การหาประสิทธิภาพบนโครงข่าย MPLS/VPN เปรียบเทียบกับโครงข่าย IP แบบดั้งเดิม

Performance Evaluation of MPLS/VPN network versus Traditional IP network

บดินทร์ จิ๋วแย้ม กอบชัย เดชหาญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโครงข่าย MPLS/VPN กับโครงข่าย IP แบบดั้งเดิม ในด้านความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) และความสามารถในด้านคุณภาพการบริการ (Quality of Service) โดยใช้เทคนิคการทำ MPLS Traffic Engineering (TE) Fast Reroute และ MPLS Differentiated Service (DiffServ) แทนการทำงานของ OSPF Routing protocol และ Best Effort โดยทำการทดสอบบนโครงข่ายจริงที่ระดับความเร็ว 10 Gbps

คำสำคัญ: MPLS, VPN, ทราฟฟิค เอ็นจิเนียริ่ง

Abstract

This paper studies and analyzes a comparative performance of MPLS/VPN network versus traditional IP network such as Reliability and Quality of Service by means of MPLS Traffic Engineering (TE). Fast Reroute and MPLS Differentiated Service (DiffServ) will replace OSPF Routing protocol and Best Effort by test on real network of 10 Gbps

Key words: MPLS, VPN, Traffic Engineering

1. บทนำ

Multiprotocol Label Switching (MPLS) เป็นเทคโนโลยีที่ขยายความสามารถของสถาปัตยกรรม Internet protocol ซึ่งมีความสามารถในการรองรับการให้บริการข้อมูลแบบ multi traffic voice data และ video โดยเพิ่มความสามารถใหม่ ๆ เช่น Virtual Private Network (VPN) Quality of Service (QoS) และ Traffic Engineering (TE) [1]

MPLS เป็นเทคโนโลยีที่เริ่มมีการใช้งานกันอย่างกว้างขว้างทั้งใน ผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (Internet Service Providers : ISP),ผู้ให้บริการคมนาคมขนาดใหญ่ (telecommunication carriers) และองค์กรชั้นนำทั่วไปซึ่ง MPLS เป็นเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของระบบเครือข่ายเช่น ความเร็ว (speed) ขนาด (scalability) การบริหารคุณภาพการให้บริการ (quality of service management) และการควบคุมการจราจร(traffic control) ผู้ให้บริการอินเตอร์เน็ต (ISP),telecommunication

carriers รวมทั้งองค์กรชั้นนำทั่วไปได้นำเอาเทคโนโลยี MPLS มาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ เช่น โครงข่ายเสมือนส่วนบุคคล (Virtual Private Network :VPN) Traffic Engineering และการควบคุมคุณภาพการให้บริการ (Quality of Service: QoS) เพื่อรับประกันคุณภาพการให้บริการสำหรับข้อมูลประเภท voice video และ application ที่ต้องการความมีเสถียรภาพของข้อมูล ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นจึงเห็นได้ว่า MPLS เหมาะแก่การนำมาใช้เป็นเครือข่ายหลักสำหรับการสื่อสาร Internet Protocol (IP) [5] [6]

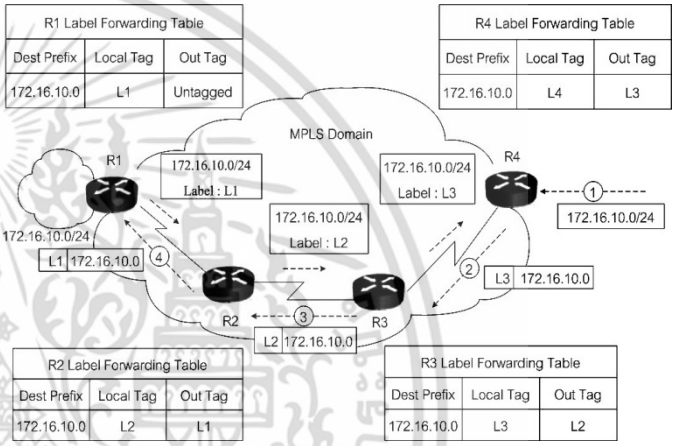
Virtual Private Network (VPN) ได้เริ่มเป็นที่รู้จักและนำมาใช้งานในลักษณะที่เรียกว่าวงจรเช่า(leased line) ให้บริการในลักษณะ point-to-point ระหว่างสำนักงานของผู้ใช้บริการโดยผ่านเครือข่ายของผู้ให้บริการ(service provider:SP) โดย Frame Relay และ ATM เป็นเทคโนโลยีแรกที่นำมาใช้เพื่อให้บริการ VPN [7] ซึ่งหลังจากได้มีการนำเทคโนโลยี MPLS มาใช้งานการให้บริการ VPN แบบใหม่ก็ได้เกิดขึ้นโดย MPLS–based VPN สามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะคือ [1]

- Layer 3 multipoint VPNs หรือ Internet Protocol VPNs
- Layer 2 point–to–point VPNs
- Layer 2 multipoint VPNs

2. ทฤษฎีที่ใช้ในการทดสอบ

2.1.MPLS Network

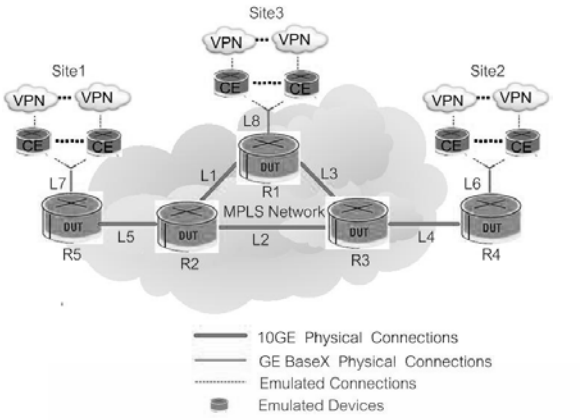
ในระบบเครือข่าย MPLS ข้อมูลที่ส่งจะถูกเพิ่ม Labels โดย Labels นี้เป็นลักษณะเช่นเดียวกันกับ IP address ปลายทาง ค่าของ Labels จะกำหนดบน Router และในบางกรณี Labels จะกำหนดโดยอ้างอิงจาก Interface บน Router ซึ่ง Router จะกำหนด Labels และกำหนดเส้นทางที่เรียกว่า Label Switch Paths (LSP) ระหว่าง ต้นทางไปยังปลายทาง รูปที่ 1 แสดงการทำงานของ MPLS forwarding เริ่มจาก PE Router R1 และ R4 Routers ในเครือข่าย MPLS R1,R2,R3 ประกาศ update เครือข่าย 172.16.10.0/24 ผ่าน IGP Routing protocol ไปในเส้นทางเดิมของระบบเครือข่าย IP สมมุติว่าไม่มีการกำหนด filters หรือ Summarization Router ก็จะทำการสร้างตาราง IP Forwarding เส้นทางที่เชื่อมต่อไปยัง Router MPLS และกำหนด Local Labels สำหรับเครือข่ายปลายทาง 172.16.10.0 โดยทำการเผยแพร่ Labels ของเครือข่ายปลายทาง 172.16.10.0 ให้ Router ข้างเคียงทราบไปทาง Upstream ด้วย Labels distribution protocols ตัวอย่างเช่น R1 กำหนด Local Labels เป็น L1 และเผยแพร่ไป Upstream ให้ R2 และ R2 ส่งต่อให้ R3 กำหนดให้เผยแพร่เหมือนกันไปทาง Upstream คือ R4 ซึ่งกระบวนการนี้ทำให้ Router สามารถสร้าง label forwarding table เพื่อใช้ในการส่งต่อ Labels packet [1] [2]



รูปที่ 1 การส่งข้อมูลในโครงข่าย MPLS

3. การทดสอบการทำงาน

บทความนี้จะทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่าย MPLS/VPN กับโครงข่าย Traditional IP รูปที่ 2 ประกอบด้วย Core Router (R2,R3) ทำหน้าที่เป็น P Router, Distributed Router (R1,R4, R5) ทำหน้าที่เป็น PE Router เชื่อมต่อกันด้วย 10 Gigabit Ethernet interface Router ทั้งหมดถูก configure เพื่อให้บริการ MPLS โดยเชื่อมต่อกับ Traffic Generator ด้วย Gigabit Ethernet interface ซึ่งจำลองเป็นอุปกรณ์ CE (Customer Equipment) ส่งข้อมูล Ethernet ขนาด 64 byte โดย CE แต่ละ site เชื่อมต่อกันโดย Virtual Private Network (VPN)



รูปที่ 2 โครงข่าย MPLS ที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับโครงข่าย Traditional IP เป็นโครงข่ายเดียวกันกับการทดสอบ MPLS/VPN แต่จะทำการ configured Router (R1-R5) ทำงานโดย routing protocol OSPF (Open Shortest Path First) ทั้งหมดเชื่อมต่อกันด้วย 10 Gigabit Ethernet interface โดยมี Traffic Generator ซึ่งจำลองเป็นอุปกรณ์ CE (Customer Equipment) ส่งข้อมูล Ethernet ขนาด 64 byte เชื่อมต่อกับ Router (R1,R4,R5) ด้วย Gigabit Ethernet interface

3.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเชื่อถือได้ของระบบ (Reliability) ระหว่าง MPLS/VPN และ Traditional IP Network

การทดสอบประสิทธิภาพด้านความมั่นคง (Reliability) เป็นการทดสอบความสามารถของระบบในการส่งข้อมูลเมื่อเส้นทางในการส่งข้อมูลเกิดความบกพร่อง เช่น สายใยแก้วนำแสงที่ใช้เชื่อมต่อเกิดชำรุดโดยระบบที่มี Reliability ที่ดีต้องสามารถทำการ switch เลือกเส้นทางไปยังเส้นทางสำรองได้โดยไม่กระทบกับการส่งข้อมูล

3.1.1 MPLS/VPN

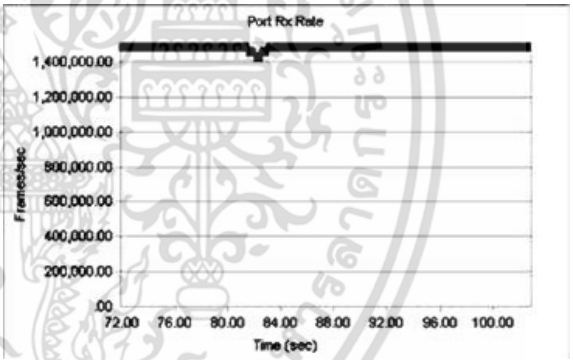
ทำการ Configured Router เพื่อให้บริการ MPLS Traffic Engineering (TE) Fast Reroute ในกรณีที่ link ระหว่าง Node เกิดการบกพร่อง จากรูปที่ 2 ข้อมูลจะถูกส่งจาก Traffic Generator ที่ความเร็ว 1Gbps ลักษณะการส่งข้อมูลจะเป็นแบบ bidirection ส่งผ่านระหว่าง site 1 และ site 2 โดย R2 และ R3 จะทำการ enable การใช้งาน Fast Reroute (FRR) โดยใช้ Resource Reservation Protocol (RSVP) ในการสถาปนา TE tunnel [6] เส้นทางหลักในการส่งข้อมูลระหว่าง site 1 และ site2 คือ R5->R2->R3->R4 ในกรณีที่เส้นทางหลักเกิดการบกพร่องข้อมูลจะส่งผ่านไปยังเส้นทางสำรอง R5->R2->R1->R3->R4

```
R2#show mpls traffic-eng tunnel tunnel 1

Name: R2_t1                    (Tunnel1) Destination: 10.0.0.3
 Status:
   Admin: up      Oper: up    Path: valid    Signalling: connected
   path option 1, type explicit R2-to-R3 (Basis for Setup, path weight 1)
   path option 2, type dynamic
```

รูปที่ 3 แสดงการตั้งค่า FRR เส้นทางหลักที่ R2

```
R2#show mpls traffic-eng tunnel tunnel 2

Name: R2_t2                    (Tunnel2) Destination: 10.0.0.3
 Status:
   Admin: up      Oper: up    Path: valid    Signalling: connected
   path option 1, type explicit R2-to-R1-to-R3 (Basis for Setup, path weight 2)
```

รูปที่ 4 แสดงการตั้งค่า FRR เส้นทางสำรองที่ R2



รูปที่ 5 ค่า Throughput ของโครงข่าย MPLS/VPN ในการทดสอบความสามารถด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

รูปที่ 5 แสดงผลการทดสอบเมื่อทำการปลดสาย fiber optic ที่เชื่อมต่อระหว่าง Router R2 และ R3 โดยสามารถหาค่า Ethernet frame rate (frame/second) ได้จาก

$$= \frac{Interface\ speed\ bps}{(Ethernet\ frame\ size\ byte + preamble\ size\ byte + inter\ frame\ gap\ size\ byte) \times 8}$$

เมื่อ $Interface\ speed\ bps$ มีค่า 1Gbps

$Ethernet\ frame\ size\ byte$ มีค่า 64 byte

$preamble\ size\ byte$ มีค่า 8 byte

$inter\ frame\ gap\ size\ byte$ มีค่า 12 byte

Ethernet frame rate (frame/second)

$$= \frac{1Gbps}{(64\ byte+8\ byte+12\ byte)\times 8}$$

$$= 1{,}488{,}095\ frame/second \quad (1)$$

Stream	Expected Frames	Tx Frames	Lost Frames	% Loss
Stream1	267857142	267857142	55951	0.02089
Stream2	267857142	267857142	35661	0.01331
Total	535714284	535714284	91612	0.0171

ตารางที่ 1 ค่า packet loss ของโครงข่าย MPLS/VPN ในการทดสอบความสามารถด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

จาก (1) สามารถหาค่า recovery time ที่เกิด lost frames ได้จาก

$$= \frac{lost\ frame}{Ethernet\ frame\ rate\ (frame\ /second)}$$

$$= \frac{91612}{1{,}488{,}095\ (frame\ /second)}$$

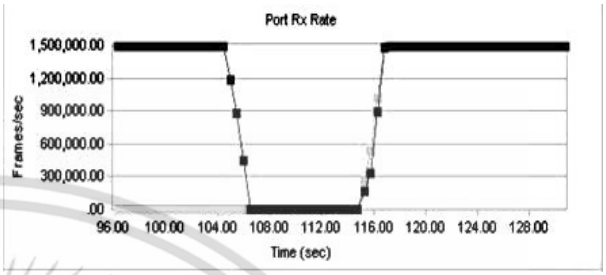
$$= 61\ \text{msec} \quad (2)$$

3.1.2 Traditional IP Network

ทำการ Configured Router Traditional IP Network ทำงานโดย routing protocol OSPF (Open Shortest Path First) เพื่อหาเส้นทางในการส่งข้อมูล ด้วยการประกาศข้อมูลของเส้นทางเช่น Bandwidth latency time เพื่อใช้ประกอบในการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุด ถ้าเส้นทางที่ใช้ในการส่งข้อมูลเกิดการบกพร่อง (fault) routing protocol OSPF ต้องทำการคำนวณหาเส้นทางใหม่เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแทนเส้นทางหลัก [4]

ตามรูปที่ 2 เส้นทางหลักในการส่งข้อมูลระหว่าง site 1 และ site 2 คือ R5->R2->R3->R4 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ให้ค่า cost path ต่ำสุด รูปที่ 6 แสดงผลการทดสอบเมื่อทำการปลดสาย fiber optic ที่เชื่อมต่อระหว่าง Router R2 และ R3 ในขณะที่ทำการปลดสาย fiber optic ที่เชื่อมต่อระหว่าง Router R2 และ R3 ค่า Throughput ตกลงเหลือ 0 Frames/sec แต่เมื่อ routing protocol OSPF ทำการคำนวณหาเส้นทางในการส่งข้อมูลใหม่ได้สำเร็จซึ่งก็คือเส้นทาง R5->R2->R1->R3->R4 ระบบก็สามารถส่งข้อมูลได้ปกติ จากรูปที่ 6 สามารถหาค่า recovery time ได้โดยดูจากกราฟช่วงเวลาที่ค่า throughput เริ่มลดลงเป็นศูนย์จนเริ่มกลับมาส่งข้อมูลได้อีกครั้งมีค่าประมาณ

117 sec - 104 sec = 13 sec (3)



รูปที่ 6 ค่า Throughput ของโครงข่าย Traditional IP ในการทดสอบความสามารถด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

```
sh ip route summary
IP routing table name is default (0x0)
IP routing table maximum-paths is 32
Route Source    Networks    Subnets    Replicates  Overhead    Memory (bytes)
connected       0           11         0           572         1892
static          0           0          0           0           0
ospf 1          20412       905        0           1108536     3751792
  Intra-area: 317 Inter-area: 1000 External-1: 20000 External-2: 0
  NSSA External-1: 0 NSSA External-2: 0
```

รูปที่ 7 Routing Table ของ โครงข่าย Tradition IP ในการทดสอบความสามารถด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

ตารางที่ 2 แสดงค่า recovery time และค่า frame Loss ของการทดสอบ reliability ระหว่าง MPLS/VPN และ Traditional IP Network

Technology	Recovery Time	% Loss
MPLS/VPN	61 msec	0.0171
Tradition IP	13 sec	100

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า Recovery Time , Packet loss ระหว่าง MPLS/VPN และ Traditional IP Network ในการทดสอบความสามารถด้านความเชื่อถือได้ของระบบ

3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ (Quality of Service) ระหว่าง MPLS/VPN และ Traditional IP Network

การทดสอบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ (Quality of Service) เป็นการทดสอบความสามารถในการให้บริการข้อมูลประเภท voice video และ data โดยโครงข่าย MPLS/VPN สามารถจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลประเภท voice video ให้สามารถใช้งานได้โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพแม้โครงข่ายจะเกิดความคับคั่ง การทดลองจะทำการส่งข้อมูลที่ความเร็ว 1 Gbps จาก site1 และ site2 ไปยัง site3 โดยทั้ง 3 site เชื่อมต่อด้วย Gigabit Ethernet interface ดังนั้นจึงมีข้อมูลขนาด 2 Gbps วิ่งเข้าไปยัง site3 ทำให้ site3 เกิดความคับคั่งของข้อมูล ซึ่งใน Bandwidth 1 Gbps แบ่งการส่งเป็น UDP traffic voice 250 Mbps มีค่าลำดับความสำคัญสูงสุด UDP traffic video 250 Mbps มีค่าลำดับความสำคัญลำดับสองและ TCP traffic data 500 Mbps มีค่าลำดับความสำคัญลำดับสาม ซึ่ง traffic ทั้งสามแบบตั้งค่าให้อยู่ VPN ที่ต่างกัน

3.2.1 MPLS/VPN

จากรูปที่ 2 MPLS Network ทำการ Configured Router เพื่อทำฟังก์ชั่น MPLS DiffServ และทำการส่งข้อมูลจาก site1และ site2 ไปยัง site3 หลังจากนั้นทำการวัดค่า packet loss ที่ site3 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3

Stream	Expected Frames	Tx Frames	Lost Frames	% Loss
voice	12668027	12668027	0	0
video	12668026	12668026	6634	0.05237
data	25339587	25339587	25338574	99.996

ตารางที่ 3 ค่า frames loss ของโครงข่าย MPLS/VPN ในการทดสอบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ

```
R1#sh queueing interface gi1/1
 Normal Burst Policed-dscp map:                (dscp= d1d2)
  d1 : d2 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 ------------------------------
  0 :  00 01 02 03 04 05 06 07 08 09
  1 :  10 11 12 13 14 15 16 17 18 19
  2 :  20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
  3 :  30 31 32 33 34 35 36 37 38 39
  4 :  40 41 42 43 44 45 46 47 48 49
  5 :  50 51 52 53 54 55 56 57 58 59
  6 :  60 61 62 63
```

รูปที่ 8 แสดงการตั้งค่า MPLS DiffServ ในการทดสอบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ

```
VRF vpn507 (VRF Id = 7); default RD 507:1; default VPNID <not set>
  Interfaces:
    Vl507
VRF Table ID = 7
  Export VPN route-target communities
    RT:507:1
  Import VPN route-target communities
    RT:507:1
  No import route-map
  No export route-map
  VRF label distribution protocol: not configured
  VRF label allocation mode: per-prefix
    vrf-conn-aggr for connected and BGP aggregates (Label 25)
```

รูปที่ 9 แสดงการตั้งค่า MPLS/VPN ในการทดสอบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ

3.2.2 Traditional IP Network

ทำการ Configured Router เพื่อทำฟังก์ชั่น การให้บริการแบบ Best Effort และทำการส่งข้อมูลจาก site1 และ site2 ไปยัง site3 หลักจากนั้นทำการวัดค่า packet loss ที่ site3 ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4

Stream	Expected Frames	Tx Frames	Lost Frames	% Loss
voice	12668027	12668027	6589531	52.017
video	12668026	12668026	6589521	52.016
data	25339587	25339587	13187811	52.044

ตารางที่ 4 ค่า frames loss ของโครงข่าย Traditional IP ในการทดสอบประสิทธิภาพด้านคุณภาพการบริการ

4. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโครงข่าย MPLS/VPN กับโครงข่าย IP แบบดั้งเดิม โดยทำการทดลองประสิทธิภาพในด้านความมั่นคงของระบบ (Reliability) และความสามารถด้านคุณภาพการบริการ (Quality of Service) ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าโครงข่าย MPLS/VPN ที่ใช้หลักการของ Traffic Engineering Fast Reroute ช่วยทำให้โครงข่ายมี Reliability ที่ดีขึ้นระบบมีค่า recovery time ที่ต่ำมากเมื่อเทียบกับการทำงานของ routing protocol ส่วนการให้บริการ QoS จะเห็นว่าโครงข่าย MPLS/VPN ที่มี

การตั้งค่า MPLS DiffServ เมื่อระบบเกิดความคับคั่ง traffic ที่ต้องการความมีเสถียรภาพที่สูงเช่น voice video ยังคงสามารถส่งข้อมูลต่อไปได้อย่างต่อเนื่องโดยดูได้จากค่า frame loss ที่มีค่าน้อยมาก ตรงกันข้ามกับ Traditional IP ที่ตั้งค่าแบบ Best Effort เมื่อระบบเกิดความคับคั่งจะเกิด frame loss เป็นจำนวนมาก

5. เอกสารอ้างอิง

[1] L. Lobo and U. Lakshman, "MPLS Configuration on Cisco IOS Software", Indianapolis, Indiana Cisco Press,2005.

[2] Student Guide "Implementing Cisco MPLS" Indianapolis, Indiana : Cisco Press,2004

[3] W.Y. Lee, R. Bhagavathula, N. Thanthry and R. Pendse, "MPLS-over-GRE Base VPN Architecture: A Performance Comparison," Proc. of the 2002 (45th) IEEE Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS-2002), 4-7 Aug 2002.

[4] F. Fujikawa, K. Kuwabara, Y. Koda, and M. Kiuchi, "Examination of Electric Power Utility Network Applying IP Router/MPLS Router/Wide-Area Ethernet," IEEE Power Engineering Society General Meeting, 6-10 June 2004.

[5] J. Barakovic, H. Bajric, and A. Husic, "Multimedia Traffic Analysis of MPLS and non-MPLS Network," IEEE Multimedia Signal Processing and Communications, 48th International Symposium ELMAR-2006, June 2006.

[6] D.L. Zhang and D. Ionescu, "QoS Performance Analysis in Deployment of DiffServ-aware MPLS Traffic Engineering," Proc. of 2007 IEEE Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2007). ACIS International Conference, July 30 2007-Aug. 1 2007

[7] S. Kim, H.- Y. Ryu, Jaehyung Park, and Taell Kim, "Design and implementation of Martini based Layer 2 VPN", Proc. of the 8th IEEE International Conference on Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International Conference, 20-22 Feb. 2006

[8] B. Alawieh, and. H.T Mouftah, "Efficient Delivery of Voice Services over MPLS Internet Infrastructure," Proc. of 2007 IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE 2007), 22-26 April 2007.