

**การเลือกอุปกรณ์สำหรับระบบการแพร่กระจายใน
โครงสร้างเครือข่าย 802.11 ข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ไร้สาย
Implementation Options for the Distribution System in the
802.11 Wireless LAN Infrastructure Network**

Amre El-Hoiydi

เรียบเรียงโดย นายโกวิท ตั้งกะพิกพ *

Mr.Kowit Tangkaphiphop

ผศ.นภพินท์ อนันตรศิริชัย **

Asst. Prof. Noppin Anantrasirichai

บทคัดย่อ

มาตรฐานแลนไร้สาย (ข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ไร้สาย) (wireless LAN) IEEE 802.11 จะถูกใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างจุดเชื่อมต่อ (access point) และ สถานีที่ให้บริการเครื่องลูกข่าย อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์ของเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่อกับเครือข่าย คือ ระบบการแพร่กระจายและโปรโตคอลของจุดเชื่อมต่อภายในจะไม่ได้ถูกกำหนด เอกสารนี้จะแสดงและหาค่าความแตกต่างของการเลือกอุปกรณ์สำหรับระบบการแพร่กระจายที่ใช้ในการส่งข้อความระหว่างสถานีในโครงสร้างเครือข่ายแลนไร้สาย การใช้งานของสถานีในแบบส่วนตัวด้วยบริดจ์หรือเกตเวย์ที่เชื่อมต่อด้วยสายจะถูกนำมาพุดด้วย คำสำคัญ – 802.11, แลนไร้สาย, WLAN, การจัดการเครื่องลูกข่าย, การ roaming, โปรโตคอลของจุดเชื่อมต่อภายใน, IAPP

Abstract

The IEEE 802.11 wireless LAN standard specifies which messages shall be exchanged between an access point and a station to support mobility. However, the implementation of mobility in the wired part of the network, i.e. the distribution system or inter-access point protocol, is not specified. This paper presents and evaluates different options for the implementation of the distribution system used to forward messages between stations in a wireless LAN infrastructure network. The usage of stations in ad hoc mode as bridges or gateways towards a wired LAN is also discussed.

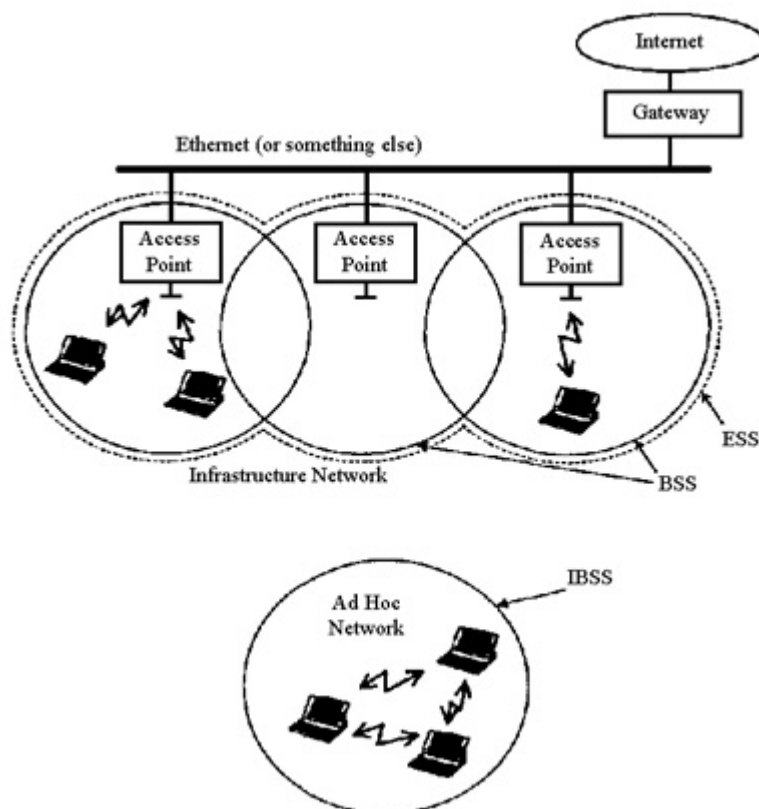
Keywords - 802.11, wireless local area network, WLAN, mobility management, roaming, inter-access point protocol, IAPP.

* นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์

1. บทนำ

เนื่องจากอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจายไม่ได้ถูกกำหนดในมาตรฐาน 802.11 จุดเชื่อมต่อ (access point) จากผู้ผลิตที่ต่างกันย่อมมีการทำงานที่ต่างกัน กลุ่ม IEEE 802.11 กำลังวางข้อกำหนดเช่น โพรโทคอล [1] H. Moelard และ M. Trompower ได้เขียนข้อเสนอของโปรโตคอลของจุดเชื่อมต่อภายในในรูปแบบของมาตรฐานอินเทอร์เน็ต [2] โพรโทคอลนี้จะถูกเพิ่มที่ส่วนบนสุดของ UDP/IP และจะใช้การมัลติแคสต์ IP ในการเชื่อมจุดเชื่อมต่อทั้งหมดเข้าด้วยกัน ข้อความที่บรรจุด้วยข้อมูลเส้นทาง (routing information) จะถูกมัลติแคสต์ไปเป็นระยะๆ ในบทความนี้ ระบบการแพร่กระจายจะหาได้ที่ [3] ซึ่งจะแสดงโปรโตคอลการจัดการเครื่องลูกข่ายที่มีความคิดมาจากโปรโตคอลเครือข่ายเซลลูลาร์ ในรูปแบบนี้ ทุกๆ สถานีจะต้องมีความเกี่ยวข้องกับจุดเชื่อมต่อตามบ้าน (home access point) โดยจะคอยติดตามพื้นที่ที่อยู่จากสถานีโรมมิ่ง เมื่อสถานีต้องการส่งเฟรมข้อมูลไปสถานีอื่นจะต้องถามจุดเชื่อมต่อตามบ้านของสถานีปลายทางจากจุดเชื่อมต่อโรมมิ่งไม่มีวิธีการที่จุดเชื่อมต่อตามบ้านจะรู้ข้อมูลของสถานีเองได้ ในเครือข่ายเซลลูลาร์ หมายเลขโทรศัพท์จะเป็นตัวให้ข้อมูลเหล่านี้ซึ่งการจัดการพื้นที่ของเครือข่ายเซลลูลาร์ไม่น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของเครือข่ายแลนไร้สายแบบแพ็กเก็ต (wireless LAN packet networks) ได้



รูปที่ 1. เครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐานและแบบส่วนตัว

มาตรฐานแลนไร้สาย IEEE 802.11 มีลักษณะการใช้งานพื้นฐานอยู่ 2 แบบ: เครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐาน (infrastructure) และ เครือข่ายแบบส่วนตัว (ad hoc network) ([4], [5], รูปที่ 1)

เครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐานหมายถึงการต่อขยายออกไปของสายแลนสู่เซลล์ไร้สาย เครื่องแล็ปท็อปสามารถที่จะถูกเคลื่อนย้ายจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งโดยที่ยังเข้าถึงทรัพยากรบนแลนได้ เซลล์หนึ่งเซลล์จะมีพื้นที่ครอบคลุมโดยใช้จุดเชื่อมต่อเรียกว่า *basic service set* (BSS) และกลุ่มของเซลล์ทั้งหมดของเครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐานเรียกว่า *extended service set* (ESS)

เครือข่ายแบบส่วนตัว หมายถึงการเชื่อมต่อซึ่งกันและกันแบบง่ายๆ ของเครื่อง laptop ที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน เช่น ในห้องประชุมที่ไม่ได้มีการเชื่อมต่อสู่แลน สถานีที่เชื่อมต่อซึ่งกันและกันแบบส่วนตัวจะเป็นไปในลักษณะ *independent basic service set* (IBSS)

ในหัวข้อต่อไปในเรื่องแรกจะเป็นเรื่องการเชื่อมต่อเครือข่ายใน 802.11 ที่อธิบายถึงส่วนประกอบทางลอจิกของเครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐาน ซึ่งจะแสดงและเปรียบเทียบข้อแตกต่างของอุปกรณ์ของระบบการแพร่กระจาย ในเรื่องหลังจะเป็นเรื่องอุปกรณ์ของเครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐานจะถูกใช้เป็นสถานีในเครือข่ายแบบส่วนตัวด้วย MAC bridges หรือ IP gateway โดยตัวอย่างต่างๆจะแสดงในส่วนที่ 6

2. การจัดการเครือข่ายในเครือข่ายแบบโครงสร้างพื้นฐาน

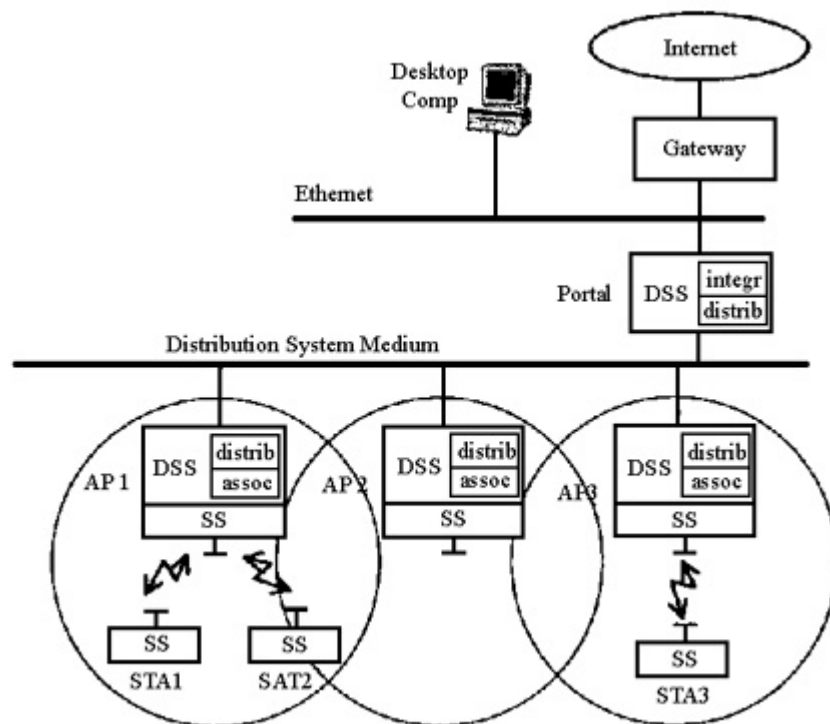
ในเครือข่ายคลื่นวิทยุแบบแพ็กเก็ต (packet radio network) จุดหมายของการจัดการเครือข่ายคือการหาเส้นทางของแพ็กเก็ตที่เข้ามาไปยังโนดเครือข่าย การจัดการเครือข่ายจะเป็นการเก็บเส้นทางที่ไปยังโนดเครือข่ายและดูแลการเชื่อมต่อหรือการส่งแพ็กเก็ต ในเครือข่ายแบบ connection oriented จะมีการเชื่อมต่อกันตลอดเวลาด้วย ATM (Asynchronous transfer mode) แบบไร้สาย และจะทำการเชื่อมต่อตรงไปยังพื้นที่ใหม่ของโนดเครือข่ายเสมอ [6] ในเครือข่ายแบบ connectionless เช่น 802.11 หรือ mobile IP ทุกๆ แพ็กเก็ตจะมีเส้นทางที่ผ่านโครงสร้างเครือข่ายไปยังโนดเครือข่ายที่ต่างกัน โนดของเครือข่ายไร้สายจะหาเส้นทางของแพ็กเก็ตจากเซลล์ไปยังโนดเครือข่ายโดยดูจากตารางเส้นทาง (routing tables) โดยตารางจะถูกปรับปรุงโดยขบวนการการจัดการพื้นที่ ในระบบ 802.11 ขบวนการการจัดการพื้นที่จะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลเส้นทางระหว่างจุดเชื่อมต่อกับ portal ดังคำอธิบายด้านล่าง

LOGICAL SERVICES

จุดเชื่อมต่อจะเชื่อมต่อภายในกับระบบการแพร่กระจายโดยสาย (หรือไร้สาย) ระบบการแพร่กระจายจะเชื่อมต่อกับสายแลนผ่าน portal

โดยทั่วไปจะมีโนดอยู่ 3 แบบ: โหนดที่ 1 สถานี (เครื่องแล็ปท็อป), โหนดที่ 2 จุดเชื่อมต่อ (*access point*) ซึ่งจะเชื่อมต่อเซลล์ไร้สายเข้ากับระบบการแพร่กระจาย และ โหนดที่ 3 *portal* ซึ่งจะต่อระบบการแพร่กระจายเข้ากับสายแลน (ดังรูปที่ 2) ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแลกเปลี่ยนผ่านจุดเชื่อมต่อ โดยทั่วไปอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจายจะใช้เทอร์เน็ตเป็นตัวส่งข้อมูล แต่อาจจะใช้ตัวกลางอื่นๆ ได้เช่นกัน

ความแตกต่างของส่วนประกอบของ 802.11 สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น *station service* (SS) และ *distribution system service* (DSS) โดยสถานีจะมี SS และ จุดเชื่อมต่อจะมี SS และ DSS ส่วน portal จะมี DSS



รูปที่ 2. โครงสร้างเครือข่าย – logical services

station service จะเป็นตัวหลักสำหรับการส่ง MAC service data units (MDSU) เช่นทำการส่งและรับข้อมูลผ่านอากาศโดยใช้โปรโตคอล MAC 802.11 หน้าที่อย่างอื่นของ station service คือ การรับรองกันระหว่างสถานีโดยใช้คีย์ลับและการเข้ารหัสข้อมูลที่ส่ง

ระบบการแพร่กระจายถูกประกอบเข้าด้วยกันโดย *distribution system medium* (DSM) และฟังก์ชัน *distribution system service* ซึ่งมีอยู่ในทุกจุดเชื่อมต่อและ portal ตามมาตรฐาน 802.11 ไม่ได้กำหนดวิธีการของระบบการแพร่กระจายคลื่นในการถ่ายโอนข้อมูลจากจุดเชื่อมต่อหรือ portal ต้นทางไปยังจุดเชื่อมต่อหรือ portal ปลายทางว่าเป็นแบบใด โดยจะมีการกำหนดเพียงโปรโตคอล *association* ซึ่งจะให้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะทำให้ระบบการแพร่กระจายทำงานได้ สรุป *association service* จะถูกใช้โดยสถานีโดยจะทำให้จุดเชื่อมต่อตอบสนองต่อข้อมูลที่ส่งไปให้, *distribution service* จะถูกใช้โดยจุดเชื่อมต่อหรือ portal ในการส่งข้อมูลสู่จุดเชื่อมต่อหรือ portal ที่ถูกต้องผ่านทาง *distribution system medium*, *integration service* จะถูกใช้โดย portal ในการทำงานภายในระหว่าง *distribution system medium* กับสายแลน

DSS ในจุดเชื่อมต่อจะเป็นการรวมของ *association service* และ *distribution service* ส่วน DSS ใน portal จะเป็นการรวมของ *distribution service* และ *integration service*

การทำงาน

ก่อนที่จะเข้าไปในรายละเอียดอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจาย หลักการทำงานของการทำงานการเคลื่อนย้ายสถานีในเครือข่ายโครงสร้าง 802.11 จะมีดังนี้:

A. Scanning: เมื่อสถานีเปิดใช้งานภายในพื้นที่ของจุดเชื่อมต่อ สถานีจะคอยจับสัญญาณ SSID ของเครือข่ายไร้สาย ที่สถานีต้องการจะเชื่อมต่อ

B. Association: สถานีจะส่งสัญญาณร้องขอเชื่อมต่อไปยังจุดเชื่อมต่อ เพื่อบอกให้จุดเชื่อมต่อให้รู้ว่ามีสถานีจะใช้บริการและรู้ถึง MAC address

C. Traffic: สถานีที่ 1 ในรูปที่ 2 จะส่งข้อความถึงสถานีที่ 3 ผ่านจุดเชื่อมต่อที่ 1 โดยมีรูปแบบเฟรมข้อมูลดังรูปที่ 3 (บน) ข้อความจะถูกรับโดยจุดเชื่อมต่อที่ 1 และจะหาเส้นทางไปยังจุดเชื่อมต่อที่ 3 โดยดูจากตารางเส้นทาง และจะส่งข้อความไปยังจุดเชื่อมต่อที่ 3 และจุดเชื่อมต่อที่ 3 จะส่งข้อความไปยังสถานีที่ 3 โดยรูปแบบดังรูปที่ 3 (ล่าง) ถ้าสถานีที่ 3 อยู่ใน BSS เดียวกับสถานีที่ 1 ข้อความจะถูกรับโดยจุดเชื่อมต่อและส่งไปหาสถานีที่ 3 อินพุตและเอาต์พุตจะใช้จุดเชื่อมต่อเดียวกัน

Data frame from the station to the access point (In the FrameControl: ToDS bit is 1, FromDS bit is 0):

Frame Control	Address 1	Address 2	Address 3	Sequ Control	Address 4	Frame Body	FCS
	BSSID (=MAC AP 1)	SA = MAC Station 1	DA = MAC Station 3		Not Used	0-2312 octets	

Data frame from the access point to the station (In the FrameControl: ToDS bit is 0, FromDS bit is 1):

Frame Control	Address 1	Address 2	Address 3	Sequ Control	Address 4	Frame Body	FCS
	DA = MAC Station 3	BSSID (=MAC AP 3)	SA = MAC Station 1		Not Used	0-2312 octets	

รูปที่ 3. MPDU – เฟรมข้อมูลของระบบการแพร่กระจาย

D. Mobility: เมื่อสถานีที่ 1 เคลื่อนที่จาก BSS1 ไปยัง BSS2 จะทำการส่ง reassociation message ที่ระบุ MAC address และบอกถึงจุดเชื่อมต่อที่ผ่านมา

E. Disassociation: เมื่อออกจากเครือข่าย (เช่น ปิดเครื่อง) สถานีจะส่งข้อมูล disassociation ไปที่จุดเชื่อมต่อ ข้อมูลดังกล่าวจะทำให้สถานีไม่สามารถทำงานในระบบได้

ทำไมต้องมีการส่งข้อมูลภายใน BSS ?

อาจจะมีคำถามว่า ทำไมเมื่อสถานี 1 ใน BSS 1 ส่งข้อมูลให้สถานี 2 ใน BSS 1 จึงต้องส่งผ่านจุดเชื่อมต่อ เหตุผลหลักคือเครื่องลูกข่ายจะสนับสนุนการส่งผ่าน BSS คือต้องมีการส่งผ่านชั้น logical link control (LLC) การติดต่อซึ่งกันและกันของ BSS (ส่วนประกอบของ ESS, รูปที่ 1) จะใช้สายอีเทอร์เน็ตหนึ่งเส้นต่อเข้ากับชั้น LLC สถานีส่งจะไม่รู้ว่าสถานีรับจะอยู่ใน BSS หรือไม่ แอดเดรสปลายทาง (แอดเดรสช่อง 1 ใน MAC frame) จะเป็นแอดเดรสของจุดเชื่อมต่อเสมอ และ แอดเดรสช่องที่ 3 จะเป็นแอดเดรสของสถานีปลายทาง จุดเชื่อมต่อจะตอบสนองการส่งแพ็กเก็ตเกิดในทุก BSS

นิยามของ BSS คือจุดเชื่อมต่อที่รวมกับสถานีทั้งหมดที่จุดเชื่อมต่อมองเห็น หลังจากการแก้ปัญหาเรื่องโนดที่มองไม่เห็นแล้ว สถานีทั้งหมดจะสามารถรับรู้ถึงจุดเชื่อมต่อหลังจากมีสัญญาณร้องขอการส่งหรือสัญญาณยกเลิกการส่ง ที่ส่งมาจากจุดเชื่อมต่อ

มาตรฐานสามารถที่จะแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับระดับของ MAC “proximity discovery protocol” ซึ่งมันจะยอมรับรู้การปิดของสถานีโดยตรงจากข้อมูลที่รับมา แต่สิ่งนี้จะเพิ่มความยุ่งยากซับซ้อนและทำให้เกิดปัญหาการมองไม่เห็นโนด

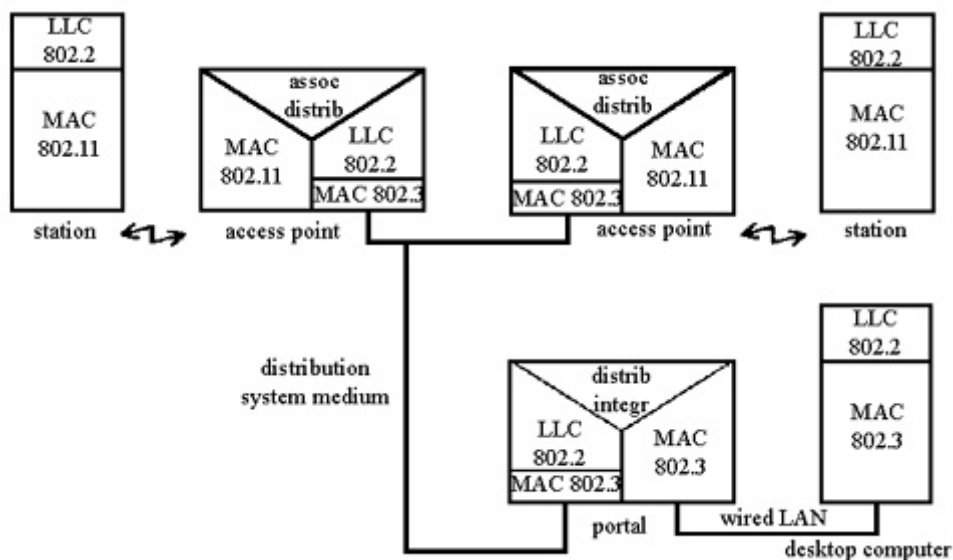
3. อุปกรณ์ของระบบการแพร่กระจาย

การทำงานของอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจายมีอยู่ 4 แบบ โดย 3 แบบแรกใช้ IEEE 802.11 MAC level addressing และอีกแบบหนึ่งจะใช้ network layer addressing

โดยปัญหาจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือการเลือกวิธีที่ส่งข้อมูลข้ามตัวกลางการแพร่กระจาย ส่วนที่สองคือการเลือกสัญญาณโปรโตคอลระหว่างจุดเชื่อมต่อและ portal โดยให้มีการอัปเดต routing tables ด้วย

แบบที่ 1: MAC Layer addressing – การใช้ DSM และสายแลนแยกกัน

การส่ง: แบบการเชื่อมต่ออีเทอร์เน็ตกับอุปกรณ์ DSM ที่นิยมมากที่สุดแสดงดังรูปที่ 4 สายอีเทอร์เน็ตที่ต่างกันสามารถเชื่อมต่อกันได้ด้วยรีพีตเตอร์หรือบริจ์ให้อยู่ในรูปแบบ DSM หลักการคือ DSM เป็นการบรอดแคสต์ผ่านตัวกลาง ซึ่งทุกๆ จุดเชื่อมต่อและ portal สามารถที่จะรับได้



รูปที่ 4. แบบที่ 1 – โปรโตคอลของอุปกรณ์ DSM ที่ใช้ MAC layer addressing และการใช้ DSM และสายแลนแยกกัน

เริ่มต้นด้วยการยอมให้มีการเรียกคืนสัญญาณ MAC service data unit (MSDU) และ MAC protocol data unit (MPDU) นิยาม: MSDU คือกลุ่มข้อมูลที่ถูกละเปลี่ยนโดย MAC ด้วยเลขที่

สูงกว่า MPDU คือ MAC frame ที่ส่งผ่านอากาศซึ่ง MSDU อาจจะถูกแบ่งเป็น MPDU หลายๆ MPDU เพื่อลดอัตราความผิดพลาดของเฟรมในอากาศ (frame error rate) ลง การแบ่งข้อมูลแบบนี้จะไม่มีผลกระทบต่อเส้นทางและจะไม่ถูกนำมาพิจารณาต่อไป

ตารางที่ 1

MAC Layer Routing Table

Destination MAC address	Next Node
802.11 MAC Addr. STA 1	→ Ethernet MAC Addr. AP 1
802.11 MAC Addr. STA 2	→ Ethernet MAC Addr. AP 2
802.11 MAC Addr. STA 3	→ Ethernet MAC Addr. AP 3
Eth. MAC Addr. Desktop Comp.	→ Ethernet MAC Addr. Portal

แต่ละจุดเชื่อมต่อจะมีตารางที่บอกถึงค่า 802.11 MAC address ของสถานีที่จะไปยัง Ethernet MAC address ของจุดเชื่อมต่อ ตามตำแหน่งในรูปที่ 2 ตารางของจุดเชื่อมต่อจะมีลักษณะเหมือนกับตารางที่ 1 สำหรับข้อมูลที่ส่งระหว่างสถานีที่ 1 และสถานีที่ 3 จุดเชื่อมต่อที่ 1 จะส่ง MSDU ให้แก่จุดเชื่อมต่อที่ 3 ที่ขนาดสูงสุดของ MSDU ใน 802.11 (2304 ไบต์ [4]) จะมีขนาดใหญ่กว่าขนาดสูงสุดของเฟรม 802.3 (1492 ไบต์ เมื่อใช้ SNAP header [7]) ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องแบ่ง MSDU ใน 802.11 ออกเป็นข้อมูลอีเทอร์เน็ต 2 ข้อมูล หมายเหตุ ในบทความนี้เราจะพิจารณาเฉพาะอีเทอร์เน็ต IEEE 802.3 ไม่ได้พิจารณาจากมาตรฐานอีเทอร์เน็ตแบบเดิมของ Xerox/Intel/Digital โดยโหนดที่รับข้อมูลมาจะทำการประกอบข้อมูล 2 ส่วนที่ตรงกันโดยจะไม่มีการประกอบกันหากข้อมูลนั้นมาจากต้นทางที่ต่างกัน การแลกเปลี่ยนสัญญาณที่มาจาก 2 ทางสามารถที่จะสร้างเป็นการเชื่อมต่อเดี่ยวแทนได้ แต่อาจทำให้เกิดการตีแย่งกันไม่เป็นที่ยอมรับได้ ทางออกที่ดีที่สุดคือจะมีการสุ่มเลือกหมายเลขการเชื่อมต่อของต้นทาง ดังนั้นจึงไม่มีทางเป็นไปได้ที่หมายเลขการเชื่อมต่อที่เหมือนกันจากต้นทางที่ต่างกัน 2 แหล่งจะมารวมกันที่ตัวรับสัญญาณได้ ทางเลือกในการกำหนดขนาดของ MSDU ที่มีขนาด 1476 ไบต์ในเครือข่าย 802.11 ให้เป็น MSDU คือรวมเข้ากับการเข้ารหัสตัวบ่งชี้ขนาด 8 ไบต์หรือรวม MAC address ต้นทางและปลายทางอย่างละ 4 ไบต์เพื่อให้มีขนาดพอดี 1492 ไบต์ของขนาด 802.3 ในหลายๆ ครั้งอาจเกิดข้อจำกัดเมื่อต้องการจะส่งข้อมูลข้ามกันระหว่างแลนไร้สายและแลน 802.3 (ดู [8]) ถ้าจุดเชื่อมต่อที่ 3 สามารถรับ MSDU ที่มาจากตัวกลางระบบการแพร่กระจาย มันจะสร้าง MPDU ด้วย address fields ดังแสดงในรูปที่ 3 และส่งผ่านอากาศไปสถานีที่ 3

สัญญาณ: สัญญาณการจัดการที่ตั้ง (location management signaling) จะมีหน้าที่ทำให้แต่ละโหนดจะรู้เส้นทางต่างๆ จาก MAC address ที่จุดเชื่อมต่อหรือ portal ส่งให้ เท่าที่สัญญาณจะสามารถส่งไปถึงได้

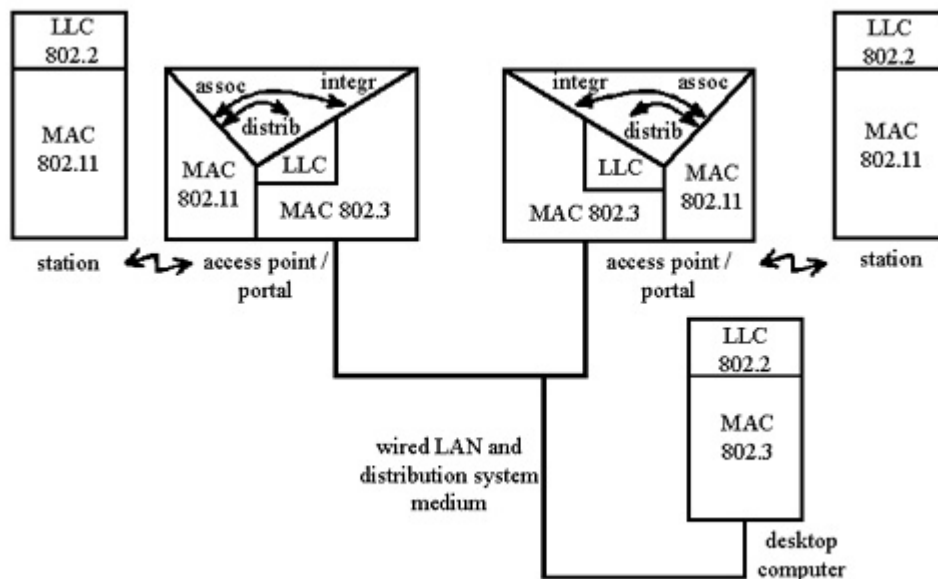
ข้อมูล *association* จะถูกส่งมาโดยสถานี เมื่อเข้ามาใน BSS แล้วจะให้จุดเชื่อมต่อเป็นตัวจัดการรายการของ MAC address ที่อยู่ใน BSS ซึ่งจุดเชื่อมต่อจะจำเป็นที่จะต้องดึงข้อมูลของ MAC address อื่นๆ ด้วย ปัญหาการไม่พบข้อมูลจะเกิดขึ้นกับจุดเชื่อมต่อได้ ซึ่งจะแก้ปัญหาดังกล่าวได้ด้วย ARP [9] ARP จะเลือกใช้การเรียนรู้แบบใดนามักเกี่ยวกับแอดเดรสแทนการกระจายส่งรายการออกไปเป็นระยะๆ ซึ่งมันเป็นเหตุผลที่ดี มันจะให้จุดเชื่อมต่อสร้างตารางเส้นทางที่เล็กที่สุด โดยการกระจายข้อมูล *routingRequest* ไปทุกๆ จุดเชื่อมต่อและ portal ในทุกครั้งที่ไม่พบ MAC address ในตารางเส้นทาง ถ้า MAC address ที่ใช้ติดต่อไปยังสถานีมีอยู่ใน BSS อื่น จุดเชื่อมต่อที่เกี่ยวข้องจะรับรู้และส่งสัญญาณ *routingReply* จุดเชื่อมต่ออื่นๆ อาจจะดึงข้อมูลเข้ามารวมในตารางเส้นทางได้เมื่อได้รับสัญญาณดังกล่าว ถ้า MAC address ปลายทางเป็นของคอมพิวเตอร์ที่อยู่บนแลนมัยสาย portal อาจจะรับรู้และทำการส่ง *routingReply* ไปให้ ถ้า portal ไม่รู้จะไม่ส่ง ภายหลังจากเวลา *time-out* แล้ว สัญญาณร้องขอจากจุดเชื่อมต่อจะถูกส่งตรงไปยัง portal ซึ่งถือว่า MAC address นั้นจะอยู่บนแลน

เมื่อสถานีเคลื่อนที่ออกจาก BSS หนึ่งไปสู่ BSS อื่น จุดเชื่อมต่อจะทำการส่งสัญญาณ *routingNotification* ไปให้จุดเชื่อมต่ออื่นเพื่อนำไปปรับปรุงตารางเส้นทางของแต่ละจุด สัญญาณ *routingConfirmation* จะถูกส่งกลับไปจุดเชื่อมต่อตัวเก่า การยืนยันนี้แสดงว่าจุดเชื่อมต่อตัวเก่าจะทำการโอนเส้นทางข้อมูลไปที่จุดเชื่อมต่อตัวใหม่ ในกรณีที่จุดเชื่อมต่ออีกตัวไม่สามารถรับสัญญาณ *routingNotification* ได้ ถ้าจุดเชื่อมต่อตัวเก่ายังได้รับข้อมูลหลังจากโอนไปแล้ว มันจะส่งสัญญาณ *routingNotification* ไปยังจุดเชื่อมต่อหรือ portal ที่ผิดไปยังตำแหน่งที่ถูก

แบบที่ 2: MAC Layer addressing – การใช้ DSM และสายแลนร่วมกัน

เราสามารถที่จะเลือกใส่ฟังก์ชันของ portal ลงในจุดเชื่อมต่อทุกตัว ดังแสดงในรูปที่ 5 จากรูปแสดงว่าระบบการแพร่กระจายจะใช้บางส่วนของแลนมัยสายเป็นเครือข่ายฟิสิกอล

ในกรณีนี้ถ้าฟังก์ชันรวมเป็นแบบ *non-filtering bridge* มันจะไม่สามารถส่งทุกๆ เฟรมข้อมูล 802.3 MAC ที่รับมาไปยัง ESS ได้ทั้งหมด แต่จะส่งได้เฉพาะเฟรม 802.3 MAC ที่ไม่ได้บรรจุข้อมูลระบบการแพร่กระจายและจะส่งไปได้เฉพาะ BSS ของมันเท่านั้น หรือจะเกิดทราฟฟิกปริมาณมหาศาลขึ้น ทราฟฟิกของระบบการแพร่กระจายสามารถที่จะเก็บได้ในเฮดเดอร์ใน LLC ขึ้นอยู่กับแต่ละโปรโตคอล ถ้าข้อมูลถูกเก็บเป็นข้อมูลระบบการแพร่กระจาย ไดรเวอร์อีเทอร์เน็ตจะทำการส่งข้อมูลไปที่ชั้นซอฟต์แวร์ของระบบการแพร่กระจาย ถ้าเฮดเดอร์ LLC ส่งไปที่อื่นไดรเวอร์อีเทอร์เน็ตจะทำการส่งกลับไปที่ซอฟต์แวร์รวม ซึ่งจะส่งกลับมารูป 802.11 BSS รวมทั้งเฮดเดอร์ LLC ด้วย ฟังก์ชัน portal ที่อยู่ในจุดเชื่อมต่อจะควบคุมการส่งเฟรมไปบน DSM ในกรณีที่มี portal เดียวเฟรมทั้งหมดจากแลนจะส่งไปทางไปทาง ESS ซึ่งมันจะช่วยลดปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดบนแลนได้



รูปที่ 5. แบบที่ 2 - โพรโตคอลของอุปกรณ์ DSM ที่ใช้ MAC layer addressing และการใช้ DSM และสายแลนร่วมกัน

โพรโตคอลของสัญญาณระหว่างจุดเชื่อมต่อจะยังคงเหมือนกับในแบบที่ 1

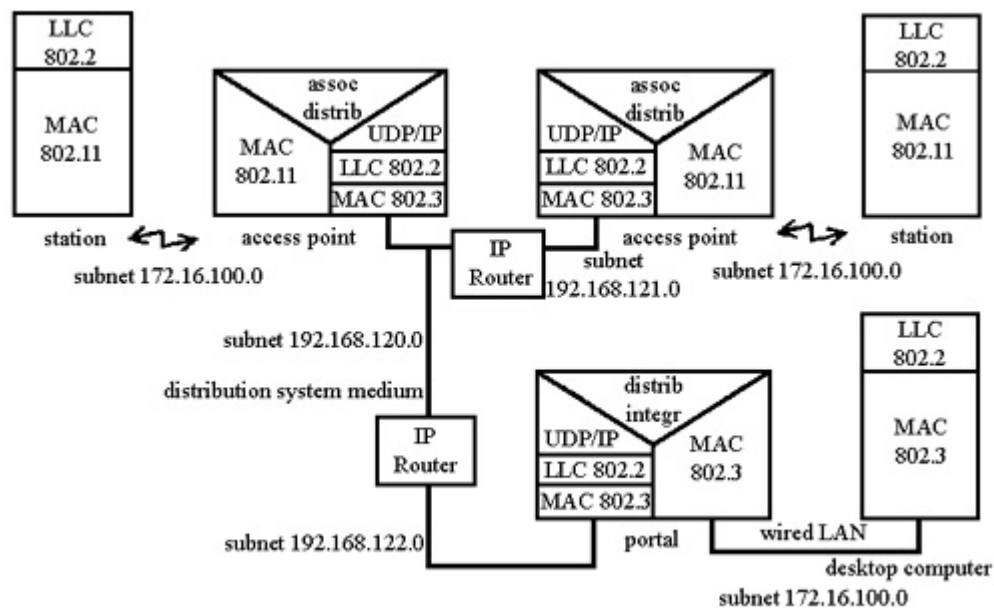
แบบที่ 3: MAC Layer addressing – MAC Bridge

ถ้าเราสามารถยอมรับการลดขนาดของ MSDU ในเครือข่าย 802.11 เป็น 1476 ไบต์ได้ มันก็จะเป็นการแก้ปัญหาที่ง่ายมากสำหรับอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจายที่ใช้กันอยู่ แต่ละจุดเชื่อมต่อจะมีตัวกรอง (filtering) ต่ออยู่ระหว่าง BSS และสายแลนอีเทอร์เน็ต โดยไม่มีความต้องการใช้สัญญาณการจัดการที่ตั้ง (location management signaling) ลักษณะของตัวกรองจะมีความสำคัญมากในการป้องกัน BSS โอเวอร์โหลดจากทราฟฟิก ตารางการกรองจะควบคุมการใช้ข้อมูลร่วมกัน ข้อมูลที่ถูกส่งโดยสถานีไร้สายไปที่คอมพิวเตอร์ (เดสก์ท็อปหรือสถานีไร้สาย) ด้านนอกของ BSS จะถูกส่งไปทางอีเทอร์เน็ต ถ้าตัวกรองของจุดเชื่อมต่อนั้นมี MAC address ปลายทางเหมือนกับ BSS มันจะถูกส่งไปในเซลล์ 802.11

แบบที่ 4: Network Layer Addressing

จุดเชื่อมต่อทั้งหมดที่ต่อเข้ากับตัวกลางชนิดเดียวกันที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของจุดเชื่อมต่อ มันเป็นไปได้ที่จะใช้ network layer addressing ภายใน DSM ดังแสดงในรูปที่ 6 มันจะยอมให้มีการจัดการที่ตั้ง (location management) และโพรโตคอลการส่งเหมือนในแบบที่ 1 บน IP network ในแลนหลายๆ วงที่เชื่อมต่อกันโดยเราเตอร์ สิ่งที่แตกต่างกันกับอุปกรณ์ของระบบการแพร่กระจายในแบบที่ 1 คือ DSM จะไม่ทำการบรอดแคสต์อย่างมากมาย ข้อมูลสัญญาณเส้นทางจากจุดเชื่อมต่อหนึ่งจุดหรือ portal จะไม่สามารถที่จะทำการบรอดแคสต์ไปทุกๆ จุดเชื่อมต่อหรือไปที่ portal ได้งานนัก ดังนั้น ข้อมูลจึงต้อง

ทำการมัลติแคสต์และจุดเชื่อมต่อทั้งหมดและ portal จะต้องรู้ IP address ของแต่ละจุดเชื่อมต่อและ portal และจะมีโปรโตคอลเสริมมาช่วยให้สามารถทำงานได้ ตัวอย่าง portal จะทำหน้าที่ดังเช่น เซิร์ฟเวอร์ ให้ทุกๆ จุดเชื่อมต่อต้องแสดงตัวออกมาโดยแต่ละจุดเชื่อมต่อจะส่ง MAC address ของสถานีที่อยู่ภายใน BSS ของมัน โดยใช้ข้อมูล routingNotification เมื่อจุดเชื่อมต่อไม่สามารถค้นหา MAC address ในตารางเส้นทางของมันเองได้ มันจะส่ง routingRequest ไปที่เซิร์ฟเวอร์ โดยเซิร์ฟเวอร์จะรู้ว่า MAC address นั้นมีอยู่ใน BSS ใดและเซิร์ฟเวอร์จะส่งข้อมูล routingReply กลับไปบอกจุดเชื่อมต่อต่างๆ ถ้ามี MAC address ที่ไม่ได้เป็นของสถานีใดๆ มันจะถือว่า MAC address นั้นอยู่บนแลน และข้อมูล routingReply จะระบุข้อมูลของ portal แทน เมื่อสถานีถูกเคลื่อนย้ายไปสู่ BSS อื่น จุดเชื่อมต่อที่เป็น BSS ตัวใหม่จะต้องแจ้งให้จุดเชื่อมต่อตัวอื่นๆ ทั้งหมดรู้การเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะทำให้ได้โดยการส่งข้อมูล routingNotification ไปที่เซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเซิร์ฟเวอร์จะทำการมัลติแคสต์ข้อมูลดังกล่าวไปยังจุดเชื่อมต่อทั้งหมด ด้วยวิธีการดังกล่าวจะมีเซิร์ฟเวอร์ตัวเดียวเท่านั้นที่จะรู้รายชื่อ IP address ของจุดเชื่อมต่อทั้งหมด วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวจะแก้ไขโดยใช้ ARP ใน IP บน ATM [10] ซึ่งจะไม่มีการบรอดแคสต์ด้วยเหมือนกัน



รูปที่ 6. โปรโตคอลของอุปกรณ์ DSM ที่ใช้ network layer addressing

ตารางเส้นทางของแต่ละจุดเชื่อมต่อมีลักษณะเหมือนกับในแบบที่ 1 และแสดงดังตารางที่ 2 ขนาดสูงสุดของ IP แพ็กเก็ตจะเท่ากับ 65 กิโลไบต์ มันสามารถที่จะบรรจุ MSDU ที่ขนาดสูงสุดโดยไม่มีการแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ

แอปพลิเคชันที่น่าสนใจของระบบการแพร่กระจายแบบ IP layer จะเป็นการสร้าง virtual private network กับเซลล์ที่กระจายอยู่ในโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อภายในที่ต่างกันโดยอินเทอร์เน็ต เซลล์ทั้งหมดจะ

พบได้ในชั้นเน็ตเดียวกัน และที่ทรัพยากรเดียวกัน (อีเมล, ไฟล์และแอปพลิเคชันเซิร์ฟเวอร์, ไฟล์วอลล์) จะหาได้ในเซลเหล่านี้ ในกรณีนี้ ที่ซึ่งจุดเชื่อมต่ออยู่ในชั้นเน็ตต่างกัน มันควรจะถูกระบุที่ portal เดียวเท่านั้น ฟังก์ชัน portal ที่อยู่ในแต่ละจุดเชื่อมต่อจะแปลงทราฟฟิกบรอดแคสต์ของทุกๆ ชั้นเน็ตที่ต่างกันให้เป็น ESS ไร้สาย

ตารางที่ 2

Network Layer Routing Table

Destination MAC address	Next Node
802.11 MAC Addr. STA 1	→ IP Addr. AP 1
802.11 MAC Addr. STA 2	→ IP Addr. AP 2
802.11 MAC Addr. STA 3	→ IP Addr. AP 3
Eth. MAC Addr. Desktop Computer	→ IP Addr. Portal

ในโครงสร้างเครือข่าย การแลกเปลี่ยนกันของทราฟฟิก IP ระหว่างเดสก์ท็อปคอมพิวเตอร์และสถานีจะเป็นไปตามนี้:

เราจะถือว่าสถานีและเดสก์ท็อปทั้งหมดจะอยู่ใน IP subnet เดียวกัน เชื่อมต่อผ่านอินเทอร์เน็ต ในการทำงาน เดสก์ท็อปคอมพิวเตอร์จะส่ง IP packets ไปยังแล็ปท็อปซึ่งเคลื่อนที่จาก BSS1 ไป BSS2 ฟังก์ชันเซิร์ฟเวอร์จะมีอยู่ใน portal เมื่อเดสก์ท็อปคอมพิวเตอร์ต้องการจะส่ง IP packet ตัวแรกไปสู่แล็ปท็อป มันจะมองหา MAC address ที่ตรงกันโดยการบรอดแคสต์คำถาม “ใครมี IP address 10.140.150.51” (ARP Request) โดย ARP request จะถูกบรอดแคสต์ข้อมูลโดยจะถูกส่งโดย portal ไปทุกๆ จุดเชื่อมต่อ ซึ่งจะถูกระบุส่งต่อไปในแต่ละ BSS แล็ปท็อปจะรับรู้สถานะอยู่ใน BSS1 และจะส่ง ARP reply ผ่านจุดเชื่อมต่อ1 ด้วย MAC address ปลายทางของเดสก์ท็อปคอมพิวเตอร์ จุดเชื่อมต่อ1 จะส่งข้อมูล routingRequest ไปบอกที่ portal ว่าสามารถติดต่อกับ MAC address ที่ให้มาได้แล้ว portal จะตอบกลับด้วยการส่ง routingNotification ว่าให้ทำการส่งข้อมูลไปที่ MAC address ปลายทางบนเครือข่ายมีสาย จุดเชื่อมต่อ1 จะส่ง ARP reply ไปที่ portal ซึ่งจะส่งต่อไปบนสายแลน เดสก์ท็อปคอมพิวเตอร์จะส่งข้อความทั้งหลายไปยังแล็ปท็อปทางสายแลนโดยใช้ 802.11 MAC address ของแล็ปท็อปเป็นแอดเดรสปลายทาง โดยที่ portal จะรู้ MAC address ที่อยู่ในเครือข่ายไร้สาย โดยมันจะรับข้อมูลและส่งต่อไปยังจุดเชื่อมต่อ1 เมื่อแล็ปท็อปเคลื่อนที่ไปสู่ BSS อื่น จุดเชื่อมต่อตัวใหม่จะแจ้งให้ portal และจุดเชื่อมต่ออื่นๆ รู้การเปลี่ยนแปลงโดยส่งข้อมูล routingNotification ไปที่ portal

4. โครงสร้างเครือข่ายแบบส่วนตัว (Ad Hoc Network)

ในเครือข่ายแบบส่วนตัว ทุกๆ สถานีสามารถที่จะติดต่อกับทุกๆ สถานีโดยส่ง MAC frame ดังรูปที่ 7 ความยุ่งยากในการใช้งานจะมีเพียงอย่างเดียวคือการใช้บริการสถานี ซึ่งจะประกอบไปด้วย MSDU delivery, การเลือกการรับรองและการเลือกการเข้ารหัส

Frame Control	Duration ID	Address 1 DA = MAC Station 3	Address 2 SA = MAC Station 1	Address 3 BSSID	Sequence Control	Address 4 Not Used	Frame Body 0-2312 octets	FCS
---------------	-------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------	------------------	-----------------------	-----------------------------	-----

รูปที่ 7. MPDU ระหว่างสถานีในเครือข่ายแบบส่วนตัว (ในเฟรมคอนโทรล:

ไป DS บิต = 0, มาจาก DS บิต = 0)

แม้ว่ารายละเอียดจะไม่ใช่ไปตามมาตรฐาน 802.11 มันก็เป็นไปได้ที่จะติดตั้งสถานีที่มีอินเตอร์เฟซอีเทอร์เน็ตและอินเตอร์เฟซ 802.11 เหมือนกับที่จุดเชื่อมต่อต่อ IBSS เข้ากับโครงข่ายแบบมีสาย เหตุผลที่มีการใช้สถานีในโหมดส่วนตัวเป็นจุดเชื่อมต่อแทนจุดเชื่อมต่อของจริง เนื่องจากซอร์สโค้ดในวงจะใช้ไครเวอร์ของสถานี ไม่ได้ใช้ไครเวอร์ของจุดเชื่อมต่อ ตัวอย่าง ไครเวอร์การ์ด 802.11 ที่รองรับการทำงานของลินุกซ์สามารถใช้งานได้โหมดส่วนตัว [11] ดังนั้น จุดเชื่อมต่อแบบส่วนตัวจะมีจุดประสงค์การใช้งานในด้านการวิจัยทดสอบโปรโตคอลมากกว่าที่จะเป็นการติดตั้งเครือข่ายไร้สายของจริง เนื่องจากจะไม่มีส่วนที่ดูแลความถี่ที่ใช้ ที่ทำให้แต่ละเซลล์จะต้องใช้ความถี่เดียวกัน การคอนฟิกสถานีจะมีอยู่หลายแบบตามตัวอย่าง :

Ad Hoc MAC Bridge: ถ้าสถานีทำการเชื่อมต่อทราฟฟิกระหว่างอินเตอร์เฟซอีเทอร์เน็ตและอินเตอร์เฟซ 802.11 มันจะเหมือนเป็นจุดเชื่อมต่อที่มีข้อจำกัดคือ: ไม่เป็นระบบการแพร่กระจาย ขนาดสูงสุดของ MSDN จะต้องใส่ลงในส่วนเก็บข้อมูลของเฟรมอีเทอร์เน็ตได้พอดี ด้วยเหตุที่มันไม่มีความสามารถในการเลือกความถี่ของการใช้งานของทุกๆ เครื่องได้ จึงต้องมีการกำหนดความถี่ก่อนการใช้งาน เซลล์ที่อยู่ใกล้เคียงที่ใช้ความถี่เดียวกันอาจจะทำให้เกิดเป็นลูปปิดได้ ข้อสังเกต การเชื่อมต่อแบบบริดจ์และ IBSS จะไม่สามารถใช้งานได้กับมาตรฐาน MAC Bridge [8]

Ad Hoc IP Forwarder: การคอนฟิกสถานีให้เป็นแบบการส่งแบบใช้ IP โดยจะเป็นการใช้ชั้น IP ของระบบปฏิบัติการรวมทั้งฟังก์ชันเครือข่ายที่มีอยู่ทั้งหมด (network address translation, firewall) ให้เป็นประโยชน์ ปัญหาของการส่งแบบใช้ IP คืออินเตอร์เฟซของทั้งสองเครือข่ายจะต้องอยู่คนละชั้นเน็ตกัน ด้วยเหตุนี้โหนดลูกข่ายจะต้องรู้ IP address ของอินเตอร์เฟซ 802.11 ของ Ad Hoc IP Forwarder และคอนฟิกระบบปฏิบัติการให้ใช้มันเป็นเกตเวย์

Proxy ARP or NAT/DHCP: ในขณะที่มีการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ใหม่ในเครื่องลูกข่ายแล็ปท็อปของแต่ละเซลล์ใหม่นั้น การส่งแบบ IP จะถูกทำงานแทนโดย proxy ARP server โดยการทำสถานีไร้สายด้วยสถานีบนอีเทอร์เน็ต อีกวิธีหนึ่งคือการใช้ network address translation (NAT) คู่กับ DHCP server

อย่างไรก็ตามข้อเสียของการใช้ IP ทุกประเภท (IP forwarding, Proxy ARP, NAT/DHCP) ก็จะไม่รองรับการทำงานของ AppleTalk และ NetBUI

5. บทสรุป

วิธีการต่างจะแสดงข้อแตกต่างของอุปกรณ์หลักของเครือข่ายไร้สาย 802.11 ในการใช้อีเทอร์เน็ตเป็นแบ็กโบนวิธีที่ดีที่สุดของอุปกรณ์ระบบการแพร่กระจายคือการใช้ MAC layer addressing และการทำงานร่วมกันของจุดเชื่อมต่อและ portal (แบบที่ 2) ถ้าขนาดสูงสุดของ MSDU ใน 802.11 สามารถลดขนาดลงมาถึง 1476 ไบต์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดขนาดคือ filtering MAC bridge ในแบบอื่นๆ การใช้ network layer addressing จะทำให้เกิดผลกระทบมากมายกับโครงสร้างของเครือข่ายแบ็กโบน ผลกระทบจะเกิดขึ้นเมื่อมีการติดตั้งข่ายงานเฉพาะที่ไร้สายขนาดใหญ่ ในแบบที่ 4 ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบกับโปรโตคอล IAPP [2] การทำงานในแบบที่ 4 จะมีข้อดีจากการที่ไม่ต้องทำการมัลติแคสต์ IP และไม่ต้องทำการมัลติแคสต์เพื่อสร้างตารางเส้นทาง

เอกสารอ้างอิง

- [1] IEEE 802.11, IAPP Project Authorization Request, "Recommended Practices for Multi-Vendor Access Point Interoperability via Inter-Access Point Protocol across Distribution Systems supporting IEEE P802.11 operation", November 1999.
<http://www.ieee802.org/11/PARs/9275-rl-8W-PAR-and-5-CrilCTia-IAPPpdf>
- [2] Henri Moelard, Michael Trompower, "Inter Access Point Protocol". Internet Draft Standard, March 1998
- [3] W.K. Kuo. C.Y. Chan. K.C. Chen, "Time Bounded Services and Mobility Management in IEEE 802.11 Wireless LANs", IEEE International Conference on Personal Wireless Communications 1997- ICPWC'97. Mumbai (Bombay), India, p. 157-161.
- [4] IEEE P802.11/D10, Draft Standard, "Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications." 14 January 1999.
- [5] IEEE 802.11 "Wireless Local Area Networks", IEEE Communications Magazine, September 1997, p. 116-126.

- [6] Ender Ayanoglu, et al, "Mobile Information Infrastructure", Bell Labs Technical Journal, Autumn 1996, <http://www.luccnl.com/ideas/perspeclives/bltj>
- [7] J. Postel, J. Reynolds, RFC-1042. "A Standard for the Transmission of IP Datagrams over IEEE 802 Networks". February 1998.
- [8] IEEE Std 802. ID, 1998 Edition, "Media Access Control (MAC) Bridges".
- [9] D. C. Plummer. RFC-826, "An Ethernet Address Resolution Protocol", November 1982.
- [10] M. Laubach. J. Halpern, RFC-2225, "Classical IP and ARP over ATM". April 1998.
- [11] Jean Tourrilhes, "The devices, the drivers. The who's who of Wireless LANs under Linux", 6 March 2000. <http://www.hpl.hp.com/personal/Jean^Tounrilhes/LinuK/Linux.Wireless-drivers.html>