

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ IPv6 สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

(The simple guide to IPv6-Internet Protocol version 6)

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ IPv6 สำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

(The simple guide to IPv6-Internet Protocol version 6)

โดย โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ISBN 974-229-721-5

พิมพ์ครั้งที่ 1 (มีนาคม 2548)

จำนวน 3,000 เล่ม

เอกสารเผยแพร่

สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2548 ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ไม่อนุญาตให้คัดลอก ทำซ้ำ และดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้
นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

Copyright©2005 by:

National Electronics and Computer Technology Center

National Science and Technology Development Agency

Ministry of Science and Technology

112 Thailand Science Park Phahon Yothin Road, Klong Luang,

Pathumthani 12120, THAILAND

Tel. (+66)2-564-6900 Fax. (+66)2-564-6901..2

จัดพิมพ์เพื่อเผยแพร่โดย:



โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0-2564-6900

โทรสาร 0-2564-6901..2

คำนำ

คำว่า อินเทอร์เน็ตยุคหน้า หรือ IPv6 แม้เป็นคำที่คุ้นหูกันมากขึ้น แต่ไม่มีใครมีคำอธิบายที่ง่ายและชัดเจนในภาษาไทย หนังสือเล่มนี้มุ่งหวังที่จะช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจถึงหลักการสำคัญของ IPv6 และขั้นตอนการปรับเปลี่ยนมาใช้ IPv6 รวมทั้งชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ของ IPv6 ที่จะมาถึงในอนาคตอันใกล้

โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ได้เล็งเห็นถึงการพัฒนากำลังคนด้าน IT และได้จัดสัมมนาในเชิงการสร้าง ความเข้าใจและ Workshop ด้าน IPv6 มาโดยตลอด การจัดทำหนังสือเล่มนี้ถือเป็นส่วนเสริมในการพัฒนากำลังคนที่มีความรู้ด้าน IPv6 ให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น

หนังสือเล่มนี้ เป็นเล่มแรกที่ถูกจัดทำแนะนำ IPv6 ง่ายๆ เสมือนการตอบคำถามที่ผู้อ่านอยากรู้เกี่ยวกับ IPv6 ซึ่งในบางส่วนหากยังไม่ตรงใจผู้อ่าน คณะผู้จัดทำก็ยินดีรับคำแนะนำและติชมจากท่านผู้อ่านเพื่อนำมาปรับปรุงและเพิ่มเติมในลำดับต่อไป

โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มีนาคม 2548



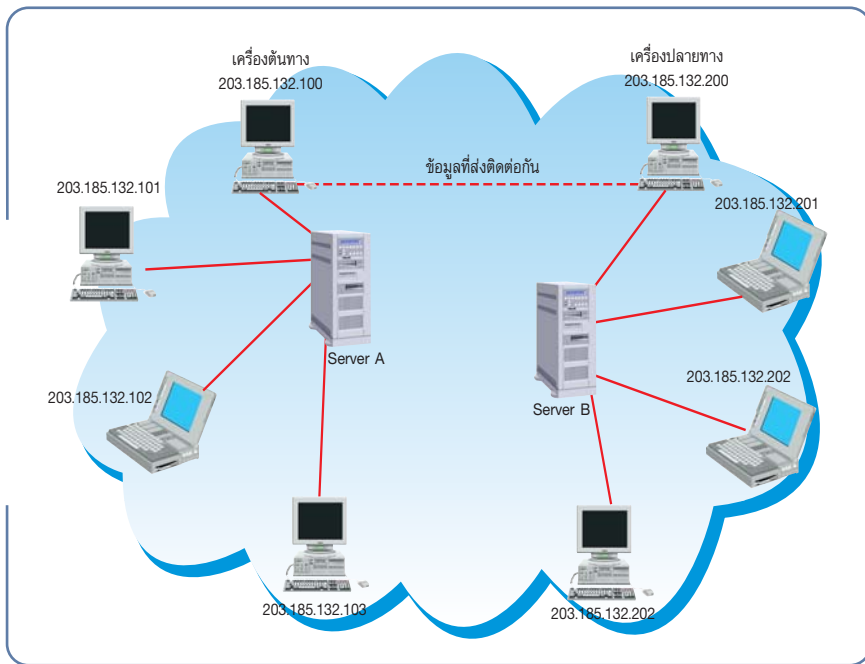
สารบัญ

แนะนำ IPv6	7
ทำไมไม่มี IPv5	8
IPv6 เป็นอย่างไร.....	9
ตัวอย่างหมายเลข IPv6	10
เปรียบเทียบ Header ของ IPv6 และ IPv4	10
เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4	11
ทำไมเราควรใช้ IPv6	14
เราจะเริ่มต้นใช้งาน IPv6 อย่างไร	15
อุปกรณ์และแอปพลิเคชันในปัจจุบันที่สนับสนุน IPv6	18
จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้อย่างไร	19
อนาคตโลกอินเทอร์เน็ต = อุปกรณ์ IPv6.....	20
สถานการณ์ในปัจจุบัน	26
รายละเอียดหมายเหตุ	28
URL/เอกสารอ้างอิง.....	30
คณะผู้จัดทำ	30



แนะนำ IPv6

กลไกสำคัญในการทำงานของอินเทอร์เน็ต คือ อินเทอร์เน็ตโพรโตคอล (Internet Protocol) ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ หมายเลขอินเทอร์เน็ตแอดเดรส หรือ ไอพีแอดเดรส (IP Address) ที่ใช้ในการอ้างอิงเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ บนอินเทอร์เน็ตทั่วโลก เปรียบเสมือนการใช้งานโทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสารกันจะต้องมีเลขหมายเบอร์โทรศัพท์เพื่อให้อ้างอิงผู้รับสายได้ คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในอินเทอร์เน็ตก็ต้องมีหมายเลขไอพีแอดเดรส ที่ไม่ซ้ำกับใคร



รูปที่ 1 การส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตโดยใช้ IPv4

ทุกวันนี้เราใช้หมายเลขไอพีแอดเดรสบนมาตรฐานของอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นที่สี่ (IPv4) ซึ่งเป็นมาตรฐานในการส่งข้อมูลในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตตั้งแต่ปี ค.ศ. 1981 (รูปที่ 1 การส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตโดยใช้ IPv4) ทั้งนี้การขยายตัวของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในช่วงที่ผ่านมามีอัตราการเติบโตอย่างรวดเร็ว นักวิจัยเริ่มพบว่าจำนวนหมายเลขไอพีแอดเดรสของ IPv4 กำลังจะถูกใช้หมดไป ไม่เพียงพอกับการใช้งานอินเทอร์เน็ตในอนาคต จนคาดคะเนกันว่าหมายเลขไอพีแอดเดรสของ IPv4 จะมีไม่พอกับความต้องการในปี ค.ศ. 2010 และหากเกิดขึ้นก็หมายความว่าเราจะไม่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตเพิ่มขึ้นได้อีก ดังนั้นคณะทำงาน IETF (The Internet Engineering Task Force)¹ ซึ่งตระหนักถึงปัญหาคriticalดังกล่าว จึงได้พัฒนาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นใหม่ขึ้น คือ รุ่นที่หก (Internet Protocol version 6; IPv6) เพื่อทดแทนอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นเดิม ทั้งนี้เนื่องจากวัตถุประสงค์เริ่มแรกในการออกแบบ IPv4 นั้นคือเพื่อการศึกษา ทำให้คุณลักษณะของ IPv4 ในหลายจุดกลายเป็นจุดด้อย เนื่องจากไม่ได้มีการคาดการณ์เพื่อใช้งานบางอย่างในปัจจุบัน การใช้งานอินเทอร์เน็ตในสมัยนี้กลายเป็นปัจจัยในชีวิตประจำวันและเป็นการใช้งานในธุรกิจมากขึ้น การพัฒนา IPv6 จึงมีการปรับปรุงโครงสร้างของตัวโพรโตคอล นอกจากจะทำให้จำนวนหมายเลขแอดเดรสมีมากยิ่งขึ้นแล้ว ยังมีการปรับปรุงคุณลักษณะอื่นๆ อีกหลายประการ ทั้งในแง่ของประสิทธิภาพและความปลอดภัย เพื่อรองรับแอปพลิเคชัน (application) ใหม่ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลแพ็กเก็ต (packet) ให้ดีขึ้น ทำให้สามารถตอบสนองต่อการขยายตัวและความต้องการใช้งานเทคโนโลยีบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในอนาคตได้เป็นอย่างดี

ทำไมไม่มี IPv5

ตามมาตรฐานด้าน Internet Protocol (IP) [RFC791]² จะมีการระบุส่วนที่เป็นรุ่น (Version) ของ Internetwork general protocol ซึ่ง version เบอร์ 4 ถูกระบุให้เป็น Internet Protocol (IP) ส่วน version เบอร์ 5 ได้มีการถูกนำไปใช้แล้วและระบุให้เป็น ST Datagram Mode (ST) เกี่ยวข้องกับ Internet Stream Protocol ดังนั้นในการพัฒนาอินเทอร์เน็ตโพรโตคอลรุ่นใหม่ จึงต้องใช้ version เบอร์ 6 หรือ IPv6 นั่นเอง

IPv6

IPv6

IPv6

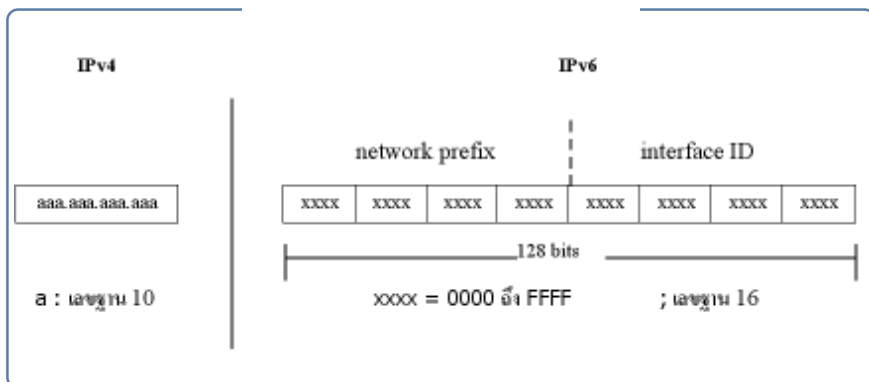
IPv6

IPv6

IPv6 เป็นอย่างไร

Internet Protocol version 6 (IPv6) บางครั้งเรียกว่า Next Generation Internet Protocol หรือ IPng ถูกออกแบบมาให้ทำงานได้ดีในเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง (เช่น Gigabit Ethernet, OC-12, ATM) และในขณะเดียวกันก็ยังคงสามารถทำงานในเครือข่ายที่มีประสิทธิภาพต่ำได้ (เช่น wireless network) นอกจากนี้ยังได้มีการจัดเตรียมแพลตฟอร์มสำหรับฟังก์ชันใหม่ๆ ของอินเทอร์เน็ตซึ่งเป็นที่ต้องการในอนาคตอันใกล้ไว้ด้วย ความแตกต่างระหว่าง IPv6 และ IPv4 มีอยู่ 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ การกำหนดหมายเลขและการเลือกเส้นทาง (Addressing & Routing) ความปลอดภัย อุปกรณ์แปลแอดเดรส (Network Address Translator : NAT) การลดภาระในการจัดการของผู้ดูแลระบบ และการรองรับการใช้งานในอุปกรณ์พกพา (Mobile Devices)

คุณสมบัติที่นิยมพูดถึงกัน นั่นก็คือ ขนาดแอดเดรสที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่ง IPv4 มีแอดเดรสขนาด 32 บิต และเนื่องจากการใช้อินเทอร์เน็ตที่มีการเติบโตมากขึ้นจึงทำให้ IPv4 ไม่เพียงพอกับการใช้งาน องค์กรต้องมีการจัดสรรเกี่ยวกับ IPv4 ที่เริ่มขาดแคลน และมีค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น สิ่งที่มีมองเห็นได้ชัดของการเปลี่ยนแปลงจาก IPv4 ไปเป็น IPv6 ก็คือ การเพิ่มขนาดของแอดเดรสจาก 32 บิต เป็น 128 บิต



รูปที่ 2 รูปแบบของแอดเดรส IPv4 และ IPv6

ขนาดของแอดเดรสที่เพิ่มขึ้นเป็น 128 บิตของ IPv6 ทำให้เรามีจำนวนแอดเดรสถึง 3.4×10^{38} หมายเลข (340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456) ซึ่งหมายความว่าในอนาคตไม่เฉพาะแต่เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเราเตอร์เท่านั้นที่จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ แต่จะรวมไปถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ตู้เย็น โทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ เราจะสามารถส่งงานเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ มีการคำนวณไว้ว่า IPv6 จะทำให้เรามีจำนวนแอดเดรสได้หลายพันเบอร์สำหรับทุกๆ พื้นที่หนึ่งตารางเมตรของพื้นผิวโลก

ตัวอย่างหมายเลข IPv6

หมายเลขแอดเดรสของ IPv6 มีลักษณะประกอบไปด้วย กลุ่มตัวเลข 8 กลุ่ม เขียนขึ้นกันด้วยเครื่องหมาย: โดยแต่ละกลุ่มคือเลขฐาน 16 จำนวน 4 ตัว (16 bit) เช่น

3FEE:085B:1F1F:0000:0000:00A9:1234

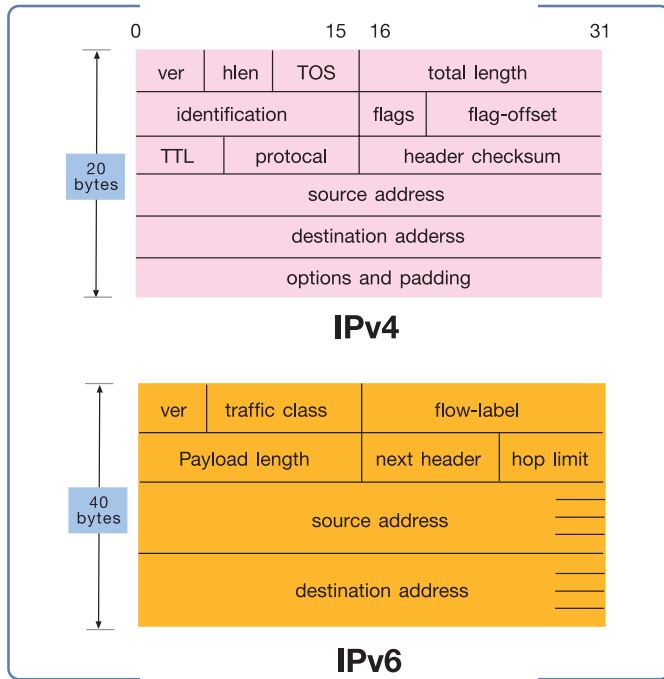
เขียนย่อได้คือ

3FEE:85B:1F1F::A9:1234

ทั้งนี้ก็มีเงื่อนไขในการเขียนรูปแบบย่อคือ หากมีเลขศูนย์ด้านหน้าของกลุ่มใดสามารถจะละไว้ได้ และ หากกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง (หรือหลายกลุ่มที่ตำแหน่งติดกัน) เป็นเลขศูนย์ทั้งหมด คือ 0000 สามารถจะละไว้ได้ (แต่จะสามารถทำลักษณะนี้ได้ในตำแหน่งเดียวเท่านั้น เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน)

เปรียบเทียบ Header ของ IPv6 และ IPv4

เฮดเดอร์ (header) ของข้อมูลแบบ IPv6 ถูกออกแบบมาให้มีขนาดคงที่และมีรูปแบบที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยเฮดเดอร์จะประกอบด้วยตำแหน่งต่างๆ (field) ที่จำเป็นต้องใช้ในการประมวลผลแพ็กเก็ต (packet) ที่เราเตอร์ (router) ทุกๆ ตัวเท่านั้น ส่วนตำแหน่งที่อาจจะถูกประมวลผลเฉพาะที่ต้นหรือปลายทาง หรือ ที่เราเตอร์บางตัว จะถูกแยกออกมาไว้ที่ส่วนขยายของเฮดเดอร์ (extended header)



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบ header ระหว่าง IPv4 และ IPv6

เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4

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

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

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบโครงสร้างทางเทคนิคของ IPv6 และ IPv4

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

ตำแหน่งที่ตัดออก:

- Header length ถูกตัดออกไป เพราะเฮดเดอร์ของ IPv6 มีขนาดคงที่ที่ 40 octets (bytes) ทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการประมวลผลแพ็กเก็ตดีขึ้น เพราะไม่เสียเวลาในการคำนวณขนาดของ header
- Identification, Flag, Segmentation, Protocol, Options, และ Padding ถูกย้ายไปอยู่ในส่วนขยายของเฮดเดอร์ (extended header) เพราะถือว่าเป็นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องประมวลผลในทุกๆ เราเตอร์
- Header Checksum ถูกตัดออกเพราะว่าซ้ำซ้อนกับฟังก์ชันของโพรโตคอลในชั้นที่อยู่สูงกว่า อีกทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการประมวลผลด้วย เพราะ checksum จะต้องมีการคำนวณใหม่ที่เราเตอร์เสมอ หากตัดออกก็จะลดภาระงานที่เราเตอร์ไปได้

ตำแหน่งที่ปรับเปลี่ยน:

- Total Length เปลี่ยนมาเป็น Payload length เพื่อระบุขนาดของ payload ในหน่วย octet (byte) ดังนั้นขนาดของ payload สูงสุดจะเป็น 65,535 octets
- Time-To-Live (TTL) ของ IPv4 เปลี่ยนมาเป็น Hop Limit เพราะ TTL ระบุเวลาที่ packet จะวนเวียนอยู่ในอินเทอร์เน็ต (หน่วยเป็นวินาที) โดยระบุว่าแต่ละเราเตอร์ต้องลด TTL ลงอย่างน้อย 1 วินาที เราเตอร์จึงลด TTL ครั้งละ 1 หน่วยเสมอแม้ว่าจะใช้เวลาประมวลผลแพ็กเก็ตน้อยกว่านั้น ทำให้ไม่ตรงกับความหมายของ TTL ดังนั้นจึงถูกเปลี่ยนเป็น Hop limit เพื่อให้ตรงกับความหมายจริงๆ ซึ่งเหมาะสมและง่ายต่อการประมวลผล

- Protocol เปลี่ยนมาเป็น Next Header ซึ่งใช้เป็นตัวบอกว่า extended header ตัวถัดไปเป็นเฮดเดอร์ประเภทไหน เช่น IPSec ซึ่งเป็น extended header ก็จะมีค่า Next Header = 51

ตำแหน่งที่เพิ่ม:

- Flow label ใช้ระบุลักษณะการไหลเวียนของทราฟฟิก ระหว่างต้นทางกับปลายทาง เช่น ในแอปพลิเคชันแบบ video conference มีทราฟฟิกหลายลักษณะ (เช่น ภาพ เสียง ตัวอักษร ฯลฯ) ในแอปพลิเคชันหนึ่งจะสามารถสร้าง flow label ได้หลายลักษณะ และสามารถแยก flow ของภาพและเสียงออกจากกันได้
- Traffic Class ใช้ระบุว่าแพ็กเก็ตนี้อยู่ในกลุ่มใดและมีระดับความสำคัญเท่าไร เพื่อที่เราเตอร์จะจัดลำดับชั้นการส่งแพ็กเก็ตให้เหมาะสม

ทำไมเราควรใช้ IPv6

การใช้งาน IPv6 มีประโยชน์มากมายเนื่องจาก IPv6 มีคุณลักษณะดังนี้

- มีจำนวนหมายเลขอ้างอิงบนเครือข่ายหรือไอพีแอดเดรสที่มากกว่าทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคการแปลง IP ปลอมเป็น IP จริง หรือ NAT (Network Address Translation)
- มีรูปแบบเฮดเดอร์ของตัวโปรโตคอลที่เรียบง่ายและยืดหยุ่นกว่าทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้นในหลายๆ ด้าน
- สนับสนุนแนวความคิดการค้นหาเส้นทางแบบลำดับชั้น ส่งผลให้ตารางการค้นหาเส้นทางในเครือข่าย backbone มีขนาดเล็ก
- สนับสนุนการกำหนดคุณภาพของบริการ (Quality of Service, QoS)

- สนับสนุนการติดตั้ง การปรับแต่งระบบแบบอัตโนมัติ (Serverless Autoconfiguration) การปรับเปลี่ยนแอดเดรส (Renumbering) การเชื่อมต่อต่างผู้ให้บริการ (Multihoming) และ Plug-and-Play
- สนับสนุนกลไกการรักษาความปลอดภัยบนพื้นฐานของ IPSec (IP Security)
- สนับสนุนการสื่อสารด้วยไอพีแบบเคลื่อนที่ (Mobile IP)
- มีการปรับปรุงความสามารถในการติดต่อแบบมัลติคาสต์ (Multicast) และ เอนนี่คาสต์ (Anycast)
- เครือข่ายนำเชื่องต้อมากขึ้น เนื่องจากการใช้งานไอพีจริง (Real IP) ทั้งหมด
- ลดภาระในการทำงานของผู้ดูแลระบบเกี่ยวกับการติดตั้ง และการบริหารจัดการ
- เครือข่ายทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น มีประสิทธิภาพดีขึ้น

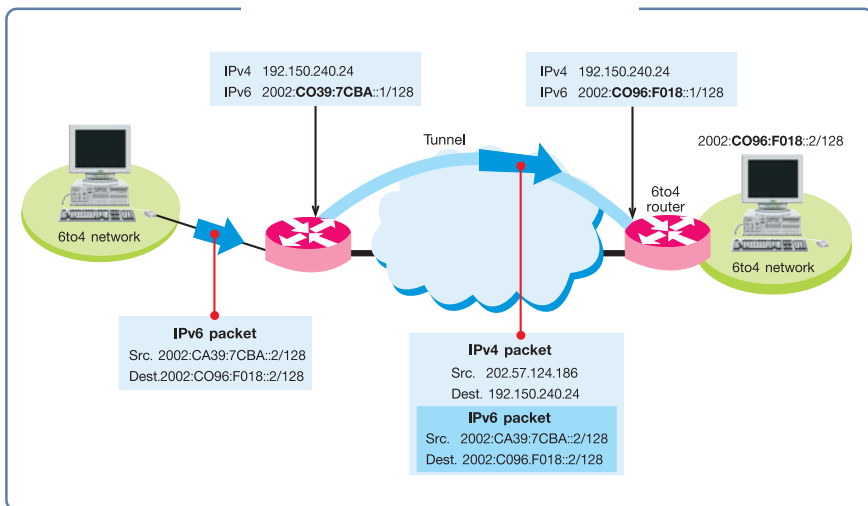
เราจะเริ่มต้นใช้งาน IPv6 อย่างไร

การปรับเปลี่ยนระบบจาก IPv4 ไปสู่ IPv6 มีเทคนิคหลักที่ใช้ 2 เทคนิค คือ

1. การสื่อสารระหว่างเครือข่าย IPv6 ด้วยกัน โดยมีเครือข่าย IPv4 เป็นสื่อคั่นกลาง โดยเทคนิคที่นิยมใช้คือ

- Dual Stacks (IPv6/IPv4) เป็นการติดตั้งทั้ง IPv6 และ IPv4 คู่กันไป โดยจะอาศัย address version field เป็นตัวตัดสินใจที่จะเลือกช่องทางใดในการติดต่อ
- IPv6-over-IPv4 Tunnel เป็นการสร้างท่อในการรับส่ง IPv6 ผ่านไปบนเครือข่าย IPv4 ซึ่งมีเทคนิคที่นิยมใช้ 3 วิธี คือ
 1. Manually Configured คือวิธีการสร้างท่อหรืออุโมงค์ (Tunnel) ผ่าน IPv4 network โดยการระบุ IPv6 address ดายตัวเพื่อสร้าง Tunnel
 2. Automatic คือวิธีการสร้างท่ออัตโนมัติโดยอาศัย IPv4 ซึ่งจะฝัง IPv6 address เข้าไปพร้อมกับ IPv4 address

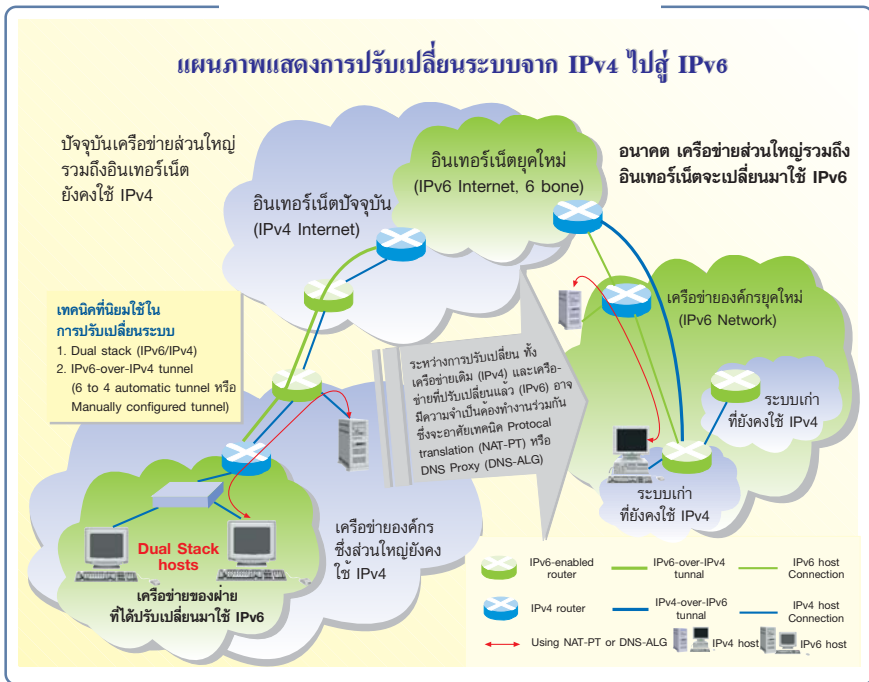
3. Semi-automatic หรือ Tunnel broker คือ การสร้างท่ออัตโนมัติโดย ลงทะเบียนใช้บริการกับผู้ให้บริการผู้ให้บริการจะสร้าง Tunnel ไปยัง เครือข่าย IPv6 แทนผู้ที่มาลงทะเบียนตัวอย่างเว็บไซต์ที่ให้บริการได้แก่ <http://www.freenet6.net> และ <http://ipv6.he.net>



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ IPv6-over-IPv4 Tunnel

2. การสื่อสารระหว่างเครือข่าย IPv4 และ IPv6 (เครือข่าย IPv6 คู่กับเครือข่าย IPv4) โดยเทคนิคที่นิยมใช้ในการปรับเปลี่ยนคือ Network Address Translation-Protocol Translation (NAT-PT) ซึ่งเป็นการแปลงเฮดเดอร์ของไอพีแพ็กเก็ตจาก IPv6 เป็น IPv4 หรือจาก IPv4 เป็น IPv6

ทั้งนี้หากการปรับเปลี่ยนเสร็จสมบูรณ์ เครือข่ายต้นทางและปลายทางเป็นการใช้งาน IPv6 ทั้งหมด โดยปราศจากการใช้ IPv4 เราเรียกการเชื่อมต่อลักษณะนี้ว่า IPv6-native network



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงการปรับเปลี่ยนระบบจาก IPv4 ไปสู่ IPv6



อุปกรณ์และแอปพลิเคชันในปัจจุบันที่สนับสนุน IPv6

● ระบบปฏิบัติการ (Operating System)

ปัจจุบันระบบปฏิบัติการที่สนับสนุนการใช้งาน IPv6 (IPv6 Ready) ได้แก่ Digital UNIX, HP-UX, AIX, BSDi, *BSD, Linux, MS Windows 2000, XP, 9X, NT, Solaris, MAC OS X, Open-VMS, และอื่นๆ

โดยในส่วนของ Linux ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมประยุกต์และ service ได้จาก 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 IPv6 ได้
- Windows 2000 ถ้าติดตั้ง SP1 ขึ้นไป แล้วจะสามารถดาวน์โหลด TCP/IP v6 มาลง ก็จะใช้งาน IPv6 ได้
- Windows 2003 และ Windows XP สามารถใช้งาน IPv6 ได้อยู่แล้ว (IPv6 Ready)

● อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ (Product)

อุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่สนับสนุนการใช้งาน IPv6 ซึ่งมีในท้องตลาดขณะนี้เริ่มมีจำนวนมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ของบริษัท Cisco, Juniper, Nortel, Fujitsu, Hitachi และอื่นๆ

● โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ (Application)

ตัวอย่างของโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้งานบนเครือข่าย IPv6 ได้ ในขณะนี้ ได้แก่ WWW, DNS, Mail, FTP, Telnet, News, Firewall, GNU zebra, และอื่นๆ

จะเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้อย่างไร

ในปัจจุบันอินเทอร์เน็ตที่เราใช้ทุกวันนี้มีเครือข่าย IPv6 ทำงานซ่อนอยู่ด้วย Internet backbone ที่เป็น IPv6 มีชื่อว่า “6Bone” ซึ่งให้บริการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IPv6 ที่อยู่บน backbone นี้ ขณะนี้ 6Bone ยังเป็นเครือข่ายสำหรับการทดสอบ IPv6 และยังไม่มีการให้บริการในเชิงพาณิชย์

หากไม่สามารถเชื่อมต่อกับเครือข่าย 6Bone ได้โดยตรง ผู้ใช้งานก็ยังมีวิธีอื่นในการใช้งานเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบ IPv6 ได้ คือ

1. สร้าง tunnel ไปยังผู้ให้บริการ access point สำหรับเชื่อมต่อเข้า 6Bone: โดยผู้ใช้งานจะต้องสร้าง tunnel เชื่อมไปหาผู้ให้บริการ หลังจากสมัครเป็นผู้ใช้งานแล้วจะได้รับ IPv6 address มาใช้งานจากนั้นจึงจะสามารถติดตั้ง tunnel และ routing ได้ ผู้ให้บริการเหล่านี้มีอยู่ทั้งในและนอกประเทศ เช่น

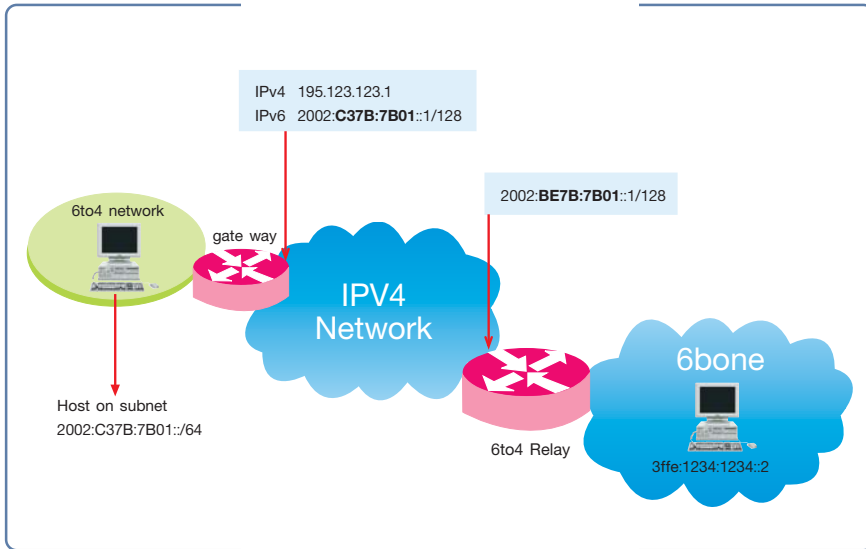
ผู้ให้บริการ access point ในประเทศ <http://www.ipv6.nectec.or.th>

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

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

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

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



รูปที่ 6 แผนภาพการให้บริการ 6to4 Relay ของเนตเทค

ขนาดโลกอินเทอร์เน็ต = อุปกรณ์ IPv6

โปรแกรมประยุกต์ใช้งานต่างๆ ที่มีอยู่บนอินเทอร์เน็ตปัจจุบันที่ใช้ IPv4 สามารถแปลงไปใช้งานบนเครือข่าย IPv6 ได้เกือบทั้งหมด เพราะไอพีทั้งสองรุ่นเปรียบเสมือนรถที่ขนส่งข้อมูลของโปรแกรมดังนั้นการเปลี่ยนรุ่นของไอพีก็เสมือนกับการเปลี่ยนรุ่นของรถแต่ของที่บรรทุกยังคงเดิม จากข้อได้เปรียบของ IPv6 ทำให้เกิดโปรแกรมและอุปกรณ์ใหม่ๆ ที่ถูกออกแบบมาใช้กับไอพีรุ่นนี้โดยเฉพาะ และในที่สุดก็ทำให้เกิดพฤติกรรมการใช้อินเทอร์เน็ตเปลี่ยนไปจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ในอนาคตโลกอินเทอร์เน็ตจะเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ จะเพิ่มความสามารถทางด้านการติดต่อสื่อสารซึ่งจะก่อให้เกิดวิวัฒนาการไปอีกมากมาย อุปกรณ์เหล่านี้สามารถมีหมายเลขไอพีแอดเดรสของตัวเอง ทำให้การรับส่งข้อมูลทำได้รวดเร็ว และสามารถติดต่อกันได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านระบบอื่นๆ ตัวอย่างของอุปกรณ์เหล่านี้ดูได้จากรูปที่ 7

IPv6

IPv6

IPv6

IPv6

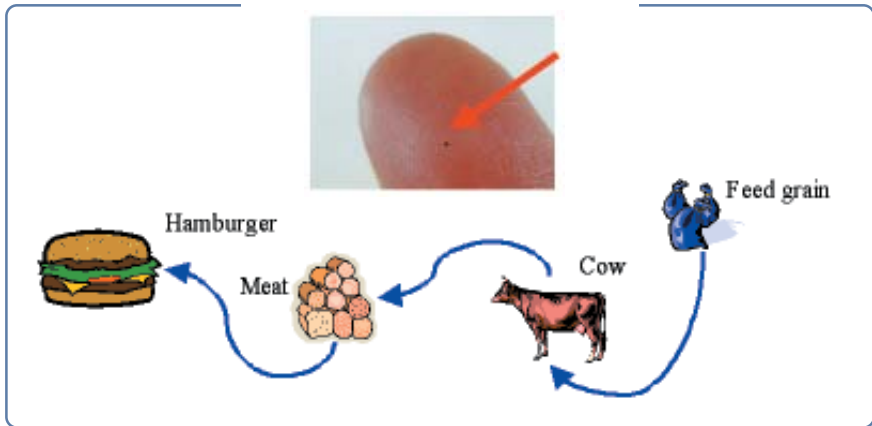
IPv6



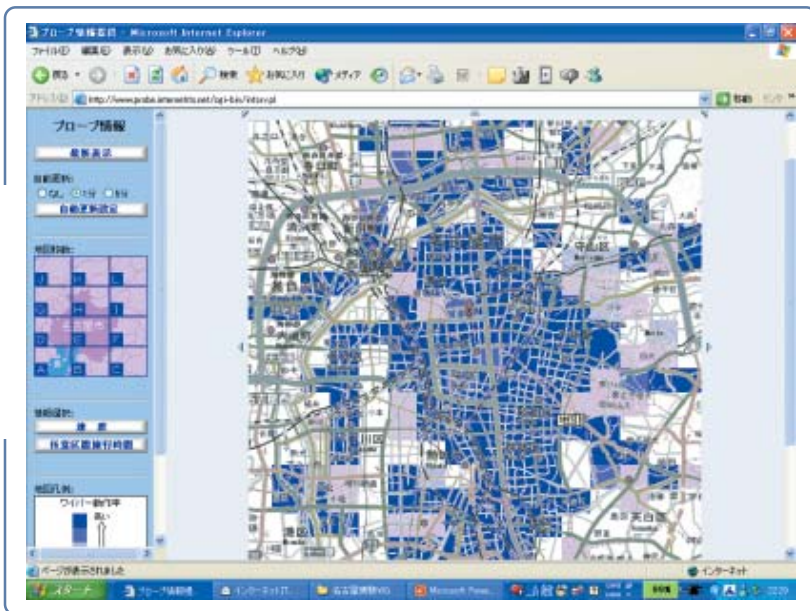
รูปที่ 7 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้งาน IPv6
(รูปจาก Native Inc.)

เราอาจจะแยกการใช้งานในอนาคตได้เป็นข้อๆ ดังนี้

- การใช้งานจากปลายทางสู่ปลายทางโดยตรง (peer-to-peer application) เนื่องจากจำนวนไอพีแอตแอดเดรสจะมีเหลือเฟือที่จะแจกจ่ายให้แก่อุปกรณ์ทุกชนิดที่ต่อกับอินเทอร์เน็ตได้ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือถือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน หรือแม้แต่ในรถยนต์ นอกจากนี้เรายังสามารถจะใช้ IPv6 ร่วมกับเทคโนโลยี RFID (Radio Frequency Identificaiton) เพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้ เช่น วางไว้ในภูมิภาคต่างๆ หรือติดไว้กับสัตว์หรือกับรถแท็กซี่เพื่อตรวจสอบสภาพมลพิษในเมือง

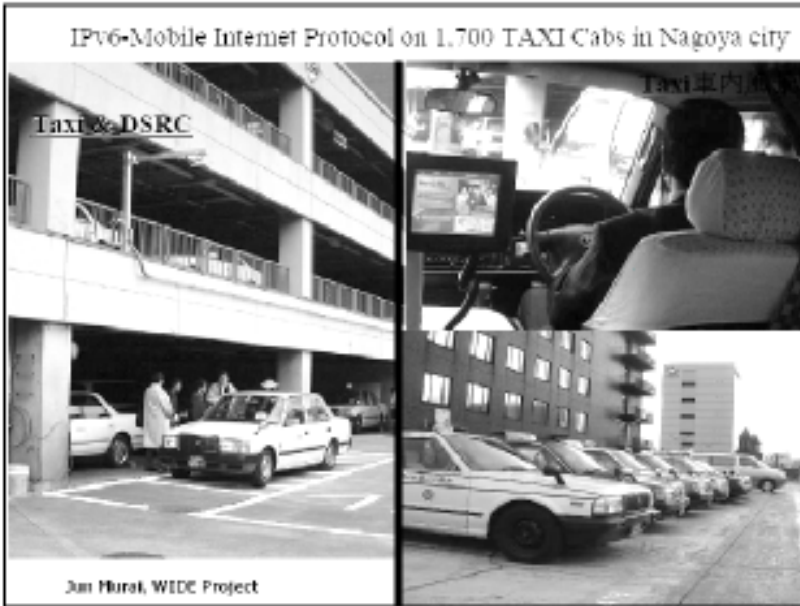


รูปที่ 8 แสดงขนาดของ RFID เมื่อเทียบกับนิ้วมือ และการใช้ RFID กับสัตว์ในขั้นตอนการทำอาหารแฮมเบอร์เกอร์ (รูปจาก WIDE Project, Japan)



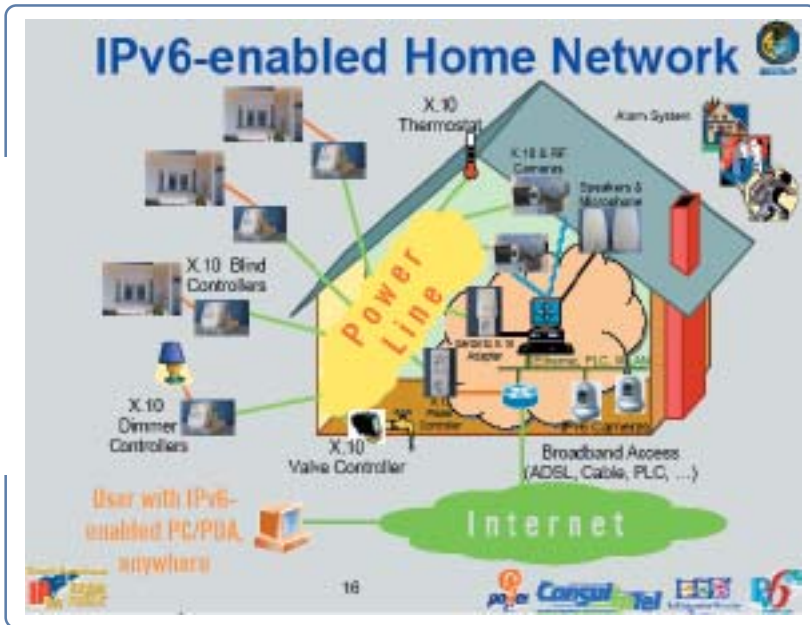
รูปที่ 9 การตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ เช่น ปริมาณน้ำฝนตามบริเวณต่างๆ (รูปจาก "IPv6 Applications in Japan" July 2004, presentation in APAN 18th meetings by Esaki, Hiroshi WIDE Project/ IPv6 Promotion Council)

- การติดตั้งกล้อง Surveillance IPv6 camera เพื่อดูแลความปลอดภัยหรือดูสภาพการจราจร กล้องเหล่านี้สามารถเป็นเซิร์ฟเวอร์ได้ในตัว เก็บข้อมูลได้ และติดต่อกันได้โดยตรงเนื่องจากมีหมายเลขไอพีแอตเดรสจริงของตัวเอง



รูปที่ 10 การติดตั้งกล้องดูแลความปลอดภัย
(รูปจาก WIDE Project, Japan)

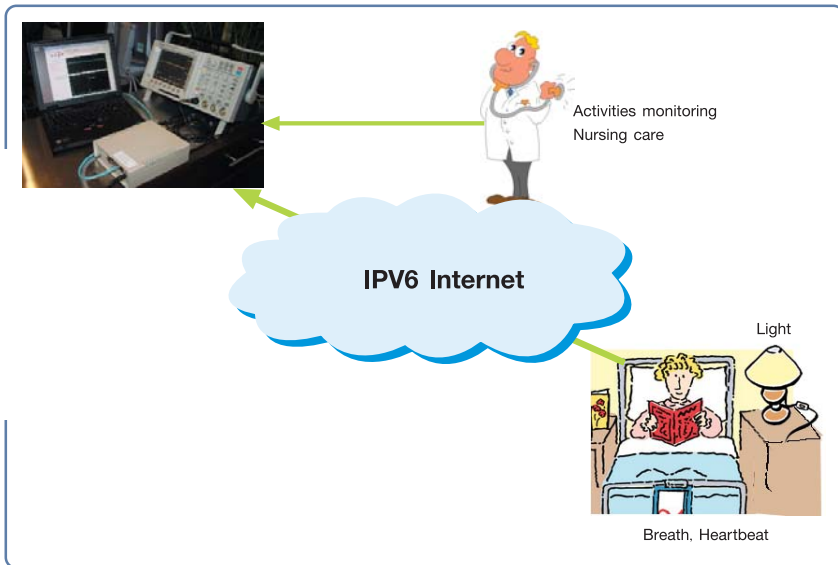
- อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจะมีไอพีแอตเดรสประจำทำให้แยกแยะและควบคุมได้และเกิดเป็นเครือข่ายภายในบ้านหรือระหว่างบ้านได้ เช่น โทรศัพท์ในอาคารจะเป็นแบบ Interactive คือสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ เครื่องเล่น DVD ก็สามารถรับส่งหนังมาได้โดยตรงจากอินเทอร์เน็ตหรือสามารถส่งสัญญาณไปยังโทรศัพท์ที่อยู่มุมต่างๆ ของบ้านได้ มาตรฐาน X.10 ของการส่งสัญญาณไปบนสายไฟจะช่วยให้เราสร้างเครือข่ายในบ้านได้จากสิ่งที่มีพร้อมอยู่แล้ว นอกจากนี้เรายังจะสามารถสั่งปิดเปิด ควบคุม หรือตรวจสอบสถานะของเครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟภายในบ้านได้



รูปที่ 11 แสดงการใช้งาน IPv6 กับเครือข่ายของอุปกรณ์ภายในบ้าน
(รูปจาก North American IPv6 Taskforce)

- การใช้งานอินเทอร์เน็ตแบบ plug-and-play หรือ auto-configuration โดยผู้ใช้งานไม่ต้องเรียนรู้ทางเทคนิคใดๆ เพียงแค่เสียบปลั๊กและสายสื่อสารก็สามารถเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ตได้ทันที นอกจากนี้ยังไม่จำกัดสถานที่ที่จะใช้งานอีกด้วย ตัวอย่างเช่นเครื่องคอมพิวเตอร์แบบโน้ตบุ๊กสามารถนำไปต่างจังหวัดแล้วเสียบที่จุดเชื่อมต่อของจังหวัดนั้นก็เหมือนนั่งเล่นอินเทอร์เน็ตอยู่ที่บ้านได้
- ในอนาคต อาคารที่ทำงานหรือที่อยู่อาศัยต่างๆ จะมีการทำ Building Automation เพื่อควบคุมการใช้พลังงานและการทำงานของระบบต่างๆ เช่น การใช้ไฟฟ้าและก๊าซหุงต้ม ซึ่ง IPv6 จะเป็นส่วนหนึ่งของการเชื่อมต่อเครือข่ายควบคุมภายในอาคาร

- การใช้งาน IPv6 สามารถช่วยในระบบการดูแลผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ (Health care for senior citizens) เช่น การใช้งานอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่คอยรายงานสถานะของผู้ป่วย (Monitoring) ยกตัวอย่างเช่นการวัดจังหวะการเต้นของหัวใจ หรือการควบคุมระบบแสงไฟในห้องพักของผู้ป่วย



รูปที่ 12 แสดงการใช้งาน IPv6 กับระบบการดูแลผู้ป่วย

- IPv6 เป็นเครือข่ายที่นอกจากจะไร้พรมแดนแล้วยังไร้ข้อจำกัดของสถานที่ การใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile Devices) จะสามารถทำให้เข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ทุกจุดแม้ว่ากำลังนั่งอยู่ในรถที่เคลื่อนที่ การใช้งานก็จะไม่สะดุดระหว่างจุดต่อเชื่อมของเครือข่าย



รูปที่ 13 แสดงการใช้งานเครือข่ายไร้สาย

สถานการณ์ในปัจจุบัน

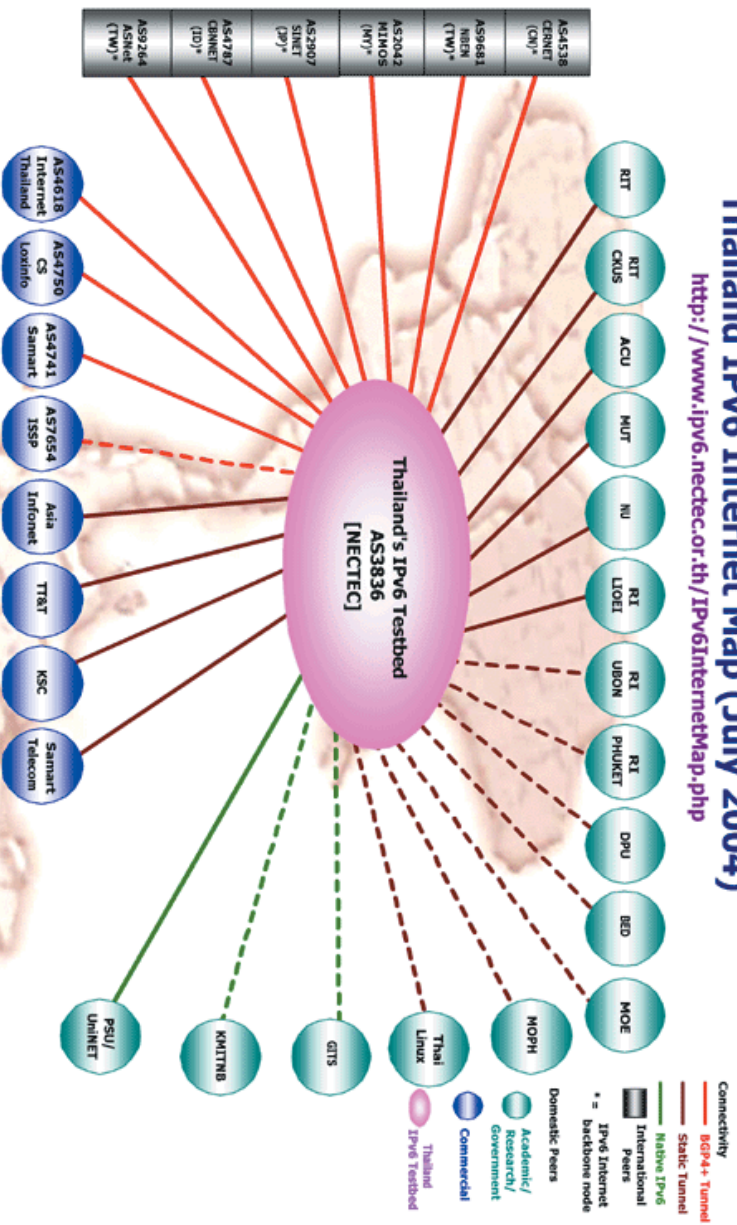
ถึงแม้จะเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสักวันหนึ่งอินเทอร์เน็ตจะต้องปรับเปลี่ยนไปใช้ IPv6 แต่ความตื่นตัวในการปรับเปลี่ยนได้เกิดขึ้นช้ากว่าที่คาดหมายกันไว้ สาเหตุสำคัญ อาจเนื่องมาจากทัศนคติที่ว่า トラブaitที่อินเทอร์เน็ตยังไม่ขาดแคลนไอพีแอดเดรส IPv6 ก็ยังคงเป็นสิ่งฟุ่มเฟือยและยังไม่จำเป็นมากนัก ถึงกระนั้นก็ตาม IPv6 เริ่มได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้นเพราะผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ตต่างตระหนักดีว่าไม่ช้าก็เร็วปัญหาการขาดแคลนไอพีแอดเดรสจะต้องมาถึงและเมื่อถึงเวลานั้นผู้ที่มีความพร้อมมากกว่าจะเป็นผู้ได้เปรียบ นอกจากนี้ IPv6 ยังเป็นทางออกที่ถาวรทางเดียวในการแก้ปัญหา

การผลักดันให้เกิดการนำ IPv6 ไปใช้งานจริงมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ทวีปยุโรป และเอเชียเป็นหลัก ส่วนทวีปอเมริกาเหนือนั้นยังไม่มีจุดยืนที่ชัดเจน สาเหตุที่สำคัญประการแรกคือ ในปัจจุบันทวีปอเมริกาเหนือมีส่วนแบ่งของไอพีแอดเดรสอยู่ถึงร้อยละ 70 ของไอพีแอดเดรสทั้งหมดในโลก จึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจเลยที่ทวีปนี้ยังไม่เห็นความจำเป็นของ IPv6 ในทางตรงกันข้าม ทั้งยุโรปและเอเชียต่างพบปัญหาการมีไอพีแอดเดรสไม่พอกับจำนวนผู้ใช้อินเทอร์เน็ต สาเหตุประการที่สองสืบเนื่องมาจากเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่สาม (3G wireless technology) ทั้งยุโรปและเอเชียต่างมีความต้องการสูงทางด้านเทคโนโลยี 3G ซึ่งเทคโนโลยีนี้ทำให้เกิดความต้องการไอพีแอดเดรสที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นเราจึงพบว่าผู้ผลิตฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และองค์กรที่ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานต่างๆ ในทวีปยุโรปและเอเชียต่างส่งสัญญาณที่จะแก้ปัญหาการขาดแคลนไอพีแอดเดรส หรืออีกนัยหนึ่งการตอบรับต่อ IPv6 อย่างจริงจัง

ในส่วนของประเทศไทยเอง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาตินับว่าเป็นผู้นำในการให้บริการเชื่อมต่อเครือข่าย IPv6 กับต่างประเทศผ่านการทำ IPv6-over-IPv4 tunnel และการทำ 6to4 relay นอกจากนี้ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติยังได้รับความร่วมมือจากหลายมหาวิทยาลัย และบริษัทผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต ทำให้เกิดเครือข่าย IPv6 เพื่อการทดสอบภายในประเทศ (Thailand IPv6 Testbed) ซึ่งมีการเชื่อมต่อด้วยเทคนิคที่หลากหลาย เช่น dual stacks, IPv6-over-IPv4 tunnel และ Native IPv6 เป็นต้น (รายละเอียดสามารถดูได้จาก <http://www.ipv6.nectec.or.th>) ในปัจจุบันได้มีการก่อตั้งคณะทำงานระดับประเทศขึ้นภายใต้ชื่อ Thailand IPv6 Forum หรือ โครงการความร่วมมือพัฒนา และส่งเสริมการใช้เครือข่าย IPv6 ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างหน่วยงานวิจัย ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต และผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ระบบเครือข่าย ซึ่งนับเป็นนิมิตรหมายอันดีถึงความตื่นตัวของประเทศไทยในการรับมือกับ IPv6

Thailand IPv6 Internet Map (July 2004)

<http://www.ipv6.nectec.or.th/IPv6InternetMap.php>



The chart is designed, maintained and copyrighted by Chanchai Chan-In Thaisarn, NECTEC. All rights reserved. The chart contains information based on those of testing purpose only. We welcome update information, but reserve the rights to verify the accuracy of the given information. Please contact us at ipv6@nectec.or.th.



รูปที่ 14 แผนที่อินเทอร์เน็ต IPv6 ของประเทศไทย

รายละเอียดหมายเหตุ

1. IETF (The Internet Engineering Task Force) เป็นองค์กรเปิดระหว่างประเทศซึ่งเป็นการรวมตัวกันของผู้ออกแบบเครือข่าย, ผู้ให้บริการ, ผู้ขาย, และนักวิจัยที่มีความสนใจเกี่ยวกับการพัฒนาโครงสร้างและการทำงานของอินเทอร์เน็ต (รายละเอียดเพิ่มเติม <http://www.ietf.org/>)
2. [RFC791] Postel, J., ed., “Internet Protocol–DARPA Internet Program Protocol Specification”, STD 5, RFC 791, USC/Information Sciences Institute, September 1981.

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับ version numbers สามารถดูได้ที่ <http://ipv6.nectec.or.th/version-numbers.html>

URL/เอกสารอ้างอิง

1. <http://ipv6.nectec.or.th/>
2. <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-main.html/>
3. <http://www.opus1.com/ipv6/whatisipv6.html/>
4. <http://www.cisco.com/global/TH/technology/vpn.shtml/>
5. <http://www.ietf.org/>
6. <http://www.ipv6.org/v6-apps.html/>
7. http://6net.iif.hu/ipv6_apps/
8. http://www.cisco.com/warp/public/759/ipj__6-4/ipj__6-4__ipv4.html/
9. <http://www.kame.net/>
10. <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/ipng-implementations.html/>
11. <http://www.deepspace6.net/>
12. <http://www.6bone.net/>
13. <http://www.cs-ipv6.lancs.ac.uk/ipv6/6Bone/Whois/bycountry.html/>
14. [IPv6 VoIP, Environment monitoring] http://www.ap.ipv6tf.org/events/2nd_Summit_AP/slides/S2__Han-Chieh_Chao.pdf/
15. [Home appliance]
http://www.usipv6.com/2004santamonica/presents/Jordi__Palet.pdf/
16. [Wi-fi IPv6]
<http://www.nav6tf.org/slides/IPv6ApplicationNote3rdgenerationWiFi-Oct9-2003.pdf/>
17. [G3]
http://www.usipv6.com/2004santamonica/presents/John__Loughney.pdf/

คณะผู้จัดทำ

ดร.ภาสกร ประถมบุตร

ดร.พินิตา พงษ์ไพบูลย์

นางธีรวิสา มัทวพันธุ์

นายฉัตรชัย จันทร์อินทร์

นางสาวปวีณา ทองแมน

โครงการอินเทอร์เน็ตยุคหน้า

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปกและรูปเล่ม

งานประชาสัมพันธ์และผลิิตสื่อ

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)