

# ค่า MAC address กับการระบุตำแหน่งอุปกรณ์บนเครือข่าย

## 1. บทนำ

MAC address (Media Access Control address) เป็นค่าระบุตำแหน่งที่เป็นเอกลักษณ์ใช้กำหนดให้กับ ส่วนที่เชื่อมต่อเครือข่ายสำหรับติดต่อสื่อสารข้อมูลบนส่วนของเครือข่ายทางกายภาพ เทคโนโลยีเครือข่าย ส่วนใหญ่ได้นำเอา MAC address มาใช้ และเทคโนโลยีเครือข่ายตามมาตรฐาน IEEE 802 มีการนำมาใช้มากที่สุด รวมถึงเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (IEEE 802.3) ด้วย ปกติค่า MAC address ถูกนำมาใช้ในโปรโตคอล Media Access Control ซึ่งเป็นส่วนย่อยหนึ่งของแบบจำลอง OSI (Open Systems Interconnection)

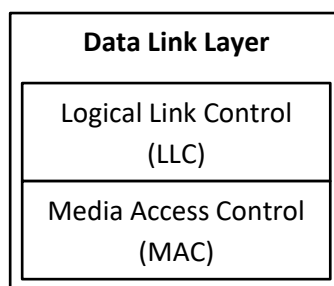
MAC address โดยทั่วไปจะถูกกำหนดโดยผู้ผลิตอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (Network Interface Card : NIC) และเก็บไว้ในฮาร์ดแวร์ที่มีลักษณะเป็นหน่วยความจำอ่านได้อย่างเดียว หรืออาจอยู่ในรูปแบบของ เฟิร์มแวร์ ถ้าค่านี้ถูกกำหนดโดยผู้ผลิต ค่า MAC address ปกติจะเป็นค่าหมายเลขประจำตัวของผู้ผลิตที่ ลงทะเบียนแล้วและนำมาเข้ารหัสและอาจเรียกวิธีการกำหนดแบบนี้ว่า **burned-in address** แต่ก็สามารถ เรียกต่างกันได้ชื่ออื่นเช่น EHA (Ethernet Hardware Address) ตำแหน่งทางฮาร์ดแวร์ (Hardware Address) หรือ ตำแหน่งทางกายภาพ (Physical Address) ก็ได้ ในระบบเครือข่ายอาจมี NIC ได้หลายตัว และ NIC แต่ละตัว จะมีค่า MAC address ไม่ซ้ำกันเลย

MAC address ถูกสร้างให้สอดคล้องตามกฎของหนึ่งในสามตามมาตรฐานที่กำหนดไว้โดย IEEE ซึ่งมี ดังนี้ MAC-48 EUI-48 และ EUI-64 (EUI : Extended Unique Identifier)

สำหรับเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) จะใช้ค่า MAC address เป็นค่าระบุตำแหน่งของแต่ละโหนดบน เครือข่าย การกำหนดค่า MAC address จะใช้ตามมาตรฐาน MAC-48

## 2. โครงสร้างของ MAC address

โดยปกติค่า MAC address จะทำงานบนชั้นที่สองของแบบจำลอง ISO เป็นชั้นทำหน้าที่ควบคุม การสื่อสารระหว่างลิงก์ต่อลิงก์ หน่วยของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งระหว่างกันเรียกว่าเฟรม (frame) โดยชั้นนี้ จะมีหน้าที่ในการถ่ายโอนข้อมูล ตรวจสอบข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากชั้นกายภาพ และแก้ไขข้อผิดพลาดให้ ถูกต้อง



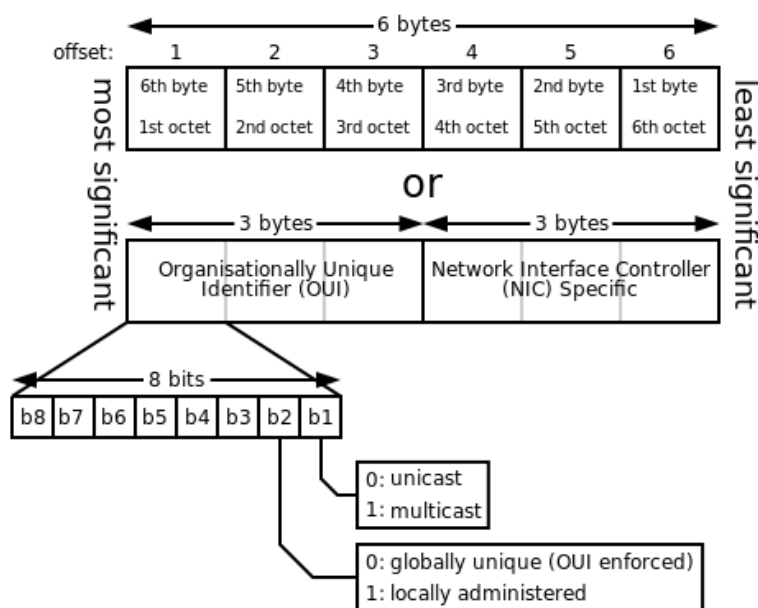
## รูปที่ 1 แสดงลำดับชั้นย่อยของชั้น Data Link ในแบบจำลอง OSI

### 2.1 รูปแบบของ MAC address ตามมาตรฐาน IEEE 802

รูปแบบของ MAC address ประกอบด้วยเลขฐานสิบหกทั้งหมด 6 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีเลขสองหลักและมีสัญลักษณ์ไฮเฟิน (-) หรือ โคลอน (: ) แยกแต่ละกลุ่ม ดังตัวอย่างเช่น “01-23-45-67-89-ab” หรือ “01:23:45:67:89:ab” (รูปแบบดังกล่าวมักใช้ในมาตรฐาน MAC-48 และ EUI-64) นอกจากนี้ยังมีการใช้รูปแบบอื่นเช่น “0123.4567.89ab”

### 2.2 ส่วนประกอบของค่า MAC address

ค่า MAC address ถูกกำหนดตามมาตรฐานซึ่งสามารถแยกออกเป็นส่วนตัวย่อย ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของ MAC address

รูปแบบตำแหน่ง MAC address ของ IEEE 802 จุดเริ่มต้นมาจากโครงสร้างของตำแหน่งเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ของ Xerox โดยใช้จำนวน 48 บิต มาแทนค่าตำแหน่งของ MAC address ทำให้สามารถกำหนดค่าได้สูงสุดถึง 281,474,976,710,656 ( $2^{48}$ ) ตำแหน่ง

ระบบจำนวนเลขที่ใช้กำหนดค่า MAC address ทั้งสามระบบ (MAC-48 EUI-48 และ EUI-64) มีความแตกต่างกันเฉพาะความยาวของบิตที่ใช้แทนค่าตำแหน่ง ซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้งสองประเภทดังต่อไปนี้

1) Universally Administered Addresses เป็นการกำหนดค่าตำแหน่งโดยผู้ผลิตอุปกรณ์ จะสร้างหมายเลขตำแหน่งไม่ให้ซ้ำกันที่เรียกว่า **burned-in address** โดยในสาม octet แรกเป็นไบนารีที่บ่งบอกถึงองค์กรที่เป็นผู้ออกหมายเลขตำแหน่งของอุปกรณ์ เช่น FC-C7-34 (บริษัท Samsung Electronics

Co.,Ltd) 00-13-19 (บริษัท Cisco Systems ) เป็นต้น ซึ่งสาม octet นี้อาจเรียกว่า Organizationally Unique Identifier (OUI) ส่วนอีกสาม octet ถัดมา (ในระบบ MAC-48 และ EUI-48 ส่วน EUI-64 จะหมายถึงห้า octet ถัดมา) จะถูกกำหนดโดยองค์กรเพื่อใช้ระบุตำแหน่งให้กับอุปกรณ์ โดยองค์กร IEEE คาดการณ์ไว้ว่า ระบบ MAC-48 ค่าตำแหน่งจะถูกใช้จนหมดภายในปี ค.ศ. 2100 ส่วนระบบ EUI-64 คาดการณ์ว่ายังสามารถใช้ได้อีกนาน

2) Locally Administered Addresses เป็นการกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์โดยผู้บริหารจัดการเครือข่าย เมื่อตำแหน่งแบบ Locally ถูกกำหนดขึ้น อุปกรณ์เครือข่ายก็จะนำเอาตำแหน่งนี้ไปใช้ตำแหน่งแบบ Universally อุปกรณ์เครือข่ายทุกตัวในเครือข่ายย่อย (Subnet) เดียวกันจะต้องมี MAC address แตกต่างกัน การกำหนดตำแหน่งแบบนี้จะไม่ส่วนของ OUI

การแสดงว่าเป็นตำแหน่งแบบ Universally Administered หรือ Locally Administered จะถูกกำหนดโดยการตั้งค่าบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least-Significant) ในลำดับที่สอง ของ ไบต์ที่มีความสำคัญสูงสุด (octet แรกสุด) โดยใช้บิต 0 แทนที่อยู่แบบ Universally Administered และบิต 1 แทนที่อยู่แบบ Locally Administered ยกตัวอย่างเช่น สมมติให้ที่อยู่ 06-00-00-00-00-00 ไบต์ที่มีนัยสำคัญสูงสุดคือ 06 (ฐานสิบหก) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบไบนารีคือ 00000110 ดังนั้นบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดในลำดับที่สองคือ 1 แสดงว่าเป็นที่อยู่ที่ถูกกำหนดแบบ Locally Administered ถ้าค่า MAC address ถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตบิตในลำดับนี้จะถูกกำหนดค่าเป็น 0 (ศูนย์) เสมอ

ถ้าบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดของ octet ที่มีนัยสำคัญสูงสุด ถูกกำหนดให้มีค่าเป็น 0 (ศูนย์) จะหมายถึงเฟรมที่ส่งไปจะมีเพียงอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (NIC) ตัวเดียวเท่านั้นที่กำลังรับข้อมูล การถ่ายโอนข้อมูลแบบนี้เรียกว่า ยูนิคาสต์ (Unicast) เฟรมที่ถูกส่งแบบยูนิคาสต์จะถูกส่งไปยังทุกโหนดภายใต้ คอลลิชัน โดเมน (Collision Domain) เดียวกัน จะมีเพียงโหนดเดียวที่มีค่า MAC address ตรงกับค่า MAC address ที่อยู่ในเฟรม ถ้าแต่ละโหนดในคอลลิชัน โดเมนไม่มีค่า MAC address ตรงกัน ทุกโหนดจะปฏิเสธไม่รับเฟรมนั้น ยกเว้นว่าอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (NIC) ทำงานในโหมด โพรมิสซิแวล (Promiscuous Mode)

ถ้าบิตที่มีนัยสำคัญน้อยสุดของ octet ที่อยู่ที่มีนัยสำคัญมากที่สุดมีค่าเป็น 1 จะหมายถึงจะส่งเฟรมออกไปเพียงครั้งเดียว โหนดที่อยู่ในคอลลิชัน โดเมนนั้นสามารถรับเฟรมนั้นได้ทุกโหนด อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (NIC) ในแต่ละโหนดสามารถรับหรือปฏิเสธเฟรมนั้นได้ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการกำหนดค่าทางเครือข่าย ยกตัวอย่างเช่นการตั้งค่าให้อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (NIC) ให้อยอมรับค่า MAC address แบบมัลติคาสต์ ซึ่งตำแหน่งที่มีการตั้งค่าแบบนี้เรียกว่า ตำแหน่งแบบมัลติคาสต์ (Multicast Address)

ความแตกต่างระหว่าง EUI-48 และ MAC-48 คือรูปแบบ MAC-48 ถูกนำมาใช้สำหรับอุปกรณ์เครือข่าย ส่วน EUI-48 ถูกนำมาใช้เพื่อระบุตำแหน่งอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ชนิดอื่นๆ

### 3. การระบุตำแหน่ง IP address จาก MAC address

MAC address เป็นตำแหน่งที่ใช้ในระบบเครือข่ายอีเธอร์เน็ต (Ethernet) ส่วน IP address (Internet Protocol Address) เป็นตำแหน่งที่ใช้ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) การแปลงหรือการจับคู่ระหว่าง MAC address กับ IP address สามารถทำได้ดังนี้

#### 3.1 การแปลง IP address เป็น MAC address

MAC address เป็นหมายเลขประจำอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (Network Interface Card : NIC) ซึ่งถือว่าเป็นหมายเลขที่ใช้ระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ระดับกายภาพ ในขณะที่ IP address เป็นหมายเลขระบุตำแหน่งของอุปกรณ์ทางระดับตรรกะ โดยที่หมายเลขทั้งสองเป็นหมายเลขที่ใช้เป็นที่อยู่สำหรับการติดต่อสื่อสารบนเครือข่ายแต่ทำงานอยู่คนละชั้นตามแบบจำลอง OSI

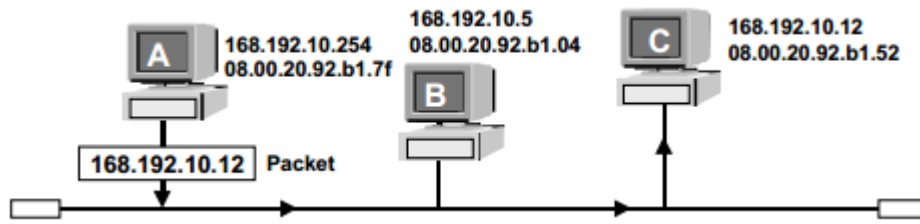
สำหรับ IP (Internet Protocol) จะมี ARP (Address Resolution Protocol) ที่เป็นส่วนหนึ่งของ IP ช่วยในการแปลง IP address เป็น MAC address แต่ ARP ไม่ได้ถูกออกแบบมาให้แปลงตำแหน่งย้อนกลับ (แปลงตำแหน่ง MAC address เป็น IP address) อย่างไรก็ตามถ้าเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายใดต้องการทราบ IP address จาก MAC address สามารถทำได้ถ้าหากมีการใช้ DHCP (ก่อนหน้านี้ใช้โปรโตคอล RARP และ InARP) แต่กลไกนี้ก็ไม่ได้เป็นกลไกทั่วไปสำหรับให้ผู้ใช้ระบุ IP address จาก MAC address

#### 3.2 การแปลง MAC address เป็น IP address ผ่านทาง ARP Cache

ขณะที่ ARP กำลังทำงานจะมีการเก็บค่า IP address และ MAC address ที่จับคู่กันไว้ในหน่วยความจำที่เรียกว่า ARP cache ARP cache จะมีอยู่บนอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายของเครื่องแต่ละบุคคลและอุปกรณ์ IP router ก็มีส่วนนี้เหมือนกัน ใน ARP cache มีการเก็บคู่ของ IP address และ MAC address หากต้องการทราบค่า IP address จาก MAC address ก็น่าจะทำได้ แต่กลไกการทำงานจริงมีข้อจำกัดหลายประการที่ต้องพิจารณา (ตำแหน่ง MAC address เดิมอาจจับคู่กับ IP address ใดๆ ก็ได้)

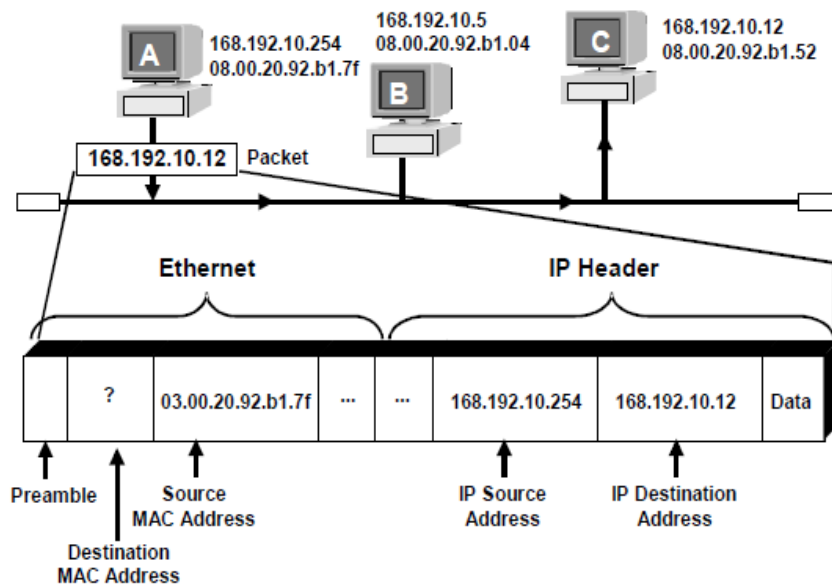
### 4. กลไกการหาตำแหน่ง MAC address จาก IP address

เมื่อเครื่อง A ต้องการส่งข้อมูลไปยังเครื่อง C ที่มี IP address เป็น 168.192.10.12 ข้อมูลจะถูกส่งผ่านเครือข่าย ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่อง A ส่งข้อมูลไปยังเครื่อง C

แพ็คเกจข้อมูลชั้น IP packet จะถูกเข้ารหัสหรือเพิ่มส่วนหัวด้วย Ethernet Header เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลบนชั้น Data Link ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของ Ethernet Header

ต่อมาเครื่องที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องระบุตำแหน่ง MAC address ของเครื่องปลายทางภายในส่วน Ethernet Header ของแพ็คเกจข้อมูลที่จะส่ง โดยจะค้นหาใน ARP cache ของตนเองซึ่งทั่วไป ARP cache จะเก็บข้อมูล IP address และ MAC address ของเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายเดียวกัน

IP Address	MAC Address
168.192.10.254	08.00.20.92.b1.7f
168.192.10.5	08.00.20.92.b1.04
168.192.10.12	08.00.20.92.b1.52

รูปที่ 5 แสดงข้อมูลที่เก็บใน ARP cache

ใน ARP cache นี้เกี่ยวข้องกับการจับคู่ระหว่าง IP address กับ MAC address ถ้าหมายเลข IP address ของเครื่องปลายทางมีอยู่ใน ARP cache แล้ว เครื่องส่งจะทำการค้นหา IP address ปลายทาง และนำค่า MAC address ที่ตรงกับ IP address นั้นเพิ่มเข้าในส่วนของ Ethernet Header ซึ่งจะทำให้แพ็กเก็ตนั้นสามารถส่งไปยังปลายทางได้

ในกรณีเครื่องส่งค้นหา IP address ปลายทางใน ARP cache ไม่พบเครื่องส่งจะทำการส่ง ARP request ที่มี IP address ของเครื่องปลายทางไปยังทุกเครื่องในเครือข่ายหรือที่เรียกว่า บรอดคาสต์ (broadcast)

Hardware Type "0001"(Hexadecimal number)	
Protocol Type "0800"(Hexadecimal number)	
HLEN "48"(Decimal number)	PLEN "32"(Decimal number)
Operation Code "1"(Decimal number)	
Source MAC Address (48bits) "A's MAC address"	
Source IP Address (32bits) "A's IP address"	
Destination MAC Address (48bits) Enter "0" because it is unknown.	
Destination IP Address (32bits) "C's IP address"	

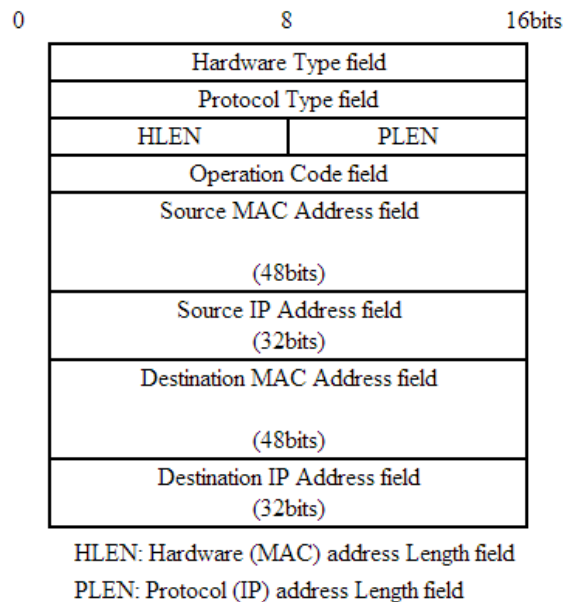
รูปที่ 6 แสดงโครงสร้างของแพ็กเก็ต ARP request ของเครื่อง A

เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ในเครือข่ายทุกเครื่องจะทำการรับ ARP request และนำเอาตำแหน่ง Source address ใน ARP request มาปรับปรุง ARP cache ของตนเอง จะมีเพียงเครื่องเดียว (ในตัวอย่างนี้คือเครื่อง C) เท่านั้นที่มีค่า IP address ตรงกับ Destination IP Address ใน ARP request จะสร้าง ARP reply และส่งกลับไปยังเครื่องที่ส่ง ARP request (เครื่อง A)

Hardware Type "0001"(Hexadecimal number)	
Protocol Type "0800"(Hexadecimal number)	
HLEN "48"(Decimal number)	PLEN "32"(Decimal number)
Operation Code "2"(Decimal number)	
Source MAC Address (48bits) "C's MAC address"	
Source IP Address (32bits) "C's IP address"	
Destination MAC Address (48bits) "A's MAC address"	
Destination IP Address (32bits) "A's IP address"	

รูปที่ 7 แสดงโครงสร้างของแพ็กเก็ต ARP reply ของเครื่อง C

ในส่วนของ ARP reply มีใส่ค่า IP address และ MAC address ของเครื่อง C ไปด้วย เมื่อเครื่อง A ได้รับ ARP reply ก็จะนำมาปรับปรุง ARP cache ของตนเอง และขณะนี้เครื่อง A ก็ทราบค่า MAC address ของเครื่องปลายทางและสามารถทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลไปยังเครื่องปลายทางได้



**รูปที่ 8** แสดงโครงสร้างของแพ็กเก็ต ARP Packet

## 5. สรุป

ค่า MAC address เป็นค่าที่กำหนดให้กับอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (Network Interface) โดยค่านี้จะถูกกำหนดจากผู้ผลิตอุปกรณ์ ใช้สำหรับเป็นตำแหน่งที่อยู่ในการติดต่อสื่อสารในระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ต (Ethernet) เมื่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเกิดขึ้น (เครือข่ายที่เชื่อมเครือข่ายอีเทอร์เน็ตหลายๆ เครือข่ายเข้าด้วยกัน) ทำให้กระบวนการในการกำหนดตำแหน่งที่อยู่ในการติดต่อสื่อสารต้องมีการแปลงค่าระหว่างสองเครือข่ายเพื่อให้สามารถสื่อสารกันได้อย่างราบรื่น กระบวนการนี้ต้องอาศัย ARP (Address Resolution Protocol) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ IP (Internet Protocol) ในการแปลงค่า IP address เป็น MAC address ส่วนกลไกการแปลงค่ากลับคือการหาค่า IP address จาก MAC address เอกสารฉบับนี้ไม่กล่าวถึง ผู้ที่สนใจเพิ่มเติมสามารถศึกษาเกี่ยวกับโปรโตคอล InARP RARP และ DHCP ได้

## 6. เอกสารอ้างอิง

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **Address Resolution Protocol**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ :

[http://en.wikipedia.org/wiki/Address\\_Resolution\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Address_Resolution_Protocol), ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2555.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. **MAC address**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : [http://en.wikipedia.org/wiki/MAC\\_address](http://en.wikipedia.org/wiki/MAC_address),

MAC\_address, ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2555.

Computer Science & Engineering Shinshu University. **The mechanism of ARP**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : [http://k-12.pisd.edu/currinst/network/rt\\_4\\_1st.pdf](http://k-12.pisd.edu/currinst/network/rt_4_1st.pdf), ค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555.

IEEE Standards Association. OUI. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : <http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/oui.txt>, ค้นเมื่อ 21 ธันวาคม 2555.

Plano Independent School District. **Address Resolution**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : [http://k-12.pisd.edu/currinst/network/rt\\_4\\_1st.pdf](http://k-12.pisd.edu/currinst/network/rt_4_1st.pdf), ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2555.

Youngzsoft Company. **IP address from MAC address**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ :

<http://www.youngzsoft.net/cc-get-mac-address/mac2ip.htm>, ค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2555.