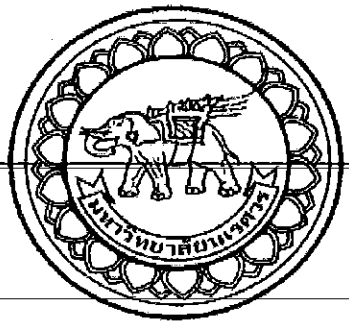


กรณีศึกษาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

A Case Study of Internet Protocol Version 6 on Linux Operating System

นายภูษิต แจ่มหม้อ รหัส 44370310

นายอภิสิทธิ์ งามเนตร รหัส 44370542

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 25 / W.A. 2554 /
เลขทะเบียน ใ502653า
เลขเรียกหนังสือ ฟร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2547

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2547

ใบรับรองงานโครงงานวิศวกรรม

หัวข้อโครงงาน	กรณีศึกษาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภูษิต แจ่มหม้อ รหัส 44370310
	นายอภิสิทธิ์ งามเนตร รหัส 44370542
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2547

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(อาจารย์พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมยศ เกียรติวนิชวิลัย)

หัวข้อโครงงาน	กรณีศึกษาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายภูษิต แจ่มหม้อ รหัส 44370310
	นายอภิสิทธิ์ งามเนตร รหัส 44370542
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มแม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นกรณีศึกษาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 บนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์การปรับเปลี่ยนของระบบอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 ถูกจำลองและทดสอบโดยการใช้ไอพีเสมือน โครงงานนี้จะนำไปสู่การศึกษาการปรับเปลี่ยนระบบจริงของอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6

Project Title	: A Case Study of Internet Protocal Version 6 on Linux Operating System
Name	: Mr. Pusit Jammo ID. 44370310
	Mr. Apisit Ngamnet ID. 44370542
Project Advisor	: Assistant Professor Suchart Yammen , Ph.D.
Major	: Computer Engineering
Department	: Electrical and Computer Engineering
Academic Year	: 2004

ABSTRACT

This project is a case study of Internet protocol Version 6 (IPv6) on Linux operating System. Translation of IPv6 is simulated and tested by using a virtual IP. This leads to study for using the real translating of IPv6.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานชิ้นนี้ต้องอาศัยความรู้เพิ่มเติมมากมายและต้องการการชี้แนะอย่างสูง ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น และพี่ๆศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารฝ่ายระบบเครือข่ายที่ให้คำปรึกษาและชี้แนะสิ่งต่างๆมากมายและขอบคุณผู้ที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

นายภูษิต แจ่มหม้อ
นายอภิสิทธิ์ งามเนตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ข
กิตติกรรมประกาศ.....ค
สารบัญ.....ง
สารบัญตาราง.....ฉ
สารบัญรูป.....ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2
1.3 ขอบข่ายของโครงงาน.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน.....3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....4
1.6 งบประมาณที่ใช้ในการดำเนินงาน.....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

2.1 แนะนำ IPv6.....5
2.2 ทำไมไม่มี IPv5.....6
2.3 IPv6 เป็นอย่างไร.....6
2.4 เปรียบเทียบ Header ของ IPv6 และ IPv4.....8
2.5 ทำไมเราควรใช้ IPv6.....11
2.6 เราจะเริ่มใช้งาน IPv6 อย่างไร.....12
2.7 อุปกรณ์และแอปพลิเคชันในปัจจุบันที่สนับสนุน IPv6.....14
2.8 จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้อย่างไร.....14
2.9 อนาคตโลกอินเทอร์เน็ต กับ อุปกรณ์ IPv6.....16
2.10 สถานการณ์ปัจจุบัน.....20
2.11 ลีนุกซ์คืออะไร.....20
2.12 เหตุผลที่เลือกใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์.....21
2.13 ประวัติของลีนุกซ์.....21

สารบัญ(ต่อ)

2.14 คุณสมบัติพื้นฐานของลีนุกซ์.....21
2.15 คำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์.....22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....27

บทที่ 4 การทดสอบระบบ

4.1 การทดสอบการเชื่อมต่อIPv6ด้วยวิธี IPv6 in IPv4 Tunnel.....48

บทที่ 5 บทสรุป

5.1สรุปผลโครงงาน.....55
5.2 ปัญหาที่พบ.....56
5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา.....56

เอกสารอ้างอิง.....57

ประวัติผู้เขียน.....58

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินโครงงาน....3

2.1 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4....8-9

2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส....22-25

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตโดยใช้ IPv4	5
2.2 แสดงรูปแบบของแอดเดรส IPv4และIPv6	7
2.3 การเขียนหมายเลขIPv6แบบย่อ	7
2.4 การเปรียบเทียบ Header ระหว่าง IPv4 กับ IPv6	8
2.5 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ IPv6-over-IPv4 Tunnel	12
2.6 แผนภาพแสดงการปรับเปลี่ยนระบบจากIPv4ไปสู่IPv6	13
2.7 ภาพการให้บริการ6to4รีเลย์ของเนคเทค	15
2.8 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่สามารถมีหมายเลขไอพีแอดเดรสของตัวเอง	16
2.9 แสดงขนาดของ RFID เมื่อเทียบกับนิ้วมือ และการใช้RFIDกับสัตว์ในขั้นตอนการทำอาหารแฮมเบอร์เกอร์	17
2.10 แสดงการติดกล้องดูแลความปลอดภัย	18
2.11 แสดงการใช้งาน IPv6 กับระบบดูแลผู้ป่วย	19
2.12 แสดงการใช้เครือข่ายไร้สาย	19
3.1 เริ่มเข้าสู่ Install mode	27
3.2 ขั้นตอนการตรวจสอบ CD media	29
3.3 Welcome to Red Linux	29
3.4 Language Selection	30
3.5 Keyboard Selection	30
3.6 Mouse Configuration	31
3.7 Installation Type	31
3.8 Disk Partitioning Setup	32
3.9 ติดตั้งค่า Network configuration	33
3.10 Firewall Configuration	33
3.11 Language Support	34
3.12 Time zone selection	34
3.13 Root Password	35
3.14 Add User	35

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.15 Use Account Set up.....36

3.16 Authentication Configuration 36

3.17 Package Group Selection..... 37

3.18 Individual Package Selection..... 38

3.19 Install to begin..... 38

3.20 Boot Disk..... 39

3.21 Video Card Configuration..... 39

3.22 Monitor Configuration..... 40

3.23 X Customization..... 40

3.24 หน้าจอ Complete..... 41

3.25 Boot manage..... 41

4.1 การปรับเปลี่ยนระบบเครือข่ายจากIPv4ไปสู่IPv6..... 48

4.2 แผนภาพแสดงรูปแบบการจัดกลุ่มการทดลอง..... 49

4.3 ภาพแสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ IPv6-over-IPv4 Tunnel..... 50

4.4 แสดงการทำIPv6 packet encapsulation.....50

4.5 ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง Local.....54

4.6 ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง Remote Endpoint.....54

5.1 แสดงทดสอบการเชื่อมต่อในระดับIP โดยการใช้คำสั่งping.....56

บทที่1
บทนำ

ในบทนี้เป็นการแนะนำส่วนประกอบของโครงงาน ซึ่งประกอบด้วยที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ในการทำโครงงานนี้ ขอบเขตของโครงงานที่สามารถทำได้ในส่วนนี้ระยะเวลาการดำเนินงานของแต่ละขั้นตอนผลที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานและการใช้งบประมาณในการดำเนินงาน ดังที่จะแสดงดังต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากการเติบโตของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นไปอย่างรวดเร็ว เพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคและบริการด้านข้อมูลสารสนเทศในยุคปัจจุบันได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งทำให้เกิดปัญหาใหญ่สำหรับโลกอินเทอร์เน็ตในขณะนี้ปัญหา คือเมื่อจำนวนหมายเลขไอพี(IP: Internet Protocol) หรือไอพีแอดเดรส (IP address) ซึ่งเปรียบเสมือนเลขที่บ้านที่แสดงตัวตนบนอินเทอร์เน็ตกำลังลดน้อยลงไปทุกทีนั่นหมายความว่าในอนาคตอันใกล้นี้เมื่อหมายเลขไอพีหมดลงไปแล้วจะไม่สามารถที่จะมีเว็บไซต์ใหม่ๆ เกิดขึ้นมาได้อีกและโอกาสการมีตัวตนบน ไซเบอร์สเปซของบริษัทห้างร้านต่างๆจะหมดไป อินเทอร์เน็ตก็จะหยุดการขยายตัวและจำกัดวงการใช้งานอยู่เพียงเท่านั้นคณะทำงาน IETF (Internet Engineering Task Force) ได้ตระหนักถึงปัญหาสำคัญดังกล่าวและได้พัฒนาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นใหม่ขึ้นคืออินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 (Internet Protocol version 6; IPv6) เพื่อทดแทนอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นเดิม (IPv4)

โครงงานนี้ได้แสดงถึงการศึกษา หลักการและทฤษฎีรวมถึงการปรับเปลี่ยนระบบจาก อินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 4 (IPv4)ไปสู่อินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 6 (IPv6)โดยทำการศึกษาระบบปฏิบัติ Linux RedHat เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการเชื่อมต่อเข้าสู่อินเทอร์เนตยุคหน้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการและทฤษฎีของ IPv6
2. เพื่อทำการศึกษาการใช้งาน IPv6 บนเครื่อง client และ server
3. เพื่อทำการศึกษา การติดตั้งและทดสอบ IPv6 server, IPv6 client
4. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อ IPv6 บนระบบปฏิบัติการ Linux RedHatโดยการสร้าง IPv6 in IPv4 Tunnel
5. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนา IPv6 ต่อไปในอนาคตอันใกล้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ทำศึกษาหลักการและทฤษฎีของ IPv6
2. ทำการศึกษาการใช้งานขั้นพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux RedHat
3. ทำการเชื่อมต่อ IPv6 บนระบบปฏิบัติการ Linux RedHatโดยการ สร้าง IPv6 in IPv4 Tunnel
4. ทำการศึกษา ติดตั้ง และทดสอบ IPv6 server, IPv6 client

1.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาการดำเนินงาน

ขั้นตอน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.
ดำเนินการ										
1.ศึกษาความเป็นมาของโครงงานและปัญหา	←	→								
2.ศึกษาหลักการและทฤษฎี			←		→					
3.ศึกษาการใช้งาน Linux RedHat					←	→				
4.Linux Red Hat Client installation						←	→			
5.Linux Red HatServer installation							←	→		
6.ติดตั้งและทดสอบการเชื่อมต่อIPv6									←	→

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในการปฏิบัติงานขั้นพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux RedHat
2. มีความรู้ความเข้าใจหลักการและทฤษฎีของของระบบ IPv6
3. สามารถทำการเชื่อมต่ออินเทอร์เนตโปร.โตคอลรุ่นที6(IPv6) บนระบบปฏิบัติการ Linuxได้
4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการศึกษามาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและเชื่อมต่อIPv6 ต่อไป
5. สามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้สนใจได้

1.6 งบประมาณที่ใช้ในการทำโครงงาน

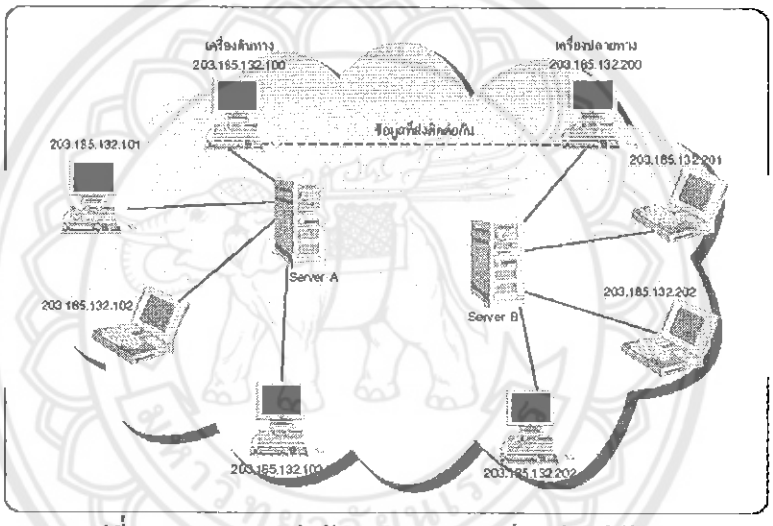
ไม่เกิน 2,000 บาทแบ่งเป็น

1. ค่าถ่ายสำเนาเอกสาร	1000	บาท
2. ค่าตำราที่ใช้ในการอ้างอิง	500	บาท
3. ค่าแผ่นโปรแกรม Softwareต่างๆ	500	บาท
รวม	2000	บาท

บทที่2
หลักการและทฤษฎี

2.1 แนะนำ IPv6

กลไกสำคัญในการทำงานของอินเทอร์เน็ต คือ อินเทอร์เน็ตโพรโตคอล (Internet Protocol) ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ หมายเลขอินเทอร์เน็ตแอดเดรสหรือไอพีแอดเดรส (IP Address) ที่ใช้ในการอ้างอิงเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายต่างบนอินเทอร์เน็ตทั่วโลกเปรียบเสมือนการใช้งานโทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสารกันจะต้องมีเลขหมายเบอร์โทรศัพท์เพื่อให้อ้างอิงผู้รับสายได้คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในอินเทอร์เน็ตก็ต้องมีหมายเลขไอพีแอดเดรสที่ไม่ซ้ำใคร



รูปที่ 2.1 แสดงการส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตโดยใช้ IPv4

ทุกวันนี้เราใช้หมายเลขไอพีแอดเดรสบนมาตรฐานของอินเตอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 4 (IPv4) ซึ่งเป็นมาตรฐานในการส่งข้อมูลบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตั้งแต่ปีค.ศ. 1981 ทั้งนี้การขยายตัวของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในช่วงที่ผ่านมามีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว นักวิจัยเริ่มพบว่าจำนวนหมายเลขไอพีแอดเดรสของ IPv4 กำลังจะถูกใช้หมดไปไม่เพียงพอกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตในอนาคตจนคาดคะเนกันว่าหมายเลขไอพีแอดเดรสของ IPv4 จะมีไม่พอกับความต้องการในปี ค.ศ. 2010 และหากว่าเกิดขึ้นก็หมายความว่าเราจะไม่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายกับระบบอินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นคณะทำงาน IETF (The Internet Engineering Task Force) ซึ่งตระหนักถึงปัญหาสำคัญดังกล่าวจึงได้พัฒนาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นใหม่ขึ้น คือ รุ่นที่หก (IPv6) เพื่อทดแทนอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นเดิมทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์เริ่มแรกในการออกแบบ IPv4 นั้นคือเพื่อการศึกษาทำให้คุณลักษณะของIPv4 ในหลายจุดกลายเป็นจุดด้อย

เนื่องจากไม่ได้มีการคาดการณ์เพื่อใช้งานบางอย่างในปัจจุบัน การใช้งานอินเทอร์เน็ตสมัยนี้กลายเป็นปัจจัยในชีวิตประจำวันและเป็นการใช้งานในธุรกิจมากขึ้น การพัฒนาIPv6 จึงมีการปรับปรุงโครงสร้างของตัวโพรโตคอลนอกจากจะทำให้มีจำนวนหมายเลขไอพีแอดเดรสมีมากยิ่งขึ้นแล้วยังมีการปรับปรุงคุณลักษณะอื่นๆเพิ่มอีกหลายประการ ทั้งในแง่ของประสิทธิภาพและในแง่ความปลอดภัยเพื่อรองรับแอปพลิเคชัน (application) ใหม่ๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและจะเพิ่มสิทธิภาพในการประมวลผลแพ็กเก็ต (packet) ให้ดีขึ้นทำให้สามารถตอบสนองต่อการขยายตัวและความต้องการใช้งานเทคโนโลยีบนเครือ ข่ายอินเทอร์เน็ตในอนาคตได้เป็นอย่างดี

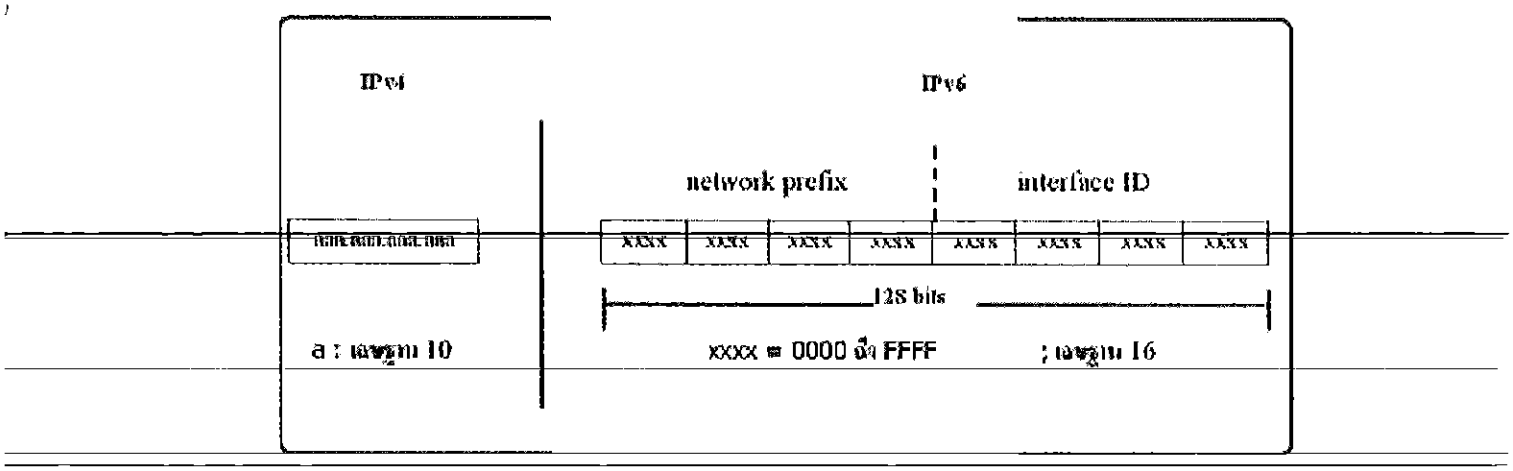
2.2 ทำไมไม่มี IPv5

ตามมาตรฐานด้านInternet Protocal(IP)จะมีการระบุส่วนที่เป็นรุ่น(Version) ของ Internetwork general protocol ซึ่ง version เบอร์ 4 ถูกระบุให้เป็น Internet Protocal(IP)ส่วน version เบอร์ 5 ได้มีการถูกนำไปใช้แล้วและระบุให้เป็น ST Datagram Mode (ST) เกี่ยวข้องกับ Internet Stream Protocal ดังนั้นในการพัฒนาโพรโตคอลรุ่นใหม่จึงต้องใช้ version เบอร์ 6 หรือ IPv6นั่นเอง

2.3 IPv6 เป็นอย่างไร

Internet Protocol version 6(IPv6) บางครั้งเรียกว่า Next Generation Internet Protocal หรือ IPng ถูกออกแบบมาให้ทำงานได้ดีในเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง และในขณะเดียวกันก็ยังคงความสามารถทำงานในเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพต่ำได้นอกจากนี้ยังได้มีการจัดเตรียมแพลตฟอร์มสำหรับทุกฟังก์ชันใหม่ๆของอินเตอร์เน็ตซึ่งเป็นที่ต้องการในอนาคตอันใกล้ไว้ด้วยความแตกต่างระหว่าง IPv6 และ IPv4 มีอยู่ 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ การกำหนดหมายเลขและการเลือกเส้นทาง(Network Address Translator : NAT) การลดภาระในการจัดการของผู้ดูแลระบบและการรองรับการใช้งานในอุปกรณ์พกพา (Mobile Devices)

คุณสมบัติที่นิยมพูดถึงกันนั่นก็คือขนาดแอดเดรสที่เพิ่มมากขึ้นซึ่งIPv4มีแอดเดรสขนาด 32 บิต และเนื่องจากการใช้อินเทอร์เน็ตที่มีการเติบโตมากขึ้นจึงทำให้IPv4ไม่เพียงพอกับการใช้งานองค์กรต้องมีการจัดสรรเกี่ยงกับ IPv4 ไปเป็น IPv6 ก็คือการเพิ่มขนาดของแอดเดรสจาก 32 บิต เป็น 128 บิต



รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบของแอดเดรส IPv4 และ IPv6

ขนาดของแอดเดรสที่เพิ่มขึ้นเป็น 128 บิต ของIPv6 ทำให้เรามีจำนวนแอดเดรสถึง $3.4x10^{38}$ หมายเลข (340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456) ซึ่งหมายความว่าในอนาคตไม่เฉพาะแต่เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเราท์เตอร์เท่านั้นที่จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้แต่จะรวมไปถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆยกตัวอย่างเช่นเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ตู้เย็น โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ เราสามารถสั่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตและได้มีการคำนวณไว้ว่าIPv6จะทำให้เรามีจำนวนแอดเดรสได้หลายพันเบอร์สำหรับทุกๆพื้นที่หนึ่งตารางเมตรของพื้นผิวโลก

2.3.1 ตัวอย่างหมายเลข IPv6

หมายเลขแอดเดรสของ IPv6 มีลักษณะประกอบไปด้วยกลุ่มตัวเลข 8 กลุ่มเขียนขั้นกันด้วยเครื่องหมาย : โดยแต่ละกลุ่มคือเลขฐาน 16 จำนวน 4 ตัว (16 บิต) เช่น

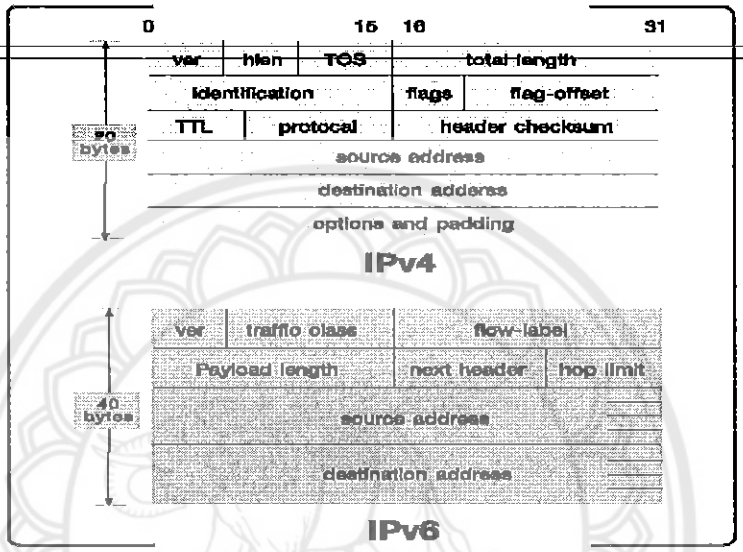
3fee:085b:1f1f:0000:0000:0000:00a9:1234	เขียนย่อได้เป็น	fee:085b:1f1f:0:0:0:a9:123	หรือ	3fee:085b:1f1f::a9:1234
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001	เขียนย่อได้เป็น	:0:0:0:0:0:0:1	หรือ	::1
2001:0000:0000:34fe:0000:0000:00ff:0321	เขียนย่อได้เป็น	:0:0:34fe:0:0:ff:321	หรือ	2001::34fe:0:0:ff:321
0:0:0:0:0:0:192.168.1.1	เขียนย่อได้เป็น	::192.168.1.1		
0:0:0:0:0:ffff:192.168.1.1	เขียนย่อได้เป็น	::ffff:192.168.1.1		

รูปที่ 2.3 การเขียนหมายเลข IPv6 แบบย่อ

ทั้งนี้มีเงื่อนไขในการเขียนรูปแบบย่อคือหากมีเลขศูนย์ด้านหน้ากลุ่มใดจะสามารถละไว้ได้และหากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง(หรือหลายกลุ่มที่ตำแหน่งติดกัน) เป็นเลขศูนย์ทั้งหมดคือ 0000 จะสามารถละไว้ได้ (แต่จะสามารถทำลักษณะนี้ได้ในตำแหน่งเดียวเท่านั้นเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน)

2.4 เปรียบเทียบ Header ของ IPv6 และ IPv4

เฮดเดอร์ (Header) ของข้อมูลแบบ IPv6 ถูกออกแบบมาให้มีทั้งขนาดคงที่และเพื่อรูปแบบที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยเฮดเดอร์จะประกอบด้วยตำแหน่งต่างๆ (field) ที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลแพ็คเก็ต (packet) ที่เราท์เตอร์ทุกๆตัวเท่านั้นส่วนตำแหน่งที่อาจจะถูกประมวลผลเฉพาะที่ต้นหรือปลายทางหรือที่เราท์เตอร์บางตัวจะถูกแยกออกมาไว้ที่ส่วนขยายของเฮดเดอร์ (extended header)



รูปที่ 2.4 การเปรียบเทียบ header ระหว่าง IPv4 กับ IPv6

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4

Feature	IPv4	IPv6
Address Space	32 bits	128 bits
Management	Manual, DHCP	Stateless autoconfiguration, DHCP
Multicast/ Multimedia	Multicast	Built-in features for multicast groups, management, and new "anycast" groups

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4 (ต่อ)

Feature	IPv4	IPv6
Mobile IP	Yes	Eliminate triangular routing and simplify deployment of mobile IP-based systems
Virtual Private Networks	Use IPSec (IP Security) to encrypt packet before sending it	Built-in support for ESP/AH encrypted/ authenticated virtualprivate network protocols; built-in support for QoS tagging
IPSec Support	Optional	Required
QoS Support	Hosts and Router	Host only
Header Checksum	Yes	No
Linking-Layer	ARP	Multicast Neighbor Discovery Messages
Uses Broadcast	Yes	No
DNS Name Queries	Use A Record	Use AAAA and A6 record
DNS Server Queries	Uses IN_ADDR_ARPA	Use IP6.INT or IP6.ARPA
Minimum MTU	576 Bytes	1280 Bytes

จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าเฮดเดอร์ของ IPv6 ถึงแม้จะมีความยาวกว่า IPv4 แต่จะดูเรียบง่ายกว่าเฮดเดอร์ของ IPv4 มาก ทั้งนี้หากพิจารณาเฮดเดอร์ของ IPv6 เทียบกับของ IPv4 จะสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างได้ดังนี้

2.4.1 ตำแหน่งที่ตัดออก:

Header length ถูกตัดออกไปเพราะเฮดเดอร์ของ IPv6 มีขนาดคงที่ที่ 40 octets (bytes)ให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการประมวลผลแพ็กเก็ตจะดีขึ้นเพราะไม่เสียเวลาในการคำนวณ ขนาดของ Header

Identification , Flag , Segmentation , Protocol , Options และ**Padding** ถูกย้ายไปอยู่ในส่วนที่ไม่จำเป็นต้องประมวลผลในทุกๆเราท์เตอร์

Header Checksum ถูกตัดออกก็เพราะว่าซ้ำซ้อนกับฟังก์ชั่นของโพรโตคอลในชั้นที่อยู่สูงกว่า อีกทั้งเป็นการจะเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลด้วยเพราะว่า Checksumจะต้องมีการคำนวณใหม่ที่เราท์เตอร์เสมอหากตัดออกก็จะเป็นการลดภาระงานที่เราท์เตอร์ไปได้

2.4.2 ตำแหน่งที่ปรับเปลี่ยน:

Total Length เปลี่ยนมาเป็น **Payload length** เพื่อระบุขนาดของpayloadในหน่วย octet (Byte) ดังนั้นขนาดของ payload สูงสุดจะเป็น 65,535 octets

Time-To-live (TTL) ของ IPv4 เปลี่ยนมาเป็น **Hop Limit** เพราะ TTL ระบุเวลาที่ packet วนเวียนอยู่ในอินเทอร์เน็ต (หน่วยเป็นวินาที) โดยระบุว่าให้แต่ละเราท์เตอร์ต้องลดTTLลง อย่างน้อย 1 วินาทีเราท์เตอร์จึงลดTTLครั้งละ1หน่วยเสมอแม้ว่าจะใช้เวลาประมวลผลแพ็กเก็ตน้อยกว่าทำให้ไม่ตรงกับความหมายของ TTL ดังนั้นจึงถูกเปลี่ยนเป็น Hop lit เพื่อจะให้ ตรงกับความหมายจริงๆซึ่งเหมาะสมและง่ายต่อการประมวลผล

Protocol เปลี่ยนมาเป็น **Next Header** ซึ่งจะใช้บอกว่า extended header ถัดไปเป็นเฮดเดอร์ประเภทไหน เช่น IPSec ซึ่งเป็น extended header ก็จะมีค่า Next Header = 51

2.4.3ตำแหน่งที่เพิ่ม:

Flow label ใช้ระบุลักษณะการไหลเวียนของทราฟฟิกระหว่างต้นทางกับปลายทาง เช่น ในแอปพลิเคชันแบบ video conference มีทราฟฟิกหลายลักษณะ (เช่น ภาพ เสียง ตัวอักษร)ในแอบพลิเคชันหนึ่งสามารถสร้าง flow label ได้หลายลักษณะและสามารถแยก flow ของภาพและเสียงออกจากกันได้

Traffic Class ใช้ระบุว่าแพ็กเก็ตนี้อยู่ในกลุ่มใดและมีระดับความสำคัญเท่าไหร่เพื่อที่เราท์เตอร์จะจัดลำดับขั้นการส่งแพ็กเก็ตให้เหมาะสม

2.5 ทำไมเราควรใช้ IPv6

การใช้งาน IPv6 มีประโยชน์มากมายเนื่องจาก IPv6 มีคุณลักษณะดังนี้

1.มีจำนวนหมายเลขอ้างอิงบนเครือข่ายหรือไอพีแอดเดรสที่มากกว่าก็ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคการแปลง IP ปลอมเป็น IP จริงหรือ NAT (Network Address Translation)

2.มีรูปแบบเฮดเดอร์ของตัวโพรโตคอลที่เรียบง่ายและยืดหยุ่นกว่าทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นในหลายๆด้าน

3.สนับสนุนแนวคิดการค้นหาเส้นทางแบบลำดับขั้นส่งผลให้ตารางการค้นหาเส้นทางภายในเครือข่าย Backbone มีขนาดเล็ก

4.สนับสนุนการกำหนดคุณภาพของบริการ (Quality of Service, QoS)

5.สนับสนุนการติดตั้งการปรับแต่งระบบแบบอัตโนมัติ (Serverless Autoconfigulation) การปรับเปลี่ยนแอดเดรส (Renumbering) การเชื่อมต่อต่างผู้ให้บริการ (Multihoming) และการPlug-and-Play

6.สนับสนุนกลไกการรักษาความปลอดภัยบนพื้นฐานของ IPSec (IP Security)

7.สนับสนุนการสื่อสารด้วยไอพีแบบเคลื่อนที่ (Mobile IP)

8.เครือข่ายน่าเชื่อถือมากขึ้นเนื่องจากเป็นการใช้งานไอพีจริง (Real IP) ทั้งหมด

9.ลดภาระในการทำงานของผู้ดูแลระบบเกี่ยวกับการติดตั้งและบริหารจัดการ

10.เครือข่ายทำงานได้เร็วยิ่งขึ้นมีประสิทธิภาพดีขึ้น

11.มีการปรับปรุงความสามารถในการติดต่อแบบ Multicast และAnycast

2.6 เราจะเริ่มต้นใช้งานIPv6 อย่างไร

การปรับเปลี่ยนระบบจาก IPv4 ไปสู่ IPv6 มีเทคนิคใช้2เทคนิคคือการสื่อสารระหว่างเครือข่าย IPv6 ด้วยกันโดยมีเครือข่าย IPv4 เป็นสื่อคั่นกลางโดยเทคนิคที่นิยมใช้คือ

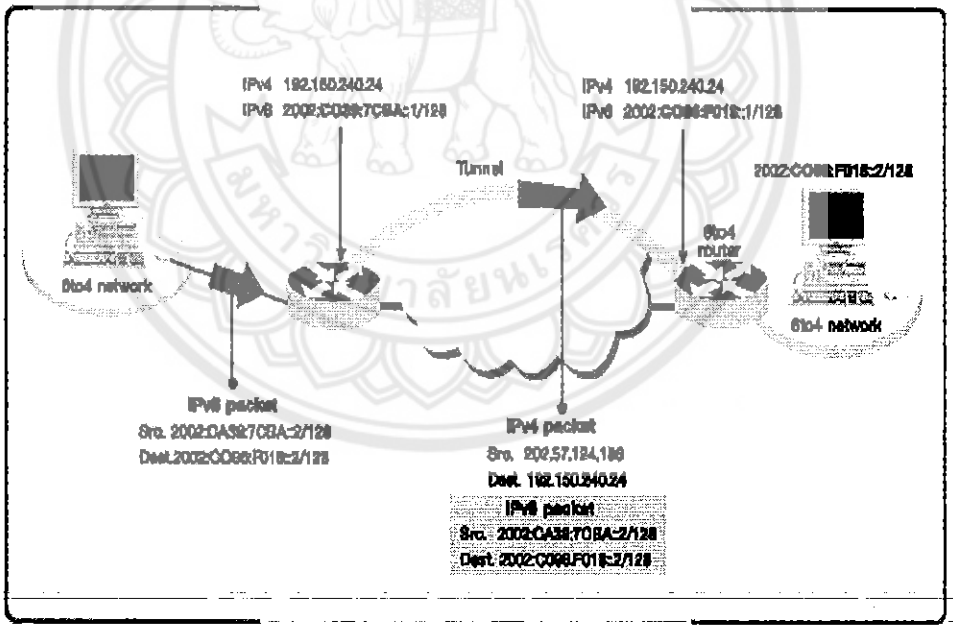
Dual Stacks (IPv6/IPv4) เป็นการติดตั้งทั้ง IPv6 และ IPv4 คู่กันไปโดยจะอาศัย address version field เป็นตัวตัดสินใจที่จะเลือกช่องทางใดในการติดต่อ

IPv6-over-IPv4 Tunnel เป็นการสร้างท่อในการรับส่ง IPv6 ผ่านไปบนเครือข่าย IPv4 ซึ่งมีเทคนิคที่นิยมใช้ 3 วิธีคือ

1. Manually Configured คือการสร้างท่อหรืออุโมงค์ (tunnel) ผ่าน IPv4 network โดยระบุ IPv6 address ตายตัวเพื่อสร้าง Tunnel

2. Automatic คือการสร้างท่ออัตโนมัติโดยอาศัย IPv4 ซึ่งจะฝัง IPv6 address เข้าไปพร้อมกับ IPv4 address

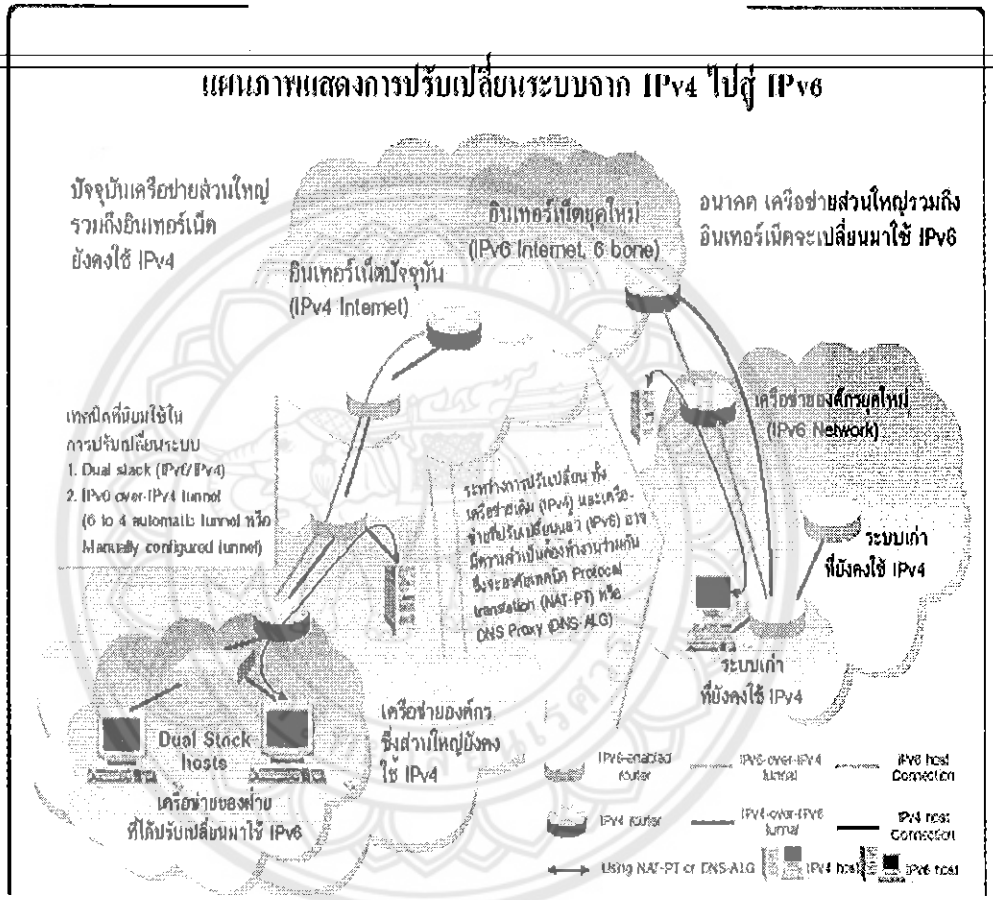
3. Semi-automaticหรือTunnel broker คือ การสร้างท่ออัตโนมัติโดยลงทะเบียนใช้บริการกับผู้ให้บริการ ผู้ให้บริการจะสร้าง Tunnel ไปยังเครือข่าย IPv6 แทนผู้ที่มาลงทะเบียนตัวอย่างเวบไซต์ที่ให้บริการได้แก่http://freenet6.netและ http://ipv6.he.net



รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ IPv6-over-IPv4 Tunnel

การสื่อสารระหว่างเครือข่าย IPv4 และ IPv6 (เครือข่าย IPv6 คุยกับเครือข่าย IPv4) โดยเทคนิคที่นิยมใช้ในการปรับเปลี่ยนคือ Network Address Translation-Protocal Translation (NAT-PT) ซึ่งเป็นการแปลงเฮดเดอร์ของแพ็กเก็ตของไอพีแพ็กเก็ตจาก IPv6 เป็น IPv4 หรือจาก IPv4 เป็น IPv6

ทั้งนี้หากการปรับเปลี่ยนเสร็จสมบูรณ์ เครือข่ายต้นทางและปลายทางเป็นการใช้งาน IPv6 ทั้งหมด โดยปราศจากการใช้ IPv4 เราเรียกการเชื่อมต่อลักษณะนี้ว่า IPv6-native network



รูปที่ 2.6 แผนภาพแสดงการปรับเปลี่ยนระบบจากIPv4ไปสู่IPv6

2.7 อุปกรณ์และแอปพลิเคชันในปัจจุบันที่สนับสนุน IPv6

2.7.1 ระบบปฏิบัติการ (Operating System)

ปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่สนับสนุนการใช้งาน IPv6 (IPv6 Ready) ได้แก่ Digital UNIX,HP UX , AIX , BSD , BSD ,LINUX ,MSWindow2000,XP,9X,NT,Solaris,MAC OS และอื่นๆ

โดยในส่วนของ Linux ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมประยุกต์และserviceได้จาก URL ต่อไปนี้

http://www.kame.net/

http://www.deepspace6.net/docs/ipv6_status_page_apps.html

http://www.bieringer.de/linux/IPv6/index.html

สำหรับ Windows จะสามารถใช้งานได้โดย;windows9x มี Trumpet Winsock ซึ่ง version ล่าสุดใช้ IPv6ได้windows 2000 ถ้าติดตั้ง SP1 ขึ้นไปแล้วจะสามารถดาวน์โหลด TCP/IPv6 มาลงก็จะใช้งาน IPv6 ได้windows 2003 และ windows XP สามารถใช้งาน IPv6 ได้อยู่แล้ว (IPv6 ready)

2.7.2 อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ (Product)

อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่สนับสนุนการใช้งานIPv6ซึ่งมีในท้องตลาดขณะนี้เริ่มมีจำนวนมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ของบริษัท Cisco, Juniper, Nortel, Fujitsu, Hitachi เป็นต้น

2.7.3 โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ (Application)

ตัวอย่างของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานบนเครือข่ายIPv6ได้ในขณะนี้ได้แก่WWW, DNS, Mail, FTP, Telnet, news, Firewall, GNU zebra เป็นต้น

2.8 จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้อย่างไร

ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตที่เราใช้อยู่ทุกวันนี้มีเครือข่ายIPv6ทำงานซ้อนอยู่ด้วย Internet backbone ที่เป็น IPv6 มีชื่อว่า "6bone" ซึ่งให้บริการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IPv6 ที่อยู่บน backbone นี้ ขณะนี้ 6bone ยังเป็นเครือข่ายสำหรับทดสอบ IPv6 และยังไม่มีให้บริการเชิงพาณิชย์

หากไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย6Boneได้โดยตรงผู้ใช้งานก็ยังมีวิธีอื่นที่ในการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้คือ

1. สร้าง tunnel ไปยังผู้ให้บริการ access point สำหรับเชื่อมเข้า 6bone: โดยผู้ใช้งานจะต้องสร้าง tunnel เชื่อมไปหาผู้ให้บริการหลังจากสมัครเป็นผู้ใช้งานแล้วได้รับIPv6 addressมาใช้งานจากนั้นจึงจะสามารถติดตั้ง tunnel และ routing ได้ ผู้ให้บริการเหล่านี้มีอยู่ทั้งในและนอกประเทศ เช่น

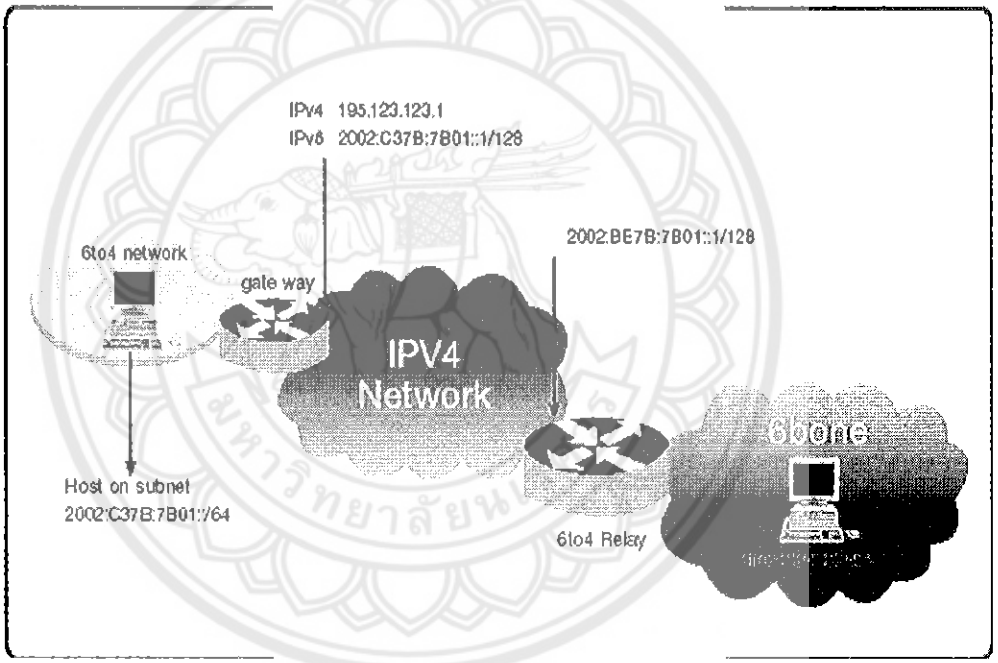
ผู้ให้บริการ access point ในประเทศ http://www.ipv6.nectec.or.th

ผู้ให้บริการ access point นอกประเทศ http://www.freenet6.net

2. 6to4 relay (ซิกทูโฟร์ รีเลย์): วิธีการนี้เหมาะสำหรับการติดตั้งเครือข่าย IPv6 อย่างง่ายเนื่องจากไม่ต้องจัดหาหมายเลข IPv6 address แต่สามารถสร้างหมายเลข IPv6 address ขึ้นเองได้จากหนึ่งหมายเลขของ Public IPv4 โดยหมายเลขที่ IPv6 address จะมีรูปแบบคือ (2002:<ipv4 in hex>::/32) ลักษณะการเชื่อมต่อจะเป็นการสร้างท่ออัตโนมัติด้วยสแตติกเราท์ติ้งโพรโตคอลผ่านเส้นทางการเชื่อมต่อ IPv4 ที่มีอยู่มายังผู้ให้บริการ 6 to 4 relay ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกตเวย์ออกสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต IPv6 ผู้ให้บริการ 6 to 4 relay มีทั้งในและนอกประเทศ เช่น

ผู้ให้บริการในประเทศ http://www.ipv6.nectec.or.th

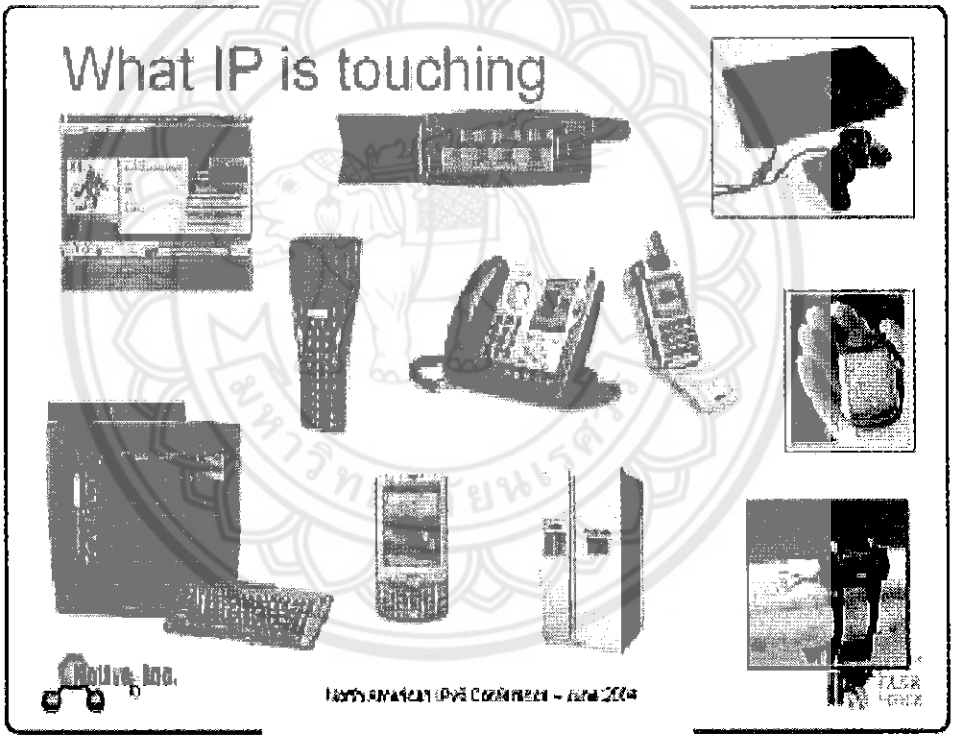
ผู้ให้บริการนอกประเทศ http://www.kfu.com/~nsayer/6to4/



รูปที่ 2.7 ภาพการให้บริการ6to4รีเลย์ของเนคเทค

2.9 อนาคตโลกอินเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์ IPv6

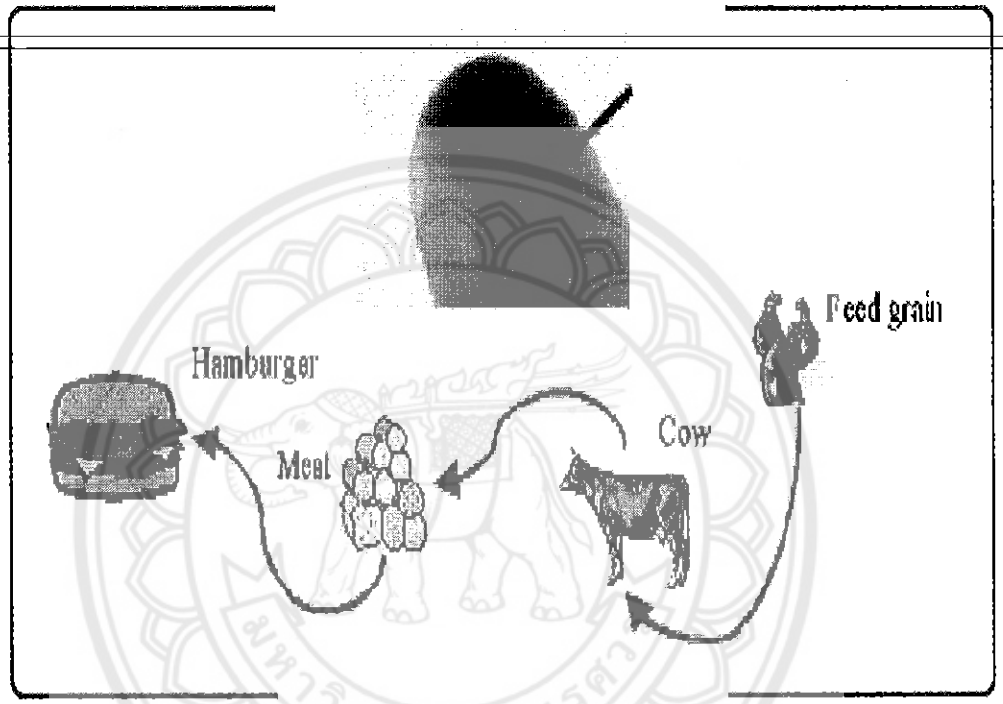
โปรแกรมประยุกต์ใช้งานต่างๆที่มีอยู่บนอินเทอร์เน็ตปัจจุบันที่ใช้ IPv4สามารถแปลงไปใช้งานบนเครือข่ายIPv6ได้เกือบทั้งหมดเพราะไอพีทั้งสองรุ่นเปรียบเสมือนรถที่ขนส่งข้อมูลของโปรแกรมดังนั้นการเปลี่ยนรุ่นของไอพีก็เสมือนกับการเปลี่ยนรุ่นของรถแต่ของที่บรรทุกยังคงเดิมจากข้อได้เปรียบของIPv6ทำให้เกิดโปรแกรมและอุปกรณ์ใหม่ๆที่ถูกออกแบบมาใช้กับไอพีรุ่นนี้โดยเฉพาะและในที่สุดก็จะทำให้พฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตเปลี่ยนไปจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบันในอนาคตอันใกล้อินเทอร์เน็ตจะเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆจะเพิ่มความสามารถทางด้านการติดต่อสื่อสารซึ่งจะก่อให้เกิดวิวัฒนาการไปอีกมากมายอุปกรณ์เหล่านี้สามารถมีหมายเลขไอพีแอดเดรสของตัวเองทำให้การรับส่งข้อมูลทำได้รวดเร็วและสามารถติดต่อกันได้โดยตรงไม่ต้องผ่านระบบอื่นๆ ตัวอย่างของอุปกรณ์เหล่านี้ดูได้จากรูป 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์ที่สามารถมีหมายเลขไอพีแอดเดรสของตัวเอง

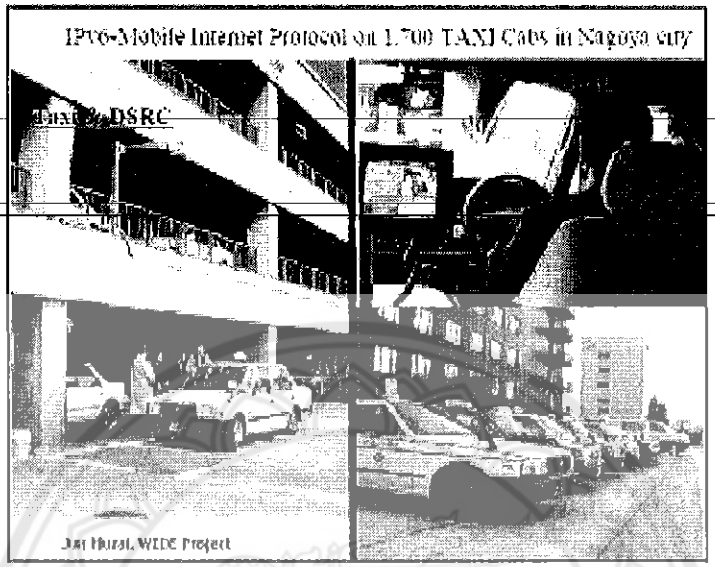
เราอาจแยกการใช้งานในอนาคตได้เป็นข้อๆดังนี้

การใช้งานจากปลายทางสู่ปลายทางโดยตรง(peer-to-peer application) เนื่องจากจำนวนไอพีแอดเดรสจะมีเหลือเฟือที่จะแจกจ่ายให้แก่อุปกรณ์ทุกชนิดที่ต่อกับอินเทอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านหรือแม้แต่รถยนต์นอกจากนั้นเรายังสามารถใช้ IPv6 ร่วมกับเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identification) เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้ เช่น วางไว้ในภูมิศาสตร์ต่างๆหรือติดกับสัตว์หรือกับรถแท็กซี่เพื่อตรวจสภาพมลพิษในเมือง



รูปที่ 2.9 แสดงขนาดของ RFID เมื่อเทียบกับนิ้วมือ และการใช้RFIDกับสัตว์ในขั้นตอนการทำอาหารแฮมเบอร์เกอร์

การติดตั้งกล้อง Surveillance IPv6 camera เพื่อดูแลความปลอดภัยหรือดูสภาพการจราจร กล้องเหล่านี้สามารถเป็นเซิร์ฟเวอร์ได้ในตัวเก็บข้อมูลได้และติดต่อกันได้โดยตรงเนื่องจากมีหมายเลขไอพีแอดเดรสจริงของตัวเอง



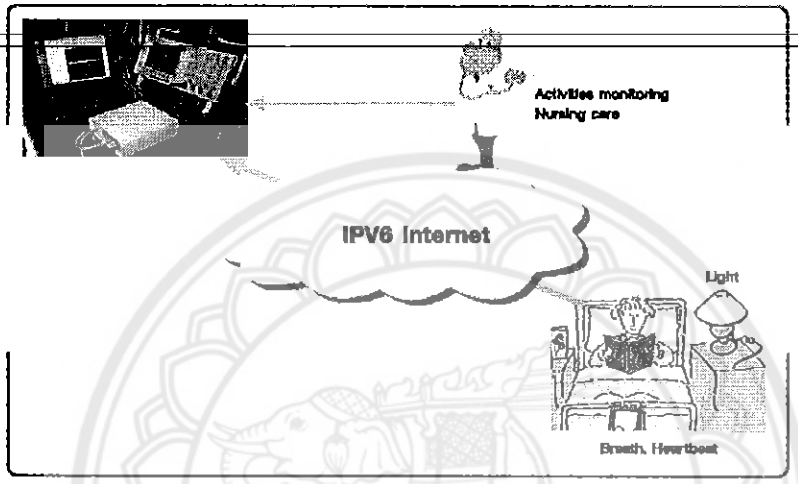
รูปที่ 2.10 แสดงการติดกล้องดูแลความปลอดภัย

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจะมีไอพีแอดเดรสประจำ ทำให้แยกแยะและควบคุมได้และเกิดเป็นเครือข่ายภายในบ้านหรือระหว่างบ้านได้ เช่น โทรทัศน์ในอนาคตจะเป็นแบบ Interactive คือสามารถตอบโต้กับผู้ชมได้เครื่องเล่น DVD ก็สามารถรับส่งหนังมาได้โดยตรงจากอินเทอร์เน็ตหรือสามารถส่งสัญญาณไปยังโทรทัศน์ที่มีอยู่มุมต่างๆของบ้านได้ มาตรฐานX.10 ของการส่งสัญญาณไปบนสายไฟจะช่วยให้เราสร้างเครือข่ายในบ้านได้จากสิ่งที่มีพร้อมอยู่แล้ว นอกจากนี้เรายังสามารถสั่งเปิดปิด ควบคุมหรือตรวจสอบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าในบ้านได้

การใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบ plug-and-play หรือ auto-configuration โดยผู้ใช้ไม่ต้องเรียนรู้ทางเทคนิคใดๆ เพียงแต่เสียบปลั๊กและสายการสื่อสารก็สามารถเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตได้ทันที นอกจากนี้ยังไม่จำกัดสถานที่ที่จะใช้งานอีกด้วยตัวอย่างเช่นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กสามารถนำไปต่างจังหวัดแล้วเสียบที่จุดเชื่อมต่อของจังหวัดนั้นก็จะเหมือนนั่งเล่นอินเตอร์เน็ตอยู่ที่บ้านได้

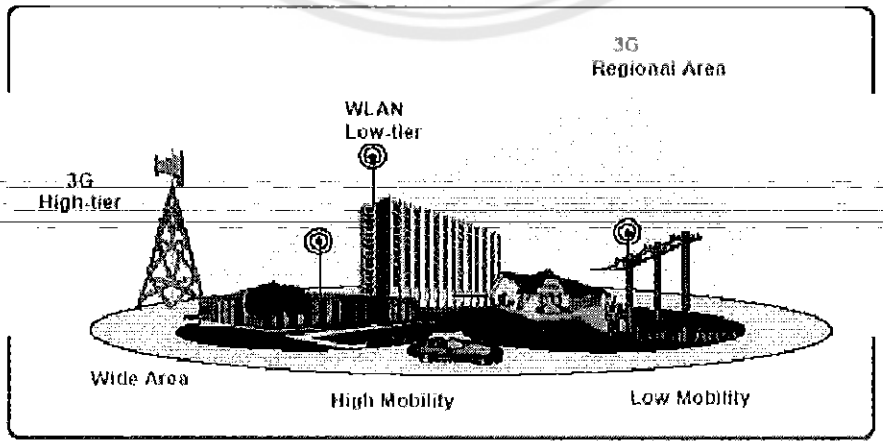
ในอนาคตอันใกล้อาคารที่ทำงานหรือที่อยู่อาศัยต่างๆจะมีการทำ Building Automation เพื่อควบคุมการใช้พลังงานและการทำงานของระบบต่างๆ เช่น การใช้ไฟฟ้าและ ก๊าซหุงต้มซึ่ง IPv6 จะเป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมต่อเครือข่ายควบคุมภายในอาคาร

การใช้งาน IPv6 สามารถช่วยในการดูแลระบบการดูแลผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุดังเช่นการใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์จะคอยรายงานสภาวะของ ผู้ป่วย (Monitoring) ยกตัวอย่างเช่น การวัดจังหวะการเต้นของหัวใจหรือการควบคุมระบบแสงไฟในห้องพักของผู้ป่วย



รูปที่ 2.11 แสดงการใช้งาน IPv6 กับระบบดูแลผู้ป่วย

IPv6 เป็นเครือข่ายที่นอกจากจะไร้พรมแดนแล้วยังไร้ข้อจำกัดของสถานที่การใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile Devices) จะสามารถทำให้เข้าถึงอินเตอร์เน็ตได้ทุกจุดแม้ว่ากำลังนั่งอยู่ในรถที่เคลื่อนที่ การใช้งานก็จำไม่สะดุดระหว่างจุดต่อเชื่อมของเครือข่าย



รูปที่ 2.12 แสดงการใช้เครือข่ายไร้สาย

2.10 สถานการณ์ปัจจุบัน

ถึงแม้จะเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วกันแล้วว่าสักวันหนึ่งอินเทอร์เน็ตจะต้องปรับเปลี่ยนไปใช้งาน IPv6 แต่ความตื่นตัวในการปรับเปลี่ยนได้เกิดขึ้นช้ากว่าที่คาดหมายกันไว้สาเหตุสำคัญอาจเนื่องมาจากทัศนคติที่ว่าตราบใดที่อินเทอร์เน็ตยังไม่ขาดแคลนไอพีแอดเดรส IPv6 ก็ยังคงเป็นสิ่งฟุ่มเฟือยและยังไม่จำเป็นมากนักถึงกระนั้นก็ตาม IPv6 เริ่มได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้นเพราะผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตต่างตระหนักดีถึงว่า ไม่ช้าก็เร็วปัญหาการขาดแคลนไอพีแอดเดรสจะต้องมาถึงและเมื่อวันนั้นมาถึงผู้ที่มีความพร้อมมากกว่าจะเป็นผู้ได้เปรียบ นอกจากนั้นIPv6ยังเป็นทางออกที่ถาวรทางเดียวในการแก้ปัญหานี้

การผลักดันให้เกิดการนำIPv6 ไปใช้งานจริงมีศูนย์กลางอยู่ที่ทวีปยุโรปและเอเชียเป็นหลักส่วนทวีปอเมริกาเหนือนั้นยังไม่มีจุดยืนที่ชัดเจน สาเหตุสำคัญประการแรกก็คือในปัจจุบันทวีปอเมริกาเหนือมีส่วนแบ่งของไอพีแอดเดรสอยู่ถึงร้อยละ 70 ของไอพีแอดเดรสทั้งหมดที่มีในโลกจึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจเลยว่าที่ทวีปนี้ยังไม่เห็นความจำเป็นของ IPv6 ในทางตรงกันข้ามทั้งยุโรปและเอเชียต่างพบปัญหาการมีไอพีแอดเดรสไม่พอกับจำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ต สาเหตุประการที่สองสืบเนื่องมาจากเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สาม (3G wireless technology) ทั้งยุโรปและเอเชียต่างมีความต้องการสูงทางด้านเทคโนโลยี 3G ซึ่งเทคโนโลยีนี้ทำให้เกิดความต้องการไอพีแอดเดรสที่เพิ่มขึ้นดังนั้นเราจังพบว่าผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และองค์กรที่จะทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานต่างๆในทวีปยุโรปและเอเชียต่างส่งสัญญาณที่จำแก้ปัญหาการขาดแคลนไอพีแอดเดรสหรืออีกนัยหนึ่งการตอบรับต่อ IPv6 อย่างจริงจัง

2.11 ลีนุกซ์ คืออะไร

ลีนุกซ์คือระบบปฏิบัติการที่คล้ายยูนิกซ์แต่ไม่ใช่ยูนิกซ์ต่างกันทั้งการพัฒนา การแจกจ่ายรวมถึงโค้ดลีนุ๊กซ์จะไม่มียูนิกซ์โค้ดเลย แต่จะพัฒนาตามมาตรฐานของ POSIX (Portable Operating System Interface) และสามารถทำงานได้บนเครื่องหลายตระกูล ทั้งแบบอินเทลตั้งแต่รุ่น 386/486/Pentium จนถึงเครื่องรุ่นปัจจุบัน และแบบที่ไม่ใช่อินเทล เช่น Digital Alpha , SUN SPARC , Macintosh , Silicon Graphics Workstation เป็นต้น ซึ่งระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ส่วนใหญ่จะยึดติดอยู่กับเครื่องในตระกูลใดตระกูลหนึ่ง

2.12 เหตุผลที่เลือกใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

ลีนุกซ์เป็นระบบปฏิบัติการที่ได้ชื่อว่าฟรี ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงว่าเราจะได้ลีนุกซ์โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่หมายถึงการมีอิสระ ในการนำโค้ดต้นฉบับมาทำการแก้ไขปรับปรุงตามความต้องการของผู้พัฒนา และยังสามารถทำสำเนาแจกจ่ายได้ ไม่ว่าจะเพื่อใช้ในการศึกษาหรือในเชิงพาณิชย์ก็ตาม ลีนุกซ์ได้พัฒนาขึ้นภายใต้ลิขสิทธิ์แบบ GPL (GNU General Public License) ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงต้นฉบับหรือแจกจ่ายโดยไม่จำกัดสิทธิ์ แต่ซอฟต์แวร์นั้นยังคงเป็นลิขสิทธิ์แบบ GPL อยู่

2.13 ประวัติของลีนุกซ์

ลีนุกซ์ถูกสร้างขึ้นโดยนาย Linus Torvalds ขณะที่ยังเรียนอยู่ที่มหาวิทยาลัย Helsinki ประเทศฟินแลนด์ ซึ่งในขณะนั้นนาย Linus ได้สนใจในระบบปฏิบัติการ Minix จึงเกิดความคิดที่จะพัฒนาระบบปฏิบัติการที่มีความสามารถมากขึ้นตามแบบ Minix และสามารถทำงานบนเครื่องตระกูล PC-Intel ได้ด้วย นาย Linus ได้เริ่มต้นพัฒนาในปี ค.ศ. 1991 และได้ออก Kernalเวอร์ชัน 1.0 ได้ จวบจนปัจจุบัน Kernal ได้ถูกพัฒนาจนถึงเวอร์ชัน 2.5.X และยังคงถูกพัฒนาต่อไปอีก

2.14 คุณสมบัติพื้นฐานของลีนุกซ์

1. Multitasking ลีนุกซ์สามารถทำงานได้หลายโปรแกรมๆพร้อมกัน โดยที่โปรแกรมต่างๆทำหน้าที่เป็นอิสระจากกัน

2. Multiuser ลีนุกซ์ยอมให้ผู้ใช้สามารถเข้ามาทำงานพร้อมๆกันได้ โดยผู้ใช้แต่ละคนงานทำเป็นอิสระจากกัน

3.ทำงานได้ทั้งแบบ Text mode และ Window mode

4.ทำงานได้ทั้งแบบหน้าเครื่อง(Console) หรือ จากเครื่องอื่น (Remote)

2.15 คำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส

Command's Purpose	MS-DOS	Linux	Basic Linux Example
Copies files	copy	cp	cp *thisfile.txt* /home/*thisdirectory*
Moves files	move	mv	mv *thisfile.txt* /home/*thisdirectory*
Lists files	dir	ls	ls
Clears screen	cls	clear	clear
Closes shell prompt	exit	exit	exit
Displays or sets date	date	date	date
Deletes files	del	rm	rm *thisfile.txt*

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส(ต่อ)

"Echoes" output to the screen	echo	echo	echo ***this message***
Edits files with simple text editor	edit	gedit([a1])	gedit ***thisfile.txt***
Compares the contents of files	fc	diff	diff *file1 file2*
Finds a string of text in a file	find	grep	grep *this word or phrase* ***thisfile.txt***

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส(ต่อ)

Command's Purpose	MS-DOS	Linux	Basic Linux Example
Formats a diskette	format a: (if diskette is in A:)	mke2fs or mformat([b])	/sbin/mke2fs /dev/fd0 (/dev/fd0 is the Linux equivalent of A:)
Displays command help	*command* /?	man([c])	man *command*
Creates a directory	mkdir	mkdir	mkdir *directory*
Views a file	more	less([d])	less *thisfile.txt*

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส(ต่อ)

Renames a file	ren	mv([e])	mv ***thisfile.txt thatfile.txt***
Displays your location in the file system	chdir	pwd	pwd
Changes directories with a specified path (***absolute path***)	cd ***pathnam e***	cd ***pathname***	cd ***/directory/directory***
Changes	cd..	cd..	cd..

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคำสั่งที่ใช้งานในลีนุกซ์กับคำสั่งที่ใช้งานในดอส(ต่อ)

Command's Purpose	MS-DOS	Linux	Basic Linux Example
directories with a ***relative path***			
Displays the time	time	date	date
Shows amount of RAM in use	mem	free	free

บทที่3
วิธีการดำเนินงาน

จากในบทที่ 2 เราได้กล่าวถึงความเป็นมา หลักการและทฤษฎีรวมไปถึงความรู้พื้นฐานของอินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 6 ต่อไปจะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานการปรับแต่งต่างๆบนระบบปฏิบัติการ Linux Redhat ให้สามารถรองรับอินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 6 ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา
2. ศึกษาหลักการและทฤษฎีของ IPV6
3. ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux RedHat
4. ติดตั้ง Software IPv6
5. ติดตั้ง web server
6. Configuring DNS Server

1. ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

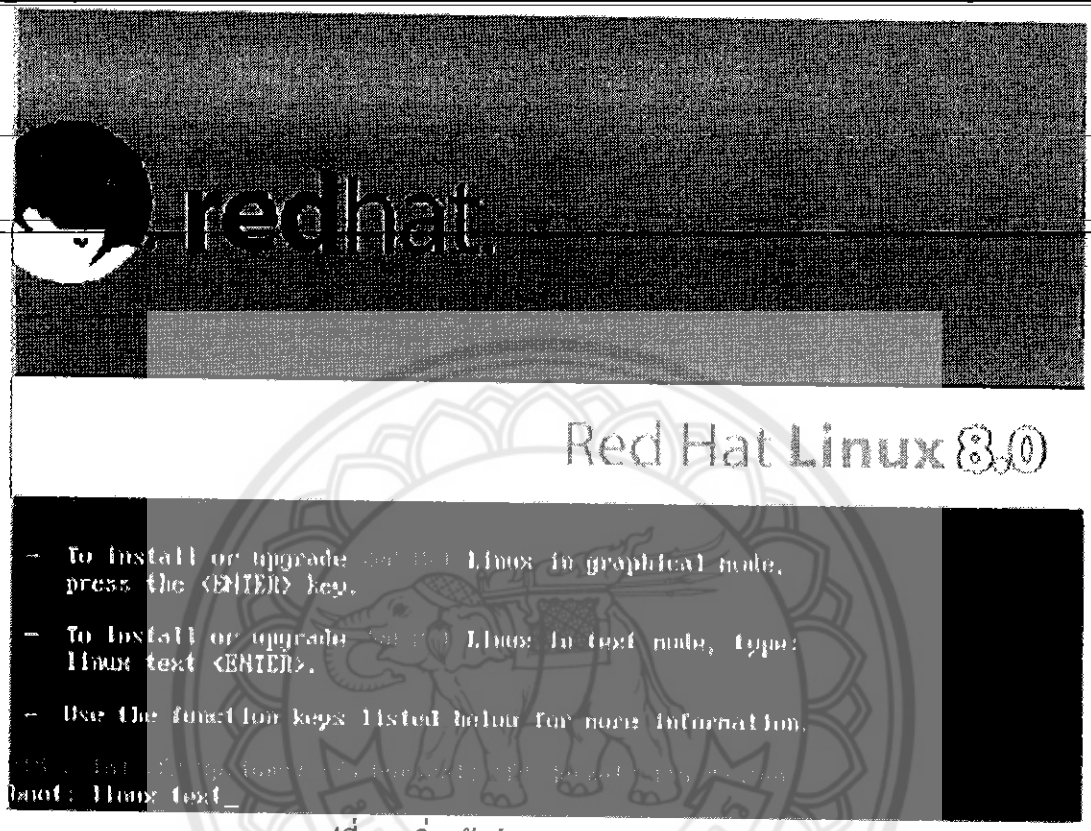
ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นมาของอินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่6รวมถึงศึกษาความสำคัญของปัญหาจากหนังสืออินเทอร์เนตและจากการเข้าร่วมรับฟังการอบรมเชิงปฏิบัติการIPv6ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นซึ่งจัดโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (nectec) และคณาจารย์จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. ศึกษาหลักการและทฤษฎีของ IPV6

ทำการศึกษาหลักการและทฤษฎีของอินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 6(IPv6) ศึกษาความแตกต่างรวมไปถึงข้อดีข้อเสียของการปรับเปลี่ยนระบบจากอินเทอร์เนตโปรโตคอล รุ่นที่ 4 (IPv4) ไปสู่อินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่6(IPv6)และศึกษาเทคนิคการเชื่อมต่ออินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่ 6 (IPv6) บนระบบปฏิบัติการ Linux RedHat

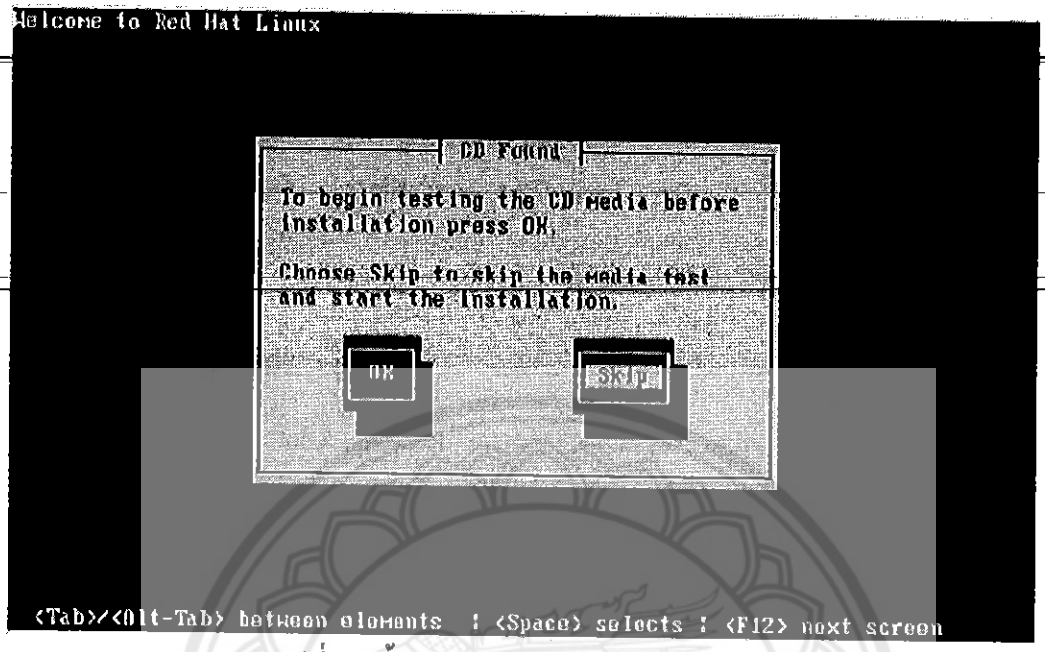
3. การติดตั้งระบบปฏิบัติการ Linux RedHat

เริ่มต้นการติดตั้ง Welcome to Redhat เลือกการติดตั้งแบบ text mode ให้พิมพ์ Linux text ดังรูปที่3.1



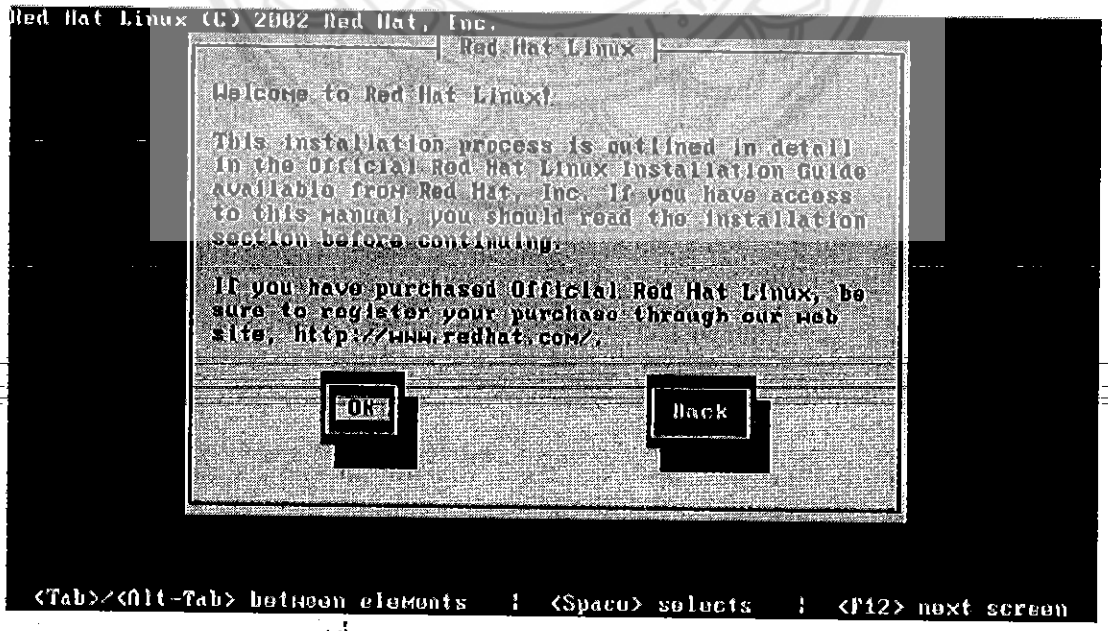
รูปที่ 3.1 เริ่มเข้าสู่ Install mode

ขั้นตอนการตรวจสอบ CD media ก่อนการติดตั้งให้ โดยการกดปุ่ม [TAB] เลื่อนแถบแสงไปที่ Skip แล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูปที่3.2



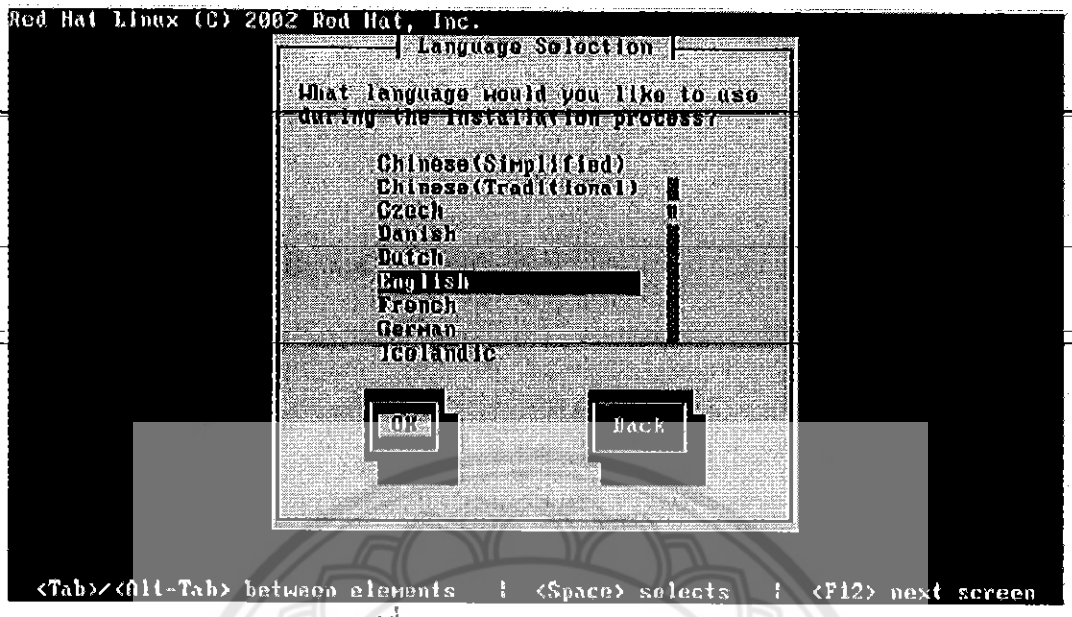
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการตรวจสอบ CD media

Welcome to Red Linux เลื่อนแถบไปที่ OK แสงแล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.3



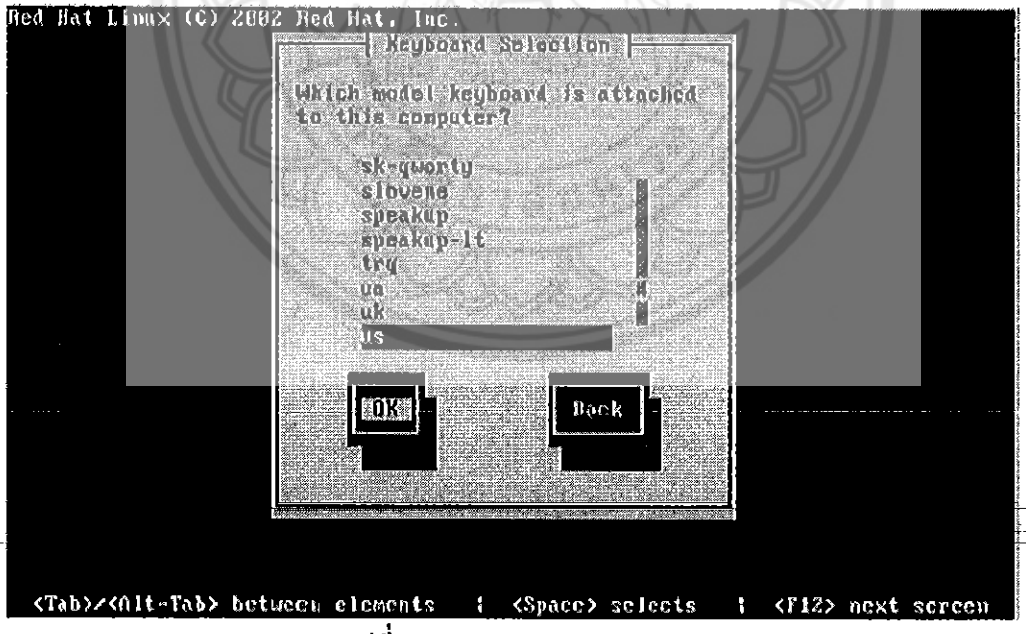
รูปที่ 3.3 Welcome to Red Linux

Language Selection เลือก English แล้วเลื่อนแถบแสงไปที่ OK จากนั้นกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.4



รูปที่ 3.4 Language Selection

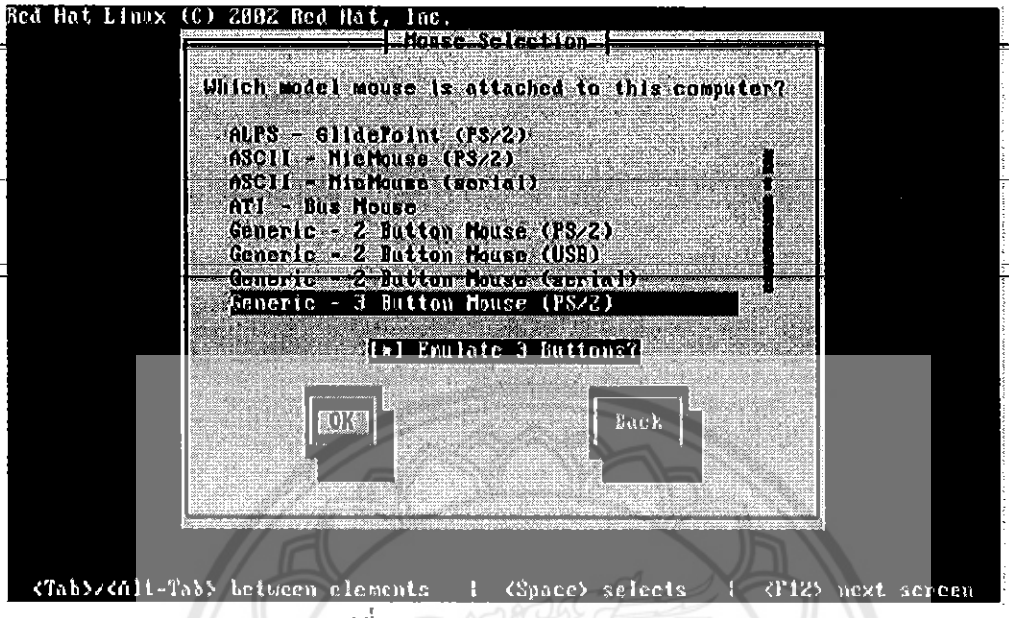
Keyboard Selection เลือก English แล้วเลื่อนแถบแสงไปที่ OK จากนั้นกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.5



รูปที่ 3.5 Keyboard Selection

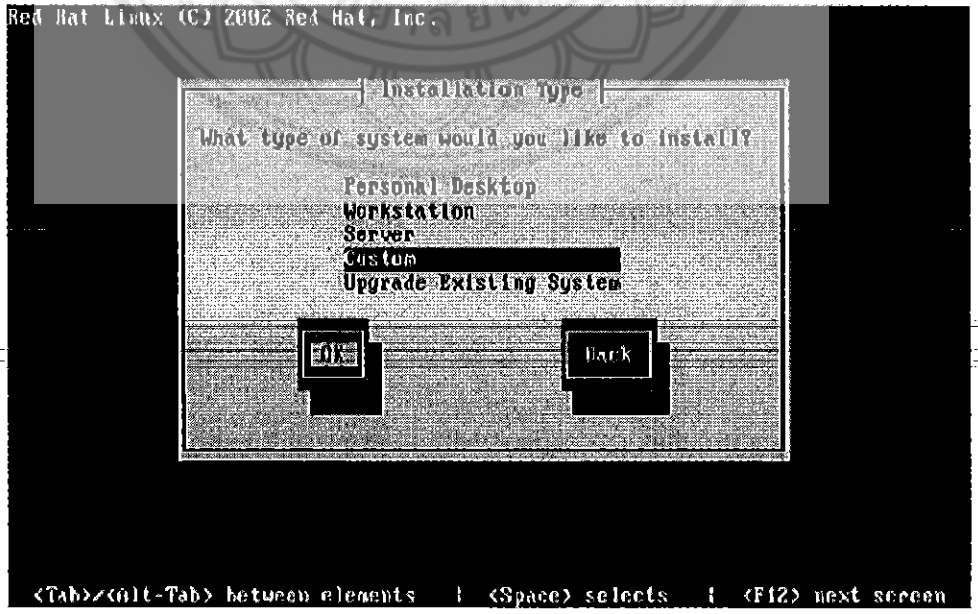
Mouse Configuration เลือก Generic-3 Button Mouse (PS/2) และเลือก Emulate 3 Buttons [OK] ดังรูป3.6

Mouse Configuration เลือก Generic-3 Button Mouse (PS/2) และเลือก Emulate 3 Buttons [OK] ดังรูป3.6



รูปที่ 3.6 Mouse Configuration

Installation Type เลือกการติดตั้งแบบ Custom เนื่องจากใช้ CD เพียงแผ่นเดียวในการติดตั้ง และจะติดตั้งเฉพาะส่วนที่จำเป็นต้องใช้ซึ่งบรรจุอยู่ในแผ่น cdrom เรียบร้อยแล้ว ให้เลื่อนกดปุ่ม [TAB] เลื่อนแถบแสงไปที่ [OK] แล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.7



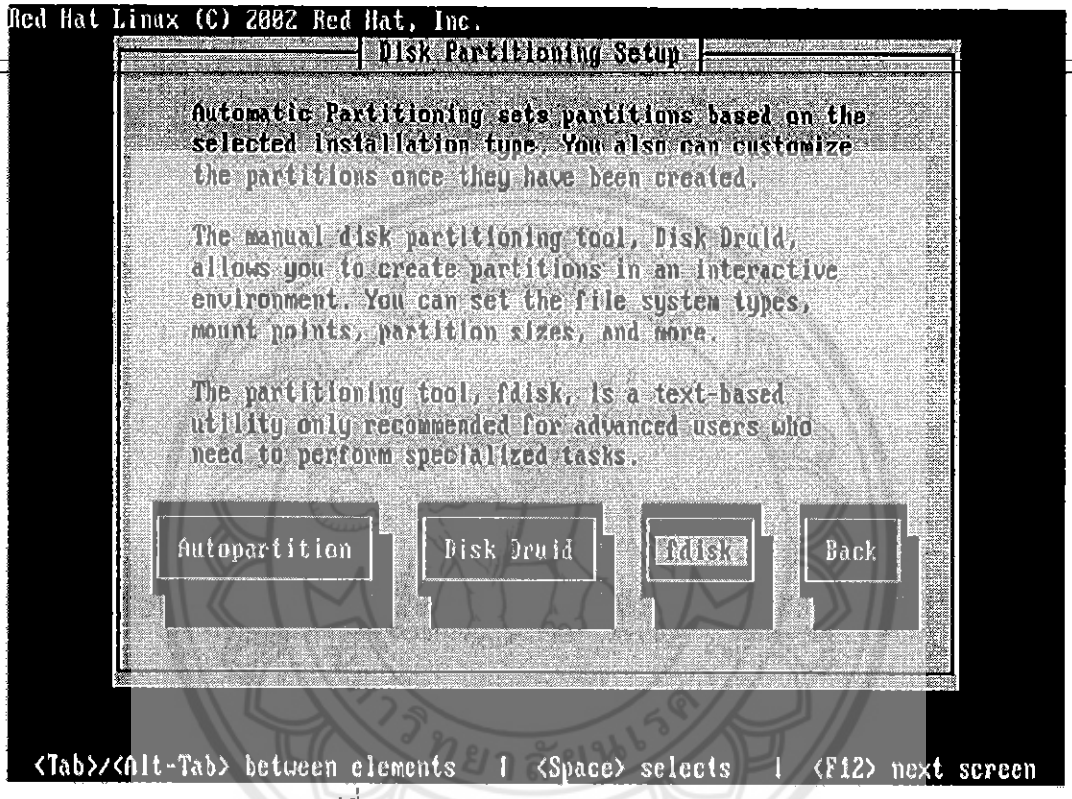
รูปที่ 3.7 Installation Type

Disk Partitioning Setup ประกอบด้วยตัวเลือก 3 ส่วนดังรูป3.8

Automatically partition วิธีนี้จะเลือกได้ว่าจะลบหรือเก็บ partition ที่มีอยู่เดิมหรือไม่ (จะแสดงในหน้าจอถัดไปถ้าเลือกวิธีนี้) หลังจากนั้นระบบจะกำหนดขนาดแต่ละpartitionให้โดยอัตโนมัติหรือสามารถกำหนดขนาด partition เองได้ด้วยวิธี Disk Druid

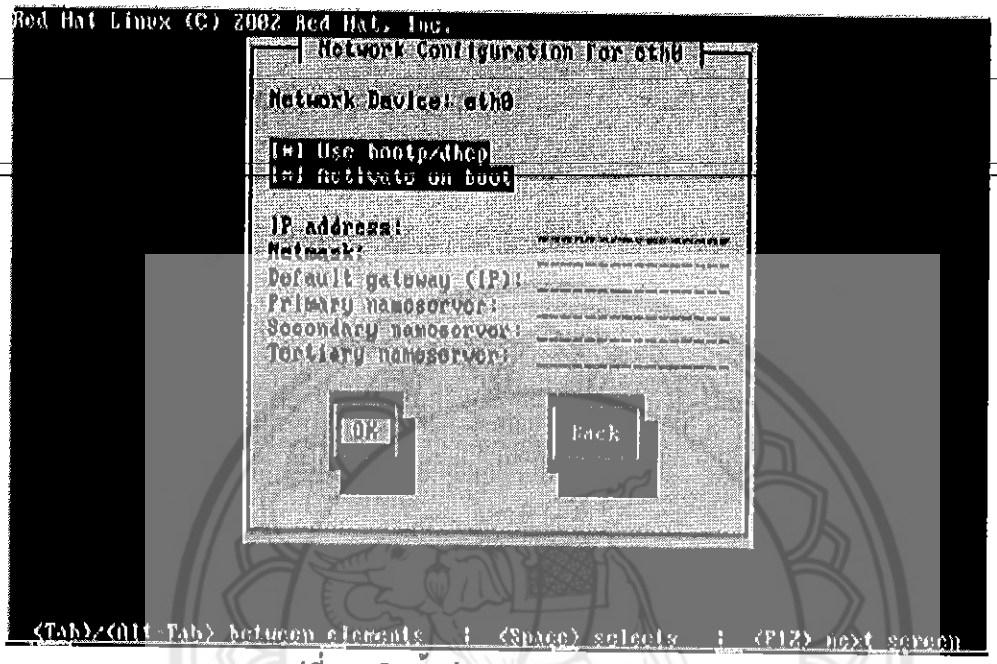
Manually partition with Disk Druid วิธีนี้สามารถกำหนดขนาด partition ได้เอง

Manually partition with fdisk (expert only) วิธีนี้จะกำหนด partition ด้วยคำสั่ง fdisk



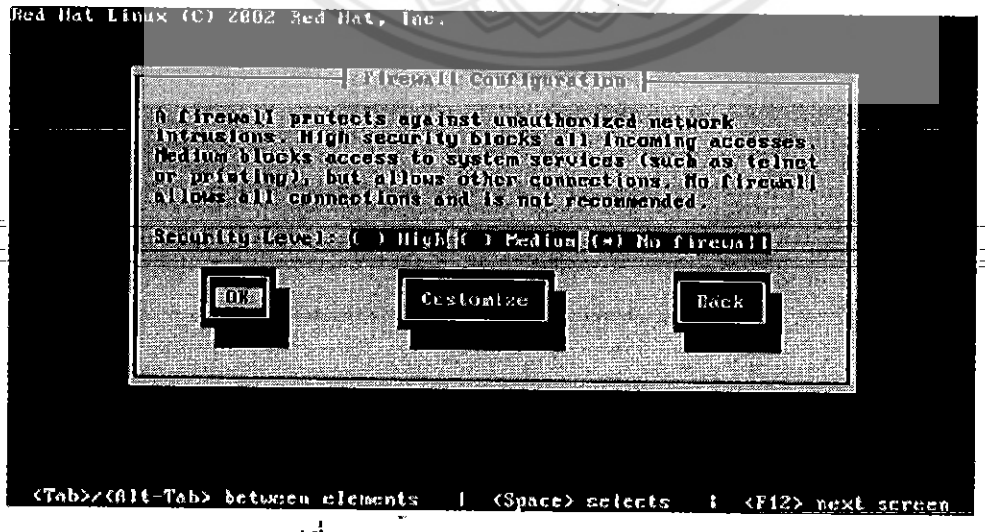
รูปที่ 3.8 Disk Partitioning Setup

ติดตั้งค่า Network configuration ในระบบ Linux RedHat มี network device ชื่อeth0 ในการทดลอง จะใช้ use bootp/dhcp และกำหนด Active on boot เพื่อรับหมายเลข IP จากเครื่องDHCP Server ตั้งแต่ตอน boot โดยให้เลื่อนแถบสีแล้วกด [space bar] เลือกทั้งสองรายการจากนั้นให้กดปุ่มTab เลื่อนแถบไปที่ OK แล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.9



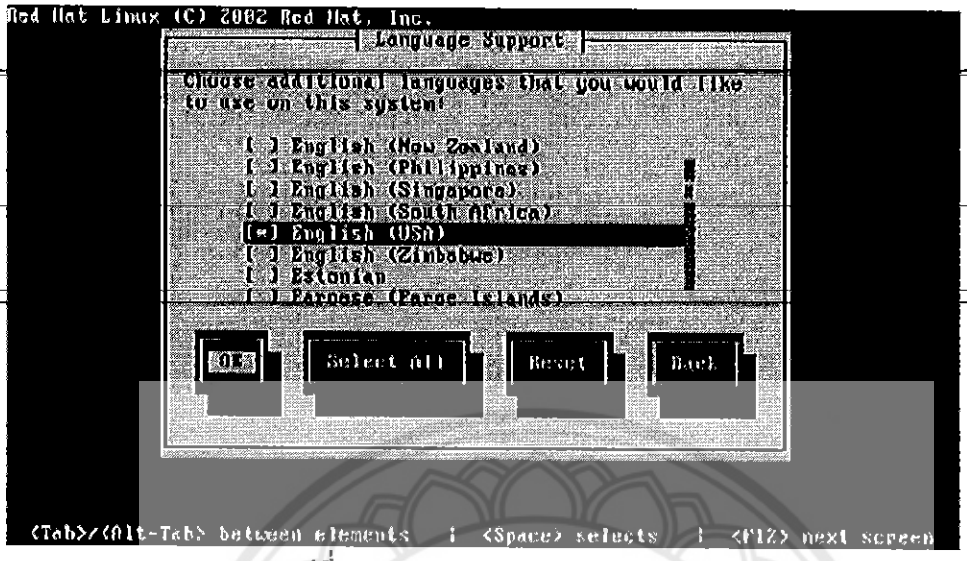
รูปที่ 3.9 ติดตั้งค่า Network configuration

Firewall Configuration สำหรับการทดลองครั้งนี้ให้เลือก No firewallเพื่อความสะดวกในการทดลอง โดยกดปุ่ม [Tab] เพื่อเลื่อนแถบสีไปที่ No firewall แล้วกดปุ่ม Space bar จากนั้นเลื่อนแถบสีไปที่OK แล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.10



รูปที่ 3.10 Firewall Configuration

Language Support ให้เลือกภาษาที่ใช้เป็นภาษาอังกฤษ โดยกดปุ่ม [Space bar] ที่English (USA) โดยกดปุ่ม [Tab] เพื่อเลื่อนแถบสีไปที่OK จากนั้นกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.11

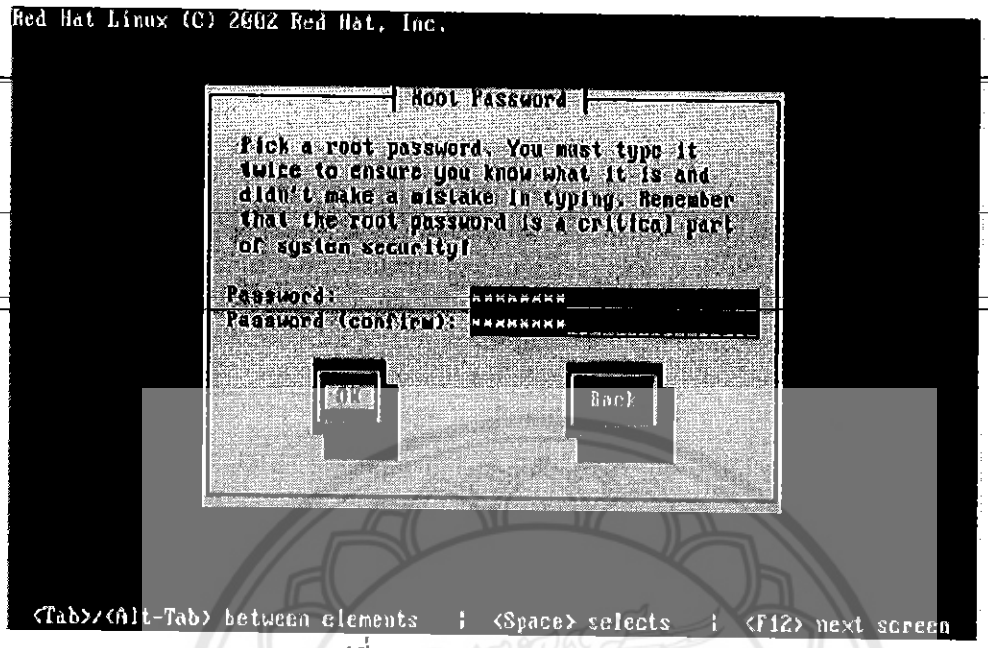


รูปที่ 3.11 Language Support

Time zone selection สำหรับการทดลองครั้งนี้จะไม่ใช้ Hardware clock set to GMT ให้กำหนดเวลาโดยเลื่อนแถบสีไปที่ Asia/Bangkok แล้วกดปุ่ม Tab ไปที่ OK จากนั้นให้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.12

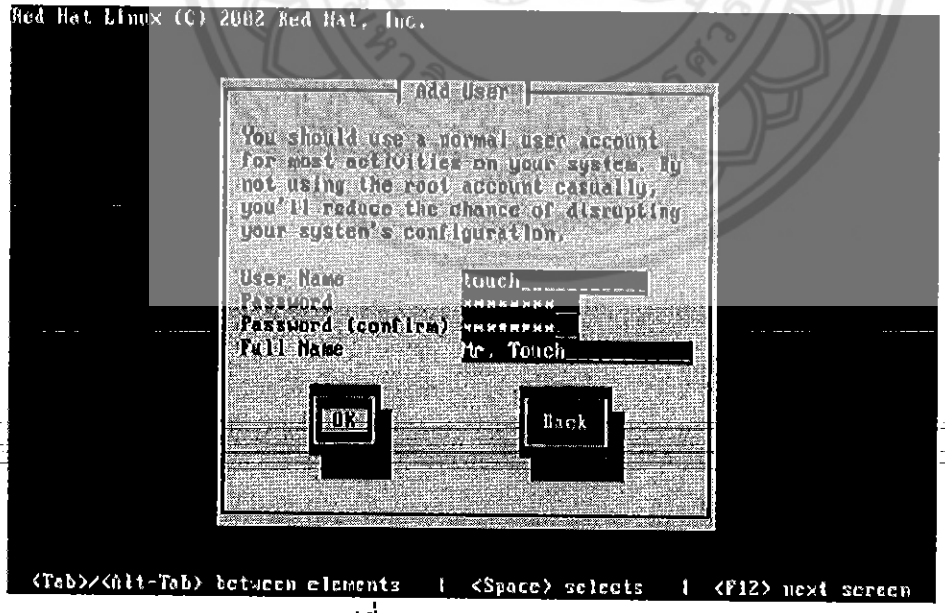
รูปที่ 3.12 Time zone selection

กำหนดรหัสผ่านของRoot สำหรับการทดลองครั้งนี้ให้ใส่รหัสผ่านเป็น ipv6workshop แล้วกดปุ่ม [Tab] เลื่อนแถบแสงไปที่ OK หลังจากนั้นให้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.13



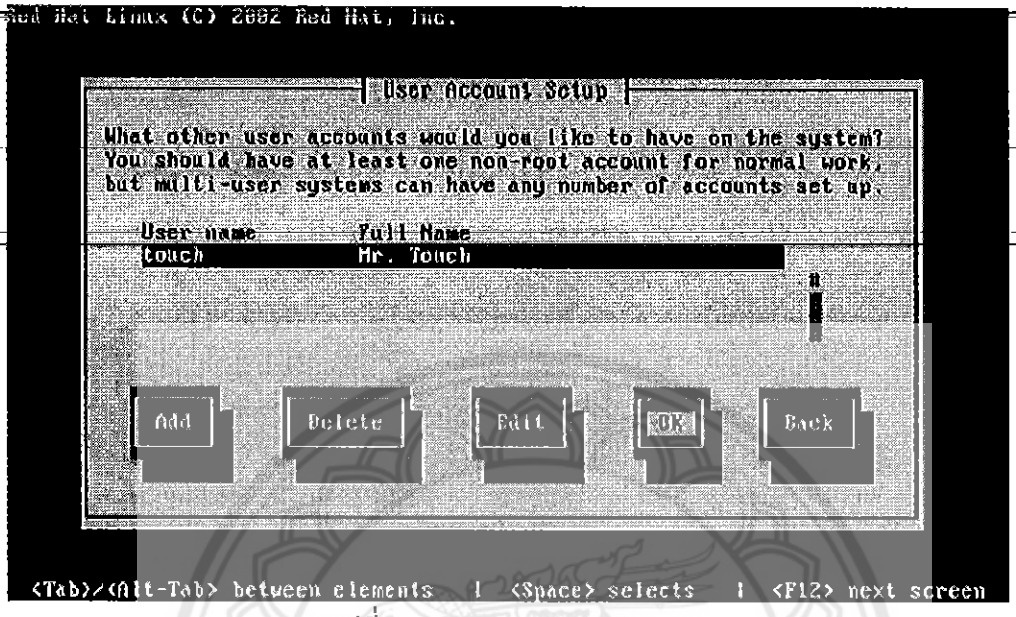
รูปที่ 3.13 Root Password

สร้างผู้ใช้งานระบบ โดยให้ตั้งชื่อและรหัสผ่านตามความต้องการ เสร็จแล้วกดปุ่ม Tab เลื่อนแถบแสงไปที่ OK แล้วกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.14



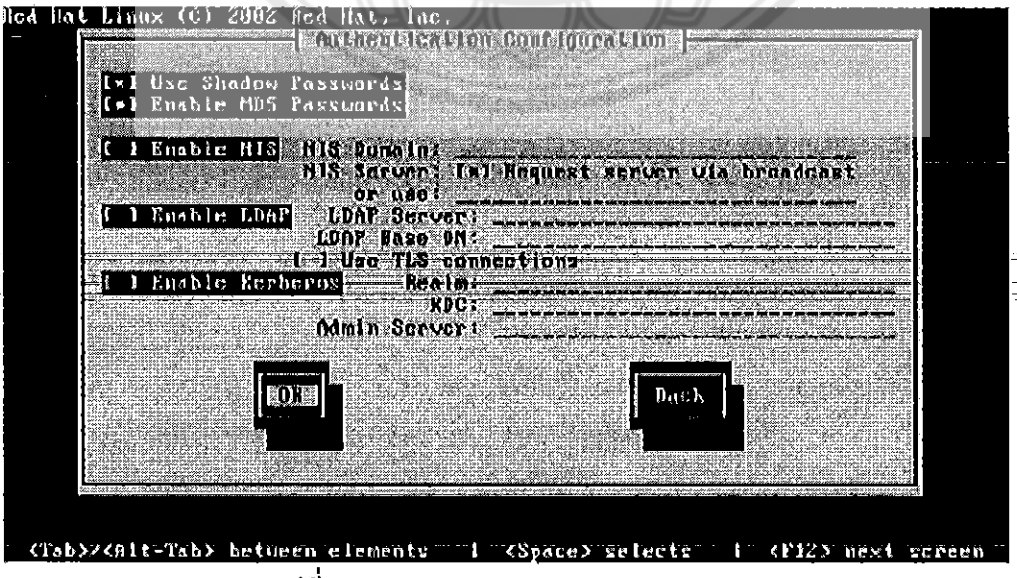
รูปที่ 3.14 Add User

Use Account Set up แสดงรายชื่อทั้งหมดของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งสามารถทำการสร้าง ลบชื่อและเปลี่ยนแปลงข้อมูลการใช้งานได้ เมื่อสร้างผู้ใช้งานเสร็จเรียบร้อยแล้วแล้วกดปุ่ม [Tab] เลื่อนแถบแสงไปที่ OK หลังจากนั้นให้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.15



รูปที่ 3.15 Use Account Set up

Authentication Configuration เป็นการกำหนดรูปแบบการรักษาความปลอดภัย สำหรับการทดลองครั้งนี้ให้เลือก Use Shadow Passwords และ Enable MDS Passwords โดยกดปุ่ม [Space bar] ที่ช่องหน้าตัวเลือกทั้งสอง แล้วกดปุ่ม [Tab] เลื่อนแถบแสงไปที่ OK หลังจากนั้นให้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป 3.16



รูปที่ 3.16 Authentication Configuration

Package Group Selection ให้เลือกตามรายการที่ได้แสดงไว้ ส่วน package อื่นๆให้เลือกเมื่อต้องการเลือกให้กด Space bar จะปรากฏเครื่องหมาย * เมื่อต้องการยกเลิกให้กด [Space bar] อีกครั้งหน้าช่องว่างเครื่องหมาย * จะหายไปให้เลือก package ตามรายการดังนี้

Administration , DNS Name Server , FTP Server , Gnome Desktop Environment , Graphical Internet , Mail Server , Server Configuration Tools , Text-based International , Web server , X Window System และให้เลือก Select individual package เพิ่มเติมบางส่วนโดยการกดปุ่ม [Tab] เพื่อเลื่อนแถบแสงไปที่ [Space bara หน้าช่องตัวเลือกดังกล่าว หลังจากนั้นให้กดปุ่ม OK แล้วกดปุ่ม [Enter]ดังรูป3.17

รูปที่ 3.17 Package Group Selection

Individual Package Selection จะเลือกเฉพาะ package ที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองครั้งนี้ส่วน package อื่นๆจะถูกติดตั้งเนื่องจาก dependency เอง

วิธีการเลือกให้ทำการกด [Space bar] ที่ชื่อกลุ่ม packageซึ่งจะแสดงรายชื่อ package ที่อยู่ภายในกลุ่มนั้นออกมา เมื่อต้องการเลือก package ใดก็ให้กด [Space bar] แล้วจะปรากฏเครื่องหมาย * แสดงว่าได้ทำการเลือก package นั้นแล้ว รายชื่อ package ที่ใช้ในการติดตั้งได้แก่

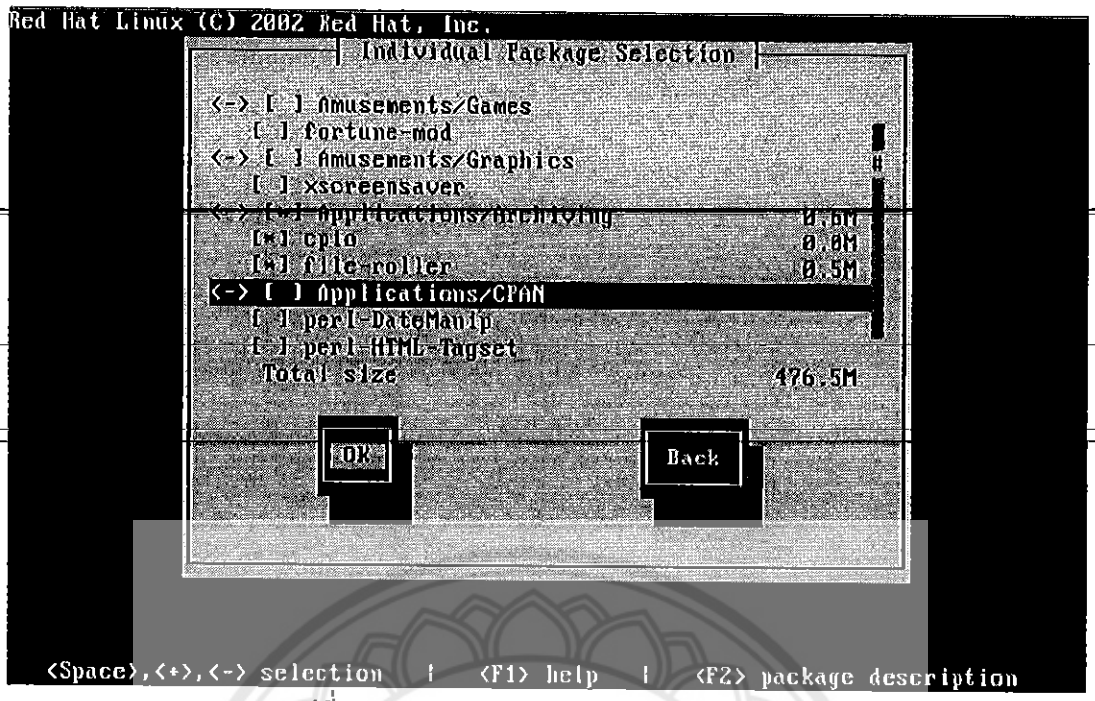
Application/Editor -> vim enhance

Application/Internet-> ncftp, pine

Application/System->anaconda-help, anaconda-image, anaconda-runtime

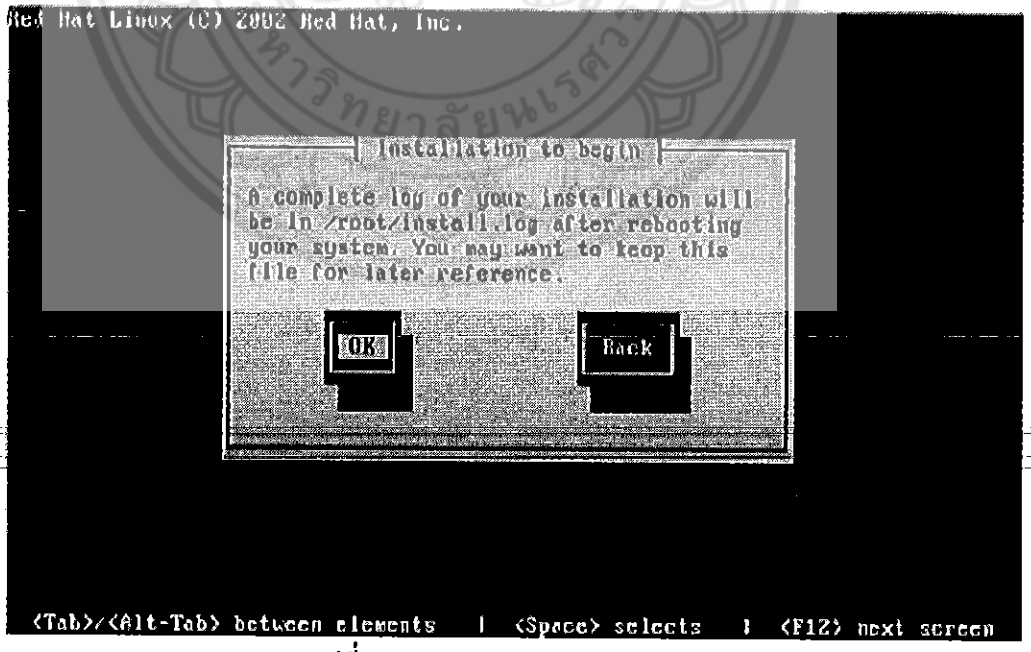
System environment daemon -> bind, anonftp , dhcp , httpd , radvd ,wu-ftpd , xinetd

ดังรูป3.18



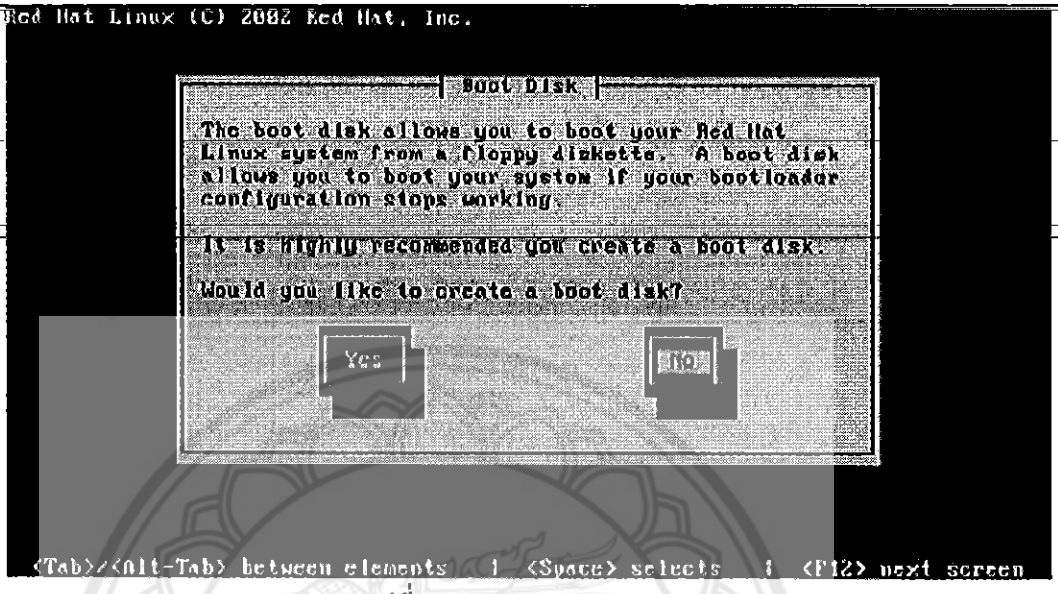
รูปที่ 3.18 Individual Package Selection

Install to begin เป็นข้อความที่แสดงเพื่อบอกว่าในระหว่างการติดตั้งจะมีการบันทึกข้อมูลและผลจากการติดตั้งไว้ในไฟล์/root/install.logเลื่อนแถบแสงไปที่OKหลังจากนั้นให้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป 3.19



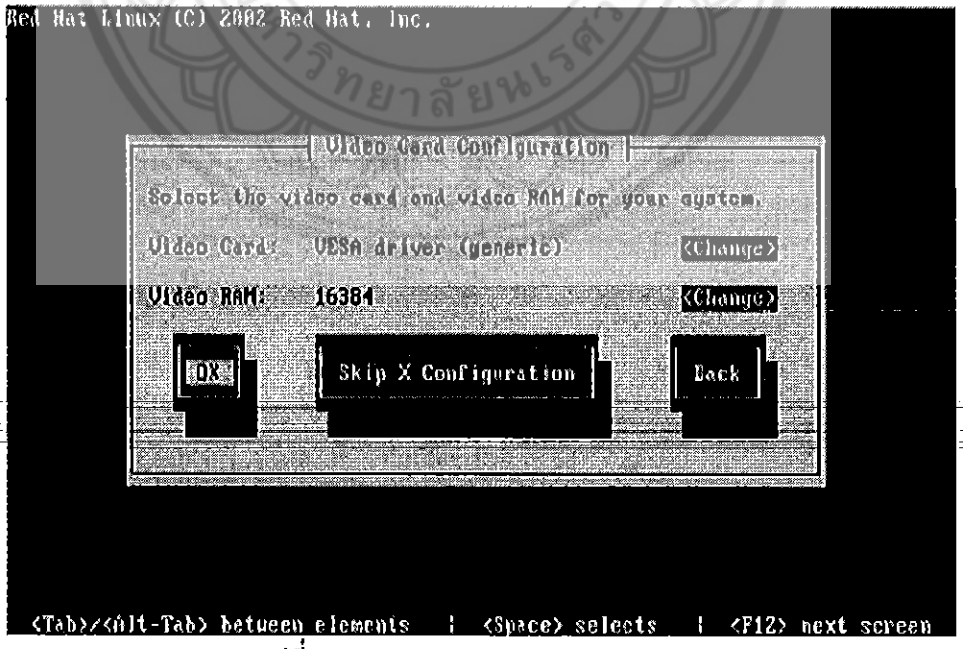
รูปที่ 3.19 Install to begin

ขั้นตอนหลังจากนี้ ระบบจะทำการติดตั้งแลบันทึกโปรแกรมต่างๆใช้เวลาประมาณ 25 นาที ในการติดตั้ง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการแล้วจะมีขั้นตอนการสร้างแผ่น Boot สำหรับการทดลองครั้งนี้ จะไม่สร้างแผ่นbootในขั้นตอนดังกล่าว จึงให้กดปุ่ม [TAB] เลื่อนแถบสีไปที่ NOแล้กดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.20



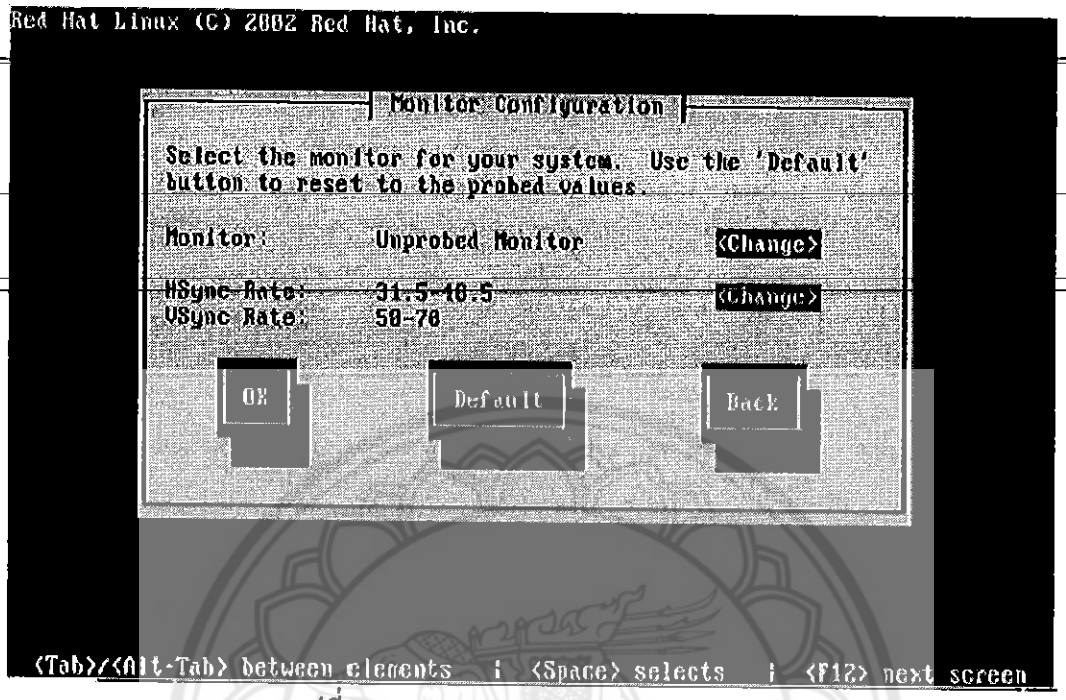
รูปที่ 3.20 Boot Disk

ทำการติดตั้ง Video Card Configuration โดยให้ใส่ค่า default ที่เครื่องที่กำหนดไว้ แล้วเลื่อนแถบสีไปที่ OK และกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.21



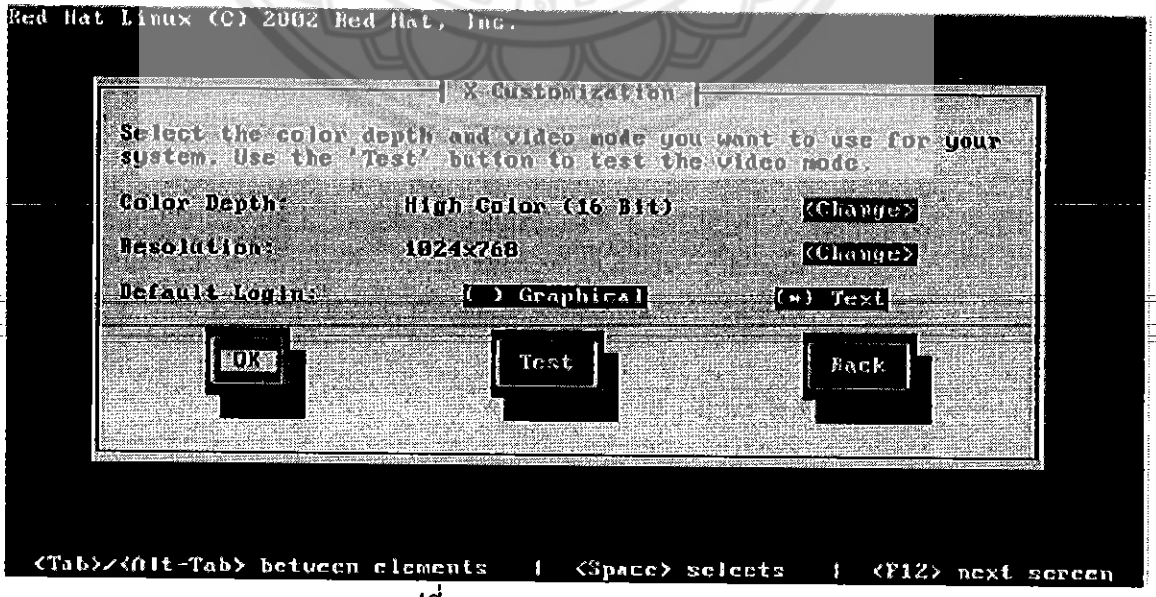
รูปที่ 3.21 Video Card Configuration

ทำการติดตั้ง Monitor Configuration ในการทดลองครั้งนี้จะใช้ค่า default ที่เครื่องกำหนดไว้แล้วให้เลื่อนแถบสีไปที่ OK และกดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.22



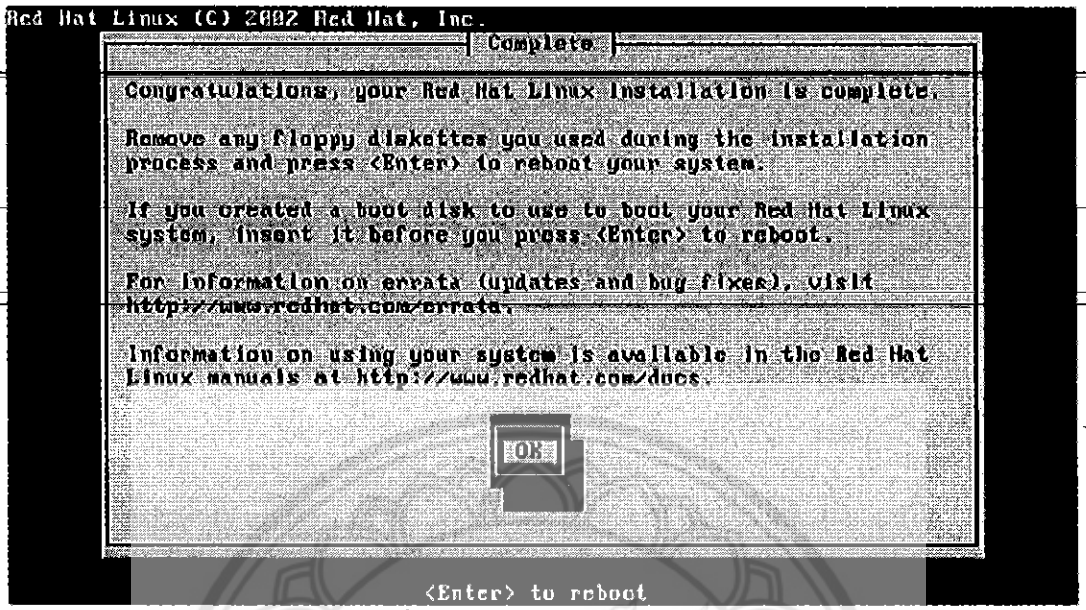
รูปที่ 3.22 Monitor Configuration

X Customization ปรับความเข้มและความละเอียดของกราฟิก สำหรับการทดลองนี้ให้เลือก Default login เป็น Text โดยให้กดปุ่ม [Space bar] หน้าช่องว่างของ Text แล้วเลื่อนแถบสีไปที่ OK กดปุ่ม [Enter] ดังรูป3.23



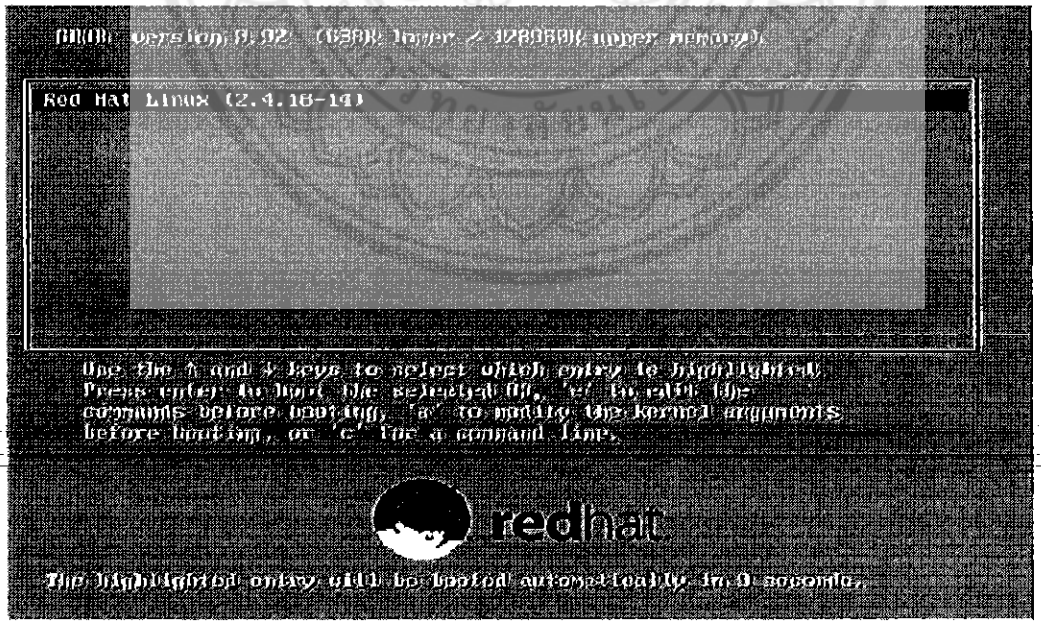
รูปที่ 3.23 X Customization

ถ้าการติดตั้งสำเร็จถูกต้องและสมบูรณ์ จะปรากฏหน้าจอ Complete ให้กดปุ่ม [Enter] เครื่องจะ restart ใหม่โดยอัตโนมัติดังรูป3.24



รูปที่ 3.24 หน้าจอ Complete

เมื่อเครื่อง boot ระบบขึ้นมาใหม่จะปรากฏหน้าจอเมนู Boot manage ของ GRBU และมีรายชื่อระบบปฏิบัติการให้สามารถเลือกใช้งานได้ดังรูป3.25



รูปที่ 3.25 Boot manage

4. การติดตั้ง Software IPv6

-ทำการโหลด IPv6 module

```
# modprobe ipv6
```

กำหนดให้มีการโหลดทุกครั้งเมื่อ Boot เครื่องในครั้งต่อๆไปโดยทำการเพิ่มค่าคอนฟิกที่ไฟล์ /etc/sysconfig/network และด้วยคำสั่งนี้

```
# echo "NETWORKING_IPV=yes" >> /etc/sysconfig/network
```

```
# service network restart
```

5. การติดตั้ง webserver

ขั้นตอนการติดตั้งเวปเซิฟเวอร์ให้เข้าถึงได้ด้วยอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6

5.1 ทำการ Download Apache HTTP Server version 2.0ขึ้นไปซึ่งสนับสนุนอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6ได้ที่ http://httpd.apache.org/download.cgi

5.2 ทำการ Unpack Apache HTTP Server ที่ Download มาได้

5.3 แก้ไขไฟล์ httpd.conf ใน Dircetory ที่ทำการ Unpack ไว้ ในข้อ2เพื่อให้ web serverสามารถเข้าถึงได้ด้วยอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6 โดยดูในส่วนของ Section3: Virtual Hosts

```
< VirtualHost * >
  ServerAdmin webmaster@dummy-host.example.com
  DocumentRoot /www/docs/dummy-host.example.com
  ServerName dummy-host.example.com
  ErrorLog logs/dummy-host.example.com-error_log
  CustomLog logs/dummy-host.example.com-access_log common
< /VirtualHost >
```

แก้ไขเป็น

แก้ไขเป็น

```
< VirtualHost [อินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่ 6]>
  ServerAdmin อีเมล์แอดเดรสผู้ดูแล
  DocumentRoot ไดเรกทอรี่ที่เก็บไฟล์ของเวป
  ServerName ชื่อเครื่อง Server
< /VirtualHost >
```

5.4 แก้ไขไฟล์ /etc/rc.d/init.d/httpd โดยการใช้ vi เข้าไปแก้ไข

```
apachectl=/ไดเรกทอรี่ที่ทำการ Unpack/bin/apachectl
httpd=/ไดเรกทอรี่ที่ทำการ Unpack/bin/httpd
```

5.5 ทำการ Restart HTTPD โดยใช้คำสั่ง

```
/etc/rc.d/init.d/httpd restart
```

6. Configuring DNS Server

1.ใช้ text editor ของ Linux โดยพิมพ์ vi ตามด้วยตำแหน่งไฟล์และชื่อไฟล์ที่ต้องการแก้ไขในที่นี้คือ /etc/hosts [root@ipv6 root]#vi /etc/hosts

2.หลังจากเข้าสู่ Editor เติมชื่อ host และIP ที่ต้องการปรับตั้งค่าเช่น 192.168.68.26 ipv6.nu.ac.th แล้วบันทึก

#Do not remove the following line, or various programs

#that require network functionality will fail

127.0.0.1 Localhost.localdomainname localhost

192.168.68.26 ipv6.nu.ac.th ipv6

3.ทำการปรับตั้งค่าในไฟล์/etc/resolv.conf โดยคำสั่ง[root@ipv6 root]#vi /etc/resolv.conf

4.ปรับแต่งค่าIPในnameserverที่อยู่ในไฟล์resolv.confให้ตรงกับชื่อHostที่เราได้ตั้งไปเมื่อขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วบันทึก

Search eng.nu.ac.th

Nameserver 192.168.5.44

Nameserver 192.168.5.15

5. ตรวจสอบการตั้งค่า Hostname ด้วยคำสั่ง [root@ipv6 root]#vi /etc/sysconfig/network

6.จะเห็นว่าชื่อHostnameเป็นดังที่เราตั้งไว้

NETWORKING=yes

HOSTNAME=ipv6.nu.ac.th

GATEWAY=192.168.68.1

7.หลังจากนั้น restarts service ด้วยคำสั่ง /etc/rc.d/init.d/network จะเห็นว่าเครื่องจะทำการปิดบริการแล้วเปิดขึ้นมาใหม่ [root@ipv6 root]# /etc/rc.d/init.d/network restart

8.ตรวจสอบโปรแกรม binds ว่าได้ติดตั้งไว้ในเครื่องหรือไม่ด้วยคำสั่ง rpm –q bindถ้าติดตั้งไว้เครื่องจะตอบกลับว่าbindพร้อมกับรุ่นที่ติดตั้ง [root@ipv6 root]# Rpm –q bind Bind-9.2.1-16

9.หลังจากนั้นเข้าไปแก้ไขไฟล์ใน named.conf [root@ipv6 root]#vi /etc/named.conf

10.ในnamed.confจะเป็นไฟล์ที่บอกทีเก็บต่างๆที่bindจะเรียกใช้ในการทำงานเมื่อมีการค้นหา

```
Option {
        Directory "/var/named";
        };
        Controls {
        Inet 127.0.0.1 allow {localhost; } keys { rndckey; };
};
```

11.แก้ไขไฟล์named.zone [root@ipv6 root]#vi /etc/named.zone

12.ภายในnamed.zoneจะเก็บค่าดรรชนีของdomainและดรรชนีของaddressพร้อมกับกำหนดว่าในการค้นหาชื่อhostหรือเครื่องต่างๆนั้นว่ามีIPอะไรหรือในทางกลับกันพร้อมกำหนดว่าจะต้องเข้าไปหาไฟล์ใดๆโดยดูจากdomaingเช่นnu.ac.thจะมีโครงสร้างในการค้นหาอยู่ในไฟล์named.db.zoneหรือในreverse IP 8.168.192 จะเก็บอยู่ในไฟล์named.rev.zone

```
Zone "nu.ac.th" IN {
        type master;
        file "zone/named.db.zone";
        allow-update { none; };
        Zone "8.168.192.in-addr.arpa" IN {
        type master;
        file "zone/named.rev.zone";
        allow-update { none; };
        };
```

13.ปรับค่าในnamed.conf เสร็จแล้วเราก็ไปกำหนดค่าและคุณสมบัติรายละเอียดในไฟล์ที่ถูกเรียกจาก namedconfต่อไปคือ named.db.zone [root@ipv6 zone]#vi named.db.zone

14.ภายในnamed.zoneจะเห็นค่าต่างๆที่เรากำหนดให้ส่งต่อเมื่อค้นหาชื่อhostด้วยชื่อต่างๆเช่น www, ftp, mail @

```
@       IN      SOA     ipv6.nu.ac.th   root.ipv6.nu.ac.th (
                2000042407      ;serail
                28800           ;refresh
                14400           ;retry
                3600000         ;expire
                86400           ;default_ttl
                )
        @       IN      NS              ipv6
        @       IN      MX      10      ipv6.nu.ac.th
        gateway IN      A               192.168.68.1
        ipv6    IN      A               192.168.68.26
        www     IN      CNAME           ipv6
        Homepage IN     CNAME           www
        ftp     IN      CNAME           ipv6
        Mail    IN      CNAME           ipv6
```

15.เข้าไปในปรับตั้งค่าในnamed.rev.zoneซึ่งเป็นไฟล์อีกอันหนึ่งที่named.confเรียกใช้งานได้

[root@ipv6 zone]#vi named.rev.zone

16. เมื่อเข้าnamed.rev.zoneจะเห็นค่าที่เราได้ปรับแต่งไว้เช่น 10หมายถึงIP 10ภายใต้ 192.168.8 ที่เราเห็นเป็นreverse IP ภายใน named.conf

```
@                IN    SOA    ipv6.nu.ac.th    root.ipv6.nu.ac.th(
                        2000042405      ;serial
                        28800           ;refresh
                        14400           ;retry
                        3600000         ;expire
                        86400           ;default_ttl
                )
@                IN    NS     ipv6.nu.ac.th
10               IN    PTR    ipv6.nu.ac.th
```

17.หลังจากนั้นrestart service ด้วยคำสั่ง service network restart

18.ต่อมาทำการทดสอบด้วยคำสั่ง nslookup [root@ipv6 zone]#nslookup

19.เมื่อทดลองเรียกชื่อDomainต่างๆสามารถชี้ไปยังaddressปลายทางได้เช่น www,ftp,mail เป็นอันเสร็จสิ้น Note: nslookup is deprecated and amy be removed from future releases.Consider using the 'dig' or 'host' programinstead.Run nslookup with the 'sil[ent]' option to prevent this message from appearing

>www

Server 192.168.8.10

Address 192.168.8.10#53

www.eng.nu.ac.th canonical name = ipv6.nu.ac.th

Name: ipv6.nu.ac.th

Address: 192.168.68.26

>ftp

Server: 192.168.8.10

Address: 192.168.8.10#53

ftp eng.nu.ac.th canonical name = ipv6.nu.ac.th

Name: 192.168.8.10

Address: 192.168.8.10#53

>mail

Server: 192.168.8.10

Address 192.168.8.10#53

Mail.eng.nu.ac.th canonical name = ipv6.nu.ac.th

Name: ipv6.nu.ac.th

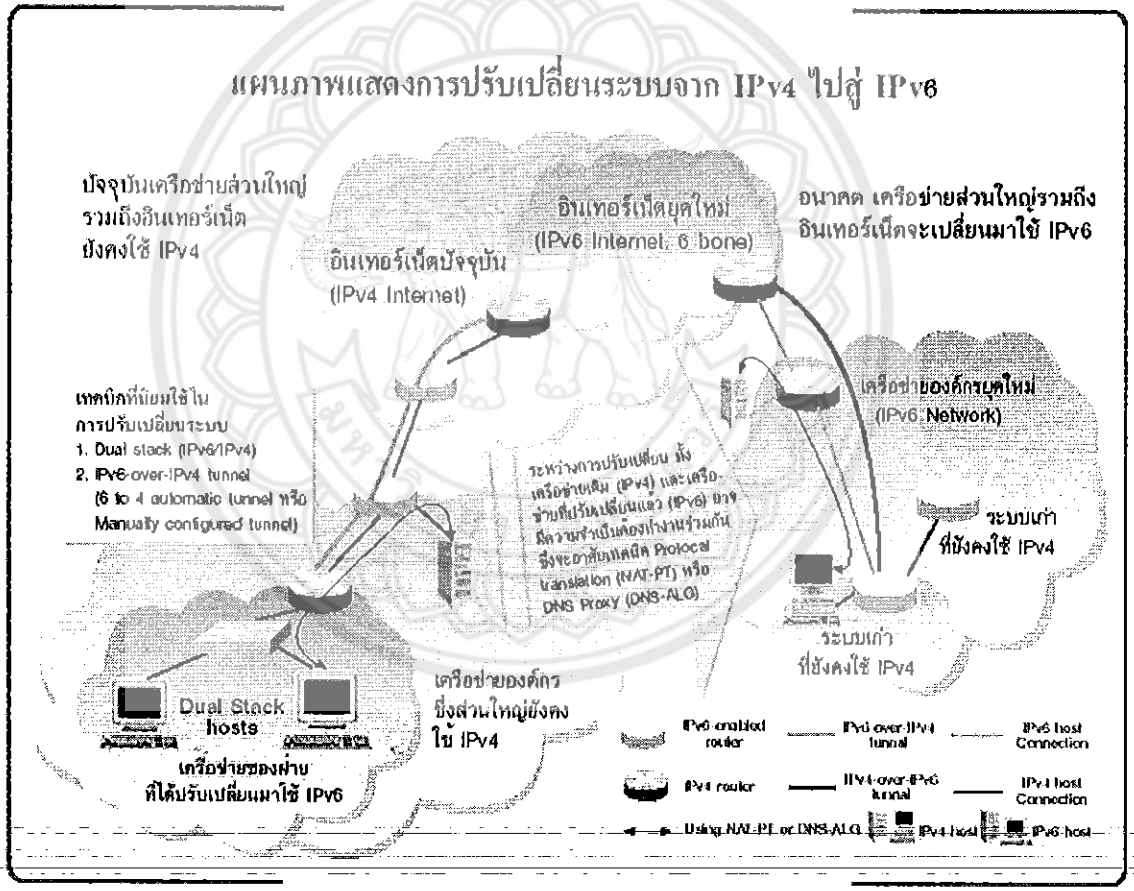
Address: 192.168.8.10

บทที่4

การทดสอบระบบ

จากในบทที่3เป็นการดำเนินการติดตั้งระบบปฏิบัติการLinux RedHat และการปรับแต่ง web server และDNSเพื่อให้สามารถรองรับอินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที6 (IPv6) ในบทนี้จะแสดงถึงวิธีการทดลองการเชื่อมต่ออินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่6 (IPv6) บนระบบปฏิบัติการ Linux RedHat

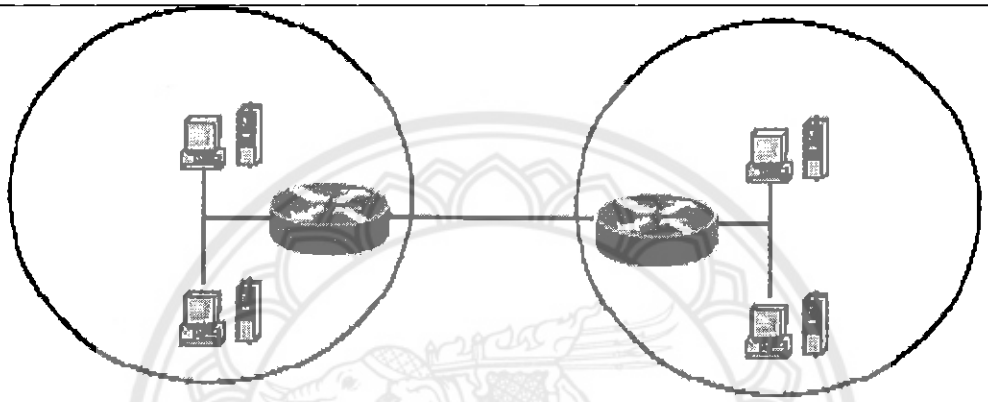
4.1การทดสอบการเชื่อมต่อIPv6ด้วยวิธี IPv6 in IPv4 Tunnel



รูปที่ 4.1 การปรับเปลี่ยนระบบเครือข่ายจากIPv4ไปสู่IPv6

การออกแบบระบบทดสอบ

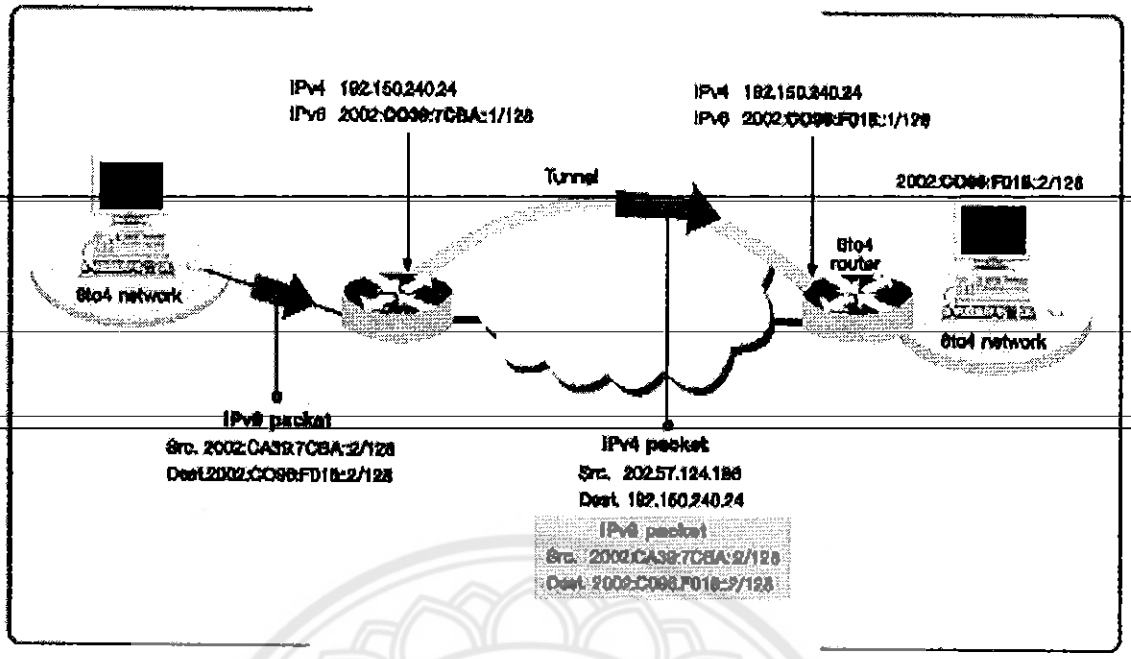
ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการแบ่งเครื่องทดสอบเป็น2กลุ่มโดยในแต่ละกลุ่มเปรียบเสมือนหน่วยงานภายในกลุ่มประกอบด้วยเครื่องลูกข่าย(Client) และเราท์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางออกของเครือข่ายย่อยแต่ละเครือข่ายโดยทำการเชื่อมต่อด้วยวิธีIPv6 in IPv4 Tunnelซึ่งเป็นเทคนิคในการสร้างท่อในการรับส่งIPv6ผ่านไปบนเครือข่ายIPv4



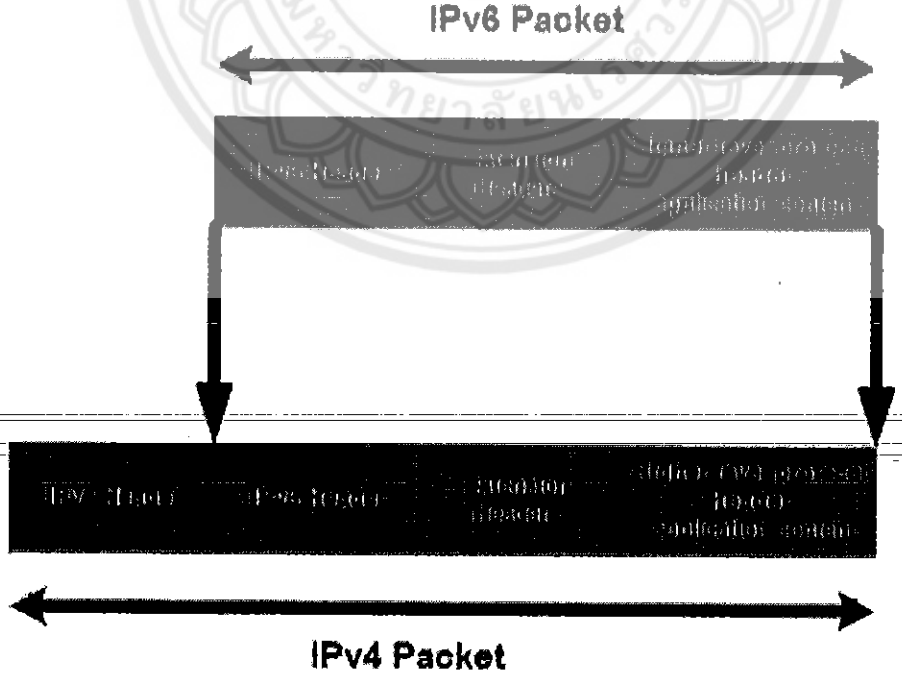
รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงรูปแบบการจัดกลุ่มการทดลอง

Tunnel

Tunnel หรือการทำอุโมงค์ โดยทั่วไปเป็นการ encapsulate แพ็กเก็ตข้อมูลที่ต้องการส่งไว้ในอีกแพ็กเก็ตหนึ่ง เนื่องจากแพ็กเก็ตที่อยู่ภายในไม่สามารถส่งไปยังปลายทางได้จึงต้องอาศัยการห่อหุ้มด้วยแพ็กเก็ตอื่นการทำอุโมงค์โดยใช้IPv6นั้นก็เช่นกัน ใช้เมื่อเครือข่ายที่เชื่อมต่อไม่สนับสนุนIPv6 จึงจำเป็นต้องห่อหุ้มแพ็กเก็ตIPv6ไว้ภายใต้แพ็กเก็ตIPv4 อีกทีหนึ่ง



รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ IPv6-over-IPv4 Tunnel



รูปที่ 4.4 แสดงการทำIPv6 packet encapsulation

วิธีการทดลอง

การปรับค่า network configuration

1. ยกเลิกการขอรับหมายเลขจาก DHCP server เพื่อกำหนดหมายเลข IPสำหรับเครื่องที่จะติดตั้งเป็นเซิร์ฟเวอร์ให้ทำการแก้ไขโดยใช้คำสั่งต่อไปนี้ # vi/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-eth0 เปลี่ยนจาก BOOTPROTO=yes ไปเป็น BOOTPROTO=none

2. ทำการปรับค่า network configurationโดยกำหนดหมายเลขIPให้เครื่องต่างๆในกลุ่มโดยแต่ละเครื่อง ให้ตั้งชื่อXYเมื่อXคือหมายเลขกลุ่มและYคือหมายเลขสมาชิกกลุ่มดังนั้นหมายเลข1-1จึงเป็นหมายเลขของเครื่องที่1 ในกลุ่มที่1 เพื่อความสะดวกในการทดลองจะกำหนดหมายเลขของเครื่องต่างๆ เป็นดังนี้

เราท์เตอร์ IPv4 กำหนดให้เครื่องที่มีหมายเลข 1 ของทุกกลุ่มทำหน้าที่เป็นเราท์เตอร์ IPv4

ชื่อโฮสต์ x-y

หมายเลข IPv4 10.0.x.y

กลุ่ม 1 กำหนด x เป็นหมายเลขกลุ่ม 1

กลุ่ม 2 กำหนด x เป็นหมายเลขกลุ่ม 2

เมื่อ y มีค่าตั้งแต่1-3 ซึ่งกำหนดไว้ให้แล้วแก่สมาชิกในกลุ่ม

ตัวอย่าง เครื่องชื่อ 1-1 เป็นเครื่องกลุ่ม 1 หมายเลข 1 กำหนดหมายเลข IPv4 เป็น10.0.1.1

หมายเลข gateway (เป็นเครื่องที่กำหนดไว้ในห้องทดลอง)

เราท์เตอร์ และ เทอร์นอล IPv6 กำหนดให้เครื่องที่มีหมายเลข 2 ของทุกกลุ่มทำหน้าที่เป็นเทอร์นอลและเราท์เตอร์ IPv6

หมายเลข เราท์เตอร์ IPv6 กำหนดprefix 3ffe:b80:53:400M::N/64

เมื่อ M คือหมายเลขกลุ่มของตนเองและ N คือหมายเลขเครื่อง

ตัวอย่าง เช่นเครื่อง1-2กำหนดหมายเลข IPv6 เป็น 3ffe:b80:53:4001::2/64

หมายเลข เทอร์นอล IPv6 กำหนด prefix 3ffe:b80:53:40MP::M/112

เมื่อ M คือหมายเลขกลุ่มของตนเอง และ P คือหมายเลขกลุ่มที่จะเชื่อมต่อทำเทอร์นอล

ตัวอย่าง เช่น เครื่อง 1-2 อยู่ในกลุ่ม 1 ต้องการทำเทอร์นอลไปยังเครื่อง 3-2 อยู่ในกลุ่ม 3 กำหนด prefix IPv6 และหมายเลขอินเทอร์เฟสคือ 3ffe:b80:53:4013::1/112ส่วนเทอร์นอลอินเทอร์เฟสกลุ่ม2คือ 3ffe:b80:53:4013::2/112

IPv6 server กำหนดให้เครื่องที่มีหมายเลข 3 ของทุกกลุ่มทำหน้าที่เป็น IPv6 server ซึ่งอาศัยการติดตั้ง OS บนเครื่อง client ทำเป็น server ได้ทันทีด้วยการติดตั้งโปรแกรมให้บริการทำหน้าที่เป็น server ทำการปรับและเพิ่มค่าคอนฟิก

IPv6 client กำหนดให้เครื่องตามหมายเลขที่เหลือทำหน้าที่เป็น client จะได้รับหมายเลขIPv6 จากเครื่องที่ทำหน้าที่เป็นเทอร์นอลซึ่งจะทำหน้าที่แจกหมายเลขIPv6ให้แก่เครื่องในกลุ่มด้วย

3. ตั้งชื่อเครื่องตามที่กำหนดไว้โดยใส่ชื่อไว้ที่ไฟล์ /etc/hosts ด้วยคำสั่งดังนี้

```
#     vi/etc/hosts
```

```
127.0.0.1      localhost
:: 1           localhost
10.0.1.1 A1
```

ตัวอย่าง ชื่อเครื่อง 1-1 หมายเลข IPv4 เป็น 10.0.1.1

4. กำหนดเลข IPv4/IPv6 บน LAN card device ชื่อ eth0 โดยแก้ไขไฟล์/etc/sysconfig/networh-scripts/ifcfg-eth0 สำหรับค่าที่แสดงต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการคอนฟิกสำหรับเครื่องหมายเลข 1-2 ทำเทอร์นอลไปยังเครื่อง 2-2

```
DEVICE=eth0
BOOTPROTP=none
ONBOOT=yes
IPADDR=10.0.1.2
NETMASK=255.255.255.0
NETWORK=10.0.1.0
BROADCAST=10.0.1.255
GATEWAY=10.0.1.1
IPV6INIT=yes
IPV6_ROUTER=yes
IPV6TUNNELIPV4=10.0.2.2
IPV6ADDR=3ffe:b80:53:4001::2/64
```

และปรับค่าที่ไฟล์ /etc/sysconfig/network เป็นดังนี้

```
NETWORKING=yes
NETWORKING_IPV6=yes
HOSTNAME=1-2
GATEWAYDEV=eth0
```

GATEWAY=10.0.1.1

IPV6FORWARDING=yes

IPV6_ROUTER=yes

IPV6_TUNNELMODE=IP

5. สร้างไฟล์ชื่อ /Etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-sit1แล้วใส่ค่าดังนี้ลงในไฟล์

DEVICE=sit1

BOOTPROTO=none

ONBOOT=yes

IPV6INIT=yes

IPV6TUNNELIPV4=10.0.2.2

IPV6TUNNELIPV4LOCAL=10.0.1.2

IPV6ADDR=3ffe:b80:53:4012::1/112

6. ติดตั้งและกำหนดให้sit1เป็นdefault gateway IPv6เพื่อเป็นทางผ่านสำหรับclient กำหนดค่าต่างๆ ลงในไฟล์ ให้สร้างไฟล์ชื่อ /etc/sysconfig/static-router-ipv6 แล้วใส่ค่าคอนฟิกดังนี้

Device IPv6 to route IPv6 gateway address

sit1 ::0/0 3ffe:b80:53:40MP::M/112

sit1 3ffe::0/16

sit1 2000::/3

7. สั่งให้เครื่องเทอร์นอลสามารถ forward แพ็กเก็ต IPv6 ดังนี้# vi /etc/sysctl.confเพิ่มข้อความต่อไปนี้ลงในไฟล์แล้วบันทึกค่า net.ipv6.conf.all.forwarding=1

8. ติดตั้งโปรแกรม radvd สำหรับแจกหมายเลข IPv6 ให้แก่เครื่อง clientตรงตำแหน่ง standard prefix ให้ใส่ค่า prefix ที่ต้องการจะกำหนดให้แก่เครื่องภายในเครือข่ายหรือภายในกลุ่ม(ค่าดังกล่าวได้แสดงไว้แล้วข้างต้น)และเปลี่ยนค่าRouter Advertismentเป็นON

rpm –i radvd*

vi /etc/radvd.conf

9.ทำการ restart ค่าคอนฟิกเน็ตเวิร์ก # service network restart

10. ทดสอบการติดตั้งค่าสำหรับ IPv6 และเทอร์นอล ตรวจสอบหมายเลข IP ของเครื่อง

ifconfig –a

ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง local

ping6 3ffe:b80:53:4012::1

ผลที่ได้คือ

```
PING 3ffe:b80:53:4012::1 3ffe:b80:53:4012::1) 56 data bytes
64 bytes from 3ffe:b80:53:4012::1 icmp_seq=1 ttl=56 time=449 ms
64 bytes from 3ffe:b80:53:4012::1 icmp_seq=2 ttl=56 time=498 ms
64 bytes from 3ffe:b80:53:4012::1 icmp_seq=3 ttl=56 time=448 ms

--- 3ffe:b80:53:4012::1 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2028ms
rtt min/avg/max/mdev = 448.703/465.621/498.904/23.535 ms
```

รูปที่ 4.5 ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง Local

ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง Remote endpoint

ping6 3ffeb80:53:4012::2

ผลที่ได้คือ

```
PING 3ffeb80:53:4012::2 3ffeb80:53:4012::2) 56 data bytes
64 bytes from 3ffeb80:53:4012::2: icmp_seq=1 ttl=56 time=449 ms
64 bytes from 3ffeb80:53:4012::2: icmp_seq=2 ttl=56 time=498 ms
64 bytes from 3ffeb80:53:4012::2: icmp_seq=3 ttl=56 time=448 ms

--- 3ffeb80:53:4012::2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2028ms
rtt min/avg/max/mdev = 448.703/465.621/498.904/23.535 ms
```

รูปที่ 4.5 ตรวจสอบการติดต่อกับเครื่อง Remote endpoint

บทที่5
บทสรุป

5.1สรุปผลโครงงาน

ในปัจจุบันความตื่นตัวในการปรับเปลี่ยนระบบเครือข่ายจาก IPv4 ไปเป็น IPv6ได้เกิดขึ้นช้ากว่าที่คาดหมายกันไว้สาเหตุสำคัญอาจเนื่องมาจากทัศนคติที่ว่าตราบใดที่เครือข่ายอินเทอร์เนตยังไม่ขาดแคลน IP address การใช้ IPv6 ก็ยังคงเป็นสิ่งฟุ่มเฟือยและยังไม่มีความจำเป็นมากนัก ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับอินเทอร์เนตโปรโตคอล รุ่นที่6 รวมถึงตัวอย่างวิธีการเชื่อมต่ออินเทอร์เนตโปรโตคอลรุ่นที่6โดยวิธีการ IPv6-over-IPv4 TunnelบนระบบปฏิบัติการLinux RedHat เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการเชื่อมต่อเข้าสู่อินเทอร์เนตยุคหน้าได้แบบค่อยเป็นค่อยไปโดยไม่ต้องลงทุนปรับเปลี่ยนระบบเครือข่ายใหม่ทั้งระบบในทันทีการเลือกใช้แต่ละเทคนิคต้องดูที่ความเหมาะสมและลักษณะการใช้งานของเครือข่ายที่มีอยู่ด้วยเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อการใช้งานน้อยที่สุด ถึงแม้ว่าความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนระบบจาก IPv4 ไปเป็น IPv6 จะไม่มีกำหนดเวลาที่แน่นอน ซึ่งต่างจากการปรับเปลี่ยนระบบคอมพิวเตอร์และโปรแกรมให้สามารถรองรับการใช้งานได้ในช่วงปีค.ศ.2000 (y2k)แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสักวันหนึ่งอินเทอร์เนตจะต้องมีการปรับเปลี่ยนไปใช้IPv6 เพราะไม่ช้าก็เร็วปัญหาการขาดแคลน IP address จะต้องมาถึงและเมื่อถึงเวลานั้นผู้ที่มีความพร้อมมากกว่าจะเป็นผู้ได้เปรียบ นอกจากนั้น IPv6 ยังเป็นทางที่ถาวรทางเดียวในการแก้ปัญหานี้

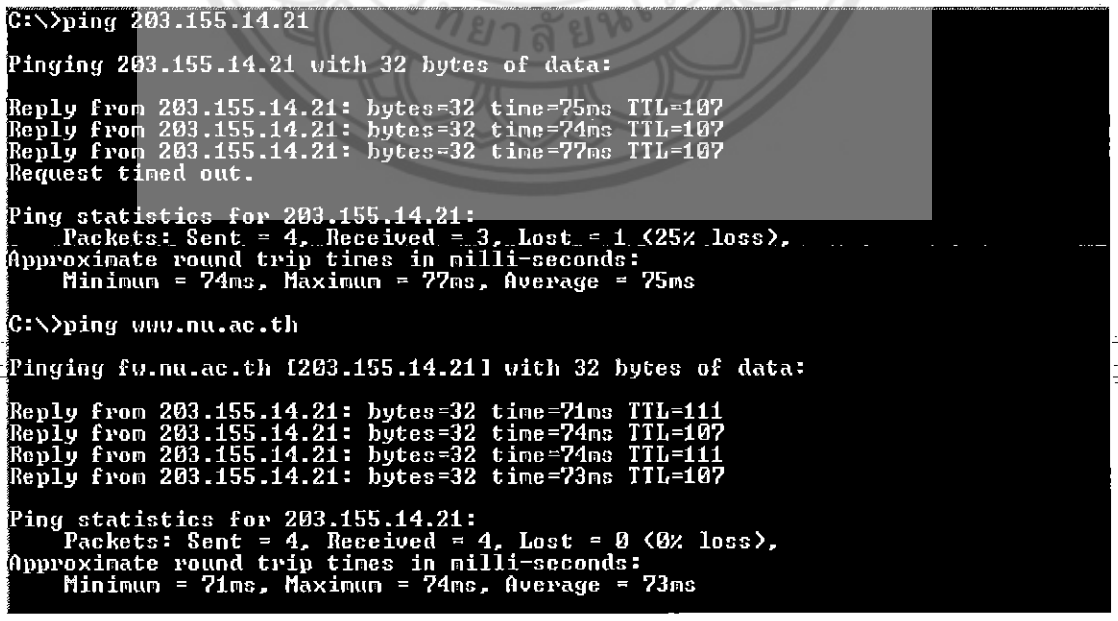
ถึงแม้ว่าการทดลองนี้จะเป็นการจำลองในการปรับเปลี่ยนระบบเนื่องจากไม่มี IP addressจริงให้ใช้ในการทดสอบ แต่ก็สามารถใช้นำ IP เสมือนมาใช้ในการทดสอบเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนระบบจริงได้เนื่องจากใช้หลักการเดียวกันซึ่งผลการทดสอบที่ได้คือสามารถทำการเชื่อมต่อระบบIPv6บนระบบปฏิบัติการ Linux RedHatโดยใช้เทคนิค IPv6-over-IPv4ได้ ดยทำการทดสอบโดยการใช้คำสั่ง ping จากเครื่อง 1-2 ที่ทำเทอร์นอลไปยังเครื่อง 2-2 โดยจะส่ง Packet ICMP Echo_requestไปยังเครื่องที่ทำการทดสอบ เมื่อเครื่อง2-2ได้รับจะตอบกลับมา(ICMP Echo_response) ซึ่งแสดงว่าได้รับ packet นั้นแล้ว(สามารถทำการเชื่อมต่อได้สำเร็จ)

5.2 ปัญหาที่พบ

ทำการตรวจสอบและแก้ไขปัญหาของระบบพร้อมทั้งการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาจัดทำรายงานซึ่งปัญหาที่พบส่วนใหญ่สำหรับการทดสอบครั้งนี้คือปัญหาเราตั้งค่าDNSไม่ถูกต้องเองและส่วนหนึ่งของปัญหาก็เกิดจากการชำรุดของฮาร์ดแวร์รวมไปถึงการปัญหาเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่าย เช่นการใส่หมายเลข IP Address ของเครื่องผิดพลาด

5.3 แนวทางการแก้ไขปัญหา

ได้ทำการตรวจสอบปัญหาในระดับฮาร์ดแวร์ โดยตรวจสอบสาย LAN ว่าเชื่อมต่อดีไหม ไฟติดไหม อาจทดสอบโดยการเปลี่ยนสาย LAN ใหม่หรือทำการตรวจสอบ LAN Card ว่าเสียบแน่นไหมหรือทดลองเปลี่ยน LAN Card อันใหม่หรืออาจเป็นปัญหาในระดับ IP ค่าการติดตั้งค่า IP Address ถูกไหม โดยใช้คำสั่ง ping ทดสอบการเชื่อมต่อในระดับ IP ดูว่าการติดตั้ง IP Address ถูกไหม ใช้คำสั่ง Ping ทดสอบการเชื่อมต่อในระดับ IP ว่าเห็นเครื่องอื่นๆไหม ลอง Ping ไปที่ Gateway (Router) Ping ออกไปที่อื่น เช่น Ping 203.155.14.21 (ซึ่งเป็น IP Address ของwww.nu.ac.th)การทดสอบในระดับนี้ต้องใช้ IP Address หมด (ห้ามใช้ชื่อ เพื่อแยกแยะปัญหาออกจากปัญหาของ DNS) ถ้าพบว่าใช้คำสั่ง Ping เจอเครื่องอื่นๆหมดแล้ว ก็ลองPing ด้วยชื่อแทน เช่น ping www.nu.ac.th ถ้าปรากฏว่า ping ไม่ได้ แสดงว่าเป็นปัญหาที่ระบบ DNS แน่นอน เพราะระบบ DNS มีหน้าที่แปลงชื่อเป็นเลข IP Address ให้ตรวจสอบว่าตั้งค่า DNSไว้ถูกต้องหรือไม่



รูปที่ 5.1 แสดงทดสอบการเชื่อมต่อในระดับIP โดยการใช้คำสั่งping

เอกสารอ้างอิง

[1.] Robert Elz, **"Note on IPv6 Fundamental"**, Handbook of IPv6 Workshop, 2004.

[2.] S. Hagen, IPv6 essentials, O'Reilly, July 2002.

[3.] D.Waddington and F.Chang, **"Realizing the Transition to IPv6"**, IEEE Comunications Magazine, June 2002.

[4.] B. Carpenter and K. Moore, **"Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds"** ,RFC 3056,February 2001

[5.] ก่อกิจ วีระอาชากุล, "ติดตั้งและปรับแต่งเซิร์ฟเวอร์ Linux สำหรับ Admin. **Linuxโดยเฉพาะ"**, อินโฟเพรส, 2545

[6.] ซัม สาวพัตร์, **"การบริหารเครือข่ายด้วย Linux RedHat"**, บริษัท ว.เพ็ชรกุล จำกัด 2545

[7.] Andrew S.Tanenbaum, "Computer Networks", บริษัท เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า จำกัด 2547

ประวัติผู้เขียน

นาย อภิสิทธิ์ งามเนตร

ภูมิลำเนา 3/25 หมู่10 ถ.พหลโยธิน อ.เมือง จ.นครสวรรค์ 60000 โทร. 056-333409

E-mail: Jackky0542@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2538

จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่6 จากโรงเรียนอนุบาลนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2540

จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 จากโรงเรียนนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2542

จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 จากโรงเรียนนครสวรรค์

ปีการศึกษา 2544

เข้าศึกษาต่อชั้นอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร

นาย ภูษิต แจ่มหม้อ

ภูมิลำเนา 61/2 หมู่ 9 ต.วังควง อ.พรานกระต่าย จ.กำแพงเพชร 62110

E-mail: pusitj@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2539

จบการศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่6 จากโรงเรียนบ้านพรานกระต่าย

ปีการศึกษา 2541

จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่3 จากโรงเรียนตากพิทยาคม

ปีการศึกษา 2543

จบการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่6 จากโรงเรียนตากพิทยาคม

ปีการศึกษา 2544

เข้าศึกษาต่อชั้นอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร