

รู้จักกับเทคโนโลยี MPLS

ปานวิทย์ ฐะนุติ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: panwit@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยี MPLS ถือเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมและเริ่มมีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของผู้ให้บริการ แต่ทว่าในบางครั้งผู้ให้บริการหรือแม้แต่ผู้ใช้ก็อาจจะมีความเข้าใจในเทคโนโลยี MPLS ที่คลาดเคลื่อนได้ อาจจะเนื่องด้วยสาเหตุที่ได้รับความรู้หรือความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องหรือจดจำจากคำบอกเล่าของบุคคลอื่นที่มีความเข้าใจที่ผิดพลาด จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ผู้เขียนจึงมีความประสงค์ที่จะอธิบายถึงข้อมูลเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติเบื้องต้นของเทคโนโลยี MPLS ที่ถูกต้องให้ได้รับทราบ โดยภายในบทความนี้จะกล่าวถึง ความเป็นมา หลักการทำงาน ซึ่งจะประกอบไปด้วย องค์ประกอบของเครือข่าย MPLS และกลไกการทำงานของ MPLS การทำ MPLS Configuration เบื้องต้น โดยใช้โปรโตคอล OSPF และการนำเทคโนโลยี MPLS ไปใช้ในองค์กรทั่วไป

คำสำคัญ – MPLS; Labeled IP Packet Switching; Label Switching Protocol; Switching Technology

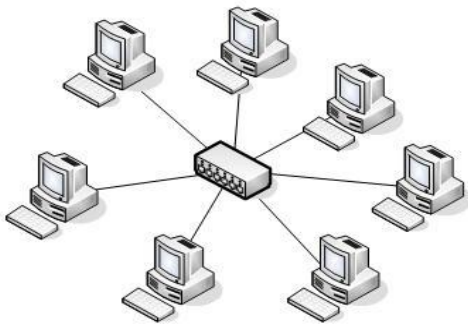
1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) ได้มีการออกโฆษณาการเปิดให้บริการเทคโนโลยี MPLS สำหรับองค์กรหรือบริษัทธุรกิจต่างๆ ในการเชื่อมต่อสาขาต่างๆ เข้ากับสำนักงานใหญ่ ซึ่งเราจะพบว่า การให้บริการ MPLS นั้นค่อนข้างจะเป็นเรื่องใหม่ และเพิ่งจะถูกใช้งานมาไม่ถึง 4 ปี และเพิ่งจะเริ่มให้บริการแก่ผู้ใช้ ประมาณหนึ่งปีที่ผ่านมา และมีแนวโน้มการใช้บริการเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเทคโนโลยี MPLS ช่วยเพิ่มขีดความสามารถของการสื่อสารระหว่างเครือข่ายได้มากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตทั้งต่างประเทศและในประเทศให้ความสนใจในการให้บริการ MPLS เป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกในการให้บริการแก่ลูกค้าระดับองค์กรขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดคำถามเกี่ยวกับเทคโนโลยี MPLS ว่าคืออะไร คืออย่างไร เหมาะกับการนำมาใช้ในองค์กร

หรือไม่ บทความนี้จึงเป็นบทความวิชาการที่แนะนำให้ผู้อ่านได้รู้จักกับ เทคโนโลยี MPLS โดยในบทความนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา หลักการทำงาน รวมไปถึงการ Configuration เบื้องต้น และ ข้อดีของการนำเทคโนโลยี MPLS ไปใช้ในองค์กร

2. ความเป็นมา

ในยุคเริ่มต้นของการสร้างระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น (LAN) มีวัตถุประสงค์หลักคือ การใช้ทรัพยากรร่วมกัน เช่น การใช้ hard disk ร่วมกัน, การใช้ printer ร่วมกัน เป็นต้น โดย Topology หลักที่เป็นที่นิยม คือ Topology แบบ Star ซึ่ง Topology แบบ Star นั้นจะใช้อุปกรณ์ตัวกลางที่เรียกว่า HUB และต่อมาได้พัฒนาเป็น switch โดยหลักการทำงานของ switch กล่าวโดยย่อ คือ ใน switch จะมีการเรียนรู้ว่า แต่ละ port ของ switch นั้นต่อกับอุปกรณ์ที่มี หมายเลข MAC address อะไร



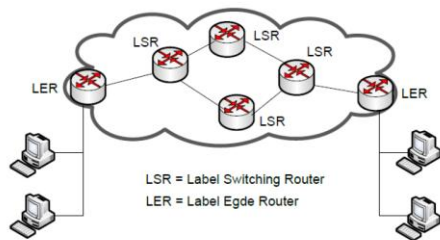
รูปที่ 1. โทโพโลยีแบบดาว

(Address Learning) จากนั้นก็จะทำการเก็บบันทึกลงในฐานข้อมูลของตัว switch หรือเรียกว่า MAC address table เมื่อ switch ได้รับเฟรมข้อมูลเข้ามา ต่อมา switch จะทำการพิจารณาว่า เฟรมข้อมูลที่ได้รับมานั้น จะต้องส่งต่อไปยัง port ไหน ดังนั้น switch จะทำการอ่าน Header ของเฟรมข้อมูลที่รับมา เพื่อดูหมายเลข MAC address ของอุปกรณ์ปลายทาง จากนั้น ก็จะทำการเทียบกับ MAC address table ว่า หมายเลข MAC address นั้นๆ ต่ออยู่ที่ port ไหนของ switch ต่อจากนั้นก็ทำการส่งเฟรมข้อมูลนั้นๆ ไปยังปลายทาง ต่อมาในแต่ละเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น ก็จะมีคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันและกัน จึงมีการเชื่อมต่อเครือข่ายคอมพิวเตอร์ท้องถิ่น เข้าด้วยกัน ผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า router โดยการรับส่งข้อมูลผ่าน router นั้น จะใช้ IP packet โดยที่ใน IP packet นั้น จะระบุหมายเลข IP address ของอุปกรณ์ต้นทาง และหมายเลข IP address ของอุปกรณ์ปลายทาง ในตัว router นั้น จะมี ฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลว่า ตัวมันเองรู้จักกับเครือข่ายไหนบ้าง เรียกฐานข้อมูลนั้นว่า routing table โดยการได้มาซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะใช้ routing protocol ไปค้นหา, แลกเปลี่ยนข้อมูลเครือข่ายต่างๆ มาเก็บลงใน routing table เมื่อ router ได้รับ IP packet เข้ามา อุปกรณ์ router ก็จะหาเส้นทางที่ดีที่สุด ในการส่งต่อ IP packet นั้นๆ ไปยังปลายทาง โดยใช้ routing algorithm ในการหา

เส้นทางที่ดีที่สุด โดยอาศัยข้อมูลจาก routing table จากการทำงานของ router ที่กล่าวไปข้างต้นโดยย่อ จะพบว่า ในการส่ง IP packet อาจเกิดความล่าช้าเกิดขึ้นได้ โดยมีสาเหตุหลักเนื่องมาจาก กระบวนการในการคิดค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด ของ IP address ปลายทางตลอดไปจนถึงขั้นตอนและวิธีการส่งต่อ IP packet จาก router ตัวหนึ่งไปยัง router อีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจากที่กล่าวมาข้างต้น จึงมีแนวความคิดที่จะทำให้ การส่งต่อ IP packet มีความเร็วสูงขึ้น โดยอาศัยหลักการ การใส่ป้ายชื่อ หรือ Label เข้าไปใน IP packet โดยที่การใส่ Label นี้เปรียบเสมือนกับการใส่รหัสไปรษณีย์เพิ่ม เข้าไปในหน้าของจดหมาย ผู้คัดแยกจดหมายไม่จำเป็นต้องดูว่าผู้รับเป็นใคร เพียงแต่แยกว่ารหัสไปรษณีย์รหัสไหนจะส่งต่อไปภาคไหน หรือจังหวัดไหนเท่านั้น จะเห็นได้ว่าการเพิ่มขั้นตอนเพียงบางส่วนเข้าไป จะสามารถลดเวลาการทำงานโดยรวมให้น้อยลงได้

3. หลักการทำงานของเทคโนโลยี MPLS

MPLS หรือมีชื่อเรียกเต็ม ๆ ว่า Multiprotocol Label switching เป็น Protocol ที่กำหนดขึ้นมาโดย The Internet Engineering Task Force (IETF) โดยมาตรฐานเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมของ MPLS นี้ ได้ถูกกำหนดไว้ใน RFC 3031 หลักการทำงานของเทคโนโลยี MPLS นั้น จะใช้ การติดป้าย หรือ Label เพื่อใช้ในการพิจารณาส่งต่อ IP packet แทนที่จะใช้ IP address ในการหาเส้นทาง และส่งต่อ IP packet เหมือนในอุปกรณ์ router โดย Label ที่ใช้ในการส่งต่อ IP packet นั้นจะคล้ายกับ การส่งข้อมูลโดยใช้อุปกรณ์ switch ซึ่งการติด Label ให้กับ IP packet จะส่งผลทำให้มีการสวิตช์ IP packet ไปยังเส้นทางที่กำหนด ทำให้สามารถส่งต่อ IP packet ไปยังปลายทางได้รวดเร็วกว่า โดยไม่เสียเวลากับกระบวนการคิดค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวต้องใช้เวลาในการประมวลผลใน



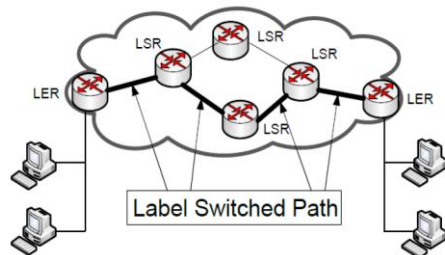
รูปที่ 2. Label Edge Router (LER) และ Label Switching Router (LSR) ในเครือข่าย MPLS

ช่วงหนึ่ง นอกจากนั้นแล้วเทคโนโลยี MPLS ยังสามารถนำไปใช้งานได้กับ หลายๆ Protocol (Multiple Protocol) อาทิเช่น IP, ATM และ Frame Relay โดยในโครงข่าย ATM จะใช้ Label ที่เรียกว่า VPI/VCI และในโครงข่าย Frame Relay จะใช้ Label ที่เรียกว่า DLCI ส่วนใน IP Packet นี้ จะแทรก Label ลงระหว่าง Layer2 Header กับ Layer3 Header โดย Label ที่แทรกนี้จะมีขนาด 32 บิต ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดต่อไป

3.1. องค์ประกอบของเครือข่าย MPLS

ในเครือข่าย MPLS จะประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ขอบของเครือข่ายที่เรียกว่า Label Edge Router (LER) หรือ Provider Edge Router (PE) และ อุปกรณ์ที่อยู่ภายในของเครือข่าย ที่เรียกว่า Label Switching Router (LSR) หรือ Provider Router (P) แสดงดังรูปที่ 2

กลไกการทำงานของ เครือข่าย MPLS จะทำการกำหนดเส้นทางเชื่อมต่อจาก LER ที่ขาเข้าของเครือข่ายไปยัง LER ที่ขาออกของเครือข่าย โดยผ่าน LSR ต่างๆ ภายในเครือข่าย ในลักษณะอุโมงค์ทิศทางเดียว (Unidirectional Tunnel) ซึ่งเรียกว่าเส้นทาง Label Switched Path (LSP) ทั้งนี้ เพื่อให้ Packet ที่ LER ขาเข้า สามารถถูกส่งไปยัง LER ขาออก ผ่านเส้นทางดังกล่าว ในขณะที่ packet เข้าสู่เครือข่าย MPLS ที่ LER ขาเข้า จะพิจารณาจำแนก Packet และกำหนด



รูปที่ 3. Label Switched Path (LSP) ใน MPLS

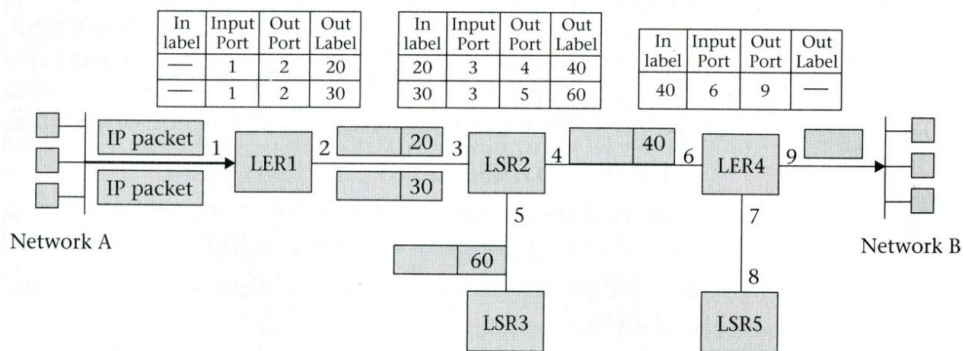
คลาส packet ว่าอยู่ใน Forwarding Equivalence Class (FEC) ไດ และ packet จะต้องถูกส่งไปยัง LER ขาออกที่มี FEC เดียวกัน

3.2. กลไกการทำงานของ MPLS

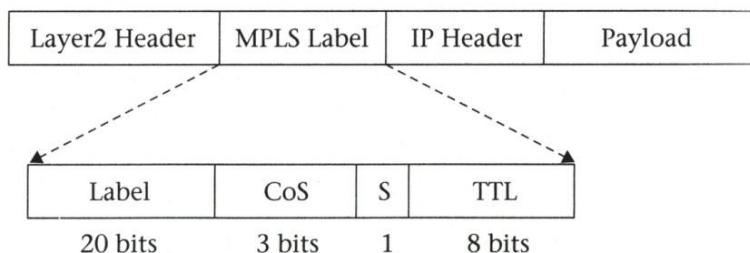
กลไกการทำงานของ MPLS แบ่งได้เป็นสองส่วนได้แก่ การทำงานในการส่งต่อข้อมูล (Forwarding Plane) และ การทำงานในการควบคุม (Control Plane) โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1. การส่งต่อข้อมูล (Forwarding Plane)

การทำงานของ MPLS ในการส่งต่อข้อมูล เป็นกระบวนการส่งต่อ Packet ที่ผ่าน LSR ต่างๆ ตามเส้นทางที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว ทั้งนี้ ในการส่งต่อ Packet จะอาศัยข้อมูลจากสองแหล่ง ได้แก่ ข้อมูล Label จาก MPLS Header บน Packet นั้นๆ และ ข้อมูลในตารางการส่งต่อข้อมูล (Forwarding Table) หรือที่เรียกว่า Label Forwarding Information Base (LFIB) ที่เก็บไว้ที่ Label Switching Router (LSR) แต่ละตัว เมื่อ LSR ได้รับ Packet มา จะพิจารณา Label บน Packet เทียบกับข้อมูล Incoming Label ใน LFIB เพื่อหา Outgoing Label ตามข้อมูลใน LFIB ที่จะใช้ในการส่งต่อ Packet ไปยัง LSR ตัวถัดไป จนกระทั่ง Packet เดินทางไปถึง LER ขาออกของเครือข่าย ตัวอย่างดังรูปที่ 4 โดยรายละเอียดของ MPLS Header แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 4. การส่งต่อข้อมูลจาก Network A ไปยังเครือข่าย Network B



รูปที่ 5. MPLS Header

3.2.2. MPLS Header

MPLS Header มีขนาด 32 บิต ประกอบด้วยฟิลด์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

- Label (20 บิต) เป็นค่าของ Label ที่จะถูกใช้เป็นหลักในการพิจารณาส่งต่อ Packet MPLS
- CoS (Class of Service) มีขนาด 3 บิต เป็นบิตที่เก็บไว้ใช้ในการทดลอง (Experimental Bits) ซึ่งในทางปฏิบัติใช้สำหรับ Class of Service ของ Packet
- Bottom of Stack หรือ S-Bit (1 บิต) ใช้สำหรับบอกว่าเป็น Label สุดท้ายของ Stack หรือไม่

- Time-to-Live (TTL) (8 บิต) ใช้เพื่อไม่ให้เกิด การส่งต่อแบบวนลูป (Forwarding Loop) และสามารถใช้ในการติดตามเส้นทาง (Path Tracing) ได้ด้วย โดยค่าของ TTL จะลดลงทีละหนึ่งในแต่ละฮอป(Hop) ทั้งนี้ Packet จะถูกทิ้งไปเมื่อ TTL = 0

3.2.3. การทำงานในการควบคุม (Control Plane)

การทำงานของ MPLS ในการควบคุม เป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลการควบคุม (Control Information) เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการ จัดเส้นทาง (Routing) และข้อมูลเกี่ยวกับ Label ต่างๆ เพื่อการสร้างเส้นทาง และองค์ประกอบต่างๆที่จำเป็นที่ใช้ใน การทำงานในการส่งต่อ

ข้อมูล ทั้งนี้กระบวนการต่างๆ ในการทำงานในการควบคุมนี้ จะต้องเสร็จสิ้นก่อนที่ การทำงานในการส่งต่อข้อมูลจะเริ่มขึ้นได้

กระบวนการต่างๆ ในการทำงานในการควบคุม ของ MPLS ประกอบด้วย

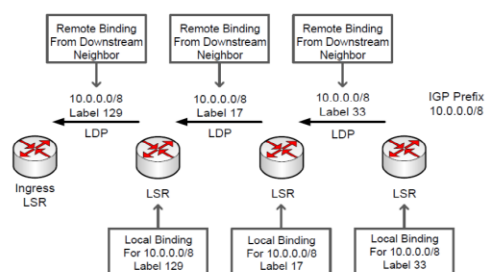
- การสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Label และ FEC (Label Binding)
- การกระจาย ข้อมูล Label Binding ระหว่าง LSR ต่างๆ (Label Distribution)
- การสร้างตาราง Label Forwarding Information Base (LFIB) และเส้นทาง Label Switched Path (LSP)

กระบวนการต่างๆใน การทำงานในการควบคุม ดังกล่าวข้างต้นนี้ LSR ต้องอาศัยการทำงาน ของ Network Layer Routing Protocol ในการ จับคู่ (Mapping) ระหว่าง FEC และ หมายเลขที่อยู่ถัดไป (Next Hop Address) ที่สอดคล้องกัน นอกจากนี้ LSR แต่ละตัวจะทำการสร้าง Label Binding โดยการกำหนด Label และจับคู่ Label ให้กับแต่ละ FEC แล้วจากนั้น ข้อมูลเกี่ยวกับ Label Binding นี้ จะถูกส่งไปยัง LSR อื่นๆ ในเครือข่าย ข้อมูลการจับคู่ทั้งสองดังกล่าวข้างต้น จะเป็นข้อมูลที่จำเป็นในการสร้างตาราง LFIB ต่อไป โดย จะกล่าวโดยละเอียดแต่ละหัวข้อดังนี้

3.2.3.1. Label Binding

Label Binding คือการกำหนดความสัมพันธ์ (Association) ระหว่าง Label กับ FEC โดยที่ Label Binding แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ Local Binding และ Remote Binding

- Local Binding จะเกิดขึ้นเมื่อ LSR หนึ่งๆ เลือก Label เพื่อกำหนดให้แทน FEC ต่างๆ สำหรับทุกๆ เส้นทาง หรือทุกๆ IP Prefix ใน Routing Table ของ LSR นั้น



รูปที่ 6. Local Binding และ Remote Binding

- Remote Binding จะเกิดขึ้นเมื่อ LSR ได้รับข้อมูล Label Binding จาก LSR อื่น ในเครือข่าย

ดังนั้น Label Binding โดยภาพรวมก็คือ เมื่อ LSR แต่ละตัว ทำการสร้างความสัมพันธ์ของ Label โดยการ เลือก Label ให้กับ FEC ต่างๆ จะเรียกว่าเป็น Local Binding ต่อจากนั้น LSR แต่ละ ตัวก็จะส่งข้อมูล Local Label Binding ของตนไปให้แก่ LSR ตัวอื่น จากนั้น เมื่อ LSR นั้นรับข้อมูล Label Binding มา ข้อมูลที่รับมาจาก LSR อื่นนี้ จะเป็น Remote Binding แสดงตัวอย่างการทำงานของ Local และ Remote Binding ดังรูปที่ 6 LSR แต่ละตัวจะเก็บข้อมูลทั้ง Local และ Remote Binding เหล่านี้ไว้ใน ตารางข้อมูล Label ที่เรียกว่า Label Information Base (LIB) ซึ่งข้อมูลใน LIB นี้ ประกอบกับข้อมูลเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) จาก Routing Table จะถูกนำมาใช้ในการสร้าง Label Forwarding Information Base (LFIB) ซึ่งเป็น ตารางการส่งต่อข้อมูลที่ใช้ในการส่งข้อมูลในเครือข่าย MPLS ต่อไป

3.2.3.2. Label Distribution

Label Distribution คือการส่งข้อมูล Label Binding ระหว่าง LSR ต่างๆในเครือข่าย MPLS ซึ่งแนวทางในการ กระจายข้อมูล Label นี้ มี 2 วิธี ได้แก่

- ส่งข้อมูล Label ไปกับ Routing Protocol ที่มีอยู่แล้ว สำหรับแนวทางนี้ วิธีที่ใช้กันอยู่ก็คือการใช้ Border Gateway Protocol (BGP) เพื่อส่งข้อมูล Label ไปพร้อมกับข้อมูล การจัดเส้นทาง (Routing) ซึ่งมักใช้กับ กรณีที่ต้องการสร้างเส้นทาง LSP ข้ามขอบเขตของ Autonomous System (AS) นอกจากนั้นยังมีการขยายเพิ่มเติม Resource Reservation Protocol (RSVP) เพื่อใช้ในการสร้างเส้นทาง LSP ซึ่งมักใช้ในกรณีที่ต้องการทำ Traffic Engineering
- ออกแบบ Protocol ขึ้นมาใหม่ สำหรับใช้ในการส่งข้อมูล Label โดยเฉพาะ เรียกว่า Label Distribution Protocol (LDP) ซึ่ง IETF ได้กำหนดเป็นมาตรฐาน RFC3036 สำหรับแนวทางนี้ โพรโทคอล LDP จะทำ แค่เพียงส่งข้อมูล Label เท่านั้น แต่จะไม่มีหน้าที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทาง (Routing) ในตัวเอง จึงต้องอาศัย Protocol การจัดเส้นทาง แบบ Interior Gateway Protocol (IGP) ในการจัดเส้นทางด้วย แนวทางการใช้ LDP ในการส่งข้อมูล Label นี้ มักจะใช้ในกรณีที่ทั่วไป ที่ไม่ได้มีการข้ามขอบเขตของ Autonomous System และ ไม่ได้ต้องการทำ Traffic Engineering

3.2.3.3. การสร้างตาราง Label Forwarding Information Base (LFIB) และเส้นทาง Label Switched Path (LSP)

เมื่อ LSR แต่ละตัวเก็บข้อมูล Label Binding ทั้งหมด ทั้ง Local และ Remote Binding ไว้ในตาราง Label Information Base (LIB) จากนั้น LSR แต่ละตัวจะสร้าง ตาราง Label Forwarding Information Base (LFIB) ขึ้น ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล Incoming Label และ Outgoing Label สำหรับ FEC ต่างๆ

โดยข้อมูล Incoming Label จะเป็นข้อมูล Local Binding ของ LSR ตัวนั้นๆ ในขณะที่ Outgoing Label

จะเป็นข้อมูลที่เลือกมาจาก Remote Binding ทั้งหมดที่เป็นไปได้จากตาราง LIB โดยจะเลือกที่เหมาะสมเพียงอันเดียว โดยหลักเกณฑ์ ที่ใช้ในการเลือก Label จาก Remote Binding ที่เหมาะสม จะพิจารณาจากข้อมูลระยะทางที่สั้นที่สุด (Shortest Path) ใน Routing Table

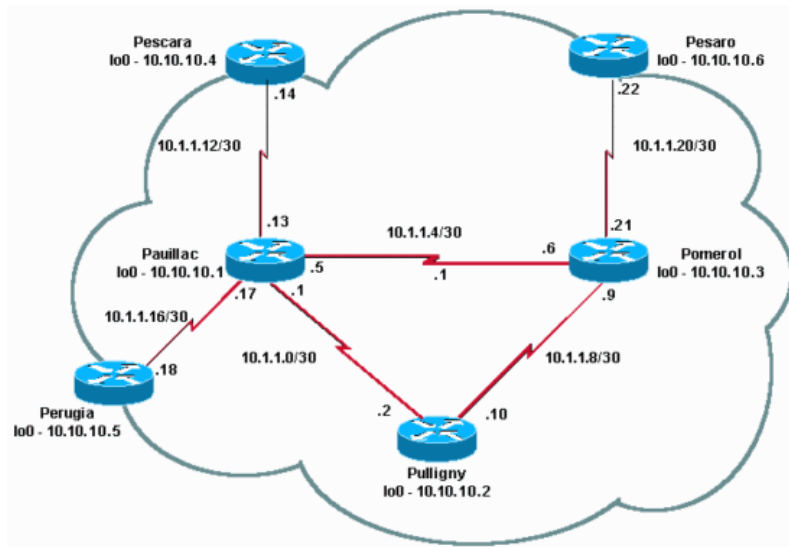
เมื่อ LSR ทุกตัว สร้างตาราง LFIB เสร็จเรียบร้อยแล้ว ข้อมูล Incoming Label และ Outgoing Label ใน LFIB ของแต่ละ LSR ที่อ้างอิงต่อเนื่องกันจะเป็นการกำหนดเส้นทาง Label Switched Path (LSP) โดยการสร้าง LSP แบ่งได้ 2 วิธี

- การสร้าง LSP แบบอิสระ (Independent LSP Control) วิธีนี้ LSR แต่ละตัว จะทำการ Local Binding อย่างอิสระจาก LSR ตัวอื่นๆ โดย LSR แต่ละตัวจะสร้าง Local Binding สำหรับ FEC หนึ่งๆ ทันทีที่พบจาก Routing Table ว่ามี FEC นั้นๆอยู่
- การสร้าง LSP โดยได้รับคำสั่ง (Ordered LSP Control) วิธีนี้ LSR แต่ละตัว จะทำการ Local Binding เมื่อพบว่าตนเองเป็น LSR ขาออกสำหรับ FEC นั้นๆ หรือ ในกรณีที่ LSR นั้นได้รับ Label Binding ของ FEC นั้น มาจาก LSR ตัวถัดไป

4. ตัวอย่างการ Configuration MPLS เบื้องต้น โดยใช้โพรโทคอล OSPF

ในส่วนนี้จะแสดงให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยี MPLS ไปใช้ในเชิงปฏิบัติ ผ่านการ Configuration เครือข่าย MPLS เบื้องต้น โดยใช้โพรโทคอล OSPF ซึ่งเป็นโพรโทคอลที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับการ Configuration ด้วยโพรโทคอลอื่นๆ เช่น IS-IS เป็นต้น

ในเบื้องต้นจะขออธิบายให้เห็นถึงภาพรวมของเทคโนโลยี MPLS ก่อน โดยปกติเครือข่าย MPLS มักจะถูกนำไปใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่ายท้องถิ่นเข้าด้วยกัน โดยภายในเครือข่าย MPLS นั้นจะประกอบไปด้วย Label Switch Routers (LSR) ซึ่งรูปแบบของเครือข่ายจะอยู่ใน



รูปที่ 7. แผนภาพเครือข่าย MPLS

ลักษณะที่ Core LSR ทำการเชื่อมต่ออยู่กับ Edge LSR และทำการส่งผ่าน Packet กันโดยอาศัยกลไกการการแปะ Label ลงไปบน Packet เมื่อผ่านแต่ละ LSR

4.1. วิธีการสร้างเครือข่าย MPLS เบื้องต้น

- Entry ภายใน Routing Table ของ LSR แต่ละตัวที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันจะต้องถูกคิดคำนวณขึ้นมาจาก Interior Gateway Protocol (IGP) โดยในที่นี้จะขอกกล่าวถึง Open Shortest Path First (OSPF) ซึ่งจัดอยู่ในประเภท Link-State Protocol ที่ได้รับความนิยมและถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย
- Label Distribution Protocol (LDP) ถือเป็นโพรโตคอลที่มีความสำคัญอย่างมากในเครือข่าย MPLS โดยจะทำหน้าที่กระจายข้อมูลข่าวสาร (Advertise) การจับคู่กันระหว่าง เส้นทาง (Route) และ Label ไปในเครือข่าย โดยการจับคู่แต่ละครั้งนั้นจะต้องมีการตรวจสอบกับ Routing Table ก่อน ซึ่งถ้าหากพบว่าเส้นทางที่เรียนรู้จาก LDP นั้นได้ถูกเรียนรู้มาก่อนแล้วโดย IGP หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่า มี

entry ของเส้นทางนั้นอยู่ใน Routing Table แล้วต่อนั้นจะทำการสร้าง Label สำหรับ entry ของเส้นทางนั้นขึ้นมา เพื่อนำไปใช้ในการอ้างอิงสำหรับการส่งผ่านข้อมูลบน LSR โดยจะอ้างอิงตามข้อมูลที่จัดส่งเป็นหลัก (Information based)

4.2. กลไกการ Forwarding ของ LSR

- เมื่อ edge LSR หนึ่งๆ ได้รับ Packet ที่ไม่ได้มีการแปะ Label เอาไว้ ในขั้นตอนแรก edge LSR ก็จะนำ Packet นั้นไปทำการตรวจสอบกับ Forwarding Table ของตนเองก่อน หลังจากนั้นก็จะกำหนด Label ให้กับ Packet ที่รับเข้ามานั้น ก่อนจะส่งต่อ (Forwarding) ไปยัง LSR ถัดไป ซึ่งเราจะเรียก LSR ที่ทำหน้าที่เช่นนี้ว่า Ingress LSR หรือ LSR รับเข้า
- เมื่อ Packet ที่มีการแปะ Label โดย Ingress LSR นั้น ถูกส่งมาถึงขารับ (Inbound Interface) ของ Core LSR จากนั้นจะทำการพิจารณาโดยอ้างอิงตามข้อมูลที่จัดส่งเป็นหลัก เพื่อทำการหาหาที่จะใช้ส่ง Packet นั้นออกไป (Outbound Interface) และ

เมื่อพิจารณาหาหาที่จะส่งออกไปได้เรียบร้อยแล้ว จะทำการแกะ Label ที่เป็นของขาที่จะส่ง Packet นั้นออกไปลงบน Packet ด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการส่ง Packet ผ่าน LSR แต่ละตัว Label ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ ตาม Label ของขาออกในแต่ละ LSR

- เมื่อ Packet นั้นถูกส่งมาถึง Router ที่อยู่ก่อน LSR ลำดับสุดท้าย (penultimate hop) ก็จะมีการดึง Label ที่ถูกแกะอยู่บน Packet นั้นออกและทำการส่ง Packet ที่ปราศจาก Label นั้นออกไปยัง egress LSR หรือ LSR ส่งออก เพื่อทำการส่งต่อไปยัง Router ปลายทางที่ติดต่อกับผู้รับต่อไป

4.3. การ Configuration MPLS เบื้องต้น

บทความส่วนนี้จะเป็นการแสดงการ Configuration MPLS โดยจะอ้างอิงตามแผนภาพเครือข่าย (Network Diagram) ดังรูปที่ 7 เพื่อสาธิตการ Configuration MPLS ในเบื้องต้น ซึ่งจะขออ้างอิงคำสั่งในการ Configuration ตามซอฟต์แวร์ Cisco IOS เป็นหลัก เนื่องจากซอฟต์แวร์ดังกล่าวเป็นซอฟต์แวร์ที่ทาง Cisco อนุญาตให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย อีกทั้งชุดคำสั่งที่ใช้ในซอฟต์แวร์ Cisco IOS ก็เป็นชุดคำสั่งที่ปรากฏขึ้นจริงบนอุปกรณ์เครือข่ายของทาง Cisco อีกด้วย ทำให้ผู้อ่านสามารถที่จะจดจำคำสั่งต่างๆ และนำไปทดลอง Configuration บนอุปกรณ์เครือข่ายของจริงได้

4.3.1. แนวทางในการ Configuration MPLS เบื้องต้น

- ทำการออกแบบและสร้างเครือข่ายตามที่ใช้ต้องการ รวมไปถึงทำการกำหนด IP Address ให้กับแต่ละอินเตอร์เฟซของอุปกรณ์เครือข่ายแต่ละตัวด้วย เพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิงในการทำ MPLS Configuration

```
!
version 12.2
!
hostname Pomerol
!
ip subnet-zero
!
ip cef
!
interface Loopback0
ip address 10.10.10.3 255.255.255.255
!
interface Serial2/0
ip address 10.1.1.21 255.255.255.252
tag-switching ip
!
interface Serial3/0
ip address 10.1.1.6 255.255.255.252
tag-switching ip
!
interface Serial4/0
ip address 10.1.1.9 255.255.255.252
tag-switching ip
!
router ospf 10
log-adjacency-changes
network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 9
!
ip classless
!
end
```

รูปที่ 8. แสดงคำสั่งที่ใช้สำหรับการ Configuration MPLS บน LSR ที่ชื่อ Pomerol

- ทำการตรวจสอบ Routing Protocol ที่เลือกใช้ว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ในที่นี้ขอเลือกใช้ OSPF ในการทำ MPLS Configuration
- ทำการเรียกฟังก์ชันที่จะใช้ในการ Configuration โดยพิมพ์คำสั่ง ip cef หรือ ip cef distributed ลงในซอฟต์แวร์ Cisco IOS
- ทำการเปิดใช้งาน MPLS โดยพิมพ์คำสั่ง mpls ip หรือ tag-switching ip (เป็นคำสั่งที่ถูกใช้ใน Cisco IOS รุ่นเก่า) ลงในซอฟต์แวร์ Cisco IOS

4.3.2. การทำ MPLS Configuration ในแต่ละ LSR

- ทำการ MPLS Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ดังรูปที่ 8

จากรูปที่ 8 สามารถอธิบายตามแนวทางในการ Configuration MPLS เบื้องต้นได้ดังนี้ โดยเริ่มแรกจะทำการเรียกฟังก์ชันที่จะใช้สำหรับการ Configuration

ตารางที่ 1. แสดงการกำหนด IP Address ให้กับแต่ละอินเทอร์เฟซในแต่ละ LSR

Interfaces Name	Loopback0	Serial2/0	Serial3/0	Serial4/0	Serial5/0
LSR Name					
Perugia	10.10.10.5/32	10.1.1.18/30	-	-	-
Pescara	10.10.10.4/32	10.1.1.14/30	-	-	-
Pesaro	10.10.10.6/32	10.1.1.22/30	-	-	-
Pulligny	10.10.10.2/32	10.1.1.2/30	10.1.1.10/30	-	-
Pauillac	10.10.10.1/32	10.1.1.13/30	10.1.1.17/30	10.1.1.1/30	10.1.1.5/30

ขึ้นมาก่อนโดยใช้คำสั่ง ip cef จากนั้นทำการกำหนด IP Address ให้กับแต่ละอินเทอร์เฟซของ LSR โดยใช้คำสั่ง ip address ซึ่งในที่นี้มีทั้งหมด 4 อินเทอร์เฟซ แบ่งเป็นอินเทอร์เฟซ loopback 1 อินเทอร์เฟซ และอินเทอร์เฟซอนุกรม (Serial) อีก 3 อินเทอร์เฟซ จากนั้นทำการเปิดใช้งานโพรโตคอล MPLS โดยใช้คำสั่ง tag-switching ip และขั้นตอนสุดท้ายทำการเปิดใช้งานโพรโตคอล OSPF พร้อมทั้งบอก local network ที่เชื่อมต่ออยู่ให้เครือข่ายข้างเคียงได้รับทราบ และนำไปบันทึกลงใน Routing Table โดยใช้คำสั่ง router ospf และ network ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้การ Configuration MPLS ตามแนวทางดังกล่าวบน LSR ที่ชื่อ Perugia Pescara Pesaro Pulligny และ Pauillac ด้วยเช่นเดียวกัน แต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนของการกำหนด IP Address ให้กับแต่ละอินเทอร์เฟซของแต่ละ LSR ซึ่งสามารถแสดงในรายละเอียดได้ดังตารางที่ 1

4.4. ตรวจสอบการ Configuration MPLS

การตรวจสอบการ Configuration MPLS มีจุดประสงค์เพื่อต้องการที่จะตรวจสอบการทำงานของเครือข่าย MPLS ว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ หลังจากผ่านขั้นตอนของการ Configuration มาแล้ว โดยการตรวจสอบ MPLS Configuration ที่จะแสดงดังต่อไปนี้ จะอ้างอิงตามคำสั่งใน Cisco IOS เป็นหลัก

โดยจะขอยกตัวอย่างการตรวจสอบการ Configuration ด้วยการใช้คำสั่ง Show เป็นหลัก เนื่องจากเป็นคำสั่งของซอฟต์แวร์ Cisco IOS ที่จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการ Configuration ต่างๆ ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เช่น ตรวจสอบการกำหนดเส้นทางที่บันทึกอยู่ใน Routing Table ตรวจสอบสถานะและการกำหนด IP Address ให้กับแต่ละอินเทอร์เฟซ ตรวจสอบสถานะและรายละเอียดของโพรโตคอล เป็นต้น ซึ่งคำสั่งที่จะใช้ในการตรวจสอบมีดังนี้

- show show ip cef detail เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานของ Cisco Express Forwarding ว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งยังใช้ในการตรวจสอบการสับเปลี่ยน Tag ว่าสามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้องหรือไม่ด้วย
- show mpls forwarding-table detail เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกดูรายละเอียดใน Forwarding Table ของโพรโตคอล MPLS
- show tag-switching tdp bindings หรือ show mpls ldp bindings เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเรียกดูการทำ label binding สำหรับแต่ละปลายทาง ซึ่งจะทำให้การแสดงทั้ง local binding และ remote binding

```
Pomerol#show ip cef 10.10.10.4 detail
10.10.10.4/32, version 37, cached adjacency to Serial3/0
0 packets, 0 bytes
tag information set
local tag: 18
fast tag rewrite with Se3/0, point2point, tags imposed: {21}
via 10.1.1.5, Serial3/0, 0 dependencies
next hop 10.1.1.5, Serial3/0
valid cached adjacency
tag rewrite with Se3/0, point2point, tags imposed: {21}
```

รูปที่ 9. แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยคำสั่ง show ip cef detail

```
Pomerol#show mpls forwarding-table 10.10.10.4 32 detail
Local   Outgoing   Prefix           Bytes tag   Outgoing     Next Hop
tag     tag or VC  or Tunnel Id     switched    interface
18      21         10.10.10.4/32    0           Se3/0        point2point
MAC/Encaps=4/8, MRU=1500, Tag Stack{21}
0F008847 00015000
No output feature configured
Per-packet load-sharing
```

รูปที่ 10. แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยคำสั่ง show mpls forwarding-table detail

- show ip route เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบการกำหนดเส้นทางที่บันทึกอยู่ใน Routing Table
- show mpls forwarding-table เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบ forwarding table ของโปรโตคอล MPLS

ตัวอย่างการตรวจสอบการ Configuration MPLS โดยจะทำการตรวจสอบกับ LSR ชื่อ Pomerol ที่ทำงานอยู่บนเครือข่าย MPLS

- ทำการตรวจสอบการ Configuration ของ LSR ชื่อ Pomerol โดยใช้คำสั่ง show ip cef detail แสดงดังรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ด้วยคำสั่ง show ip cef detail มีความหมายดังนี้ ในช่วง 2 บรรทัดแรกจะแสดงถึง IP Address ปลายทางที่เราต้องการตรวจสอบ

เวอร์ชันของ Cisco Express Forwarding และชื่ออินเตอร์เฟซของ Pomerol ที่ใช้เป็นทางออกในการส่ง packet ออกไปยังปลายทาง โดยในที่นี้คืออินเตอร์เฟซ Loopback0 ของ LSR ชื่อ Pescara (10.10.10.4) ส่วนในบรรทัดถัดมาจนถึงบรรทัดสุดท้ายจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงหมายเลข tag ที่ถูกกำหนดบน LSR ชื่อ Pomerol (18) รวมทั้งหมายเลข tag (21) และหมายเลข IP address ของ next hop (10.1.1.5) ที่จะทำการส่ง Packet ออกไปยังปลายทาง ซึ่งถูกกำหนดโดยอินเตอร์เฟซ Serial3/0 ด้วย

- ทำการตรวจสอบการ Configuration ของ LSR ชื่อ Pomerol โดยใช้คำสั่ง show mpls forwarding-table detail แสดงดังรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ด้วยคำสั่ง show

```
Pomerol#show tag-switching tdp bindings 10.10.10.4 32
tib entry: 10.10.10.4/32, rev 14
  local binding: tag: 18
  remote binding: tsr: 10.10.10.1:0, tag: 21
  remote binding: tsr: 10.10.10.2:0, tag: 23
  remote binding: tsr: 10.10.10.6:612, tag: 20
```

รูปที่ 11. แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยคำสั่ง show tag-switching tdp bindings

mpls forwarding-table detail มีความหมายดังนี้ ใน ส่วนของคอลัมน์จากซ้ายไปขวาจะเป็นการแสดงให้เห็นถึง หมายเลข tag ที่จะถูกกำหนดลงบน Packet ที่จะถูก ส่งออกไปยังปลายทาง โดย LSR ชื่อ Pomerol (Local tag) ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงหมายเลข tag หรือหมายเลข Virtual Circuit ที่จะถูกกำหนดลงบน Packet โดย อินเทอร์เน็ตขาออก (Outgoing tag or VC) ถัดมาจะ แสดงให้เห็นถึงหมายเลข IP address ปลายทางที่ Packet นั้นจะถูกส่งออกไป (Prefix or Tunnel ID) ถัด มาจะแสดงให้เห็นถึงขนาดของ tag ที่แปะอยู่บน Packet ที่กำลังจะถูกส่งออกไปยังปลายทางผ่านอินเทอร์เน็ตเฟสขา ออกมีหน่วยเป็นไบนารี (Bytes tag switched) มีประโยชน์ ในการใช้พิจารณาแยกแยะได้ว่าข้อมูลนับตั้งแต่ไบนารีใดถึง ไบนารีใดเป็นส่วนของ header และข้อมูลนับตั้งแต่ไบนารีใดที่เป็น ส่วนของข้อมูลที่แท้จริง (payload) ซึ่งในที่นี้มีค่าเป็น 0 ไบนารี เนื่องจากยังไม่มีกรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทาง กับปลายทางเลย ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงชื่ออินเทอร์เน็ตเฟส ขาออกที่จะส่ง Packet ออกไปยังปลายทาง (Outgoing interface) และในคอลัมน์สุดท้ายจะแสดงให้เห็นถึง รูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอินเทอร์เน็ตเฟสขาออกของ LSR ที่ชื่อ Pomerol กับอินเทอร์เน็ตเฟส Next hop ของ LSR ที่ ชื่อ Pauillac ซึ่งในที่นี้เป็นแบบ point2point หมายความว่า ทำการเชื่อมต่อถึงกันแบบจุดต่อจุดหรือ เชื่อมต่อถึงกันโดยตรงกับอินเทอร์เน็ตเฟสขาออกนั่นเอง

- ทำการตรวจสอบการ Configuration ของ LSR ชื่อ Pomerol โดยใช้คำสั่ง show tag-switching tdp bindings แสดงดังรูปที่ 11

จากรูปที่ 11 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ด้วยคำสั่ง show tag-switching tdp bindings มีความหมายดังนี้ ในแต่ละบรรทัดจะแสดงให้เห็นถึงการกำหนดหมายเลข tag ลง บน Packet ของ LSR ชื่อ Pomerol สำหรับการไปยังแต่ละเครือข่ายปลายทาง (Remote network) ที่แตกต่างกัน โดยในที่นี้จะมีเครือข่ายปลายทางอยู่ทั้งหมด 3 เครือข่ายด้วยกัน และจะมีการกำหนดหมายเลข tag ลง บน packet ที่แตกต่างกันดังนี้

- สำหรับ packet ที่将被ส่งออกไปยังเครือข่าย ปลายทางที่มีหมายเลข IP Address 10.10.10.1 จะต้อง ถูกกำหนดหมายเลข tag ลงบน packet ด้วยหมายเลข 21
- สำหรับ packet ที่将被ส่งออกไปยังเครือข่าย ปลายทางที่มีหมายเลข IP Address 10.10.10.2 จะต้อง ถูกกำหนดหมายเลข tag ลงบน packet ด้วยหมายเลข 23
- สำหรับ packet ที่将被ส่งออกไปยังเครือข่าย ปลายทางที่มีหมายเลข IP Address 10.10.10.6 จะต้อง ถูกกำหนดหมายเลข tag ลงบน packet ด้วยหมายเลข 20

```
Pomerol#show ip route 10.10.10.4
Routing entry for 10.10.10.4/32
  Known via "ospf 10", distance 110, metric 129, type intra area
  Last update from 10.1.1.5 on Serial3/0, 17:29:23 ago
  Routing Descriptor Blocks:
    * 10.1.1.5, from 10.10.10.4, 17:29:23 ago, via Serial3/0
      Route metric is 129, traffic share count is 1
```

รูปที่ 12. แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยคำสั่ง show ip route

- ทำการตรวจสอบการ Configuration ของ LSR ชื่อ Pomerol โดยใช้คำสั่ง show ip route แสดงดังรูปที่ 12

จากรูปที่ 12 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ด้วยคำสั่ง show ip route มีความหมายดังนี้ เนื่องจากการ Configuration นี้ได้ใช้โพรโทคอล OSPF (Open Shortest Path First) ซึ่งเป็นโพรโทคอลประเภท Dynamic Routing ที่จะทำหน้าที่ในการค้นหาเรียนรู้ และเลือกเส้นทางที่จะใช้ในการติดต่อสื่อสารไปยังแต่ละ LSR ให้เป็นผลสำเร็จ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR จะถูกอ้างอิงตามรายละเอียดของโพรโทคอล OSPF เป็นหลัก โดยในส่วนแรกจะแสดงให้เห็นถึงหมายเลข Process-ID ของโพรโทคอล OSPF ซึ่งถ้าหากต้องการที่จะให้ LSR นั้นๆ อยู่ในเครือข่ายเดียวกันก็จำเป็นที่จะต้องกำหนด Process-ID ให้เหมือนกัน ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงระยะทาง และค่า cost จาก LSR ต้นทาง ซึ่งในที่นี้คือ Pomerol ไปยัง LSR ปลายทาง ถัดมาจะบอกถึงลักษณะการติดต่อสื่อสารไปยังเครือข่ายปลายทางว่าเป็นการติดต่อสื่อสารภายในเครือข่ายเดียวกัน (intra area) หรือเป็นการติดต่อสื่อสารไปยังเครือข่ายที่อยู่ห่างไกล (inter area) ถัดมาจะเป็นการบอกถึงว่า LSR (Router) ดังกล่าวได้มีการรับการอัปเดตโทโปโลยี (Topology) มาจาก LSR (Router) ไต ผ่านทางอินเทอร์เฟซใด และอัปเดตครั้งล่าสุดเมื่อไหร่ ในส่วนสุดท้ายจะแสดงให้เห็นถึง

รายละเอียดของเส้นทางที่ถูกกักกัน (Block) สำหรับการไปยังเครือข่ายปลายทางนั้น ซึ่งจะแสดง IP address อินเทอร์เฟซขาออก (Exit Interface) และค่า Cost ของเส้นทางที่ถูกกักกัน รวมทั้งเวลาที่เส้นทางดังกล่าวถูกกักกันด้วย

- ทำการตรวจสอบการ Configuration ของ LSR ชื่อ Pomerol โดยใช้คำสั่ง show mpls forwarding-table แสดงดังรูปที่ 13

จากรูปที่ 13 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบการ Configuration บน LSR ชื่อ Pomerol ด้วยคำสั่ง show mpls forwarding-table มีความหมายดังนี้ ในส่วนของคอลัมน์จากซ้ายไปขวาจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงหมายเลข tag ที่จะถูกกำหนดลงบน Packet ที่จะถูกส่งออกไปยังแต่ละปลายทาง โดย LSR ชื่อ Pomerol (Local tag) ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงหมายเลข tag หรือหมายเลข Virtual Circuit ที่จะถูกกำหนดลงบน Packet โดยอินเทอร์เฟซขาออก (Outgoing tag or VC) ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงหมายเลข IP address ปลายทางที่ Packet นั้นจะถูกส่งออกไป (Prefix or Tunnel ID) ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงขนาดของ tag ที่ปะอยู่บน Packet ที่กำลังจะถูกส่งออกไปยังปลายทางผ่านอินเทอร์เฟซขาออก มีหน่วยเป็นไบนารี (Bytes tag switched) ถัดมาจะแสดงให้เห็นถึงชื่อของอินเทอร์เฟซขาออกที่จะส่ง Packet ออกไปยังปลายทาง (Outgoing interface) และในคอลัมน์สุดท้ายจะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างอินเทอร์เฟซขาออกของ LSR ที่ชื่อ Pomerol กับ

```
Pomerol#show mpls forwarding-table
```

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes tag switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop tag	10.1.1.12/30	636	Se3/0	point2point
17	Pop tag	10.10.10.1/32	0	Se3/0	point2point
18	21	10.10.10.4/32	0	Se3/0	point2point
19	Pop tag	10.1.1.0/30	0	Se4/0	point2point
	Pop tag	10.1.1.0/30	0	Se3/0	point2point
20	Pop tag	10.10.10.6/32	612	Se2/0	point2point
21	Pop tag	10.1.1.16/30	0	Se3/0	point2point
22	16	10.10.10.5/32	0	Se3/0	point2point
23	Pop tag	10.10.10.2/32	0	Se4/0	point2point

รูปที่ 13. แสดงคำสั่งและผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบด้วยคำสั่ง show mpls forwarding-table

อินเทอร์เน็ต Next hop ของแต่ละ LSR ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างกันในรูปแบบ point2point และจะสังเกตได้ว่าการแสดงผลลัพธ์ของคำสั่ง show mpls forwarding-table นั้นมีความคล้ายคลึงกับการแสดงผลลัพธ์ของคำสั่ง show mpls forwarding-table detail แต่ว่าคำสั่ง show mpls forwarding-table นั้นจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงภาพรวมทั้งหมดของทุกเครือข่ายปลายทาง มิได้เจาะจงลงไปในเครือข่ายใดเครือข่ายหนึ่งโดยเฉพาะ ดังเช่นในคำสั่ง show mpls forwarding-table detail

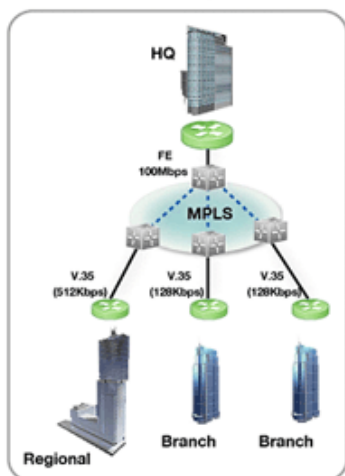
5. การนำ MPLS มาใช้ในองค์กรทั่วไป

ในปัจจุบันผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) ต่างก็ได้มีการเปิดให้บริการหลากหลายรูปแบบ อาทิเช่น Lease Line (เทคโนโลยีเครือข่ายส่วนบุคคลที่มักติดต่อสื่อสารกันผ่านใยแก้วนำแสงสำหรับการรับ-ส่งสัญญาณภาพ เสียง และข้อมูล ระหว่างสถานที่ที่อยู่ห่างไกลกันได้อย่างสะดวก รวดเร็ว แม่นยำ และปลอดภัยจากการละเมิดข้อมูล) ADSL (เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและเครือข่ายระยะไกลได้ด้วยความเร็วสูง โดยใช้คู่สายโทรศัพท์ธรรมดา) รวมไปถึง MPLS ด้วย โดยจะมีการคิดอัตราค่าบริการที่แตกต่างกันออกไป แต่เดิมนั้นการให้บริการเช่าใช้ Lease Line จะมี

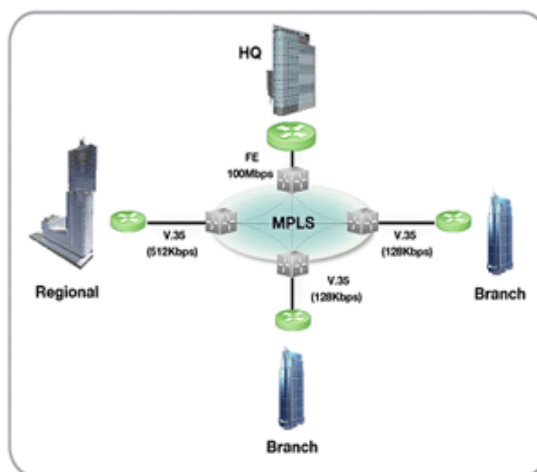
ราคาแพงกว่าการให้บริการรูปแบบอื่นอยู่มากพอสมควร เนื่องจากผู้ให้บริการจำเป็นต้องจองคู่สายนั้นๆ ไว้ตลอด เพื่อให้บริการกับผู้ใช้รายหนึ่งๆ ซึ่งการให้บริการในรูปแบบนี้ แม้จะสามารถการันตีคุณภาพในการให้บริการกับผู้ใช้แต่ละรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็ไม่ค่อยที่จะได้รับความนิยมและนำไปใช้ในองค์กรภาคธุรกิจมากเท่าที่ควร แต่สำหรับการให้บริการในรูปแบบ MPLS นั้น จะเป็นการแชร์การใช้งานร่วมกับผู้อื่น ภายในคู่สายหนึ่งๆ จึงทำให้มีอัตราค่าบริการที่ถูกกว่า เมื่อเทียบกับการใช้บริการในรูปแบบเช่าใช้ Lease Line จากข้อได้เปรียบดังกล่าว จึงส่งผลให้เทคโนโลยี MPLS ได้รับความนิยมอย่างมากและมีการนำไปใช้กันอย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้นในองค์กรภาคธุรกิจในปัจจุบัน

สำหรับการนำ MPLS มาใช้งานในองค์กรนั้น โดยทั่วไปจะนำมาใช้เป็นเครือข่ายส่วนตัว (Private Network) สำหรับองค์กรขนาดกลางและใหญ่ซึ่งมีความต้องการเชื่อมต่อสำนักงานสาขาที่กระจายอยู่ทั่วประเทศ โดยให้บริการผ่านโครงข่ายหลัก (Core Network) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้องค์กรทางธุรกิจตัดสินใจนำเทคโนโลยี MPLS มาใช้ในองค์กร เนื่องจากเทคโนโลยี MPLS จะช่วยให้องค์กรเชื่อมต่อกันภายในได้ด้วยเครือข่ายส่วนตัวเสมือน (Virtual Private Network: VPN) ที่มีการรับรองคุณภาพการให้บริการ (QoS: Quality of Service) มี

BS: Point-to-Multipoint Service



BS: Full Mesh Service



รูปที่ 14. แสดงการให้บริการโดยใช้เทคโนโลยี MPLS ในรูปแบบต่างๆ ของทางบริษัท ยูไนเต็ด อินฟอร์เมชั่น ไฮเวย์ จำกัด

ความเร็วในการรับส่งข้อมูล มีความน่าเชื่อถือ สามารถสนับสนุนการใช้งานจากระยะไกลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรองรับการนำไปใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ได้แก่ การรับส่งข้อมูล ภาพ เสียง หรือโปรแกรมประยุกต์ภายในองค์กร (Application Program) โดยเฉพาะที่ข้องเกี่ยวกับ Voice และ Video เป็นต้น

5.1. ตัวอย่างขององค์กรที่นำเทคโนโลยี MPLS ไปใช้สำหรับการให้บริการ

บริษัท ยูไนเต็ด อินฟอร์เมชั่น ไฮเวย์ จำกัด ถือเป็นหนึ่งในผู้ให้บริการเครือข่ายอินเทอร์เน็ตรายแรกๆ ที่ได้นำเทคโนโลยี MPLS มาผนวกเข้ากับการให้บริการในรูปแบบเดิม โดยในช่วงแรกทางบริษัทได้ทำการปรับองค์ประกอบและโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ทางด้าน Hardware ด้วยการสั่งซื้ออุปกรณ์ค้นหาเส้นทาง (Router) รุ่น IGX 8400 ซึ่งเป็นอุปกรณ์เครือข่ายที่มีคุณสมบัติในการรองรับการทำงานของโปรโตคอล MPLS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้กับโครงข่ายการให้บริการ MPLS ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การ

ให้บริการในรูปแบบ Point-to-Multipoint หรือแม้กระทั่งการให้บริการในรูปแบบ Full Mesh เป็นต้น ซึ่งสามารถแสดงรูปแบบการให้บริการดังกล่าวได้ดังรูปที่ 14 นอกจากนี้ทางบริษัทก็ยังได้ทำการวางระบบและเดินสายสัญญาณสำหรับที่จะใช้ในการให้บริการขึ้นมาใหม่ทั้งหมด ซึ่งสายสัญญาณที่นำมาใช้นั้นมีแบนด์วิดท์สูงถึง 100 Gbps และทำให้โครงข่ายมีความสามารถที่จะรองรับผู้ใช้งานได้มากสูงสุดถึง 100 รายพร้อมๆ กัน โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับการให้บริการผู้ใช้งานรายอื่นๆ อีกด้วย จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น การนำเทคโนโลยี MPLS มาให้บริการก็ยังคงจะช่วยทำให้บริษัทสามารถขยายฐานลูกค้าและเพิ่มรูปแบบการให้บริการให้มีความหลากหลายได้มากยิ่งขึ้น อาทิเช่น สามารถให้บริการการเชื่อมต่อแบบ Point-to-Multipoint ได้ทุกระดับความเร็วตามที่ผู้ใช้งานต้องการ (On-demand Services), สามารถรองรับการประยุกต์ใช้งานกับโปรโตคอลได้หลากหลายรูปแบบ เช่น IP, IPX, DECNET, SNA รวมทั้งยังจะช่วยทำให้สามารถรองรับบริการโปรแกรมประยุกต์ (Application) ต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้น เช่น Media Streaming, Voice

management, VOIP, Video conference เป็นต้น และสามารถจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ในการให้บริการผ่านระบบจัดการ QoS (Quality of Service) ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีกด้วย [8] ซึ่งจะเห็นได้ว่าการนำเทคโนโลยี MPLS เข้ามาให้บริการผู้ใช้งานหรือองค์กรภาคธุรกิจนั้นจะเป็นการช่วยเพิ่มรายได้ให้กับผู้ให้บริการได้อย่างมหาศาลเลยทีเดียว

6. บทสรุป

บทความนี้จึงเป็นบทความวิชาการที่แนะนำเทคโนโลยี MPLS โดยเทคโนโลยี MPLS นี้จะอาศัยหลักการ การใส่ป้ายชื่อ หรือ Label เข้าไปใน IP packet เพื่อใช้ในการพิจารณาส่งต่อ IP packet ให้มีความรวดเร็วมากขึ้นโดยไม่เสียเวลากับ กระบวนการคิดค้นหาเส้นทางในอุปกรณ์เราเตอร์ ซึ่งกลไกการทำงานของ MPLS แบ่งได้เป็นสองส่วนได้แก่ การทำงานในการส่งต่อข้อมูล และการทำงานในการควบคุม ทำงานร่วมกันเพื่อให้ส่งต่อข้อมูลมีความรวดเร็ว นอกจากนี้ในบทความนี้ ยังแสดงให้เห็นถึงการตั้งค่าเครือข่าย MPLS เบื้องต้น โดยใช้โปรโตคอล OSPF และยังกล่าวถึงการนำเทคโนโลยี MPLS ไปใช้ในองค์กร นอกจากนี้แล้วผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) ก็มีการเปิดให้บริการเทคโนโลยี MPLS กันอย่างกว้างขวางและเริ่มเป็นที่นิยมใช้งานในองค์กรต่างๆ

- [3] I. Papelnjak and J. Guichard, *MPLS and VPN Architectures*, 1st ed. Indianapolis: Cisco Press, 2012.
- [4] B. S. Davie and Y. Rekhter, *MPLS: Technology and Applications*, 1st ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- [5] U. N. Black, *MPLS and Label Switching Networks*, 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
- [6] B. S. Davie and A. Farrel, *MPLS : Next Steps*, 1st ed. San Francisco: Morgan Kaufmann Publisher, 2008.
- [7] E. Osborne and A. Simha, *Traffic Engineering with MPLS*, 1st ed. Indianapolis: Cisco Press, 2002.
- [8] บริษัท ยูไนเต็ด อินฟอร์เมชั่น ไฮเวย์ จำกัด การให้บริการ MPLS. (ม.ป.ป.). ค้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2556, จาก <http://www.uir.co.th/product/detail/337?sub1=MPLS>

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Elahi and M. Elahi, *Data Network and Internet Communication Technology*, 3rd ed. New York: Thomson Delmar Learning, 2008.
- [2] L. D. Ghein, *MPLS Fundamentals*, 1st ed. Indianapolis: Cisco Press, 2007.