

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**  
**๑๐๑๑๑๑**

**TRẦN VĂN TIẾN**

**CÁC GIẢI PHÁP CHO MẠNG RIÊNG ẢO KIỂU SITE-  
TO-SITE DÙNG GIAO THỨC MPLS**

Ngành: Công nghệ thông tin

Chuyên ngành: Truyền dữ liệu và Mạng máy  
tính

Mã số: Thí điểm

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG  
TIN**

**HÀ NỘI - 2016**

## MỞ ĐẦU

MPLS VPN là một lựa chọn mới cho cho mạng diện rộng WAN. Nó đang ngày càng được trở nên phổ biến trong nền công nghiệp viễn thông. Các khách hàng doanh nghiệp đang dần dần hướng tới những nhà cung cấp dịch vụ có triển khai ứng dụng MPLS VPN. Lý do chính cho sự thay đổi này nằm ở việc MPLS có khả năng cung cấp sẵn các tính năng bảo mật và các kết nối đa điểm tới đa điểm. QoS là một thành phần rất quan trọng trong các mạng khách hàng. Mạng doanh nghiệp thường có nhiều loại lưu lượng như thoại, hình và dữ liệu đi qua một hạ tầng mạng duy nhất.

Trong luận văn này tôi sẽ trình bày nghiên cứu của mình về các vấn đề của QoS (trễ, biến thiên trễ, mất gói...) trong môi trường MPLS VPN. Nó sẽ là cơ sở để nhà cung cấp dịch vụ và khách hàng duy trì một chất lượng dịch vụ ổn định cho các lưu lượng hình, tiếng, dữ liệu... chạy qua môi trường này.

Để đạt được chất lượng dịch vụ từ điểm đầu tới điểm cuối một cách ổn định, nhà cung cấp dịch vụ và khách hàng doanh nghiệp phải làm việc với nhau một cách chặt chẽ đồng thời chia sẻ các chính sách giống nhau bởi vì nhà cung cấp dịch vụ tham gia vào định tuyến của khách hàng trong môi trường MPLS VPN. Chúng ta sẽ sử dụng mô hình chất lượng dịch vụ DiffServ cho môi trường MPLS VPN. Đồng thời chúng ta cũng sẽ lựa chọn một mô hình 4,5 hoặc 6 lớp dịch vụ cho nhà cung cấp dịch vụ và khách hàng để triển khai thử nghiệm.

Trong phần cuối tôi sẽ tiến hành thử nghiệm chất lượng dịch vụ (độ mất gói, trễ, biến thiên trễ...) từ điểm đầu tới điểm cuối. Sau đó chúng ta sẽ so sánh kết quả của các tham số trên khi áp dụng và khi không áp dụng mô hình chất lượng

dịch vụ DiffServ trong mạng MPLS VPN. Chúng ta sẽ thấy rõ ràng trong phần kết quả khi sử dụng mô hình chất lượng dịch vụ DiffServ các tham số trễ, mất gói, biến thiên trễ sẽ tăng khi dữ liệu trong mạng tăng lên. Tuy nhiên sau khi áp dụng mô hình chất lượng dịch vụ DiffServ các tham số trên sẽ không bị ảnh hưởng khi tăng lưu lượng dữ liệu trong mạng và cung cấp một mức chất lượng dịch vụ ổn định.

# **CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ MẠNG RIÊNG ẢO – VPN**

## **1.1 Mạng Internet và kiến trúc giao thức mạng Internet**

### **1.1.1 Sự ra đời mạng Internet**

### **1.1.2 Kiến trúc giao thức mạng Internet**

## **1.2 Mạng cục bộ LAN**

### **1.2.1 Mạng LAN và các đặc điểm chính**

#### *1.2.1.1 Khái niệm*

#### *1.2.1.2 Đặc điểm của mạng cục bộ*

#### *1.2.1.3 Các đặc tính kỹ thuật của LAN*

#### *1.2.1.4 Phân loại và một số công nghệ mạng LAN phổ biến*

### **1.2.2 Mạng LAN không dây và các đặc điểm chính**

#### *1.2.2.1 Khái niệm*

#### *1.2.2.2 Phân loại*

#### *1.2.2.3 Ưu nhược điểm*

## **1.3 Mạng riêng ảo – VPN**

### **1.3.1 Khái niệm**

Mạng riêng ảo được định nghĩa như là một mạng kết nối các site khách hàng đảm bảo an ninh trên cơ sở hạ tầng mạng chung cùng với các chính sách điều khiển truy nhập và bảo mật như một mạng riêng. Tuy được xây dựng trên cơ sở hạ tầng sẵn có của mạng công cộng nhưng VPN lại có được các tính chất của một mạng cục bộ như khi sử dụng các đường kênh thuê riêng

## **1.3.2 Các chức năng và đặc điểm của VPN**

*1.3.2.1 Chức năng*

*1.3.2.2 Ưu điểm*

*1.3.2.3 Nhược điểm*

## **1.3.3 Các mô hình VPN**

*1.3.3.1 Mô hình ngang hàng*

## **1.3.4 Phân loại VPN và ứng dụng**

*1.3.4.1 VPN truy cập từ xa*

*1.3.4.2 VPN điểm tới điểm*

*1.3.4.3 Ứng dụng VPN*

## **1.4 Kết luận chương**

## CHƯƠNG 2. CÁC GIAO THỨC ĐƯỜNG HẦM

### 2.1 Giới thiệu các giao thức đường hầm

Các giao thức đường hầm là nền tảng của công nghệ VPN. Có nhiều giao thức đường hầm khác nhau và việc sử dụng giao thức nào liên quan đến các phương pháp xác thực và mã hóa đi kèm. Các giao thức đường hầm phổ biến gồm:

- *Giao thức chuyển tiếp lớp 2 (L2F – Layer Two Forwarding)*
- *Giao thức đường hầm điểm tới điểm (PPTP – Point to Point Tunneling Protocol)*
- *Giao thức đường hầm lớp 2 (L2TP – Layer Two Tunneling Protocol)*
- *Giao thức bảo mật IP (IPSec – Internet Protocol Security)*

- 2.2 Giao thức đường hầm điểm tới điểm – PPTP**
  - 2.2.1 Hoạt động của PPTP**
  - 2.2.2 Duy trì đường hầm bằng kết nối điều khiển PPTP**
  - 2.2.3 Đóng gói dữ liệu đường hầm PPTP**
  - 2.2.4 Xử lý dữ liệu tại đầu cuối đường hầm PPTP**
  - 2.2.5 Triển khai VPN dựa trên PPTP**
- 2.3 Giao thức đường hầm lớp 2 – L2TP**
  - 2.3.1 Hoạt động của L2TP**
  - 2.3.2 Duy trì đường hầm bằng bản tin điều khiển L2TP**
  - 2.3.3 Đóng gói dữ liệu đường hầm L2TP**
  - 2.3.4 Xử lý dữ liệu tại đầu cuối đường hầm L2TP trên nền IPSec**
  - 2.3.5 Triển khai VPN dựa trên L2TP**
  - 2.3.6 Ưu nhược điểm và ứng dụng của L2TP**
- 2.4 Giao thức IPSec**
  - 2.4.1 Hoạt động của IPSec**
  - 2.4.2 Thực hiện VPN trên nền IPSec**
  - 2.4.3 Một số vấn đề còn tồn tại trong IPSec**
- 2.5 Kết luận chương**

## **CHƯƠNG 3. MẠNG RIÊNG ẢO TRÊN NỀN MPLS**

### **3.1 Công nghệ MPLS**

#### **3.1.1 Giới thiệu**

#### **3.1.2 Các lợi ích của MPLS**

#### **3.1.3 Một số ứng dụng của MPLS**

3.1.3.1 *Điều khiển lưu lượng (TE – Traffic Engineering)*

3.1.3.2 *Mạng riêng ảo*

3.1.3.3 *Ứng dụng AToM (Any Transport over MPLS)*

3.1.3.4 *Dịch vụ LAN riêng ảo VPLS (Virtual Private LAN Service)*

#### **3.1.4 Kiến trúc của MPLS**

MPLS gồm hai thành phần chính: Mặt phẳng điều khiển (Control plane) và mặt phẳng chuyển tiếp (Data plane). [10]

3.1.4.1 *Mặt phẳng chuyển tiếp (Data plane)*

3.1.4.2 *Mặt phẳng điều khiển (Control plane)*

#### **3.1.5 Các phần tử chính của MPLS**

3.1.5.1 *LSR (Label Switch Router)*

3.1.5.2 *FEC (Forwarding Equivalence Class)*

#### **3.1.6 Một số giao thức sử dụng trong MPLS**

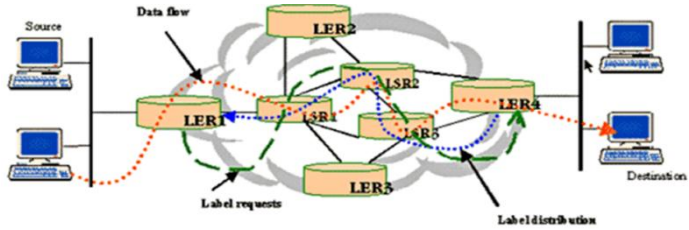
3.1.6.1 *Giao thức phân phối nhãn*

3.1.6.2 *MP-BGP*

#### **3.1.7 Hoạt động của MPLS**

Hình 3-12 sau minh họa sự hoạt động của mạng MPLS:





Hình 3 - 1 Hoạt động của MPLS

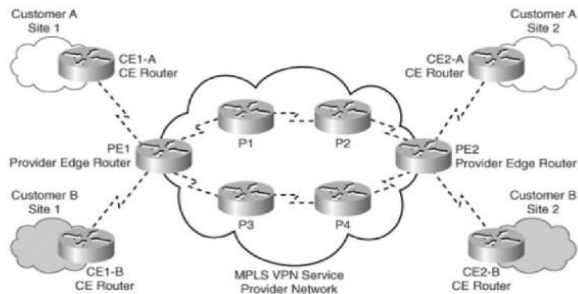
Để gói tin truyền qua mạng MPLS, mạng sẽ thực hiện các bước sau:

- Tạo và phân phối nhãn
- Tạo bảng ở mỗi router
- Tạo đường chuyển mạch nhãn
- Chèn nhãn / tra cứu bảng
- Truyền gói tin

### 3.2 Công nghệ VPN dựa trên MPLS

#### 3.2.1 Các thành phần cơ bản của MPLS-VPN

Một cách khái quát, mô hình hệ thống cung cấp dịch vụ MPLS-VPN được thể hiện như trên hình 3-13 dưới đây: [8]



Hình 3 - 2 Các thành phần cơ bản của MPLS VPN

- 3.2.2 Các mô hình MPLS – VPN**
  - 3.2.2.1 *Mô hình mạng riêng ảo lớp 3*
  - 3.2.2.2 *Mô hình mạng riêng ảo lớp 2*
- 3.2.3 Kiến trúc tổng quan của MPLS-VPN**
  - 3.2.3.1 *VRF- Virtual Routing and Forwarding Table*
  - 3.2.3.2 *Route Distinguisher - RD*
  - 3.2.3.3 *Route Target - RT*
- 3.2.4 Định tuyến VPNv4 trong mạng MPLS-VPN**
- 3.2.5 Chuyển tiếp gói tin trong mạng MPLS-VPN**
- 3.2.6 Bảo mật trong MPLS-VPN**
- 3.3 So sánh các đặc điểm của VPN trên nền IPSec và MPLS**
  - 3.3.1 VPN trên nền IPSec**
  - 3.3.2 VPN trên nền MPLS**
- 3.4 Kết luận chương**

## **CHƯƠNG 4. CÁC MÔ HÌNH ĐẢM BẢO CHẤT LƯỢNG DỊCH VỤ VÀ ÁP DỤNG CHO MẠNG RIÊNG ẢO TRÊN NỀN MPLS**

### **4.1 Chất lượng dịch vụ - QoS và các độ đo**

#### **4.1.1 Giới thiệu chất lượng dịch vụ - QoS**

Chất lượng dịch vụ (QoS) đã trở nên phổ biến trong những năm gần đây. Một vài mạng có băng thông hạn chế, vì vậy nghẽn mạng thường xuyên có thể xảy ra. QoS là một cách để ưu tiên những lưu lượng (traffic) quan trọng so với những lưu lượng ít quan trọng hơn và đảm bảo nó được truyền đi.

#### **4.1.2 Các tham số chất lượng dịch vụ**

[2]

- *Băng thông (Bandwidth)*
- *Độ trễ (Delay)*
- *Biến động trễ (Jitter)*
- *Tổn thất gói (Packet Loss)*

## **4.2 Các mô hình đảm bảo QoS**

### **4.2.1 Mô hình Best-Effort**

### **4.2.2 Mô hình IntServ**

### **4.2.3 Mô hình DiffServ**

### **4.2.4 So sánh mô hình IntServ và DiffServ**

## **4.3 Áp dụng mô hình DiffServ với gói tin IP**

### **4.3.1 Cơ chế QoS áp dụng trên gói tin**

#### *4.3.1.1 Phân loại (Classification)*

#### *4.3.1.2 Quản lý nghẽn (Congestion Management)*

#### *4.3.1.3 Tránh nghẽn (Congestion Avoidance)*

#### *4.3.1.4 Điều hòa (Shaping)*

### **4.3.2 Áp dụng QoS với gói tin IP**

## **4.4 Áp dụng mô hình DiffServ cho MPLS-VPN**

### **4.4.1 Tổng quan về QoS cho MPLS-VPN**

#### *4.4.1.1 Pipe model*

#### *4.4.1.2 Hose Model*

### **4.4.2 Áp dụng QoS với gói tin MPLS**

### **4.4.3 Các mô hình đường hầm DiffServ trong MPLS**

#### *4.4.3.1 Mô hình ống (Pipe Model)*

#### *4.4.3.2 Mô hình ống ngắn (Short Pipe Model)*

#### *4.4.3.3 Mô hình thống nhất (Uniform Model)*

## **4.5 Thiết kế QoS cho MPLS-VPN**

[13]

4.5.1.1 *Một số nguyên tắc thiết kế*

4.5.1.2 *Mối quan hệ chặt chẽ với công nghệ truyền dẫn Ethernet*

**Khuyến nghị:** Hiểu được mối quan hệ chặt chẽ của công nghệ truyền dẫn Ethernet với QoS

4.5.1.3 *Chuyển đổi mô hình QoS*

**Khuyến nghị:** Thừa nhận rằng doanh nghiệp và nhà cung cấp dịch vụ phải phối hợp để cùng nhau thực hiện QoS qua MPLS VPN

4.5.1.4 *Các mô hình lớp dịch vụ của nhà cung cấp dịch vụ*

**Khuyến nghị:**

- Hiểu một cách đầy đủ về các mô hình lớp dịch vụ của nhà cung cấp
- Nếu có nhiều lựa chọn, lựa chọn mô hình phù hợp nhất với chiến lược QoS của doanh nghiệp

4.5.1.5 *Các chế độ đường hầm DiffServ trong MPLS*

**Khuyến nghị:**

- Hiểu rõ các chế độ đường hầm trong MPLS và cách nó tác động đến đánh dấu DSCP của khách hàng
- Mô hình ống ngắn (Short Pipe Mode) cung cấp cho khách hàng doanh nghiệp

4.5.1.6 *Ảnh xạ lưu lượng giữa khách hàng và nhà cung cấp dịch vụ*

## **4.6 Kết luận chương**

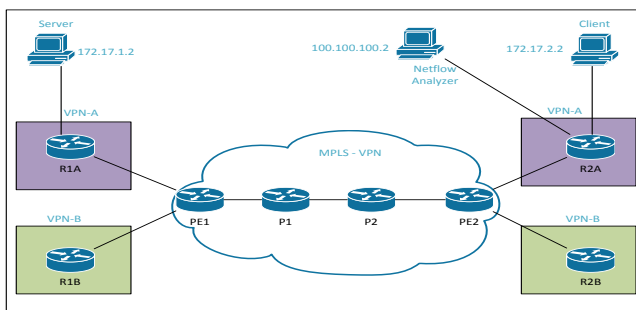
## CHƯƠNG 5. MÔ PHỎNG QoS TRONG MPLS – VPN

### 5.1 Giới thiệu GNS3

### 5.2 Đặt vấn đề

### 5.3 Mô hình và kịch bản mô phỏng

Mô hình đề xuất:



Hình 5 - 1 Mô hình đề xuất

QoS cho mạng MPLS VPN có thể được chia thành hai trường hợp nhỏ tùy thuộc vào việc thực hiện QoS trong mạng khách hàng hay thực hiện QoS trong mạng nhà cung cấp dịch vụ

#### 5.3.1 Trường hợp 1: Thực hiện QoS trong mạng khách hàng

Trong mô hình 5-1 thì R1A, R2A, R1B, R2B là bộ định tuyến của các khách hàng A và B. Giả sử rằng khách hàng A đăng ký tốc độ truyền 18 Mbps với các yêu cầu băng thông như sau:

Loại lưu lượng	Tốc độ cam kết
Video	12 Mbps
FTP	2 Mbps
HTTP	2 Mbps

PC Anywhere	1 Mbps
Còn lại	1 Mbps

### 5.3.1.1 Cấu hình mô phỏng

Sau khi thiết lập mô hình MPLS-VPN, ta tiếp tục sử dụng phần mềm Iperf v3 để tạo 4 luồng lưu lượng: HTTP, PC Anywhere, Video, custom, kết hợp phần mềm FileZilla để tạo luồng FTP. Chúng ta sử dụng mô hình Uniform cho mạng MPLS-VPN, thực hiện phân lớp lưu lượng như sau:

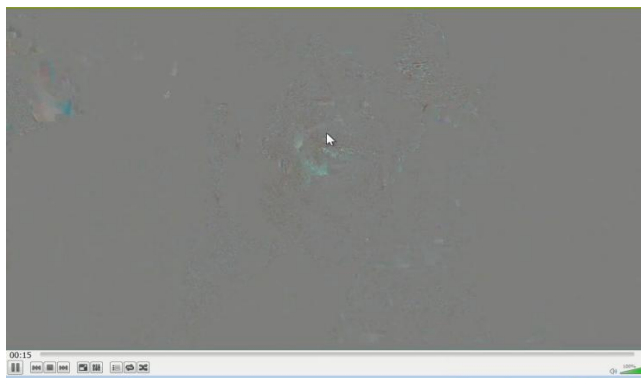
Lớp lưu lượng	Cổng	DSCP	Băng thông
video	8080	EF	12 Mbps
http	80	AF41	2 Mbps
pcanywhere	5631	CS3	1 Mbps
ftp	21	CS2	2 Mbps
custom	9090	CS1	1 Mbps

### 5.3.1.2 Kết quả mô phỏng

Để kiểm tra tính hiệu quả của QoS, luận văn sẽ đưa ra kết quả trước và sau khi thực hiện áp dụng chính sách QoS.

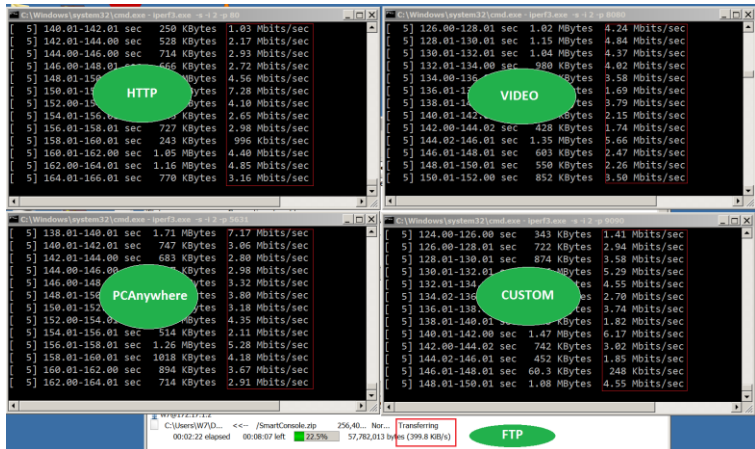
#### a) Trước khi thực hiện QoS

Khi chưa thực hiện cấu hình QoS, hình ảnh thu được ở phía client khi phát Video sẽ có hiện tượng bị nhiễu, giật như hình 5-2 dưới:

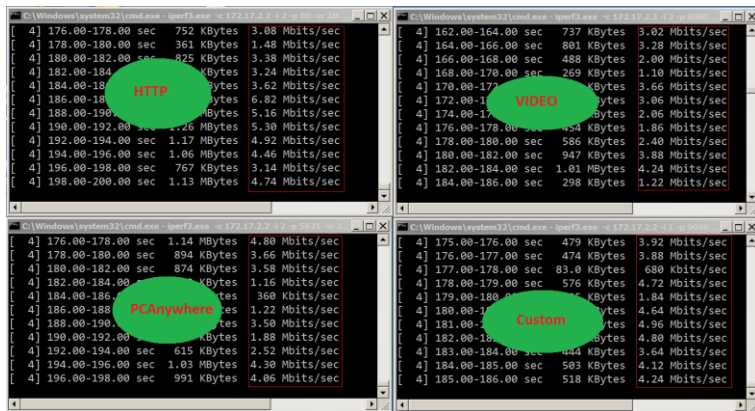


Hình 5 - 2 Tín hiệu video phía client khi chưa có QoS

Kiểm tra bằng thông từng loại lưu lượng với phần mềm giải lập Iperf v3 chúng ta thấy như sau:



Hình 5 - 3 Màn hình bên máy Client

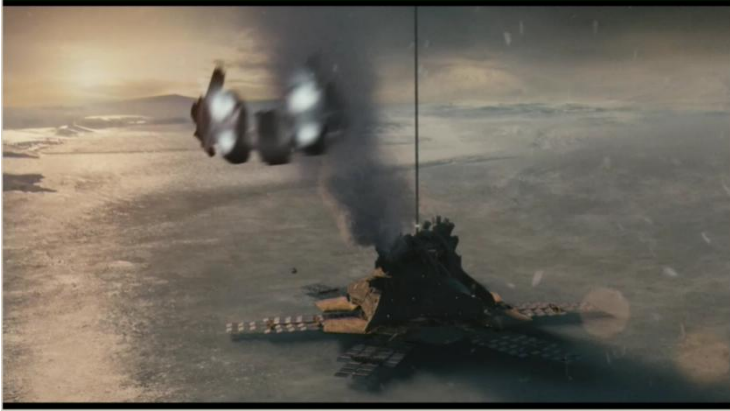


Hình 5 - 4 Màn hình phía server

b) Sau khi thực hiện QoS

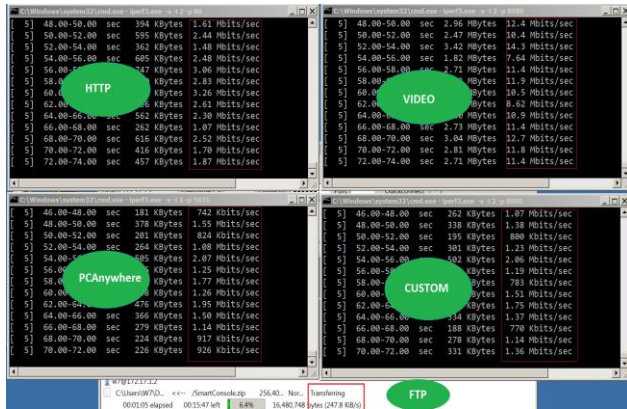


Sau khi thực hiện QoS, đường truyền sẽ được ưu tiên cho những loại lưu lượng chúng ta thiết lập, vì vậy tại Client chúng ta sẽ thấy chất lượng Video sắc nét gần như không còn hiện tượng giật hình nữa như hình 5-6:

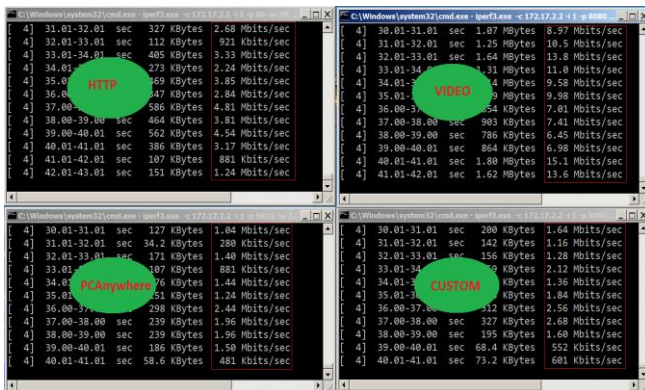


*Hình 5 - 5 Tín hiệu thu được phía Client sau khi áp dụng QoS*

Tiếp tục kiểm tra băng thông từng loại dữ liệu phát từ Server thu được bên phía Client (Hình 5-7 và 5-8) chúng ta thấy như sau: Băng thông của từng loại gói tin FTP, HTTP, PCAnywhere, Video và Ứng dụng port 9090 mà thiết bị cấp phát cho nó phù hợp với các giá trị QoS chúng ta thiết lập:



Hình 5 - 6 Màn hình bên phía Client



Hình 5 - 7 Màn hình bên phía Server

Tiếp tục dùng phần mềm Wireshark bắt các gói tin giữa client và server tiến hành phân tích:

Với gói tin HTTP như hình 5-10 phía dưới:

Chúng ta thấy gói tin HTTP có hai nhãn do đây là MPLS-VPN. Nhãn dưới là nhãn VPN và nhãn trên là nhãn

LDP. Gói tin HTTP được gán trường DSCP AF41 và EXP phù hợp thiết kế.

```

MultiProtocol Label Switching Header, Label: 20, Exp: 4 S: 0, TTL: 126
0000 0000 0000 0001 0100 ..... = MPLS Label: 20
..... 100 ..... = MPLS Experimental Bits: 4
..... 0 ..... = MPLS Bottom Of Label Stack: 0
..... 0111 1110 = MPLS TTL: 126
MultiProtocol Label Switching Header, Label: 23, Exp: 4 S: 1, TTL: 126
0000 0000 0000 0001 0111 ..... = MPLS Label: 23
..... 100 ..... = MPLS Experimental Bits: 4
..... 1 ..... = MPLS Bottom Of Label Stack: 1
..... 0111 1110 = MPLS TTL: 126
Internet Protocol Version 4, Src: 172.17.1.2, Dst: 172.17.2.2
0100 ..... = Version: 4
..... 0101 = Header Length: 20 bytes
> Differentiated Services Field: 0x88 (DSCP: AF41, ECN: Not-ECT)

```

Hình 5 - 8 Phân tích gói tin HTTP

Tiếp tục phân tích các gói tin khác chúng ta thấy kết quả hoàn toàn phù hợp với lý thuyết.

Lưu ý với trường hợp này chúng ta không tác động cấu hình vào các thiết bị mạng lõi MPLS/VPN nên trường EXP của nhãn được gán theo giá trị DSCP của gói tin. Đây là hành vi mặc định.

### 5.3.2 Trường hợp 2: Thực hiện QoS trong mạng lõi MPLS VPN

#### 5.3.2.1 Cấu hình mô phỏng

Thực hiện cấu hình mô phỏng tương tự như trường hợp 1 tuy nhiên để phục vụ mục đích mô phỏng, chính sách trong mạng nhà cung cấp dịch vụ sẽ như sau: đảm bảo lưu lượng ftp có băng thông tối đa 1Mbps tuy nhiên khi lưu lượng vượt quá cũng sẽ không hủy bỏ ngay mà sẽ bị đánh dấu lại với EXP là 6 và lưu lượng vượt quá này sẽ bị hủy bỏ nếu tốc độ vượt 1 Mbps. Chính sách này thể hiện ở bảng sau:

Lớp lưu lượng	Cổng	DSCP	Băng thông
video	8080	EF (EXP 5)	12 Mbps
http	80	AF41 (EXP 4)	2 Mbps

pcanywhere	5631	CS3 (EXP 3)	1 Mbps
ftp	21	CS2 (EXP 2)	1 Mbps
ftp-exceed	21	EXP 6 (EXP 2 -> 6)	<= 1Mbps
custom	9090	CS1 (EXP 1)	1 Mbps

### 5.3.2.2 Kết quả mô phỏng

Thực hiện truyền tương tự như trường hợp 1 và xem bảng thông ftp được gán lại bởi nhà cung cấp dịch vụ thế nào. Kiểm tra chính sách áp dụng trên router lỗi ra PE-2 ta được kết quả như sau:

```

Class-map: ftp-out (match-all)
  7788 packets, 11630133 bytes
  30 second offered rate 955000 bps, drop rate 0000 bps
  Match: qos-group 2
  Queueing
  queue limit 64 packets
  (queue depth/total drops/no-buffer drops) 0/0/0
  (pkts output/bytes output) 7788/11630133
  bandwidth 1000 kbps
  police:
    cir 1000000 bps, bc 125000 bytes, be 125000 bytes
    conformed 7788 packets, 11630133 bytes; actions:
      transmit
    exceeded 0 packets, 0 bytes; actions:
      drop
    violated 0 packets, 0 bytes; actions:
      drop
    conformed 955000 bps, exceeded 0000 bps, violated
    0000 bps

Class-map: ftp-exceed-out (match-all)
  6398 packets, 9617214 bytes

```

```
30 second offered rate 779000 bps, drop rate 0000 bps
Match: qos-group 6
police:
  cir 1000000 bps, bc 125000 bytes, be 125000 bytes
  conformed 6398 packets, 9617214 bytes; actions:
    transmit
  exceeded 0 packets, 0 bytes; actions:
    drop
  violated 0 packets, 0 bytes; actions:
    drop
  conformed 779000 bps, exceeded 0000 bps, violated
0000 bps
```

Đặc biệt lưu ý hai lớp lưu lượng: ftp-out và ftp-exceed-out, chúng ta thấy nếu truyền tương tự như trường hợp 1 thì lưu lượng FTP sẽ bị chia sẻ thành hai luồng khác nhau với băng thông mỗi loại gần 1Mbps phù hợp với mong muốn.

#### **5.4 Kết luận chương**

### **KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN**

Ngày nay các ứng dụng Internet được sử dụng rộng rãi ở mọi lĩnh vực và ở khắp nơi trên thế giới. Điều đó kéo theo nhu

cầu truyền thông tin một cách an toàn, hiệu quả. Một trong những ứng dụng quan trọng đó là mạng riêng ảo.

Luận văn ngoài việc giới thiệu các khái niệm chung về mạng riêng ảo, luận văn còn đi sâu phân tích các loại mạng riêng ảo hiện nay, những hạn chế cũng như thế mạnh của từng mô hình để mỗi người đọc rút ra được mô hình thích hợp nhất

Hiện nay có khá nhiều công nghệ mạng mới ra đời nhằm mục đích truyền thông tin một cách an toàn trên Internet và nổi bật nhất chính là MPLS VPN. Luận văn ngoài việc phân tích, nghiên cứu cấu trúc, cách thức hoạt động của mạng MPLS nói chung, còn đi sâu vào nghiên cứu cách thức truyền gói tin trong mạng MPLS VPN từ địa chỉ nguồn đến địa chỉ đích ở các khu vực khác nhau một cách an toàn.

Sau khi truyền được thông tin qua mạng VPN trên nền tảng MPLS một vấn đề đặt ra là phải đảm bảo chất lượng dịch vụ cho các dữ liệu truyền qua nó. Luận văn cũng đã trình bày một cách rõ ràng về các cơ chế QoS cho mạng IP và cách thức thực thi nó trên mạng MPLS VPN như thế nào. Đồng thời luận văn cũng đã phân tích, thử nghiệm tính năng QoS trên mạng MPLS VPN trong một mô hình mô phỏng với các thiết bị và dữ liệu rất gần với thực tế để người đọc có được cái nhìn trực quan cũng như kiểm nghiệm được tính đúng đắn của lý thuyết.

Hướng nghiên cứu tiếp theo của luận văn là sẽ áp dụng cách thực thi QoS trong môi trường thực tế như các doanh nghiệp lớn cũng như các nhà cung cấp dịch vụ với các thiết bị phức tạp, thuộc nhiều hãng cung cấp và có hiệu năng cao. Tiềm tới sẽ tìm cách áp dụng QoS với mô hình có nhiều nhà cung cấp dịch vụ MPLS VPN khác nhau tạo điều kiện cho các khách hàng/doanh nghiệp có được chất lượng dịch vụ cao nhất và giá thành rẻ nhất.

Mặc dù đã cố gắng hết sức nhưng do thời gian có hạn nên luận văn chắc chắn sẽ không tránh khỏi những hạn chế và thiếu sót nhất định. Ngữ cảnh mô phỏng trong luận văn vẫn còn hạn chế, chưa đánh giá được rõ hơn các ứng dụng nghiệp vụ, đa phương tiện trong thực tế. Em mong sẽ nhận được các ý kiến của các thầy cô trong hội đồng để luận văn có thể hoàn thiện hơn.

**Tiếng Việt**

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Nguyễn Đình Việt (2008), *Bài giảng Mạng và Truyền số liệu nâng cao*, Hà Nội.
2. Nguyễn Đình Việt (2008), *Bài giảng đánh giá hiệu năng mạng máy tính*, Hà Nội.
3. Nguyễn Tiến Ban (2011), *Công nghệ IP/MPLS và các mạng riêng ảo*, Nhà xuất bản Thông Tin và Truyền Thông
4. Nguyễn Văn Linh (2015), *Giáo trình mạng máy tính*, Đại học Thái Nguyên
5. Phạm Thế Quế (2006), *Giáo trình mạng máy tính*, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông
6. Trần Công Hùng (2009), *Chuyển mạch nhãn đa giao thức MPLS*, Nhà xuất bản Thông Tin và Truyền Thông.
7. Trung Tâm Đào Tạo Bưu Chính Viễn Thông (2007), *Giáo trình bồi dưỡng kỹ sư điện tử viễn thông về công nghệ IP và NGN*, Học viện công nghệ bưu chính viễn thông

### **Tiếng Anh**

8. Ivan Pepelnjak, Jim Guichard (2001), *MPLS and VPN Architecture*, Cisco press  
201 West 103rd Street Indianapo
9. Cisco Systems Learning (2006), *Implementing Cisco Quality of Service*, Cisco Systems
10. Cisco Systems Learning (2006), *Implementing Cisco MPLS*, Cisco Systems
11. <https://vi.wikipedia.org/>
12. Luc De Ghein (2007), *MPLS Fundamentals*, Cisco Press 800 East 96th Street Indianapolis.



13. Tim Szigeti, Christina Hattingh, Robert Barton, Kenneth R. Briley, Jr (2014), *End-to-End QoS Network Design Second Edition*, Cisco Press
14. Vivek Alwayn (2001), *Advanced MPLS design and Implementation*, Cisco press  
201 west 103rd Street Indianapolis