Multicast Testbed, Technical Report 1

ภัทระ เกียรติเสวี
อังคณา อังคลักขณา
เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนวงศ์
ไปรมาศ เตชัสหงส์
หน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายคอมพิวเตอร์
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
กุมภาพันธ์ 2542

I. บทคัดย่อ

เทคโนโลยีเครือข่ายแบบ Multicast บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้มีการวิจัย และพัฒนากันมาเป็นระยะเวลาพอสมควร ปัจจุบัน อยู่ในขั้นที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง เหมาะที่จะนำมาใช้ในการรับ, ส่งข้อมูลประเภทมัลติมีเดีย เช่น เสียง หรือวิดิโอ บทความนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยี Multicast, เครือข่าย Multicast ของโลกที่ชื่อว่า MBone, การใช้งานซอฟต์แวร์รับ/ส่งข้อมูลมัลติมีเดียบนเครือข่าย Multicast และรายงานการทำงานของเนคเทค ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี Multicast และ MBone รวมถึงแนวทางการพัฒนาในอนาคต

II. พื้นฐานเทคโนโลยี

- **เทคโนโลยี Multicast บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (IP)**

การรับส่งข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถแบ่งตามลักษณะของผู้ส่ง/ผู้รับได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ Unicast, Broadcast และ Multicast โดย Unicast ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการส่งข้อมูลจาก host หนึ่งไปยังอีก host หนึ่ง (ความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง), Broadcast ใช้สำหรับส่งข้อมูลจาก host หนึ่งไปยัง**ทุก**ๆ host ใน LAN วงเดียวกัน (คล้ายการกระจายเสียงของวิทยุ หรือโทรทัศน์ บ้านไหนๆ ก็รับได้)ส่วน Multicast นั้นถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการส่งข้อมูลจาก host หนึ่งไปยัง host ปลายทาง**บาง** host (ไม่ใช่ host เดียว แต่ก็ไม่ทั้งหมด) ข้อมูลที่จะส่ง จะถูกส่งเพียงชุดเดียวแล้วสามารถกระจายไปได้ยังปลายทางหลายๆ host

ดังนั้นในการส่ง packet แบบ IP Multicast จึงเหมาะสมกับ application ที่มีผู้รับปลายทางหลายๆ host อาทิเช่น การกระจายเสียง/ภาพ การประชุม สัมมนา, การทำ Video and Audio Conferencing สำหรับการประชุมทางไกล, การส่งข้อความถึงกันภายในองค์กร และการเรียนการสอนทางไกล เป็นต้น

- **Class D Addressing**

IP Address ใน Class A, B และ C จะถูกใช้สำหรับ Unicast ส่วน Class D จะสงวนไว้สำหรับ Multicast IP Address ที่อยู่ใน Class D จะมี 4 บิตหน้าเป็น “1110” ดังนั้นค่า Address ของ Class D จะอยู่ในช่วง 224.0.0.0 ถึง 239.255.255.255 เครื่องคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ที่สนับสนุน Multicast ก็จะมี Unicast IP Address ตามปกติ และยังจะรับข้อมูลที่มี Destination ปลายทางไปยัง Class D IP Address ที่ตัวเองเป็นสมาชิกด้วย การที่ host ใดๆ จะรับข้อมูลจาก Class D IP Address ไหน (บางทีเรียกว่า Multicast Group) ก็จะต้องสมัครเป็นสมาชิกของกลุ่มนั้นๆ โปรโตคอลที่ใช้ในการควบคุมการเป็นสมาชิกของ แต่ละกลุ่ม (Multicast Group) ก็คือ IGMP (Internet Group Message Protocol-ซึ่งจะกล่าวต่อไป)

ผู้ที่ดูแลการใช้งานของ Class D IP Address (Internet Assigned Number Authority, IANA) ได้แบ่งส่วนการใช้งานใน Class D ไว้ดังนี้

224.0.0.0	สงวนเอาไว้
224.0.0.1 - 224.0.0.255	สงวนไว้สำหรับการทำ Routing protocol และอื่นๆ
224.0.0.1	ทุกๆ host ที่สนับสนุน Multicast ใน subnet
224.0.0.2	ทุกๆ Multicast router ใน subnet
224.0.0.4	ทุกๆ DVMRP router
224.0.0.5	ทุกๆ OSPF router
239.0.0.0 - 239.255.255.255	สงวนไว้สำหรับใช้ในเครือข่ายภายใน

- **Internet Group Management Protocol (IGMP)**

  เป็นโปรโตคอลใช้ในการควบคุมบริหารงาน การเป็นสมาชิกของแต่ละ Multicast Group ในเครือข่าย LAN หนึ่งๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการทำ IP multicast routing (ซึ่งจะกล่าวต่อไป) โดยจะมี host ใด host หนึ่ง (มักเป็น Multicast Router) ทำหน้าที่เป็น querier ถ้าหากในวง LAN นั้นๆ มี router มากกว่า 1 ตัว จำเป็นต้องมีตัวหนึ่งถูกเลือกขึ้นมาเป็น "querier" multicast router IGMP มีเวอร์ชั่น 1,2 และ 3

  - IGMP Version 1

    multicast router จะส่ง Host Membership Query ไปหา host ทุกตัวในวง LAN ด้วยค่า address 244.0.0.1 และมี TTL = 1 จากนั้น host จะส่ง Host Membership Report ไปยัง router เพื่อรายงาน group address multicast โดย router ไม่จำเป็นต้องทราบ host ทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่ม ต้องการรู้แต่เพียงว่ามี host อย่างน้อย 1 ตัวที่ยังอยู่ในกลุ่มนั้นๆ ถ้าหากว่า multicast router ไม่ได้รับ Report กลับมาหลังจากที่ Query ไปก็จะตัดกลุ่มนั้นออกไปจาก list

  - IGMP Version 2

    สิ่งที่เหนือกว่า IGMP Version 1 ก็คือ ในกรณีที่มี router มากกว่า 1 ตัวในวง LAN จะเลือกตัว multicast querier จากตัวที่มีค่า IP Address ต่ำที่สุด ซึ่งใน version 1 ตัดสินใจโดย multicast routing protocol และเมื่อ host ตัวสุดท้ายส่ง Leave Group message มาบอกกับ router ทุกตัวว่าจะออกจากกลุ่ม router ก็จะบอกด้วย Group-Specific Query กลับไปว่าได้รับ message แล้ว ถ้าหากว่าไม่มี report ตอบกลับมาก็จะเอากลุ่มนั้นออกไปจาก list

  - IGMP Version 3

    ใน version นี้ support Group-Source Report กล่าวคือ host สามารถเลือกได้ว่าต้องการรับข้อมูลจาก source ใดบ้าง ซึ่งเป็นผลทำให้ประหยัด bandwidth

- **Multicast Router**

  หากการใช้งาน Multicast อยู่ในเครือข่ายเพียงเครือข่ายเดียว ก็ไม่จำเป็นต้องมี Multicast Router แต่หากอยู่คนละเครือข่ายกัน (คนละ SubNet กัน) IP Router จะไม่ทำการส่งต่อข้อมูล Multicast ให้ (จะส่งต่อเฉพาะ Unicast เท่านั้น) จึงต้องมี อุปกรณ์ Multicast Router เพื่อทำหน้าที่นี้แทน Multicast Router จะเชื่อมต่อกับ Multicast Router อื่นๆ โดยสร้างเส้นทางเสมือนระหว่างกลุ่มถึงกัน ซึ่งเรียกว่า tunnel

โดย tunnel ที่สร้างขึ้นจะอนุญาตให้ข้อมูลแบบ multicast สามารถวิ่งผ่านเส้นทางที่ไม่สนับสนุน IP Multicast ได้ โดยข้อมูลที่วิ่งใน tunnel จะเป็นข้อมูล Multicast ที่ถูกห่อหุ้มด้วย Unicast ทำให้สามารถส่งผ่านไปบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มี IP Router ธรรมดาได้ เมื่อ Multicast Router ที่อีกปลายด้านหนึ่งของ tunnel ได้รับข้อมูลก็จะแกะห่อนำข้อมูล Multicast ที่อยู่ภายในออกมา

- **Multicast Backbone (MBone)**

  MBone เป็นเครือข่าย Multicast ของโลก ซึ่งแท้จริงแล้วก็คือการเชื่อมต่อกัน (ด้วย Tunnel) ของ Multicast Router ต่างๆ ที่กระจายอยู่ทั่วโลก คล้ายกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เป็นการเชื่อมต่อของ IP Router ทั่วโลกนั่นเอง เครือข่าย MBone มีลักษณะคล้ายเป็นเครือข่ายเสมือน (Virtual Network) ที่ซ้อนอยู่บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต อีกที

- **Multicasting Routing Protocol**

  เมื่อมีหลายๆ Multicast Router มาต่อโยงกัน มีความซับซ้อน ก็จำเป็นต้องมีข้อกำหนดที่จะทำให้ข้อมูลต่างๆ วิ่งระหว่าง Multicast Router เหล่านี้อย่างราบรื่น เรียกว่า Multicast Routing Protocol เช่นเดียวกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่ต้องมี Routing Protocol เช่น RIP, BGP, OSPF เป็นต้น
  Routing Protocol ที่ใช้กันแพร่หลายในเครือข่าย Multicast คือ DVMRP (ที่ปัจจุบันเครือข่าย MBone ใช้อยู่) และ PIM

  - **Distant Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP)**

    เป็นโปรโตคอลสำหรับการหาเส้นทางและการส่งต่อ Multicast Packet ด้วยวิธีการ Reverse Path Multicasting (RPM) DVMRP เป็นโปรโตคอลที่สนับสนุนการทำ Tunnelling ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่าง Multicast Router สองตัว ผ่าน Router ต่างๆ ทั้งที่สนับสนุนและไม่สนับสนุนการเลือกเส้นทางแบบ Multicast นอกจากนี้ DVMRP ใช้การกำหนดค่า Time to live (TTL) (ซึ่งถูกระบุอยู่ในส่วนหัวของ Unicast IP Packet ที่ถูกใช้ห่อหุ้ม Multicast Packet) มาใช้ในการจำกัดบริเวณในการส่งต่อของ Multicast Packets เมื่อผ่าน Multicast Router แต่ละ hop ค่า TTL จะถูกลดไปทีละหนึ่ง ค่า TTL ที่สูงย่อมทำให้ส่งข้อมูลไปได้ไกล การกำหนดค่า TTL สามารถดูได้จากตารางที่ 1

TTL	Scope
0	Restricted to the same host
1	Restricted to the same subnetwork
15	Restricted to the same site
63	Restricted to the same region
127	Worldwide
191	Worldwide; limited bandwidth
255	Unrestricted in scope

ตารางที่ 1 ขอบเขตการใช้งานของแต่ละค่า TTL ที่ใช้เครือข่าย Multicast

- **Multicast Extensions to OSPF (MOSPF)**

  OSPF เป็นโปรโตคอลหาเส้นทางแบบปรับตามสภาพความเป็นไปของโทโปโลยี Router แต่ละตัวมีศักยภาพในการคำนวณตารางการหาเส้นทางได้ด้วยตนเอง การเลือกเส้นทางขึ้นมาใช้งานจะเลือกทุกๆ เส้นทางที่ดีที่สุด ทำให้สามารถแบ่งเบาการจราจรของข้อมูลได้ และสำหรับโปรโตคอล MOSPF ก็เป็นการพัฒนามาจากโปรโตคอล OSPF ของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้มีความสามารถในการหาเส้นทางสำหรับการจราจรของข้อมูล Multicast IP ได้

  โปรโตคอล MOSPF ต่างจาก DVMRP เนื่องจากไม่สนับสนุนการทำ Tunnelling แต่จะสนับสนุนการหาเส้นทางแบบ Hierarchical โดยอาศัยการแบ่งเขตของ Internet ออกเป็น Autonomous System (AS) และแต่ละ AS จะถูกแบ่งย่อยออกเป็น Areas

- **Protocol-Independent Multicast (PIM)**

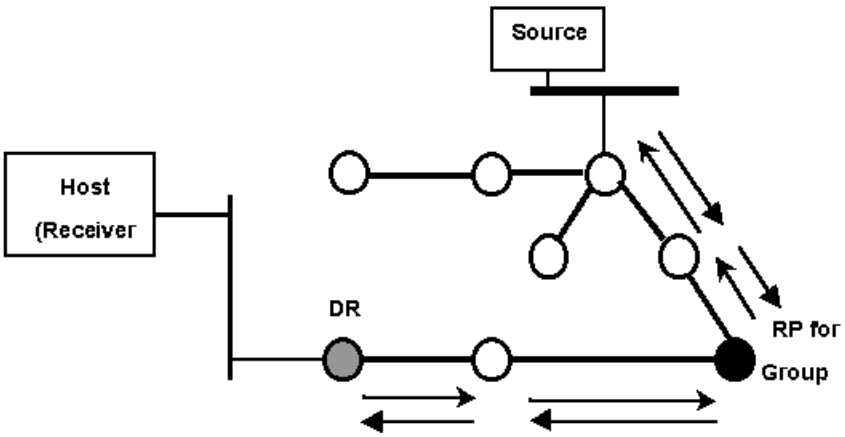
  เป็น Multicast Routing Protocol ที่สามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องผูกติดกับการทำงานของ Unicast Routing Protocol PIM ถูกออกแบบมาสำหรับเครือข่ายที่มีการจราจรของข้อมูลทั้งแบบหนาแน่น ซึ่งจะใช้ PIM-Dense Mode (PIM-DM) และแบบเบาบาง ซึ่งใช้ PIM-Sparse Mode (PIM-SM)

  - PIM-Dense Mode (PIM-DM)

    มีกลไกลการทำงานคล้าย DVMRP แต่ไม่ยึดติดกับวิธีการหาเส้นทางแบบ Unicast ใด ๆ ซึ่งต่างจาก MOSPF ที่ต้องอาศัย OSPF Link State Database และ DVMRP ซึ่งต้องอาศัยการทำงานคล้าย RIP (Routing Information Protocol) ในการสร้าง Unicast Routing Table ใน PIM-DM จะทำการส่งต่อ Multicast Packet ไปยังทุก Router Interface ที่เหลือ จนกระทั่งได้รับ Prune Message ส่งกลับมาเพื่อให้หยุดส่งต่อสำหรับ Interface นั้น ๆ ในขณะที่ DVMRP จะส่งต่อ Multicast Packet ไปยังโหนดลูก (Child Node) ตามโครงสร้างต้นไม้ ซึ่งจะมี Overhead ในการที่จะคำนวณหา Child Interface ที่ Router แต่ละตัว และ PIM-DM จะใช้การคัดลอกของข้อมูล (Packet Duplication) ส่งผลให้ไม่จำเป็นต้องพึ่งพา Routing Protocol ใด ๆ และเช่นเดียวกันกับ DVMRP ใน PIM-DM ยังคงมีการ Graft

  - PIM-Sparse Mode (PIM-SM)

    มีการทำงานตรงข้ามกับ PIM-DM คือในการส่งต่อ Multicast Packet นั้น Router ที่ต้องการจะได้รับข้อมูล Multicast Group ใดๆ จะต้องทำการประกาศตนว่าต้องการรับก่อน จึงจะส่งไป แต่ในกรณี PIM-DM จะส่งข้อมูลทั้งหมดต่อไปยังทุก Router ยกเว้นที่มีการส่ง Prune Message กลับมาว่าไม่ต้องการรับ นอกจากนี้ ใน PIM-SM จะมีการใช้ Rendezvous Point (RP) เริ่มจากเมื่อมี Source เกิดขึ้นใหม่ จำเป็นต้องทำการส่ง PIM-SM-Register Message ไปแจ้ง RP ถึง Group ที่เกิดขึ้นใหม่นั้น และเมื่อมี Host ใดต้องการรับ Multicast Packet ก็จะทำการส่ง IGMP Message ไปบอก Designated Router (DR) ซึ่งเป็น Router ที่มีค่า IP สูงสุดในเครือข่ายย่อยนั้น นอกจากนี้ DR ยังมีหน้าที่รับผิดชอบการส่ง Join / Prune Message ไปยัง RP ด้วย หลังจากที่ DR ได้รับ IGMP Message ก็จะทำการส่ง PIM-Join Message ไปให้ RP ของ Group ที่ต้องการเพื่อส่งต่อไปยัง Source จากนั้น Source ก็จะส่ง Multicast Packet กลับมาให้แก่ RP ไปยัง DR และ Member Host ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การทำงานของ PIM-SM

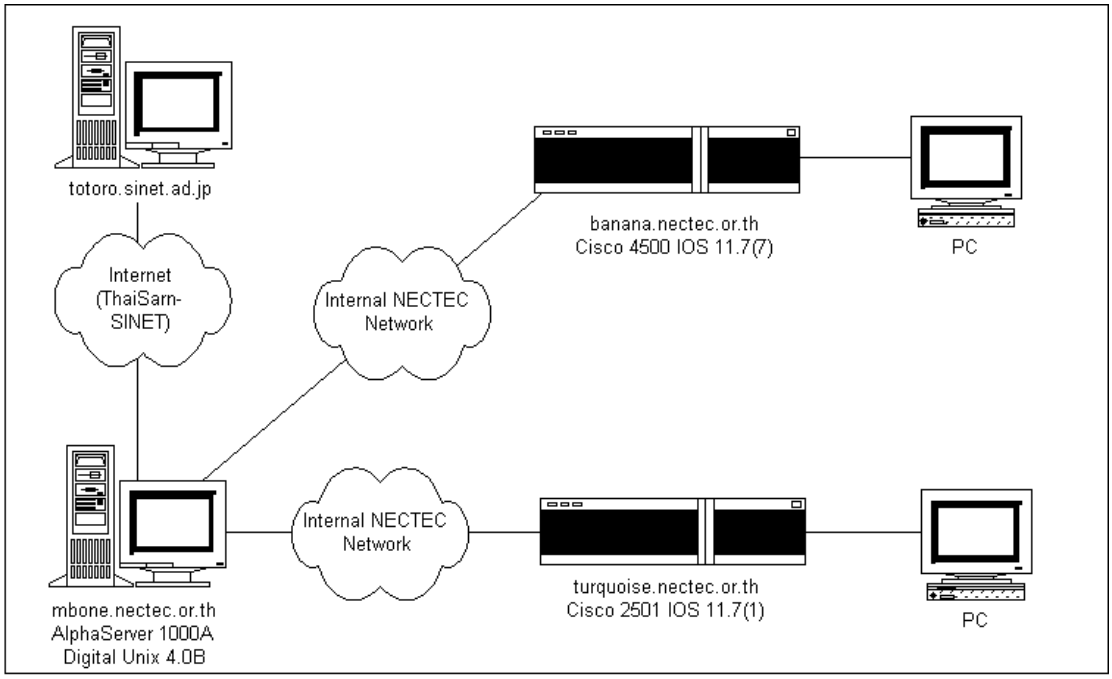
ปัจจุบันเครือข่าย MBone ใช้ DVMRP เป็น Multicast Routing Protocol แต่ PIM ก็ถูกใช้งานแพร่หลายเช่นกัน ซอฟต์แวร์ที่สนับสนุน DVMRP คือ mrouted ซึ่งสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Unix ทั่วไป ส่วน Cisco Router จะสนับสนุน PIM Cisco Router ไม่สามารถทำหน้าที่เป็น DVMRP Multicast Router โดยตรงได้ แต่สามารถเชื่อมต่อกับ DVMRP Router และส่งข้อมูลต่อโดยใช้ PIM ได้ Linux Kernel Version 2.1 และ 2.2 จะสนับสนุน PIM ด้วย ท่านสามารถใช้ PIM ภายในหน่วยงานของท่าน และเชื่อมต่อ (Uplink) ไปยังเครือข่าย MBone โดยใช้ DVMRP ได้

III. บทบาทและกิจกรรมของเนคเทคในด้านเทคโนโลยี Multicast

เนคเทค ได้ทำการติดตั้ง Multicast Router ที่ชื่อว่า mbone.nectec.or.th และสร้าง Tunnel เพื่อเชื่อมกับเครือข่าย MBone ของโลกโดยต่อเข้ากับ Multicast Router ของ SINET ประเทศญี่ปุ่น ที่ชื่อว่า totoro.sinet.ad.jp ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 ผ่านวงจรสื่อสารขนาด 2 Mbps ที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายไทยสาร และ SINET (ได้รับความสนับสนุนจาก SINET ประเทศญี่ปุ่น)

Multicast Router ที่เชื่อมต่อกับเครือข่าย MBone จะต้องสนับสนุน DVMRP Multicast Routing Protocol เราสามารถสร้าง Multicast Router ได้ 2 วิธี คือ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Unix (เช่น Linux, FreeBSD, Compaq (Digital) Unix, Sun Solaris) และซอฟต์แวร์ mrouted (DVMRP) หรือ ใช้ อุปกรณ์ Router ที่สามารถทำหน้าที่ Multicast Router (PIM หรือ DVMRP ก็ได้) และสนับสนุน DVMRP (ในโหมด Uplink) เช่น Cisco Router เป็นต้น

ทางเนคเทค ได้ใช้ทั้งสองวิธีในการสร้าง Multicast Router คือ ใช้เครื่อง mbone.nectec.or.th (Digital AlphaServer 1000 A, ระบบปฏิบัติการ Digital Unix 4.0B และซอฟต์แวร์ mrouted เวอร์ชั่น 3.9beta3) เป็นเครื่องหลักที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย MBone และต่อให้กับหน่วยงานอื่นๆ ที่สนใจจะเชื่อมต่อกับเครือข่าย MBone และใช้ Cisco Router ที่ทางเนคเทคมีอยู่ตามตึกต่างๆ เชื่อมต่อกับเครื่อง mbone.nectec.or.th อีกทอดหนึ่ง และนำข้อมูล Multicast ไปยังผู้ใช้ในตึกนั้นๆ รูปภาพแสดงการเชื่อมต่อ สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 2 (ปัจจุบันยังไม่ได้ใช้ PIM ใน Cisco Router อย่างสมบูรณ์แบบ ใช้เพียงแค่เป็น DVMRP uplink มายัง mbone.nectec.or.th)



ภาพที่ 2 แผนภาพการเชื่อมต่อเครือข่าย Multicast ของ NECTEC

- **การสร้าง Multicast Router ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์mrouted**

มีขั้นตอนดังนี้

- จัดหาเครื่องพร้อมระบบปฏิบัติการ Unix (เช่น Linux, FreeBSD, Compaq (Digital) Unix, Sun Solaris)
- บางระบบปฏิบัติการจะต้องทำการ Compile Kernel ให้สนับสนุนการทำ Multicast Routing เช่น Linux จะต้องตอบ Yes สำหรับคำถามว่าต้องการให้เครื่องทำ IP Multicast หรือไม่ ขณะที่ Compile Kernel, FreeBSD ต้องทำการ Compile Kernel ใหม่เช่นกัน ส่วน Digital Unix เวอร์ชั่น 4.0 ขึ้นไป ไม่จำเป็นต้องกระทำการเพิ่มเติมใดๆ
- ลงซอฟต์แวร์ mrouted ซึ่งหาได้จาก ftp://ftp.nectec.or.th/pub/mirrors/mice/mrouted ควรใช้เวอร์ชั่น 3.8 หรือ 3.9beta3 ขึ้นไป เมื่อติดตั้งแล้ว จะมีไฟล์ mrouted, mrinfo, mtrace, map-mbone ไฟล์ที่ทำหน้าที่เป็น Multicast Router คือ mrouted รายละเอียดเพิ่มเติมของการใช้งานแต่ละคำสั่ง สามารถดูได้จาก Man page
- สร้าง /etc/mrouted.conf ตัวอย่างเนื้อหาไฟล์ mrouted.conf ของเครื่อง mbone.nectec.or.th เป็นดังนี้

```
phyint tu0
phyint tu1 disable        # เนื่องจากเครื่องนี้มีหลาย Network Interface จึง disable Interface ที่
phyint elan0 disable      # ไม่ต้องการส่งข้อมูล Multicast ออกไป

# tunnel to Turquoise
tunnel 202.44.204.79 203.150.154.36 metric 1 threshold 1 rate_limit 0

# tunnel to totoro.sinet.ad.jp (upstream)
```

```
tunnel 202.44.204.79 150.99.99.20 metric 1 threshold 64 rate_limit 1000

# Test to KMITL, chotipat@it.kmitl.ac.th
tunnel 202.44.204.79 161.246.49.49 metric 1 threshold 32 rate_limit 1000
```

- สังเกตว่า ค่า threshold ระหว่าง Multicast Router ภายในประเทศควรเป็น 32 และระหว่างประเทศควรเป็น 64 หากเป็นภายในองค์กรเดียวกัน ให้เป็น 1, rate_limit 1000 หมายความว่า จำกัด Bandwidth ที่ใช้ใน Tunnel ไม่ให้เกิน 1 Mbps, rate_limit เป็น 0 แปลว่าไม่จำกัด Bandwitdh
- เรียกใช้งาน mrouted
- ทดสอบการทำงานของ mrouted โดยใช้คำสั่ง mrinfo ตัวอย่างเช่น

```
mbone.nectec.or.th.# mrinfo
127.0.0.1 (localhost) [DVMRPv3 compliant]:
  202.44.204.15 -> 0.0.0.0 (local) [1/1/querier/leaf]
  202.44.204.79 -> 203.150.154.36 (203.150.154.36) [1/1/tunnel]
  202.44.204.79 -> 150.99.99.20 (totoro.sinet.ad.jp) [1/64/tunnel]
  202.44.204.79 -> 203.149.0.7 (wow.samart.co.th) [1/32/tunnel/down/leaf]
  202.44.204.79 -> 161.246.49.49 (mbone.it.kmitl.ac.th) [1/32/tunnel]
```

- หากเครื่อง mbone.nectec.or.th ทำงานถูกต้อง ข้อมูล Multicast จะถูกส่งต่อไปยัง Interface tu0 และ Multicast Router อื่นๆ ที่มันได้สร้าง Tunnel ไปถึง
- หากการสร้าง Tunnel ไม่สำเร็จ จะขึ้นว่า down เช่นกรณีที่เชื่อมต่อไป wow.samart.co.th จะขึ้นว่า [1/32/tunnel/down/leaf]

- **การสร้าง Multicast Router ด้วยอุปกรณ์ Cisco Router**

  จะยกตัวอย่างขั้นตอนการติดตั้ง turquoise.nectec.or.th (Cisco Router 2501) ดังนี้

- ในไฟล์ /etc/mrouted.conf ของเครื่อง mbone.nectec.or.th จะต้องมี tunnel มายังเครื่อง turquoise นี้ เนื่องจาก อยู่ในหน่วยงานเดียวกัน ตั้งค่า threshold เป็น 1 และ rate_limit เป็น 0

```
# tunnel to Turquoise
tunnel 202.44.204.79 203.150.154.36 metric 1 threshold 1 rate_limit 0
```

- ตั้งค่าที่ turquoise.nectec.or.th ดังนี้

```
ip multicast-routing
ip dvmrp route-limit
interface Tunnel0
        ip unnumbered Ethernet 0
        ip pim dense-mode
        ip multicast ttl-threshold 1
        tunnel source 203.150.154.36
        tunnel destination 202.44.204.79
        tunnel mode dvmrp
```

```
Interface Ethernet0
        ip address 203.150.154.36 255.255.255.128
        ip pim dense-mode
```

- ทดสอบ Tunnel ที่สร้างขึ้น
  - โดยใช้คำสั่ง mrinfo ที่ mbone.nectec.or.th แล้วดูว่ามี tunnel ที่เราได้เพิ่มให้หรือยัง เช่น

```
# mrinfo
[…]
202.44.204.79 -> 203.150.154.36 (203.150.154.36) [1/1/tunnel]
[…]
```

  - ใช้คำสั่ง show ip dvmrp route ที่ turquoise แล้วดูว่า มี DVMRP Routing Table ขึ้นมาหรือยัง เช่น

```
turquoise>sh ip dvmrp ro
DVMRP Routing Table - 2973 entries
4.0.20.16/28 [0/12] uptime 08:10:22, expires 00:02:31
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
4.0.35.16/28 [0/12] uptime 08:10:22, expires 00:02:31
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
4.0.36.0/28 [0/11] uptime 08:10:22, expires 00:02:31
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
4.0.48.16/28 [0/11] uptime 08:10:22, expires 00:02:31
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
10.0.0.0/24 [0/13] uptime 04:36:48, expires 00:02:46
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
10.0.0.0/8 [0/11] uptime 04:36:58, expires 00:02:36
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
12.0.1.0/24 [0/11] uptime 08:10:27, expires 00:02:46
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
12.0.2.0/24 [0/11] uptime 08:10:27, expires 00:02:46
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
12.3.175.128/25 [0/12] uptime 08:10:22, expires 00:02:26
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
18.26.0.0/20 [0/15] uptime 08:10:27, expires 00:02:41
    via 202.44.204.79, Tunnel0, [version mrouted 3.255] [flags: GPM]
```

    - ลองใช้โปรแกรม SDR บนเครื่อง PC ที่อยู่ในเครือข่าย 203.150.154.0/25 (อยู่ใน network เดียวกับ interface Ethernet 0 ของ turquoise) ว่าสามารถเห็นข้อมูลที่ผ่านมาจาก Mbone ได้หรือไม่
    - ทางห้องปฏิบัติการเครือข่ายฯ ได้ลองทำการทดสอบ turquoise โดยเปลี่ยน IOS เวอร์ชั่น และขนาดของ RAM ได้ผลดังตารางด้านล่าง

Turquoise : Cisco 2501 (IOS version)	Ram	ทำหน้าที่ Multicast Router	ปัญหาที่พบ
11.0(10)C	16M	ไม่ได้	-
11.1(20)	2M	ได้	Router Hang เนื่องจาก มีหน่วยความจำไม่เพียงพอที่จะรับ Multicast Route ของ MBone ได้
11.1(20)	16M	ได้	-
11.2(20)	16M	ได้	-
11.3(7)	16M	ได้	-

ตารางที่ 2 ผลการใช้ IOS หลายๆ เวอร์ชั่น ในเครื่อง turquoise.nectec.or.th

ส่วน banana.nectec.or.th เป็น Cisco 4500 IOS version 11.1(7), 32 MB RAM ซึ่งเมื่อลองให้สร้าง Tunnel ไปยัง mbone.nectec.or.th แล้ว สามารถทำ Multicast Routing ได้และรับ DVMRP Routing Table ทั้งหมดได้ อีกทั้งผู้ใช้ที่อยู่ใน Ethernet Segment ของ banana ก็สามารถเรียกดูข้อมูลข่าวสารจากเครือข่าย Mbone ได้ แต่พบปัญหาว่า เกิดการ Flood ของข้อมูล สังเกตได้ว่าปริมาณข้อมูลใน Tunnel จะเพิ่มสูง ทั้งๆ ที่ไม่มีผู้ใช้เรียกดูข้อมูล ซึ่งจะมีผลเสียต่อเครือข่ายโดยรวม (เช่น การ Flood ของเรา อาจจะทำให้ข้อมูลใน Tunnel ของ Multicast Server ในขั้นสูงๆ ขึ้นไป เช่น mbone.nectec.or.th หรือ totoro.sinet.ad.jp เพิ่มสูง จนเกิน rate_limit ทำให้ผู้ใช้อื่นที่ต้องการดูข้อมูลดูไม่ได้) ซึ่งอาจเกิดจาก IOS เวอร์ชั่นที่ใช้ ยังไม่สามารถใช้งานในด้าน Multicast Routing ได้สมบูรณ์ ซึ่งต้องมีการศึกษาหาวิธีแก้ไขต่อไป

IV. การใช้ซอฟต์แวร์รับ/ส่งข้อมูลมัลติมีเดีย บนเครือข่าย Multicast

ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์จำนวนมาก (ทั้งฟรีและไม่ฟรี) ที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Multicast บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทั้งข้อมูลตัวอักษร เสียง และวิดิโอ จะขอยกตัวอย่าง ซอฟต์แวร์ที่ใช้กันแพร่หลาย 3 ตัว ดังนี้

1. SDR เป็นโปรแกรมเอาไว้สำหรับให้เราเลือกว่าต้องการดูหรือฟังในช่องใด
2. RAT เป็นโปรแกรมสำหรับรับและส่งข้อมูลเสียง
3. VIC เป็นโปรแกรมสำหรับรับและส่งข้อมูลวิดิโอ

ซอฟต์แวร์ทั้งสาม สามารถหาได้จาก ftp://ftp.nectec.or.th/pub/mirrors/mice มีทั้งสำหรับระบบปฏิบัติการแบบ Unix และ Microsoft Windows สำหรับการใช้งานบน Microsoft Windows 95 ขอแนะนำให้ใช้โปรแกรมเวอร์ชั่นต่างๆ ดังนี้

1. SDR เวอร์ชั่น 2.5.6 หาได้จาก ftp://ftp.nectec.or.th/pub/mirrors/mice/sdr/sdr-2.5.6/sdr-2.5.6-win32.exe ให้ทำการติดตั้งลงใน C:\Program Files\Mbone Tools\
2. RAT เวอร์ชั่น 3.0.28 หาได้จาก ftp://ftp.nectec.or.th/pub/mirrors/mice/rat/rat-3.0.28-win32.zip จากนั้นนำไฟล์ที่ได้มา unzip จะได้ไฟล์ชื่อ rat.exe ให้ทำการ copy ไปไว้ใน C:\Program files\Mbone Tools\
3. VIC เวอร์ชั่น 2.8ucl1 หาได้จาก ftp://ftp.nectec.or.th/pub/mirrors/mice/vic/vic.zip จากนั้นนำไฟล์ที่ได้มา unzip จะได้ไฟล์ชื่อ vic.exe และ vc.exe ให้ทำการ copy ไปไว้ใน C:\Program

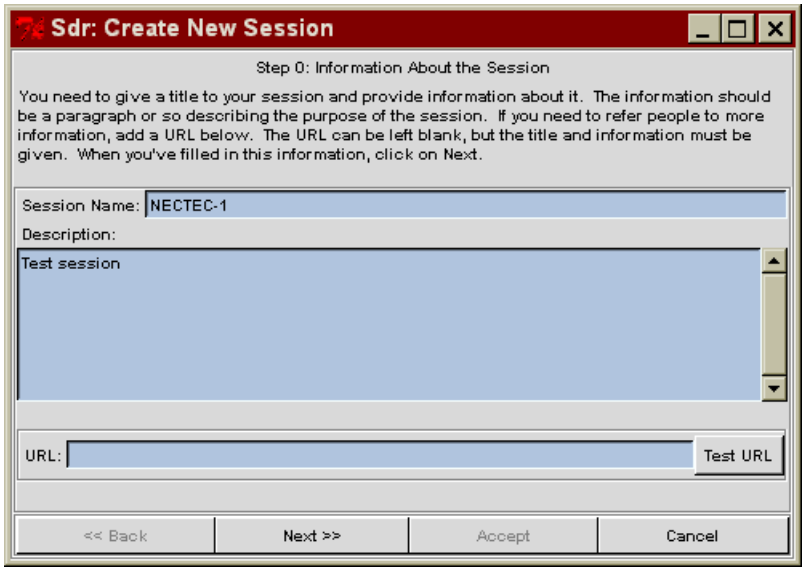
Files\Mbone Tools\ สำหรับ Video Capture Card ที่ทางห้องปฏิบัติการฯ ได้ทำการทดสอบกับโปรแกรม VIC แล้วคือ Winnov Videum และ Tekcram C-210

4. Reboot เครื่อง
5. Click Start Menu/Program Files/Mbone Tools/SDR
6. หากการติดตั้ง Multicast Server ของท่านถูกต้อง เครื่อง PC ที่อยู่ในเครือข่าย LAN เดียวกัน ก็จะปรากฏช่องสัญญาณของข้อมูลต่างๆ ในโปรแกรม SDR ดังภาพที่ 3 ให้ Double Click เลือกช่องที่ต้องการ แล้ว Click ตรงคำว่า Join เพื่อรับฟังข่าวสารข้อมูลจากช่องนั้นๆ

ภาพที่ 3 แสดงเมื่อเรียกใช้ Program SDR

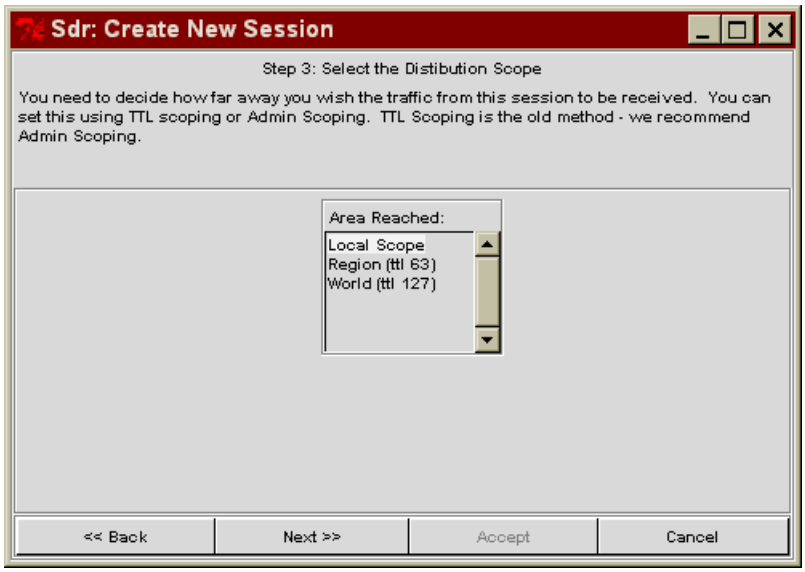
หากต้องการส่งข้อมูลเสียงหรือวิดิโอ ออกไปจากเครื่องของท่านเอง (เครื่องของท่านควรมี Sound Card และ Video Capture ที่สามารถทำงานได้กับ RAT และ VIC ติดตั้งไว้เรียบร้อยแล้ว) ให้ทำตามขั้นตอนดังนี้

- เลือกเมนู New ของโปรแกรม SDR ป้อนชื่อ Session และคำอธิบายดังในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงเมื่อเลือก New เพื่อที่จะสร้าง Session ใหม่ ใน SDR

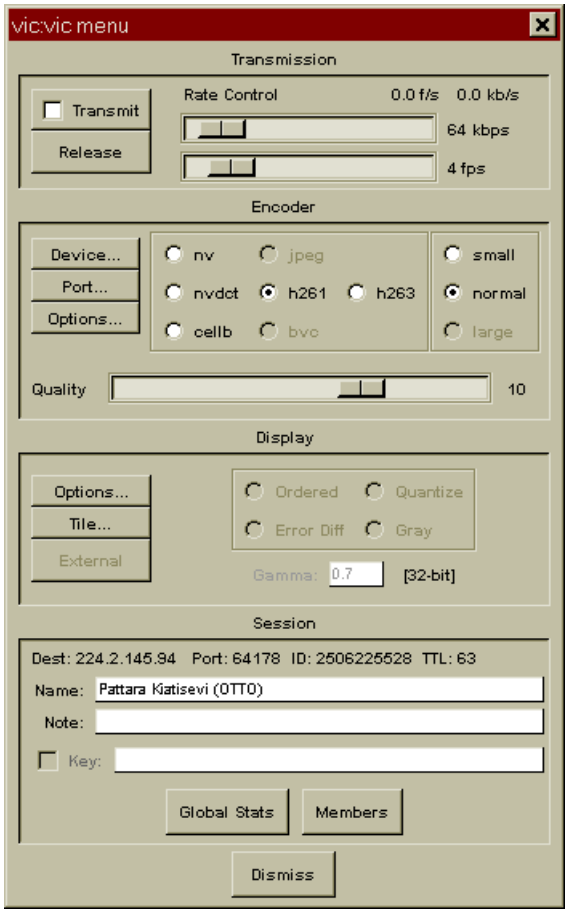
- กด Next และป้อนชนิดของ Session (ถ้าทดสอบก็อาจเลือก Test)
- เลือกวัน และช่วงเวลา ที่ท่านจะเผยแพร่สัญญาณ
- ป้อนค่า TTL ที่จะใช้ ดังภาพที่ 5 หากท่านต้องการส่งข้อมูลเฉพาะภายในสถาบันของท่าน ควรเลือก Local Scope หากต้องการส่งข้อมูลไปยังผู้ใช้ภายในประเทศไทย ให้เลือก Region (TTL = 63) หากต้องการเผยแพร่ไปทั่วโลก (ทั่วเครือข่าย Mbone) ให้เลือก World (TTL = 127)



ภาพที่ 5 แสดงการเลือกค่า TTL ขณะที่ทำการสร้าง Session

- เลือกชนิดของข้อมูลที่จะส่ง (วิดิโอ, เสียง หรือ ทั้งคู่)
- ป้อนชื่อและ E-mail ของท่าน
- เลือกชนิดของการเข้ารหัสข้อมูล หากไม่ต้องการเข้ารหัส ให้กด Next ผ่านไป
- เลือก Accept เป็นอันเสร็จสิ้นการสร้าง Session
- ท่านจะเห็นชื่อ Session ที่ท่านได้สร้างขึ้น ในหน้าต่างของ SDR ให้ Double-Click เพื่อ Join ใน Session นั้นๆ

- หากต้องการส่งสัญญาณเสียงออกไป ในหน้าต่าง RAT ให้ Click ตรงคำว่า Mute ออก แล้วพูดใส่ในไมโครโฟนของท่าน (หากมีปัญหา โปรดตรวจสอบให้แน่ใจว่า Microphone ของท่านทำงานถูกต้อง RAT ทำงานได้กับ Sound Card เกือบทุกชนิด)
- หากต้องการส่งสัญญาณวิดิโอออกไป ในหน้าต่าง VIC ให้ Click ตรง Menu จะปรากฏภาพดังภาพที่ 6 ปรับค่า Rate Control และ fps ให้เหมาะสมกับประสิทธิภาพเครื่องของท่าน ทางห้องปฏิบัติการฯ ได้ทดสอบกับเครื่อง Pentium-Pro 200, 64 MB พบว่าควรตั้งค่าเป็น 64 Kbps, 4 fps หลังจากนั้น Check box ตรงคำว่า Transmit แล้ว กดปุ่ม Dismiss ตรงด้านล่าง ภาพสัญญาณจากกล้องวิดิโอของท่านก็จะถูกส่งออกไป ตัวอย่างดังภาพที่ 7



ภาพที่ 6 การเตรียมการส่งสัญญาณวิดิโอ

ภาพที่ 7 แสดงภาพที่ส่งจากกล้องวิดิโอด้วยโปรแกรม VIC

ในการประชุม WAINS-5 (The 5 th International Workshop on Academic Information Networks and Systems http://www.acrors.ait.ac.th/acrors/NOAA/WAINS5.html) ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (Asian Institute of Technology, AIT) เมื่อวันที่ 14-16 ธันวาคม 2541 ก็ได้มีการทดลองแพร่ภาพการประชุมออกสู่เครือข่าย Mbone ผ่านทาง Mrouted Server mrouted.nectec.or.th ด้วย

V. จะร่วมทดสอบเครือข่าย Multicast ได้อย่างไร

หากสถาบันของท่านมีความสนใจที่จะทดลองเทคโนโลยี Multicast สามารถทำได้ดังนี้

- ติดตั้งซอฟต์แวร์ SDR, VIC และ RAT ลงบนเครื่อง PC สองเครื่องที่อยู่ใน LAN เดียวกัน แล้วลองรับ/ส่งข้อมูลมัลติมีเดียกันดู ขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องมี Multicast Router ใดๆ สามารถทดลองได้ทันที
- หากต้องการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างสองเครือข่าย ท่านจะต้องติดตั้ง Multicast Router (ใช้ Unix หรือ Router ก็ได้) ในแต่ละเครือข่ายนั้น และสร้าง Tunnel ถึงกัน
- ในการเชื่อมต่อกับเครือข่าย MBone ควรมี Bandwidth ของวงจรสื่อสาร เหลือว่างอย่างน้อย 512 Kbps โปรดแจ้ง noc@nectec.or.th หากท่านต้องการที่จะเชื่อมต่อกับเครือข่าย MBone ผ่าน mbone.nectec.or.th

VI. แนวทางการพัฒนาในอนาคต

- สนับสนุนให้สมาชิกไทยสารได้ทดลองใช้เทคโนโลยี Multicast และ พิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน เป็นวิธีการสร้างระบบ Distance Learning ราคาประหยัด ปัจจุบันกำลังทำเริ่มการทดสอบอยู่กับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ศึกษาและวิจัยถึงข้อดีข้อเสียของการใช้งานในปัจจุบันและหนทางในการพัฒนาให้ดีขึ้นในอนาคต เช่น
  - ทดลอง Multicast Routing แบบ PIM นอกเหนือไปจากแบบ DVMRP โดยแบบ PIM จะสามารถทำงานบน Cisco Router ที่มีใช้กันแพร่หลายได้ และตามทฤษฎี มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า หากการใช้

งาน PIM ประสบความสำเร็จ ในอนาคต อาจย้าย mbone.nectec.or.th ไปอยู่บน Cisco Router ตัวหลักของเนคเทค ได้เลย

- ศึกษาการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนเครือข่าย Multicast ต่างๆ และหาวิธีการที่จะพัฒนาหรือรักษาคุณภาพของสัญญาณวิดิโอและเสียง ที่ส่งผ่านเครือข่าย โดยใช้แบนด์วิทธิ์อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพที่สุด
- ศึกษาเทคโนโลยีทางเครือข่ายที่ช่วยในการทำงานของเครือข่าย Multicast เช่น RSVP

VII. เอกสารอ้างอิงและรายละเอียดเพิ่มเติม

- http://ntl.nectec.or.th/pubnet/services/mbone/
- http://www.mbone.com
- ftp://ftpeng.cisco.com/ipmulticast/multicast_training.html