# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

«Телекомунікаційні системи та мережі – 2. Інформаційно-телекомунікаційні системи»

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри автоматики та управління в технічних системах всіх форм навчання Частина II

> Рекомендовано Вченою радою факультету інформатики та обчислювальної техніки НТУУ «КПІ» протокол № 1 від29серпня 2012

Київ НТУУ «КПІ» 2012 «Телекомунікаційні системи та мережі – 2. Інформаційно-телекомунікаційні системи». Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри автоматики та управління в технічних системах всіх форм навчання. Частина II. Уклад.: О.І. Ролік, М.М. Букасов, Д.О. Галушко. — К.: НТУУ «КПІ», 2012 – С. 105.

Методичні вказівки призначені для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія» кафедри автоматики та управління в технічних системах всіх форм навчання. Викладені методичні рекомендації для підготовки та проведення лабораторних робіт, вимоги до оформлення звіту, захисту та оцінювання результатів виконання, питання до перевірки самопідготовки.

Укладачі

О.І. Ролік, к.т.н., доцентМ.М. Букасов, ст. виклД.О. Галушко, асистент

Відповідальний редактор

Л.Ю. Юрчук, к.т.н. доцент

Рецензент

Ткаченко В.В., к.т.н., доцент

# 3MICT

ВСТУП4
ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ6
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 Моделювання протоколу маршрутизації на
базі дистанційно-векторного алгоритму8
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 Моделювання протоколу маршрутизації,
що заснований на алгоритмі стану лінків19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 Моделювання надійної, на основі з'єднань,
служби з байтовим потоком
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 Порядок передачі і видалення пакетів43
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 Забезпечення QoS шляхом резервування
ресурсів в мережі
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 Мережева безпека та віртуальні приватні
мережі
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 Аналіз продуктивності мережевих
програм
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 105

#### ВСТУП

Метою викладання дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі – ІІ. Інформаційно-телекомунікаційні системи» є формування у студентів знань з архітектури та принципів побудови сучасних телекомунікаційних систем та інформаційно-телекомунікаційні систем для розуміння функціонування розподілених систем управління взаємодіють та автоматики. ЩО через телекомунікаційні мережі та використовують сервіси, які надаються телекомунікаційними та інформаційними системами, а також розвитку у студентів навичок до самостійної розробки систем передачі та обробки голосової та мультимедійної інформації.

Дисципліна «Телекомунікаційні системи та мережі – ІІ. Інформаційнотелекомунікаційні системи» входить до плану підготовки бакалаврів з відповідного напряму та грає важливу роль у фаховій підготовці бакалаврів, фахівців та магістрів.

Дисципліна «Телекомунікаційні системи та мережі – ІІ. Інформаційнотелекомунікаційні системи» входить до складу комплексу наскрізної підготовки фахівців з систем управління і автоматики в галузі систем та мереж передачі даних і телекомунікаційних систем та мереж.

Дисципліна базується на таких забезпечуючих дисциплінах: «Вища математика», «Спецрозділи математики», «Теорія ймовірностей та математична статистика», «Алгоритмічне програмування», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Комп'ютерні мережі».

Ця дисципліна забезпечує засвоєння студентами наступних дисциплін бакалаврату: «Теорія інформації та кодування», «Основи теорії інформаційних процесів», «Цифрова обробка сигналів та зображень», «Операційні системи», «Системи управління базами даних», «Системи та мережі передачі даних», «Захист інформації та комп'ютерна криптографія», «Комп'ютерна електроніка». Цей курс забезпечує засвоєння студентами наступних дисциплін спеціальності та спеціалізації: «Програмно апаратні засоби бездротового зв'язку», «Управління в телекомунікаційних мережах», «Проектування та моделювання комп'ютерних мереж». Цей курс також забезпечує засвоєння студентами таких дисциплін магістерської підготовки: «Надійність та безпека інформаційних та інформаційноуправляючих систем та мереж», «Методи та засоби підвищення ефективності передачі та обробки інформації». Ця дисципліна сприяє розумінню та засвоєнню студентами багатьох аспектів функціонування комп'ютерних та телекомунікаційних систем та мереж, процесів збору та передачі інформації В системах управління.

В результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати архітектуру та принципи побудові сучасних телекомунікаційних систем та мереж, локальних і глобальних комп'ютерних мереж, вміти визначати засобі для здійснення інформаційного обміну між компонентами розподілених застосувань систем управління.

#### ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Методичні вказівки призначені для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Телекомунікаційні системи та мережі — ІІ. Інформаційнотелекомунікаційні системи». Вони складаються з шести тем де знаходяться вказівки по вивченню цієї теми, систематизовані теоретичні матеріали, приклади технічної реалізації, методики розрахунку та рекомендована література.

Перед початком виконання лабораторної роботи студенти мають самостійно (до початку занять) ознайомитись з методичними рекомендаціями на поточну роботу.

Кожна практична робота лабораторного практикуму оформляється у вигляді звітного документу.

Звіт по роботі формується на основі протоколу, який ведеться під час виконання поточної роботи та результатів домашньої підготовки.

Звіт повинен містити наступні розділи:

- стандартний титульний лист (із назвами: ВУЗу, факультету, кафедри; темою та номером поточної роботи; номером групи та П.І.Б. виконавців;
   П.І.Б. викладача що перевірятиме роботу);
- назва та мета роботи;
- завдання до роботи;
- тези теоретичних відомостей (визначення);
- результати виконання роботи;
- висновки про результати досліджень.

Комунікаційна мережа — система фізичних каналів зв'язку і комутаційного устаткування, що реалізовує той або інший низькорівневий протокол передачі даних.

Існують провідні, безпровідні (використовуючи радіохвилі) і волоконнооптичні канали зв'язку. За типом сигналу виділяють цифрові і аналогові мережі. Призначенням комунікаційних мереж є передача даних з мінімальною кількістю помилок. На основі комунікаційної мережі може будуватися інформаційна

мережа, наприклад на основі мереж Ethernet будуються мережі TCP/IP, які у свою чергу утворюють глобальну мережу Інтернет. Прикладами комунікаційних мереж є:

- комп'ютерні мережі,
- телефонні мережі,
- мережі стільникового зв'язку,
- мережі кабельного телебачення.

Комунікаційна мережа описується сукупністю вузлів та каналів зв'язку, які їх сполучають. вузли мереж забезпечують опрацювання та збереження даних, також їхні комутації.

Комп'ютерна мережа — система зв'язку між двома чи більше комп'ютерами. У ширшому розумінні комп'ютерна мережа (КМ) — це система зв'язку через кабельне чи повітряне середовище, самі комп'ютери різного функціонального призначення і мережеве обладнання. Для передачі інформації можуть бути використані різні фізичні явища, як правило — різні види електричних сигналів чи електромагнітного випромінювання. Середовищами передавання у комп'ютерних мережах можуть бути телефонні кабелі, та спеціальні мережеві кабелі: коаксіальні кабелі, виті пари, волоконно-оптичні кабелі, радіохвилі тощо.

Мережева модель OSI (базова еталонна модель взаємодії відкритих систем, англ. Open Systems Interconnection Basic Reference Model, 1978 р.) — абстрактна мережева модель для комунікацій і розробки мережевих протоколів.

Будь-який протокол моделі OSI повинен взаємодіяти або з протоколами свого рівня, або з протоколами на одиницю вище або нижче за свій рівень. Взаємодії з протоколами свого рівня називаються горизонтальними, а з рівнями на одиницю вище або нижче — вертикальними. Будь-який протокол моделі OSI може виконувати лише функції свого рівня і не може виконувати функцій іншого рівня, що не виконується в протоколах альтернативних моделей.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ НА БАЗІ ДИСТАНЦІЙНО-ВЕКТОРНОГО АЛГОРИТМУ

Мета: Сконфігурувати мережу і проаналізувати продуктивність протоколу RIP.

#### Короткі теоретичні відомості

Протокол RIP дуже простий і використовується в системах з простою топологією, але має недоліки, які не дозволяють застосовувати його у великих і складних системах. По-перше, мале значення нескінченності (через ефект «рахування до нескінченності») обмежує розмір RIP-системи чотирнадцятьма проміжними маршрутизаторами в будь-якому напрямку. Крім того, з тієї ж причини вельми скрутне використання складних метрик, що враховують не просто кількість проміжних маршрутизаторів, але і швидкість і якість каналу зв'язку. По-друге, саме явище рахування до нескінченності викликає неполадки в маршрутизації. По-третє, широкомовна розсилка векторів відстаней кожні 30 секунд погіршує пропускну здатність мережі. По-четверте, час сходження алгоритму при створенні маршрутних таблиць досить великий (хоча б, в порівнянні з протоколами стану зв'язків). По-п'яте, незважаючи на те, що кожен маршрутизатор починає періодичну розсилку своїх векторів, взагалі кажучи, у випадковий момент часу (наприклад, після включення), через деякий час в системі спостерігається ефект синхронізації маршрутизаторів, схожий з ефектом синхронізації оплесків. Всі маршрутизатори розсилають свої вектори в один і той же момент часу, що призводить до великого об'єму трафіку і відмов в маршрутизації дейтаграм під час обробки великої кількості одночасно отриманих векторів. Протокол RIP описаний в RFC-1058 (версія 1) і RFC-1388 (версія 2). У цій лабораторній роботі будується мережа, що використовує RIP як протокол маршрутизації. Буде потрібно проаналізувати таблиці маршрутизації, що зберігаються в маршрутизаторах, і проаналізувати, як RIP реагує на обриви зв'язків.

### Порядок виконання роботи

### Створити новий проект:

Модель вузлів ethernet4\_slip8\_gtw являє собою IP-орієнтований шлюз, підтримує чотири інтерфейси Ethernet і вісім послідовних інтерфейсів. IP-пакети, що приходять на кожен інтерфейс, маршрутизуються на відповідний вихідний інтерфейс, ґрунтуючись на IP-адресі одержувача. Routing Information Protocol (RIP) або Open Shortest Path First (OSPF) протокол можуть використовуватися для динамічного автоматичного створення таблиць маршрутизації шлюзу і вибору шляхів адаптивним методом.

- 1. Запустити OPNET IT Guru Academic Edition. Вибрати New з меню File.
- 2. Вибрати Project і натиснути ОК. Назвати проект <ініціали\_студента>\_RIP, і сценарій NO\_Failure. Натиснути ОК.
- 3. У діалоговому вікні Startup Wizard: Initial Topology, переконатися, що вибрано Create Empty Scenario. Натиснути Next. Виберати Campus з Network Scale list. Натиснути Next три рази натиснути OK.

# Створити та сконфігурувати мережу:

# Ініціалізація мережі:

- Діалогове вікно Object Palette має бути на робочому просторі проекту. Переконатися, що internet\_toolbox обрано з меню, що випадає в палітрі об'єктів.
- 2. Додати на робочий простір наступні об'єкти з палітри: один маршрутизатор ethernet4\_slip8\_gtwy і два об'єкти 100BaseT\_LAN.

Для того, щоб додати об'єкт з палітри, натиснути на його іконку в палітрі об'єктів перемістити мишу на робочий простір. Натиснути ліву кнопку миші, щоб помістити об'єкт на робочій простір. Натисніть праву кнопку миші для того, щоб припинити створення об'єктів цього типу.

- Використати двонаправлені з'єднання 100ВазеТ для з'єднання об'єктів, які тільки що були додані. Перейменувати об'єкти, як показано на рисунку 1 (Правою кнопкою на вузлі=>> Set Name).
- 4. Закрити діалогове вікно Object Palette. Зберегти проект.



## Конфігурування маршрутизатора:

1. Клікнути правою кнопкою на Router1 => Edit Attributesю. Розгорнути IP Routing Parameters і встановити наступне:

Routing Table Export => Once at End of Simulation. Це змусить маршрутизатор зберегти свою таблицю маршрутизації в лог-файл по закінченні моделювання.

2. Натиснути ОК і зберегти проект.

# Створення решти мережі:

- 1. Виділити (використовуючи shift і ліву кнопку миші) всі п'ять об'єктів, які знаходяться на робочому просторі (один маршрутизатор, дві мережі і два з'єднання).
- 2. Натиснути Ctrl + C для копіювання та Ctrl + V щоб вставити їх.
- 3. Повторити крок 2 три рази, щоб створити 3 копії об'єктів. Перейменувати і з'єднати їх, як показано на рисунку. Для з'єднання маршрутизаторів, використовувати з'єднання PPP\_DS3, яке має пропускну здатність 44.736 Mbps.



Рисунок 2

#### Вибір статистики

RIP traffic (RIP-трафік) — це загальна кількість трафіку оновлень RIP (в bits) відправлених / отриманих в секунду усіма вузлами, що використовують RIP як протокол маршрутизації через IP-інтерфейси вузла.

Для дослідження продуктивності протоколу RIP, вибрати статистичні дані:

- 1. Клікнути правою кнопкою миші в будь-якому місці робочого простору і вибрати Choose Individual Statistics з контекстного меню.
- 2. У діалоговому вікні Choose Results вибрати наступну статистику:
  - a. Global Statistics =>> RIP =>> Traffic Sent (bits / sec).
  - b. Global Statistics =>> RIP =>> Traffic Received (bits / sec).
  - c. Nodes Statistics =>> Route Table =>> Total Number of Updates.
- 3. Натиснути ОК і зберегти проект.

#### Конфігурування та моделювання

Auto Addressed означає, що IP-інтерфейси отримають IP-адреси автоматично під час моделювання. Клас адреси (наприклад, A, B, або C) визначається на основі кількості вузлів в мережі. Маска підмережі, пов'язана з інтерфейсом — маска за замовчуванням для даного класу.

Настроїти параметри моделювання:

- 1. В меню вибрати Configure Simulation.
- 2. Час моделювання 10.0 хвилин.

- 3. Натиснути на закладці Global Attributes і змінити наступні атрибути:
  - a. IP Dynamic Routing Protocol => RIP. Це встановить RIP як протоколу маршрутизації для всіх маршрутизаторів.
  - b. IP Interface Addressing Mode => Auto Addressed / Export.
  - с. RIP Sim Efficiency => Disabled. Якщо цей атрибут дозволений, RIP зупиниться після "RIP Stop Time". Але він повинен продовжувати оновлювати таблиці в разі будь-якої зміни в мережі.
- 4. Натиснути ОК і зберегти проект.

Export змусить систему експортувати роздані інтерфейсів IP-адреси в файл (назва файлу: <назва\_мережі>-ip\_addresses.gdf), який буде збережений в основній папці моделі)».

Configure Simulation: eha_RIP	-NO_Failure		
Common Global Attributes Object	t Attributes Reports SLAs	Animation Profiling Advar	
Attribute	Value		<u> </u>
IP Dynamic Routing Protocol	RIP		
IP Interface Addressing Mode	Auto Addressed/	Export <del> </del>	
IP Routing Table Export/Import	Not Used		
LDP Discovery End Time	250		
LDP Discovery Start Time	100		
LSP Signaling Protocol	RSVP		
OSPF Sim Efficiency	Enabled		
OSPF Stop Time	260		
RIP Sim Efficiency	Disabled	←	_
RIP Stop Time	65		
RSVP Sim Efficiency	Enabled		-
Details Reset Value			
Run	Help	<u>C</u> ancel	<u>0</u> K

Рисунок 3

#### Дублювання сценарію

У створеній мережі маршрутизатори побудують свої маршрутні таблиці, і їм не треба буде оновлювати їх надалі оскільки в мережі відсутні зміни топології. У цьому сценарії буде промодельовані відмови для порівняння поведінки маршрутизаторів в обох випадках.

- 1. Вибрати Duplicate Scenario з меню Scenarios і назвати новий сценарій Failure.
- 2. Відкрити Object Palette. Вибрати палітру Utilities.

3. Додати об'єкт Failure Recovery на робочий простір і назвати його Failure, як показано на рисунку 4. Закрити Object Palette.



Рисунок 4

4. Клікнути правою кнопкою на об'єкті Failure => Edit Attributes.
Розгорнути Link Failure / Recovery Specification. Встановити rows в 1.
Встановити атрибути доданого рядка, row 0, як показано на рисунку 5.
5.

Attribute	Value
D ⊢name	Failure
⊅ ⊢model	Failure Recovery
Failure/Recovery Modeling	Enabled
D⊡Link Failure/Recovery Specification	()
⊅ ⊢rows	1
⊡ row 0	
D - Name	Campus Network.Router1 <-> Router2 -
0 ⊢Time	200
D Status	Fail
LL ink Eniluro/Poonton Creation	NOT LISED

Рисунок 5

Зазначені дій пошкодять з'єднання Router1 і Router2 на 200-й секунді моделювання.

6. Натиснути ОК і зберегти проект.

#### Запуск моделювання

Для запуску моделювання обох сценаріїв одночасно:

- 1. Відкрити меню Scenarios. Вибрати Manage Scenarios.
- 2. Змінити значення під стовпцем Results на <collect> (або <recollect>) для обох сценаріїв як на рисунку 6.

Pro	ject Name: eha RIP		L			
#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units	12
1	NO_Failure	saved	<collect></collect>	10	minute(s)	
2	Failure	saved	<collect></collect>	10	minute(s)	-

Рисунок б

- 3. Натиснути ОК для запуску двох сеансів моделювання. В залежності від продуктивності процесора ПК, моделювання може зайняти кілька секунд.
- 4. Після завершення обох сеансів моделювання, натиснути Close. Зберегти проект.

## Перегляд результатів

#### Порівняти кількість оновлень:

- 1. Вибрати Compare Results з меню Results.
- 2. Вибрати в нижній правій частині Stacked Statistics, як показано на рисунку 7.

E Compare Results			
Discrete Event Graphs Displayed Panel Graphs			
Global Statistics RIP Object Statistics Campus Network Router1 Route Table Total Number of Updates Router2 Router3 Router4	Show Preview	400 All Scena	800 time (sec) rios
	As Is		<b>-</b>
Results Generated: 13:13:25 Mar 19 2003	Unselect	Add	Show
			Close

Рисунок 7

- 1. Вибрати статистику Total Number of Updates для Router1 і натиснути Show.
- 2. Отримати два графіки, по одному для кожного сценарію. Клікнути правою кнопкою на кожному графіку і вибрати Draw Style Bar.
- 3. Результуючі графіки повинні показати наступне (є можливість збільшити графік, виділивши потрібну частину):



Рисунок 8

#### Отримати IP-адрес інтерфейсів:

Перед тим, як перевірити вміст таблиць маршрутизації потрібно визначити ІР-адреси всіх інтерфейсів в мережі, які були призначені автоматично.

- 1. З меню File вибрати Model Files =>> Refresh Model Directories. Це змусить OPNET IT Guru знайти папки моделі та оновити файли.
- 2. 3 меню File вибрати Open. 3 меню вибрати Generic Data File. Вибрати файл <iнiціали>\_RIP-NO\_Failure-ip\_addresses (файл, створений для сценарію Failure повинен містити аналогічну інформацію). Натиснути OK.



Рисунок 9

3. Рисунок 10 являє собою частину вмісту файлу gdf. Він показує IP-адреси, встановлені для інтерфейсу Routerl в мережі. Наприклад, інтерфейс Routerl, приєднаний до Netll має IP-адресу 192.0.0.1 (Зауваження: результати, в залежності від розташування вузлів, можуть відрізнятися). Subnet Mask, пов'язана з цим інтерфейсом, показує, що адреса підмережі, до якої підключено інтерфейс, 192.0.0.0 (тобто, логічне «І» IP-адреси інтерфейсу і маски підмережі).

Node Name: Campus Iface Name	Network.Router1	IP Address	Subnet Mask	Connected Link
IF0 IF1 IF10 IF11	0 1 10	→ 192.0.0.1 192.0.1.1 192.0.2.1 192.0.3.1	255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0	Campus Network.Net11 <-> Router1 Campus Network.Net10 <-> Router1 Campus Network.Router1 <-> Router2 Campus Network Router4 <-> Router1
Loopback	12	192.0.4.1	255.255.255.0	Not connected to any link.

Рисунок 10

 Роздрукувати план мереж. На цьому плані, використовуючи інформацію з gdf-файлу, надписати IP-адреси, асоційовані з Router1 і адреси, асоційовані з кожною підмережею, як зазначено на наступних двох рисунках (Зауваження: результати, в залежності від розташування вузлів, можуть відрізнятися).



Рисунок 11

## Порівняти вміст таблиць маршрутизації:

- 1. Для перевірки вмісту таблиць маршрутизації Router1 для обох сценаріїв:
  - i. Відкрити меню Results Open Simulation Log Розгорніть меню зліва,

як показано нижче. Клакнути на полі COMMON ROUTE TABLE.

				1	1
E Simulation Log	Time	Event	Node	Category	Message
☐ Categories	600	20847	Campus Network.Router1	Results	COMMON ROUTE TABLE snapshot for:   ()
	600	20851	Campus Network.Router2	Results	COMMON ROUTE TABLE snapshot for:   ()
	600	20855	Campus Network.Router3	Results	COMMON ROUTE TABLE snapshot for:   ()
	600	20859	Campus Network.Router4	Results	COMMON ROUTE TABLE snapshot for:   ()
Houto Pa					

Рисунок 12

2. Повторити попередній крок для обох сценаріїв. Наступний малюнок — частина вмісту таблиці маршрутизації (Зауваження: результати, в залежності від розташування вузлів, можуть відрізнятися).

Таблиця маршрутизації Routingl (NO\_Failure сценарій):

Router name: Car at time: 60	mpus Network.Rout 0.00 seconds	er1			
ROUTE TABLE conte	nts:				
Dest. Address	Subnet Mask	Next Hop	Interface Name	Metric	Protocol
$192.0.0.0\\192.0.1.0\\192.0.2.0\\192.0.3.0\\192.0.4.0\\192.0.5.0\\192.0.6.0\\192.0.6.0\\192.0.6.0\\192.0.7.0\\192.0.8.0\\192.0.11.0\\192.0.11.0\\192.0.11.0\\192.0.11.0\\192.0.15.0\\192.0.9.0\\192.0.12.0\\1000000000000000000000000000000$	255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0	$\begin{array}{c} 192.0.0.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.2\\ 192.0.2.2\\ 192.0.2.2\\ 192.0.2.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3.2\\ 192.0.2$	IF0 IF1 IF10 IF11 Loopback IF10 IF10 IF10 IF11 IF11 IF11 IF11 IF11	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2	Direct Direct Direct Direct RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP



Loopback interface дозволяє клієнту і серверу на одному вузлі з'єднуватися один з одним, використовуючи TCP / IP.

Таблиця маршрутизації Routingl (сценарію Failure):

Router name: Can at time: 600	npus Network.Route ).00 seconds	er1			
ROUTE TABLE conter	nts:				
Dest. Address	Subnet Mask	Next Hop	Interface Name	Metric	Protocol
$\begin{array}{c} 192.0.0.0\\ 192.0.1.0\\ 192.0.2.0\\ 192.0.3.0\\ 192.0.4.0\\ 192.0.11.0\\ 192.0.13.0\\ 192.0.13.0\\ 192.0.15.0\\ 192.0.5.0\\ 192.0.5.0\\ 192.0.6.0\\ 192.0.7.0\\ 192.0.8.0\\ 192.0.8.0\\ 192.0.9.0\\ 192.0.12.0\\ \end{array}$	255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0 255.255.255.0	$\begin{array}{c} 192.0.0.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.2.1\\ 192.0.3.1\\ 192.0.3.2\\ 192.0.3\\ 192$	IF0 IF1 LF10 IF11 Loopback IF11 IF11 IF11 IF11 IF11 IF11 IF11 IF1	0 0 0 1 1 1 1 3 3 2 2 3 2 2 2 2	Direct Direct Direct RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP RIP



Питання для самоперевірки

- Отримайте і проаналізуйте статистику по відправленому трафіку RIP для обох сценаріїв. Переконайтеся, що стиль відображення для графіків для обох сценаріїв. Переконайтеся в тому, щоб змінити стиль для графіки в Bar.
- 2. Опишіть і поясніть вплив падіння з'єднання між Router1 і Router2 на таблиці маршрутизації.
- 3. Створіть ще один сценарій як дублікат сценарію Failure. Назвіть новий сценарій Q3\_Recover. У цьому сценарії поставте відновлення з'єднання Router1 і Router2 через 400 секунд. Згенеруйте і проаналізуйте графік, що показує ефект цього відновлення на Total Number of Updates таблиці маршрутизації Router1. Перевірте вміст таблиці маршрутизації Router1. Порівняйте її з відповідними таблицями сценаріїв NO Failure i Failure.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОТОКОЛУ МАРШРУТИЗАЦІЇ, ЩО ЗАСНОВАНИЙ НА АЛГОРИТМІ СТАНУ ЛІНКІВ

Мета: Отримати навички у створенні та аналізі Open Shortest Path First (OSPF) маршрутного протоколу.

#### Короткі теоретичні відомості

В лабораторній роботі №1 досліджувався протокол RIP. Цей маршрутний протокол ґрунтувався на дистанційно-векторному алгоритмі. Кожен вузол створював вектор, який містить відстань (ціну) до всіх інших вузлів і розповсюджує цей вектор всім своїм сусіднім вузлам. Link-state протокол це другий основний протокол внутрішньої доменної маршрутизації. Ідея link-state протоколу дуже проста: кожен вузол знає до яких вузлів він підключений, і якщо переконатися, що кожен вузол знає ту ж інформацію, тоді кожен вузол буде мати достатньо інформації про мережі для побудови повної карти мережі. Як тільки даний вузол має повну карту топологи мережі, він може вибрати найкращий шлях для кожного пакета. У цій лабораторній роботі, мережа, що створюється, використовує OSPF як протокол маршрутизації. В роботі досліджуються сгенеровані таблиці маршрутизації в роутерах та вплив OSPF на мережу.

#### Порядок виконання роботи

#### Створення нового проекту

- 1. Запустіть OPNET IT Guru Academic Edition. Оберіть New з вкладки File в головному меню.
- 2. Оберіть Project і натисніть ОК. Назвіть свій проект <ваші ініціали>\_OSPF, і сценарій No\_Areas Натисніть ОК.
- У діалозі Startup Wizard: Initial Topology оберить Create Empty Scenario =>>, натисніть Next =>>, оберіть Campus з Network Scale листа, натисніть Next, три рази натисніть OK.

#### Створення мережі

### Ініціалізація мережі:

1. Object Palette повинен знаходиться вгорі робочого вікна. Якщо це не так то, натисніть-І. Оберіть routers з випадаючого меню object palette.

Додайте в проект 8-м маршрутизаторів типу slip8\_gtwy. Для додавання об'єктів, клікніть на іконці в object palette. Перемістіть мишку на робоче вікно і натисніть на переміщення об'єкта. Можна натиснути на ліву кнопку миші для створення додаткового об'єкта. Натисніть праву кнопку миші коли закінчите переміщення об'єкта.

- 2. Переключіть налаштування palette так, що б вони містили internet\_toolbox. Використовуйте двунаправлені PPP\_DS3 лінки для з'єднання маршрутізаоров. Перейменуйте маршрутизатори так як показано нижче.
- 3. Закрийте Object Palette щоб потім зберегти проект.

slip8\_gtwy узлова модель являє IP шлюз підтримує до 8 ¬ ми послідовних інтерфейсів. RIP або OSPF протоколи можуть використовуватися автоматично і динамічно створювати шлюзові маршрутні моделі.

PPP\_DS3 link має пропускну здатність в 44.736 Mbps.



Рисунок 1

## Конфігурація ваги шляхів:

1. Необхідно до кожного шляху вказати свою вагу як показано на малюнку:



2. Як і більшість комерційних маршрутизаторів, OPNET модель маршрутизаторів підтримує такі параметри як reference bandwidth для підрахунку ваги:

Bara => (Reference bandwidth) / (Link bandwidth)

Де за замовчуванням reference bandwidth => 1,000,000 Kbps.

- 3. Наприклад, для ваги в 5, потрібно пропускна здатність => 200,000 Kbps. Примітка: actual bandwidth кожного з'єднання це в принципі швидкість передачі даних.
- 4. Для призначення ваг до з'єднання мережі потрібно:
  - і. Оберіть всі з'єднання в мережі за допомогою натискання шифт + клік.
  - Oберіть Protocols меню =>> IP =>> Routing =>> Configure Interface Metric Information.
  - iii. Введіть 200000 в Bandwidth (Kbps) поле Перевірте стан Interfaces across selected links як показано нижче Нажмімте ОК.

This operation will co and delay on all/selec	nfigure the specified bandwidth ted link interfaces.
Bandwidth (Kbps):	200000 🔶
Delay (10 * usecs):	Not Used
Apply the above special Apply	ecification to subinterfaces fication to: iterfaces is selected links <u>Cancel</u>

Рисунок 3

5. Повторіть пункт 4 з вагою 10 тільки призначте 100,000 Kbps в Bandwidth (Kbps) поле.

- 6. Повторіть пункт 4 для всіх з'єднань з вагою 20, призначте 50,000 Kbps в Bandwidth (Kbps) поле.
- 7. Збережіть проект.

# Конфігурація трафіку:

- 1. Оберіть обидва RouterA і RouterC за допомогою шифт-клік.
  - i. Оберіть Protocols меню =>> IP =>> Demands =>> Create Traffic Demands.
     Перевірте From RouterA як показано нижче. Призначте синій колір Натисніть Create. Тепер бачите синію лінію між RouterA i RouterC.

Reate Traffic Demands	
Direction <u>F</u> ull Mesh From RouterA From RouterC	IntensityPackets/sec:100Bits/sec:1000Duration (secs):3600
Color: Description: Represents IP Tra	affic Flows
Characterize Demands	<u>C</u> ancel <u>Cr</u> eate

Рисунок 4

- 2. Оберіть обидва RouterB і RouterH за допомогою шифт-клік.
  - Оберіть Protocols меню =>> IP =>> Demands =>> Create Traffic Demands.
     Перевірте From RouterВ як показано нижче. Призначте червоний колір.
     Натисніть OK. Натисніть Create.



Рисунок 5

- 3. Для того щоб заховати ці лінії: Оберіть в View меню Оберіть Demand Objects =>> Оберіть Hide All.
- 4. Збережіть ваш проект.

Конфігурація протоколу маршрутизації та адреси:

- 1. Оберіть Protocols меню =>> IP =>> Routing =>> Configure Routing Protocols.
- 2. Оберіть OSPF. Не вибирайте RIP. Не вибирайте Visualize Routing Domains:

🕷 Routing Protocol Configura 🔀
Choose from the following routing protocols. This operation will overwrite the existing configuration on selected IP interfaces.
<u>N</u> one <b>▼</b> O <u>S</u> PF <b>≺</b>
Apply the above selection to subinterfaces
Apply the above selection to:
CInterfaces across selected links
Visualize Routing Domains
<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 6

3. Натисніть ОК.

«Auto-Assign IP Addresses призначає унікальний IP адресу приєднаному IP інтерфейсу».

- Оберіть RouterA і RouterB тільки. Оберіть Protocols меню IP =>> Routing =>> Оберіть Export Routing Table for Selected Routers =>> Натисніть Ok на Status Confirm.
- 5. Оберіть Protocols меню IP Addressing. Оберіть Auto ¬ Assign IP Addresses.
- 6. Збережіть проект.

### Конфігурація моделювання

Встановити параметри для моделювання:

- 1. Натисніть Configure Simulation.
- 2. Визначте 10.0 хвилин.
- 3. Натисніть ОК і збережіть проект.

### Дублювання сценарію

У мережі, яку створили всі маршрутизатори відносяться до одного рівня ієрархії. Створимо два нових сценарію. Перший, буде додавати дві нові області до вже існуючої. Другий буде налаштовувати балансування завантаження трафіку між маршрутизаторами RouterB і RouterH.

Перший сценарій

- 1. Оберіть Duplicate Scenario з Scenarios меню і назвіть Areas. Натисніть ОК.
- 2. Area 0.0.0.1:
  - i. Оберіть три з'єднання які з'єднують RouterA, RouterB, i RouterC за допомогою шифт-клік. Оберіть Protocols меню OSPF Configure Areas =>> Призначте 0.0.0.1 для Area Identifier =>> Натисніть OK.



#### Рисунок 7

іі. Правий-клік на RouterC Edit Attributes. Розкрийте OSPF Parameters ієрархію =>> Розкрийте Loopback Interfaces ієрархію =>> Розкрийте row0 ієрархію. Призначте 0.0.0.1 для Area ID атрибутах. Натисніть OK.

#### 3. Area 0.0.0.2:

i. Натисніть десь в вікні проекту для дізактівності вибраних з'єднань і потім повторіть крок 2 для трьох сполук з'єднують RouterF, RouterG, і RouterH, але назначте 0.0.0.2 для Area Identifier.

4. Для перегляду мереж, які створили, оберіть Protocols меню OSPF Visualize Areas. Натисніть OK.

Примітка:

- Мережа яку ви не налаштували це backbone мережу і її Area Identifier => 0.0.0.0.
- Малюнок демонструє з'єднання з товщиною 3.



Рисунок 8

Другий сценарій:

- 1. В Scenarios меню, Switch to Scenario =>> Оберіть No\_Areas.
- 2. Оберіть Duplicate Scenario з Scenarios меню і назвіть Balanced =>> Натисніть OK.
- 3. У новому сценарії, оберіть обидва RouterB і RouterH за допомогою шифтклік.
- Оберіть Protocols меню =>> IP =>> Routing =>> Configure Load Balancing Options =>> Переконайтеся, що опція Packet-Based i Selected Routers вибрані. Натисніть OK.



Рисунок 9

5. Збережіть проект.

#### Запуск моделювання

Запустите моделювання для трьох сценарієм синхронно:

- 1. Scenarios меню. Оберіть Manage Scenarios.
- 2. Натисніть на рядку кожного сценарію і потім натисніть кнопку Collect Results. Це змінить значення в колонці Results на <collect> як показано.

#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units	12
1	NO_Areas	saved	<collect></collect>	10	minute(s)	
2	Areas	saved	<collect></collect>	10	minute(s)	
3	Balanced	saved	<collect></collect>	10	minute(s)	

Рисунок 10

- 3. Натисніть ОК для запуску трьох моделювання. В залежності від швидкості процесора це може зайняти кілька секунд.
- 4. Потім для кожного сценарію, натисніть Close і збережіть проект.

### Перегляд результатів

Початковий сценарій:

- 1. Поверніться до No\_Areas сценарієм.
- 2. Для перегляду трафіку між маршрутизаторами RouterA i RouterC: Оберіть Protocols меню =>> IP =>> Demands =>> Display Routes for Configured Demands. Розкрийте ієрархію як показано і оберіть RouterA cS =>> RouterC Display колонка і оберіть Yes. Натисніть Close.

Sources (Campus Network)	*	Time	Display	Status	Details	
Pe RouterA		163.84	Yes	Complete		
RouterC> RouterC			~			
E RouterB	-		`			
	1					

Рисунок 11

3. Кінцевий шлях з'явиться в мережі як показано нижче:





4. Повторіть крок 2 для перегляду трафіку між RouterB і RouterH.





Перший сценарій:

- 1. Перейдіть до сценарію Areas.
- 2. Перегляньте трафік між RouterA i RouterC:





3. Збережіть проект.

Другий сценарій:

1. Перейдіть до другого сценарію Balanced.

2. Перегляньте трафік між RouterB і RouterH



Рисунок 15

3. Збережіть проект.

#### Питання для самоперевірки

- 1. Поясніть чому в Areas і Balanced сценаріях результати різні порівняно з No\_Areas сценарієм для таких ж пар маршрутизаторів.
- 2. Використовуючи логи моделювання, протестуйте сгенеровану таблицю маршрутів в RouterA для кожного з трьох сценаріїв. Поясніть значення в Metric колонці кожного маршрутіатора. Поради: 1) Посилаючись на View Results секцію в Lab 6 для інформації про перевірки таблиць маршрутизації. Повинні встановити глобальну змінну IP Interface Addressing Mode в значення Auto Addressed/Export і ветнуться до моделювання. 2) Для завдання IP адреси для кожного інтерфейсу треба відкрити Generic Data File в якому знаходяться IP адреси і приєднати до сценарію.
- 3. ОРNET дозволяє протестувати link-state базу даних яка використовується кожним маршрутизатором, для побудови графа мережі. Протестуйте цю базу даних для RouterA в No\_Areas сценарії. Покажіть як RouterA використовується ця БД для створення карти топології мережі і намалюйте цю карту (Карта яка буде використовуватися пізніше для створення таблиці маршрутизації). Поради: 1) Для експорту link-state БД маршрутізатора, Edit атрибути маршрутизатора і встановіть Link State Database Export параметр (один з OSPF Parameters, з Processes) в Once at End of Simulation. 2)

Потрібно встановити глобальну змінну IP InterfaceAddressing Mode в Auto Addressed/Export. Це дозволить встановлювати автоматично IP адреси для інтерфейсів в мережі. (Посилаючись на поради до пункту 2). 3) Після перезапуску моделювання, можна перевірити link-state БД через логи моделювання (з Results меню). link-state БД доступна через Classes =>> OSPF =>> LSDB\_Export.

- 4. Створіть дублікат сценарію No\_Areas. Назвіть новий сценарій Q4\_No\_Areas\_Failure. У цьому новому сценарії промоделюйте невдале поєднання RouterD і RotuerE. Це невдале поєднання починається 100 секунди. Перезапустіть моделювання. Покажіть як невдале поєднання впливає на link-state БД і таблицю маршрутів RouterA. (Прибрати атрибут OSPF Sim Efficiency. Це дозволить OSPF оновити таблицю маршрутів якщо з'являться якісь зміни в мережі).
- 5. Для двох сценаріїв No\_Areas i Q4\_No\_Areas\_Failure, зберіть Traffic Sent (bits/sec) статистику. Перезапустіть моделювання для цих двох сценаріїв і отримаєте графік який порівнює OSPF's Traffic Sent (bits/sec) для двох сценаріїв. Дайте роз'яснення по отриманому графіку.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОЇ, НА ОСНОВІ З'ЄДНАНЬ, СЛУЖБИ З БАЙТОВИМ ПОТОКОМ

**Мета:** Дослідити контрольні алгоритми з перевантаження, вбудовані в ТСР. У лабораторній роботі представлений ряд сценаріїв для моделювання цих алгоритмів. Потрібно порівняти виконання алгоритмів, аналізуючи отримані результати.

#### Короткі теоретичні відомості

Інтернет протокол ТСР гарантує надійність і правильну доставку потоку байтів. Він включає механізм контролю потоку для потоків байтів, який дозволяє одержувачеві обмежувати кількість даних, які відправник зможе відіслати за виділений час. До того ж, в ТСР протоколі реалізований дуже тонко настроєний механізм контролю за перевантаженням. Сенс механізму полягає в тому, щоб визначити, наскільки швидко протокол ТСР може посилати дані, при цьому не перевантажувати мережу. Суть контролю перевантаження в протоколі ТСР полягає в тому, щоб для кожного джерела визначити пропускну здатність в мережі, щоб знати, скільки пакетів можна вільно переслати. Протокол містить для кожного з'єднання змінну congestion window (вікно перевантаження), яка використовується джерелом для завдання допустимої кількості даних, що пересилаються в заданий проміжок часу. ТСР протокол використовує механізм additive increase / multiplicative decrease, який зменшує вікно перевантаження, коли рівень перевантаження зростає, і навпаки, збільшує вікно перевантаження, коли рівень перевантаження зменшується. Протокол ТСР сприймає час простою як сигнал про перевантаження. Кожен раз, коли відбувається затримка, джерело зменшує значення вікна перевантаження в два рази. Це зменшення відноситься до мультиплікативного зменшення механізму. Розмір вікна перевантаження не може бути менше розміру одного пакета (максимальний розмір сегмента TCP – MSS). Кожен раз, коли джерело успішно відправляє число пакетів, рівне значенню вікна перевантаження, то до значення вікна перевантаження додається значення,

еквівалентну одному пакету. Це – адитивна збільшення механізму. Протокол ТСР використовує механізм «повільного старту» для «швидкого» збільшення вікна перевантаження зі старту в ТСР з'єднаннях. Цей механізм збільшує вікно перевантаження експоненціально, а не лінійно. І нарешті, в ТСР протоколі використовується механізм швидкої повторної пересилки і швидкого відновлення (fast retransmit and fast recovery). Швидка повторна передача – викликає повторну передачу у випадку з обірваним пакетом, при чому робить це швидше, ніж за допомогою звичайного механізму затримки.

У цій лабораторній роботі необхідно скласти мережу, яка використовує ТСР протокол в якості наскрізного протоколу передачі даних і проаналізувати розмір вікна перевантаження при різних механізмах.

#### Порядок виконання роботи

#### Створіть новий проект

- 1. Запустіть OPNET IT Guru Academic Edition =>Виберіть New з меню File.
- Виберіть Ргојесt і натисніть ОК =>. Назвіть проект <ваші ініціали> \_TCP, і сценарій No Drop =>. Натисніть ОК.
- У діалоговому вікні Startup Wizard: Initial Topology, переконайтеся, що вибрано Create Empty Scenario =>. Натисніть Next =>. Виберіть зі списку Network Scale =>. Choose From Maps =>. Натисніть Next =>. Виберіть на карті USA =>. Натисніть двічі Next =>. Натисніть ОК.

#### Створення мережі

Для того щоб ініціалізувати мережу:

 Діалогове вікно Object Palette має перебувати поверх робочого простору. Щоб відкрити його, натисніть на іконку. Переконайтеся, що з випадаючого меню на панелі об'єктів вибрати internet\_toolbox.

Модель вузла ip32\_cloud представляє ІР множини, підтримують 32-розрядні лінії послідовної передачі, через які може бути змодельований ІР трафік. ІР

пакети, які прибувають на інтерфейс будь-якого безлічі (хмари), маршрутізіруєтся відповідно до найбільш підходящим інтерфейсом виведення, заснованому на їх IP адресах. Протокол RIP і OSPF можуть використовуватися для автоматичного і динамічного створення таблиць маршрутизації хмар, і для вибору маршрутизації адаптивним способом. Такому хмарі потрібно фіксований проміжок часу для маршрутизації кожного пакета, що визначається параметром Packet Latency.

- 2. Додайте в робочий простір проекту наступні об'єкти з панелі: Application Config, Profile Config, ip32\_Cloud, і дві підмережі. Для того щоб додати об'єкт з панелі, клікніть по значку об'єкта на панелі і утримуючи мишку з натиснутою кнопкою =>> Перемістіть курсор миші в робочий простір =>>. Клацніть правою кнопкою миші, щоб завершити створення об'єктів цього типу.
- 3. Закрийте панель.
- 4. Перейменуйте додані об'єкти, як показано нижче. І збережіть Ваш проект.



Рисунок 1

#### Налаштування мережі:

- Натисніть правою кнопкою миші на Applications =>> Edit Attributes =>> Збільште атрибут Application Definitions і встановіть параметр rows => 1 =>> Збільште нову лінію =>> Назвіть лінію FTP\_Application.
  - i. Розширте ієрархію Description =>> Відредагуйте рядок FTP як показано (для редагування зазначених параметрів необхідно встановити параметр Special Value із значенням Not Used):

Inter-Request Time" Specification 🔀
Distribution Name:> constant
Mean Outcome: -> 3600
Second Argument Not Used
Special Value: 🔶 Not Used 🗾
Help <u>C</u> ancel <u>Q</u> K

## Рисунок 2

[	🛨 (Ftp) Table				
	Attribute	Value			
	Command Mix (Get/Total)	100%			
	Inter-Request Time (secon	constant (3600)			
	File Size (bytes)	constant (10000000)			
	Symbolic Server Name	FTP Server			
	Type of Service	Best Effort (0)			
	RSVP Parameters	None			
	Back-End Custom Applicati	Not Used			
	Details Promot	е <u>О</u> К			



2. Натисніть двічі ОК і потім збережіть проект.

# Налаштування профілів:

- Натисніть правою кнопкою миші по вершині Profiles =>> Edit Attributes =>> Збільшуємо атрибут Profile Configuration і встановлюємо rows => 1.
  - i. Введіть і назвіть атрибут row 0, як показано нижче =>> Натисніть ОК.

🔛 (Profiles) Attributes	
Type: Utilities	
Attribute	Value
⑦ ⊢ name	Profiles
⑦ ⊢model	Profile Config
⑦ ⊡ Profile Configuration	()
⑦ ⊢rows	1
⑦ Profile Name	FTP_Profile
② / □ Applications	()
⑦ ⊢rows	1
⊡row 0	
	FTP_Application
Start Time Offset	constant (5)
Duration (second	End of Profile
⑦	Once at Start Time
Operation Mode	Serial (Ordered)
③ Start Time (seconds)	constant (100)
② FQuration (seconds)	End of Simulation
⑦	Once at Start Time
Apply Changes to Selected O	bjects Advanced
Eind Next	<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 4

Налаштування підмережі West Subnet:

- 1. Клацніть двічі по вершині підмережі West. Перед вами з'явиться вільний простір, що показує, що в підмережі немає об'єктів.
- 2. Відкрийте панель об'єктів і переконайтеся, що в випадаючому меню вибрати internet\_toolbox.
- 3. Додайте в підмережу наступні об'єкти: один ethernet\_server, один маршрутизатор ethernet4\_slip8\_gtwy, і з'єднайте їх із двонаправленим з'єднанню 100\_BaseT =>> Натисніть на панелі Close. =>> Перейменуйте об'єкти, як показано нижче.



Рисунок 5

- 4. Натисніть правою кнопкою миші на Server\_West =>> Edit Attributes:
- Bідредагуйте Application: Supported Services =>> Встановіть rows => 1 =>> Встановіть Name зі значенням FTP\_Application =>> Натисніть OK.

- ii. Відредагуйте значення атрибута Server Address і впишіть Server\_West.
- iii. Розширюємо ієрархію TCP Parameters =>> Надаємо атрибутам Fast Retransmit i Fast Recovery значення Disabled.
  - 5. Натисніть ОК і потім збережіть проект.

Тепер повністю налаштували подсеть West. Для того, щоб перейти до наступного рівня проекту, натисніть кнопку Go to next higher level.

Налаштування підмережі East Subnet:

- 1. Клацніть двічі по вершині підмережі West. З'явиться вільний простір, що показує, що в підмережі немає об'єктів.
- 2. Відкрийте панель об'єктів і переконайтеся, що в випадаючому меню вибрати internet\_toolbox.
- Додайте в підмережа наступні об'єкти: один ethernet\_wkstn, один маршрутизатор ethernet4\_slip8\_gtwy, і з'єднайте їх із двонаправленим з'єднанню 100\_BaseT =>> Натисніть на панелі Close. =>> Перейменуйте об'єкти, як показано нижче.





- 4. Натисніть правою кнопкою миші на Client\_East =>> Edit Attributes:
  - i. Розширте ієрархію Application: Supported Profiles =>> Встановіть rows
     => 1 =>> Розширте ієрархію row 0 =>> Встановіть Profile Name со значенням FTP\_Profile.
  - ii. Встановіть значення Client\_East атрибуту Client Address.
  - ііі. Відредагуйте атрибут Application: Destination Preferences наступним чином: Встановіть rows => 1 =>> Встановіть в Symbolic Name значення FTP Server =>> Відредагуйте Actual Name =>> Встановіть rows => 1 =>> У новому рядку, в колонці Name прописуємо Server\_West.

- 5. Натисніть тричі ОК і потім збережіть проект.
- 6. Тепер повністю налаштували подсеть East. Для того, щоб перейти до наступного рівня проекту, натисніть кнопку Go to next higher level.

Підключення підмереж до хмари IP Cloud:

- 1. Відкрийте панель об'єктів.
- 2. Використовую два двонаправлених з'єднання PPP\_DS3, підключаємо підмережі East і West до хмари IP Cloud.
- 3. З'явиться випадаюче діалогове меню, в якому необхідно підтвердити, що бажаєте підключити підмережі до IP Cloud. Перевірте, чи вибрали "routers".



4. Закрийте панель.

Рисунок 7

#### Вибір статистики:

1. У підмережі West натисніть правою кнопкою миші на Server\_West і виберіть в випадаючому меню Choose Individual Statistics.

«ОРNET надає наступні моделі: All values – збирає всі дані статистики. Sample-збирає дані відповідно до встановленого користувачем тимчасовим інтервалом. Наприклад, якщо часовий інтервал дорівнює 10, то дані будуть записуватися кожні 10 секунд. Якщо число дискретизації дорівнює 10, то буде записуватися кожен 10-й відлік даних. Інші дані будуть втрачені».

«Bucket-збирає всі дані протягом заданого проміжку часу в кошик даних (data bucket) і генерує результат у кожній кошику; встановлюється за умовчанням».
2. У діалоговому вікні Choose Results, виберіть наступну статистику:

TCP Connection =>> Congestion Window Size (bytes) i Sent Segment Sequence Number.

3. Клацніть правою кнопкою миші по статистиці Congestion Window Size (bytes) =>> Виберіть Change Collection Mode =>> У діалоговому вікні перевірте Advanced =>> У випадаючому меню, присвоюємо атрибуту Capture mode значення all values, як показано =>> І натисніть OK.

🕷 Congestic	on Window Si
Capture mode	all values
€Every	seconds
CEvery	values
C <u>T</u> otal of	values
Bucket mode	max value
<b>I</b> <u>R</u> eset	
Advanced	
	<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 8

- 4. Клацніть правою кнопкою миші на статистику Sent Segment Sequence Number =>> Виберіть Change Collection Mode =>> У діалоговому вікні перевірте Advanced =>> У випадаючому меню, присвоюємо атрибуту Capture mode значення all values.
- 5. Натисніть двічі ОК і потім збережіть проект.
- 6. Натисніть кнопку Go to next higher level.

Налаштування моделювання

Тепер необхідно налаштувати тривалість моделювання:

- 1. Натисніть на кнопку і з'явиться вікно Configure Simulation.
- 2. Встановіть тривалість 10.0 minutes.
- 3. Натисніть ОК і збережіть проект.

#### Створення копії сценарію

За допомогою технології швидкої повторної пересилки протокол ТСР надає можливість пересилки втрачених сегментів ще до того, як відбудеться

спрацьовування таймера повторної пересилки. Після пересилання втраченого сегмента виконується уникнути перевантаження, але не повільний старт. Це і є алгоритм швидкого відновлення.

Як правило, алгоритми швидкої повторної пересилки і швидкого відновлення виконуються разом (RFC 2001).

У мережі, яку тільки що створили, це мережа без бракованих пакетів. Також виключена можливість використання швидкої повторної пересилки і швидкого відновлення в протоколі ТСР. Для того щоб проаналізувати ефект бракованих пакетів і технології контролю перевантаження, створимо два додаткові сценарії.

- З меню Scenarios виберіть Duplicate Scenario і назвіть його Drop\_NoFast =>> Натисніть OK.
- 2. У новому сценарії клацніть правою кнопкою маши на IP Cloud =>> Edit Attributes =>> Привласніть атрибуту Packet Discard Ratio значення 0.05%.
- 3. Натисніть ОК і збережіть проект.
- 4. Перебуваючи в сценарії Drop\_NoFast, в меню Scenarios виберіть Duplicate Scenario і назвіть його Drop\_Fast.
- 5. У сценарії Drop\_Fast, клацніть правою кнопкою миші на Server\_ West, який знаходиться в підмережі West =>> Edit Attributes =>> Розширте ієрархію TCP Parameters =>> Вказуємо атрибут Fast Retransmit =>> Надаємо атрибуту Fast Recovery значення Reno.
- Натисніть ОК і потім збережіть проект.
   Запуск моделювання

Для того щоб запустити моделювання трьох сценаріїв одночасно:

- 1. Перейдіть в меню Scenarios =>> Виберіть Manage Scenarios.
- 2. У колонці Results змініть значення на <collect> (або <recollect>). Для трьох сценаріїв. Зверніть увагу на наступний малюнок.

<b>₩</b> M	anage Scenarios				
Proj	ect Name: eha TCP		J		
#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units
1	NO_Drop	saved	<collect></collect>	10	minute(s)
2	Drop_NoFast	saved	<collect></collect>	10	minute(s)
3	Drop_Fast	saved	<collect></collect>	10	minute(s)
					<b>•</b>
	Delete Discard Rest	ults <u>C</u> ol	lect Results		Cancel OK

Рисунок 9

- 3. Щоб запустити моделювання трьох сценаріїв, натисніть ОК.
- Після завершення моделювання для кожного сценарію натисніть Close
   =>> Збережіть проект.

### Перегляд результатів

Для того щоб переключити сценарій потрібно вибрати Switch to з меню Scenario або просто натиснути Ctrl + <номер сценарію>.

Для перегляду та аналізу результатів:

- 1. Перейдіть до сценарію Drop\_NoFast (другий за рахунком) і виберіть View Results3 меню Results.
- 2. Розкрийте на весь екран ієрархію Object Statistics і виберіть наступні два результати: Congestion Window Size (bytes) і Sent Segment Sequence Number.

🛣 View Results			
Discrete Event Graphs Displayed Panel Graphs	_		1
Global Statistics	Show Preview		
Object Statistics     Choose From Maps Network     West	80,000 0 40,000,000		
Server_West	0		ł
	0	400	800
Congestion Window Size (byte			time (sec)
Sent Segment Sequence Num	Stacked Statistics	This Scenari	o 💌
	As Is	•	
Results Generated: 00:37:21 Mar 20 2003	Unselect	Add	Show
			<u>C</u> lose

Рисунок 10

3. Натисніть Show. Отриманий графік буде мати вигляд:





- 4. Для того щоб збільшити деталі графіка, затисніть кнопку миші і намалюйте курсором прямокутник, як показано нижче.
- 5. Графік прийме наступний вигляд:



Рисунок 12

- 6. Зверніть увагу, що Segment Sequence Number майже рівний в кожній точці падіння вікна перевантаження.
- 7. Закрийте діалогове вікно View Results і виберіть у меню Result пункт Compare Results.
- 8. Розтягніть на все вікно ієрархію Object Statistics, як показано нижче, і виберіть наступний результат: Sent Segment Sequence Number.

🛣 Compare Results			
Compare Results Discrete Event Graphs Displayed Panel Graphs Global Statistics Choose From Maps Network West Server_West Congestion Window Size (bytes) Sent Segment Sequence Number	Show Preview 40,000,000 20,000,000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	400 ✓ All Scenarios	800 time (sec)
Results Generated: 00:37:21 Mar 20 2003	Unselect	Add	Show
			<u>C</u> lose



9. Натисніть Show. Після збільшення отриманий графік повинен мати вигляд:



Рисунок 14

#### Питання для самоперевірки

- 1. Чому Segment Sequence Number залишається незмінним відображається на графіку горизонтальними лініями) при зміні вікна перевантаження?
- 2. Проаналізуйте графік, на якому порівнюється значення Segment Sequence трьох сценаріїв. Чому значення сценарію Drop\_NoFast зростає повільніше всього?
- 3. Для сценаріїв Drop\_NoFast отримаєте графік, за яким можна буде порівняти Sent Segment Sequence Number з Received Segment ACK Number для Server West. Поясніть отримані результати.

Підказка: Переконайтеся, що для статистики Segment ACK Number параметрам Capture mode і Received присвоєно значення all values.

4. Створіть інший сценарій, як дублікат сценарію Drop\_Fast. Назвіть новий сценарій Q4\_Drop\_Fast\_Buffer. У новому сценарії змініть атрибути вершини Client\_East і надайте значення 65535 його атрибуту Receiver Buffer (bytes) (один з параметрів TCP). Побудуйте графік залежності Congestion Window Size (bytes) для Server\_West від збільшення буфера одержувача (порівняйте графік вікна перевантаження для сценарію Drop\_Fast з відповідним графіком для сценарію Q4\_Drop\_Fast\_Buffer).

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 ПОРЯДОК ПЕРЕДАЧІ І ВИДАЛЕННЯ ПАКЕТІВ

**Мета:** Дослідити вплив різних типи черги на доставку пакетів і затримки для різних послуг.

#### Короткі теоретичні відомості

В рамках механізмів розподілу ресурсів, кожен маршрутизатор повинен виконати деякі тип черги, яка керує тим, як пакети буфері в очікуванні передачі. Різні типи черги можуть бути використані для управління тим, які пакети повинні передаватися (смуги пропускання), а які пакети відкидатися (буферні). Черга також впливає на затримку пакета, визначаючи, скільки пакетів чекає передачі. Прикладами загальних типів черги це перший зайшов перший вийшов (FIFO) черга, черга пріоритетів (PQ) і зваженої справедливої організації черг (WFQ).

Ідея FIFO черг в тому, що перший пакет, який прибуває на маршрутизатор є перший пакет для передачі. Враховуючи, що кількість буферного простору на кожному маршрутизаторі звичайно обмежена, якщо пакет прибуває і черга (буферне простір) є повним, то маршрутизатор відкидає пакет. Це робиться без урахування якому потоку пакет належить та його важливості.

РQ є простою зміною основних черг FIFO. Ідея полягає в тому, щоб відзначити кожного пакета з пріоритетом, наприклад, в області ІР-типу обслуговування (ToS). Маршрутизатори потім реалізувати кілька черг FIFO, по одному для кожного класу пріоритету. В рамках кожного пріоритету, пакети, як і раніше управляється як у FIFO. Цей тип черги дозволяє пріорітетним пакетам швидше діставатися лінії передачі.

Ідея справедливої черги (FQ) використовується для підтримки окремої черги для кожного потоку, який в даний час обробляється маршрутизатором. Потім маршрутизатор обслуговує ці черги в циклічному порядку. WFQ використовує вагу, яку присвоюється кожному потоку. Ця вага ефективно контролює частку пропускної здатності на кожен потік. Можна використовувати ToS біти в IP-заголовоках для ідентифікації цієї ваги.

43

У цій лабораторній роботі буде створено мережу, яка має три програми: FTP, відео та VoIP. Буде досліджено, як вибір типу черги в маршрутизаторі може впливати на продуктивність програм і використання мережевих ресурсів.

#### Порядок виконання роботи

#### Створення нового проекту

- 1. Запустити OPNET IT-Guru Academic Edition => Виберіть New з меню File.
- 2. Виберіть **Project** та натисніть кнопку **ОК** => Назвіть проект **<Ваші** ініціали>\_Queues та сценарій **FIFO** => Натисніть кнопку **ОК**.
- 3. У Startup Wizard: Initial Topology dialog box, переконайтеся, що обрано Create Empty Scenario => Натисніть кнопку Next => Виберіть Campus зі Network Scale list => Натисніть кнопку Next, три рази => Натисніть кнопку ОК.

#### Створення та налагодження мережі

Ініціалізація мережі:

Конфігурація QoS вузла визначає атрибут конфігурації для підтримки протоколів в IP-рівня. Ці характеристики можуть посилатися до окремих вузлів за допомогою символічних імен, що визначають різні профілі, такі як черги FIFO, WFQ, пріоритетні черги, призначені для користувача черги MWRR, MDRR і DWRR.

- Діалогове вікно Object Palette повинне бути зараз у верхній частині вікна проекту. Якщо це не так, то відкрийте його, натиснувши .
   Переконайтеся, що пункт internet\_toolbox елементів вибраний з меню палітри об'єктів.
- 2. Додати в робочій області проекту наступні об'єкти з палітри: Заявка Config, профіль конфігурації, QoS атрибутів конфігурації, п'ять ethernet\_wkstn, один ethernet\_server і два ethernet4\_slip8\_gtwy маршрутизаторів.
- 3. Підключіть обидва маршрутизатора разом з двонаправленим PPP\_DS1 посиланням.

44

- 4. Підключіть робочі станції і сервери маршрутизаторами, використовуючи двонаправлену10Base\_T посилання, як показано на малюнку.
- 5. Перейменуйте об'єкти, додав, як показано, а потім збережіть ваш проект.



Рисунок 1

Налаштування додатків:

Тип обслуговування (ToS) присвоюється ІР-пакетам. Він являє собою атрибут сесії, що дозволяє пакетам надати відповідні послуги в ІР-черзі.

PCM (Pulse Code Modulation) являє собою процедуру, яка використовується для оцифровки промови перед їх відправкою по мережі.

- Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Програми =>> Edit Attributes Розгорніть ієрархію визначень додатків =>> рядків Set 3 =>> Ім'я рядки: FTP програми, відео додатків і VoIP-додатків.
- і. Перейти до FTP ряд додатків =>> Розгорнути опис ієрархії =>> Призначення високого навантаження на ftp-=>> Натисніть на високе значення навантаження і виберіть «Змінити» з випадаючого меню \* Призначення постійного (10) Інтер-запиту =>> Час Призначення постійного (1000000) на розмір файлу. Тримайте типу обслуговування (ToS) як Best Effort (0).
- іі. Перейти до низки додатків відео =>> Розгорнути опис ієрархії =>> Призначення низької Дозвіл для відео-конференцій =>> Натисніть на низьке значення Дозвіл відео і виберіть Edit => Редагувати значення типу

обслуговування поля (Настройка TOS / DSCP вікно) =>> 3 розкривного ¬ меню, призначити Потокове мультимедіа (4) ГС =>> Двічі натисніть кнопку ОК.

- ііі. Перейти до низки додатків VoIP =>> Розгорнути опис ієрархії =>> Призначити якості РСМ мови в голос. Якщо зміните його, то можете бачити, що TOS, покладені на нього є Interactive Voice (6).
- 2. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

🔀 (Applications) Attributes	
Type: Utilities	
Attribute	Value
⑦ ⊢ name	Applications
⑦ ⊢model	Application Config
⑦	None
⑦	()
⑦ ⊢rows	3
	FTP Application,()
⊞røw 1	Video Application,()
Frow 2	
⑦ / ⊢Name	VoIP Application
⑦	()
⑦ ⊢Custom	Off
⑦ Database	Off
⑦ ⊢Email	Off
③ Ftp	Off
⑦ ⊢Http	Off
Print	Off
⑦ ⊢Remote Login	Off
Video Conferencing	Off
③ LVoice	PCM Quality Speech
⑦	All Schemes
Apply Changes to Selected O	bjects A <u>d</u> vanced
Eind Next	<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 2

Налаштування профілів:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі профілі =>> Edit Attributes Розширення профілю Конфігурація ієрархії =>> набір рядків до 3.
  - і. Дайте ім'я та встановіть атрибути ряду 0, як показано:

Attribute	Value
name	Profiles
D -model	Profile Config
Profile Configuration	()
D ⊢rows	3
E row 8	
Profile Name	FTP Profile
Applications	()
> Frows	1
⊡ row 0	
D ⊢Name	FTP Application
Start Time Offse	et constant (5)
Duration (secon	d End of Profile
Repeatability	Once at Start Time
Operation Mode	Simultaneous
Start Time (seconds)	s) constant (100)
Approximation (seconds)	End of Simulation
D	Once at Start Time
Apply Changes to Selected	Objects Advance

Рисунок 3

іі. Дайте ім'я та встановіть атрибути рядка 1, як показано на малюнку:

E	€ (	Profiles) Attributes	
-	Ту	pe: Utilities	
		Attribute	Value 🔺
		⊡row 1	
	0	Profile Name	Video Profile
	0	Applications	()
	0	Frows	1
		⊡ row 0	
	0	Name	Video Application
	0	Start Time Offset	constant (5)
	0	Duration (second	End of Profile
	0	Repeatability	Once at Start Time
	0	-Operation Mode	Simultaneous
	0	Start Time (seconds)	constant (100)
	0	⊢Duration (seconds)	End of Simulation
	0		Once at Start Time
ſ		Apply Changes to Selected Ol	bjects Advanced
		Eind Next	<u>Cancel</u> <u>O</u> K



ііі. Дайте ім'я та встановіть атрибути рядка 2, як показано на малюнку:

₩	(Profiles) Attributes	
Т	/pe: Utilities	
Γ	Attribute	Value
	⊡ row 2	
2	⊢Profile Name	VoIP Profile
?	○ □ Applications	()
2	) ⊢rows	1
	⊡ row 0	
?	) ⊢Name	VoIP Application
2	Start Time Offset.	constant (5)
2	→ Duration (second.	End of Profile
2		Once at Start Time
?	Operation Mode	Simultaneous
?	Start Time (seconds)	constant (100)
2	→ → Duration (seconds)	End of Simulation
2		Once at Start Time
Γ	Apply Changes to Selected C	Dbjects Advanced
	Eind Next	<u>Cancel</u> <u>O</u> K

Рисунок 5

2. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

Налаштування черг:

Будемо використовувати профілі черги за замовчуванням. Рекомендуємо перевірити конфігурацію FIFO, PQ, і WFQ профілів.

Налаштування робочих станцій і серверів:

- Клацніть правою кнопкою миші на клієнті FTP =>> =>> Edit Attributes Розгорнути Застосування: Підтримувані профілі ієрархії =>> Набір рядків 1 =>> Ім'я профілю Встановити на FTP-профілю \* Натисніть кнопку ОК.
- Клацніть правою кнопкою миші на відео клієнт =>> =>> Edit Attributes Розгорнути Застосування: Підтримувані профілі ієрархії =>> набір рядків 1 =>> Ім'я профілю Набір для відео профілю \* Натисніть кнопку ОК.
- 3. Клацніть правою кнопкою миші на VoIP-Захід =>> Edit Attributes.
  - i. Розширення застосування: Підтримувані профілі ієрархії =>> Встановити рядків 1 =>> Set Ім'я профілю профіль VoIP.

- іі. Змінити Застосування: Підтримувані значення =>> Послуги Набір рядків 1 =>> Set Ім'я служби для VoIP-додатків =>> Двічі натисніть кнопку OK.
- 4. Клацніть правою кнопкою миші на VoIP-схід =>> Edit Attributes.
  - і. Розширення застосування: Підтримувані профілі ієрархії =>> Встановити рядків 1 =>> Set Ім'я профілю профіль VoIP.
  - іі. Змінити Застосування: Підтримувані значення =>> Послуги Набір рядків 1 =>> Set Ім'я служби для VoIP-додатків =>> Двічі натисніть кнопку ОК.
- 5. Клацніть правою кнопкою миші на сервері FTP =>> Edit Attributes Змінити Застосування: Підтримувані вартість послуги =>> Набір рядків 1 =>> Name Service Set на FTP-програми натисніть кнопку ОК два рази =>>.
- Клацніть правою кнопкою миші на відеосервер =>> Edit Attributes Змінити Застосування: Підтримувані вартість послуг =>> рядків набору в 1 =>> Set Ім'я служби у відео додаток =>> двічі натисніть кнопку ОК.
- 7. Збережіть проект.

Налаштування маршрутизаторів:

- 1. Натисніть на посилання, що з'єднує Схід і Захід маршрутизаторів для вибору =>> З протоколами, меню виберіть IP QoS =>> Налаштування QoS.
- 2. Переконайтеся, що вибрані елементи, як показано в наступному діалоговому вікні Настройка QoS =>> Натисніть кнопку ОК.

🔀 QoS Config	uration 📘 🗖 🔀
This operation wi QoS configuration	Il overwrite the existing n on IP interfaces.
QoS Scheme:	FIFO
QoS Profile:	FIFO Profile
Apply the abov	e selection to subinterfaces
Apply the above All connect Interfaces of Interfaces of	e selection to: ted interfaces across selected link(s)
Visualize QoS	Configuration
!	<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 6

Примітка: Оскільки конфігурація Visualize QoS перемикач встановлений, посилання пофарбована на основі схеми QoS використовується (синій FIFO).

3. Збережіть проект.

#### Вибір статистики

Для тестування продуктивності додатків, визначених у мережі, будемо збирати один з багатьох наявних статистичних даних наступним чином:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші в робочій області проекту та виберіть Вибрати Індивідуальні статистика зі спливаючого меню.
- 2. У діалоговому вікні Вибір результатів виберіть наступні глобальна статистика:

Видобуток трафіку: Кількість IP датаграм знизилася на всі вузли в мережі для всіх IP-інтерфейсів. Причини падіння IP датаграма може бути одним з наступних дій: – Недостатньо місця в черзі. – Максимальна кількість стрибків перевищено IP датаграми. – На nonrouting вузлів локального інтерфейсу маршрутизатора не було знайдено для використання в якості наступного кроку. – На вузлів маршрутизації, таблиці маршрутизації пошук не дав маршрут до місця призначення.



Рисунок 7

3. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

Налаштування моделювання

Потрібно налаштувати тривалість моделювання:

- 1. Натисніть Вікно Налаштування вікно моделювання повинно з'явитися.
- 2. Встановити тривалість до 150 секунд.
- 3. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

Копіювання сценарію

У мережі використовували дисципліни FIFO черг в маршрутизаторах. Для аналізу впливу різних дисциплін черг, створимо ще два сценарії для перевірки PQ і WFQ дисциплін.

- А. Виберіть дублікат сценарію в меню Сценарії і дайте йому назву PQ =>> Натисніть ОК.
  - 1. Натисніть на посилання, що з'єднує Схід і Захід маршрутизаторів для вибору =>> У меню вибрати протоколи IP QoS =>> Налаштування QoS.
  - 2. Переконайтеся, що вибрані елементи, як показано в наступному діалоговому вікні Настройка QoS =>> Натисніть кнопку OK.

QoS Scheme:	Priority Queuing
QoS Profile:	ToS Based
CAll conner	cted interfaces

Рисунок 8

Примітка: Оскільки Visualize QoS конфігурації перемикач встановлений, посилання пофарбована на основі схеми QoS використовується (помаранчевий черги пріоритетів).

3. Збережіть проект.

- В. Виберіть дублікат сценарію в меню Сценарії і дати йому ім'я WFQ =>> Натисніть кнопку ОК.
  - Натисніть на посилання, що з'єднує Схід і Захід маршрутизаторів для вибору =>> У меню вибрати протоколи IP QoS =>> Налаштування QoS.
  - 2. Переконайтеся, що вибрані елементи, як показано в наступному діалоговому вікні Настройка QoS =>> Натисніть кнопку OK.

QoS Scheme:	WFQ 🗲
QoS Profile:	ToS Based
All conno	cted interfaces

Рисунок 9

Примітка: Оскільки конфігурація Visualize QoS перемикач встановлений, посилання пофарбована на основі схеми QoS використовується (зелений WFQ).

3. Збережіть проект.

Запуск моделювання

Для виконання моделювання для трьох сценаріїв одночасно:

1. Перейдіть в меню Сценарії =>> Виберіть Управління сценаріями.

2. Змініть значення в стовпці результатів <collect> (або <recollect>) для трьох сценаріїв. Порівняйте наступні цифри.

Pro	ject Name: eha Que	eues				
#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units	
1	FIFO	saved	<collect></collect>	150	second(s)	
2	PQ	saved	<collect></collect>	150	second(s)	
3	WFQ	saved	<collect></collect>	150	second(s)	

Рисунок 10

- 3. Натисніть ОК для виконання трьох моделей.
- 4. Після завершення моделювання трьох трас, по одній для кожного сценарію, натисніть кнопку Закрити.
- 5. Збережіть проект.

*Примітка:* Фактичні результати можуть відрізнятися в декілька виходячи з фактичного розташування вузлів в проекті.

## Перегляд результатів

Для перегляду та аналізу результатів:

- 1. Виберіть Порівняйте результати в меню результатів.
- Виберіть ІР-трафіку Видобуток статистики та натисніть кнопку Перегляд. Отриманий граф повинен виглядати нижче. Примітка: показаний графік є результатом збільшення в область інтересу на оригінальній графіці.





3. Створіть графік для відеоконференцій трафіку в редакцію:





4. Створіть графік для голосового трафіку в редакцію:



Рисунок 13

5. Створення графіки для голосових пакетів точка-End затримки голосу й затримки пакета Зміна:

(Примітка: Слід WFQ не показано на наступних графіках, тому що вона перекривається слід PQ.)



Рисунок 14

### Питання для самоперевірки

- Аналіз графіків. Отримали і перевірити перекриття голосових пакетів, затримки і голосових пакетів, графіки варіації затримки. Порівняти три черги і пояснити їх вплив на продуктивність трьох додатків.
- 2. В реалізації проекту редагувати черги об'єкта та перевірити профілі призначений FIFO, PQ, і WFQ дисциплін. Для кожного профілю відповісти на наступні питання:
  - а. Скільки черг, пов'язаних з кожною дисципліною?
  - b. Визначити пріоритет і вагу PQ і WFQ дисциплін відповідно. Які інші параметри, які можуть бути використані для визначення пріоритетів і вага?
  - с. Які черги в PQ налаштовані на виконання самих різних значень ToS?
  - d. Які черги в WFQ налаштовані на виконання самих різних значень ToS?
- Для всіх сценаріїв виберіть " Затримки черги ←" статистика по посиланню, яка з'єднує Схід і Захід Router. Повторіть моделювання і сформувати граф, який порівнює, що черги затримки для всіх дисциплін черг (сценаріїв). Проаналізуйте графік.

*Підказка:* «Затримки черги  $\leftarrow$ » статистика в ієрархії точка-точка.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ QOS ШЛЯХОМ РЕЗЕРВУВАННЯ РЕСУРСІВ В МЕРЕЖІ

Мета: Дослідження протоколу резервування ресурсів (RSVP), як частини комплексного підходу забезпечення якості обслуговування (QoS) для окремих програм або потоків.

#### Короткі теоретичні відомості

Протягом багатьох років мережі з комутацією пакетів обіцяли підтримку мультимедійних додатків. Аудіо та відео додатки є прикладами додатків реального часу. Модель «best-effort», коли мережа намагається доставити дані, але не дає жодних гарантій, не є достатнім для додатків реального часу. Мережа може надавати гарантії того, що буде робитись все можливе для прискореної передачі мультимедійної інформації. Але, можливо, що вона не може забезпечити нічого кращого на даний момент. Мережу, яка може надавати різні рівні обслуговування називають мережею з підтримкою QoS.

Були розроблені два підходи для забезпечення QoS: Integrated Services і Differentiated Services. Протокол резервування ресурсів реалізує підхід Integrated Services, в якому QoS забезпечується для окремим додатків та потоків. Диференційований підхід надає QoS для великих класів даних або агрегованого трафіку.

У той час як мережі, орієнтовані на встановлення з'єднання, завжди потребують протоколу встановлення віртуального каналу через маршрутизатори, мережі, не орієнтовані на встановлення з'єднання, наприклад Інтернет, не мають таких протоколів. Одним з ключових припущень, що лежать в основі RSVP є те, що він не повинен зменшувати надійність, як це трапляється в Інтернет. Таким чином, RSVP використовує ідею гнучкого стану (soft state) в маршрутизаторах. Гнучкий стан, на відміну від орієнтованих на з'єднання мереж, не повинен бути явно видалений, коли він більше не потрібен. Замість цього він видаляється по тайм-ауту після досить короткого терміну відсутності оновлень. RSVP використовує приймач-орієнтований підхід – приймачі відстежують свої потреби

58

у ресурсах і періодично відправляють повідомлення оновлення для підтримки гнучкого стану маршрутизаторів.

У цій лабораторній роботі буде створена мережа, в якій працюють додаткі в режимі реального часу, та яка використовує RSVP для забезпечення QoS в одному з цих додатків. Буде досліджено, як протокол RSVP вносить свій внесок у продуктивність додатку, який його використовує.

#### Порядок виконання роботи

#### Створення нового проекту.

- 1. Запустіть OPNET IT GURU Academic Edition. Виберіть New з меню File.
- 2. Виберіть проект *<your initials>\_Queues* =>> Натисніть **OK**.
- У меню File виберіть Save as =>> Перейменуйте проект у <your\_initials>\_RSVP =>> Натисніть OK.
- 4. В меню Scenarios, виберіть Manage Scenario =>> Натисніть на FIFO =>> Натисніть Delete. Натисніть на PQ =>> Натисніть кнопку Delete.

<b>₩</b> M	anage Scenarios					$\times$
Proj	ect Name: eha RSV	Ρ				
#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units	
1	FIFO 🗲	saved	out of date	150	second(s)	
2	PQ 🔶	saved	out of date	150	second(s)	
3	WFQ	saved	up to date	150	second(s)	
	K					•
	Delete Discard Res	ults <u>C</u> ol	lect Results		Cancel <u>O</u> K	

Рисунок 1

- Натисніть на WFQ і перейменуйте його в QoS\_RSVP =>> Натисніть кнопку ОК.
- Переконайтеся, що в проекті є тільки один сценарій з назвою QoS\_RSVP. На наступному рисунку показаний один із способів перевірки наявності доступних сценаріїв у проекті.

雅 Pr	oject:	eha_R	SVP Scenar	io: QoS_RS	VP [Sub	onet: top	.Can	n <mark>pus Net</mark> w	ork]		
File	Edit	View	Scenarios	Topology	Traffic	Protocol	s S	Simulation	Results	Windows	Help
	🍾		New Sce Duplicat Manage	enario e Scenario Scenarios	Ctrl+: . Ctrl+:	Shift+N Shift+D		1			
			Previous Next Sce	Scenario enario	Ctrl+ Ctrl+	Up Down					
	Ann	lication	Switch T	o Scenario		4	•	QoS_RSV	P Ctrl+1		
	( PP		Scenario	Componen	ts		Þ				

Рисунок 2

7. Збережіть проект.

Ідея **FQ** (**Fair Queuing**) – підтримувати окрему чергу для кожного потоку, що обробляється маршрутизатором в даний час. Потім маршрутизатор обслуговує ці черги в циклічному порядку. **WFQ** підтримує вагу (Weight), яка присвоюється кожному потоку черги. Ці ваги задають відносну частку пропускної здатності кожного потоку отримувача. Зазвичай використовується поле ToS (Type of Service – тип обслуговування) в заголовку IP для ідентифікації цієї ваги.

## Налаштування мережі.

## Додати нові VoIP вузли

В цьому проекті буде створено два типи вузлів VoIP таких, що один завжди буде виконувати роль передавача (**Caller**), а інший – приймача (**Called**) викликів. Також ми додамо до проекту два нових типи вузлів VoIP. Ці вузли будуть використовувати протокол RSVP, щоб забезпечити себе необхідними ресурсами мережі.

- Клацніть правою кнопкою миші на вузлі VoIP East =>> Edit Attributes перейменуйте вузол у Voice Called =>> Призначте None атрибуту Application: Supported Profiles =>> Призначте Voice Called до атрибуту Client Address. Натисніть кнопку ОК.
- 2. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі VoIP West =>> Edit Attributes.
  - i. Перейменуйте вузол на Voice Caller.
  - ii. Призначте None атрибуту Application: Supported Services.

ііі. Змініть значення атрибуту Application: Destination Preferences ⇒ Встановити Rows у 1 ⇒ Встановити Voice Destination у Symbolic Name. Змініть атрибут Actual Name ⇒ Встановити Rows to 1 ⇒ Встановити Voice Called для атрибуту як показано на рисунку.
іv. Натисніть кнопку ОК три рази.

13F	- North	(Application: Destination Pref	erences) Table	
Attribute  Attribute  Attribute  Attribute  Attribute  Attribute  Application: ACE Tier Configuration  Application: Destination Preferences  Application: Supported Profiles  Application: Supported Services  Application: Transport Protocol Spe.  CPU Background Utilization  CPU Resource Parameters	Value Voice Caller ethemet_wkstn Unspecified () () None Du No C (Actual N Si Name	Symbolic Name Ac Voice Destination	tual Name	3 ≥
Folient Address      Folient Address      For Processing Information      Apply Changes to Selected Objects      Eind Next	C	10	× 2	<u>ok</u>

Рисунок 3

- 3. Натисніть на Voice Called, щоб вибрати його =>> В меню Edit виберіть пункт Copy =>> У меню Edit виберіть пункт Paste (Ctrl-C i Ctrl-V).
  - i. Знайдіть новий вузол, нижче **Voice Called** на екрані =>> Підключить новий вузол к маршрутизатору за допомогою з'єднання **10BaseT**.
  - іі. Клацніть правою кнопкою миші на новому вузлі =>> Edit Attributes.
  - iii. Натисніть на атрибут ethernet\_wkstn =>> Виберіть Edit =>> Виберіть модель ethernet\_wkstn\_adv.
  - iv. Перейменуйте його у Voice\_RSVP Called=>> Призначте Voice\_RSVP Called його атрибуту Client Address.
  - v. Натисніть кнопку ОК.
- 4. Скопіюйте та вставте вузол Voice Caller.

- i. Знайдіть новий вузол десь нижче вузла Voice Caller =>> Підключити новий вузол до West Router за допомогою 10BaseT.
- іі. Клацніть правою кнопкою миші на новому вузлі =>> Edit Attributes.
- iii. Натисніть на ethernet\_wkstn (значення атрибуту model) =>> Виберіть Edit =>> виберіть модель ethernet\_wkstn\_adv.
- iv. Перейменуйте його в Voice\_RSVP Caller.
- v. Змініть атрибут Application: Destination Preferences =>> Відкрийте таблицю Actual Name, клацнувши в полі значення Actual Name =>> Призначте Voice\_RSVP Called атрибуту Name.
- vi. Натисніть кнопку ОК три рази.
- 5. Перейменуйте вузол **Queues** в **QoS**. Проект повинен виглядати так, як на рисунку 4.
- 6. Збережіть проект.



Рисунок 4

#### Визначення потоку даних.

Визначимо характеристики потоку даних голосового трафіку в мережі. RSVP модуль відправника періодично посилає RSVP-Path повідомлення для опису трафіку, що генерується відправником. Коли RSVP модуль приймача отримує Path- повідомлення, додаток приймача перевіряє характеристики запитуваного потоку даних і вирішує, чи повинні бути ресурси зарезервовані. Як тільки буде прийнято рішення запросити резервування мережевих ресурсів, додаток посилає запит на локальний модуль RSVP для надання допомоги у процесі резервування. RSVP модуль приймача потім відсилає запит у вигляді Resv- повідомлень для всіх вузлів на шляху до відправника даних.

Потік визначається його вимогами до необхідної пропускної здатності і розміру буфера. Пропускна здатність дорівнює швидкості наповнення «маркерного відра» вказаній у специфікації Path- і Resv- повідомлень. Розмір буфера представляє собою об'єм "пульсуючого" трафіку додатків, який буде записаний в буфер. Він визначає розмір «маркерного відра», який буде вказаний в специфікації Path- і Resv- повідомлень для сесії.

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі **QoS** =>> **Edit Attributes**.
  - i. Розгорнути RSVP Flow Specification і його рядок 0 =>> Встановити Name у RSVP\_Flow =>> Призначити 50000 атрибуту Bandwidth (bytes/sec) =>> Призначити 10000 атрибуту Buffer Size (bytes).
  - ii. Розгорніть RSVP Profiles і рядок 0 =>> Встановити Profile Name у RSVP\_Profile.
  - ііі. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

👪 (QoS) Attributes	
Type: Utilities	
Attribute	Value 🔺
⑦ ⊢name	QoS
⑦ ⊢model	QoS Attribute Config
⑦ ⊞ CAR Profiles	Default
⑦	Standard Schemes
⑦	Standard Schemes
⑦	Standard Schemes
⑦ ⊞ Priority Queuing Profiles	Standard Schemes
⑦ ⊟ RSVP Flow Specification	()
⑦ Hows	1
row 0	
⑦	RSVP_Flow
⑦ ⊢Bandwidth (bytes/se	50,000
Image: Buffer Size (bytes)	10,000
RSVP Profiles     RSVP ProfILe     RSVP Pr	()
Trows	1
⊡how 0	
Image: Profile Name	RSVP_Profile
Threshold (bytes/sec)	None
Apply Changes to Selected C	Dbjects Advanced
Eind Next	<u>Cancel</u> <u>O</u> K

Рисунок 5

Налаштування додатків.

Створимо додаток VoIP, який використовує налаштовані раніше характеристики RSVP.

- Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Applications =>> Edit Attributes =>> Розгорніть Applications Definitions =>> Встановіть rows у 4 (додати 4 рядки атрибутів Application Definitions).
  - і. Встановити значення як на рисунку 6:

👪 (Applications) Attributes	
Type: Utilities	
Attribute	Value
② ⊟ Application Definitions	()
⑦ ⊢rows	4 -
⊞ row 0	FTP Application,()
⊞ row 1	Video Application,()
⊞ row 2	VoIP Application,()
🗆 row 3	
⑦ ⊢Name	VoIP_RSVP
⑦	()
⑦ ⊢Custom	Off
⑦ ⊢Database	Off
⑦ ⊢Email	Off
⑦ ⊢Ftp	Off
⑦ ⊢Http	Off
⑦ ⊢Print	Off
⑦ ⊢Remote Login	Off
⑦ ⊢Video Conferencing	Off
⑦ └Voice	PCM Quality Speech
⑦	All Schemes
Apply Changes to Selected O	bjects Advanced
Eind Next	<u>Cancel</u> <u>O</u> K



іі. Натисніть на значення PCM Quality Speech (див. вище) =>> Виберіть
 Edit =>> Змінити значення атрибута RSVP Parameters =>>
 призначити наступні значення (нагадаємо, що ми визначили
 RSVP\_Flow у вузлі QoS) =>> Натисніть кнопку OK три рази.

E	🖁 (RSVP Parame	ters) Tab	ole 🛛	- 🗆 🗙
	Attribute		Value	4
ļ	RSVP Status		Enabled	
ſ	Outbound Flow		RSVP_Flow	
P	hobound Flow		RSVP_Flow	
				<b>*</b>
	Details E	romote	Cancel	QK

Рисунок 7

Зверніть увагу, що характеристики **Outbound** Flow передаються у вигляді повідомлень **Path** від відправника до одержувача, а характеристики **Inbound** Flow передаються у вигляді повідомлень **Resv** від одержувача до відправника.

### Налаштування профілю.

1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Profiles =>> Edit Attributes =>> Розгорніть ієрархію Profile Configuration =>> Встановити rows у 4 (додати 4 рядки до атрибуту Profile Configuration) =>> Встановити атрибути як показано нижче:

A	Attribute	Value
2	Frows	4 🔶
	±row 0	FTP Profile,(),Simultaneous,c
	±row 1	Video Profile,(),Simultaneous
	±row 2	VoIP Profile,(),Simultaneous,
	⊡row 3	
D	-Profile Name	VoIP_RSVP Profile
Ð	Applications	()
Ð	Frows	1
	□ row 0	
Ð	-Name	VoIP_RSVP
Ð	-Start Time Offset (seconds)	constant (5)
Ð	+Duration (seconds)	End of Profile
0	I Repeatability	Once at Start Time
D	+Operation Mode	Simultaneous
2	Start Time (seconds)	constant (100)
D	-Duration (seconds)	End of Simulation
D	Repeatability	Once at Start Time
(		•

Рисунок 8

2. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

### Налаштування інтерфейсів.

OPNET IT Guru підтримує RSVP на рівні кожного інтерфейсу окремо; RSVP може бути включений або відключений для інтерфейсу кожного вузла.

1. Одночасно виберіть (Shift + ліва кнопка миші) такі три зв'язки:





 В меню Protocols, виберіть RSVP =>> Виберіть Configure Interface Status =>> Зробіть вибір показаний нижче на рисунку =>> Натисніть кнопку OK, а потім збережіть проект.

👫 Configure RS 📃 🗖 🔀
This operation will enable/disable RSVP protocol status across connected interfaces for all/selected links.
Status: Enable CDisable
Apply the above selection to:
<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 10

Описаний вище процес дозволяє використання RSVP на всіх інтерфейсах на шляху між двома вузлами Voice, яким потрібно використовувати протокол RSVP.

### Налаштування вузлів і маршрутизаторів.

В OPNET IT Guru, процес RSVP працює тільки в вузлах з підтримкою IP. Повинні бути використані просунуті версії (\*\_adv) моделей цих вузлів, як це робили вище, щоб налаштувати RSVP-параметри. Крім того, модель RSVP в OPNET IT Guru вимагає або WFQ або користувацької схеми обслуговування черг.

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Voice\_RSVP Caller =>> Edit Attributes.
  - i. Розкрити Application: Supported Profiles та рядок 0 =>> Призначити VoIP\_RSVP Profile атрибуту Profile Name.
  - ii. Розкрити Application: RSVP Parameters =>> Розкрити Voice =>>
     Встановити RSVP Status у Enable =>> Розгорніть Profile List =>>
     Призначити атрибуту Profile рядка 0 значення RSVP\_Profile.

Тур	e: workstation	
	Attribute	Value 🔺
0	⊡Voice	()
3	-RSVP Status	Enabled 🔶 🚽
0	□ Profile List	()
0	Frows	1
	row 0	
0	<sup>∟</sup> Profile	RSVP_Profile < 🛶

Рисунок 11

iii. Розгорнути IP Host Parameters =>> Розгорнути Interface Information
 =>> Розгорнути QoS Information =>> Призначити WFQ атрибуту
 Queuing Scheme =>> Призначення ToS Based атрибуту Queuing
 Profile =>> Призначити RSVP Enabled атрибуту RSVP Info.

Type: workstation	
Attribute	Value
⑦ ⊟ IP Host Parameters	()
Interface Information	()
⑦ ⊢Name	IF0
⑦ ⊢Address	Auto Assigned
⑦ ⊢Subnet Mask	Auto Assigned
⑦ ⊢MTU (bytes)	Ethernet
Compression Information	None
⑦ ⊢Multicast Mode	Disabled
②	()
⑦ ⊢Incoming CAR Profile	None
⑦ ⊢Outgoing CAR Profile	None
⑦ ⊢Buffer Size (Bytes)	1MBytes
Processing Rate	Link Speed
③ FRSVP Info	RSVP Enabled
② ( ⊢Queuing Scheme	WFQ
② Queuing Profile	ToS Based
	· · · ·



iv. Розгорнути **RSVP Protocol Parameters** =>> Розгорнути **Interface Information** =>> Розгорнути ієрархію обох рядків =>> Призначити **75%** для **Maximum Reservable BW** та **Maximum Bandwidth Per Flow** як показано нижче:

Attribute	Value
□ Interface Information	()
Frows	1
⊡ row 0	
Name	
RSVP Status	Enabled
( Haximum Reservable BW	75%
Maximum Bandwidth Per Flow	75%
⑦	None

Рисунок 13

**Maximum Reservable BW** вказує відсоток від пропускної здатності який RSVP може зарезервувати на інтерфейсі.

**Maximum Bandwidth Per Flow** визначає відсоток зарезервованої пропускної здатності, який можуть бути виділений для одного потоку.

- v. Натисніть кнопку ОК.
- 2. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Voice\_RSVP Called =>> Edit Attributes.

- i. Змінити Application: Supported Services. Вспливе Application: Supported Services Table =>> В цій таблиці, замініть VoIP Application на VoIP\_RSVP і натисніть кнопку OK.
- ii. Розгорнути Application: RSVP Parameters =>> Розгорнути Voice =>>
   Встановити RSVP Status у Enable =>> Розгорніть ієрархію Profile
   List =>> Змінити значення Profile attribute рядка 0 на RSVP\_Profile.
- iii. Розгорнути IP Host Parameters =>> Розгорнути Interface Information
   =>> Розгорніть ієрархію QoS Information =>> Призначити WFQ
   атрибуту Queuing Scheme =>> Призначення ToS Based атрибуту
   Queuing Profile =>> Призначити RSVP Enabled атрибуту RSVP Info.
- iv. Розгорнути RSVP Protocol Parameters =>> Розгорнути Interface
   Information =>> Розгорніть ієрархію рядка цього інтерфейсу =>>
   Призначити 75% обом параметрам Maximum Reservable BW і
   Maximum Bandwidth Per Flow.
- v. Натисніть кнопку ОК.
- 3. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі East Router =>> Edit Attributes.
  - i. Змінить значення model з Ethernet4\_slip8\_gtwy на Ethernet4\_slip8\_gtwy\_adv.
  - ii. Розгорнути RSVP Protocol Parameters =>> Розгорнути Interface Information =>> Розгорнути двох рядків цих інтерфейсів =>> Призначити 75% обом параметрам Maximum Reservable BW і Maximum Bandwidth Per Flow.
  - ііі. Розгорнути IP Routing Parameters =>> Розгорніть Interface
    Information =>> Розгорніть ієрархії рядків тих же двох інтерфейсів
    налаштований на попередньому кроці (крок II) =>> Розкрийте
    ієрархію QoS Information обох рядків=>> Встановіть Queuing
    Scheme y WFQ та Queuing Profile y ToS Based для обох рядків.
  - iv. Натисніть кнопку ОК.
- 4. Клацніть правою кнопкою миші на West Router =>> Edit Attributes.

- i. Натисніть на значенні Ethernet4\_slip8\_gtwy атрибуту model =>> Виберіть Edit =>> Виберіть модель Ethernet4\_slip8\_gtwy\_adv.
- ii. Розгорнути RSVP Protocol Parameters =>> Розгорнути Interface Information =>> Призначити 75% обом Maximum Reservable BW та Maximum Bandwidth Per Flow.
- iii. Розгорнути IP Routing Parameters =>> Розгорнути Interface Information =>> Розгорнути ієрархії рядків тих же двох інтерфейсів налаштований на попередньому кроці (крок II) =>> Розгорнути QoS Information обох =>> Встановити Queuing Scheme у WFQ та Queuing Profile у ToS Based для обох з них.
- iv. Натисніть кнопку ОК.

### Вибір статистики.

Ми будемо вибирати статистику з трьох вузлів:

Статистика **Voice\_RSVP Caller**:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Voice\_RSVP Caller і виберіть Choose Individual Statistics зі спливаючого меню.
- 2. Розгорніть **RSVP** і виберіть **Number of Path States**.
- 3. Клацніть правою кнопкою миші на статистиці Number of Path States =>> Виберить Change Draw Style у спливаючому меню =>> Виберіть bar chart.
- 4. Клацніть правою кнопкою миші на Number of Path States =>> Виберіть Change Collection Mode з спливаючого меню =>> Виберіть Advanced =>>
  3 випадаючого меню Capture mode вибрати all values =>>> Натисніть кнопку OK.

ucket Mode) Sample Frequency:	Capture mode	all values
CEvery seconds	CEvery	second
CEyery values	CEyery	values
● Iotal of default y values	@⊥otal of	default 💌 values
Reset	Bucket mode	max value
Advanced <	₩ <u>R</u> eset	
Cancel OK	Advanced	

Рисунок 14

Розгорнути Voice Calling Party і виберіть наступні статистики: Packet Delay Variation та Packet End-to-End Delay (sec). End-to-End Delay для голосового пакету вимірюється з моменту його створення до моменту його отримання. Packet Delay Variation це варіція End-to-End Delay пакетів, отриманих на цьому вузлі.

5. Натисніть кнопку ОК.

### Статистика Voice\_RSVP Called:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на Voice\_ RSVP Called та виберіть Choose Individual Statistics зі спливаючого меню.
- 2. Розгорнути **RSVP** і виберіть **Number of Resv States**.
- 3. Клацніть правою кнопкою миші на Number of Resv States =>> Виберіть Change Draw Style у спливаючому меню =>> Виберіть bar chart.
- Клацніть правою кнопкою миші на Number of Resv States =>> Виберіть Change Collection Mode з спливаючого меню =>> Виберіть Advanced =>> Виберіть all values з спливаючого меню Capture mode =>> Натисніть кнопку OK.
- 5. Натисніть кнопку ОК.

### Статистика Voice Caller:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Voice Caller і натисніть Choose **Individual Statistics** у спливаючому меню.
- 2. Розгорнути Voice Calling Party і виберіть наступну статистику: Packet **Delay Variation** Ta Packet End-to-End Delay (sec).
- 3. Натисніть кнопку ОК.

### Налаштування моделювання

- 2 і на екрані з'явиться вікно настройки моделювання. 1. Натисніть на
- 2. Переконайтеся, що тривалість моделювання встановлена в 150 секунд.
- 3. Натисніть на вкладку Global Attributes та переконайтеся, що наступний атрибут включений: **RSVP Sim Efficiency** = **Enabled**. Це зменшує час моделювання та вимоги до пам'яті шляхом не посилання повідомлень оновлення (оновлення Path та Resv).
- 4. Натисніть кнопку **ОК**, а потім збережіть проект.

Запуск моделювання



- 1. Натисніть на 🌌, а потім натисніть кнопку Run. В залежності від швидкості вашого процесора, це може зайняти кілька хвилин.
- 2. Після завершення моделювання, натисніть кнопку Close.
- 3. Збережіть проект.

## Перегляд результатів

Для перегляду та аналізу результатів:

- 1. Виберіть View Results у меню Results.
- 2. Як показано на наступному малюнку, виберіть Packet End-to-End Delay для обох вузлів Voice Caller та Voice\_RSVP Caller. Виберіть Overlaid **Statistics** Ta time\_average.




3. Натисніть Show, щоб отримати наступний графік. (*Примітка:* Щоб збільшити графік, клацніть і перетягніть мишу, щоб намалювати прямокутник навколо потрібної області і відпустіть кнопку миші).





4. Аналогічно отримати графік, на якому порівнюється Packet Delay Variation для обох вузлів Voice Caller та Voice\_RSVP Caller. (Примітка:

Переконайтеся, що відключили прорисовку статистики з за попереднього графіку).





5. Нарешті, підготуйте графік, який відображає кількість Path- та Resv- станів, вибравши наступну статистику. Переконайтеся в тому, щоб вибрати **Stacked Statistics** та **As Is**, як показано на рисунку.

H View Results			
Discrete Event Graphs Displayed Panel Graphs Campus Network Voice Caller Voice_RSVP Called RSVP Number of Resv States Voice_RSVP Caller Number of Path States Voice Calling Party	Show Preview	105	time (sec)
Results Generated: 14:43:48 Mar 20 2003	Unselect	Add	Show
			Close

Рисунок 18

6. Клацніть правою кнопкою миші на отриманий графік і виберить Edit Panel **Properties** =>> Змініть значення Horizontal Min та Horizontal Max, як показано на рисунку:

Real Operations
Panel Title:
Panel Coordinates Set Color
Horizontal Label: time (sec)
Horizontal Min: 104.999s
Horizontal Max: 105.072s
Set All Draw Styles     Eull Scale
<u>Apply</u> <u>Cancel</u> <u>O</u> K

Рисунок 19

7. Натисніть кнопку ОК. Отриманий граф повинен виглядати як на рисунку.





#### Питання для самоперевірки

- 1. Проаналізуйте графіки, отримані в цій лабораторній роботі. Покажить вплив RSVP на голосові додатки і пояснити отримані числа Path- and Resvстанів.
- 2. Яким чином швидкість передачі даних сполучною ланкою між маршрутизаторами East та West впливає на продуктивність (наприклад, Packet End-to-End Delay) для передачі голосу та відеоконференції? Щоб відповісти на це питання, створити новий сценарій, як дублікат сценарій QoS\_RSVP. Назвіть новий сценарій Q2\_HighRate сценарієм. В сценарії Q2\_HighRate замініть поточну лінію PPP\_DS1 (швидкість передачі даних 1.544 Mbps) на лінію PPP\_DS3 (швидкість передачі даних 44,736 Mbps).

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 МЕРЕЖЕВА БЕЗПЕКА ТА ВІРТУАЛЬНІ ПРИВАТНІ МЕРЕЖІ

**Мета:** Вивчення ролі міжмережевих екранів і віртуальних приватних мереж (VPN) у забезпеченні безпеки на загальних суспільних мереж, таких як Інтернет.

#### Короткі теоретичні відомості

Комп'ютерні мережі, як правило, як загальний ресурс використовуються багатьма додатками для різних цілей. Іноді дані, які передаються між прикладними процесами, є конфіденційними, і користувачі бажають, щоб інші не могли їх прочитати.

Брандмауер являє собою спеціально запрограмований маршрутизатор, який знаходиться між сайтом і рештою мережі. Це маршрутизатор в тому сенсі, що він підключений до двох або більше фізичних мереж і пересилає пакети з однієї мережі в іншу, а також фільтрує пакети, які проходять через нього. Брандмауер дозволяє системному адміністратору реалізовувати політики безпеки в централізовано в одному місці. Брандмауер-фільтр є найбільш простим і широко поширеним типом брандмауера. Їх налаштування містять таблиці адрес, які характеризують пакети, що будуть або не будуть передані.

VPN є прикладом забезпечення контрольованого підключення через мережі загального користування, таких як Інтернет. VPN використовують концепцію IPтунелів – віртуальних (точка-точка) каналів зв'язку між парою вузлів, які насправді, розділені довільною кількістю мереж. Віртуальний канал створюється в маршрутизаторі на вході в тунель, надавши йому IP-адреса маршрутизатора, на дальньому кінці тунелю. Всякий раз, коли маршрутизатор на вході в тунель хоче послати пакет через цей віртуальний зв'язок, він інкапсулює пакет в IP дейтаграму. Адреса призначення в IP-заголовку, це адреса маршрутизатора на дальньому кінці тунелю, в той час як адреса джерела це адреса інкапсулючого маршрутизатор.

У цій лабораторії буде створено мережу, в якій сервери через Інтернет використовуються клієнтами з різними привілеями. Буде вивчаться, як

77

міжмережеві екрани і VPN можуть забезпечити безпеку інформації на серверах, надаючи при цьому доступ для клієнтів з відповідними привілеями.

### Порядок виконання роботи

## Створення нового проекту

- Відкрити OPNET IT GURU Academic Edition =>> Виберіть New з меню File.
- 2. Виберіть **Project** та натисніть кнопку **OK** =>> Назвіть проект <**your\_initials>\_VPN**, і сценарій **NoFirewall** =>> Натисніть **OK**.
- 3. Натисніть кнопку Quit помічника створення проектів (Startup Wizard).
- Щоб видалити карту світу з заднього плану, виберіть меню View =>> Background =>> Set Border Map=>> Виберіть NONE з випадаючого меню =>> Натисніть кнопку OK.

#### Створення та налагодження мережі

Ініціалізація мережі

1. Відкрийте діалогове вікно Палітра об'єктів (Object Palette), натиснувши . Переконайтеся, що елемент internet\_toolbox вибраний в меню

палітри об'єктів.

- 2. Додайте наступні об'єкти з палітри в робочу область проекту (див. рисунок): Application Config, Profile Config, ip32\_cloud, один ppp\_server, три ethernet4\_slip8\_gtwy routers та дві робочі станції ppp\_wkstn. Щоб додати об'єкт з палітри, клацніть на його значку на панелі об'єктів =>> Наведіть курсор миши на робоче поле проекту і клацніть там, де хочете розмістити об'єкт. Клацніть правою кнопкою миші, щоб вказати, що закінчили створення об'єктів цього типу.
- 3. Перейменуйте об'єкти і з'єднайте їх з використанням каналу **PPP DS1**, як показано нижче:





## 4. Збережіть проект.

**Ppp\_server** та **ppp\_wkstn** підтримують одне SLIP-з'єднання (Serial Line Internet Protocol) з заданою швидкістю.

**PPP DS1** з'єднує два вузли з підтримкою протоколу ІР. Його швидкість передачі даних 1.544 Mbps.

Налаштування вузлів

- Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Applications =>> Edit Attributes
   =>> Призначити значення Default атрибуту Application Definitions =>> Натисніть кнопку OK.
- 2. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі **Profiles** =>> **Edit Attributes** =>> Призначити значення **Sample Profiles** атрибуту **Profile Configuration** =>> Натисніть кнопку **OK**.
- 3. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Server =>> Edit Attributes Призначити значення All атрибуту Application: Supported Services =>> Натисніть кнопку OK.
- 4. Клацніть правою кнопкою миші Sales A =>> Select Similar Nodes (переконайтеся, що обидва вузли Sales A та Sales B вибрані).

- Клацніть правою кнопкою миші Sales A =>> Edit Attributes =>> Перевірте, що встановлено прапорець Apply Changes to Selected Objects.
- ii. Розкрийте Application: Supported Profiles =>> Встановіть rows у 1
   =>> Розкрийте рядок 0 =>> Profile Name = Sales Person (це один з стандартних профілів, який ми налаштовані в вузлі Profiles).
- 5. Натисніть кнопку ОК.
- 6. Збережіть проект.

# Вибір статистики

- 1. Клацніть правою кнопкою миші в робочій області проекту та виберіть **Choose Individual Statistics** зі спливаючого меню.
- 2. У діалоговому вікні Choose Results, позначте наступну статистику:
  - i. Global Statistics =>> DB Query =>> Response Time (sec).
  - ii. Global Statistics =>> HTTP =>> Page Response Time (seconds).
- 3. Натисніть кнопку ОК.
- 4. Клацніть правою кнопкою миші по вузлу Sales A та виберіть Choose Individual Statistics зі спливаючого меню.
- 5. У діалоговому вікні Вибір результатів (Choose Results), позначте наступну статистику:
  - i. Client DB =>> Traffic Received (bytes/sec).
  - ii. **Client Http =>> Traffic Received (bytes/sec)**.
- 6. Натисніть кнопку ОК.
- 7. Клацніть правою кнопкою миші на вузлі Sales B і виберіть Choose Individual Statistics зі спливаючого меню.
- 8. У діалоговому вікні Вибір результатів, позначте наступну статистику:
  - i. Client DB =>> Traffic Received (bytes/sec).
  - ii. **Client Http =>> Traffic Received (bytes/sec)**.
- 9. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

**DB Query Response Time** (час відгуку на запит до бази даних) вимірюється з моменту, коли база даних відправляє запит на сервер до часу отримання у відповідь пакету.

**HTTP Page Response Time** (час відгуку НТТР сторінки) визначає час, необхідний для отримання всієї сторінки з усіма об'єктами, що містяться в тексті.

#### Сценарій Firewall

У мережі профіль Sales Person дозволяє обом вузлам продавців (Sales A, Sales B) доступ до таких додатків на сервері, як бази даних, електронна пошта і веб (перевірте налаштування профілю Profile Configuration вузла Profiles). Припустимо, що необхідно захистити базу даних на сервері від зовнішнього доступу, в тому числі продавців. Один зі способів зробити це полягає в заміні маршрутизатора Router C брандмауером наступним чином:

- 1. Виберіть **Duplicate Scenario** в меню **Scenarios** і назвіть його **Firewall** =>> Натисніть кнопку **OK**.
- 2. У новому сценарії, клацніть правою кнопкою миші на Router C =>> Edit Attributes.
- 3. Призначити ethernet2\_slip8\_firewall атрибуту model.
- Розгорніть Proxy Server Information =>> Розкрийте рядок 1, який призначений для додатків баз даних (Database application) =>> Призначити No атрибуту Proxy Server Deployed як показано нижче:

躍 (Router C) Attributes	
Type: router	
Attribute	Value
⑦ ⊢name	Router C
⑦ ⊢model	ethernet2_slip8_firewall
②	None
⑦	Single Processor
⑦	()
⑦	Not Configured
⑦	Default
⑦ ⊞ IGRP Parameters	()
①	Default
⑦	()
⑦	()
⑦	()
⑦	None
⑦	()
Proxy Server Information	()
Frows	10
+ row 0	Custom Application, Yes, constant (
⊡ row 1	
Application	Database
Proxy Server Deployed	No
① Latency (secs)	exponential (0.00005)
+ row 2	Email,Yes,No Latency
Apply Changes to Selected Object	s A <u>d</u> vanced
Eind Next	<u>C</u> ancel <u>O</u> K

Рисунок 2

5. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть проект.

**Proxy Server Information** – це таблиця, яка задає конфігурації проксісервера на брандмауері. Кожен рядок визначає, чи існує проксі-сервер для певної програми, та додаткову затримку (Latency), яка буде додаватись при передачі кожного пакету.

Конфігурації брандмауера не дозволяють трафіку баз даних проходити через брандмауер. Таким чином, бази даних на сервері захищені від зовнішнього доступу. Ваш сценарій **Firewall** повинен виглядати як на наступному рисунку.



Рисунок 3

# Сценарій Firewall\_VPN

У сценарії з брандмауером бази даних на сервері захистили від зовнішнього доступу за допомогою брандмауера. Припустимо, що треба, щоб люди з **Sales A** мали доступ до баз даних на сервері. Оскільки брандмауер фільтрує весь трафік бази даних незалежно від джерела трафіку, необхідно розглянути рішення **VPN**. Віртуальний тунель може бути використаний **Sales A** для відправки запитів до бази даних на сервері. Брандмауер не буде фільтрувати трафік створений **Sales A**, тому що IP-пакетів в тунелі буде укладено в IP дейтаграму.

- У у сценарії Firewall, виберіть Duplicate Scenario в меню Scenarios і дайте йому ім'я Firewall\_VPN =>> Натисніть OK.
- 2. Видаліть зв'язок між маршрутизатором Router C і сервером Server.
- 3. Відкрийте діалогове вікно **Палітра об'єктів**. Переконайтеся, що відкрита Палітра називається internet\_toolbox.
  - і. Додати в робочій області проекту один ethernet4\_slip8\_gtwy і один IP
     Config VPN (див. рисунок).
  - ii. З палітри об'єктів використовуйте два PPP DS1 зв'язків для підключення нового маршрутизатора до маршрутизатора С (брандмауер) і до сервера, як показано нижче.
  - ііі. Закрийте діалогове вікно Палітра об'єктів.
- 4. Перейменуйте IP VPN Config в VPN.
- 5. Перейменуйте новий маршрутизатор у Router D, як показано на малюнку:



Рисунок 4

Налаштування VPN:

- 1. Клацніть правою кнопкою миші на вузол VPN =>> Edit Attributes.
  - i. Розгорніть VPN Configuration =>> Встановіть rows в 1 =>> Розгорніть рядок 0 =>> Змініть значення Tunnel Source Name на Router A =>> Змініть значення Tunnel Destination Name на Router D.
  - ii. Розгорнути Remote Client List =>> Встановити rows в 1 =>> Розгорнути рядок 0 =>> Змініть значення Client Node Name на Sales A.
  - ііі. Натисніть кнопку ОК, а потім збережіть ваш проект.

Attribute	Value
⑦ rame	VPN
>  -model	IP VPN Config
P VPN Configuration	()
	1
⊡row 0	
Tunnel Source Na	me Router A <
Tunnel Destination	Name Router D
Delay Information	None
Operation Mode	Compulsory
Remote Client Lis	()
Prows	1
⊡row 0	
Client Node Node Node Node Node Node Node Node	ame Sales A < —
•	

Рисунок 5

## Запуск моделювання

Для моделювання трьох сценаріїв одночасно:

1. Перейдіть в меню Scenarios =>> Виберіть Manage Scenarios.

Змініть значення в стовпці Results на <collect> (або <recollect>) для трьох сценаріїв. Не змінюйте значення за замовчуванням часу моделювання Sim Duration 1 година).

Proj	ject Name: eha_VPN					
#	Scenario Name	Saved	Results	Sim Duration	Time Units	
1	NoFirewall	saved	<collect></collect>	1.0	hour(s)	
2	Firewall	saved	<collect></collect>	1.0	hour(s)	
3	Firewall_VPN	saved	<collect></collect>	1.0	hour(s)	-

Рисунок б

- 3. Натисніть ОК для виконання трьох моделей. В залежності від швидкості вашого процесора, це може зайняти кілька хвилин.
- 4. Після трьох моделювань, по одному для кожного сценарію, натисніть кнопку **Close**=>> Збережіть ваш проект.

## Перегляд результатів

Для перегляду та аналізу результатів:

- 1. Виберіть Compare Results в меню Results.
- Розгорніть Sales A =>> Розгорніть Client DB =>> Виберіть статистику Traffic Received.
- 3. Змінить тип графіка з As Is на time\_average.

Discrete Event Graphs Displayed Panel Gra	aphs			
Global Statistics	Show Previe	ew 2	1	4000 time (sec)
E Sales B	Overlaid Stati	stics	All Scenarios	Ī
Results Generated: 01:13:07 Mar 21 2003	11	Unselect	Add	Show
				Close

Рисунок 7

4. Натисніть Show. В результаті графік повинен виглядати наступним чином:



Рисунок 8

5. Створіть графік схожий на попередній, але для Sales B:



Рисунок 9

6. Створіть два графіки схожа на попередні, щоб зобразити Client HTTP трафік, отриманий з Sales A та Sales B.



Рисунок 10



Рисунок 11

Примітка: результати можуть незначно відрізнятися через різне розміщення вузлів на схемі.

#### Питання для самоперевірки

- 1. З отриманих графіків, пояснить вплив брандмауера та налаштувань VPN на трафік бази даних від Sales A та Sales B.
- 2. Порівняйте графіки, які показують, отриманий НТТР-трафік з тими, які показують, отриманий трафік бази даних.
- 3. Створіть та проаналізуйте графіки, які показують вплив брандмауера, а також VPN, на час відгуку (затримки) НТТР-сторінок і запитів до бази даних.
- 4. У сценарію Firewall\_VPN VPN налаштували таким чином, що трафік від Sales A блокується брандмауером. Створіть дублікат сценарія Firewall\_VPN і назвіть його Q4\_DB\_Web. У сценарії Q4\_DB\_Web налаштувати мережу наступним чином:
  - а. Доступ до бази даних на сервері може отримати <u>тільки</u> Sales A.
  - b. Доступ до веб-сайту на сервері може отримати <u>тільки</u> Sales B.

Включіть у звіт схему конфігурації нової мережі, включаючи будь-які зміни, внесені в атрибути існуючих або доданих вузлів. Створіть необхідні графіки, щоб показати, що нова мережа відповідає зазначеним вище вимогам.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ МЕРЕЖЕВИХ ПРОГРАМ

**Мета:** Проаналізувати продуктивність протоколів мережевих програм і їх взаємодію з мережевими протоколами нижчих рівнів. Також в цій лабораторній роботі розглядаються деякі питання з попередніх робіт.

#### Короткі теоретичні відомості

Мережеві програми поєднують в собі логіку роботи як мережних протоколів (у тому сенсі що вони обмінюються повідомленнями з такими ж програмами на інших машинах) так і звичайних програм (в тому сенсі що вони взаємодіють з користувачами).

ОРNET's Application Characterization Environment (ACE, засіб аналізу програмного забезпечення) дає можливість візуалізації і діагностики, що допомагає при аналізі мережевого програмного забезпечення. АСЕ надає інформацію про первісну причину проблем у роботі програм. АСЕ також дозволяє передбачити поведінку програм при різних сценаріях. У якості вихідних даних АСЕ використовує реальні файли трасування отримані за допомогою протокольного аналізатора або OPNET's capture agents (не входить до складу Academic Edition).

У цій лабораторній роботі проаналізуйте продуктивність роботи FTP додатків. Проаналізуйте можливі вузькі місця при роботі додатків. Також дослідить чутливість додатків до різних умов передачі даних, таких як ширина смуги пропускання і ймовірність втрати пакетів. Файл трасування був отриманий з реальної мережі, яка намальована на рисунку нижче, і вже був вбудований в ACE. В цій мережі додатки використовують протокол FTP; клієнт підключається до сервера через канал Frame Relay зі швидкістю 768 Кbps канал та затримкою 36 мс. Додаток FTP завантажує файл розміром 1 MB за 37 секунд. Зазвичай, завантаження файлу такого розміру триває близько 11 секунд.

89



Рисунок 1

# Порядок виконання роботи

# Відкрийти Application Characterization Environment

- Запустити OPNET IT Guru Academic Edition =>> Вибрати Open в меню File.
- 2. Вибрати в меню Application Characterization.
- 3. Вибрати **FTP\_with\_loss** в списку. Натиснути **OK**.



Рисунок 2

# Візуалізація додатка

Після відкриття файлу, АСЕ показує Data Exchange Chart (DEC, графік обміну даними), що зображає потік даних, які передаються між рівнями. Після відкриття DEC не обов'язково буде показувати рівень **FTP Server** як верхній рівень. Якщо він не показує, то потрібно перетягнути мітку зазначеного рівня з низу в гору так, щоб на вашому екрані було теж саме що і на рисунку нижче.





Data Exchange Chart (графік обміну даними) може зображати наступне:

- Application Chart (графік додатків), який показує потік даних додатку між рівнями.

- Network Chart, (графік мережі), який показує потік мережевих даних між рівнями, включаючи вплив мережевого протоколу на трафік додатку. Мережевий протокол розділяє пакети на сегменти, додає заголовки і часто включає механізми забезпечення надійної доставки даних. Ці якості мережевого протоколу можуть впливати на поведінку програми.

- 1. Виберіть Network Chart Only з меню, розміщеного посередині діалогового вікна.
- Розділіть повідомлення, спрямовані в різних напрямках, вибравши в меню View =>> Split Groups.

Для кращого розуміння цього потоку даних потрібно збільшити зображення до рівня транзакції. Щоб зрозуміти чим графік додатків і графік мережі розрізняються, вам потрібно побачити їх одночасно.

- 3. Виберіть Application and Network Charts з меню розміщеного посередині діалогового вікна.
- 4. Щоб відключити поділ по групах виберіть View =>> Split Groups.
- 5. Виберіть View =>> Set Visible Time Range =>> встановіть Start Time в 25.2 і End Time в 25.5 =>> Натисніть OK.
- 6. Графік повідомлень програми (the Application Message Chart) показує одне повідомлення, яке йде від FTP Сервера до Клієнта. Щоб подивитися на розмір, наведіть курсор на повідомлення, щоб побачити контекстне вікно. Client Payload (навантаження клієнта) показано як 8192.



#### Рисунок 4

Мережевий графік показує що передача цього одного повідомлення додатка є причиною того, що багато пакетів передається через мережу. Ці пакети є сумішшю великих (синіх і зелених) пакетів від FTP Сервера до Клієнта і маленьких (червоних) пакетів від Клієнта до FTP Серверу. Червоний колір вказує на те, що пакет містить 0 байтів даних додатка. Вони є підтвердженням доставки надісланими протоколом TCP.

# Дослідження за допомогою AppDoctor

Звіт *Summary of Delays* надає інформацію про формування затримок в роботі додатка.

1. З меню AppDoctor, виберіть Summary of Delays =>> Поставте галочку Show Values.

Зауважте, що найбільш впливовим часу відгуку додатка є protocol/congestion. Лише приблизно 30 відсотків часу затримки спричиняється обмеженням смуги пропускання каналу (768 Kbps). Також зауважте що програмна затримка утворена Клієнтом і FTP Сервером незначно впливає на час відгуку додатка.



Рисунок 5

2. Закрийте вікно Summary of Delays.

Функція AppDoctor **Diagnosis** (діагностика) дозволяє краще зрозуміти проблему затримки protocol/congestion.

3. В меню AppDoctor, виберіть Diagnosis.

Processing Delay       No Bottleneck       No Bottleneck       No Bottleneck         Image: Strain S	Processing Delay No Bottleneck No Bottleneck No Bottleneck Total Client <-> FTP Server Network Cost of Chattiness No Bottleneck No Bottleneck Propagation Delay No Bottleneck No Bottleneck Protocol/Congestion Delay Bottleneck Bottleneck Connection Resets No Bottleneck No Bottleneck Retransmissions Bottleneck Bottleneck Click on the wo bottleneck to stilleneck Click on the wo bottleneck to stilleneck TCP Windowing (A -> B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A -> B) Not Appli	Total		FTP Se	erver	Client		-
Total       Client <-> FTP Server         Network Cost of Chattiness       No Bottleneck       No Bottleneck         Propagation Delay       No Bottleneck       No Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Connection Resets       No Bottleneck       Bottleneck         Motor of Sequence Packets       Bottleneck       Bottleneck         Out of Sequence Packets       Bottleneck       Bottleneck         TCP Windowing (A -> B)       Not Applicable       No Bottleneck         TCP Windowing (A <- B)       Not Applicable       No Bottleneck         Mot Applicable       No Bottleneck       Image: Click on the weat the secret of the description         There are many packet retransmissions.       The network may be       Image: Click on the weat the secret of the s	Total       Client <-> FTP Server         Network Cost of Chattiness       No Bottleneck       No Bottleneck         Propagation Delay       No Bottleneck       No Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Protocol/Congestion Delay       Bottleneck       Bottleneck         Connection Resets       No Bottleneck       Bottleneck         Retransmissions       Bottleneck       Bottleneck         Out of Sequence Packets       Bottleneck       Bottleneck         Bottleneck       Bottleneck       Bottleneck         CP Windowing (A -> B)       Not Applicable       No Bottleneck         Not Applicable       No Bottleneck       There are many packet retransmissions. The network may be heavily congested, or there may be an error-prone link.         Threshold: 3.0%, Value: 4.1% - a lower value is better.       Image: State of the state of th	Processing Delay No Bottle	neck	No Bott	leneck	No Bottleneck		×
Connection Resets No Bottleneck No Bottleneck Retransmissions Bottleneck Bottleneck Bottleneck Bottleneck TCP Windowing (A -> B) Not Applicable No Bottleneck No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No Bottleneck TCP Windowing (A <- B) Not Applicable No	Connection Resets No Bottleneck No Bottleneck Click on the work of Sequence Packets Bottleneck Bottleneck Bottleneck Settleneck No Bottleneck	Network Cost of Chattiness Propagation Delay Transmission Delay Protocol/Congestion Delay	Total No Bottler No Bottler Bottlenec Bottlenec	neck neck k k	Client <-> No Bottler No Bottlerect Bottlenect	FTP Server neck neck k k		-
There are many packet retransmissions. The network may be	There are many packet retransmissions. The network may be heavily congested, or there may be an error-prone link. Threshold: 3.0%, Value: 4.1% - a lower value is better.	Connection Resets Retransmissions Dut of Sequence Packets ICP Windowing (A -> B) ICP Windowing (A <- B)	No Bottlenec Bottlenec Not Applic Not Applic	neck <mark>k</mark> cable cable	No Bottler Bottleneci Bottleneci No Bottler No Bottler	neck neck	Click bottl the d	on the word eneck to se escription.
Threshold: 3.0%, Value: 4.1% - a lower value is better.		There are many pack neavily congested, or Threshold: 3.0%, Va	ket retrain there n lue: 4.19	nsmiss nay be % - a lo	ions. Th an error- ower valu	e network may prone link. e is better.	y be	<u>V</u> iew Value

#### Рисунок 6

Діагностика показує чотири вузький місця: затримка передачі, затримки protocol/congestion, повторна передача, і порушення послідовності передачі пакетів (Out of Sequence Packets). Одним з факторів появи затримки protocol/congestion є повторна передача (retransmissions). Тому не дивно що тут, у більш деталізованою діагностиці, ви бачите повторні передачі як вузьке місце. Порушення послідовності передачі пакетів, які ми теж бачимо як вузьке місце, є побічним ефектом повторного відправлення. Виправлення проблеми повторного відправлення порушення послідовності передачі.

4. Закрийте Diagnosis Window (вікно діагностики).

AppDoctor також надає загальну статистику по програмної передачі даних.

5. З меню AppDoctor, виберіть Statistics.

Зауважте що з'явилися 52 повторні пересилання при пересиланні 1281 пакетів, тобто відсоток повторних пересилань становить 4%.

AppDoctor Statistics -	FTP_with_l	055		×	
	Total	FTP Server	Client		
Busy Time (Seconds)	0.247009	0.229835	0.017174		
Processing Delay (Seconds)	0.229954	0.229835	0.000119		
Network Delay (Seconds)	37.050164	Not Applicable	Not Applicable	-	
		Total	Client <-> FTP Server		
Response Time (Seconds)		37.280119	37.280119		
Application Turns		4	4		
Application Messages		241	241		
Application Message Bytes		1,057,043	1,057,043		
Average Application Message	Size (Bytes)	4,386.07	4,386.07		
Network Packets		1,281	1,281		
Network Packet Bytes		1,201,409	1,201,409		
Average Network Packet Payl	oad Size (Byte	es) 937.87	937.87		
Propagation Delay (Seconds)		Not Applicab	le 0.036000		
Delay due to Propagation (Se	conds)	0.144000	0.144000		
Transmission Speed (Bits/Se	cond)	Not Applicab	le 768,000		
Delay due to Transmission Sp	beed (Second	s) 11.372422	11.372422		
Protocol/Congestion Delay (S	econds)	25.549357	25.549357		
Max Application Turn Bytes (A	(-> B)	Not Applicab	le 23		
Max Application Turn Bytes (A	<- B)	Not Applicab	Not Applicable 1,056,891		
Max Unacknowledged Data (A	A -> B) (Bytes)	Not Applicab	le 10		
Max Unacknowledged Data (A	<- B) (Bytes)	Not Applicab	le 8,192		
Retransmissions		52	52		
Out of Sequence Packets		41	41	-1	
•		2	• •		
		Update	Help Close		

Рисунок 7

6. Закрийте вікно Statistics.

# Дослідження статистичних даних

Щоб переглянути фактичну мережеву продуктивність, використайте утиліту

# Graph Statistics.

- 1. 3 Data Exchange Chart, виберіть Graph Statistics з меню Graph.
- 2. Виберіть дві статистики Network Throughput які вимірюються в Kbits/sec.



Рисунок 8

3. Натисніть Show.





АСЕ ділить всю тривалість сценарію на окремі фрагменти часу (**buckets**) і піраховує середні і загальні значення для кожного окремого інтервалу. За замовчуванням розмір такої частини становить **1000 мс**; ви можете змінити це значення в полі **Bucket Width** (msec) у перегляді статистики АСЕ.

4. Поверніться до вікна Graph Statistics =>> Відмініть показ статистики продуктивності і виберіть дві статистики **Retransmissions** (Повторної передачі) =>> Змініть **Bucket Width** на **100 ms** =>> Натисніть **Show**.







### Ідеальний розмір вікна TCP (TCP Window Size)

В ТСР замість використання вікна постійного розміру, одержувач повідомляє відправнику бажаний розмір вікна (advertised window size). Це реалізується за допомогою поля AdvertisedWindow у заголовку ТСР. Після цього

відправник не може в будь-який момент часу мати переданої але поки що непідтвердженої інформації більше ніж AdvertisedWindow байт. Одержувач вибирає відповідні для нього значення AdvertisedWindow ґрунтуючись на кількості пам'яті виділеної з'єднанню для буферізації інформації. Ця процедура називається flow control (керування потоком обміну даних), і її ідея полягає у тому, щоб утримувати відправника від переповнення буфера одержувача.

До того ж TCP для кожного з'єднання підтримує змінну стану CongestionWindow (вікно перевантаження), яка використовується джерелом для обмеження кількості даних, яку йому дозволено передавати в даний момент часу. CongestionWindow як і AdvertisedWindow використовується для керування потоком даних. Воно динамічно визначається TCP в залежності від завантаження з'єднання.

ТСР буде відправляти дані тільки якщо розмір відправленої але ще недоставленої інформації менше ніж менше з CongestionWindow або AdvertisedWindow. ACE автоматично підраховує оптимальний розмір вікна грунтуючись на добутку полоса-затримка (Bandwidth-delay product). Добуток полоса-затримка представляє собою «ємність» з'єднання – кількість бітів, які відправник може відправити до того моменту часу, як перший біт з'явиться на виході з каналу на стороні отримувач.

 Поверніться до вікна Graph Statistics. Виберіть статистику TCP In-Flight Data (bytes) FTP\_Server to Client =>> Введіть 1000 в Bucket Width (msec).

Graph Statistics - FTP_with_loss		
TCP In-Flight Data (bytes): Client to FTF TCP In-Flight Data (bytes): FTP Server Connection 1: TCP: Client:1043 <-> FTP Connection 2: TCP: FTP Server:20 <-> (	'Server to Client Server:21 Dient:1060	
Bucket Width (msec): 1000	Unselect Show	<u>C</u> lose



2. Натисніть **Show**. Як можна побачити по графіку, ідеальне значення розміру вікна, розраховане АСЕ, дорівнює приблизно 7 КВ.



Рисунок 12

3. Тепер можна закрити всі відкриті графіки (видаліть відповідні панелі, коли на екрані з'явиться запит про це) і закрити вікно Graph Statistics.

# Вплив смуги пропускання

ACE QuickPredict дозволяє дослідити чутливість додатків до параметрів мережі, таких як смуга пропускання і затримка.

- 1. Натисніть на кнопку **QuickPredict**:
- У вікні QuickPredict Control запишіть 512Кbps у полі Min Bandwidth і 10Mbps у полі Max Bandwidth =>> Натисніть кнопку Update Graph.

RuickPredict Control	
Choose Network Path to Modify: Client <-> FTP Server	<b>_</b>
X Axis:   Axis:  A	The current graph shows the impact of bandwidth on overall application response time. The X-axis shows varying bandwidths between "Client" and "FTP Server". You can put latency on the X-axis by selecting the "Latency" radio button.
<u>C</u> ompare C <u>l</u> ose	Add Curve(s) Update Graph

Рисунок 13

- Pesponse Time (sec) for Lat=36ms Drops=0% Link Util=0% TCP Window=17KB 17.5 15.0 12.5 10.0 7.5 5.0 0 4 8 12 Bandwidth (Mbps) between Client and FTP Server
- 3. Одержаний графік повинен відповідати наступному:



4. Закрийте графік і вікно QuickPredict Control.

### Розгортання додатків

ОРNET IT Guru може бути використаний для створення прогнозів поведінки додатків, які були досліджені за допомогою ACE. ACE використовує файл трасувань для створення "відбитків пальців" додатків (fingerprints), які описують процес обміну даними між рівнями. На основі цих даних моделювання може показати як програма буде вести себе в різних умовах. Приміром, ACE topology wizard (майстер топології) може бути використаний для побудови мережевої моделі з ACE файлу цієї лабораторної, **FTP\_with\_loss**, для того щоб відповісти на наступне питання: якими будуть характеристики FTP додатку, коли він буде розгорнутий у 100 користувачів одночасно через IP мережу?

Слідуйте наступним вказівкам щоб відповісти на описане вище питання.

- У головному вікні IT Guru, виберіть File =>> New =>> Виберіть Project з меню =>> Натисніть OK.
- 2. Назвіть проект <ПІБ>\_FTP, і сценарій ManyUsers. Натисніть ОК.
- 3. В Startup Wizard, виберіть Import from ACE =>> Натисніть Next.



Рисунок 15

- 4. З'являється вікно Configure ACE Application.
  - i. Встановіть поле Name в FTP Application.
  - іі. Встановіть поле **Repeat application** в **2**. Цей параметр вказує на те скільки разів на годину користувач використовує додаток.
  - ііі. Залиште limit у значення за замовчуванням, Infinite.
  - iv. Натисніть Add Task =>> в таблиці Contained Tasks, натисніть на слово Specify ... =>> Виберіть FTP\_with\_loss з спадаючого меню.
  - v. Натисніть Next.

Name	ETP Application		Specific	
vanie.	IF IF Application		Specily.	
Repeat	application 2	times per hour	1. Application name.	
using ti	ne following limit		2. Application repetition pe	r
	●Infinite		User.	
	Count = 1		S. Maximum number of	
tained	Tasks:			
tained Task	Tasks: ACE Trace File	Tier Names	Click 'Add Task' to select t	h
tained Task	Tasks: ACE Trace File FTP_with_loss	Tier Names	Click 'Add Task' to select t ACE trace file(s) to be contained	h I
tained Task	Tasks: ACE Trace File FTP_with_loss	Tier Names	Click 'Add Task' to select the ACE trace file(s) to be contained as	h I
tained Task	Tasks: ACE Trace File FTP_with_loss	Tier Names	Click 'Add Task' to select the ACE trace file(s) to be contained as part of this application.	h
Task	Tasks: ACE Trace File FTP_with_loss	Tier Names	Click 'Add Task' to select the ACE trace file(s) to be contained as part of this application. Note:	h

Рисунок 16

- З'являється вікно Create ACE Topology. Встановіть Number of Clients (кількість користувачів) в значення 100 і Packet Latency (затримка пакетів) в 40. Залиште решту значень за замовчуванням.
- 6. Натисніть Create.

AN Details:			
Number of Clients:	100		1. Specify the number of clients
			than one client is energified a
Packet Analyzer:	N/A	<u></u>	I AN' pode is used to represent
Client Location:	Remote	•	the clients
			2 Packet Analyzer captures
WAN Details:			packets in the simulated
Technology:	IP	•	network. It is not selectable if the
			number of clients is more than
Packet Latency (msec):	40	-	one.
Packet Loss Ratio (0-100	): 0		3. The default client location is
			based on information obtained
Access Bandwidth (Kbps	): 1536		from the ACE trace files.

Рисунок 17

7. Виберіть File =>> Save =>> Натисніть ОК для того щоб зберегти проект.

ACE Wizard створить топологію аналогічну тій що вказана нижче. Об'єкти Tasks, Applications i Profiles вже налаштовані відповідно до файлів трасувань і даних які ввели в ACE Wizard. В подальшому можна їх змінити.





Запустіть симуляцію і перегляньте результати:

- 1. Натисніть кнопку Configure / Run Simulation.
- 2. Використовуйте значення за замовчуванням. Натисніть **Run**. В залежності від потужності комп'ютера це може зайняти кілька хвилин.

- 3. Закрийте вікно коли моделювання закінчиться =>> Збережіть ваш проект.
- Виберіть View Results з меню Results. Розкрийте Custom Application =>> Виберіть статистику Application Response Time (sec).





5. Натисніть Show. Кінцевий графік повинен бути схожим на наступний:



Рисунок 20

#### Питання для самоперевірки

1. Поясніть чому повідомлення від Клієнта до FTP Серверу зазвичай має розмір в 0 byte?

- 2. Виходячи з AppDoctor's Summary of Delays, як на час закачки по протоколу FTP вплинуть наступні поліпшення мережі:
  - а. поліпшення сервера
  - b. поліпшення смуги пропускання
  - с. поліпшення протоколу
- 3. Який зв'язок між повторним відправленням даних та затримкою типу protocol/congestion? І чому порушення послідовності доставки пакетів є побічним ефектом повторної відправки?
- 4. Який з протоколів відповідальний за повторну відправку: IP, TCP або FTP? Поясніть.
- 5. На графіку Network Throughput швидкість передачі від FTP Сервера до Клієнта приблизно дорівнює 300 Kbps і тільки іноді підскакує до 500 Kbps. У той же час канал має пропускну здатність в 768 Kbps. Поясніть, чому швидкість передачі даних значно нижче ніж пропускна здатність каналу?
- 6. Поясніть яким чином при використанні ТСР дані, що знаходяться у каналі, пов'язані із розміром вікна ТСР, та як добуток затримка-полоса пов'язана з ідеальним розміром вікна?
- 7. Використовуючи отримані графіки поясніть зв'язок між шириною смуги пропускання та часом відгуку FTP-додатків. Чому подальше збільшення полоси майже перестає впливати на час відгуку?
- 8. У розділі Deploy an Application, мережева модель з безліччю користувачів була створена на основі АСЕ файлу, FTP\_with\_loss. Скопіюйте створений сценарій щоб створити новий з назвою Q8\_ManyUsers\_ExistingTraffic. У новому сценарії встановіть завантаження мережі іншим трафіком у 80% від полоси. Дослідіть як цей трафік впливає на час відгуку FTP-додатків. Зауважте: Найпростіший спосіб симуляції додаткового трафіку це встановити фоновий трафік (background utilization traffic) у 80% на підключенні між Remote Router і IP Cloud.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1. RIP: IETF RFC number 2453 (<u>www.ietf.org/rfc.html</u>)
- OPNET OSPF Описание модели: В Protocols меню, выбирете OSPF =>> Model Usage Guide.
- 3. OSPF: IETF RFC number 2328 (<u>www.ietf.org/rfc.html</u>).
- 4. OPNET TCP Model Description: From the Protocols menu, select TCP =>> Model Usage Guide.
- 5. Transmission Control Protocol: IETF RFC number 793 (<u>www.ietf.org/rfc.html</u>).
- OPNET RSVP Model Description: From the Protocols menu, select RSVP =>> Model Usage Guide.
- 7. The Differentiated Services Field: IETF RFC number 2474 (www.ietf.org/rfc.html).
- 8. The Impact of Internet Link Capacity on Application Performance: From the Protocols menu, select Methodologies =>> Capacity Planning.
- 9. Virtual Private Networks: IETF RFC number 2685 (www.ietf.org/rfc.html).
- 10.File Transfer Protocol (FTP): IETF RFC номер 959 (<u>www.ietf.org/rfc.html</u>).