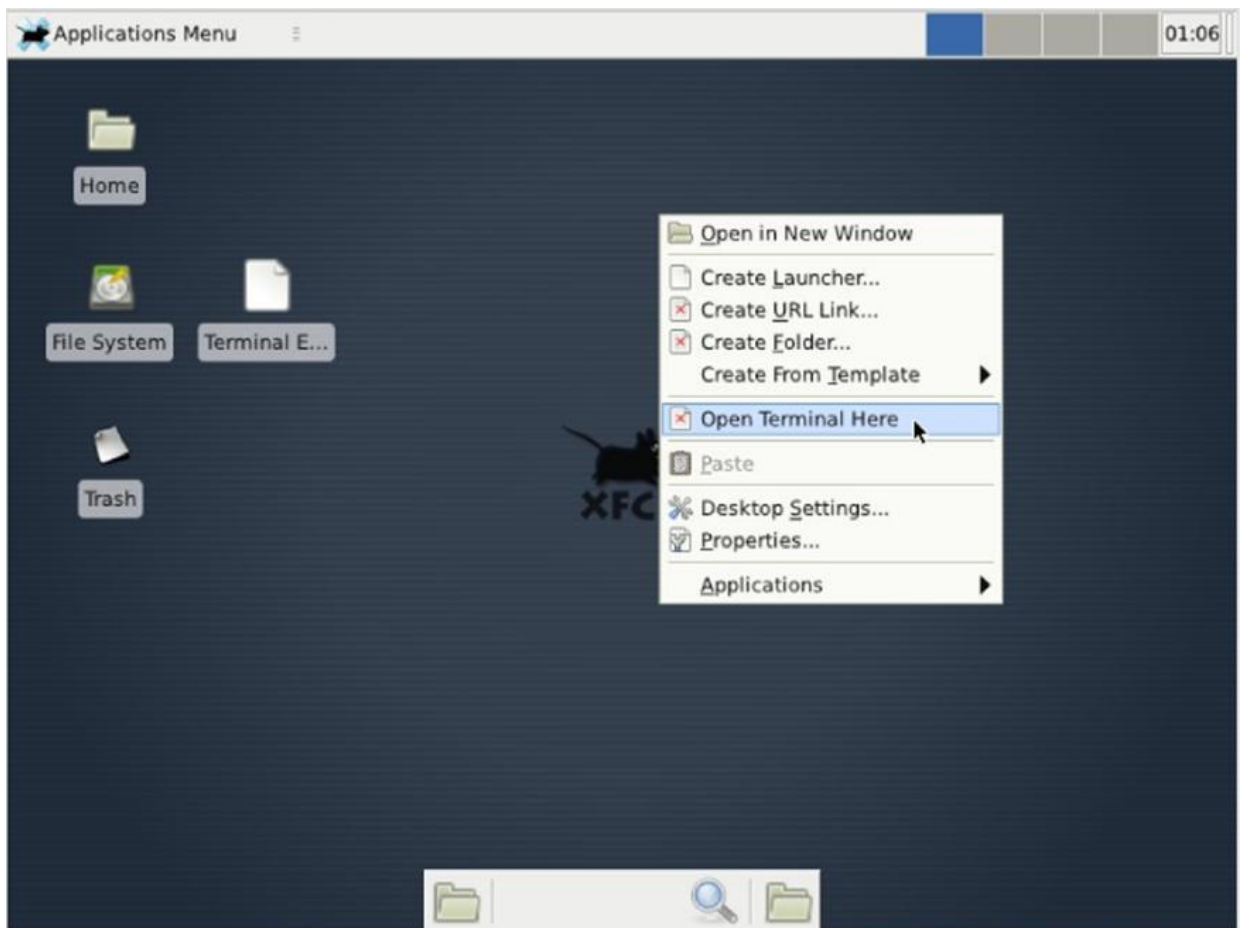


Рисунок 1.12 – Графічний режим

Для запуску консолі віртуального хоста необхідно використовувати команду `xterm`. Вона запускає окреме вікно з консоллю, в якій знаходиться повноцінний Linux на віртуальній машині (рисунок 1.13).

```

*** Adding controller
?*** Creating network
*** Adding hosts:

i2 h? h4

  ** Adding switches:
    1

  ** Adding links:

si, h2) (si, h?) (si, h4)

** Configuring hosts

>2 h3 h4 Ш

  ** Starting controller

  ** Starting 1 switches ™ Node: h2

1 root&zpenflowtutorial^/Desktop* |

  ** Starting CLI:

iininet> xterm h2

iininet> 0

```

Рисунок 1.13 – Консоль xterm віртуального хоста

Весь набір команд Linux працює в цій консолі, включаючи `ifconfig`, `ping`, `iperf`, `vi`, `sh` і т.д.

За замовчуванням, якщо не використовується зовнішній контролер (немає параметра «`-controller = remote`»), комутатором можна управляти через команду «`dpctl`».

## 2 МЕТОДОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

### 2.1 Аналіз оптимальних методів побудови корпоративної мережі

Необхідність побудови корпоративної мережі не з'являється відразу. Поступовий розвиток підприємства тягне за собою адекватний розвиток засобів комунікацій. Невеликий віддалений підрозділ можна пов'язати з основним по виділеній лінії. Найбільш популярні для цих цілей xDSL-модеми, які дозволяють передавати дані зі швидкістю до 2 Мб / с на 2-5 км. Цього достатньо, щоб організувати простий обмін файлами, розділити загальний доступ в Internet, а на невеликих відстанях – і об'єднати систему міні-АТС (природно, за окремо виділеною лінією з гарантованою смугою пропускання 2 Мб / с). Не варто, однак, очікувати від таких каналів чогось більшого.

До недоліків xDSL-модемів можна віднести невисоку пропускну здатність. Якщо вирішуються більш серйозні завдання – наприклад, установка в одному офісі клієнтських додатків і серверних додатків в іншому, створення розподіленої системи передачі мультимедійних даних або інтеграція технологічного обладнання (засобів телеметрії та управління) в середу передачі даних корпоративної мережі, - то в цьому випадку пропускну здатність засобів зв'язку повинна бути на кілька порядків вище. Такі мережі будуються на оптоволоконних лініях. На ринку продуктів каналоутворюючої апаратури для оптоволоконних ліній зв'язку існує великий вибір пропозицій під різні варіанти побудови об'єднаних мереж.

Проміжною ланкою між виділеними і волоконними лініями можна вважати канали RadioEthernet. Такі канали дозволяють передавати інформацію на швидкості до 11 Мб / с. Їх безперечна перевага – відносно невелика трудомісткість побудови і хороша мобільність в разі переміщення філій за новими адресами. Досить встановити адаптери, антени з спрямованою або круговою діаграмою, і можна приступати до налаштувань



обладнання. На відміну від ліній зв'язку, які вимагають прокладки кабелів до віддалених підрозділах, RadioEthernet має очевидні переваги, і його пропускна здатність, нехай нижча в порівнянні з волоконнооптичними лініями, у багатьох випадках може бути достатньою. На жаль, в даний час все ще нечітко визначено юридичний статус каналів RadioEthernet, і отримання дозволів на роботу у відповідному діапазоні частот – дуже непросте завдання. Ця ситуація аж ніяк не сприяє прискоренню розвитку засобів телекомунікацій в країні, тим більше, що ця технологія могла б використовуватися не тільки при побудові корпоративних мереж, але і як базова в окремих проектах – наприклад, при розробці різних систем телемеханіки, при вирішенні досить серйозної проблеми державної телефонізації і т.д. В останньому випадку має місце вже подвійна заборона.

Однак повернемося до корпоративних мереж і, виходячи з діючих реалій, розглянемо принципи їх побудови на оптоволоконних каналах. Відносно недавно на ринку каналоутворюючого обладнання ВОЛЗ з'явилися технології, які відкривають принципово нові можливості і дозволяють переглянути традиційні підходи до побудови корпоративних мереж. Раніше кожна з підзадач, будь то телефонія або IP-мережа, вирішувалася з використанням окремих каналів волоконного зв'язку та окремих комплектів каналоутворюючого обладнання. Сьогодні можна використовувати оптичні системи передачі даних з суміщеними протоколами, які дозволяють передавати по одному-єдиному волокну або парі волокон з розділеними потоками прийому і передачі різних видів даних. Вивільнені волоконні лінії (волоконний кабель в найдешевшому виконанні має як мінімум 4 жили) можна передати в оренду або використовувати для організації внутрішньої обводки. В ряду подібного обладнання можна перерахувати модельні лінії Optimux, Fom, Ipmux і т.д.

Кожна з ліній пропонує великий вибір модифікацій, які мають різну пропускну здатність для кожного з протоколів, різну кількість портів введення / виводу, що дозволяє оптимально визначити компроміс між

вартістю телекомунікаційного комплексу та його можливістю з урахуванням і особливістю конкретного завдання об'єднання інформаційних ресурсів того чи іншого підприємства.

Кожна з ліній пропонує великий вибір модифікацій, які мають різну пропускну здатність для кожного з протоколів, різну кількість портів введення / виводу, що дозволяє оптимально визначити компроміс між вартістю телекомунікаційного комплексу та його можливістю з урахуванням і особливістю конкретного завдання об'єднання інформаційних ресурсів того чи іншого підприємства. Кожна з ліній пропонує великий вибір модифікацій, що мають різну пропускну здатність для кожного з протоколів, різну кількість портів введення / виводу, що дозволяє оптимально визначити компроміс між вартістю телекомунікаційного комплексу та його можливістю з урахуванням і особливістю конкретного завдання об'єднання інформаційних ресурсів того чи іншого підприємства.

Залежно від поставленого завдання і цілі, способи створення локальної мережі підприємства (корпоративної мережі) можуть бути різними. Найчастіше саме комбінація різних технологічних рішень дозволяє досягти оптимального рішення. У кожного із застосовуваних способів є свої переваги і недоліки. Наприклад, об'єднання офісних локальних мереж в єдину корпоративну мережу організації може здійснюватися:

- З використанням бездротових мереж передачі даних. Застосовується при побудові корпоративної мережі між робочими майданчиками, розташованими в близько розміщених будівлях;
- З використанням Internet як транспортного середовища передачі даних, із застосуванням технології побудови VPN тунелів;
- З використанням орендованих каналів передачі даних. Можливо побудова мережі із застосуванням технології побудови VPN тунелів або без.
- З використанням супутникового зв'язку.

### 2.1.1 З використанням бездротових мереж передачі даних

Схема побудови корпоративної мережі з використанням бездротових мереж передачі даних наведена на рисунку 2.1.

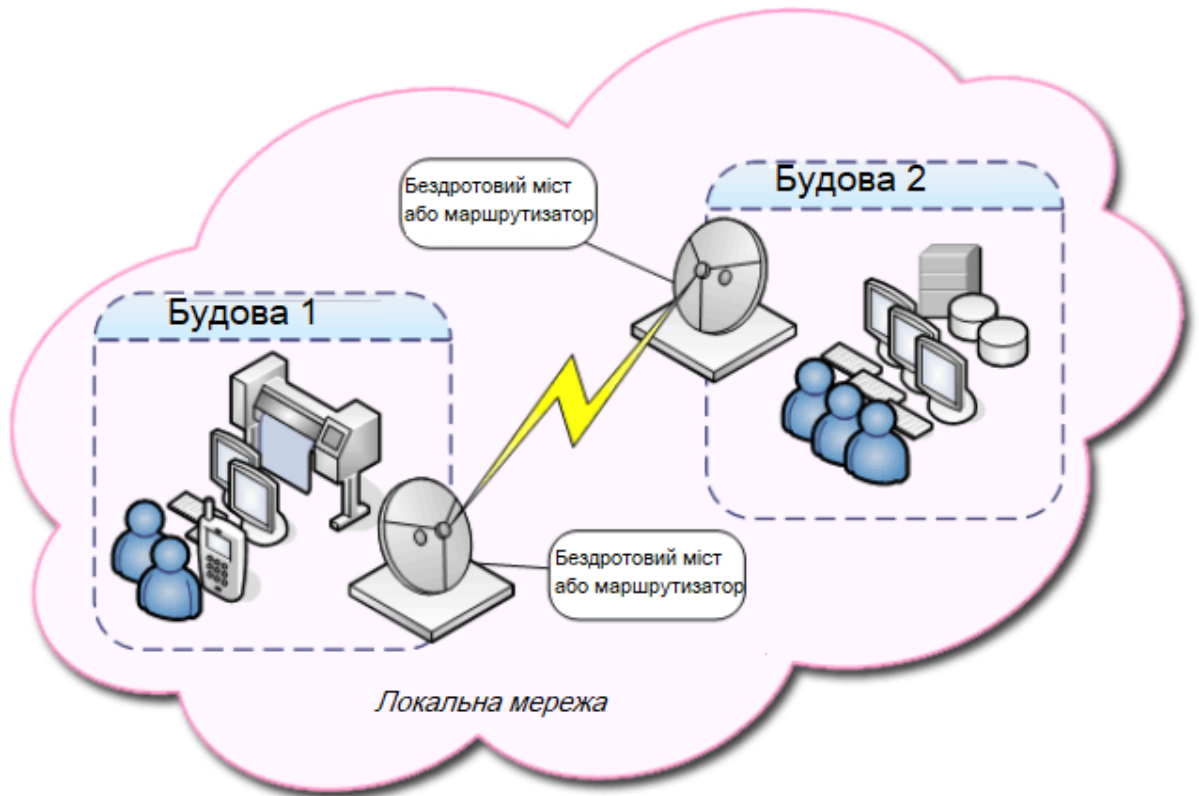


Рисунок 2.1 – Схема побудови корпоративної мережі з використанням бездротових мереж передачі даних

Переваги:

- Швидкість і простота розгортання локальної мережі;
- Невисокі витрати на придбання обладнання;
- Низька вартість експлуатації та відсутність абонентської плати;
- Збереження інвестицій в локальну мережу при переїзді і зміні офісу.

Недоліки:

- Бажана наявність "прямої видимості" між офісними майданчиками (у разі відсутності, необхідно проводити тестові випробування можливості підключення);
- Зниження швидкості передачі даних зі збільшенням відстані.

### 2.1.2 З використанням Internet у якості транспортного середовища передачі даних

Схема побудови корпоративної мережі з використанням Internet у якості транспортного середовища передачі даних наведена на рисунку 2.2.

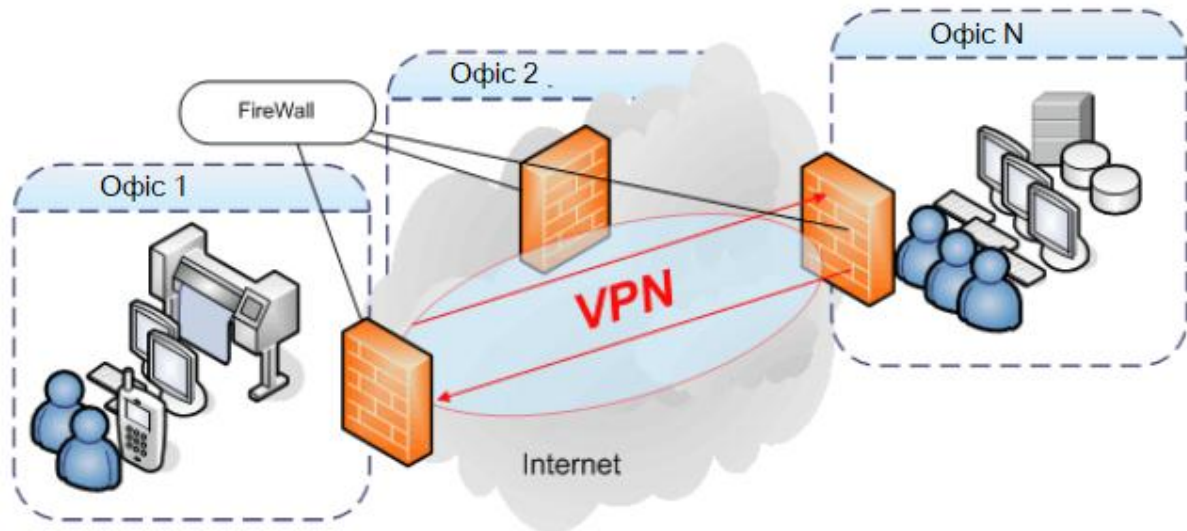


Рисунок 2.2 – Схема побудови корпоративної мережі з використанням Internet у якості транспортного середовища передачі даних

Переваги:

- Низька абонентська плата;
- Простота реалізації.

Недоліки:

- Невисока надійність;
- Відсутність гарантованої швидкості передачі даних.

### 2.1.3 З використанням орендованих каналів передачі даних

Схема побудови корпоративної мережі з використанням орендованих каналів передачі даних наведена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Схема побудови корпоративної мережі з використанням орендованих каналів передачі даних

Переваги:

- Висока якість послуг, каналів передачі даних;
- Високий рівень послуг і сервісів, що надаються провайдером;
- Гарантована швидкість передачі даних.

Недоліки:

- Висока абонентська плата;
- Пропорційне зростання абонентської плати в залежності від відстані.

## 2.2 Дослідження основних принципів побудови ефективної корпоративної мережі

### 2.2.1 Етапи побудови корпоративної мережі

Етапи побудови корпоративної мережі складаються з:

Аналіз вимог. На цьому етапі формулюються основні ділові цілі підприємства, для якого розробляється проект, наприклад, скорочення виробничого циклу, більш оперативний прийом замовлень або підвищення продуктивності праці за рахунок більш ефективної взаємодії співробітників,

тобто ті цілі підприємства, які в даний момент, при існуючих засобах і технологіях недостатньо досягаються. Здійснюється пошук аналогічних систем, аналізуються їх сильні і слабкі сторони, визначається можливість використання вдалого досвіду для проектованої системи.

Розробка бізнес-моделі. Бізнес-модель можна по-іншому назвати функціональною моделлю виробництва, вона описує ділові процедури, послідовність і взаємозалежність всіх виконуваних на підприємстві робіт. При цьому увага концентрується не так на комп'ютерній системі, а на діловій практиці.

Розробка технічної моделі. Технічна модель описується в досить загальних термінах, яке комп'ютерне обладнання треба використовувати, щоб досягти цілей, визначених у бізнес-моделі. Для побудови технічної моделі необхідно провести інвентаризацію всього наявного обладнання, визначити вимоги до нової системи (при цьому вимоги повинні бути сформульовані не з технічної точки зору, а з позицій керівників і кінцевих користувачів мережі), на підставі цього визначити, що з існуючого обладнання може бути використано в новій системі. Далі необхідно визначити повний функціональний набір необхідних апаратних засобів без конкретизації марок і моделей устаткування.

Після того, як обрано технічну модель, яка описувала мережу загальних термінах, створюється так звана фізична модель, яка є докладним описом конкретних продуктів, їх кількості, технічних параметрів і способів взаємодії.

Установка і налагодження системи. Даний етап передбачає координування поставок від субпідрядників, управління конфігурацією, інсталяцію та налагодження обладнання, навчання персоналу.

Тестування системи. На цьому етапі потрібно проводити приймальні випробування, обумовлені в контракті з інтегратором.

Супровід та експлуатація системи. Цей етап не має чітко визначених часових меж, а являє собою безперервний процес.

Для кожного зі згаданих етапів і навіть для окремих дрібніших завдань може бути розроблено технічне завдання. Постановка завдання залежить від того, яку частину роботи вирішено віддати зовнішньому інтегратору, а яку частину – виконати своїми силами. Цей етап тісно пов'язаний з етапами вибору інтегратора і укладення з ним контракту.

Не можна побудувати гарну корпоративну мережу без ясного розуміння ділових цілей підприємства і без чіткого плану досягнення цих цілей. Перший крок, який полягає у визначенні проблем підприємства і, отже, цілей проекту називається аналізом вимог.

Аналіз вимог до неї допоможе оцінити ділову значимість інформаційно-технологічних рішень, визначити головні цілі і вибрати пріоритети для окремих частин комп'ютерної системи, яку необхідно поліпшити або розширити. Чітке визначення вимог до функцій мережі допоможе уникнути реалізації не потрібних властивостей мережі, що заощадить кошти підприємства. Ретельний аналіз вимог до неї є основою для написання хорошого технічного завдання, на базі якого системні інтегратори зможуть розробити проект мережі. Нарешті, чітке розуміння цілей допоможе сформулювати критерії якості для оцінки і тестування реалізованої мережі.

Для більшості адміністраторів локальних мереж, особливо масштабу відділу, аналіз вимог до неї є чимось екзотичним. Дуже часто такий адміністратор купує мережеве обладнання, операційні системи і додатки в найближчому комп'ютерному магазині. У кращому випадку він консультиється з дистриб'ютором або дилером. Очевидно, що адміністратор мережі відділу швидше за все не захоче займатися аналізом вимог, так як він купує просту мережу для відділу, а не для підприємства в цілому. Такий довільний вибір цілком припустимо для масштабу відділу, так як ця мережа не має значного впливу на роботу підприємства. Якщо ця мережа відмовить, то це вплине тільки на користувачів одного відділу. Крім того, в зв'язку з тим, що ціна такої мережі порівняно невелика, не дуже великі і втрати в разі помилки.

Роботи з проектування та встановлення корпоративної мережі найкраще доручити співробітникам відділу автоматизації, а не адміністраторам мереж груп і відділів. Добре, якщо співробітники цього відділу мали справу з мейнфреймами; в цьому випадку у них є досвід ретельного інформаційного аналізу системи, планування та установки відповідальних додатків для великих машин. Разом з тим абсолютно необхідний і досвід роботи з мережами, для яких (на відміну від централізованих систем на базі мейнфреймів) характерна більша різноманітність устаткування, програмного забезпечення і протоколів, а також різноманітність постачальників.

Для виконання аналізу вимог до корпоративної мережі необхідно:

- оцінити поточний стан локальних мереж і парку комп'ютерів на підприємстві, що допоможе виявити, які проблеми потребують вирішення;
- визначити цілі і вигоди від корпоративної мережі, що допоможе вам правильно спроектувати мережу;
- обґрунтувати перед керівництвом підприємства необхідність покупок;
- написати ефективне технічне завдання;
- визначити критерії для оцінки якості мережі.

Різні компанії виконують аналіз вимог до неї різними способами з різним ступенем деталізації відповідно до традицій підприємства і його технічною політикою. Документ, що описує вимоги до мережі, може бути об'ємом від 10 до 150 сторінок. Деякі підприємства виконують такий аналіз самі. Інші підприємства вдаються до допомоги консультантів або системних інтеграторів. Це робиться в тих випадках, коли персонал відділу автоматизації не має достатнього досвіду в проектуванні і установці мереж. Крім того, використання незалежних консультантів або системних інтеграторів в силу їх об'єктивності допоможе поглянути по-новому на проблеми і на їх вирішення.



Мережа підприємства призначена для того, щоб виконувати виробничі функції, тому слід оцінити її роль у виробничій структурі підприємства. Для успішної побудови корпоративної мережі потрібно побудувати функціональну модель (або, по-іншому, бізнес-модель), з якої потім отримати технічну і фізичну моделі мережі. Більшість великих системних інтеграторів дотримуються такої стратегії.

Архітектура додатків та обчислювальної системи грає ключову роль в діловій архітектурі підприємства. Бізнес підприємства базується на архітектурі управління даними, на додатках і архітектурі мережі. Успішний аналіз вимог і успішне побудова корпоративної мережі вимагає від технічного фахівця вміння мислити як бізнесмен. Загальною помилкою деяких керівників проєктів є мислення тільки в технічних і технологічних термінах.

Перед тим, як почати оцінювати вимоги до корпоративної мережі, потрібно отримати загальне уявлення про те, що відбувається в кожному відділі. Саме бізнес-модель описує, як робляться справи на підприємстві. У ній зазвичай не згадується комп'ютерна система, вона швидше за концентрується на діловій практиці і послідовності робіт. Спочатку побудуйте модель, в якій відбивається послідовність робіт всього підприємства, а потім побудуйте модель для послідовності робіт в кожному відділі. Детально опишіть, як виконуються роботи, хто виконує ці роботи і які взаємозв'язки між робочими групами і відділами.

Для розробки бізнес-моделі необхідно зібрати бригаду, що складається з керівників відділів, провідних фахівців і співробітників відділу автоматизації. Зверніть увагу на наступні моменти:

- необхідно призначити керівника роботи;
- потрібно опитати керівників відділів і кінцевих користувачів корпоративної мережі, щоб визначити їх функції та з'ясувати, як їх комп'ютерні системи допомагають їм в роботі;

- необхідно з'ясувати, як робота переходить з одного відділу в інший, і яким чином інформація і завдання передаються від одного співробітника до іншого;
- необхідно дізнатися, в чому полягають залежності - хто стверджує будь-якої етап роботи і в якій послідовності повинні завершуватися етапи;
- потрібно зрозуміти, які вузькі місця є у системи - занадто великий час відповіді або ж неефективна обробка даних.

Опитайте керівників підрозділів і користувачів для того, щоб визначити, що вони хочуть отримати від корпоративної мережі. Їх відповіді будуть лежати в діапазоні від "Я хочу в точності те, що маю сьогодні" до прогресивних ідей на передньому плані науки і техніки таких, як повністю автоматизоване виробництво і електронний документообіг. Чи справді керівники хочуть зменшити кількість грошей, що витрачаються на експрес-доставку та обмін повідомленнями за рахунок поліпшення комунікацій? Чи дійсно вони хочуть взаємодіяти електронним способом з покупцями і постачальниками?

На цій ранній стадії проекту є час для уяви і мозкових атак. Запитайте керівників, які сервіси вони хотіли б мати, якби ціна не мала ніякого значення. Розпитайте керівників і користувачів про існуючу комп'ютерній системі. Чи не занадто вона багато простоює через відмови? Чи не занадто вона повільна? До яких джерел інформації вони зазвичай звертаються? Потім попросіть керівників відділів впорядкувати свої вимоги в порядку їх пріоритетності. Цей список допоможе вам визначити етапи розгортання мережі.

На цьому етапі керівники підрозділів підприємства повинні оцінити ефективність своїх ручних і комп'ютеризованих операцій. Автоматизація неефективних ділових процедур призводить до неефективних комп'ютерних систем. Чи справді керівники готові змінити процедури своєї діяльності або ж ці зміни надто порушують їх ділову практику?

Після того, як ви усвідомили функції підрозділів, ви повинні пояснити їх керівникам, як корпоративна мережа може кардинально змінити і поліпшити їх роботу. Необхідно витратити велику кількість часу, щоб пояснити, як мережа може змінити ведення справ на підприємстві.

При цьому необхідно користуватися термінами, зрозумілими керівникам. Загальною помилкою є вживання технічних термінів, а не виробничих. Керівників не хвилюють переваги 100 Мбітних мережі FDDI в порівнянні з 16 Мбітних мережею TokenRing. Їм немає справи до різниці між виявленням колізій і передачею токена. Однак їх турбує, чи зможе мережу допомогти їм виробляти більше телевізорів, продавати більше автомобілів, зменшити страхові запаси сировини. Поясніть, що керівники відділів і менеджери тепер зможуть зменшити час очікування потенційних замовників за телефоном. А, наприклад, керівникові видавничої фірми необхідно пояснити, що, маючи мережу, співробітники можуть не тільки передавати текст, але також і звуки, і зображення. Інформація буде передаватися як єдине ціле, а не як розрізнений набір чисел, слів, картинок. Використання конкретних змістовних прикладів допоможе діловим людям зрозуміти, який вплив мережу надасть на організацію робіт і на продуктивність.

Побудова бізнес-моделі підприємства - не просте завдання. Це пояснюється дефіцитом технічних фахівців, які розуміють виробничі проблеми, і навпаки, відсутністю розуміння технічних аспектів у багатьох управлінців. Технічні фахівці та управлінські працівники повинні взаємно навчатися для того, щоб побудувати ефективну і корисну корпоративну мережу.

Побудова бізнес-моделі допоможе також отримати підтримку керівництва підприємства, так як покаже, що розробники мережі розуміють і виробничі моменти підприємства, а не тільки технічні. Загальна стратегія полягає в тому, щоб знайти керівника або менеджера, який побачить вигоду для себе від впровадження корпоративної мережі. Ця людина потім буде виступати як ваш "спонсор" перед вищим керівництвом.

Корпоративна мережа будується для задоволення виробничих потреб. Кінцеві користувачі будуть працювати з нею кожен день, тому обов'язково потрібно зробити, щоб їм було зручно працювати з мережею. На жаль, про кінцевих користувачів часто забувають під час планування, проектування та установки корпоративної мережі. І коли мережа повністю встановлена, користувачі починають говорити "Вона не працює" або "Вона завжди відмовляє". Вони кажуть, що друк тепер займає більше часу, ніж раніше, і що мережа їм не подобається взагалі. Замість того, щоб використовувати мережу як інструмент, вони дивляться на неї як на перешкоду.

Одним з головних умов успішної роботи є спілкування. Як правило, співробітники відділу автоматизації занадто мало розмовляють не тільки один з одним, але і з кінцевими користувачами. Кінцеві користувачі часто більше за інших знають про комп'ютерних системах, і саме вони створюють найбільше навантаження на комп'ютери. Так як вони працюють з мережею кожен день, то часто мають найкращий розумінням того, як взаємопов'язані ділові функції і комп'ютерні системи. Обов'язком співробітників відділу автоматизованих інформаційних систем є вибір такого обладнання, яке найкращим чином задовольняє потребам кінцевого користувача, а не просто найновішої, найшвидшої продукції.

Необхідно призначити принаймні одного кінцевого користувача, відповідального за зв'язок між користувачами і відділом автоматизації, щоб користувачі були впевнені, що їхні інтереси хтось уявляє. Цей "зв'язковий" повинен періодично зустрічатися з іншими користувачами, сповіщати їх про хід розробки та служити постійним зворотним зв'язком.

Невдоволення користувачів іноді ґрунтується на невірних, часто завищених, очікуваннях. Необхідно дати користувачам реалістичну картину того, що мережа може робити. Необхідно пояснити, яке очікується середній час простоїв через відмови. (Під час аналізу вимог необхідно з'ясувати, який час простоїв користувачі вважають допустимим.) Потрібно чесно розповісти користувачам про етапність установки мережі. Часто співробітники відділу

автоматизованих інформаційних систем не говорять про те, що, наприклад, при установці першої черги корпоративної мережі зв'язок з комп'ютерами VAX і не планувалася, і що вона вступить в дію тільки через рік. Користувачі, які не попереджені про це, будуть дуже розчаровані.

Необхідно мати на увазі, що на підприємстві є дві групи співробітників, які працюватимуть з корпоративною мережею: співробітники відділу автоматизації, які будуть підтримувати мережу і керувати нею, і кінцеві користувачі, які будуть використовувати її як інструмент. Цілі й потреби цих двох груп часто протилежні. У той час, як кінцеві користувачі зацікавлені в розширенні функцій і сервісів мережі, співробітники відділу автоматизації більше стурбовані простотою експлуатації і підтримки надійної роботи мережі. І ті, і інші вимагають навчання, хоча і з різних причин, і за різними програмами. Кінцевих користувачів треба навчати, щоб робота в корпоративній мережі не здалася їм дивною і незручною, співробітників відділу автоматизації необхідно навчати обслуговування нової сучасної техніки, щоб вони не боялися втратити в майбутньому роботу і не опиралися впровадженню корпоративної мережі.

Потрібно мати на увазі, що більшість людей не любить змін. Вони звикли до використовуваних програм і комп'ютерів, багато хто не хоче відмовлятися від твердо вкоренилися в пам'яті прийомів. При розробці взаємодії користувача з майбутньою системою буде корисно промодельовати існуюче взаємодія за умови, що воно буде мати сенс в новому оточенні. Необхідно також пам'ятати, що не можна зменшувати існуючі функціональні можливості системи - їх можна тільки нарощувати.

Після розробки бізнес-моделі підприємства і визначення того, які процедури вимагають зміни чи поліпшення, необхідно побудувати технічну модель мережі. Технічна модель описує в досить загальних термінах, яке комп'ютерне обладнання треба використовувати, щоб досягти цілей, визначених у бізнес-моделі. Щоб побудувати технічну модель, потрібно

проаналізувати існуюче обладнання, визначити системні вимоги, оцінити сьогоденне і завтрашнє стану техніки.

Чи не багато підприємств можуть собі дозволити розкіш побудови корпоративної мережі з нуля. Більшість же замість цього будують свої комп'ютерні системи з використанням наявного обладнання, яке вже експлуатується якийсь час. Необхідно оцінити, яке існуюче обладнання продовжує мати стратегічне значення для підприємства, а яке може бути безболісно списано. Однак спочатку необхідно все-таки визначити, що ж ви маєте.

Для кожного відділу і офісу необхідно провести інвентаризацію існуючого комп'ютерного обладнання і з'ясувати, яке дійсно використовується. Наприклад, чи дійсно ще використовуються 286-е IBMPC-сумісні персональні комп'ютери, скільки їх? Скільки є інших комп'ютерів? Чи виконуються будь-які додатки мейнфреймів IBM 370? Які використовуються типи мережевого обладнання та протоколів, а також мережевих операційних систем: SNA, IPX / SPX, TCP / IP, NetWare, WindowsforWorkgroups, Unix, WindowsNT і т.п. Де це обладнання знаходиться, і в якому воно стані? Чи є економічний сенс продовжувати експлуатувати цю техніку або ж більш ефективно перейти на нову техніку? Наприклад, якщо в програмне забезпечення мейнфрейма вкладено значну кількість грошей, і система працює без проблем, то, очевидно, немає сенсу її замінювати. В цьому випадку корпоративна мережа повинна вміти взаємодіяти і з цим мейнфреймом.

Після того, як проведена ревізія обладнання, необхідно проробити те ж саме з додатками. Необхідно з'ясувати:

- Які програми використовуються в кожному офісі і відділі, скільки людей користуються кожним додатком, і трафік який інтенсивності вони створюють?
- Чи можуть ці додатки бути використані в корпоративній мережі?

- Де зберігаються ці програми, але яким чином користувачі зможуть отримувати до них доступ в новій операційній середовищі?
- Чи існують більш ефективні програми аналогічного призначення і чи захочуть співробітники перейти на них?

Інвентаризація - дуже нудна процедура, але тим не менш її потрібно здійснити, щоб точно знати, чим ви маєте в своєму розпорядженні і що потрібно придбати. Для такої великої системи, як корпоративна мережа, дуже важливо, щоб кожен елемент, будь то кабель або плата пам'яті, був промаркований і врахований. Процес інвентаризації можна і потрібно автоматизувати. Існують програми, які можуть автоматично дослідити склад апаратного і програмного забезпечення вже працюють в мережі комп'ютерів.

У загальному випадку такі програми можуть з'ясувати тип CPU, наявну пам'ять, тип диска і вільний простір на ньому, наявні додаткові контролери - такі як мережеві адаптери, факс-модеми і т.п. Для програмного забезпечення можна дізнатися найменування і версію додатків, версії операційної системи, встановлені мережеві драйвери.

Програми-дослідники створюють базу даних подібної інформації, яка може використовуватися для довідок або при усуненні несправностей. Адміністратор може періодично запускати дослідницьку програму і отримувати тижневу, місячну або квартальну довідку про поточний стан мережевих ресурсів.

Після інвентаризації існуючої обчислювальної системи необхідно визначити вимоги до нової системи. Для визначення технічних параметрів мережі розглядайте системні вимоги не з технічної точки зору, а з позицій керівників, менеджерів і кінцевих користувачів.

Для з'ясування системних вимог необхідно відповісти на наступні питання:

- Що потрібно з'єднувати? Чи потрібна співробітникам будь-якого підрозділу спілкуватися з невеликим (великим) кількістю людей в межах

невеликої території або ж їм потрібно спілкуватися з невеликим (великим) кількістю людей в межах географічно великої області? Обсяг і розподіл трафіку допоможе визначити необхідну потужність комп'ютерів, а також типи та швидкості комунікаційного обладнання та сервісів.

- Що з існуючого апаратного та програмного забезпечення буде використовуватися в новій системі? Які системи потрібно залишити в розроблюваної корпоративної мережі? Чи потрібно ці системи з'єднувати в мережу? Чи будуть існуючі системи нормально працювати в новій мережі? Чи існують які-небудь стандарти підприємства, чи існують домінуючі програми? Яке обладнання та додатки потрібно додати, щоб досягти поставлених виробничих цілей?

- Які обсяги інформації будуть передаватися по мережі? Обсяг інформації, що передається визначає необхідну пропускну здатність мережі. За корпоративної мережі буде передаватися більше або менше інформації? Визначте це підрахунком кількості користувачів мережі, середньої кількості виконуваних транзакцій в день кожним з користувачів і середнього обсягу транзакції. Такий підрахунок допоможе визначити технологію доступу до середовища передачі даних (Ethernet, FDDI, ...) і вимоги до глобальних сервісів.

- Який час реакції мережі є прийнятним? Чи будуть користувачі чекати одну секунду, півсекунди або дві секунди? Такі вимірювання допоможуть визначити вимоги до швидкості обладнання, додатків і комунікаційних зв'язків.

- Протягом якого часу мережу істотно необхідна для роботи підприємства? Чи потрібна мережа 24 години в день і 7 днів на тиждень або ж тільки протягом 8 годин на день і 5 днів в тиждень? Чи потрібно збільшити сьогоднішні параметри використання мережі?

- Які вимоги пред'являються до середнього часу усунення несправностей? Як відображаються операції з обслуговування та ремонту мережі на ефективності ведення справ підприємством? Чи втратить



підприємство 5 мільйонів доларів або ж 100 тисяч доларів, якщо мережа буде несправна протягом однієї години? Який це буде шкодити від простою мережі протягом двох годин?

- Який плановане зростання системи? Який поточний коефіцієнт використання мережі і як він може змінитися протягом найближчих 6 місяців, одного року, двох років? Навіть якщо ви ретельно спланували мережу, але не врахували можливості її зростання і розвитку, то системні вимоги доведеться змінити і збільшити. Зростання мережі потрібно планувати заздалегідь, а не просто реагувати на фактичне зростання її навантаження.

Після того, як системні вимоги визначені, можна описати технічну модель корпоративної мережі. На цьому етапі потрібно визначити, яким чином передбачається задовольнити виробничі вимоги з технічної точки зору. Більшість проектувальників мереж добре знайомі з методами розробки технічної моделі.

Перш за все піддайте аналізу існуючу систему. Що потрібно з неї зберегти, а що відкинути? Чи будуть узгоджуватися різне мережеве обладнання, операційні системи і додатки, які використовуються сьогодні?

Після цього оцініть доступну технологію. Що на сьогодні є технічною вершиною? Чи хочете ви використовувати саму передову техніку і технологію? Чи потрібна вам насправді сама передова техніка? Наприклад, якщо ви будете мережу для відділу закупівель, то технологія FastEthernet очевидно буде зайвою, навіть якщо в відділі обробляється велика кількість документів. У той же час в інженерному відділі технологія FastEthernet буде більш доцільна, так як там мають справу з великими файлами. Можна також розглянути доцільність мережі Ethernet з окремими сегментами для кожного користувача. Побудова хорошою мережі означає постійне зіставлення ваших бажань і потреб підприємства. Потрібно використовувати тільки такі технічні рішення, які необхідні.

Ретельно обміркуйте вибір між передовою технологією і технологією, перевіреної часом. Наприклад, Ethernet і TokenRing є перевіреними технологіями, а АТМ - порівняно нової. Чи не багато проектувальників добре з нею знайомі, а капіталовкладення необхідно зробити значні.

Далі потрібно оцінити, яке сімейство технічних засобів задовольняє виробничим потребам. Наприклад, чи потрібні вашій мережі мости і маршрутизатори? (Це залежить від інтенсивності трафіку, кількості сегментів, розподілу сегментів і рівня кваліфікації адміністраторів.) Чи будете ви використовувати змішану топологію або топологію зірки? (Це залежить від структури і організації вашого підприємства.) Які комунікаційні зв'язки і з якими швидкостями потрібні для вашої мережі? (Це залежить від того, що буде передаватися по мережі, в тому числі від того, чи хочете ви комбінувати передачу голосу і даних.) Для прийняття подібних рішень ви повинні дізнатися порівняльні характеристики різних технологій і технічних засобів, а також ретельно проаналізувати інтенсивність і типи переданих по мережі даних.

Проектувальник також повинен забезпечити потрібний набір функцій і необхідну час доступності мережі. Наприклад, якщо вона має бути наявна ночами і у вихідні дні, в відповідальних файл-серверах слід передбачити надлишкові диски і джерела безперебійного живлення. Необхідно вирішити, чи достатньо застосування способу дзеркального відображення дисків чи потрібно використовувати дисковий масив. Який запас акумуляторів потрібен для джерел безперебійного живлення?

Далі потрібно з'ясувати, які технології і технічні засоби стануть доступними найближчим часом, а також які довгострокові перспективи цих нововведень. Оцініть, чи зможе проектована мережа прийняти завтрашні технологічні новинки.

Мистецтво проектувальника залежить від оцінки наявних на сьогодні рішень, передбаченні того, що стане доступним завтра, і об'єднання цих рішень на елегантну і ефективну мережу. Наприклад, сьогодні неекранована

кручена пара категорії 5 влаштовує практично всі протоколи локальних мереж, в тому числі і АТМ на 155 Мб / с. Тому можна зробити нескладний висновок про те, що всередині будівель на вашому підприємстві краще використовувати кручену пару, а не коаксіальний кабель.

### **2.2.2 Канали зв'язку корпоративної мережі**

Перша проблема, яку доводиться вирішувати при створенні корпоративної мережі – організація каналів зв'язку. Канали зв'язку – створюються по лініях зв'язку за допомогою складної електронної апаратури і кабелів зв'язку.

Кабель зв'язку – це довгомірний виріб електротехнічної промисловості. Існують безліч різних модифікацій кабелів для ЛОМ:

- тонкі коаксіальні кабелі;
- товсті коаксіальні кабелі;
- екрановані кручені пари, які виглядають як електрична проводка;
- неекрановані кручені пари;
- оптоволоконні кабелі, які можуть працювати на великих відстанях і з більшою швидкістю, ніж інші типи кабелів. Однак їх прокладка і мережеві адаптери для них досить дороги.

З кабелів зв'язку (і маси інших речей) будують лінії зв'язку. Довжина ліній зв'язку коливається від десятків метрів до десятків тисяч кілометрів. У будь-яку більш-менш серйозну лінію зв'язку, крім кабелів, входять: траншеї, колодязі, муфти, переходи через річки, море і океани, а також грозозахист (так само як і інші види захисту) ліній.

За вже побудованими лініями зв'язку організовують канали зв'язку. При цьому канали за характером переданих сигналів можуть бути аналоговими або цифровими. Отже, на одній лінії зв'язку одночасно можна створити як аналогові, так і цифрові канали, що функціонують окремо. Причому якщо лінію, як правило, будують і здають відразу всю, то канали вводять поступово. Вже по лінії можна дати зв'язок, але таке використання вкрай

дорогих споруд дуже неефективно. Тому застосовують апаратуру каналоутворення. Число каналів збільшують поступово, встановлюючи все більш потужну апаратуру каналоутворення (іноді кажуть - мультиплексування, особливо стосовно до цифрових каналів).

### **2.2.3 Віртуальні мережі передачі даних**

Ідеальним варіантом для приватної мережі було б створення каналів зв'язку тільки на тих ділянках, де це необхідно, і передача по них будь-яких мережевих протоколів, яких вимагають працюючі додатки. Існують технології побудови мереж передачі даних, що дозволяють організувати всередині них канали, що виникають тільки в потрібний час і в потрібному місці. Такі канали називаються віртуальними. Систему, що об'єднує віддалені ресурси за допомогою віртуальних каналів, природно назвати віртуальною мережею. На сьогодні існують дві основні технології віртуальних мереж – мережі з комутацією каналів і мережі з комутацією пакетів. До перших відносяться звичайна телефонна мережа, ISDN і ряд інших, більш екзотичних технологій. Мережі з комутацією пакетів представлені технологіями X.25, Frame Relay і останнім часом – ATM.

Перша проблема, яку доводиться вирішувати при створенні корпоративної мережі – організація каналів зв'язку. Якщо в межах одного міста можна розраховувати на оренду виділених ліній, в тому числі високошвидкісних, то при переході до географічно віддалені вузли вартість оренди каналів стає просто астрономічною, а якість і надійність їх часто виявляється досить невисокою. Природним рішенням цієї проблеми є використання вже існуючих глобальних мереж. У цьому випадку досить забезпечити канали від офісів до найближчих вузлів мережі. Завдання доставки інформації між вузлами глобальна мережа при цьому візьме на себе. Навіть при створенні невеликої мережі в межах одного міста слід мати на увазі можливість подальшого розширення і використовувати технології, сумісні з існуючими глобальними мережами.

Часто першою, а то і єдиною такою мережею, думка про яку приходить в голову, виявляється Internet. Використання Internet в корпоративних мережах Залежно від розв'язуваних завдань Internet можна розглядати на різних рівнях. Для кінцевого користувача це перш за все всесвітня система надання інформаційних та поштових послуг. Поєднання нових технологій доступу до інформації, що об'єднуються поняттям World Wide Web, з дешевою і загальнодоступною глобальною системою комп'ютерного зв'язку Internet фактично породило новий засіб масової інформації, який часто називають просто the Net - Мережа. Той, хто підключається до цієї системи, сприймає її просто як механізм, що дає доступ до певних послуг. Реалізація ж цього механізму виявляється абсолютно несуттєвою.

При використанні Internet в якості основи для корпоративної мережі передачі даних з'ясовується дуже цікава річ. Виявляється, Мережа мережею-то якраз і не є. Це саме Internet. Якщо заглянути всередину Internet, побачимо, що інформація проходить через безліч абсолютно незалежних і здебільшого некомерційних вузлів, пов'язаних через найрізноманітніші канали та мережі передачі даних. Бурхливе зростання послуг, що надаються в Internet, призводить до перевантаження вузлів і каналів зв'язку, що різко знижує швидкість і надійність передачі інформації. При цьому постачальники послуг Internet не несуть ніякої відповідальності за функціонування мережі в цілому, а канали зв'язку розвиваються вкрай нерівномірно і в основному там, де держава вважає за потрібне вкладати в це кошти. Відповідно, немає ніяких гарантій якості роботи мережі, швидкості передачі даних і навіть просто досяжності комп'ютерів. Для задач, в яких критичними є надійність і гарантований час доставки інформації, Internet - далеко не найкраще рішення. Крім того, Internet прив'язує користувачів до одного протоколу – IP. Це добре, коли ми користуємося стандартними додатками, що працюють з цим протоколом. Використання ж з Internet будь-яких інших систем виявляється справою непростюю і дорогою.

Якщо виникає необхідність забезпечити доступ мобільних користувачів до приватної мережі – Internet також не найкраще рішення. Internet прив'язує користувачів до одного протоколу – IP.

Ще одна проблема Internet, широко обговорювана останнім часом, - безпека. Якщо говоримо про приватну мережу, цілком природним представляється захистити передану інформацію від чужого погляду. Непередбачуваність шляхів інформації між безліччю незалежних вузлів Internet не тільки підвищує ризик витоку інформації. Засоби шифрування вирішують проблему лише частково, оскільки застосовні в основному до пошти, передачі файлів і т.п. Рішення ж, що дозволяють з прийнятною швидкістю шифрувати інформацію в реальному часі (наприклад, при безпосередній роботі з віддаленою базою даних або файл-сервером), малодоступні і дорогі. Інший аспект проблеми безпеки знову ж пов'язаний з децентралізованим Internet – немає нікого, хто міг би обмежити доступ до ресурсів приватної мережі. Оскільки це відкрита система, де всі бачать всіх, то будь-який бажаний може спробувати потрапити в офісну мережу і отримати доступ до даних або програм.

Пристрій мережі із застосуванням бездротового обладнання дозволяє знизити витрати на експлуатацію мережі. Плата за абонентське обслуговування мережі, як правило, не стягується. Зв'язок між робочими майданчиками здійснюється за допомогою бездротового мосту або маршрутизатора.

До недоліків бездротового зв'язку можна віднести те, що для якісної передачі даних бажана "пряма видимість" майданчиків відносно один одного. На великих відстанях швидкість передачі даних може відчутно зменшитися.

## 3 СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

### 3.1 Синтез ефективної корпоративної мережі із застосуванням HP Mininet

Mininet є емулятором мережі, який може використовуватися дослідниками і розробниками програмного забезпечення для створення моделей мережі, що функціонує на основі протоколу OpenFlow [9]. Даний емулятор поставляється у вигляді образу віртуальної машини, який може бути запущений за допомогою VirtualBox.

Mininet дозволяє створювати моделі мережі, що включають кілька пристроїв і робочих станцій-хостів, з'єднаних мережевими інтерфейсами, з можливістю вмикати-вимикати мережеві інтерфейси, генерувати трафік і мати можливість переглядати і знімати дампи пакетів як на хостах, так і на транзитних інтерфейсах. Розроблена мережа може бути представлена у вигляді віртуальної машини, отже, інші розробники можуть легко скористатися змодельованим сегментом мережі.

Mininet поставляється разом з ПКС-контролером NOX, але також є можливість використання сторонніх контролерів. Емулятор може створювати різні базові топології, наприклад single, linear, tree.

Топологія single складається з одного комутатора і дозволяє створювати різне число абонентських мережеских вузлів. Топологія linear дозволяє створювати лінійну топологію, задаючи при цьому число комутаторів і абонентських вузлів. Топологія tree - деревоподібна топологія з різним числом рівнів. Кожен комутатор пов'язаний з контролером по протоколу OpenFlow. Базові топології представлені на рисунку 3.1.

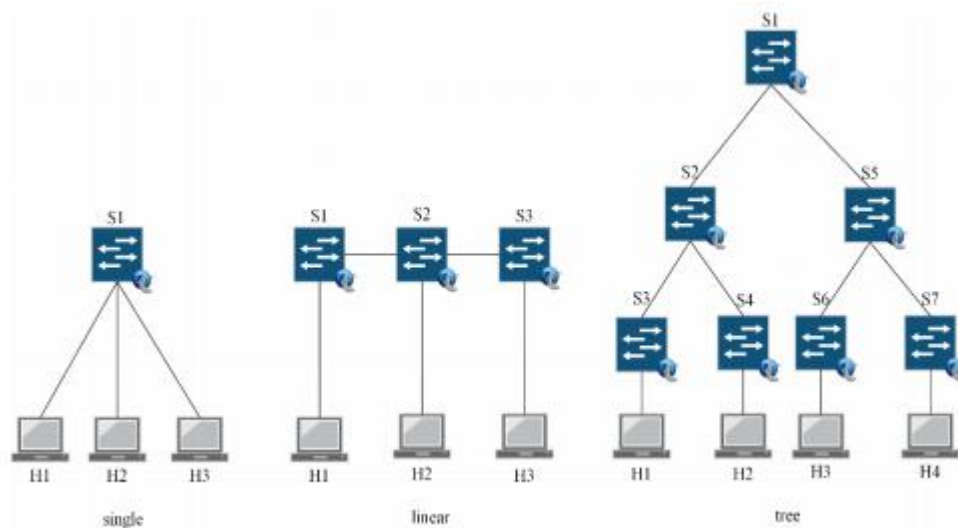


Рисунок 3.1 – Базові топології

Mininet дозволяє моделювати будь-які мережеві топології з використанням Python API. Розроблена модель дозволяє отримати такі дані про мережу, як смуга пропускання, затримка, черги, а також переглядати стан комутаторів, їх інтерфейсів, таблиць потоків OpenFlow на комутаторах і т.д. Крім того, створення прототипу мережі в mininet може бути корисно і для тестування розробленого додатка, після чого можливо практично без змін в кодї протестувати додаток на реальному сегменті мережі. Дана система моделювання має досить детальну документацію.

У традиційних локальних обчислювальних мережах в процесі передачі пакетів даних від одного вузла до іншого важливу роль відіграє процес визначення адрес, здійснюваний відповідно до протоколу визначення адреси ARP.

Однак механізм для обробки ARP-запитів і ARP-відповідей в мережах, що програмно-конфігуруються відрізняється від даного механізму в традиційних мережах IP. В корпоративних мережах при відсутності на комутаторах записів про направлення ARP-пакетів механізм визначення адрес повинен бути виконаний, в першу чергу, на контролері – програмно-апаратній платформі, що реалізує інтелектуальні функції мережі



На сьогодні визначаються дві метрики, які можна застосувати для характеристики затримки механізму визначення адреси:

1) Address Resolution Delay No Forwarding Flow Registrations (ARDNFFR) - затримка визначення адреси без установки потоку для передачі пакета на комутаторі;

2) Address Resolution Delay Forwarding Flow Registrations (ARDFFR) - затримка визначення адреси з установкою потоку для передачі пакета на комутаторі.

Демо визначення цих величин, ґрунтуючись на топології мережі, представленої на рисунку 3.2, де С - контролер; S - комутатор; Н0 і Н1 - вузли в мережі.

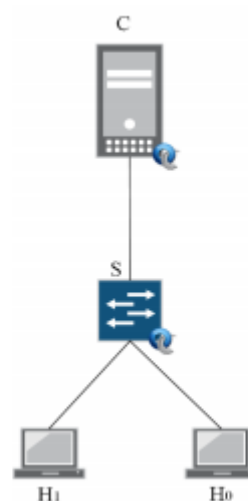


Рисунок 3.2 – Логічна схема корпоративної мережі

Розглянемо затримку ARDNFFR. Нехай вузол Н1 відправляє перший біт пакета ARP-запиту вузлу Н0 в момент часу  $T_{H1}$ , тоді Н1 приймає перший біт ARP-відповіді від Н0 в момент часу  $T_{H1} + d\tau_{NF}$  при відсутності необхідного ARP-запису в таблиці потоків (кеші) комутатора.

Отримуємо, що затримка ARDNFFR є величина  $d\tau_{NF}$ . Одиницями виміру даного параметра є мілісекунди. За еталонне значення приймається

час першого проходження пакета по мережі при відсутності встановлених потоків на комутаторах для ARP-пакетів.

## 3.2 Верифікація результатів дослідження

### 3.2.1 Методологія дослідження

Для дослідження службового трафіку в корпоративній мережі був створений експериментальний стенд з використанням середовища mininet і контролера під управлінням СОС OpenDaylight Hydrogen зі стандартним додатком для комутації «Simple Forwarding». Схема стенда показана на рисунку 3.3.

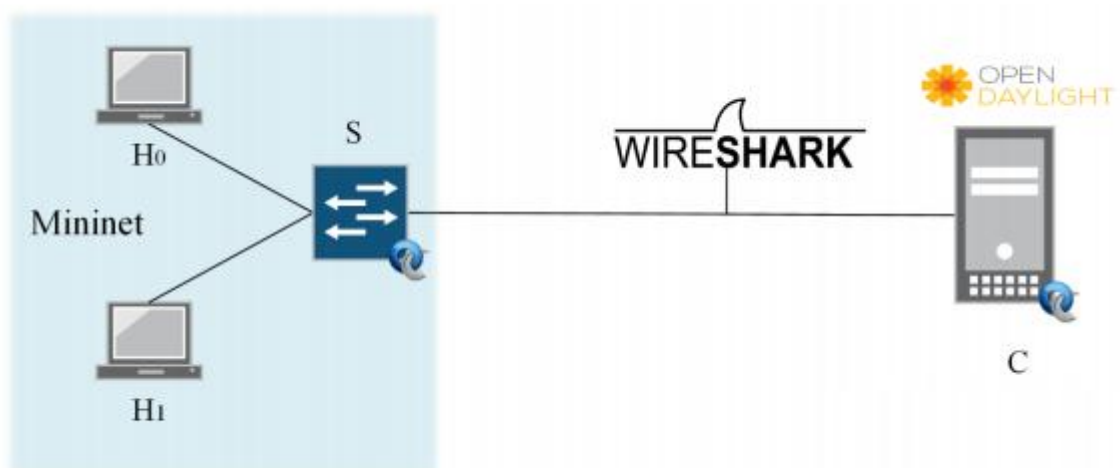


Рисунок 3.3 – Досліджувана топологія в експерименті 1

Тестовий стенд запускався на ПК, обладнаному центральним процесором Core i5-520M 2,4 ГГц (4 ядра), ОЗП 4Гб, Windows 7 32 bit. У середовищі mininet була змодельована топологія single, що складається з одного комутатора і двох хостів. Комутатор для взаємодії з контролером використовував протокол OpenFlow 1.0. З хоста H1 за допомогою команди ping генерувалися ICMP-запити до хоста H0. За допомогою сніффер пакетів Wireshark були проаналізовані пакети службового OpenFlow-трафіку, які виникали в ході даної процедури визначення адреси [4].

### 3.2.2 Результати аналізу

За результатами аналізу дампа трафіку була побудована діаграма повідомлень, представлена на рисунку 3.4.

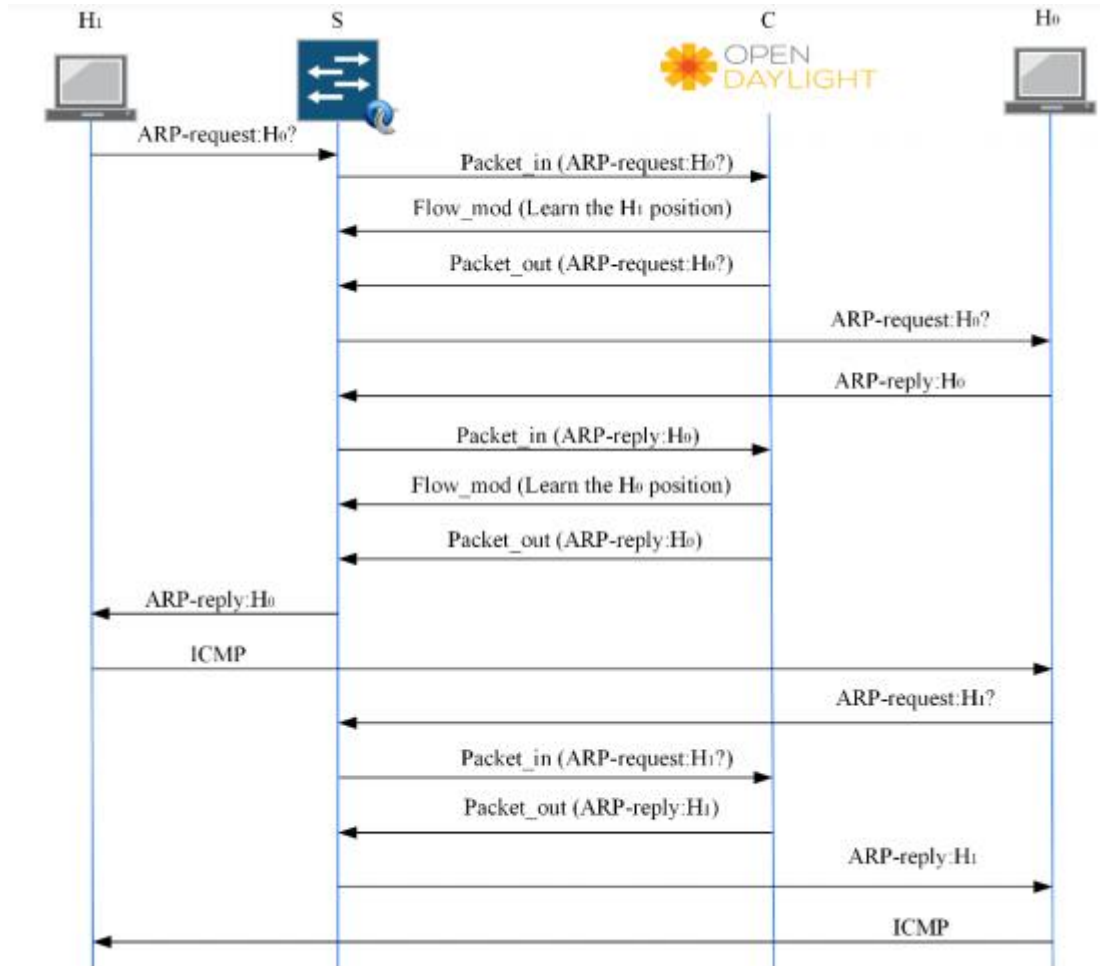


Рисунок 3.4 – Діаграма обміну повідомленнями при роботі протоколу ARP

Розглянемо докладніше цю діаграму. Для успішного проходження ICMP-запиту вузол H1 повинен дізнатися MAC-адресу вузла H0, для чого відправляється ARP-запит комутатора S. Цей запит комутатор інкапсулює в OpenFlow-повідомлення асинхронного типу Packet\_in і далі відправляє контролеру C, оскільки для вхідного пакета на комутаторі, не знайдено збігів в наборі записів. Контролер за допомогою OpenFlow повідомлення типу контролер-комутатор Flow\_mod дає команду комутатора запам'ятати

розташування вузла Н1. Наступним кроком контролер розсилає ARP-запит, інкапсульований в повідомлення Packet\_out, тільки на ті порти комутатора, до яких підключені вузли.

Вузол, який знайшов збіг шуканої MAC-адреси з власним, відправляє в мережу ARP-відповідь, яка ретранслюється комутатором на контролер. Контролер тепер знає розташування вузла Н0 і встановлює відповідне правило в таблиці потоків комутатора, після чого ARP відповідь відправляється вузлу Н1. Після поновлення ARP-таблиці, вузол Н1 може відправляти IP-пакети вузлу Н0 (в нашому експерименті - ICMP-пакет). Далі вузлу Н0 потрібно відправити у відповідь ICMP-пакет вузлу Н1. Особливістю механізму визначення адреси за протоколом ARP є той факт, що заголовки Source IP / MAC перенаправляє контролер ARP-відповіді матимуть значення, що належать IP і MAC. А значить, згенерований вузлом Н0 ARP-запит буде переданий комутатором контролера у вигляді повідомлення Packet\_in. Далі контролер за допомогою повідомлення Packet\_out встановить правило для комутатора, який в свою чергу відправить ARP-відповідь вузлу Н0. Вузол Н0 оновить свою ARP-таблицю і зможе відправити ICMP-пакет вузлу Н1 [4].

Описаний вище процес встановлення з'єднання для двох мережевих елементів можна умовно представити у вигляді двох етапів:

- 1) Етап встановлення з'єднання від кореневого мережевого елемента Н1 до шуканого Н0;
- 2) Етап встановлення з'єднання від шуканого мережевого елемента Н0 до кореневого Н1 [41].

Для виявлення залежності між затримкою передачі службового трафіку і затримкою контролера в мережі, що функціонує з використанням протоколу OpenFlow в середовищі mininet була змодельована деревоподібна топологія, показана на рисунку 3.5. Число комутаторів послідовно задавалося рівним 3, 7, 15 і 31. Виконувалася команда ring з вузла Н1 до Н2, після чого з використанням Wireshark виконувалася фільтрація трафіку і вираховувалася

затримка  $d\tau_{NF}$ , Затримка комутатора  $S_{NF}$  і затримка контролера  $C_{NF}$ , Представлені у формулі (3.1).

$$d\tau_{NF} = L + C_{NF} + S_{NF}$$

При цьому затримка комутатора  $S_{NF}$  вважалася як середнє арифметичне за всіма OpenFlow- комутаторів.

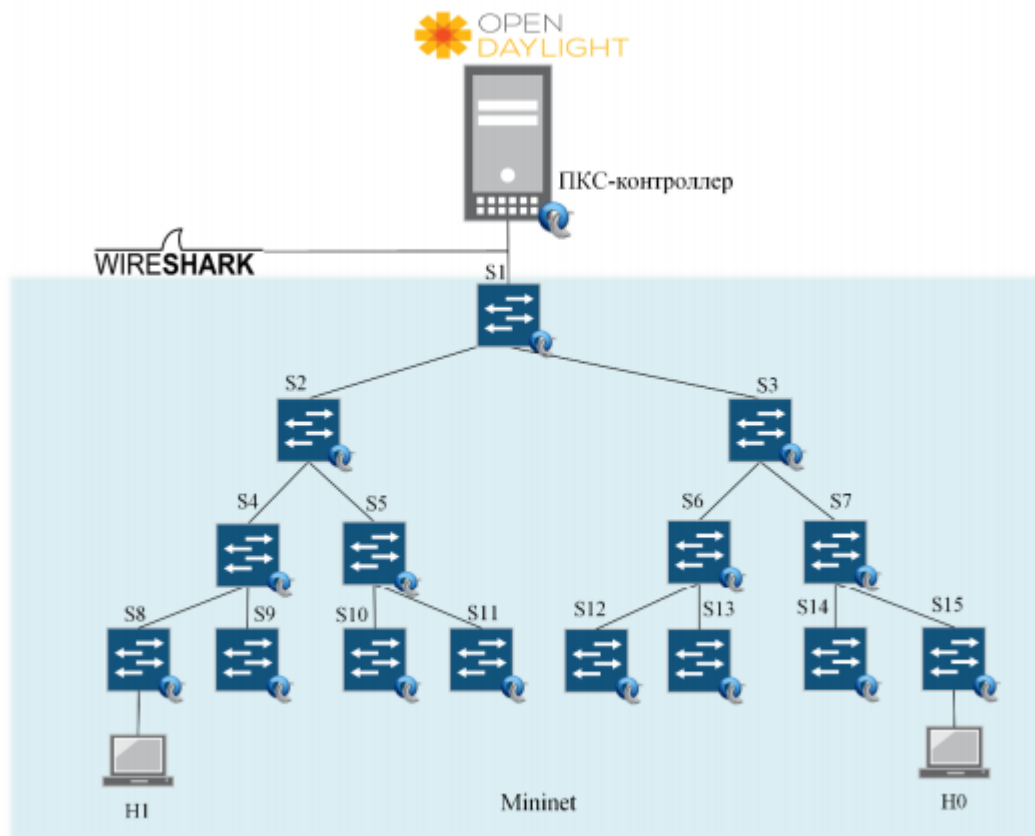


Рисунок 3.5 – Досліджувана топологія в експерименті 2

Результати вимірювань, зроблених в ході тесту занесені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні значення затримок

Кількість комутаторів мережі, шт	Затримка $d\tau_{NF}$ , мс	Затримка $S_{NF}$ , мс	Затримка $C_{NF}$ , мс
3	9,867	0,185	4,699
7	12,237	0,245	7,435
15	16,255	0,432	6,845
31	23,882	1,871	11,442

За результатами проведеного дослідження був побудований графік, показаний на рисунку 3.6.

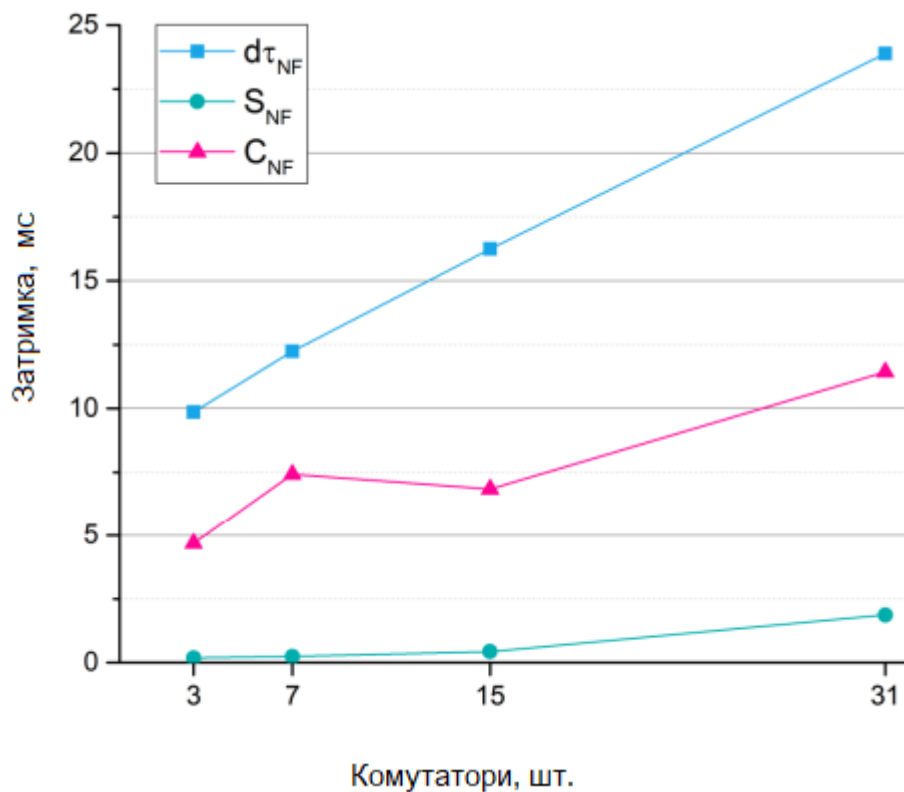


Рисунок 3.6 – Залежність затримок від кількості комутаторів в мережі

Виходячи з характеру кривих на графіку, була висунута гіпотеза про наявність залежності (кореляції) між досліджуваними параметрами. Для перевірки цього припущення були здійснено розрахунок коефіцієнтів кореляції попарно для експериментальних масивів значень  $d\tau_{NF}$  та  $C_{NF}$ ,  $d\tau_{NF}$  та  $S_{NF}$  згідно з наступним рівнянням:

$$r = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

отримані значення  $r(d\tau_{NF}, C_{NF}) = 0.939$ ,  $r(d\tau_{NF}, S_{NF}) = 0.955$  вказують на наявність позитивної лінійної кореляції між досліджуваними параметрами, тобто з ростом / зменшенням значення одного з цих параметрів буде рости / зменшуватися і інший. Таким чином, показано, що зниження величини затримки, що вноситься контролером, призведе до зниження затримки передачі службового трафіку по корпоративній мережі.

## ВИСНОВКИ

У роботі проведено дослідження особливостей використання HP Mininet для підвищення ефективності корпоративної мережі. На основі вищевикладеного варто зазначити, що в роботі:

- досліджено технології HP Mininet;
- досліджено архітектуру HP Mininet;
- досліджено принципи побудови топологій у системі HP Mininet;
- проведено аналіз оптимальних методів побудови корпоративної мережі;
- досліджено основні принципи побудови ефективної корпоративної мережі;
- здійснено синтез ефективної корпоративної мережі із застосуванням HP Mininet;
- наведено верифікацію результатів дослідження.

Представлена модель затримки обробки службового трафіку в мережах, базується на протоколі OpenFlow, показано її висновок на основі принципу роботи протоколу ARP. На основі дослідження отриманої моделі можна зробити висновок про те, що існує позитивна лінійна залежність між затримкою передачі службового трафіку, затримкою комутатора, затримкою контролера. В разі високого рівня затримки службового трафіку його можна знизити шляхом зниження затримки комутаторів або контролера. Затримка, що вноситься комутаторами, визначається такими факторами, як продуктивність комутаційної матриці, розміром буфера і наявністю черг пакетів на інтерфейси.

Затримка, що вноситься контролером, залежить як від продуктивності його апаратної платформи, так і від ефективності оптимізації програмного коду, контролера і додатків. Для зниження затримки контролера рекомендується вибирати апаратну платформу сервера з максимальною



продуктивністю і оптимізувати роботу додатків, що виконують функції управління трафіком, що в свою чергу може привести до зниження пакетного навантаження на систему.