

## ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs)

### บทนำ

1. ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs)
2. รูปแบบการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย
  - 2.1 Peer to Peer (ad-hoc mode)
  - 2.2 Client/sever (Infrastructure mode)
  - 2.3 Multiple access points and roaming
  - 2.4 Use of an Extension Point
  - 2.5 The Use of Directional Antennas
3. มาตรฐาน Wireless LANs
  - 3.1 มาตรฐาน IEEE 802.11
  - 3.2 มาตรฐาน IEEE 802.11b
  - 3.3 มาตรฐาน IEEE 802.11a
  - 3.4 มาตรฐาน IEEE 802.11g
4. Wireless LANs Technology
  - 4.1 Narrow band Technology
  - 4.2 Spread spectrum Technology
  - 4.3 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
  - 4.4 Frequency-Hopping Spread Spectrum (FHSS)
  - 4.5 Orthogonal Frequency Division Multiplex
  - 4.6 Infrared Technology
5. ความปลอดภัยระบบเครือข่าย (Wireless LANs Security)
6. เครื่องมือและอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs adaptor and Applications)
  - 6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อเครือข่ายไร้สาย
    - 6.1.1 LAN Adapters
    - 6.1.2 Wireless access point
    - 6.1.3 Outdoor Wireless bridge
  - 6.2 การเลือกซื้ออุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย
7. แนวโน้มของระบบเครือข่ายไร้สายในอนาคต
8. บทสรุป

## บทนำ

ปัจจุบันนี้การใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง ในองค์กร หรือหน่วยงานต่างๆ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่มีใช้ด้วยกันเป็นที่แพร่หลายมีอยู่สองประเภทใหญ่ๆ คือระบบเครือข่ายบริเวณเฉพาะที่ (Local Area Network หรือ LAN) และ ระบบเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network หรือ WAN) ซึ่งส่วนมากจะนิยมใช้สายเคเบิลแบบ UPS CAT5 (Unshielded Twisted Pair Category 5) ในการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน แต่แนวโน้มในการพัฒนาเทคโนโลยี ทางด้านเครือข่ายเป็นไปอย่างรวดเร็วและไม่หยุดยั้ง และในปัจจุบันได้มีสื่อใหม่ที่เชื่อมโยงคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันโดยไม่ใช้สายเคเบิล หรือที่เรียกกันว่าระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN) เป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมและเป็นเป้าหมายที่น่าสนใจเป็นอย่างมากในยุคนี้

โดยทั่วไปเทคโนโลยีไร้สาย (Wireless Technology) สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. เครือข่ายไร้สายระยะใกล้หรือเครือข่ายส่วนบุคคล (Short- Range Wireless Network or Personal Area Networks)
2. เครือข่ายไร้สายเฉพาะบริเวณ (Wireless LAN)
3. ระบบไร้สายแบบเข้าถึงประจำที่ (Fixed-Access Wireless System)
4. เครือข่ายไร้สายบริเวณกว้าง (Wireless WAN)

## ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN)

ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LANs) เกิดขึ้นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1971 บนเกาะฮาวาย โดยโปรเจกต์ของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยฮาวาย ที่ชื่อว่า "ALOHNET" ขณะนั้นลักษณะการส่งข้อมูลเป็นแบบ Bi-directional ส่งไป-กลับง่าย ๆ ผ่านคลื่นวิทยุ สื่อสารกันระหว่างคอมพิวเตอร์ 7 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่บนเกาะ 4 เกาะโดยรอบ และมีศูนย์กลางการเชื่อมต่ออยู่ที่เกาะหนึ่ง ที่ชื่อว่า Oahu

ระบบเครือข่ายไร้สาย (WLAN = Wireless Local Area Network) คือ ระบบการสื่อสารข้อมูลที่มีความคล่องตัวมาก ซึ่งอาจจะนำมาใช้ทดแทนหรือเพิ่มต่อกับระบบเครือข่ายแลนไร้สายแบบดั้งเดิม โดยใช้การส่งคลื่นความถี่วิทยุในย่านวิทยุ RF และ คลื่นอินฟราเรด ในการรับและส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ผ่านอากาศ, ทะลุมิติแสง, เพดานหรือสิ่งก่อสร้างอื่นๆ โดยปราศจากความต้องการของการเดินสาย นอกจากนี้ระบบเครือข่ายไร้สายก็ยังมีคุณสมบัติครอบคลุมทุกอย่างเหมือนกับระบบ LAN แบบใช้สาย

ที่สำคัญก็คือ การที่มันไม่ต้องใช้สายทำให้การเคลื่อนย้ายการใช้งานทำได้โดยสะดวก ไม่เหมือนระบบ LAN แบบใช้สาย ที่ต้องใช้เวลาและการลงทุนในการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันนี้ โลกของเราเป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสาร เทคโนโลยีต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินธุรกิจและการใช้ชีวิตประจำวัน ความต้องการข้อมูลและการบริการต่างๆ มีความจำเป็นสำหรับนักธุรกิจ เทคโนโลยีที่สนองต่อความต้องการเหล่านั้น มีมากมาย เช่น โทรศัพท์มือถือ เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุค เครื่องปาร์ม ได้ถูกนำมาใช้เป็นอย่างมากและ ผู้ที่นำจะได้ประโยชน์จากการใช้ ระบบเครือข่ายไร้สาย มีมากมายไม่ว่าจะเป็น

- หมอหรือพยาบาลใน โรงพยาบาล เพราะสามารถดึงข้อมูลมารักษาผู้ป่วยได้จาก เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุค ที่เชื่อมต่อกับ ระบบเครือข่ายไร้สายได้ทันที

- นักศึกษาในมหาวิทยาลัยก็สามารถใช้งาน โน้ตบุคเพื่อค้นคว้าข้อมูลในห้องสมุดของมหาวิทยาลัย หรือใช้อินเตอร์เน็ต จากสนามหญ้าในมหาวิทยาลัยได้

- นักธุรกิจที่มีความจำเป็นต้องใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์นอกสถานที่ที่ทำงานปกติ ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนองานยังบริษัทลูกค้า หรือการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ติดตัวไปงานประชุมสัมมนาต่างๆ บุคคลเหล่านี้มีความจำเป็นที่จะต้องเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะ เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขององค์กรซึ่งอยู่ห่างออกไปหรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์สาธารณะ เช่นเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายจึงน่าจะอำนวยความสะดวกให้กับบุคคลเหล่านี้ได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการเปิดให้บริการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย ตามสนามบินใหญ่ทั่วโลก และนำมาใช้งานแพร่หลายในห้างสรรพสินค้า และ โรงแรมต่างๆแล้ว

## ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

1. mobility improves productivity & service มีความคล่องตัวสูง ดังนั้นไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่ไปที่ไหน หรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ก็ยังมีการเชื่อมต่อ กับเครือข่ายตลอดเวลา トラバクルที่ขังอยู่ในระหว่างการส่งข้อมูล
2. installation speed and simplicity สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว เพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิล และไม่รกรุงรัง
3. installation flexibility สามารถขยายระบบเครือข่ายได้ง่าย เพราะเพียงแค่มิ พีซีการ์ดมาต่อเข้ากับโน้ตบุ๊ก หรือพีซี ก็เข้าสู่เครือข่ายได้ทันที
4. reduced cost-of-ownership ลดค่าใช้จ่ายโดยรวม ที่ผู้ลงทุนต้องลงทุน ซึ่งมีราคาสูง เพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษา และการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่า เนื่องด้วยความสะดวกในการติดตั้ง
5. scalability เครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยาก เพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งาน โดยเฉพาะระบบที่มีการเชื่อมระหว่างจุดต่อจุด เช่น ระหว่างตึก

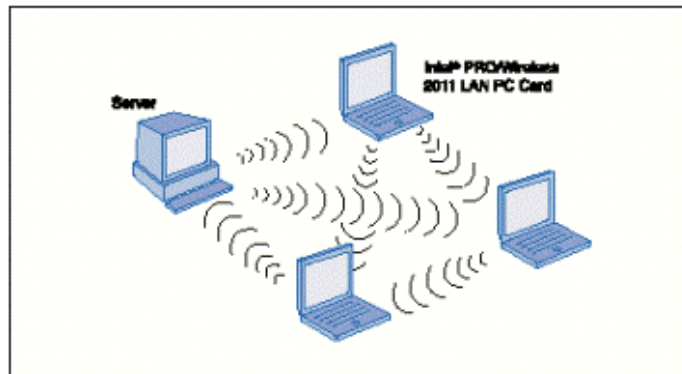
## รูปแบบและการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย

ระบบเครือข่ายไร้สาย เป็นระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก ที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไม่มากนัก และมักจำกัดอยู่ในอาคารหลังเดียวหรืออาคารในละแวกเดียวกัน การใช้งานที่น่าสนใจที่สุดของเครือข่ายไร้สายก็คือ ความสะดวกสบายที่ไม่ต้องติดอยู่กับที่ ผู้ใช้สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยที่ยังสื่อสารอยู่ในระบบเครือข่าย

### รูปแบบการเชื่อมต่อของระบบเครือข่ายไร้สาย

#### 2.1 Peer-to-peer ( ad hoc mode )

รูปแบบการเชื่อมต่อระบบแลนไร้สายแบบ Peer to Peer เป็นลักษณะ การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรงระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 เครื่องหรือมากกว่านั้น เป็นการใช้งานร่วมกันของ wireless adapter cards โดยไม่ได้มีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายแบบใช้สายเลย โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีความเท่าเทียมกัน สามารถทำงานของตนเองได้และขอใช้บริการเครื่องอื่นได้ เหมาะสำหรับการนำมาใช้งานเพื่อจุดประสงค์ในด้านความรวดเร็วหรือติดตั้งได้โดยง่ายเมื่อไม่มีโครงสร้างพื้นฐานที่จะรองรับ ยกตัวอย่างเช่น ในศูนย์ประชุม, หรือการประชุมที่จัดขึ้นนอกสถานที่

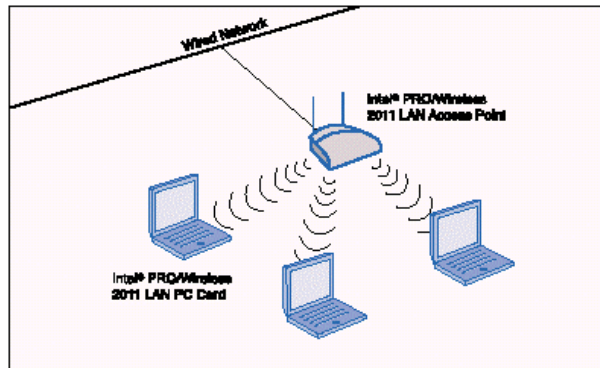


ภาพที่ 1 แสดงการทำงานแบบ Ac hoc mode

#### 2.2 Client/server (Infrastructure mode)

ระบบเครือข่ายไร้สายแบบ Client / server หรือ Infrastructure mode เป็นลักษณะการรับส่งข้อมูลโดยอาศัย Access Point (AP) หรือเรียกว่า “Hot spot” ทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างระบบเครือข่ายแบบใช้สายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (client) โดยจะกระจายสัญญาณคลื่นวิทยุเพื่อ รับ-ส่งข้อมูลเป็นรัศมีโดยรอบ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในรัศมีของ AP จะกลายเป็น เครือข่ายกลุ่มเดียวกันทันที โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ จะสามารถติดต่อกัน หรือติดต่อกับ Server เพื่อแลกเปลี่ยนและค้นหาข้อมูลได้ โดยต้องติดต่อผ่าน AP เท่านั้น ซึ่ง AP 1 จุด สามารถให้บริการเครื่องลูกข่ายได้ถึง 15-50 อุปกรณ์ ของเครื่องลูกข่าย เหมาะสำหรับการนำไปขยายเครือ

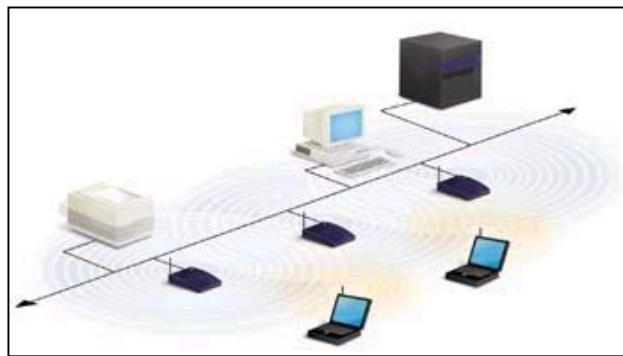
ข่ายหรือใช้ร่วมกับระบบเครือข่ายแบบใช้สายเดิมในออฟฟิศ, ห้องสมุด หรือในห้องประชุม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น



ภาพที่ 2 แสดงการทำงานแบบ access point

### 2.3 Multiple access points and roaming

โดยทั่วไปแล้ว การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ กับ Access Point ของเครือข่ายไร้สายจะอยู่ในรัศมีประมาณ 500 ฟุต ภายในอาคาร และ 1000 ฟุต ภายนอกอาคาร หากสถานที่ที่ติดตั้งมีขนาดกว้าง มากๆ เช่น คอลเลจ, บริษัท, บริเวณภายในมหาวิทยาลัย สนามบิน จะต้องมีการเพิ่มจุดการติดตั้ง AP ให้มากขึ้น เพื่อให้การรับส่งสัญญาณในบริเวณของเครือข่ายขนาดใหญ่ เป็นไปอย่างครอบคลุมทั่วถึง



ภาพที่ 3 แสดงการทำงานแบบ Multiple access point and roaming

## 2.4 Use of an Extension Point

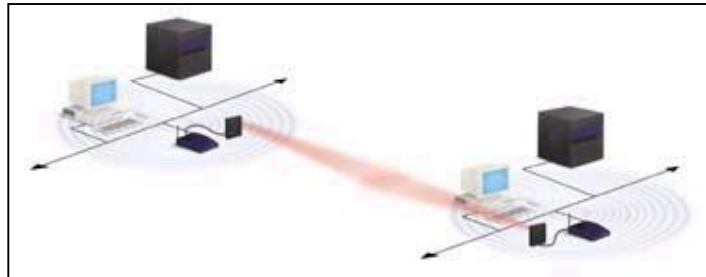
กรณีทีโครงสร้างของสถานที่ติดตั้งเครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาผู้ออกแบบระบบอาจจะใช้ Extension Points ที่มีคุณสมบัติเหมือนกับ Access Point แต่ไม่ต้องผูกติดไว้กับเครือข่ายไร้สาย เป็นส่วนที่ใส่เพิ่มเติมในการรับส่งสัญญาณ



ภาพที่ 4 แสดงการทำงาน แบบการใช้ Extension Point

## 2.5 The Use of Directional Antennas

ระบบแลนไร้สายแบบนี้เป็นแบบใช้เสาอากาศในการรับส่งสัญญาณระหว่างอาคารที่อยู่ห่างกัน โดยการติดตั้งเสาอากาศที่แต่ละอาคาร เพื่อส่งและรับสัญญาณระหว่างกัน



ภาพที่ 5 แสดงการทำงานแบบการใช้ Directional Antennas

### บทที่ 3

## มาตรฐาน Wireless LANs

มาตรฐานหลักของระบบเครือข่ายไร้สายและอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย คือ มาตรฐาน IEEE 802.11 เป็นมาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายที่ถูกกำหนดขึ้นโดย Institute of Electrical and Electronic Engineers ซึ่งเป็นองค์กรกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการสื่อสารของอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ โดยในส่วนของมาตรฐาน IEEE 802.XX นั้นจะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านเครือข่าย เช่น IEEE 802.3 ก็คือมาตรฐานของเครือข่ายแบบ Ethernet โดยในส่วนของ IEEE 802.11 ก็จะเป็นการสื่อสารกับเครือข่าย แต่เป็นแบบไร้สายนั่นเอง

มาตรฐาน IEEE 802.11 นั้นเริ่มประกาศใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 มาตรฐานที่เกิดขึ้นนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยี ซึ่งกำหนดระบบการส่งสัญญาณด้วยความเร็ว 2 Mbps และได้มีการพัฒนาเรื่อยมา โดยมีส่วนย่อยอยู่ด้วยกันถึง 9 ส่วน คือ a, b, c, d, e, f, g, h และ i โดยแต่ละชนิดนั้นก็จะมีลักษณะหรือมาตรฐานของรายละเอียดต่างกันไป ซึ่งหลังจาก 9 กลุ่มย่อยนี้ พัฒนามาตรฐาน IEEE 802.11 ในด้านต่างๆ จนเสร็จสิ้นแล้ว จึงได้มีการนำเอามาตรฐานที่พัฒนาเสร็จแล้วมานำเสนอและผลิตออกเป็นผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่าย โดยผลิตภัณฑ์แรกที่ออกวางจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาโดยกลุ่มย่อย b จึงทำให้เกิดมาตรฐาน IEEE 802.11b ในปี ค.ศ.1999 ย่นความถี่ที่เริ่มใช้ เบื้องต้น คือ 2.4 GHz โดยมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 11 Mbps ได้วางตลาดก่อนผลิตภัณฑ์กลุ่มอื่น จึงเป็นกลุ่มที่มาตรฐานได้รับการยอมรับและเป็นที่ยอมรับ มากที่สุดในช่วงนี้ จากนั้นจึงตามด้วยกลุ่ม a ที่ออกความถี่สูงสุดถึง 5 GHz และมีความเร็วสูงสุดถึง 54 Mbps ใน ทั้งนี้ไม่เกี่ยวกับว่า a จะเก่ากว่า b และ c จะออกมาใหม่ในอนาคตตามตัวอักษร แต่จะขึ้นอยู่กับว่ามาตรฐานของกลุ่มใดทำเสร็จก่อนก็จะออกเปิดตัวก่อน โดยไม่เรียงลำดับตามตัวอักษร(อรรถสิทธิ์ อิศราวุธ. 2545)

ตารางที่ 1 แสดงมาตรฐาน IEEE 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Standard Approved เริ่มประกาศใช้	July 1997 กรกฎาคม 2540	September 1999 กันยายน 2542	September 1999 กันยายน 2542	Draft stage.Completion Expected in 2002.
Available Bandwidth แถบความถี่ที่สามารถใช้ได้	83.5MHz	300 MHz	83.5MHz	83.5 MHz
Unlicensed Frequencies of Operation ช่วงความถี่ที่สามารถใช้ได้	2.4-2.4835 GHz DSSS,FHSS	5.15-5.35 GHz,OFDM 5.725-5.825 GHz,OFDM	2.4-2.4835 GHz DSSS	2.4-2.4835 GHz DSSS, OFDM
Number of Non- Overlapping Channels จำนวนช่องสัญญาณที่ไม่ ทับซ้อนกัน	3 Indoor/Outdoor	4 Indoor (UNII1) 4 Indoor/Outdoor (UNII2) 4 Indoor/Outdoor (UNII3)	3 Indoor/Outdoor	3 Indoor/Outdoor
Data Rate per Channel อัตราการส่งข้อมูลต่อช่อง	1, 2 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
Modulation type	DQPSK	BPSK (6, 9 Mbps)	DQPSK/CCK	OFDM/CCK (6,9,12,18,24,36,48,54)



ชนิดของการมอดูเลชัน	(2 Mbps DSSS) DBPSK (1 Mbps DSSS) 4GFSK (2MbpsFHSS) 2GFSK (1MbpsFHSS)	QPSK (12, 18 Mbps) 16-QAM (24, 36 Mbps) 64-QAM (48, 54 Mbps)	(11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)	OFDM (6,9,12,18,24,36,48,54) DQPSK/CCK(22, 33, 11, 5.5 ) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)
Compatibility ความเข้ากันได้	802.11	Wiii-Fi5	Wi-Fi	Wi-Fi at 11MbpsAnd below

### 3.1 มาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE 802.11 เหมือนกับมาตรฐาน IEEE 802.3 Ethernet ซึ่งใช้กับเครือข่าย LAN แบบไร้สาย และ IEEE 802.5 สำหรับเครือข่าย Token Ring ตรงที่ มาตรฐาน IEEE 802.11 จะมุ่งความสนใจไปที่ระดับล่างสุดสองระดับของ ISO model ( คือ physical layer และ data link layer ) ซึ่งจะทำการ application, network OS, protocol, รวมทั้ง TCP/IP ใดๆก็ตามสามารถใช้งานบน 802.11 compliant WLANs ได้ง่าย ๆ เช่นเดียวกับใช้งานบน Ethernet โดยทั่วไป

มาตรฐาน 802.11 นี้ใช้การส่งสัญญาณแบบคลื่นวิทยุที่ความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่ ISM (Industrial, Scientific and Medical) band สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราความเร็ว ก่อนข้างต่ำ คือ 1 และ 2 Mbps เท่านั้น โดยใช้เทคนิคการส่งสัญญาณหลักอยู่ 2 รูปแบบ คือ DSSS (Direct Sequent Spread Spectrum) และ FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) ซึ่งถูกคิดค้นมาจากหน่วยงานทหาร การส่งสัญญาณทั้ง 2 รูปแบบจะใช้เวลาว่างของช่องสัญญาณ (bandwidth) ที่มากกว่า การส่งสัญญาณแบบ narrow band แต่ทำให้สัญญาณมีความแข็งแรงมากกว่าซึ่งง่ายต่อการตรวจจับมากกว่า แบบ narrow band

หน่วยงานทหารใช้วิธีการเหล่านี้ในการปิดกั้นการใช้งานจากอุปกรณ์อื่นๆที่จะมาทำให้ระบบเกิดปัญหา โดยการส่งสัญญาณแบบ FHSS สัญญาณจะกระโดดจากความถี่หนึ่งไปยังอีกความถี่หนึ่งในอัตราที่ได้กำหนดไว้แล้ว ซึ่งจะรู้กันเฉพาะตัวรับกับตัวส่งเท่านั้น ส่วนการส่งสัญญาณแบบ DSSS จะมีการส่ง chipping code ไปกับสัญญาณแต่ละครั้งด้วย ซึ่งจะมีความถี่รับกับตัวส่งเท่านั้นที่จะรู้ลำดับของ chip สำหรับการใช้งานระบบเครือข่ายแบบไร้สายทุกวันนี้ DSSS มีคุณสมบัติที่โดดเด่นและให้ throughput ที่มากกว่า เมื่อเร็ว ๆ นี้เองที่ได้มีการพัฒนาจนได้อัตราการส่งข้อมูล 11 Mbps ผ่านการส่งแบบ DSSS และเป็นมาตรฐานที่โดดเด่นของ WLAN ผลิตภัณฑ์ซึ่งรองรับมาตรฐาน 802.11b ( อัตราส่งถ่ายข้อมูลสูง 11 Mbps ) นี้สามารถทำงานร่วมกับผลิตภัณฑ์ซึ่งทำงานกับมาตรฐาน DSSS แบบเก่า 802.11 ( อัตราส่งถ่ายข้อมูล 1 และ 2 Mbps ) ได้ แต่ ระบบ FHSS จะถูกใช้กับอุปกรณ์ที่มีกำลังส่งต่ำ, เป็น application ที่ใช้งานในย่านต่ำๆ เช่น โทรศัพท์ไร้สายความถี่ 2.4 GHz แต่จะใช้งานร่วมกับผลิตภัณฑ์ DSSS ไม่ได้

### 3.2 มาตรฐาน IEEE 802.11b

มาตรฐาน IEEE 802.11b ซึ่งเป็นมาตรฐานระบบเครือข่ายไร้สายที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดในโลก เพราะมีการเปิดตัวก่อนมาตรฐานอื่นและมีผลิตภัณฑ์ออกวางจำหน่ายแล้วมากและแพร่หลายที่สุด

มาตรฐาน IEEE 802.11b นั้นล่าสุดได้รับการตั้งชื่อใหม่ว่า Wi-Fi โดยได้รับการรับรองมาตรฐานและกำหนดรายละเอียดโดยกลุ่ม WECA หรือ wireless Ethernet Compatibility Alliance ที่ประกอบด้วยสมาชิกจาก

ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ชื่อดังอย่าง 3com, Cisco Systems, Intersil, Agere Systems, Nokia และ Symbol Technologies ซึ่งปัจจุบันก็ยังมีสมาชิกจากบริษัทต่างๆ อีกกว่า 110 บริษัทเข้าร่วมอยู่ในมาตรฐานนี้

สำหรับรายละเอียดด้านคุณสมบัติของ IEEE 802.11b จะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูงสุดที่ 11 Mbps โดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ 2.4 GHz ใช้เทคนิคการส่งสัญญาณแบบ DSSS โดยย่านความถี่ที่ใช้เป็น ISM (Industrial, Scientific and Medical) band จากระดับความเร็วที่ค่อนข้างต่ำ คือทำได้เพียง 11 Mbps เท่านั้น เมื่อเทียบกับ ระบบ LAN แบบมีสาย ที่มาตรฐานปัจจุบัน อยู่ที่ระดับ 100 Mbps และล่าสุดมาตรฐานความเร็ว 1 Gbps กำลังเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้งานมากขึ้นเรื่อย ๆ ก็จะเห็นว่า IEEE 802.11b นั้นค่อนข้างช้ากว่ามาก ไม่เพียงเท่านั้น คลื่นความถี่วิทยุที่ 2.4 GHz ที่ IEEE 802.11b ใช้อยู่นั้นยังมีอุปกรณ์อื่นๆ ร่วมใช้งานอยู่ด้วยหลายชนิด เช่น เตาไมโครเวฟ หรือ โทรศัพท์มือถือ ซึ่งหากมีอุปกรณ์เหล่านี้ทำงานอยู่ใกล้ๆ กับเครือข่าย IEEE 802.11b ก็จะทำให้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลช้าลง แต่จุดเด่นก็คือการใช้ความถี่คลื่นวิทยุที่ค่อนข้างต่ำ เพียง 2.4 GHz นั้นทำให้ IEEE 802.11b มีระยะทางการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ค่อนข้างไกล ทำให้ชุดเครือข่ายไร้สายแบบ IEEE 802.11b ไม่จำเป็นต้องมีจุด รับส่งสัญญาณ หรือที่เรียกกันว่า Access Point หรือ นะ Hot Spot มากนัก ซึ่งช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ดี

ตารางที่ 2 แสดงอัตราการส่งข้อมูลจำเพาะ ของ IEEE 802.11b

Data Rate (Mbps) อัตราการส่งข้อมูล	Code Length ความยาวของรหัส	Modulation ชนิดของ การมอดดูเลต	Symbol Rate (Mbps) อัตรา Symbol	Bits/Symbol
1	11 (Barker sequence) ลำดับของบาร์เกอร์	BPSK	1	1
2	11 (Barker sequence) ลำดับของ บาร์เกอร์	QPSK	1	2
5.5	8(CCK)	QPSK	1.375	4
11	8(CCK)	QPSK	1.375	8

### 3.3 มาตรฐาน IEEE 802.11a

มาตรฐาน IEEE 802.11a นั้นเกิดขึ้นหลังการวางตลาดของมาตรฐาน IEEE 802.11b โดยผลิตภัณฑ์ IEEE 802.11a มีจุดเด่นที่เหนือกว่า IEEE 802.11b ตรงที่ความเร็วในการรับส่งข้อมูลนั้นจะเร็วกว่า คือ ทำได้สูงสุดถึง 54 Mbps และเร็วกว่า IEEE 802.11b ในทุกระยะทาง (ความเร็วของเครือข่ายไร้สายทุกมาตรฐานจะลดลงเมื่อระยะทางมากขึ้น) โดยมีความถี่คลื่นวิทยุอยู่ที่ 5 GHz ซึ่งเป็นย่านความถี่วิทยุ ของ Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) band มีความกว้างของความถี่ทั้งหมด 300 MHz โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับละ 100 MHz คือ ต่ำ, ปานกลาง และสูง ซึ่งแต่ละระดับมีระดับมีการสามารถใช้งานและกำลังส่งแตกต่างกัน

- ย่านความถี่ระดับต่ำ (low band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.15 ถึง 5.25 GHz กำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 50 mW

- ย่านความถี่ระดับปานกลาง (middle band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.25 ถึง 5.35 GHz ด้วยกำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 250 mW

- ย่านความถี่ระดับสูง (high band) ย่านความถี่ที่ทำงานจาก 5.725 ถึง 5.825 GHz ด้วยกำลังส่งสูงสุด เท่ากับ 1000 mW

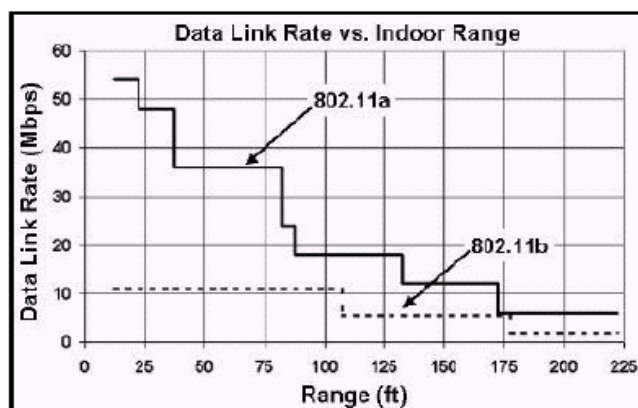
โดยกำลังส่งที่สูงของเครื่องรับ-ส่งสัญญาณของระบบเครือข่ายไร้สายและช่วงความถี่ 5.8 GHz จะทำให้สามารถส่งสัญญาณติดต่อกัน ระหว่างอาคารหนึ่ง กับอีกอาคารหนึ่ง ได้ ส่วนการใช้งานภายในอาคารจะใช้งานในย่านความถี่ระดับปานกลางและต่ำ ซึ่งในอเมริกาสามารถใช้งานได้ทั้ง 3 ย่านความถี่ แต่ปัญหาเรื่องของกฎหมายเกี่ยวกับคลื่นความถี่ระดับ 5 GHz ที่ในแถบยุโรปและประเทศญี่ปุ่นมีข้อกำหนด ก่อนข้างเครื่องครัด คือ ในยุโรปกำลังทำข้อตกลงร่วมกันระหว่าง IEEE และ European Telecommunications Standards Institute (ETSI) ส่วนในประเทศญี่ปุ่นอนุญาตให้ใช้ได้เฉพาะ ย่านความถี่ต่ำเท่านั้น

ดังนั้นการใช้งานในย่านความถี่ปานกลางและต่ำ จึงมีความกว้างของสัญญาณรวมกันเท่ากับ 200 MHz สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 54 Mbps ได้สำเร็จ โดยใช้หลักการ ส่งสัญญาณความถี่ย่อยโดยอัตราเร็วต่ำๆ พร้อมๆกัน เมื่อนำทั้งหมดมารวมกัน ก็จะสามารถสร้างช่องสัญญาณที่มีอัตราเร็วสูงขึ้นได้ ตามที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ช่วงความถี่ดังกล่าว สามารถแบ่งการใช้งานได้ ถึง 8 ช่องสัญญาณ โดยไม่ทับซ้อนกัน แต่ละช่องสัญญาณมีความกว้าง เท่ากับ 20 MHz ใช้การมอดูเลชันแบบ OFDM (Orthogonal Frequency division Multiplex) ในการส่งสัญญาณ ซึ่งเป็นเทคนิคการส่งสัญญาณแบบแยกส่งเป็นความถี่ย่อย ๆ (Narrow-band subcarriers) และมีความเป็นอิสระต่อกัน แต่ละความถี่ย่อยจะมีความกว้างเท่ากับ 300 KHz จำนวน 52 ช่องสัญญาณความถี่ย่อย สัญญาณความถี่ย่อยจะทำการรับและส่งข้อมูลโดยส่งไปแบบขนาน ด้านรับสัญญาณจะได้รับข้อมูลทั้งหมดพร้อมกัน ซึ่งนั่นก็หมายความว่าข้อมูลที่ส่งจะมีขนาดใหญ่ และต้องการความต่อเนื่องในการส่งสัญญาณ เพราะฉะนั้นเพื่อป้องกัน การสูญหายของข้อมูล (data loss feature ) จึงเพิ่ม Forward Error Correction (FEC) เข้าไปใน 802.11a ด้วย ซึ่งจะมีเฉพาะใน 802.11a เท่านั้น (ไม่พบใน 802.11b)

### อัตราการส่งข้อมูลและระยะทางในการส่งข้อมูล

มาตรฐาน 802.11a รองรับอัตราความเร็วของการส่งข้อมูล เท่ากับ 6, 9,12, 18, 24, 36, 48 และ 54 Mbps อัตราความเร็วจะลดลงเองอย่างอัตโนมัติขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่าง Access point กับ เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยที่ความเร็วสูงสุดที่ 54 Mbps นั้นใช้การมอดูเลชันสัญญาณความถี่ย่อย แบบ 64-level Quadrature Amplitude Modulation (64 QAM)

คล้ายกันกับ 802.11b ที่ เครื่องลูกข่ายมาตรฐาน 802.11a จะมีอัตราเร็วลดลงเหมือนระยะทางจาก Access Point มากขึ้น แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว 802.11a ยังมีความเร็วที่เหนือกว่าในทุกๆระยะทาง



ภาพที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบอัตราเร็วกับระยะทางระหว่าง มาตรฐาน 802.11a และ 802.11b

ตารางที่ 3 แสดงอัตราการส่งข้อมูลจำเพาะของ IEEE 802.11a

Data Rate(Mbps) อัตราการส่งข้อมูล	Code Rate (R) อัตราการส่งรหัส	Modulation ชนิดของการมอดูเลชั่น	Code bits per subcarrier (N <sub>BPSK</sub> ) จำนวนบิตรหัสของต่อ subcarrier	Code bits per OFDM symbol (N <sub>CBPS</sub> ) จำนวนบิตของรหัสต่อ OFDM Symbol	Data bits per OFDM symbol (N <sub>DBPS</sub> ) จำนวนบิตของข้อมูลต่อ OFDM symbol
6	1/2	BPSK	1	48	24
9	3/4	BPSK	1	48	36
12	1/2	QPSK	2	96	48
18	3/4	QPSK	2	96	72
24	1/2	16-QAM	4	192	96
36	3/4	16-QAM	4	192	144
48	2/3	16-QAM	6	288	192
54	3/4	16-QAM	6	288	216

### 3.4 มาตรฐาน IEEE 802.11g

เป็นมาตรฐานที่กำลังอยู่ระหว่างการพัฒนาและคาดว่าจะสามารถวางตลาดได้ในช่วงปลายปี 2002 จุดเด่นของ IEEE 802.11g ก็คือการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 2.4 GHz ซึ่งเป็นคลื่นสาธารณะที่ได้รับอนุญาตให้ใช้งานได้โดยไม่ผิดกฎหมาย เหมือนมาตรฐาน IEEE802.11b แต่ใช้เทคโนโลยีแบบ OFDM ในการส่งสัญญาณ ทำให้มีความเร็วสูงสุดมากกว่า 20 Mbps เหมือนมาตรฐาน IEEE 802.11a จุดเด่นที่สำคัญของ 802.1 g ก็คือสามารถใช้งานร่วมกับ 802.11b ที่มีอยู่แล้วได้

## โครงสร้างการทำงานของระบบเครือข่ายไร้สาย

ในระบบเครือข่ายไร้สาย IEEE 802.11 นั้นจะแบ่งระดับชั้นของเทคโนโลยีออกเป็น 4 ระดับ นั่นคือ PHY (Physical Layer หรือ ชั้นกายภาพ) MAC (Media Access Controller หรือตัวควบคุมการเข้าถึงสื่อ) OS (ระบบปฏิบัติการ) และ Application (แอปพลิเคชัน) โดย PHY หรือชั้นกายภาพนั้นก็คือส่วนของฮาร์ดแวร์ที่แบ่งมาตรฐานออกเป็น a, b และ g โดยหากเลือกต่างชนิดกันก็ไม่สามารถสื่อสารกันได้รู้เรื่องเพราะเป็นความถี่ที่ต่างกันจะติดต่อบ้างส่งข้อมูลกันไม่ได้ โดยปัจจุบันในส่วนของ PHY นี้มีอยู่ทั้งสิ้น 4 มาตรฐาน คือ a, b, g และ IR (อินฟราเรด)

ส่วนต่อมาคือ MAC นั้น เป็นส่วนของการทำงานเกี่ยวกับระบบรักษาความปลอดภัยของเครือข่าย การจัดการโครงสร้างหรือรูปแบบของข้อมูล การแปลงข้อมูล ซึ่งมาตรฐาน IEEE 802.11 นั้นใช้มาตรฐาน MAC เดียวกันทั้งหมด คือ ได้กำหนดทางเลือกของการเข้ารหัสไว้ก่อนทำการส่งข้อมูล โดยใช้อัลกอริทึมการเข้ารหัสแบบ 40 บิต ซึ่งรู้จักกันในชื่อ RC4 นอกจากนี้ผู้ผลิตบางรายก็ยังเสนอให้มีการตรวจสอบก่อนใช้งาน โครข่ายด้วยวิธีการที่เรียกว่า Wired Equivalent Privacy (WEP) shared-key อันเดียวกันจะใช้ในการตรวจสอบก่อนที่จะทำการเข้ารหัสหรือถอดรหัสข้อมูล ซึ่งจะมีเพียงผู้ใช้งานที่ถูกต้องเท่านั้นจึงจะมี shared-key ที่ถูกต้องในการถอดรหัสข้อมูลออกมาได้ เนื่องด้วยเทคโนโลยีไร้สายถูกคิดค้นขึ้นมาจากหน่วยงานทางทหาร ฉะนั้นเรื่องความปลอดภัยจึงเป็นหัวใจสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากเรื่องความน่าเชื่อถือกับเรื่องความปลอดภัยแล้ว มาตรฐาน 802.11 ในส่วน MAC นี้ ยังมีโหมดสนับสนุนการจัดการพลังงานอีก 2 รูปแบบ คือ Continuous Aware Mode และ Power Saving Polling Mode โดยโหมดแรกสัญญาณวิทยุจะส่งอยู่ตลอดและทำให้สูญเสียพลังงาน ในขณะที่โหมดต่อมาสัญญาณวิทยุจะอยู่ในสถานะนอนหลับหรือ sleep เพื่อที่จะถนอมพลังงาน

ส่วนของ OS และ Application นั้นก็คือระบบปฏิบัติการภายในเครื่องและแอปพลิเคชันควบคุมการสื่อสาร ซึ่งตรงนี้ก็ใช้งานเหมือนอย่างที่ใช้งานกันอยู่กับเครือข่ายแบบมีสายในปัจจุบัน (อรรถสิทธิ์ อิศราวุธ. 2545)

## บทที่ 4

# Wireless LANs Technology

โดยทั่วไปแล้วระบบเครือข่ายไร้สายจะใช้เทคโนโลยีในการส่งสัญญาณอยู่ 2 ประเภท คือ ประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ Narrow band และ Spread spectrum และประเภทที่ใช้สัญญาณอินฟราเรด ในการติดต่อรับ - ส่ง ข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

### 4.1 Narrow band Technology

ระบบวิทยุแบบความถี่แคบ เป็นการรับ - ส่ง สัญญาณคลื่นวิทยุบนความถี่เฉพาะ โดยคลื่นความถี่ดังกล่าว เป็นที่รู้จักในชื่อของแถบความถี่ ISM (Industrial Scientific / Medical) ที่มีความถี่แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 902 MHz ถึง 928 MHz, 2.14 MHz ถึง 2.484 และ 5.725 MHz ถึง 5.850 MHz

สัญญาณจะมีกำลังต่ำ (โดยทั่วไปประมาณ 1 มิลลิวัตต์) และใช้ในการรับ-ส่ง ข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่เท่านั้น และไม่สามารถส่งสัญญาณข้ามโหนดไปมาได้ การส่งข้อมูลแบบนี้ เปรียบได้กับคู่สายโทรศัพท์ที่สามารถคุยได้เฉพาะต้นทางกับปลายทางแต่ไม่สามารถคุยพร้อมกันได้ หลายๆ คน

ข้อจำกัดของการใช้สัญญาณแบบนี้ คือจะต้องขออนุญาตจาก FCC (Federal Communication Committee) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดความถี่ในการใช้สัญญาณคลื่นวิทยุแบบ Narrow band นี้

### 4.2 Spread spectrum technology

ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนใหญ่นิยมใช้เทคนิค Spread spectrum technology ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า Narrow band Technology ซึ่ง Spread Spectrum ก็คือ วิธีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ความถี่วิทยุมากขึ้นความจำเป็น แรกทีเดียวเทคนิคนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ในกิจการทางทหารซึ่งต้องการความเชื่อถือได้ในระดับสูงมากในระหว่างการรบ ข้าศึกอาจใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดักฟังสัญญาณเพื่อขโมยความลับหรือรบกวนการทำงาน แต่ในระบบนี้การส่งสัญญาณถูกส่งออกไปหลายความถี่พร้อมกันจึงทำให้การดักฟังเป็นไปได้ยากขึ้น รวมทั้งการรบกวนการสื่อสารก็ยากมากขึ้นด้วยเพราะจะต้องค้นหาคลื่นความถี่ทั้งหมดให้ได้ โดยการส่งสัญญาณจะใช้แถบความถี่ ISM ที่ช่วงความถี่ ระหว่าง 902-928 MHz และ 2.4-2.484 GHz เทคนิค Spread Spectrum สามารถแบ่งได้ เป็น 2 แบบ คือ Direct Sequence และ Frequency - Hopping

### 4.3 Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

Direct Sequence Spread Spectrum เป็นเทคนิคที่ยังใช้คลื่นพาหะที่ต้องระบุความถี่ที่ใช้ สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่า แบบ narrow band ข้อมูลจะถูกกระจายให้ช่วงความถี่กว้างขึ้น (RF bandwidth) ในรูปแบบของรหัสเฉพาะ รูปแบบของรหัสเฉพาะที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ Pseudo-noise Sequence หรือ PN sequence

รูปแบบนี้จะใช้การเข้ารหัสในวิธีพิเศษ โดยการแปลงเลขฐานสองแต่ละบิตในข้อมูลดั้งเดิมที่จะส่งไปให้อยู่ในรูปแบบเลขฐานสองที่มีความยาวเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ข้อมูลเลขฐานสอง 1 อาจจะถูกแปลงเป็น 0010010101 และข้อมูล 0 จะถูกแปลงเป็น Inverse ของ 1 คือ 1101101010 แล้วข้อมูลที่แปลงแล้วเหล่านี้จะถูก

ส่งไปพร้อมๆกัน ในลักษณะขนาน ซึ่งหากผู้รับสามารถจํารูปแบบการแปลงข้อมูลได้ก็จะถูกส่งไป โดยที่สัญญาณรบกวนไม่สามารถทำให้ข้อมูลเสียหายไปได้ หรือหากรูปแบบที่ส่งไปเกิดผิดพลาดไปไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม ทางฝ่ายรับก็สามารถที่จะใช้เทคนิคในทางสถิติเพื่อกู้ข้อมูลที่ผิดพลาดไปให้กลับคืนมาได้ วิธีนี้จะใช้ในมาตรฐาน IEEE802.11 และ IEEE 802.11b ผู้ผลิตระบบเครือข่ายไร้สายส่วนใหญ่จะเลือกใช้วิธีการนี้เพราะว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมกว่าวิธีอื่นในสภาพแวดล้อมที่มีการแทรกสอดรบกวนจากคลื่นวิทยุอื่นๆ อย่างรุนแรง นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานได้ตัดสินใจได้ว่าจะทำการจัดสรรแถบความถี่ในการส่งข้อมูลอย่างไรบ้าง เช่น อาจจัดแบ่งแถบความถี่เป็นช่วงย่อยหลายช่วงเพื่อใช้ส่งข่าวสารหลายชิ้นไปพร้อมกัน

#### 4.4 Frequency – Hopping Spread Spectrum (FHSS)

การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (narrow band) และจะเปลี่ยนแปลงความถี่ (กระโดด) ไปมาอย่างต่อเนื่อง ในลักษณะหรือรูปแบบที่เป็นที่เข้าใจตรงกันระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับสามารถทำงานประสานกันได้แล้ว

วิธีการส่งแบบนี้ป้องกันสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความถี่ข้างเคียงได้เป็นอย่างดี เพราะความถี่จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยการส่งและรับแต่ละครั้งที่ส่วนหัวของ packet ข้อมูลจะบอก รับก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนไปได้ตลอดเวลาอันจะทำให้เกิดความปลอดภัยของข้อมูลสูงมากขึ้น ผู้ผลิตระบบเครือข่ายเฉพาะที่ไร้สายแบบ Frequency Hopping ให้ความเห็นว่าการส่งข้อมูลวิธีนี้สามารถส่งข้อมูลไปพร้อมๆกันหลายช่องสัญญาณได้ด้วยการกำหนดให้มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงหลายๆ รูปแบบทำงานไปพร้อมกัน ซึ่งจะสามารถใช้ประโยชน์แถบความถี่ได้ดีกว่าและทำให้เครือข่ายมีประสิทธิภาพสูงกว่า

ในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งนั้น การนำไปใช้งานจะเป็นตัวกำหนดว่า ถ้าคำนึงถึงปัญหาทางด้านประสิทธิภาพและคลื่นรบกวนก็ควรใช้วิธี DSSS ถ้าต้องการใช้อะแดปเตอร์ไร้สายขนาดเล็กและราคาไม่แพงสำหรับเครื่อง โน้ตบุ๊ก หรือ เครื่อง PDA ก็ควรเลือกแบบ FHSS

#### 4.5 Orthogonal frequency division multiplex (OFDM)

เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลในมาตรฐาน ใหม่ๆ ของระบบเครือข่ายไร้สาย คือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้ เป็นการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ โดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (subcarrier) หลายๆความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งจากซึ่งกันและกัน ทำให้มันเป็นอิสระต่อกัน ความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งจากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับกันของสัญญาณที่อยู่ติดกัน

OFDM เป็นเทคนิคการมัลติเพล็กซ์โดยการแบ่งความถี่ เมื่อช่องความถี่ถูกแบ่งออกเป็นขนาดเล็กลงๆ N ช่อง แต่ละช่องมีขนาดเท่ากับขนาดของสัญลักษณ์ (bit rate) ดิจิตอล ทางด้านส่งจะมีสัญญาณดิจิตอล ความเร็วสูงที่ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลย่อยๆ ที่มีความถี่ต่ำกว่า จะถูกมอดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย 1 สัญญาณ และนำสัญญาณทั้งหมดส่งขนานกันออกไป รูปแบบในการมอดูเลตสัญญาณพาหะย่อยที่นิยมทั่วไปได้แก่ QAM, 16 QAM หรือ 64 QAM เป็นต้น ในOFDM กลุ่มของข้อมูลจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปขนานกัน โดยการมอดูเลตกับสัญญาณพาหะย่อย ดังนั้น จะกลายมาเป็นสัญญาณบนแกนความถี่ ซึ่งการแปลงสัญญาณกลับให้อยู่บนแกนเวลาอีกครั้งโดยการ

แปลงกลับฟาส์ฟูเรียร์ (IFFT) จากนั้นจะสัญลักษณ์บนแกนเวลาจะถูกมัลติเพล็กซ์เข้าด้วยกันให้เป็นอนุกรมของสัญลักษณ์ แล้วจึงส่งสัญญาณออกไปทางเสาอากาศ

หลังจากการมอดูเลตแบบ OFDM จะมีการสอดแทรกช่วงแถบป้องกันแคบๆ เพื่อลดสัญญาณรบกวนระหว่างสัญลักษณ์ (Inter symbol Interference: ISI) ที่เกิดจากสัญญาณหลายเส้นทาง (multi-path) เราเรียกแถบป้องกันแคบๆนี้ว่า การเสริมไซคลิก (cyclic prefix) ส่วนในเครื่องรับจะดำเนินการตรงข้ามกับเครื่องส่ง ในเครื่องรับจะใช้การแปลงฟาส์ฟูเรียร์แปลงสัญญาณที่อยู่บนแกนเวลาไปเป็นแถบความถี่สมมูลย์

ข้อดีของ OFDM คือสามารถใช้งานแถบความถี่ในระบบที่เคยใช้สัญญาณพาหะเดี่ยวได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ (spectral efficiency), สามารถป้องกันผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของสัญญาณหลายเส้นทาง (immunity to multi-path) และมีความไวต่ำต่อการเลื่อนหายไปของความถี่ที่เลือก (less sensitivity to frequency selective fading) (ปราโมทย์ อนันต์วรพงษ์ : 2545)

#### 4.6 Infrared Technology

ลำแสงอินฟราเรด (Infrared : IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่ตาของคนเราจะไม่สามารถมองเห็นลำแสงที่มีความถี่ระดับนี้ เป็นลำแสงอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารที่ใช้ในระยะใกล้ ตัวอย่างของการใช้ลำแสงอินฟราเรดที่พบได้ในชีวิตประจำวันได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมระยะไกลแบบไร้สาย (wireless remote control) ที่ใช้ควบคุมเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องเสียงและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบคอมพิวเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์บางชนิดได้ใช้ลำแสงอินฟราเรดเพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างกันแบบจุด ต่อ จุด เช่นคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เครื่องคอมพิวเตอร์มือถือ (Hand held) หรือเครื่องขนาดฝ่ามือ (palmtop) จะมีพอร์ตอินฟราเรดเพื่อรับส่งข้อมูลออกไปยังเครื่องพิมพ์ซึ่งเครื่องพิมพ์แบบเลเซอร์สำหรับสำนักงานบางรุ่นจะรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอินฟราเรด

คุณสมบัติเด่นของคลื่นอินฟราเรดและคลื่นสั้น คือเดินทางเป็นแนวตรง ราบคาบ และง่ายต่อการผลิตใช้งาน แต่คลื่นประเภทนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้ ซึ่งเป็นข้อดีที่สามารถนำอุปกรณ์ที่ใช้คลื่นอินฟราเรดมาใช้ในห้องทำงานที่อยู่ติดกันได้แม้ว่าอุปกรณ์ทั้งสองชิ้นนั้นจะใช้ความถี่เดียวกัน ยิ่งกว่านั้นอุปกรณ์ที่ใช้คลื่นอินฟราเรดยังปลอดภัยต่อการถูกลักลอบดักสัญญาณด้วย คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้คลื่นอินฟราเรดสามารถนำมาใช้ในการสื่อสารในระบบเครือข่ายเฉพาะบริเวณได้เป็นอย่างดี

##### หลักการการทำงานของอินฟราเรดมี ดังนี้

1. จัดตำแหน่ง : ในการพิมพ์ไฟล์จากโน้ตบุ๊ก ให้วางอุปกรณ์นั้น 3 ฟุตจากเครื่องพิมพ์ที่เหมาะสมกับ IR ซีรี่ส์พอร์ต IR (หรือที่เรียกว่าโฟโตไดโอด) ตรงไปยังโฟโตไดโอดของเครื่องพิมพ์
2. ส่ง : พัลส์ของแสงอินฟราเรดจะถูกส่งไปกลับระหว่างอุปกรณ์สองตัวเพื่อขนถ่ายแพ็คเกจของข้อมูลที่ประกอบกันเป็นแพ็คเกจจะถูกสื่อสารด้วยพัลส์เปิด/ปิดของแสงอินฟราเรด โดยพัลส์จะถูกอ่านในรูปของรหัสไบนารี
3. รับ : โฟโตไดโอดจะรับแพ็คเกจ ซึ่งจะถูกแปรกลับไปเป็นข้อมูลอีกครั้ง เครื่องพิมพ์หรือพีซีในด้านรับจะประมวลผลข้อมูลที่ได้อีกจากการเชื่อมต่อเครือข่ายที่ไร้สายเคเบิล



4. การขัดขวาง : ถ้ามีวัตถุประสงค์ขวางล้างของพัลส์ของอินฟราเรดขณะ ที่ข้อมูลกำลังถูกส่งสัญญาณจะ ถูกบล็อก อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ด้านส่งจะรับรู้ข้อผิดพลาดและทำการส่งข้อมูลที่ขาดหายไปใหม่

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของคลื่นความถี่วิทยุและแสงอินฟราเรด

	Spread Spectrum	Infrared
<b>Frequency</b> ความถี่	902 MHz to 928 MHz 2.4 GHz to 2.4385 GHz 5.725 GHz to 5.825 GHz	$3 \times 10^{14}$ Hz
<b>Maximum coverage</b> ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่	105 to 800 feet, or up 50,000 square feet	30 to 80 feet
<b>Line of sight required</b> ความต้องการเส้นทาง	No	Yes
<b>Transmit power</b> กำลังส่ง	Less than 1 w	N/A
<b>License required</b> ลิขสิทธิ์	No	No
<b>Interbuilding use</b> การใช้ภายในอาคาร	Possible with antenna	Possible
<b>Rated speed (% of 10 Mbps wire)</b> อัตราเร็ว	20% to 50%	50% to 100%

## บทที่ 5

### ความปลอดภัยระบบเครือข่าย (Wireless LANs Security)

การเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย เราต้องพิจารณาถึงเรื่องการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล ซึ่งถึงว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมากยิ่งขึ้นกว่าในกรณีของเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สายต่อทั่วไป เนื่องจากการเปิดกว้างของเครือข่ายซึ่งผู้ใดก็ตามที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ NIC ต่างก็มีโอกาสเชื่อมต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เท่าเทียมกัน ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายที่ตั้งใจเปิดให้บริการกับสาธารณะไปจนถึงเครือข่ายเฉพาะองค์กร เครือข่าย LAN ทั่วไปที่ใช้สายสัญญาณในการเชื่อมต่อจะมีความปลอดภัยมากกว่าเนื่องจากผู้ดูแลระบบสามารถควบคุมพอร์ตเชื่อมต่อได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงมีการวางข้อกำหนดต่างๆ ขึ้นสำหรับเครือข่ายไร้สาย โดยมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันการลักลอบจารกรรมข้อมูลภายในเครือข่ายส่วนบุคคล แนวทางในการรักษาความปลอดภัยที่สามารถเลือกใช้ได้มีอยู่หลายประการด้วยกัน

ใช้ขีดความสามารถของมาตรฐาน IEEE 802.11 โดยจำกัดการติดต่อเข้าสู่ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ทั้งนี้พิจารณาจากเลขหมาย SSID (Service Set Identifier) ร่วมกับแอดเดรส MAC (Media Access Control) นอกจากนี้ยังสามารถใช้คุณสมบัติ WEP (Wired Equivalent Privacy) รายละเอียดโดยคร่าวๆ ของการรักษาความปลอดภัยในลักษณะนี้ก็คือการกำหนดระดับการรักษาความปลอดภัยให้กับอุปกรณ์ AP (Access Point) แต่ละชุดโดยอ้างอิงแอดเดรส MAC ซึ่งเป็นหมายเลขเฉพาะที่ถูกกำหนดตายตัวให้กับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ บนเครือข่าย LAN โดยผู้ผลิตอุปกรณ์

วิธีการ คือ

1. ต้องทำการ Authentication process ในการติดต่อกันบน WLAN โดยสร้างแบบแผนการรับรองยืนยันบนพื้นฐานของ EAP ( Extensible Authentication Protocol ) ให้การรับรองยืนยันซึ่งกันและกันระหว่างการ์ด client และ server RADIUS ( Remote Authentication Dial-in user Service )

2. การออกนโยบายการรับรองยืนยัน โดยป้องกันการแทรก packet ที่เข้าไปในระบบเครือข่าย LAN ขององค์กร โดยใช้มาตรฐาน IEEE802.11 WEP ป้องกันการแทรก packet ไปใน traffic ใน Network ขององค์กร จุดไหนที่มี traffic ควรจะมีตัวตรวจสอบเช่น IDS ( Intrusion Detection Sytem ) ไว้ตรวจจับความไม่ชอบมาพากล ของ packet อีกทางด้วย ซึ่งส่วนนี้ควรมี ทั้ง NIDS และ HIDS NetworkIDS และ HostIDS ตามลำดับ

3. การ Encryption ในการส่งข้อมูล ควรมีการเข้ารหัสไว้ ไม่ควรส่งผ่านข้อมูลผ่าน wireless เป็นชนิด plaintext เนื่องจากอาจโดนดักจับข้อมูล โดยการ sniffing ได้ ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายไร้สายหรือไม่ไร้สายก็ตาม

## บทที่ 6

### Wireless LANs Adapter and Applications

(เครื่องมือและอุปกรณ์ของเครือข่ายไร้สาย)

#### 6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ติดต่อเครือข่ายไร้สายได้แก่

มีอุปกรณ์หลักๆ อยู่ 3 ชนิดเป็นพื้นฐาน

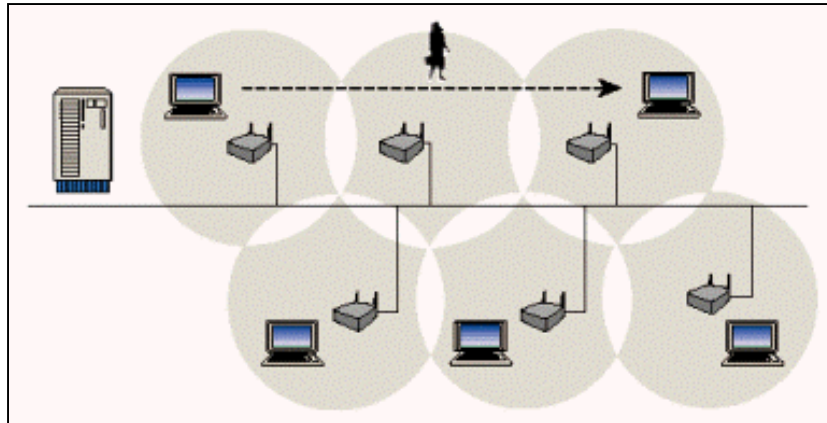
##### 6.1.1 LAN Adapters

เป็น adapter แบบไร้สายซึ่งทำหน้าที่พื้นฐานคล้ายๆแบบใช้สายซึ่งมีอินเตอร์เฟสแบบ PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association), PCI Peripheral Component Interconnect Cards), ISA (Industry Standard Architecture Cards), Cardbus และ USB มีหน้าที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงโครงข่ายได้ในเครือข่าย LAN แบบใช้สาย, adapter เป็นตัวอินเตอร์เฟสระหว่าง OS ของระบบเครือข่ายและสายสัญญาณ ส่วนในเครือข่าย WLAN จะทำหน้าที่เป็นอินเตอร์เฟสระหว่าง OS ของระบบเครือข่ายกับเสาอากาศ เพื่อจะสร้างการเชื่อมต่อไปยังโครงข่ายอื่นต่อไป

##### 6.1.2 Wireless access point

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่คล้ายกับ ฮับ ของระบบ LAN แบบใช้สาย มันจะรับ, เป็น buffers และส่งข้อมูลระหว่าง WLAN และโครงข่ายแบบใช้สาย สนับสนุนการใช้งานของอุปกรณ์ไร้สายแบบเป็นกลุ่ม ตัว Access Point จะเชื่อมต่อกับ backbone ของโครงข่ายใช้สายผ่านมาตรฐานเคเบิลแบบ Ethernet และสื่อสารกับอุปกรณ์ไร้สายโดยผ่านเสาอากาศ ปกติตัว Access Point จะติดตั้งอยู่ที่กำแพงหรือบนเพดาน เหมือนๆกับ cells ในเครือข่ายโทรศัพท์ไร้สายแบบ cellular เมื่อมี Access Point หลายๆตัวก็จะสามารถใช้งานแบบ hand-off หรือ roaming ได้ ( การเคลื่อนที่จากการรับส่งสัญญาณกับ Access Point ตัวหนึ่ง ไปยัง Access Point อีกตัวหนึ่ง )

ภาพที่ 7 แสดงวิธีการเชื่อมต่อกับ Access Point



รัศมีของการเชื่อมต่อกับ Access Point เราเรียกเป็น microcell มีระยะอยู่ที่ 20 เมตรถึง 500 เมตร และ Access Point หนึ่งตัวสนับสนุนผู้ใช้งานได้ 15 ถึง 250 คน (ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี, การ config, และการใช้) มันมีความสามารถในการขยายระบบได้โดยง่าย ซึ่งทำได้โดยการเพิ่ม Access Point เข้าไปซึ่งจะทำให้ลดความคับคั่งของการใช้งานโครงข่ายและเพิ่มรัศมีครอบคลุมการใช้งานมากขึ้น ตัว Access Point สามารถสะกดรอยติดตามผู้ใช้งานผ่านขอบเขตของมันได้ นอกจากนั้นก็ยังสามารถรับหรือปฏิเสธการใช้งานของผู้ใช้งานผ่านตัวมันได้

### 6.1.3 Outdoor Wireless bridge

ใช้สำหรับเชื่อมต่อระบบเครือข่าย กับอาคารอื่นๆ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการลากสายไฟเบอร์ออฟติก ระหว่างอาคารมีราคาสูง โดยเฉพาะถ้ามีสิ่งก่อสร้างขวางกั้นอยู่ด้วย เช่น ทางด่วนหรือ แม่น้ำลำคลอง WLAN bridge จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ มันให้อัตรารับส่งข้อมูลสูงและมีรัศมีการรับส่งหลายไมล์แต่ต้องอยู่ในลักษณะระดับสายตา line-of-sight

## 6.2 การเลือกซื้ออุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย

การเลือกอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายนั้น ควรพิจารณาคัดเลือกผลิตภัณฑ์จากบริษัทขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานและควรมีชื่อเสียงในด้านนี้โดยเฉพาะ เนื่องจากปัจจุบันมาตรฐานสากลของระบบเครือข่ายไร้สายกำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการเสียบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตอนนี้มีมาตรฐานให้เลือกเพียง 2 ชนิด คือ IEEE 802.1b ที่เปิดตัวก่อนและวางจำหน่ายทั่วไปแล้วในปัจจุบัน และเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก อีกทั้งยังมีระยะทางการส่งค่อนข้างไกลเพราะใช้คลื่นความถี่วิทยุไม่ก่อนสูงมาก แต่มีจุดอ่อนอยู่ตรงที่ถูกรบกวนได้ง่าย เพราะคลื่นความถี่ในย่านที่ใช้ มีอุปกรณ์อื่นๆ ร่วมใช้งานอยู่ด้วยมากมาย ซึ่งจะมากอกรบกวนการรับส่งข้อมูลของระบบได้มาก อีกทั้งยังมีความเร็วค่อนข้างต่ำเพียง 11 Mbps เท่านั้น

มาตรฐานที่เป็นทางเลือกที่ดีกว่า เช่น IEEE 802.11a ที่มีจุดเด่นที่ใช้ความถี่ที่ 5 GHz ซึ่งไม่มีอุปกรณ์รบกวนในย่านความถี่นี้ นอกจากนั้นยังมีความเร็วสูงกว่า คือ 54 Mbps ในระยะทางที่เท่าๆกัน อีกด้วย แต่ปัญหาใหญ่ของ IEEE 802.11a ก็คือ เรื่องการถูกห้ามใช้งานในยุโรปเนื่องจากคลื่นความถี่ไปอยู่ในช่วงที่กฎหมาย ในยุโรปกำหนดไว้

เป็นคลื่นความถี่เฉพาะ ทำให้หากผู้ใช้เลือกใช้เครือข่ายมาตรฐานนี้ จะไม่สามารถนำอุปกรณ์ไปใช้งานในยุโรปได้ รวมทั้งในเอเชียบางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น ด้วย

ทางเลือกใหม่ที่น่าจะเป็นอนาคตที่ดีของเครือข่ายไร้สายก็คือ IEEE 802.11g ที่รวมเอาข้อดี ของมาตรฐานทั้ง 2 ไว้ด้วยกันคือ ใช้ความถี่ที่ 2.4 GHz และมีความเร็ว 54 Mbps ซึ่งรอการเปิดตัวอยู่ในขณะนี้ อีกทั้งตอนนี้ยังมี อุปกรณ์แบบ Dual Band กันแล้ว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้ทั้ง ความถี่ที่ 2.4 GHz และ ความถี่ที่ 5 GHz เพื่อแก้ปัญหาความเข้ากันไม่ได้ของอุปกรณ์ a และ b ที่มีวางตลาดแล้วในปัจจุบัน

ผู้ซื้อจึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ โดยเลือกเน้นไปที่จุดเด่นของแต่ละรุ่นเป็นหลัก โดยหากต้องการ ความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูง และไม่ต้องกังวลเรื่องระยะทางในการติดต่อระหว่างแม่ข่ายและลูกข่ายมากนัก และไม่ต้องเน้นการใช้งานในต่างประเทศหรือในยุโรป 802.11a จะเป็นแบบที่เหมาะสม

## บทที่ 7

### แนวโน้มของระบบเครือข่ายไร้สาย

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีระบบเครือข่ายมีการพัฒนาที่รวดเร็ว และมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างเรื่อยๆ ไม่หยุดยั้ง ในอนาคตอันใกล้นี้อาจจะเห็นระบบเครือข่ายไร้สายที่ทำงานได้รวดเร็วขึ้นเนื่องจากการพัฒนาในเทคนิคการมอดูเลตสัญญาณคลื่นวิทยุ และการพัฒนาเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ในระดับพื้นฐานก็ยังมีส่วนช่วยกระตุ้นให้ระบบเครือข่ายไร้สายพัฒนาไปได้อย่างรวดเร็ว อย่างเช่นคลื่นความถี่วิทยุที่สร้างจากสาร Galliumarsenide และ ชิป DSP เป็นต้น

และปัจจุบันนี้ตลาดของ WLAN ได้ถูกมุ่งความสนใจไปที่ภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากการทำงานในโรงงานซึ่งมีความจำเป็นที่พนักงานจะต้องเคลื่อนย้ายการทำงานในโรงงานไปๆมาๆ นอกจากนั้นยังรวมถึงธุรกิจการค้าปลีกและโกดังหรือคลังสินค้า ซึ่งพนักงานต้องมีอุปกรณ์ขนาดเล็กมีถือสำหรับใช้เก็บข้อมูลและบริหารบัญชีรายการสินค้าคงคลัง อย่างไรก็ตามแนวโน้มน่าจะเปลี่ยนไปในเร็วนี้เนื่องจาก

- เป็นมาตรฐานที่ได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวาง - ตั้งแต่ปี 1999 ซึ่ง 802.11b ได้ประกาศใช้งานมาก็ได้รับการตอบรับจากผู้ผลิตในตลาดไร้สายอย่างมาก
- การทำงานร่วมกัน - เพื่อความแน่ใจของการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ผลิตต่างแบรนด์กัน ควรสังเกตที่เครื่องหมาย Wi-Fi ( Wireless Fidelity ) ซึ่งออกโดย WECA ( Wireless Ethernet Compatibility Alliance) เป็นองค์กรที่ออกใบรับรองผลิตภัณฑ์ซึ่งได้มาตรฐาน 802.11b จากการทดสอบ [www.wirelessethernet.org](http://www.wirelessethernet.org)
- ค่าใช้จ่าย - adapter card ที่ใช้งานกับโครงข่ายแบบไร้สายมีราคาตกลงมากเฉลี่ยแล้ว 200% ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา
- ประสิทธิภาพ - อัตราส่งถ่ายข้อมูลอยู่ที่ 11 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่เทียบเท่ากับ Ethernet ทั่วๆไป
- OS ที่สนับสนุน - Microsoft Windows 95 และ Windows 98 ซึ่งสนับสนุนกับสภาพแวดล้อมแบบไร้สายได้ดีกว่าเวอร์ชันที่แล้วมา ส่วน Windows 2000 ก็สนับสนุนด้วย
- เศรษฐกิจในยุค Internet - ด้วยความเจริญเติบโตของ Internet และการทำธุรกรรมผ่าน e-Business ทำให้การทำงานไม่ควรจะถูกจำกัดให้อยู่กับที่อีกต่อไป
- Gartner Group - ได้ทำการวิจัยลงไปในอนาคตโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ระบุได้ว่า "การลงทุนลงไปในเรื่องตั้งโต๊ะจะถูกเพิกเฉย เพราะว่าคุณคนจะใช้เวลาน้อยลงที่จะอยู่ที่โต๊ะทำงาน"
- การใช้งานเสียงผ่านระบบไร้สายเป็นเรื่องปกติ แต่การใช้งานด้านข้อมูลผ่านระบบไร้สายยังใช้งานกันน้อยมาก นั่นจึงเป็นสัญญาณที่ดีว่าตลาดยังคงมีโอกาสขยายตัวอีกมาก
- ค่าใช้จ่ายของเครื่อง laptop จะอยู่ในราว 25% ของการจัดซื้อภายในองค์กร ( Intel Corporate Market Research, 2000 )

- 75% ของหน่วยงานขนาดใหญ่กำลังพิจารณาถึงการใช้งาน WLAN ( Campbell DeLong Resources, Inc., 1/2000 )

## บทที่ 8

### บทสรุป

ระบบเครือข่ายไร้สายจะก้าวเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากทุกวันนี้ การเข้าถึงข้อมูลเป็นสิ่งจำเป็น ใครที่มีข้อมูลมากกว่า และรู้ไวกว่า จะเป็นผู้ได้เปรียบในการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ โดยเฉพาะทางด้านธุรกิจ ดังนั้นระบบเครือข่ายไร้สายที่สะดวกสบาย รวมทั้งความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสารถึงกันและกัน ทำให้เกิดรูปแบบใหม่ๆ เกิดขึ้นมากมาย ทั้งพัฒนามาจากระบบสื่อสารแบบใช้สายนำสัญญาณ หรือพัฒนาระบบสื่อสารไร้สายแบบเดิมให้มีประสิทธิภาพดีมากขึ้นกว่าเดิม โดยที่ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานและเหมาะสมกับสถานที่ เครือข่ายไร้สายก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งขององค์กรและสำนักงานที่ประสบปัญหาในการใช้ระบบเครือข่ายแบบใช้สาย ที่จะสามารถใช้เครือข่ายไร้สายดำเนินธุรกิจได้โดยสะดวก และในอนาคตอาจรวมถึงบ้านเรือนที่จะนำเอาระบบเครือข่ายไร้สายมาใช้อำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารและการปฏิบัติงานของสมาชิกในบ้านกันอย่างกว้างขวางก็ได้ เพราะมีแนวโน้มการพัฒนาด้านมาตรฐานของอุปกรณ์แบบไร้สายอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไร้สายใหม่ๆ ดังนั้นจึงคาดได้ว่าระบบเครือข่ายไร้สายจะต้องเข้ามามีบทบาทอย่างมากในการดำเนินงานของหน่วยงานและองค์กรต่างๆ อย่างแน่นอนในอนาคตอันใกล้