

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการแบบ TCP
บนเครือข่ายสื่อสารแบบแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง

STUDY ON QUALITY OF SERVICES FOR UWB AD-HOC NETWORK



นพพล แก้วบุญเรือน
NOPPON KAEWBOONRAUN

ณพ.
261967
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

b. 11803915
i.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON QUALITY OF SERVICES FOR UWB AD-HOC NETWORK



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการแบบ TCP บนเครือข่ายสื่อสารแบบแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง
นักศึกษา	นายณพพล แก้วบุญเรือน
รหัสนักศึกษา	48061001
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.มนต์ชัย เข้มซ้อย

บทคัดย่อ

การสื่อสารโดยใช้ทีซีพีโพรโตคอล เป็นที่น่าเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับการสื่อสารบนเครือข่ายที่ใช้สาย แต่อย่างไรก็ตาม โพรโตคอลดังกล่าวเมื่อนำไปประยุกต์ใช้บนเครือข่ายสื่อสารแอดฮอคแบบไร้สายจำเป็นต้องทำการศึกษาและประเมินความเหมาะสม วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการให้บริการของทีซีพีโพรโตคอล บนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งในการควบคุมคุณภาพการสื่อสารนั้นได้คำนึงถึง ค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแถบกว้างยิ่งที่อาศัยการกระโดดทางเวลา โดยใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 110 Mbps โดยอาศัยเทคนิคการส่งข้อมูลซ้ำ ซึ่งอัตราความสำเร็จของงานที่ระยะทาง 10 เมตร จะอยู่ที่ 53% ซึ่งจากการศึกษาในวิทยานิพนธ์แสดงให้เห็นว่าทีซีพีโพรโตคอลสามารถใช้งานบนเครือข่ายแบบแอดฮอคได้ อีกทั้งเทคนิคในการส่งบิตข้อมูลซ้ำ ที่นำมาใช้งานร่วมกับทีซีพีโพรโตคอลจะช่วยให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายดีขึ้น

Thesis Title	Study on Quality of Services for UWB AD-HOC Network
Student	Mr. Noppon Kaewboonraun
Student ID.	48061001
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Asst. Prof. Monchai Chamchoy

ABSTRACT

Transmission control protocol (TCP) is widely used for end-to-end reliable transport protocol in wired network. However, this protocol must be study and suitable assess when apply to wireless ad hoc communicate network. In this thesis, the quality of service for the TCP performance of pulse based ultra wide-band (UWB) ad hoc network has been studied. The quality of service such as bit error rate (BER), packet loss rate, throughput and transmission delay are investigated for time-hopping ultra wide-band (TH-UWB) network with the data rate of 110 Mbps and the throughput at 10 meters is 53%. It is clear that the TCP can be used for UWB network. However, the pulse repetition technique could be used to improve the TCP performance.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ. มนต์ชัย แซ่มซ้อย ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณอาจารย์สถาพร พรหมวงศ์ และ อาจารย์พิชญ สุพรรณกุล ซึ่งข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทั้งสามท่าน ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกๆ คน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คอยให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำต่างๆ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยให้กำลังใจ คอยสนับสนุนในทุกๆ เรื่องให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นพพล แก้วบุญเรือน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	3
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตการศึกษา.....	4
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ระบบสื่อสารแบบแถบกว้าง.....	6
2.1 บทนำ.....	6
2.2 จุดเด่นของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้าง.....	8
2.3 กฎข้อบังคับของระบบสื่อสารแบบแถบกว้าง.....	9
2.3.1 กฎข้อบังคับของระบบ UWB ในสหรัฐอเมริกา.....	9
2.4 รูปแบบของสัญญาณในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้าง.....	10
2.4.1 คำจำกัดความของสัญญาณแถบกว้าง.....	10
2.4.2 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์.....	10
2.4.3 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิล.....	11
2.4.4 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์ดับเลต.....	12
2.5 เทคนิคการมอดูเลตในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้าง.....	12
2.5.1 การมอดูเลตทางขนาดของพัลส์.....	12
2.5.2 การมอดูเลตทางตำแหน่งของพัลส์.....	13
2.5.3 การมอดูเลตแบบสองเฟส.....	13
2.6 สรุป.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาใบเซบระเขียนต้นการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 เครือข่ายการสื่อสาร.....	15
3.1 บทนำ.....	15
3.2 ระบบเครือข่าย.....	16
3.2.1 เครือข่ายเฉพาะบริเวณ.....	16
3.2.2 เครือข่ายวงกว้าง.....	18
3.2.3 เครือข่ายระดับเมือง.....	19
3.3 เครือข่ายไร้สาย.....	19
3.3.1 เครือข่ายเฉพาะบริเวณแบบไร้สาย.....	19
3.3.2 เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11.....	21
3.4 เครือข่ายไร้สายพื้นที่ส่วนบุคคล.....	23
3.4.1 IEEE 802.15.1.....	23
3.4.2 IEEE 802.15.1.....	23
3.4.3 IEEE 802.15.3.....	23
3.4.4 IEEE 802.15.4.....	24
3.5 สรุป.....	25
บทที่ 4 เครือข่ายการสื่อสาร ไร้สายแบบแอดฮอค.....	26
4.1 บทนำ.....	26
4.2 รูปแบบการใช้งาน.....	28
4.2.1 การต่อเครือข่ายการสื่อสารส่วนบุคคล.....	29
4.3 สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเครือข่ายการสื่อสารแบบแอดฮอค.....	30
4.3.1 ข้อกำหนดของสเปคตรัม.....	30
4.3.2 การจัดหาเส้นทาง.....	31
4.3.3 การทำงานของทีซีพีโพรโตคอล.....	31
4.4 ทีซีพีโพรโตคอล.....	31
4.4.1 โครงสร้างของทีซีพีไอพีโพรโตคอล.....	32
4.4.2 การทำงานของทีซีพีโพรโตคอล.....	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 คุณภาพของการให้บริการ.....	37
4.5.1 มาตรฐานคุณภาพบนอินเทอร์เน็ต.....	37
4.6 คุณภาพของการให้บริการการค้นหาเส้นทาง.....	39
4.6.1 การค้นหาเส้นทางในระบบเครือข่ายไร้สาย.....	40
4.7 สรุป.....	42
บทที่ 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์และการจำลองการทำงาน.....	43
5.1 บทนำ.....	43
5.2 แบบจำลองสัญญาณการส่งผ่านข้อมูล.....	43
5.2.1 แบบจำลองสัญญาณที่ฝั่งส่ง.....	43
5.2.2 แบบจำลองสัญญาณที่ฝั่งรับ.....	44
5.2.3 แบบจำลองการสูญเสียจากวิถีทาง.....	44
5.3 ระบบเครือข่าย.....	45
5.4 ขั้นตอนการจำลองการทำงาน.....	46
5.5 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงาน.....	48
5.6 ผลการทดลอง.....	49
5.6.1 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 1	49
5.6.2 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 2	53
5.7 สรุป.....	56
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	58
6.1 แบบจำลองสัญญาณการส่งผ่านข้อมูล.....	58
6.2 ระบบเครือข่าย.....	58
6.3 ประสิทธิภาพของเครือข่าย.....	59
6.4 ประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแอดฮอค.....	60
6.5 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา.....	61
เอกสารอ้างอิง.....	62
ภาคผนวก.....	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	65
ประวัติผู้เขียน.....	81



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ประเภทของการใช้งานที่ได้รับอนุมัติโดย FCC.....	10
3.1 ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับขกเว้น ไม่ต้องได้รับใบอนุญาต.....	20
3.2 เปรียบเทียบรายละเอียดของมาตรฐาน IEEE 802.11.....	23
3.3 เปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายในแบบต่างๆ.....	24
4.1 Flag Header ของทีซีพี.....	35
4.2 ข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตมีความไวต่อพารามิเตอร์ต่างๆ.....	39
5.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง.....	49
5.2 อัตราความสำเร็จของงานเปรียบเทียบกับระยะทาง ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps.....	50
5.3 อัตราความสำเร็จของงานและเวลาที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลเปรียบเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ที่ใช้การมอดูเลทตามตำแหน่งของพัลส์ ด้วย อัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps	53
6.1 อัตราความสำเร็จของงานเปรียบเทียบกับระยะทาง ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps.....	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระดับความหนาแน่นแถบกำลังงานในระบบแถบกว้างยิ่งเมื่อเทียบกับระบบอื่น.....	7
2.2 อุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สายที่ใช้ภายในที่พักอาศัย.....	7
2.3 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์ในโดเมนเวลา.....	11
2.4 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิลในโดเมนเวลา.....	11
2.5 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์ดับเลตในโดเมนเวลา.....	12
2.6 สัญญาณที่ทำการมอดูเลตแบบพัลส์ตามขนาด 2 ระดับ.....	13
2.7 สัญญาณที่ทำการมอดูเลตทางตำแหน่งของพัลส์ (PPM).....	13
2.8 สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแบบสองเฟส.....	13
3.1 แผนผังการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์.....	15
3.2 โทโปโลยีแบบดาว แบบบัส และแบบวงแหวน.....	17
3.3 ความถี่ย่าน ISM Band (Industrial Scientific and Medical Band).....	20
4.1 ลักษณะการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารบนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอค.....	26
4.2 การใช้งาน ad hoc Bluetooth network.....	27
4.3 การเชื่อมโยงระหว่างกันของเครือข่าย Bluetooth PAN 4 เครือข่าย.....	30
4.4 โครงสร้างของทีซีพีไอพีโปรโตคอล.....	32
4.5 UDP Header.....	34
4.6 TCP Header.....	34
4.7 กลไกการทำงานของทีซีพีไอพีโปรโตคอล.....	36
4.8 กลไกการส่งแพ็กเก็ตเข้าของทีซีพีไอพีโปรโตคอล.....	37
4.9 ตัวอย่างการหาเส้นทางด้วยวิธี Dynamic Source Routing (DSR).....	40
4.10 ตัวอย่างการหาเส้นทางด้วยวิธี Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV).....	41
5.1 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์เขียนดับเลตในโดเมนเวลา.....	43
5.2 โครงสร้างเครือข่ายที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงานของระบบการสื่อสารแบบแถบ กว้างยิ่ง บนช่องสัญญาณ AWGN.....	45
5.3 แผนผังการนำเสนอการจำลองการทำงานของระบบ โดยที่ (a) การสื่อสารข้อมูลแบบ Single - Hop (b) การสื่อสารข้อมูลแบบ Double – Hop.....	47
5.4 ภาพต้นฉบับที่ใช้สำหรับการจำลองการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง โดยรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลล์ ในรูปแบบภาพขาวดำ.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps.....	49
5.6 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps.....	50
5.7 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps.....	51
5.8 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเมื่อเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps.....	52
5.9 การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายในลักษณะของ Single Hop.....	54
5.10 ภาพที่รับได้ที่โหนดปลายทาง การจำลองการส่งข้อมูลแบบ Single Hop จากโหนดต้นทางไป ยังโหนดปลายทางที่ระยะทาง 10 เมตร โดยมีอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ซึ่งรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลต์ ในรูปแบบภาพขาวดำ.....	54
5.11 การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายในลักษณะของ Single Hop.....	55
5.12 ภาพที่รับได้ที่โหนดปลายทาง การจำลองการส่งข้อมูลแบบ Double Hop จากโหนดต้นทางไป ยังโหนดปลายทางที่ระยะทาง 10 เมตร โดยมีอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ซึ่งรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลต์ ในรูปแบบภาพขาวดำ.....	55

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบการสื่อสารไร้สายได้เข้ามามีบทบาทในการสื่อสารข้อมูลมากขึ้น เนื่องจากความสะดวกในการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สื่อสาร หรือระหว่างเครือข่ายด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ภายในอาคาร ภายในสำนักงาน หรือแม้กระทั่งภายในบ้าน ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายเฉพาะที่ (Wireless Local Area network: WLAN) การเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายบริเวณส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network: WPAN) ซึ่งเป็นระบบการสื่อสารระยะสั้นที่มีความต้องการอัตราการส่งข้อมูลที่สูง เพื่อรองรับระบบมัลติมีเดีย ซึ่งความต้องการเหล่านี้ได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อหาเทคโนโลยีที่สามารถรองรับความต้องการเหล่านี้ จึงได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง (Ultra Wideband: UWB) เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น 1) จำนวนข้อมูลที่ส่งได้ 2) อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล 3) จำนวนผู้ใช้ของระบบ 4) ระยะทางที่สามารถส่งได้ และ 5) ความสามารถในการใช้งานร่วมกัน โดยที่แนวโน้มที่สำคัญที่ทำให้มีการนำระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งมาใช้งานคือ

1. ความต้องการที่เพิ่มขึ้นของการสื่อสารข้อมูลไร้สายในอุปกรณ์แบบพกพา
2. ความต้องการแบนด์วิดท์ที่สูงขึ้นแต่ราคาที่ถูกลง และมีการใช้พลังงานที่ต่ำ
3. การเติบโตของการใช้งานอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง ในบ้านที่พกพาและตามสถานที่ต่างๆ
4. ความต้องการความถูกต้องและแม่นยำในการสื่อสารข้อมูล

ซึ่งในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งได้ถูกนำมาใช้งานในการสื่อสารระบบเรดาร์และการสื่อสารทางทหาร แต่เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ปีค.ศ.2002 คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร (Federal Communications Commission: FCC) ได้กำหนดข้อกำหนดของการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งให้ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล จึงทำให้ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งเป็นที่น่าสนใจของระบบเครือข่ายแบบไร้สาย จุดเด่นของการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งนี้คือ ใช้ต้นทุนในการผลิตที่ต่ำลง ใช้กำลังงานส่งต่ำ และมีอัตราการส่งข้อมูลสูง FCC ได้กำหนดแบนด์วิดท์สำหรับการสื่อสารข้อมูลที่ 7.5 GHz ในช่วงความถี่ที่ 3.1-10.6 GHz กำลังงานสูงสุดที่ -41.3 dBm/MHz ภายใต้ข้อกำหนด path 15 noise limit [1] การนำระบบแถบกว้างยิ่ง ไปประยุกต์ใช้งานจะเป็นประเภทโครงข่ายไร้สายพื้นที่ส่วนบุคคล (WPAN) ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.15.3a [2] ด้วยความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่ร้อยล้านบิตต่อวินาทีจนถึงพันล้านบิตต่อวินาทีที่ระยะทางตั้งแต่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 10 เมตร แต่สำหรับการสื่อสารที่มีระยะทาง 20 เมตรขึ้นไปประสิทธิภาพในการสื่อสารก็จะลดลงเช่นเดียวกับระบบของเทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สาย (WLAN) [3]-[4]

องค์กร IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ได้เริ่มจัดทำร่างมาตรฐานสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่านโครงข่ายระยะใกล้เมื่อปลายปีค.ศ.2002 ซึ่งเรียกว่า WPAN โดยมาตรฐานนี้เรียกว่า IEEE802.15 และมีมาตรฐานย่อยทั้งสิ้นอีก 4 มาตรฐาน ได้แก่

1. IEEE 802.15.1 ศึกษาการร่างมาตรฐานชั้นกายภาพ (Physical layer) และ Media Access Control (MAC) สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบบลูทูธ (Bluetooth) ที่ใช้กันปัจจุบัน

2. IEEE 802.15.1 ศึกษาผลกระทบการใช้งานและการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย WPAN กับ WLAN และระบบสื่อสารไร้สายอื่นๆ เช่น ระบบโทรศัพท์ GSM, CDMA และ GPS เป็นต้น

3. IEEE 802.15.3 ศึกษาการร่างมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีอัตราการรับส่ง ข้อมูลสูงมาก (11 Mbps ถึง 55 Mbps) ที่มีระยะการรับส่งข้อมูลไม่เกิน 20 เมตร และมีการใช้พลังงานประมาณ ไม่เกิน 0.5 mW โดยมีการจัดทำร่างมาตรฐานย่อยเรียกว่า IEEE 802.15.3a สำหรับการรับส่งข้อมูลที่มีอัตราสูง มากกว่า 100 Mbps สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีระยะใกล้กว่า (ไม่เกิน 10 เมตร) ซึ่งร่างมาตรฐานของผู้เสนอ หลายรายมีอัตราการรับส่งข้อมูล สูงสุดมากกว่า 1 Gbps การประยุกต์ใช้งานของโครงข่าย WPAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a นั้นคาดว่าจะใช้กับโครงข่ายข้อมูลระยะใกล้เช่น เป็นมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC ของ Wireless USB โครงข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายภายในบ้านหรือสำนักงานขนาดเล็ก หรือเหมาะสมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ต้องการการรับส่งข้อมูลในปริมาณที่สูงมาก เช่น เครื่องเล่นดีวีดี โทรศัพท์ที่มีความละเอียดสูง เป็นต้น

4. IEEE 802.15.4 ศึกษาการร่างมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีอัตราการรับส่ง ข้อมูลไม่สูงมากประมาณ 1 ถึง 5 Mbps แต่มีการใช้พลังงานต่ำเป็นพิเศษ ประมาณ 100 μ W (แบตเตอรี่มีอายุ ใช้งานได้หลายเดือนหรือหลายปี) ซึ่งจะเป็นมาตรฐานสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องถ่ายรูป เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา และเครื่องเล่นเพลง MP3 เป็นต้น

วิทยานิพนธ์นี้ต้องการศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการแบบ TCP บนเครือข่ายแบบแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง โดยการจำลองการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 110 Mbps ที่ระยะทาง 10 เมตร เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบการสื่อสาร ซึ่งการรับประกันคุณภาพนี้ได้รวมถึงค่าอัตราความผิดพลาดบิต (Bit Error Rate: BER) อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ (Packet Error Rate) อัตราความสำเร็จของงาน (Throughput) และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร (Transmission Delay) เพื่อจะเป็นตัวยืนยันว่าระบบสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ และตรงตามข้อกำหนด นอกจากนี้ยังได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำเสนอเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้งานกับระบบเครือข่ายการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบที่ได้อยู่แล้ว ให้สามารถใช้งาน ได้ดียิ่งขึ้นไป

1.1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ต้องการศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการแบบ TCP บนเครือข่ายแบบแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งจะจำลองการส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่กลางและแบนด์วิดท์ตามที่ FCC กำหนด ด้วยความเร็ว 110 Mbps จากต้นทางไปยังปลายทางที่ระยะทางต่างๆ กันตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร โดยได้คำนึงถึงค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร เพื่อหาประสิทธิภาพของการสื่อสารที่ระยะทางต่างๆ กัน

หากเปรียบเทียบระบบนี้กับเทคโนโลยีอย่าง Wi-Fi หรือ Bluetooth แล้วก็จะพบว่า ระบบแถบกว้างยิ่งจะมีประสิทธิภาพเหนือกว่าเทคโนโลยีดังกล่าว ทั้งด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูล การใช้พลังงานที่ต่ำกว่า รวมถึงความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ดีกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ โดยระบบแถบกว้างยิ่งจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 480 Mbps ที่ระยะทางประมาณ 2 เมตร และความเร็ว 110 Mbps ที่ระยะทางประมาณ 10 เมตร ในขณะที่ Wi-Fi สามารถรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 54 Mbps และหากเปรียบเทียบกับ Bluetooth ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมสำหรับเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล ซึ่งในปัจจุบันนั้นระบบแถบกว้างยิ่งสามารถรับส่งข้อมูลด้วยความเร็วที่สูงกว่า Bluetooth ถึง 100 เท่า ซึ่งความเร็วขนาดนี้ระบบแถบกว้างยิ่งจึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ประเภทสร้างความบันเทิงภายในบ้านและสำนักงาน

1.2 สมมติฐานของการศึกษา

สำหรับการศึกษาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ตั้งสมมติฐานของข้อมูลที่เครื่องรับปลายทางว่า เมื่อการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็ว 110 Mbps ที่ระยะทาง 10 เมตร จะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้น และจะสามารถแก้ไขความผิดพลาดจากการสื่อสารเหล่านั้นได้อย่างไร ด้วยเทคนิคการสื่อสารต่างๆ ที่มีใช้กันอยู่ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารด้วยอัตราการส่งข้อมูลที่สูง และได้ระยะทางที่ไกลขึ้นหรือไม่

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการสื่อสารข้อมูลในระบบแถบกว้างยิ่ง จะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ โดยใช้ Gaussian doublet pulse มาใช้สำหรับการสื่อสาร โดยนำข้อมูลมาเรียงให้อยู่ในรูปแบบของแพ็กเกจข้อมูลโดยอาศัยหลักการของทีซีพีโพรโตคอลเป็นโพรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูล โดยอาศัยการส่งผ่านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลไปยังจุดต่อจุดในรูปแบบของเครือข่ายแอดฮอค โดยจะคำนึงถึงเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำการเชื่อมต่อ เพื่อที่จะส่งข้อมูลไปยังปลายทาง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ในส่วนของวิทยานิพนธ์ ได้ทำการศึกษาในเรื่องของการรับประกันคุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง โดยให้ความสำคัญกับอัตราความสำเร็จของงาน (Throughput) ซึ่งการควบคุมคุณภาพการสื่อสารจะคำนึงถึงค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสารสำหรับวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแถบกว้างยิ่งที่อาศัยการกระโดดทางเวลา โดยใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 110 Mbps โดยใช้โครงสร้างของแพ็กเกจข้อมูลจากทฤษฎีพีโพรโตคอล ซึ่งค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ จะหาจากการส่งข้อมูลที่ระยะต่างๆ กันที่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร และอาศัยเทคนิคการส่งข้อมูลซ้ำ เพื่อให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายดีขึ้น โดยจะได้นำเสนอถึงหลักการสื่อสารของเทคโนโลยีแถบกว้างยิ่ง และการสื่อสารไร้สายบนเครือข่ายแอดฮอค

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการศึกษาถึงการรับประกันคุณภาพของเครือข่ายการสื่อสารบนแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งจะจำลองการส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่กลางและแบนด์วิดท์ตามที่กำหนด ด้วยความเร็ว 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps จากต้นทางไปยังปลายทางที่ระยะทางต่างๆ กันตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร เพื่อหาประสิทธิภาพของการสื่อสารที่ระยะทางต่างๆ กัน จากนั้นได้ทำการจำลองการสื่อสารในรูปแบบของการเชื่อมต่อจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยผ่านทางอุปกรณ์ที่เป็นสื่อกลางเพื่อใช้ส่งต่อข้อมูล ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในหลายๆ วิธีที่จะนำมาช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย การเปรียบเทียบวิธีที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งประกอบด้วยบทนำ จุดเด่นของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง กฎข้อบังคับของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง รูปแบบของสัญญาณในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง เทคนิคการมอดูเลตในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง และบทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีของเครือข่ายการสื่อสาร ประกอบไปด้วยบทนำ ระบบเครือข่าย เครือข่ายไร้สาย เครือข่ายไร้สายพื้นที่ส่วนบุคคล และบทสรุป

บทที่ 4 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของเครือข่ายการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอค ซึ่งจะประกอบไปด้วยบทนำ รูปแบบการใช้งาน สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเครือข่ายการสื่อสารแบบแอดฮอค ทีซีพีโปร โดคอล คุณภาพของการให้บริการ คุณภาพของการให้บริการการค้นหาเส้นทาง และบทสรุป

บทที่ 5 กล่าวถึงขั้นตอนการวิเคราะห์และการจำลองการทำงาน ประกอบไปด้วยบทนำ แบบจำลองการส่งผ่านข้อมูล ระบบเครือข่าย ขั้นตอนการจำลองการทำงาน พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงาน ผลการทดลอง และบทสรุป

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ ซึ่งประกอบไปด้วยบทสรุปของแบบจำลองการส่งผ่านข้อมูล ระบบเครือข่าย ประสิทธิภาพของเครือข่าย ประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแอดฮอค ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา



บทที่ 2

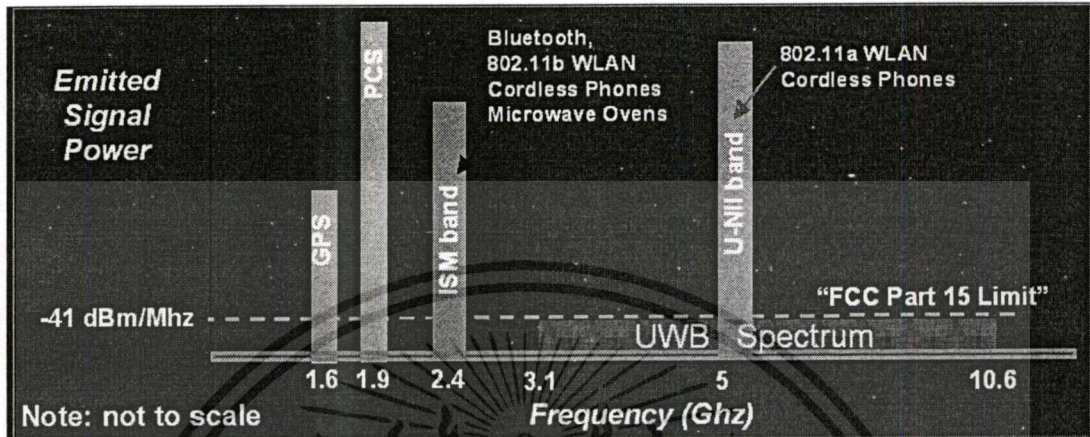
ระบบสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

2.1 บทนำ

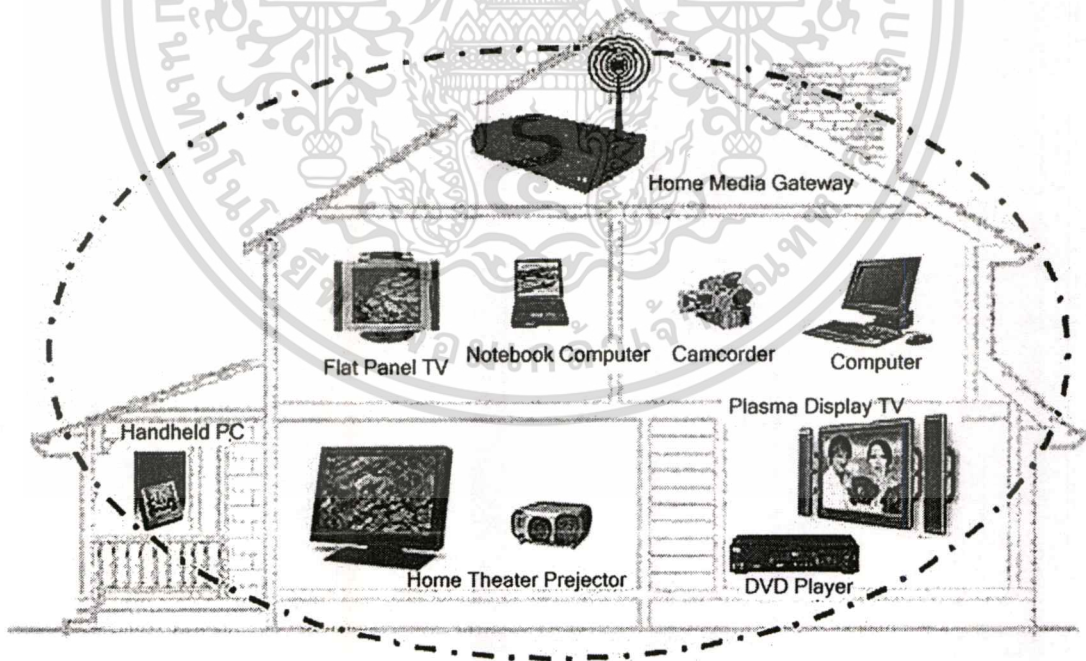
ในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง (Ultra Wideband: UWB) ถูกนำมาใช้งานในการสื่อสารระบบเรดาร์ และการสื่อสารทางทหาร แต่เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ ปีค.ศ.2002 คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร (Federal Communications Commission: FCC) ได้กำหนดข้อกำหนดของการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งให้ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล จึงทำให้ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งเป็นที่น่าสนใจของระบบเครือข่ายแบบไร้สาย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของสวิทช์ตัดต่อความเร็วสูง (high-speed switching) ทำให้ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งได้รับความสนใจสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการสื่อสารประเภทต่างๆ มากขึ้น โดยการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งนั้น นับได้ว่าเป็นวิวัฒนาการของระบบการสื่อสารไร้สาย โดยมีการใช้แถบความถี่ในการส่งที่กว้างมากประกอบกับใช้กำลังส่งที่น้อย ซึ่งสัญญาณของระบบแถบกว้างยิ่งนั้นมีความแตกต่างกับระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอยู่ 2 ประการ คือ การส่งสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งนั้นจะทำการส่งสัญญาณในลักษณะที่เป็นอิมพัลส์ โดยไม่มีการนำเอาสัญญาณข้อมูลไปทำการมอดูเลตกับสัญญาณพาห้ อีกประการหนึ่งสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งจะมีสัดส่วนของแบนด์วิดท์ในการส่งมากกว่าหรือเท่ากับ 20 % ของแถบความถี่กลาง หรือมีการใช้แถบความถี่มากกว่าหรือเท่ากับ 500 MHz ซึ่งจะพบว่ามีความกว้างของแถบความถี่ของระบบการสื่อสารไร้สายที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมาก โดยที่ทาง FCC ได้กำหนดแถบความถี่ที่ใช้ในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งไว้ที่ 3.1 GHz ถึง 10.6 GHz ซึ่งมีแบนด์วิดท์เท่ากับ 7.5 GHz [5] จากการที่ระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งใช้แถบความถี่ที่กว้างมาก โดยที่แถบความถี่ที่ใช้นั้นได้มีการซ้อนทับกับระบบการสื่อสารแบบความถี่แคบที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งทาง FCC ได้กำหนดระดับความหนาแน่นของกำลังส่งต่อความถี่ในการส่งสัญญาณในระบบแถบกว้างยิ่งไว้ไม่เกิน -41.3 dBm/MHz ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ทั้งนี้หากเปรียบเทียบระบบนี้กับเทคโนโลยีอย่าง Wi-Fi หรือ Bluetooth แล้วก็จะพบว่าระบบแถบกว้างยิ่งจะมีประสิทธิภาพเหนือกว่าเทคโนโลยีดังกล่าวทั้งด้านความเร็วในการรับส่งข้อมูลการใช้พลังงานที่ต่ำกว่ารวมถึงความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ดีกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ โดยระบบแถบกว้างยิ่งจะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 480 Mbps ที่ระยะทางประมาณ 2 เมตร และความเร็ว 110 Mbps ที่ระยะทางประมาณ 10 เมตรดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในขณะที่ Wi-Fi สามารถรับส่งข้อมูลสูงสุดที่ 54 Mbps และหากเปรียบเทียบกับ Bluetooth ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมสำหรับเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล ในปัจจุบันนั้นระบบแถบกว้างยิ่งจะมีอัตราการรับส่งข้อมูลที่สูงกว่าอีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับส่งข้อมูลสูงกว่า Bluetooth ถึง 100 เท่า ซึ่งด้วยความเร็วในระดับดังกล่าวระบบแถบกว้างยิ่งจึงเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ประเภทสร้างความบันเทิงภายในบ้าน (Home Entertainment)



รูปที่ 2.1 ระดับความหนาแน่นแถบกำลังงานในระบบแถบกว้างยิ่งเมื่อเทียบกับระบบอื่น



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์เชื่อมต่อไร้สายที่ใช้ภายในที่พักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 จุดเด่นของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

ถ้าจะกล่าวถึงระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งซึ่งจะรวมถึง อิมพัลส์ (Impulse) พัลส์แคบ (short – pulse) สัญญาณที่ไม่ใช่ไซน์ซอซด์ (non – sinusoidal) สัญญาณที่ปราศจากคลื่นพาห้ (carrier less) แถบกว้างยวดยิ่ง (super wideband) การอัดพัลส์แบบเอฟเอมอย่างรวดเร็ว (fast frequency chirp) และพัลส์แบบโมน (mono – pulse) [6] ซึ่งจุดเด่นที่น่าสนใจสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ใน ระบบสื่อสารอาทิเช่น

- เป็นระบบที่มีความซับซ้อนน้อยและมีต้นทุนต่ำ

เนื่องจากความซับซ้อนน้อยและต้นทุนที่ต่ำของระบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยทาง ลักษณะเบสแบนด์ (Base band) ของการส่งสัญญาณซึ่งไม่เหมือนกับระบบการส่งสัญญาณวิทยุแบบ อื่นๆ โดยที่เครื่องส่งจะทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณน้อยมากๆ ในโดเมน ทางเวลา ซึ่งสามารถที่จะแพร่กระจายคลื่นออกไปโดยปราศจากการเพิ่มความถี่วิทยุหรือคลื่นพาห้ รวมเข้าไป และในส่วนของกรรวมสัญญาณวิทยุ นั้น จะเป็นการนำเอาสัญญาณเบสแบนด์รวมเข้า ไปกับคลื่นพาห้เพื่อย้ายสัญญาณไปยังแถบความถี่ที่มีคุณลักษณะในการแพร่กระจายคลื่นตาม ต้องการ ซึ่งสัญญาณจะถูกแพร่กระจายได้ดีโดยปราศจากความถี่ในการเพิ่มการแปลงความถี่ ให้สูงขึ้น (up – conversion) และการเพิ่มกำลังให้สูงขึ้น (Amplification) โดยในการเปลี่ยนแปลง ความถี่ลง (down – conversion) และตัวผลิตความถี่ (local oscillator) จึงไม่จำเป็นในเครื่องรับแบบ แถบกว้างยิ่งด้วยเช่นกัน ทำให้ลดความซับซ้อนของระบบและต้นทุนในการผลิตลงไป

- มีระดับของสัญญาณใกล้เคียงกับสัญญาณรบกวน (noise)

เนื่องจากความหนาแน่นของพลังงานต่ำ และลักษณะเฉพาะในการสุ่มเทียม (Pseudo-random) ของสัญญาณส่ง จึงทำให้สัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งนี้มีลักษณะคล้ายกับสัญญาณรบกวน ซึ่งทำให้การตรวจหาสัญญาณทำได้ยาก และยังปรากฏในเอกสารทางการวิจัยว่าการส่งสัญญาณ แบบแถบกว้างยิ่งนั้น ไม่ก่อให้เกิดผลการแทรกสอดของสัญญาณที่มีต่อระบบคลื่นความถี่วิทยุอื่นๆ เนื่องจากสัญญาณของระบบแถบกว้างยิ่งนั้นมีการแพร่กระจายกำลังงานในระดับต่ำประมาณระดับ ของสัญญาณรบกวน (noise floor) จึงทำให้ระบบอื่นมองว่าสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งนี้คือสัญญาณ รบกวน

- มีความต้านทานต่อคลื่นหลายวิถี (Multi path) และการรบกวนของสัญญาณใกล้เคียง

ในระบบการมอดูเลตทางเวลา (Time modulation) แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะทำ การส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงในระดับหลักร้อยเมกะบิตต่อวินาที อีกทั้งยังได้ถูกประเมินในส่วน ของจำนวนของผู้ใช้งานในระบบการสื่อสารแบบคลื่นวิทยุแบบอิมพัลส์ ว่าได้จำนวนที่มากกว่า ระบบทั่วไป และเนื่องด้วยแบนด์วิธของสัญญาณส่งที่กว้าง จึงทำให้ได้รับผลจากคลื่นหลายวิถี อย่างมาก เมื่อระบบมีแบนด์วิธที่กว้างนั้นทำให้เกิดความแตกต่างทางความถี่อย่างมาก ซึ่งรวมเข้า กับการส่งสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง จึงทำให้สัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งที่มีการมอดูเลตทางเวลานั้นมี

ความต้านทานต่อการแพร่กระจายของคลื่นหลายวิธีที่รุนแรง และการรบกวนหรือแทรกสอดจากสัญญาณความถี่ใกล้เคียงได้

- มีความละเอียดสูงในโดเมนเวลา สำหรับการกำหนดตำแหน่งและการประยุกต์ใช้ในระบบติดตาม (Tracking)

ด้วยพัลส์ที่มีลักษณะทางโดเมนเวลาที่แคบมากๆ หรือเป็นพัลส์ที่มีความกว้างของสัญญาณน้อยมาก นั้นหมายถึง ระบบคลื่นวิทยุแบบแถบกว้างยังมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถควบคุมจังหวะและคำนวณเวลาได้อย่างถูกต้องแม่นยำมากกว่าระบบดาวเทียมบอกพิกัด (Global Positioning System: GPS) และระบบคลื่นวิทยุแบบอื่นๆ อีกทั้งด้วยคุณสมบัติในการแพร่กระจายผ่านวัสดุได้ดี จึงทำให้สัญญาณแบบแถบกว้างซึ่งมีการมอดูเลตทางเวลาถูกนำมาใช้งานในระบบเรดาร์ระยะสั้น

2.3 กฎข้อบังคับของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นในการสื่อสาร UWB นั่นก็คือการจัดสรรความถี่ในการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อเป็นการตอบสนองทางเทคโนโลยีและความต้องการเชิงพาณิชย์นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดการแทรกสอดกันกับระบบการสื่อสารเดิมที่มีใช้กันอยู่ก่อน ซึ่งในแต่ละประเทศได้มีการกำหนดกฎข้อบังคับในการใช้งานของระบบ UWB ไปตามความเหมาะสมของกิจการโทรคมนาคมของประเทศนั้นๆ เช่น ประเทศญี่ปุ่น ประเทศทางกลุ่มสหภาพยุโรป ประเทศสหรัฐอเมริกา และอีกหลายประเทศที่กำลังพัฒนากฎข้อบังคับของระบบการสื่อสาร UWB นี้

2.3.1 กฎข้อบังคับของระบบ UWB ในสหรัฐอเมริกา

ตามมติที่ประชุมทาง FCC ได้อนุญาตให้ใช้เทคโนโลยีสื่อสาร UWB ครั้งแรกในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 2002 โดยได้กำหนดการทำงานของอุปกรณ์เทคโนโลยี UWB ได้แบ่งชนิดตามการประยุกต์ใช้งาน และยังได้กำหนดกฎข้อบังคับขึ้นมาอย่างเข้มงวดเพื่อเป็นการยืนยันว่าเทคโนโลยีสื่อสาร UWB จะไม่ไปแทรกสอดกับระบบการบริการสื่อสาร RF อื่นๆ และให้ได้รับผลประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีนี้ได้อย่างเต็มที่

ข้อกำหนด FCC ได้อนุญาตให้อุปกรณ์ของระบบสื่อสาร UWB สามารถทำงานภายใต้การยกเว้นการอนุญาตในส่วนที่ 15 ของกฎ FCC และยังได้กำหนดเกี่ยวกับการควบคุมกำลังและการทำงานบางอย่าง FCC ได้กำหนดขอบเขตการแผ่กระจายของความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังสำหรับการใช้งานระบบการสื่อสาร UWB ให้แบนด์วิดท์เชิงเศษส่วนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.2 หรือมีแบนด์วิดท์มากกว่าหรือเท่ากับ 500 MHz สำหรับกฎข้อบังคับของ FCC ได้จัดชนิดตามการใช้งานของอุปกรณ์ UWB ที่ย่านความถี่ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ประเภทของการใช้งานที่ได้รับอนุมัติโดย FCC

การประยุกต์ใช้งาน	แถบความถี่การทำงาน
ระบบการสื่อสารและระบบการวัด	3.1 – 10.6 GHz
ระบบการสร้างภาพและเรดาร์ทะลุพื้น	< 960 MHz หรือ 3.1 – 10.6 GHz
ระบบทะลุกำแพง	< 960 MHz หรือ 1.99 – 10.6 GHz
ระบบประเวศระวังภัย	1.99 – 10.6 GHz
ยานพาหนะ	24 – 29 GHz

2.4 รูปแบบของสัญญาณในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

2.4.1 คำจำกัดความของสัญญาณแถบกว้างยิ่ง

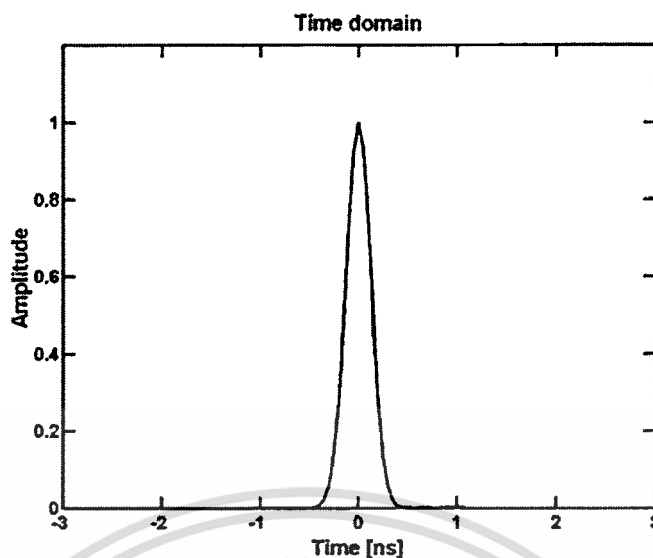
ถ้าจะกล่าวถึงลักษณะเฉพาะ โดยทั่วไปของสัญญาณแถบกว้างยิ่งและระบบของสัญญาณแล้วก็น่าจะเกี่ยวกับการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งและระบบการวัด เช่น การสื่อสารความเร็วสูงภายในบ้านหรือแม้กระทั่งอุปกรณ์เครือข่ายทางธุรกิจ โดยอุปกรณ์นั้นต้องทำงานอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 3.1 ถึง 10.6 GHz ซึ่งอุปกรณ์นั้นจะถูกออกแบบเพื่อให้แน่ใจว่าสามารถที่จะทำงานได้ภายในอาคารเท่านั้นหรือต้องเข้ากันได้กับอุปกรณ์ขนาดมือถือ ซึ่งอาจจะถูกนำมาใช้ในลักษณะการสื่อสารแบบจุดต่อจุด โดยตัวแพร่กระจายคลื่นแถบกว้างยิ่งนั้นต้องทำการออกแบบและตรวจสอบเพื่อรับรองว่าการแพร่กระจายคลื่นในช่วงแบนด์วิดท์ตั้งแต่ 20 dB ลงมาจากระดับสูงสุดของสเปกตรัมที่กำหนดไว้ต้องอยู่ภายในแถบความถี่ของระบบแถบกว้างยิ่ง อีกทั้งช่วงแบนด์วิดท์ที่น้อยที่สุดวัด ณ ตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับสูงสุดของการแพร่กระจายลงมา 10 dB หรือเท่ากับ 500 MHz โดยระดับที่ยินยอมให้แพร่กระจายกำลังงานสำหรับสัญญาณแบบแถบกว้างยิ่งนั้นถูกกำหนดไว้ที่ -41.3 dBm/MHz ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานกำหนดใช้รูปแบบของสัญญาณในระบบแถบกว้างยิ่ง แต่โดยทั่วไปมักจะนิยมใช้สัญญาณพัลส์แบบเกาส์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และสามารถที่จะแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ของสัญญาณได้ดังนี้

2.4.2 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์

ประเภทของรูปคลื่นที่เรียกว่ารูปคลื่นแบบเกาส์ (Gaussian waveform) นั้นได้มาจากการที่มีนิยามทางคณิตศาสตร์เหมือนกับฟังก์ชันเกาส์ ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงระฆังคว่ำโดยส่วนสำคัญของรูปคลื่นแบบเกาส์นั้นคือพัลส์แบบเกาส์ซึ่งมีนิยามตามสมการที่ 2.1 และแสดงรูปคลื่นของสัญญาณดังรูปที่ 2.3

$$y_g(t) = K_1 e^{-(t/\tau)^2} \quad (2.1)$$

โดยที่ $-\infty < t < \infty$, t คือตัวสเกลทางเวลา (time-scaling) และ K_1 เป็นค่าคงที่ที่กำหนดขนาด



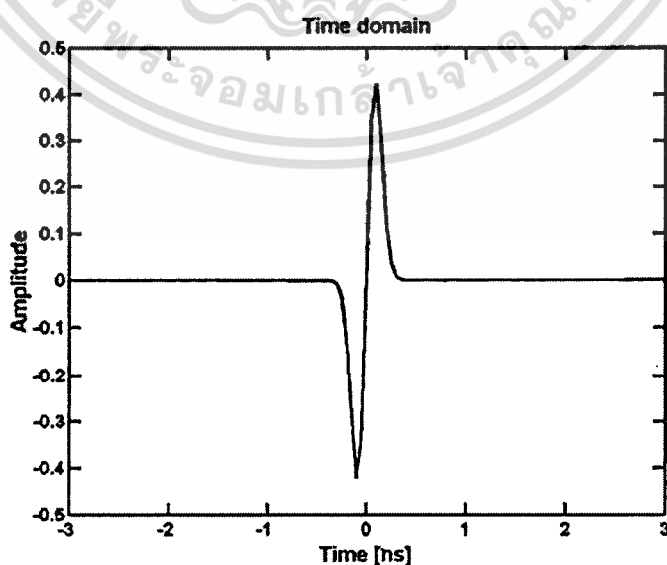
รูปที่ 2.3 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์ในโดเมนเวลา

2.4.3 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิล

สัญญาณพัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิล (Gaussian monocycle) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งของพัลส์แบบเกาส์ ซึ่งมีนิยามตามสมการที่ 2.2 และแสดงรูปคลื่นของสัญญาณดังรูปที่ 2.4

$$y_{g_2}(t) = K_2 \frac{-2t}{\tau^2} e^{-(t/\tau)^2} \quad (2.2)$$

โดยที่ $-\infty < t < \infty$, t คือตัวสเกลทางเวลา (time-scaling) และ K_2 เป็นค่าคงที่ที่กำหนดขนาด



รูปที่ 2.4 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิลในโดเมนเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

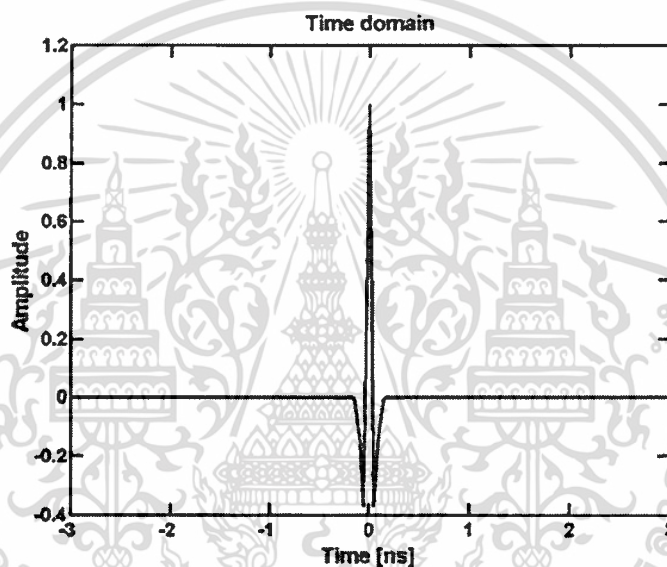
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 สัญญาณพัลส์แบบเกาส์ดับเบิล

สัญญาณพัลส์แบบเกาส์ดับเบิล (Gaussian doublet) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอนุพันธ์อันดับสองของพัลส์แบบเกาส์ ซึ่งมีนิยามตามสมการที่ 2.3 และแสดงรูปคลื่นของสัญญาณดังรูปที่ 2.5

$$y_g(t) = K_3 \frac{-2}{\tau^2} \left(1 - \frac{2t^2}{\tau^2}\right) e^{-(t/\tau)^2} \quad (2.3)$$

โดยที่ $-\infty < t < \infty$, τ คือตัวสเกลทางเวลา (time-scaling) และ K_3 เป็นค่าคงที่ที่กำหนดขนาด



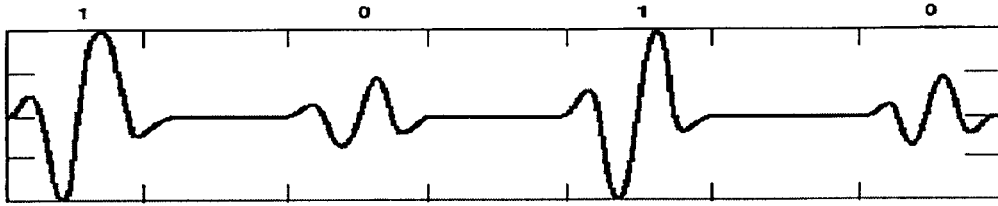
รูปที่ 2.5 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์ดับเบิลใน โดเมนเวลา

2.5 เทคนิคการมอดูเลตในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

การส่งข้อมูลข่าวสารในระบบแถบกว้างยิ่งนั้นมีความจำเป็นต้องทำการเพิ่มส่วนของข้อมูลข่าวสารที่เป็นดิจิทัลเข้าไปในสัญญาณพัลส์แบบอนาล็อกหรือในความหมายของการมอดูเลต โดยที่ระบบแถบกว้างยิ่งนั้นมีวิธีการมอดูเลตอยู่มากมาย ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะขอกกล่าวถึงวิธีการทั่วไปของการมอดูเลตดังนี้

2.5.1 การมอดูเลตทางขนาดของพัลส์

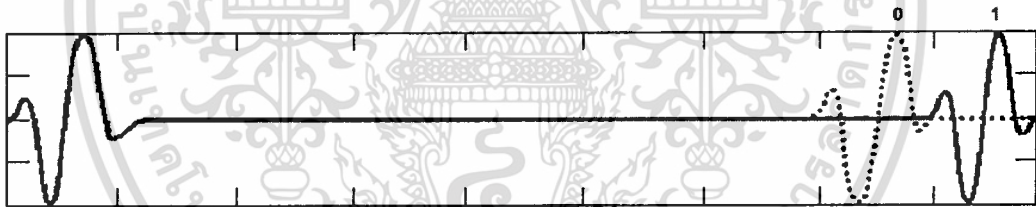
การมอดูเลตสัญญาณทางขนาดของพัลส์ (PAM) นั้นจะอยู่บนพื้นฐานการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลกับขนาดของสัญญาณพัลส์ โดยที่รูปที่ 2.6 จะแสดงถึงสัญญาณแถบกว้างยิ่งที่ทำการมอดูเลตแบบพัลส์ตามขนาด โดยมีทั้งหมด 2 ระดับ



รูปที่ 2.6 สัญญาณที่ทำการมอดูเลตแบบพัลส์ตามขนาด 2 ระดับ

2.5.2 การมอดูเลตทางตำแหน่งของพัลส์

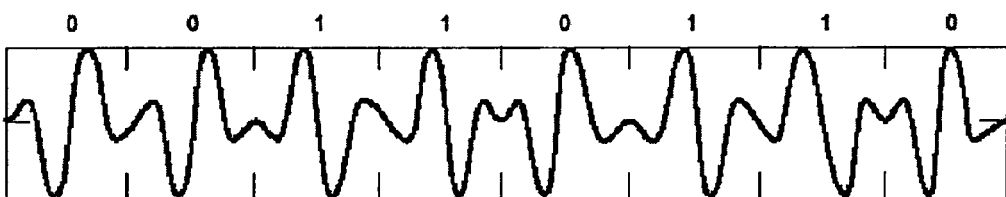
การมอดูเลตสัญญาณพัลส์ทางตำแหน่ง (PPM) นั้นจะทำการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลตามตำแหน่งของสัญญาณพัลส์โดยที่ตำแหน่งของสัญญาณพัลส์ที่ใช้แทนสัญญาณข้อมูลสามารถมีได้สองตำแหน่งหรือมากกว่านั้น โดยในรูปที่ 2.7 จะแสดงถึงการมอดูเลตสัญญาณพัลส์ตามตำแหน่งแบบ 2 ตำแหน่ง โดยในรูปที่ 2.7 นั้นบิต '0' จะแทนตำแหน่งของสัญญาณพัลส์ที่อยู่หลังตำแหน่งปกติ (Nominal- Position) และบิต '1' จะแทนตำแหน่งพัลส์ที่อยู่ก่อนตำแหน่งปกติ โดยช่วงเวลาประวิงเวลาระหว่างตำแหน่งของสัญญาณทั้งสองต้องมีค่าที่มากพอที่จะไม่ทำให้เกิดการแทรกสอดกันระหว่างสัญญาณอิมพัลส์



รูปที่ 2.7 สัญญาณที่ทำการมอดูเลตทางตำแหน่งของพัลส์ (PPM)

2.5.3 การมอดูเลตแบบสองเฟส

การมอดูเลตสัญญาณแบบสองเฟส (Bi-phase) นั้นจะอยู่บนพื้นฐานของการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลตามเฟสของสัญญาณพัลส์โดยที่ในกรณีนี้จะแทนสัญญาณข้อมูลหนึ่งบิตด้วยสัญญาณพัลส์หนึ่งลูกคลื่น ซึ่งการมอดูเลตสัญญาณพัลส์แบบสองเฟสแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแบบสองเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงความเป็นมาของเทคโนโลยี UWB รวมทั้งข้อกำหนดในการใช้งานกฎข้อบังคับต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นช่วงความถี่การใช้งานซึ่งสัมพันธ์กับแบนด์วิดท์ของระบบ ที่กำหนดโดยองค์กรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องอาทิเช่น คณะกรรมาธิการการสื่อสารแห่งสหรัฐอเมริกา (FCC) Ultra-Wideband Working Group (UWBWG) และสถาบันกำหนดมาตรฐานทางโทรคมนาคมแห่งสหภาพยุโรป (ETSI) หรือ สหพันธ์โทรคมนาคมระหว่างประเทศ (ITU) เป็นต้น รวมถึงรูปแบบของสัญญาณที่จะนำมาใช้ในระบบแถบกว้างยิ่งที่ได้แบ่งตามประเภทต่างๆ เช่น พัลส์แบบเกาส์ พัลส์แบบเกาส์โมโนไซเคิลและพัลส์แบบเกาส์ดับเลต เป็นต้น อีกทั้งเทคนิควิธีการมอดูเลตข้อมูลข่าวสารอันประกอบไปด้วย PAM, PPM และ Bi-phase ซึ่งเป็นองค์ความรู้เบื้องต้นของเทคโนโลยีนี้



บทที่ 3

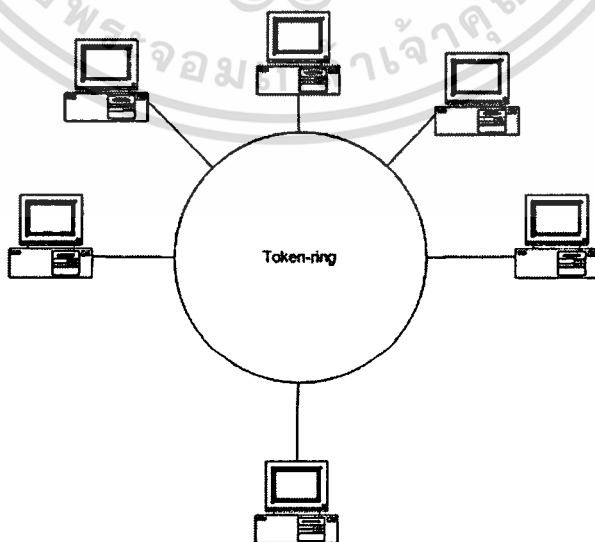
เครือข่ายการสื่อสาร

3.1 บทนำ

เครือข่ายคอมพิวเตอร์ คือ ระบบการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์จำนวนตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป การที่ระบบเครือข่ายมีบทบาทสำคัญมากขึ้นในปัจจุบัน เพราะมีการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย จึงเกิดความต้องการที่จะเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านั้นถึงกัน เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบให้สูงขึ้น และลดต้นทุนของระบบโดยรวมลง การโอนย้ายข้อมูลระหว่างกันภายในเครือข่าย ทำให้ระบบมีขีดความสามารถเพิ่มมากขึ้น การแบ่งการใช้ทรัพยากร เช่น หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยจัดเก็บข้อมูล โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีราคาแพงและไม่สามารถจัดหามาให้ทุกคนได้ เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องกราดภาพ (Scanner) ทำให้ลดต้นทุนของระบบลงได้

เครือข่าย (Network) เป็นการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปเข้าด้วยกัน เพื่อสะดวกต่อการร่วมใช้ข้อมูล โปรแกรม หรือเครื่องพิมพ์ และยังสามารถอำนวยความสะดวกในการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องได้ตลอดเวลา ระบบเครือข่ายจะถูกแบ่งออกตามขนาดของเครือข่าย ซึ่งปัจจุบันเครือข่ายที่รู้จักกันดีมีอยู่ 3 แบบ [7] ได้แก่

- เครือข่ายเฉพาะบริเวณ หรือ แลน (Local Area Network : LAN)
- เครือข่ายวงกว้าง หรือ แวน (Wide Area Network : WAN)
- เครือข่ายระดับเมือง หรือ แมน (Metropolitan area network : MAN)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 แผนผังการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ระบบเครือข่าย

3.2.1 เครือข่ายเฉพาะบริเวณ

เครือข่ายเฉพาะบริเวณ (Local Area Network: LAN) หมายถึงเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เป็นกลุ่มของผู้ใช้กลุ่มเล็กๆ กลุ่มหนึ่ง ปกติจะเป็นเครือข่ายที่มีขอบเขตอยู่ในอาคารเดียวกัน หรือกลุ่มอาคารที่อยู่ติดกัน มีระยะทางไม่เกิน 2-3 กิโลเมตร เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กของพนักงานในองค์กรเข้าด้วยกัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ การใช้อุปกรณ์ส่วนกลางร่วมกัน การใช้โปรแกรมและข้อมูลร่วมกัน และการรับ-ส่งข้อมูลข่าวสารอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างกัน เครือข่ายเฉพาะบริเวณมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากระบบอื่นๆ 3 ประการคือ 1. ขนาด 2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูล และ 3. รูปแบบการจัดโครงสร้างของระบบ

เครือข่ายเฉพาะบริเวณถูกจำกัดด้วยขนาด ซึ่งหมายถึงจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ระบบที่มีการวางแผนอย่างดีนั้นเวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลก็จะสามารถคำนวณได้ล่วงหน้าซึ่งจะใกล้เคียงกับความจริงมาก ความสามารถในการคำนวณได้ล่วงหน้านี้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญส่วนหนึ่งที่น่ามาใช้ในการออกแบบระบบงานให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังทำให้การบริหารเครือข่ายง่ายขึ้นอีกด้วย

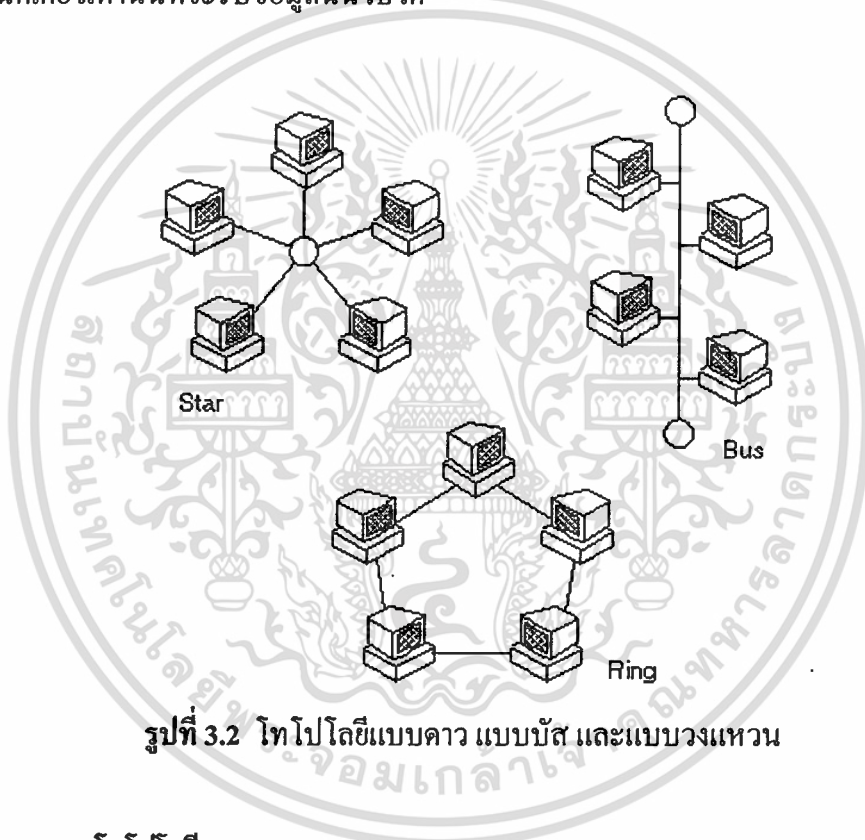
3.2.1.1 โทโปโลยีแบบดาว (Star)

มีหลักการส่งและรับข้อมูล เหมือนกับระบบโทรศัพท์ การควบคุมจะทำโดยสถานีศูนย์กลาง ทำหน้าที่เป็นตัวสวิตซ์ ข้อมูลทั้งหมดในระบบเครือข่ายจะต้องผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง (Center Computer) ลักษณะการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารที่มีลักษณะคล้ายกับรูปดาว (STAR) หลายแฉก โดยมีศูนย์กลางของดาว หรือฮับเป็นจุดผ่านการติดต่อกันระหว่างทุกโหนดในเครือข่าย ศูนย์กลางจึงมีหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมเส้นทางการสื่อสาร ทั้งหมดทั้งภายใน นอกจากนี้ศูนย์กลางยังทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางข้อมูลอีกด้วย การสื่อสารภายในเครือข่ายแบบ STAR จะเป็นแบบ 2 ทิศทางโดยจะอนุญาตให้มีเพียงโหนดเดียวเท่านั้นที่สามารถส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายได้ จึงไม่มีโอกาสที่หลาย ๆ โหนดจะส่งข้อมูลเข้าสู่เครือข่ายในเวลาเดียวกัน เพื่อป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูล

3.2.1.2 โทโปโลยีแบบบัส (Bus)

ในระบบเครือข่าย LAN โทโปโลยีแบบ BUS นับว่าเป็นแบบโทโปโลยีที่ได้รับความนิยมใช้กันมากที่สุดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เหตุผลอย่างหนึ่งก็คือสามารถติดตั้งระบบ ดูแลรักษา และติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้ง่าย ไม่ต้องใช้เทคนิคที่ยุ่งยากซับซ้อน ลักษณะการทำงานของเครือข่ายโทโปโลยีแบบ BUS คืออุปกรณ์ทุกชิ้นหรือโหนดทุกโหนด ในเครือข่ายจะต้องเชื่อมโยงเข้ากับสายสื่อสารหลักที่เรียกว่า "บัส" (BUS) เมื่อโหนดหนึ่งต้องการจะส่งข้อมูลไปให้ยังอีกโหนดหนึ่งภายในเครือข่าย ข้อมูลจากโหนดผู้ส่งจะถูกส่งเข้าสู่สายบัสในรูปของแพ็กเกจ ซึ่งแต่ละแพ็กเกจ

จะประกอบด้วยตำแหน่งของ ผู้ส่งและผู้รับ และข้อมูล การสื่อสารภายในสายบัสจะเป็นแบบ 2 ทิศทางแยกไปยังปลายทั้ง 2 ด้านของบัส โดยตรงปลายทั้ง 2 ด้านของบัสจะมีเทอร์มินเตอร์ (Terminator) ทำหน้าที่ดูดกลืนสัญญาณ เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณข้อมูลนั้นสะท้อนกลับ เข้ามายัง บัสอีก เป็นการป้องกันการชนกันของสัญญาณข้อมูลอื่น ๆ ที่เดินทางอยู่บนบัส สัญญาณข้อมูลจาก โหนดผู้ส่งเมื่อเข้าสู่บัสจะไหลผ่านไปยังปลายทั้ง 2 ข้างของบัส แต่ละโหนดที่เชื่อมต่อเข้ากับ บัสจะ คอยตรวจสอบว่าตำแหน่งปลายทางที่มากับแพ็คเกจข้อมูลนั้นตรงกับตำแหน่งของตนหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะ รับข้อมูลนั้นเข้ามาสู่โหนดตน แต่ถ้าไม่ใช่ก็จะปล่อยให้สัญญาณข้อมูลนั้นผ่านไป จะเห็นว่าทุก ๆ โหนดภายในเครือข่ายแบบ BUS นั้นสามารถรับรู้สัญญาณข้อมูลได้ แต่จะมีเพียงโหนดปลายทาง เพียงโหนดเดียวเท่านั้นที่จะรับข้อมูลนั้นไปได้



รูปที่ 3.2 โทโปโลยีแบบดาว แบบบัส และแบบวงแหวน

3.2.1.3 โทโปโลยีแบบวงแหวน (Ring)

เครือข่ายแบบ RING เป็นการส่งข้อมูลข่าวสารผ่านไปในเครือข่าย โดยที่ข้อมูลข่าวสารจะ ไหลวนอยู่ในเครือข่ายในทิศทางเดียวเหมือนวงแหวน หรือ RING นั่นเอง โดยไม่มีจุดปลายหรือ เทอร์มินเตอร์เช่นเดียวกับเครือข่ายแบบ BUS ในแต่ละโหนดหรือสแตชันจะมีรีพีตเตอร์ประจำ โหนด 1 เครื่อง ซึ่งจะทำหน้าที่เพิ่มเติมข่าวสารที่จำเป็นต่อการสื่อสาร ในส่วนหัวของแพ็คเกจ ข้อมูลสำหรับการส่งข้อมูลออกจากโหนด และมีหน้าที่รับแพ็คเกจข้อมูลที่ไหลผ่านมาจากสาย สื่อสาร เพื่อตรวจสอบว่าเป็นข้อมูลที่ส่งมาให้โหนดตนหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะคัดลอกข้อมูลทั้งหมดนั้น ส่งต่อไปให้กับโหนดของตน แต่ถ้าไม่ใช่ก็จะปล่อยข้อมูลนั้น ไปยังรีพีตเตอร์ของ โหนดถัดไป

3.2.2 เครือข่ายวงกว้าง

แวน หรือเครือข่ายงานบริเวณกว้าง (Wide area network, WAN) คือ ข่ายงานที่อยู่ห่างไกลกันมาก แต่ติดต่อกันด้วยระบบการสื่อสารทางไกลความเร็วสูง หรือโดยการใช้การส่งสัญญาณ ผ่านดาวเทียมเพื่อเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ให้ติดต่อกันได้ ข่ายงานแต่ละข่ายงานจะอยู่ห่างกันประมาณ 3 กิโลเมตรซึ่งไกลกว่า ข่ายงานบริเวณเฉพาะที่ (LAN) ที่อาจอยู่ภายในอาคารหรือบริเวณมหาวิทยาลัยเดียวกัน แวนไร้สาย (wireless wide area network) ข่ายงานบริเวณกว้างไร้สาย

ข่ายงานวิทยุสำหรับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งเครื่องรับที่ใช้ในการรับและส่งข้อความไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ การกระจายเสียงข่าว และแฟ้มข้อมูล ถึงแม้ในขณะนี้ข่ายงานลักษณะนี้จะมีการทำงานได้ในวงจรมจำกัด เพียงในเนื้อที่เมืองหลวงก็ตาม แต่ในอนาคตเมื่อมีการนำระบบการส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมเข้ามาใช้ ก็จะทำให้ข่ายงานบริเวณกว้างไร้สายนี้สามารถสื่อสารข้อมูลได้ครอบคลุมกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

เครือข่าย สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

3.2.2.1 เครือข่ายส่วนตัว (Private Network)

เป็นการจัดตั้งระบบเครือข่ายซึ่งมีการใช้งานเฉพาะองค์กรที่เป็นเจ้าของเครือข่ายอยู่ เช่น องค์กรที่มีสาขาอาจทำการสร้างระบบเครือข่าย เพื่อเชื่อมต่อระหว่างสำนักงานใหญ่กับสาขาที่มีอยู่เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในระดับกายภาพ (Physical Layer) ของการเชื่อมต่อแบบเครือข่ายส่วนตัวจะยังคงต้องใช้ช่องทางการสื่อสารข้อมูลสาธารณะ เช่น สายโทรศัพท์ สายเช่า ดาวเทียม เป็นต้น

การจัดตั้งระบบเครือข่ายส่วนตัวมีจุดเด่นในเรื่องของการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล สามารถควบคุมดูแลเครือข่ายและขยายเครือข่ายไปยังจุดที่ต้องการ ด้วยข้อเสียคือในกรณีที่ผู้ใช้ได้มีการส่งข้อมูลต่อเนื่องตลอดเวลา จะเสียค่าใช้จ่ายสูงมากเมื่อเทียบกับการส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายสาธารณะ และหากมีการส่งข้อมูลระหว่างสาขาต่าง ๆ จะต้องมีการจัดหาช่องทางสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างแต่ละสาขาด้วย รวมทั้งอาจไม่สามารถจัดหาช่องทางสื่อสารไปยังพื้นที่ที่ต้องการได้

3.2.2.2 เครือข่ายสาธารณะ (Public Data Network)

เครือข่ายสาธารณะ (PDNs) หรือที่บางครั้งเรียกว่า เครือข่ายมูลค่าเพิ่ม (Value Added) เป็นระบบเครือข่ายระยะไกล (WAN) ซึ่งองค์กรที่ได้รับสัมปทานทำการจัดตั้งขึ้น เพื่อให้บุคคลทั่วไปหรือองค์กรอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการวางเครือข่ายเองสามารถแบ่งกันเช่าใช้งานได้ โดยการจัดตั้งอาจทำการวางโครงข่ายช่องทางการสื่อสารเอง หรือเช่าใช้ช่องทางการสื่อสารสาธารณะก็ได้ ระบบเครือข่ายสาธารณะ จะนิยมใช้ในการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายแบบ WAN กันมาก เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าการจัดตั้งเครือข่ายส่วนตัว สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาในการจัดตั้งเครือข่ายใหม่ รวมทั้งมีบริการให้เลือกอย่างหลาย ๆ ซึ่งแตกต่างกันไปทั้งในส่วนของราคา ความเร็ว ขอบเขตพื้นที่บริการ และความเหมาะสมกับงานแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 เครือข่ายระดับเมือง

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ระดับเมือง (Metropolitan Area Network หรือ MAN) เป็นระบบเครือข่ายระดับเมือง คือมีการเชื่อมโยงกันในพื้นที่ ที่กว้างไกลกว่าในระบบ LAN อาจจะเชื่อมโยงกันภายในจังหวัด โดยมีลักษณะการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ที่มีระยะห่างไกลกันในช่วง 5-40 กิโลเมตร ผ่านสายสื่อสารประเภทต่าง ๆ เช่น เส้นใยแก้วนำแสง สายเคเบิลหรือสายโคแอกเชียล

3.3 เครือข่ายไร้สาย

ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายเข้ามาอยู่ในชีวิตประจำวันของเรามากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์มือถือซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป แต่ด้วยเทคโนโลยีของโทรศัพท์มือถือนั้น ออกแบบมาเพื่อสื่อสารด้วยเสียง แต่ในด้านคอมพิวเตอร์แล้วเราต้องการการรับส่งข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งการสื่อสารประเภทนี้จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากกว่าปกติมาก

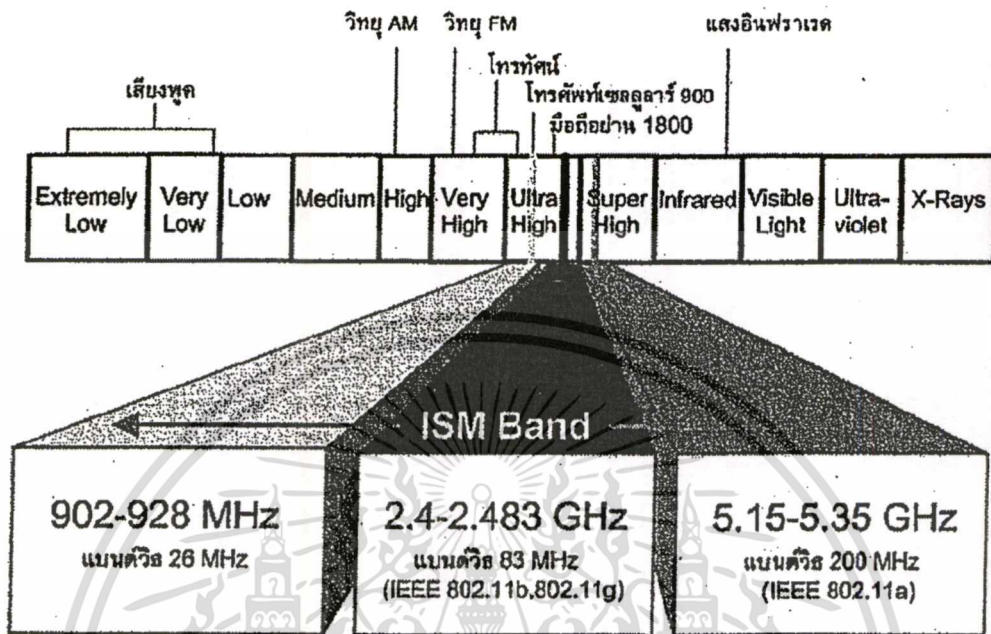
ด้วยความเติบโตของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและความต้องการที่จะติดต่อสื่อสารกันได้ทุกที่ จึงมีผู้พัฒนาเทคโนโลยีเครือข่ายไร้สายมาเพื่อรับส่งข้อมูลรูปแบบต่างๆ อยู่มาก แต่ละประเภทก็เหมาะสมสำหรับงานต่างๆ เช่น เครือข่ายบลูทูธนั้นเหมาะสำหรับติดต่อสื่อสารกันใกล้ๆ ไม่ต้องการความเร็วมากต่างจากเครือข่ายไวร์เลสแลน ที่ออกแบบมาเพื่อรับส่งข้อมูลปริมาณมากๆ หรือเครือข่ายโทรศัพท์มือถือยุคที่ 2 และ 3 ก็ออกแบบมาเพื่อรับส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลๆ ได้ดีกว่าแบบอื่นๆ หรือจะเป็นเครือข่าย WiMax ที่เป็นเครือข่ายสำหรับอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงแบบไร้สายที่ส่งได้ไกลและมีความเร็วสูงอีกด้วย

3.3.1 เครือข่ายเฉพาะบริเวณแบบไร้สาย

ปัจจุบันการเชื่อมโยงข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูลเป็นปัจจัยสำคัญของการดำเนินธุรกิจ ทำให้เทคโนโลยีใหม่ที่กำลังมาแรงขณะนี้ถูกกล่าวถึงอย่างมาก เทคโนโลยีดังกล่าวคือ ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN: WLAN) เป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์หรือเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ไร้สายเข้าด้วยกัน หรือเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) รับส่งข้อมูลแทนสายเคเบิล คลื่นวิทยุที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific and Medical) ดังแสดงในรูปที่ 3.3 [8] ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสามารถใช้งานโดยไม่ต้องขออนุญาต โดยแต่ละประเทศมีช่องสัญญาณที่อนุญาตให้ใช้งานต่างกันสำหรับประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติได้ออกคู่มือประกอบกฎกระทรวงเรื่องกำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมบางประเภทได้รับยกเว้น ไม่ต้องได้รับใบอนุญาต พ.ศ. 2547 ได้กำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้งาน WLAN ในย่านความถี่ 2400-2500 MHz (2.4-2.5 GHz) และมีกำลังส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เกิน 100 mW (แบบ E.I.R.P.) เป็นเครื่องวิทยุคมนาคมที่ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาตทำ มี ใช้ นำเข้า นำออก และค้าซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและตั้งสถานีวิทยุคมนาคม ดังตารางที่ 3.1 [9]



รูปที่ 3.3 ความถี่ย่าน ISM Band (Industrial Scientific and Medical Band) [8]

ตารางที่ 3.1 ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคมที่ ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต

ประเภทเครื่องวิทยุคมนาคม	ความถี่วิทยุ	กำลังส่ง	กฎกระทรวง
เครื่องวิทยุคมนาคมที่ไม่จำกัดลักษณะการใช้งาน เช่น เครื่องบันทึกและอ่านข้อมูลสำหรับสัตว์คีย์บอร์ดไร้สาย เมาท์ไร้สาย โทรศัพท์ไร้สาย วิทยุมือถือ	ต่ำกว่า 135 kHz	ไม่เกิน 150 mW (แบบ E.I.R.P)	ข้อ 2(10) และข้อ 10
เครื่องบังคับวิทยุ เครื่องควบคุมการเปิด/ปิดประตู เครื่องควบคุมระบบไฟหรือวาล์วน้ำ เครื่องพิมพ์ไร้สาย WLAN เครื่องแสดงข้อมูลบุคคล สัตว์หรือสิ่งของ หูฟังไร้สาย เป็นต้น	13.553 – 13.567 MHz	ไม่เกิน 5 mW (แบบ E.I.R.P)	ข้อ 2(11) และข้อ 10
	2400 – 2500 MHz	ไม่เกิน 100 mW (แบบ E.I.R.P)	ข้อ 2(12) และข้อ 10
	26.965 – 27.405 MHz	ไม่เกิน 100 mW	ข้อ 2(3),(4) และข้อ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการจัดเครือข่าย (Topology) ของระบบเครือข่ายไร้สายทาง Physical เป็นแบบ Star คือ มี Access Point เป็นศูนย์กลาง มีเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายอยู่โดยรอบ เชื่อมต่อกับศูนย์กลาง หรือ Access Point โดยตรง ส่วนทาง Logical เป็นแบบ Bus มีการใช้ช่องสัญญาณร่วมกันโดยผลัดกันใช้ (Shared media) เมื่อคอมพิวเตอร์เครื่องใดต้องการสื่อสารกับ Access Point การ์ดเครือข่ายไร้สายในเครื่องนั้นจะคอยฟังสัญญาณในระบบเครือข่ายว่า ไม่มีเครื่องใดกำลังสื่อสารกับ Access Point อยู่ จึงจะส่งข้อมูลสื่อสารออกไป การทำงานของ Access Point เทียบได้กับการทำงานของ Hub ในเครือข่ายใช้สาย คือเมื่อรับข้อมูลทางคลื่นวิทยุจากคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Access Point จะส่งข้อมูลต่อไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทางซึ่งอาจเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สายเดียวกันผ่านคลื่นวิทยุ หรือเป็นคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายใช้สายอีกเครือข่ายหนึ่งผ่านสายเคเบิลที่เชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายก็ได้ การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายไร้สายไม่สามารถสื่อสารกันโดยตรง ต้องสื่อสารผ่าน Access Point ทำให้เสียเวลา เปลืองแบนด์วิดท์ เนื่องจากการสื่อสาร 1 ครั้ง ต้องส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายถึง 2 ครั้ง แต่โดยปกติแล้วการสื่อสารมักเป็นการสื่อสารออกไปยังเครือข่ายใช้สายอื่นมากกว่า เช่น อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง เครื่อง Server ยานความถี่หนึ่งสำหรับการสื่อสารแบ่งออกเป็นหลายช่องความถี่ Access Point กับคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายจะตกลงเลือกใช้ช่องความถี่เดียวกันทั้งเครือข่าย ดังนั้นหากมี Access Point หลายตัวอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน แต่ละเครือข่ายก็จะมีช่องความถี่ที่ใช้สื่อสารของตัวเองแต่หากมีเครือข่ายมากเกินไป ก็ทำให้สัญญาณรบกวนกันได้ ความเร็วการรับส่งข้อมูลขึ้นกับระยะทาง สิ่งรบกวน เช่น อุปกรณ์ไร้สายอื่นที่ใช้คลื่นความถี่ใกล้เคียงกันอย่าง กรณีติดตั้งภายในอาคาร มีผนัง กำแพงเสา ฯลฯ เมื่อคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ห่างจาก Access Point ความเร็วจะลดลงเป็นลำดับ เช่น จาก 11 เป็น 5.5 Mbps เมื่อเคลื่อนออกไปไกลกว่านี้ เหลือ 2 หรือ 1 Mbps หากไกลมากกว่านี้จะรับส่งข้อมูลไม่ได้

3.3.2 เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน 802.11

เครือข่ายไร้สายที่ใช้งานกันส่วนใหญ่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากมาตรฐาน 802.11 สาเหตุที่มาตรฐานนี้ถูกใช้กันมาก ก็เนื่องจากการใช้คลื่นวิทยุที่มีกำลังส่งสูงพอที่จะทะลุทะลวงสิ่งกีดขวางได้ดี สามารถใช้งานในที่ร่มได้ไกลถึง 100 เมตร และกลางแจ้งถึง 400 เมตร และมีความเร็วในการทำงานสูงถึง 11 – 54 Mbps ซึ่งเร็วพอที่จะนำมาใช้แทนระบบเครือข่ายแบบเดิมได้ ซึ่งเครือข่ายไร้สายนี้จะมีด้วยกัน 3 มาตรฐานคือ a, b, g ซึ่งแต่ละตัวมีวิธีการมอดูเลตสัญญาณต่างกัน และใช้ความถี่ต่างกัน จึงมีประสิทธิภาพต่างกันด้วย

3.3.2.1 มาตรฐาน 802.11b

เป็นเครือข่ายไร้สายที่มีผู้นิยมใช้มากที่สุด เป็นเพราะใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz ซึ่งเป็นความถี่เสรีที่ทุกประเภทเปิดให้ใช้โดยอิสระ และการที่ถูกประกาศเป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี 1999 จึงมีผู้รู้จักมากกว่ามาตรฐานอื่นๆ มีความเร็วในการทำงาน 4 ระดับคือ 11, 5.5, 2 และ 1 Mbps เครือข่ายที่ให้บริการอินเทอร์เน็ตไร้สายแบบ hop Spot ส่วนใหญ่จะใช้มาตรฐานนี้ แต่เครือข่ายนี้จะมีปัญหา ก็คือมีความเร็วต่ำที่สุดในบรรดามาตรฐานต่างๆ และมีปัญหาสัญญาณรบกวนค่อนข้างสูง เนื่องจากช่วงความถี่ย่าน 2.4 GHz นี้มีอุปกรณ์ใช้งานอยู่มาก ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ไร้สาย เตาไมโครเวฟ และบลูทูธ เป็นต้น

3.3.2.1 มาตรฐาน 802.11g

เป็นมาตรฐานเครือข่ายไร้สายตัวใหม่ล่าสุดที่เพิ่งเปิดตัวไปเมื่อปลายปี 2003 มีข้อดีเหนือกว่าตัวอื่นๆ คือ มีความเร็วในการทำงานสูงถึง 54 Mbps และมีระยะทางไกลสุดเท่ากับมาตรฐาน 802.11b นอกจากนี้ยังใช้ความถี่ย่าน 2.4 GHz ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่ใช้งานได้เสรี มีความสามารถทำงานร่วมกันกับเครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน 802.11b ได้โดยไม่มีปัญหา

3.3.2.1 มาตรฐาน 802.11a

เป็นมาตรฐานตัวเก่าที่เปิดตัวมาพร้อมกับมาตรฐาน 802.11b ตั้งแต่ต้นปี 1999 แต่ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้เนื่องจากใช้ความถี่ย่าน 5 GHz ซึ่งเป็นย่านที่ไม่ได้เปิดให้ใช้ได้เสรีในทุกๆ ประเทศ ในประเทศไทยย่านความถี่นี้ก็ไม่ได้เปิดให้ใช้เช่นกัน อุปกรณ์เครือข่ายมาตรฐานนี้จึงไม่มีจำหน่ายในเมืองไทย ข้อดีของมาตรฐานนี้คือมีความเร็วในการทำงานสูงถึง 54 Mbps แต่ก็มีข้อเสียคือ ใช้งานได้ไกลสุดประมาณ 50 เมตรเท่านั้น และนอกจากนี้ยังไม่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ในมาตรฐาน 802.11b และ 802.11g ได้เนื่องจากใช้ความถี่ต่างกัน

องค์กรที่กำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หรือ IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineer) ได้กำหนดมาตรฐานเครือข่ายไร้สาย โดยใช้การกำหนดตัวเลข 802.11 แล้วตามด้วยตัวอักษรต่อท้ายจะหมายถึงกลุ่มที่กำหนดมาตรฐาน โดยในแต่ละกลุ่มจะทำการพัฒนาขีดความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม ความแตกต่างระหว่างมาตรฐาน 802.11b 802.11a และ 802.11g สรุปได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบรายละเอียดของมาตรฐาน IEEE 802.11

มาตรฐาน IEEE	802.11b	802.11a	802.11g
เวลาที่ประกาศใช้	July 1999	July 1999	June 2003
เทคโนโลยี	CCK	OFDM	OFDM & CCK
อัตราการส่งข้อมูลสูงสุด	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
อัตราการส่งข้อมูล	1, 2, 5.5, 11 Mbps	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	CCK; 1,2,5.5,11 Mbps OFDM; 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
คลื่นความถี่	2.4 – 2.497 GHz	5.15 – 5.35 GHz	5.425 – 5.675 GHz 5.725 – 5.875 GHz 2.4 – 2.497 GHz
ระยะทาง	100 m	50 m	100 m

3.4 เครือข่ายไร้สายพื้นที่ส่วนบุคคล

องค์กร IEEE ได้เริ่มจัดทำร่างมาตรฐานสำหรับการรับส่งข้อมูลผ่าน โครงข่ายระยะใกล้เมื่อปลายปี 2002 (การรับส่งข้อมูลในระยะใกล้ที่ใช้กันในปัจจุบันได้แก่ระบบ Bluetooth) ซึ่งเรียกว่า WPAN (Wireless Personal Area Network) โดยมาตรฐานนี้เรียกว่า IEEE 802.15 และมีมาตรฐานย่อยทั้งสิ้นอีก 4 มาตรฐานได้แก่

3.4.1 IEEE 802.15.1

ศึกษาการร่างมาตรฐานชั้นกายภาพ (Physical layer) และ Media Access Control (MAC) สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบ Bluetooth ที่ใช้กันปัจจุบัน

3.4.2 IEEE 802.15.1

ศึกษาผลกระทบการใช้งานและการทำงานร่วมกันระหว่างโครงข่าย WPAN กับ WLAN และระบบสื่อสารไร้สายอื่น ๆ เช่น ระบบโทรศัพท์ GSM, CDMA และ GPS เป็นต้น

3.4.3 IEEE 802.15.3

ศึกษาการร่างมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีอัตราการรับส่ง ข้อมูลสูงมาก (11 Mbps ถึง 55 Mbps) ที่มีระยะการรับส่งข้อมูลไม่เกิน 20 เมตร และมีการใช้พลังงานประมาณ ไม่เกิน 0.5 mW โดยมีการจัดทำร่างมาตรฐานย่อยเรียกว่า IEEE 802.15.3a สำหรับการรับส่งข้อมูลที่มีอัตราสูง มากกว่า 100 Mbps สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีระยะใกล้กว่า (ไม่เกิน 10 เมตร) ซึ่งร่างมาตรฐานของผู้เสนอ หลายรายมีอัตราการรับส่งข้อมูลสูงสุดมากกว่า 1 Gbps การประยุกต์ใช้งานของโครงข่าย WPAN ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a นั้นคาดว่าจะใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายข้อมูลระยะใกล้เช่น เป็นมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC ของ Wireless USB, โครงข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สายภายในบ้านหรือสำนักงานขนาดเล็ก หรือเหมาะสมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่ต้องการการรับส่งข้อมูลในปริมาณที่สูงมาก เช่น เครื่องเล่น DVD โทรศัพท์ที่มีความละเอียดสูง เป็นต้น

3.4.4 IEEE 802.15.4

ศึกษาการร่างมาตรฐานของชั้นกายภาพและ MAC สำหรับโครงข่าย WPAN ที่มีอัตราการรับส่ง ข้อมูลไม่สูงมากประมาณ 1 ถึง 5 Mbps แต่มีการใช้พลังงานต่ำเป็นพิเศษประมาณ 100 uW (แบตเตอรี่มีอายุ การใช้งานได้หลายเดือนหรือหลายปี) ซึ่งจะเป็มาตรฐานสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก เช่น โทรศัพท์มือถือ, กล้องถ่ายรูป, เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา และ เครื่องเล่นเพลง MP3 เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีร่างมาตรฐานย่อยซึ่งเรียกว่า IEEE 802.15.4a สำหรับอัตราการรับส่งข้อมูลไม่เกิน 1 Mbps แต่มีระยะ การส่งไกลมากขึ้นได้ถึง 75 เมตร แต่ยังคงมีอัตราการใช้พลังงานต่ำมาก (สามารถใช้ได้หลายเดือน กรณีใช้ แบตเตอรี่) ถูกออกแบบมาสำหรับโครงข่าย Wireless sensor network และ โครงข่ายไร้สายสำหรับอุปกรณ์ควบคุม ในโรงงานอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายในแบบต่างๆ

เปรียบเทียบเทคโนโลยีไร้สายในแบบต่างๆ					
เทคโนโลยี	มาตรฐาน	เครือข่าย	อัตราความเร็ว	ระยะทาง	ความถี่
Wi-Fi	IEEE 802.11a	WLAN	สูงสุด 54Mbps	100 เมตร	5GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11b	WLAN	สูงสุด 11Mbps	100 เมตร	2.4GHz
Wi-Fi	IEEE 802.11g	WLAN	สูงสุด 54Mbps	100 เมตร	2.4GHz
WiMax	IEEE 802.16d	WMAN	สูงสุด 75Mbps (20MHz BW)	6.4 - 10 กิโลเมตร	Sub 11GHz
WiMax	IEEE 802.16e	Mobile WMAN	สูงสุด 30Mbps (10MHz BW)	1.6 - 5 กิโลเมตร	2 - 6 GHz
WCDMA /UMTS	3G	WWAN	สูงสุด 2Mbps/10Mbps (HSDPA)	1.6 - 8 กิโลเมตร	1800, 1900, 2100MHz
CDMA2 000	1x EV-DO 3G	WWAN	สูงสุด 2.4Mbps	1.6 - 8 กิโลเมตร	400, 800, 900, 1700, 1800, 1900, 2100MHz
EDGE	2.5G	WWAN	สูงสุด 348Kbps	1.6 - 8 กิโลเมตร	1900MHz
UWB	IEEE 802.15.3a	WPAN	110 - 480Mbps	10 เมตร	3.1 - 10.6GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงรูปแบบของเครือข่ายการสื่อสารประเภทต่างๆ เทคโนโลยี วิศวกรรม และรูปแบบของการนำเครือข่ายไปใช้งานให้เหมาะสมกับความต้องการของแต่ละประเภท ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายเฉพาะบริเวณที่ใช้งานกันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน เครือข่ายเฉพาะบริเวณแบบไร้สายที่กำลังเป็นที่นิยมกันอยู่ในทุกวันนี้ รวมถึงเครือข่ายไร้สายพื้นที่ส่วนบุคคลที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอย่างเช่นเทคโนโลยีบลูทูธ ก็เป็นอีกความสะดวกสบายของการเชื่อมต่อข้อมูลข่าวสารกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวัน ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ให้ความสนใจในเทคโนโลยีของการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.3a และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลในตารางที่ 3.3 แล้วจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งเป็นเครือข่ายไร้สายที่มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด จึงสามารถตอบสนองความต้องการการสื่อสารข้อมูลประเภทมัลติมีเดียที่มีรายละเอียดสูงๆ ได้อีกด้วย



บทที่ 4

เครือข่ายการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอค

4.1 บทนำ

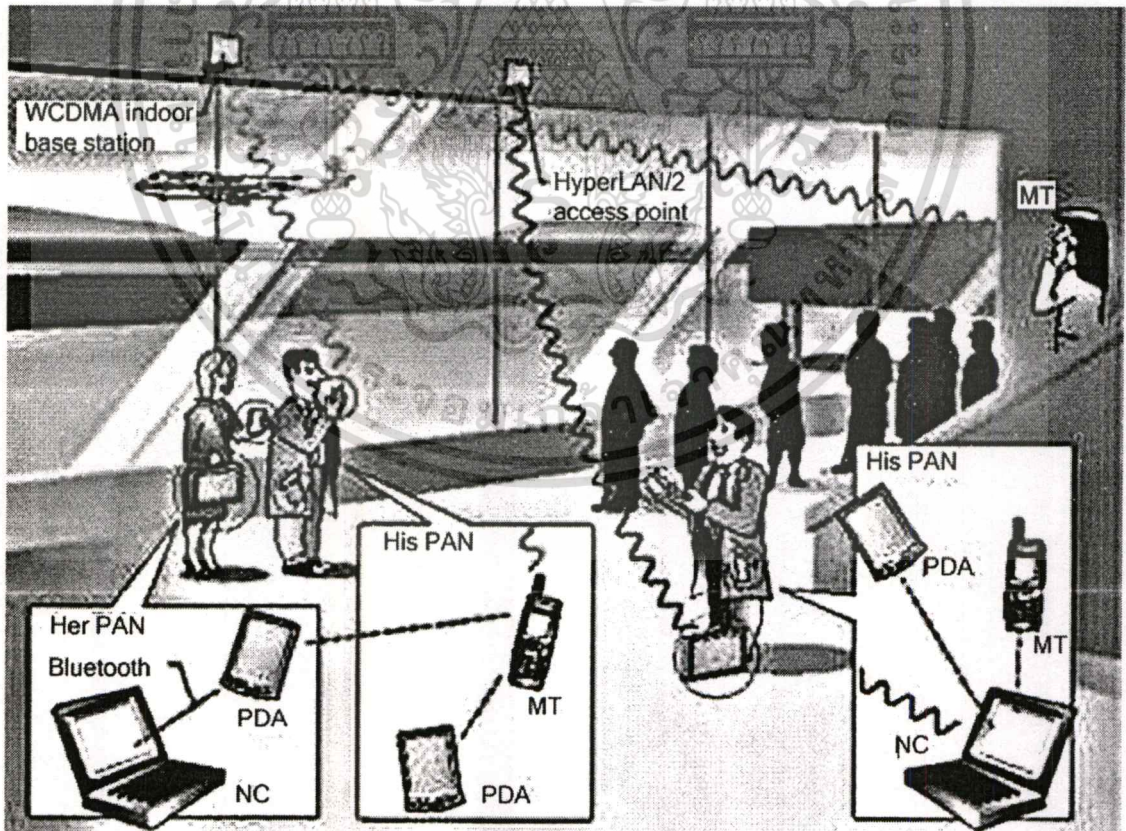
เครือข่ายการสื่อสารแอดฮอค คือกลุ่มของอุปกรณ์การสื่อสารไร้สายที่ทำการสื่อสารมากกว่าสองตัวขึ้นไป อุปกรณ์เหล่านั้นเปรียบเป็นเสมือนโหนดที่ทำการติดต่อสื่อสารกัน โดยที่โหนดสื่อกลางจะมีหน้าที่เป็นตัวคอยห่วงหรือส่งต่อแพ็กเก็ตข้อมูล จากแหล่งกำเนิดข้อมูลไปยังปลายทาง ซึ่งการจับกลุ่มติดต่อสื่อสารแบบแอดฮอค คือการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีเคลื่อนที่ เช่น โน้ตบุ๊ก พีดีเอ ตั้งแต่สองสถานีเป็นต้นไปโดยไม่ต้องใช้สถานีฐาน (Access point) การติดต่อสื่อสารแบบแอดฮอคทุกสถานีสามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยตรง เช่นสามารถรับส่งไฟล์ การประชุมผ่านวิดีโอ หรือเล่นเกมสกีในวงแลนได้ แต่ถ้าเป็นเครือข่ายแอดฮอคขนาดใหญ่เกินกว่าที่ทุกสถานีจะสามารถส่งสัญญาณครอบคลุมถึงกันได้หมด สามารถติดต่อสื่อสารกันได้โดยติดต่อผ่านสถานีที่อยู่ระหว่างคู่สนทนาด้วยโปรโตคอลการหาเส้นทาง



รูปที่ 4.1 ลักษณะการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์การสื่อสารบนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอค

ความหมายของเครือข่ายการสื่อสารเคลื่อนที่แบบแอดฮอคอาจกล่าวได้ว่า เป็นเครือข่ายที่ก่อรูปขึ้นโดยไม่มีการอำนวยความสะดวก ซึ่งเครือข่ายจะประกอบด้วยโหนดที่เคลื่อนที่ได้ที่มีการติดต่อกันแบบไร้สาย เพื่อส่งข้อมูลในรูปของแพ็กเก็ตข้อมูลระหว่างกัน โหนดที่อยู่ในเครือข่ายแบบนี้ สามารถทำหน้าที่เป็นได้ทั้งอุปกรณ์จัดเส้นทาง (Router) และ โฮสต์ (Host) ดังนั้นจึงสามารถที่จะเอกสารส่งต่อแพ็กเก็ตข้อมูลแทนโหนดอื่นและรันแอปพลิเคชันต่างๆ [10] ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นกำเนิดของเครือข่ายแอดฮอค (ad hoc network) ย้อนหลังไปเมื่อปี ค.ศ. 1968 เมื่อเริ่มมีการใช้งานเครือข่าย ALOHA ในสถานศึกษาที่ฮาวาย แม้ว่าสถานีข่ายที่ใช้ในเครือข่ายนี้จะเป็นแบบอยู่กับที่ แต่ โพรโตคอล ALOHA ที่ใช้นั้นจะมีการบริหารจัดการการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่เป็นแบบกระจาย ดังนั้นจึงเป็นการให้พื้นฐานสำหรับการพัฒนาวิธีการเข้าใช้ช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับเครือข่ายแอดฮอค ต่อมาโพรโตคอล ALOHA โดยตัวมันเองแล้ว เป็นโพรโตคอล แบบ Single-Hop ซึ่งไม่มีการรองรับการจัดการค้นหาเส้นทาง ดังนั้นทุกๆ โหนดจะต้องอยู่ภายในระยะการติดต่อจากโหนดอื่นๆ ได้ทั้งหมดเป็นผลสืบเนื่องมาจากการพัฒนาเครือข่าย ALOHA และเครือข่าย Fixed Packet Switching อื่นๆ จึงทำให้ ทาง DARPA ได้มีการพัฒนาเครือข่าย PRnet (Packet Radio Network) ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1973 ซึ่งเป็นเครือข่ายแบบ Multihop Network ความหมายของ Multihopping ก็คือ โหนดในเครือข่ายจะมีการทำงานร่วมกับโหนดอื่น ในการส่งต่อทราฟฟิกระหว่างกัน เพื่อให้ข้อมูลถูกส่งไปถึงสถานีข่ายที่อยู่ห่างไกลออกไปนอกระยะการติดต่อจากโหนด ต้นทาง เครือข่าย PRnet จะมีกลไกของการบริหารการทำงานเป็นแบบ Centralized และแบบ Distributed ประโยชน์ อีกอย่างหนึ่งที่จะได้รับก็คือว่า เทคนิค Multihopping จะช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานของเครือข่ายได้ เพราะเราสามารถ นำช่องความถี่นำกลับมาใช้ใหม่ในสัญญาณ Hop ที่อยู่ห่างกันได้



รูปที่ 4.2 การใช้งาน ad hoc Bluetooth network [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาเครือข่าย Packet Radio ขึ้นมาทดลองกันมากมาย แต่ระบบไร้สายเหล่านี้ก็ไม่เคยนำออกมาใช้งานจริง แต่เมื่อมีการพัฒนามาตรฐานของ Wireless Local Area Networks (WLAN) คือ IEEE 802.11 ทาง IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineering) ก็ได้แทนที่ชื่อ เรียกเดิมที่ใช้คือ Packet-Radio Network ด้วยชื่อใหม่คือเครือข่ายแอดฮอค ชื่อเรียกของ Packet-Radio Network นั้นได้เกิดขึ้นมาโดยเกี่ยวข้องกับ Multihop Network ที่ใช้ในทางทหารและใช้ในการปฏิบัติการช่วยเหลือชีวิตในยามที่เกิดภัยพิบัติฉุกเฉิน การเปลี่ยนไปใช้ชื่อใหม่นี้เป็นเพราะทาง IEEE คาดหวังที่จะเห็นภาพของการใช้งานแบบใหม่ๆ เกิดขึ้นในวันนี้ ภาพการใช้งานของเครือข่ายแอดฮอคที่เราอยากจะทำให้เกิด จะเป็นเช่นดังในรูปที่ 4.1 หลายคนจะมีการพกพาอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถติดต่อเชื่อมโยงสื่อสารกันเป็นเครือข่ายได้ อุปกรณ์ของผู้ใช้งานสามารถเชื่อมโยงติดต่อกันหรือเชื่อมโยงไปยังจุดติดต่อของเครือข่ายสื่อสารที่ติดตั้งอยู่ใกล้เคียงในบริเวณนั้น ตัวอย่างที่แสดงในรูปนั้น ผู้ใช้งานสามารถที่จะเรียกดูรายการอัปเดตของตารางการบิน, การเปลี่ยนแปลงของประตูทางออก และอื่นๆ อุปกรณ์สื่อสารของเครือข่ายแอดฮอคที่สามารถจะส่งต่อทราฟฟิกระหว่างอุปกรณ์ไปยังอุปกรณ์ที่อยู่นอกกระยะการติดต่อที่อยู่ไกลออกไปได้ ภาพตัวอย่างการใช้งานใน สนามบินนี้ ได้แสดงให้เห็นรูปแบบการติดต่อทั้งที่เป็นแบบ Single-Hop และ Multiple Radio Hops [11]

4.2 รูปแบบการใช้งาน

เมื่อเร็วๆ นี้ ความพยายามในการวิจัยและพัฒนา ได้เน้นหนักไปในเรื่องของ Mobile ad hoc network กันมากขึ้น จากที่ผ่านมา ad hoc Packet-Radio Network ได้ถูกพิจารณาเป็นหลักสำหรับการใช้ในด้านทหาร ซึ่ง รูปแบบภายนอกของเครือข่ายที่เป็นแบบกระจาย จะเป็นข้อดีของการใช้งานและเป็นสิ่งจำเป็นอีกด้วย ส่วนในภาคการสื่อสารทางพาณิชย์ อุปกรณ์เคลื่อนที่แบบไร้สายยังคงมีราคาที่ไม่เป็นที่ดึงดูดต่อตลาดมากนัก อย่างไรก็ตาม ขณะที่ความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์เคลื่อนที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความต้องการใช้งานเครือข่ายที่ไม่มีขอบเขตจำกัด ก็คาดว่าจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน เครือข่ายแอดฮอคสามารถนำมาใช้ในสถานการณ์ของพื้นที่ที่ไม่มีโครงสร้างเครือข่ายสื่อสารรองรับ (ไม่ว่าจะเป็นเครือข่ายแบบกำหนดตำแหน่งตายตัว หรือแบบเคลื่อนที่) ตัวอย่างเช่น การปฏิบัติการช่วยเหลือกู้ภัยในพื้นที่ห่างไกล หรือเมื่อการสื่อสารต้องการใช้งานอย่างรวดเร็วในสถานที่ก่อสร้างที่อยู่ไกลออกไป เครือข่าย ad hoc สามารถนำมาใช้ให้บริการแบบสาธารณะสำหรับพื้นที่ในเมือง ซึ่งมีความต้องการใช้งานอย่างรวดเร็ว หรือต้องการต่อขยายพื้นที่ให้บริการเดิมให้มากขึ้น จุดติดต่อหรือจุดที่เป็นสถานีฐานในเครือข่ายแบบนี้ อาจจะเป็น Radio Relay Station ที่ติดตั้งอยู่กับที่สำหรับใช้ในการ ส่งทอดคลื่นสัญญาณและทำหน้าที่ในการตัวกำหนดเส้นทางทราฟฟิก และจุดสถานีฐานบางจุดยังเป็นประตูสื่อสารสำหรับให้ ผู้ใช้งานเชื่อมต่อช่องสัญญาณไปยัง Fixed Backbone Network อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมการขนส่งทางบก ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

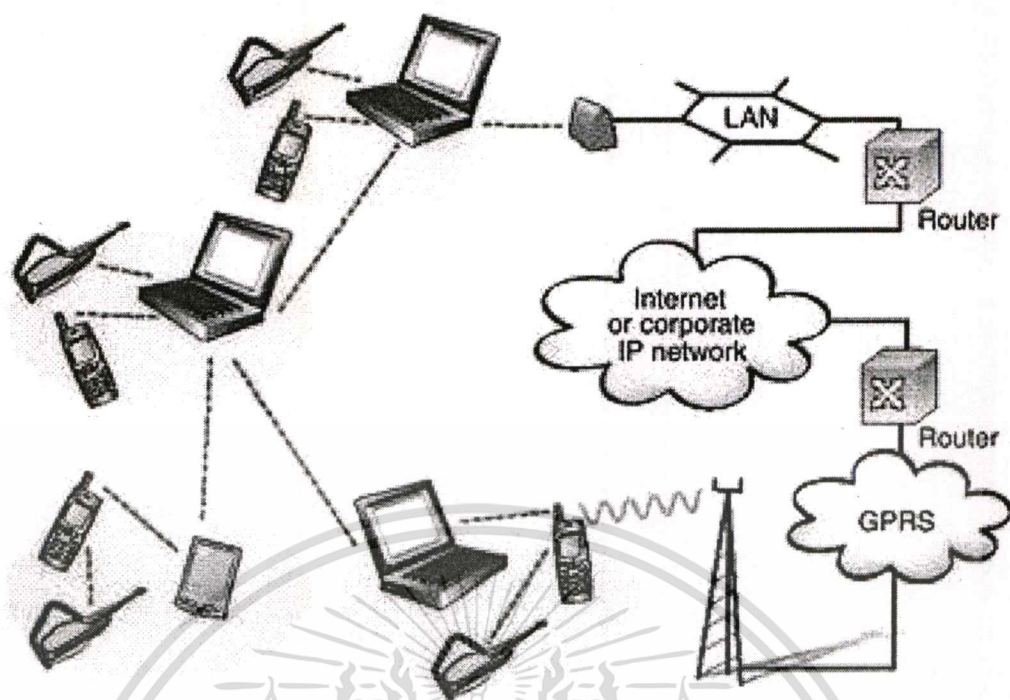
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่เป็นระดับท้องถิ่นเครือข่ายแอดฮอคที่ทำการเชื่อมโยงเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาหรือ PDA สามารถถูกนำมาใช้ในการแจกจ่ายหรือเข้าใช้ข้อมูลร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนร่วมในการประชุม นอกจากนี้เครือข่ายแอดฮอทยังเหมาะกับการใช้งานภายในบ้านพักอาศัย ซึ่งอุปกรณ์ต่างๆ จะติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันโดยตรง เช่น สัญญาณเสียง, วิดีโอ, สัญญาณเตือนภัย และการอัปเดตคุณสมบัติการทำงานต่างๆ การใช้งานอีกอย่างหนึ่งที่ค่อนข้างจะห่างไกลไปสักหน่อยก็คือ เครือข่ายการทำงานอย่างอัตโนมัติของหุ่นยนต์ภายในบ้านที่ทำหน้าที่ในการทำความสะอาด, ล้างจาน, ตัดหญ้า, ดูแลความปลอดภัย และอื่นๆ บางคน ยังคิดที่จะใช้เครือข่ายแอดฮอคแบบ multihop ทำหน้าที่เป็น Sensor Network อีกด้วย ตัวอย่างเช่น นำมาใช้ในการเฝ้าตรวจสภาพสิ่งแวดล้อม โดยอาจใช้เครือข่ายในการพยากรณ์มลพิษของน้ำหรือแจ้งเตือนล่วงหน้าของพายุที่กำลังจะเกิดขึ้น เครือข่ายแอดฮอคที่มีพิธีการส่งสัญญาณในระยะสั้น สามารถนำมาใช้เชื่อมโยงการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์โมบายล์ต่างๆ เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ PDA เป็นต้น โดยอุปกรณ์ต่างๆ จะรวมตัวกันเป็นเครือข่าย PAN (Personal Area Network) ซึ่งจะจัดการใช้สายเคเบิลสำหรับการเชื่อมต่อ ที่น่ารำคาญออกไป นอกจากนี้ยังสามารถนำเครือข่ายแอดฮอคมมาใช้ในการต่อขยายความสามารถทางด้านอุปกรณ์เคลื่อนที่ของเครือข่ายที่มีอยู่ ไปยัง โหนดที่อยู่ไกลออกไป เช่นระบบบลูทูธเป็นเทคโนโลยีที่มีการนำมาใช้ในเครือข่ายส่วนบุคคลอย่างแพร่หลายมากในปัจจุบัน [12]

4.2.1 การต่อเครือข่ายการสื่อสารส่วนบุคคล

เครือข่าย PAN ที่ใช้เทคโนโลยีบลูทูธนั้น จะเป็นหนทางใหม่ในการต่อขยายเครือข่ายเคลื่อนที่ไปที่ถึงมือผู้ใช้งานมากขึ้น ผู้ใช้งานบางคนที่สามารถติดต่อเข้าไป ใช้เครือข่ายบลูทูธส่วนบุคคล ได้นั้น สามารถที่จะใช้เครื่องโทรศัพท์มือถือ GPRS/UMTS ที่เป็นส่วนหนึ่งของเครือข่ายส่วนบุคคลนั้น เป็นประตูสื่อสารในการเชื่อมติดต่อไปยังอินเทอร์เน็ต หรือเชื่อมติดต่อไปยังเครือข่ายไอพีขององค์กรได้ ถ้ามาลองพิจารณาปริมาณกราฟฟิกในเครือข่าย จะพบว่าการใช้ของข้อมูลบนเครือข่ายส่วนบุคคลนั้น โดยปกติ จะสูงเกินมากกว่ากราฟฟิกของเครื่องโทรศัพท์มือถือเพียงเครื่องเดียว ยิ่งกว่านั้นถ้าหากเครือข่ายบลูทูธส่วนบุคคลหลายเครือข่ายถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย Scatternet ก็ยิ่งทำให้ความสามารถในการทำงานนี้สูงขึ้นกว่าเดิมไปอีก รูปที่ 4.2 เป็นภาพตัวอย่างที่มีการใช้เครือข่ายบลูทูธส่วนบุคคลถึง 4 เครือข่ายด้วยกัน เครือข่ายส่วนบุคคลเหล่านี้ถูกเชื่อมโยงเข้าด้วยกันด้วยจุดเชื่อมต่อบลูทูธ ผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา นอกจากนี้เครือข่ายส่วนบุคคล 2 เครือข่าย จะถูกเชื่อมต่อไปยังเครือข่าย IP Backbone Network โดย เครือข่ายหนึ่งจะเชื่อมต่อผ่านทาง LAN Access Point ส่วนอีกเครือข่ายหนึ่ง จะเชื่อมต่อผ่านทางเครื่องโทรศัพท์ GPRS/UMTS ดังที่แสดงในรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การเชื่อมโยงระหว่างกันของเครือข่าย Bluetooth PAN 4 เครือข่าย [11]

เครือข่ายส่วนบุคคลหนึ่งๆ อาจจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์สมาชิกหลายอย่างที่มีเทคโนโลยีของการเข้าถึงที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ก็จะใช้ประโยชน์จากฟังก์ชันของแอดฮอคที่มีอยู่ในเครือข่ายส่วนบุคคล ตัวอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ก็อาจจะมีการเชื่อมต่อของเครือข่ายไร้สาย (WLAN) เช่น IEEE 802.11 หรือ HiperLAN/2 ต่ออยู่กับเครื่อง ทำให้สามารถเข้าถึงไปใช้เครือข่ายได้เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ถูกนำเข้ามาใช้ภายใน ดังนั้นเครือข่ายส่วนบุคคลจึงได้ประโยชน์จากการที่มีอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีของการเข้าถึงแบบต่างๆ รวมอยู่ด้วยกัน ภายในเครือข่าย ทำให้ขจัดความต้องการที่จะสร้างอุปกรณ์แบบลูกผสม เช่น อุปกรณ์ที่รวม PDA และ โทรศัพท์เคลื่อนที่ เข้าด้วยกัน เพราะว่าเครือข่ายส่วนบุคคล จะทำให้เกิดการรวมกันของอุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันทางการสื่อสารแบบไร้สาย

4.3 สิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเครือข่ายการสื่อสารแบบแอดฮอค

4.3.1 ข้อกำหนดของสเปคตรัม

ในปัจจุบันนี้การพิจารณาข้อกำหนดการใช้งานสเปคตรัมจะถูกควบคุมโดย FCC ซึ่งในพื้นฐานการทดลองของเครือข่ายการสื่อสารแบบแอดฮอคจะใช้ย่านความถี่ ISM ที่ไม่ต้องขออนุญาตในการใช้งาน และเพื่อป้องกันการแทรกสอดของสัญญาณ เครือข่ายแอดฮอคจะใช้งานอยู่ในช่วงความถี่ที่ได้รับอนุญาตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การจัดหาเส้นทาง

ในปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารแบบพกพาที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้นั้นตามหลักการก็จะสามารถขาดการเชื่อมต่อได้อย่างง่ายดาย ซึ่งแบบฉบับอัลกอริทึมการจัดหาเส้นทางแบบแจกจ่ายยังพอสามารถอัพเดทข้อมูลการจัดหาเส้นทางได้ แต่ด้วยระยะทาง ทิศทาง และเส้นทางของอุปกรณ์ในเครือข่ายไร้สายไม่ได้ถูกกำหนดอย่างแน่นอน จึงสามารถใช้งานได้กับเครือข่ายเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่สูงมากนัก ซึ่งจะเป็นในกรณีของอุปกรณ์ที่มีขนาดใหญ่ เคลื่อนที่ได้ช้า แต่ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นจึงทำให้อุปกรณ์สื่อสารมีขนาดเล็กลง สามารถพกพาไปได้ง่าย จึงทำให้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ จึงทำให้เกิดข้อแตกต่างกันของแบบของ โครงสร้างเครือข่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งอัลกอริทึมการจัดหาเส้นทางโดยใช้ระยะทาง ทิศทางจึงไม่เหมาะกับเครือข่ายการสื่อสารไร้สาย ทำให้เกิดความผิดพลาดของการสื่อสาร จึงจำเป็นต้องหาหลักการในการจัดหาเส้นทางขึ้นมาใหม่

4.3.3 การทำงานของทีซีพีโปรโตคอล

ทีซีพีโปรโตคอลเป็น โปรโตคอลแบบปลายถึงปลาย (end-to-end) ออกแบบมาใช้สำหรับการควบคุมการไหลของข้อมูลภายในเครือข่าย ซึ่งจะเป็นแบบที่มีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร (connection-oriented) ดังนั้นจะมีการสร้างลำดับความสำคัญของการสื่อสารให้อยู่ในรูปของแพ็กเก็ต ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามทีซีพีโปรโตคอลได้กำหนดเส้นทางของโหนดไว้คงที่ ที่เป็นในลักษณะของการไหลของข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง

ทีซีพีโปรโตคอลสามารถวัดรอบเวลาการทำงานและความผิดพลาดของแพ็กเก็ตถ้าเกิดความคับคั่งของเครือข่ายได้ แต่ทีซีพีโปรโตคอลยังไม่สามารถแยกแยะการมีอยู่ของโหนดที่เคลื่อนที่ภายในเครือข่ายได้ ซึ่งโหนดที่เคลื่อนที่อยู่บนเครือข่ายจะมีผลต่อความผิดพลาดของแพ็กเก็ตและรอบเวลาในการทำงาน ดังนั้นทีซีพีโปรโตคอลจึงต้องการการรองรับทางด้านอื่นๆ เพื่อให้การสื่อสารข้อมูลเป็นไปอย่างเหมาะสมโดยปราศจากผลกระทบไปยังความสำเร็จของการสื่อสาร

4.4 ทีซีพีโปรโตคอล

ทีซีพีโปรโตคอล TCP (Transmission Control Protocol) ใช้ Internet Protocol (IP) เพื่อส่งข้อมูลในรูปแบบของข่าวสาร ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในอินเทอร์เน็ต โดย IP ดูแลการควบคุมการส่งข้อมูลที่แท้จริง ทีซีพีดูแลการรักษาเส้นทางของหน่วยข้อมูลแต่ละชุด (เรียกว่า แพ็กเก็ต - Packets) ซึ่งข้อความจะถูกแบ่งออก เพื่อการใช้ประสิทธิภาพของเส้นทางบนอินเทอร์เน็ต เช่น เมื่อมีการส่งไฟล์ HTML ออกจาก web server ไปที่จุดหมายปลายทาง โปรแกรมเลเยอร์ของทีซีพีจะแบ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

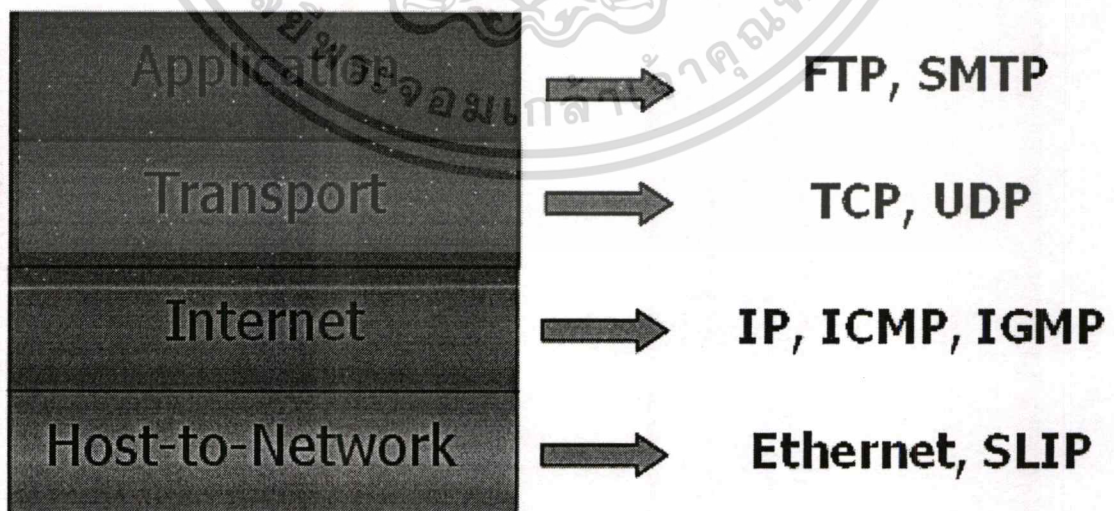
ไฟล์นั้นเป็นหนึ่งในชุดหรือมากกว่า หมายเลขของชุดข้อมูลแล้วส่งต่อข้อมูลแต่ละชุดไปที่โปรแกรมเดสทอปของ IP ถึงแม้ว่าแต่ละชุดข้อมูลมีปลายทางที่ IP address เดียว แต่ชุดข้อมูลอาจจะเลือกเส้นทางที่ต่างกันบนเครือข่าย เพื่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่ซีพีจะประกอบชุดข้อมูลแต่ละชุดให้ครบแล้วจึงประกอบข้อมูลเป็นไฟล์เดียว

กฎสื่อสารมาตรฐานที่ซีพีไอพียังมีวัตถุประสงค์หลักอีกสองข้อสำคัญคือ ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเครือข่าย เช่นกรณีที่ผู้ส่งและผู้รับยังคงมีการติดต่อกันอยู่แต่โหนดสื่อกลางที่ใช้เป็นผู้ช่วยรับ-ส่งข้อมูลเกิดเสียหายใช้การไม่ได้ หรือสายการสื่อสารบางช่วงถูกตัดขาด กฎการสื่อสารนี้จะต้องสามารถจัดการหาทางเลือกอื่นเพื่อให้การสื่อสารดำเนินต่อไปได้โดยอัตโนมัติ ข้อที่สองคือจะต้องมีความอ่อนตัวต่อการสื่อสารข้อมูลได้หลายชนิดทั้งแบบที่ไม่มีความเร่งด่วน เช่น การส่งแฟ้มข้อมูล และแบบที่ต้องการรับประกันความเร่งด่วนของข้อมูล เช่น การสื่อสารแบบตลอดเวลา การสื่อสารแบบโทรศัพท์

4.4.1 โครงสร้างของทีซีพีไอพีโปรโตคอล

4.4.1.1 ชั้นโฮสต์-เครือข่าย (Host-to-Network Layer)

โปรโตคอลสำหรับการควบคุมการสื่อสารในชั้นนี้เป็นสิ่งที่ไม่มีการกำหนดรายละเอียดอย่างเป็นทางการ หน้าที่หลักคือการรับข้อมูลจากชั้นสื่อสาร IP มาแล้วส่งไปยังโหนดที่ระบุไว้ในเส้นทางเดินข้อมูลทางด้านผู้รับก็จะทำงานในทางกลับกัน คือรับข้อมูลจากสายสื่อสารแล้วนำส่งให้กับโปรแกรมในชั้นสื่อสาร



รูปที่ 4.4 โครงสร้างของทีซีพีไอพีโปรโตคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.2 ชั้นสื่อสารอินเทอร์เน็ต (The Internet Layer)

ในชั้นนี้เป็นประเภทของระบบการสื่อสารที่เรียกว่า ระบบเครือข่ายแบบสลับช่องสื่อสารระดับแพ็กเก็ต (packet-switching network) ซึ่งเป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (Connectionless) หลักการทำงานคือการปล่อยให้ข้อมูลขนาดเล็กที่เรียกว่า แพ็กเก็ต (Packet) สามารถไหลจากโหนดผู้ส่งไปตามโหนดต่างๆ ในระบบจนถึงจุดหมายปลายทางได้โดยอิสระ หากว่ามีการส่งแพ็กเก็ตออกมาเป็นชุดโดยมีจุดหมายปลายทางเดียวกันในระหว่างการเดินทางในเครือข่าย แพ็กเก็ตแต่ละตัวในชุดนี้ก็จะเป็นอิสระแก่กันและกัน ดังนั้น แพ็กเก็ตที่ส่งไปถึงปลายทางอาจจะไม่เป็นไปตามลำดับก็ได้

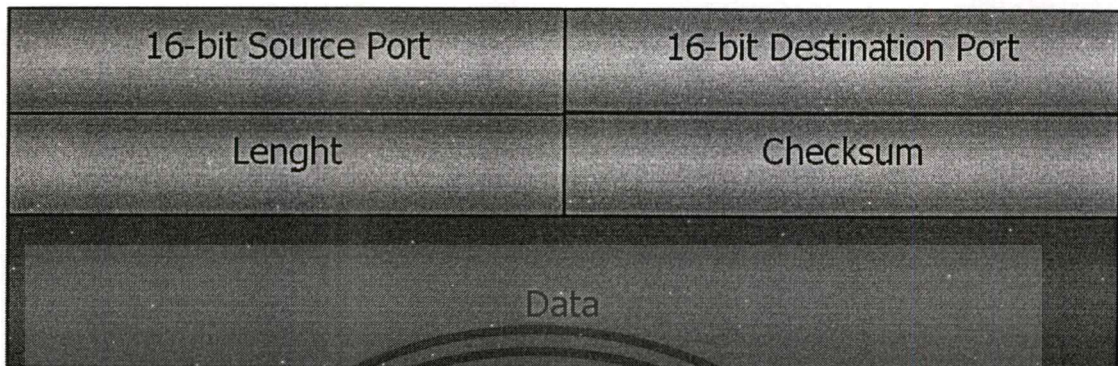
4.4.1.3 ชั้นสื่อสารนำส่งข้อมูล (Transport Layer)

โดยสามารถแบ่งเป็น โพรโทคอล 2 ชนิดตามลักษณะ ลักษณะแรกเรียกว่า Transmission Control Protocol (TCP) เป็นแบบที่มีการกำหนดช่วงการสื่อสารตลอดระยะเวลาการสื่อสาร (connection-oriented) ซึ่งจะยอมให้มีการส่งข้อมูลเป็นแบบ Byte stream ที่ไว้วางใจได้โดยไม่มีข้อผิดพลาด ข้อมูลที่มีปริมาณมากจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนเล็กๆ เรียกว่า message ซึ่งจะถูกส่งไปยังผู้รับผ่านทางชั้นสื่อสารของอินเทอร์เน็ต ทางฝ่ายผู้รับจะนำ message มาเรียงต่อกันตามลำดับเป็นข้อมูลตัวเดิมทีซีพี ยังมีความสามารถในการควบคุมการไหลของข้อมูลเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ส่งส่งข้อมูลเร็วเกินกว่าที่ผู้รับจะทำงานได้ทันอีกด้วย

โพรโทคอลการนำส่งข้อมูลแบบที่สองเรียกว่า UDP (User Datagram Protocol) เป็นการติดต่อแบบไม่ต่อเนื่อง (connectionless) มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่จะไม่มี การแจ้งกลับไปยังผู้ส่ง จึงถือได้ว่าไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้มีข้อดีในด้านความเร็วในการส่งข้อมูล จึงนิยมใช้ในระบบผู้ให้และผู้ให้บริการ (client/server system) ซึ่งมีการสื่อสารแบบ ถาม/ตอบ (request/reply) นอกจากนั้นยังใช้ในการส่งข้อมูลประเภท ภาพเคลื่อนไหวหรือการส่งเสียง (voice) ทางอินเทอร์เน็ต

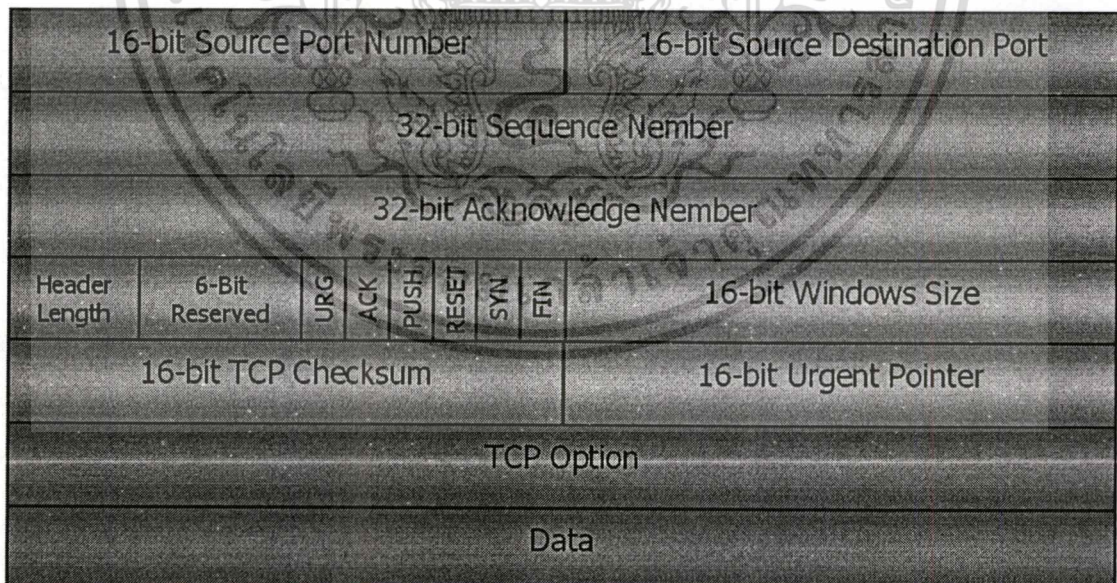
UDP : (User Datagram Protocol) เป็น โพรโทคอลที่อยู่ใน Transport Layer เมื่อเทียบกับ โมเดล OSI โดยการส่งข้อมูลของ UDP นั้นจะเป็นการส่งครั้งละ 1 ชุดข้อมูล เรียกว่า UDP datagram ซึ่งจะไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างคำคำแกรมและจะไม่มีการตรวจสอบความสำเร็จในการรับส่งข้อมูล โดยที่กลไกการตรวจสอบโดย checksum ของ UDP นั้นเพื่อเป็นการป้องกันข้อมูลที่อาจจะถูกแก้ไข หรือมีความผิดพลาดระหว่างการส่ง และหากเกิดเหตุการณ์ดังกล่าว ปลายทางจะรู้ว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้น แต่มันจะเป็นการตรวจสอบเพียงฝ่ายเดียวเท่านั้น โดยในข้อกำหนดของ UDP หากพบว่า Checksum Error ก็ให้ผู้รับปลายทางทำการทิ้งข้อมูลนั้น แต่จะไม่มี การแจ้งกลับไปยังผู้ส่งแต่อย่างใด การรับส่งข้อมูลแต่ละครั้งหากเกิดข้อผิดพลาดในระดับ IP เช่น ส่งไม่ถึง หมดเวลา ผู้ส่งจะได้รับ Error Message จากระดับ IP เป็น ICMP Error Message แต่เมื่อข้อมูลส่งถึง

ปลายทางถูกต้อง แต่เกิดข้อผิดพลาดในส่วนของ UDP เอง จะไม่มีการยืนยัน หรือแจ้งให้ผู้ส่งทราบแต่อย่างใด



รูปที่ 4.5 UDP Header

TCP: (Transmission Control Protocol) อยู่ใน Transport Layer เช่นเดียวกับ UDP ทำหน้าที่จัดการและควบคุมการรับส่งข้อมูล ซึ่งมีความสามารถและรายละเอียดมากกว่า UDP โดยค่าตัวแปรของ TCP จะมีความสัมพันธ์ต่อกัน และมีกลไกควบคุมการรับส่งข้อมูลให้มีความถูกต้อง (reliable) และมีการสื่อสารอย่างเป็นทางการ (connection-oriented)



รูปที่ 4.6 TCP Header

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

- Source Port Number: หมายเลขพอร์ตต้นทางที่ส่งค่าตัวแกรมนี้
- Destination Port Number: หมายเลขพอร์ตปลายทางที่จะเป็นผู้รับค่าตัวแกรม
- Sequence Number: ฟิวด์ที่ระบุหมายเลขลำดับอ้างอิงในการสื่อสารข้อมูลแต่ละครั้ง เพื่อใช้ในการแยกแยะว่าเป็นข้อมูลของชุดใด และนำมาจัดลำดับได้ถูกต้อง
- Acknowledgment Number: ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ Sequence Number แต่จะใช้ในการตอบรับ
- Header Length: โดยปกติความยาวของเฮดเดอร์ TCP จะมีความยาว 20 ไบต์ แต่อาจจะมากกว่านั้น ถ้ามีข้อมูลในฟิวด์ option แต่ต้องไม่เกิน 60 ไบต์
- Flag: เป็นข้อมูลระดับบิตที่อยู่ในเฮดเดอร์ TCP โดยใช้เป็นตัวบอกคุณสมบัติของแพ็กเก็ต TCP ขณะนั้นๆ และใช้เป็นตัวควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่ง Flag มีอยู่ทั้งหมด 6 บิต ตามตารางที่ 4.1

Flag ในเฮดเดอร์ของ TCP มีความสำคัญในการกำหนดการทำงานของ TCP segment เนื่องจากข้อมูลในเฮดเดอร์ของ TCP จะมีข้อมูลครบถ้วนทั้งการรับและการส่งข้อมูล ซึ่งในการทำงานแต่ละอย่างจะมีการใช้งานฟิวด์ไม่เหมือนกัน flag จะเป็นตัวกำหนดว่าให้ใช้งานฟิวด์ไหน เช่น ฟิวด์ Acknowledgment number จะไม่ถูกใช้ในขั้นตอนการเริ่มต้นการเชื่อมต่อ แต่จะมีข้อมูลในฟิวด์ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่มีมีความหมายใดๆ ซึ่งถ้าไม่มี flag เป็นตัวกำหนดก็อาจจะมีการนำข้อมูลมาใช้ และก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

ตารางที่ 4.1 Flag Header ของทีซีพี

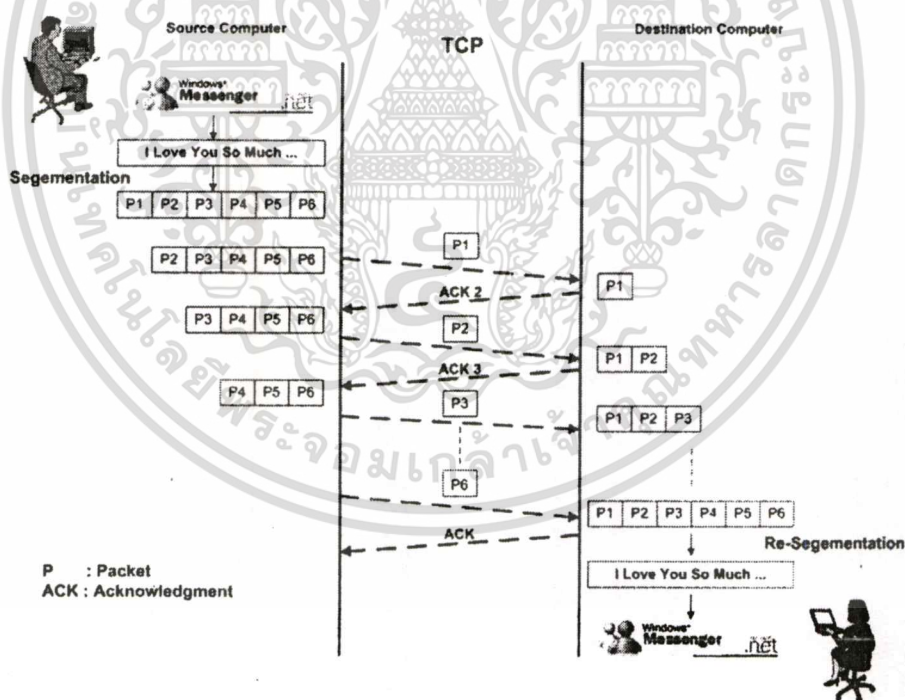
Type	รายละเอียด
URK	ใช้บอกความหมายว่าเป็นข้อมูลคว่น และมีข้อมูลพิเศษมาด้วย
ACK	แสดงว่าข้อมูลในฟิวด์ Acknowledge Number นำมาใช้งาน ได้
DSH	เป็นการแจ้งให้ผู้รับข้อมูลทราบว่าควรจะส่งข้อมูล Segment นี้ไปยัง Application ที่กำลังรออยู่โดยเร็ว
RST	ยกเลิกการติดต่อ (reset) เนื่องจากในกรณีที่เกิดการสับสนขึ้นด้วยเหตุผลต่างๆ โดยให้เริ่มต้นการสื่อสารใหม่
SYN	ใช้ในการเริ่มต้นขอติดต่อกับปลายทาง
FIN	ใช้ส่งเพื่อแจ้งให้ปลายทางทราบว่ายุติการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การทำงานของทีซีพีโปรโตคอล

ทีซีพีโปรโตคอลทำหน้าที่สนับสนุนและให้บริการการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ เช่น Telnet FTP E-Mail MSN เป็นต้น ผ่านหมายเลขพอร์ต และทำให้การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์มีความถูกต้องน่าเชื่อถือ กลไกการทำงานของทีซีพีของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางจะนำข้อมูลที่รับมาจากโปรแกรมประยุกต์แบ่งออกเป็นแพ็กเก็ตย่อยๆ หรือเรียกว่าเซ็กเมนต์ (Segment) เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งไม่ยาวจนเกินไป ช่วยลดความผิดพลาดของการส่งข้อมูลขนาดใหญ่ ข้อมูลที่ถูกแบ่งออกเป็นแพ็กเก็ตจะถูกติดหมายเลขลำดับ (Sequence Number) ไว้แล้วส่งไปยังผู้รับปลายทาง

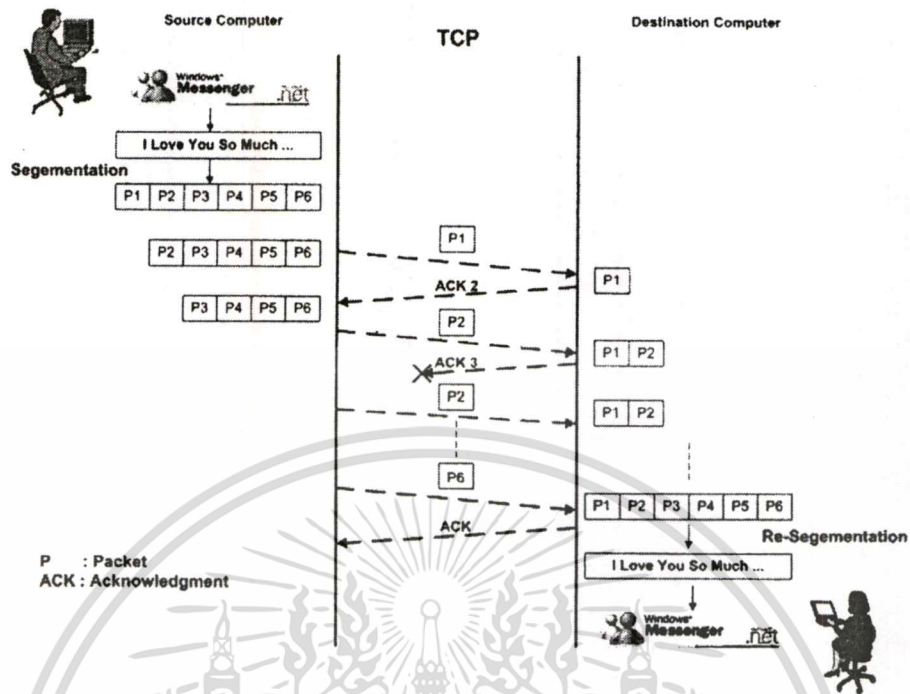
เมื่อกลไกของทีซีพีของเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางได้รับแพ็กเก็ต ก็จะนำส่งสัญญาณ Acknowledgement (ACK) พร้อมทั้งหมายเลขของแพ็กเก็ตถัดไป เพื่อแจ้งกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางว่าได้รับแพ็กเก็ตที่ส่งมาเรียบร้อยแล้ว เมื่อได้รับแพ็กเก็ตจนครบ ทีซีพีของเครื่องปลายทางจะจัดเรียงลำดับของแพ็กเก็ตตามหมายเลขลำดับ และประกอบแพ็กเก็ตเหล่านั้นกลับเป็นข้อมูลเดิมเหมือนที่ต้นทางส่งมา (Re Segment)



รูปที่ 4.7 กลไกการทำงานของทีซีพีโปรโตคอล [8]

หากเกิดกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางส่งแพ็กเก็ตออกไปแล้วไม่ได้รับสัญญาณ ACK ตอบกลับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางตามเวลาที่กำหนด เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นทางจะส่งแพ็กเก็ตนั้นซ้ำอีกครั้ง (Re-Transmission) เพื่อให้ปลายทางได้รับข้อมูลครบถ้วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กลไกการส่งแพ็กเก็ตซ้ำของทีซีพีโพรโทคอล [8]

4.5 คุณภาพของการให้บริการ

การออกแบบอินเทอร์เน็ตในยุคแรกเน้นการรับส่งข้อมูลระหว่างกันเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพการให้บริการบางประการ โดยเฉพาะการกำหนดให้อีพีแพ็กเก็ตมีลักษณะเป็นดาต้าแกรม คือการกำหนดแอตทริบิวต์ปลายทางให้กับแพ็กเก็ตแล้วส่งไปโดยไม่คำนึงว่าจะถึงปลายทางเมื่อไร การให้บริการในลักษณะนี้จึงเหมาะสมกับการบริการบางประเภทเช่น อีเมล ซึ่งจะถึงล่าช้าไปบ้างไม่เป็นไร แต่ในปัจจุบันการให้บริการบนอินเทอร์เน็ตมีหลายอย่างที่ต้องการคุณภาพเชิงการส่งข้อมูลเสียง การใช้งานแบบ Voice over IP การใช้เป็น IP-TV การใช้งานเป็น IP-Phone การใช้งานมัลติมีเดียต่าง ๆ เช่นระบบวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ เป็นต้น งานเหล่านี้ต้องได้คุณภาพจึงจะใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

4.5.1 มาตรฐานคุณภาพบนอินเทอร์เน็ต

การกำหนดคำว่า QoS - Quality of Service จึงเป็นคำที่มีการกล่าวถึงกันมากในยุคนี้ เป็นมาตรฐานที่ใช้ในการจัดการรับส่งข้อมูล การยอมรับในเรื่องคุณภาพซึ่งเป็นระดับที่บางครั้งก็ยากแก่การกำหนดว่า มาตรฐานคุณภาพบนอินเทอร์เน็ตเป็นอย่างไร แต่หากพิจารณา QoS ในเชิงเทคนิคพอจะนิยามได้ด้วยพารามิเตอร์หลาย ๆ ตัวดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมีให้ใช้งานได้ (Availability) ในทางอุดมคติต้องได้ 100 เปอร์เซ็นต์ของเวลาการใช้งาน หรือกล่าวได้ว่า เวลาของความไม่พร้อม (Downtime) มีค่าเป็นศูนย์ แต่แน่นอนที่สุดว่า ไม่มีเครือข่ายใด จะให้บริการได้ 100 เปอร์เซ็นต์ หากกำหนดค่าควรมีให้ใช้งานได้เป็น 99.9999 เปอร์เซ็นต์ ก็แปลความได้ว่า ในหนึ่งเดือนจะต้องมีเวลาความไม่พร้อม หรือเครือข่ายขัดข้อง ได้ไม่เกิน 2.6 วินาที

ช่องสัญญาณที่ส่งได้ (Throughput) ค่านี้มีความหมายถึง การรับส่งข้อมูลจากปลายทางไปยังอีกปลายทางได้ด้วยอัตราเท่าไรในจำนวนบิตต่อวินาที ค่านี้มิได้หมายถึงค่าสูงสุดของช่องสัญญาณที่จะรับส่งได้ ทั้งนี้เพราะช่องสัญญาณที่ใช้รับส่งได้ มีแพ็กเก็ตและข้อมูลของผู้อื่นร่วมอยู่ด้วย ช่องสัญญาณของผู้ส่งต่อกับผู้รับ มีลักษณะการส่งรวมกับผู้อื่น ค่า Throughput นี้ อาจใช้ค่าที่ ISP รับประกันช่องสัญญาณน้อยที่สุดที่จะต้องส่งได้ หรือที่เรียกว่า minimum throughput guarantee เช่น เราเช่าสายวงจรเช่าขนาด 64 กิโลบิตต่อวินาที แต่มีการรับประกันว่าเราจะใช้ได้ไม่ต่ำกว่า 32 กิโลบิตต่อวินาที ค่า 32 จึงเป็นค่า Throughput แต่เมื่อใช้กับงานบริการเฉพาะบางอย่าง จำเป็นต้องมีการประกันช่องสัญญาณ เช่น การส่งสัญญาณเสียง สัญญาณวิดีโอ เป็นต้น

การหายของแพ็กเก็ต (Packet loss) เมื่อพิจารณาที่สวิตช์หรือเราเตอร์ที่ต้องรับแพ็กเก็ตไว้เป็นจำนวนมาก แต่ไม่สามารถให้บริการได้ทัน จำเป็นต้องนำแพ็กเก็ตบางส่วนทิ้งไป แพ็กเก็ตที่หายไปโดยไม่สามารถส่งจากผู้ส่งไปยังผู้รับ ได้เรียกว่า ค่าการหายของแพ็กเก็ต เมื่อแพ็กเก็ตหายไปก็ต้องส่งใหม่ ซึ่งจะทำให้ปริมาณของข้อมูลยิ่งเพิ่มมากขึ้น การเพิ่มมากขึ้นก็มีโอกาสที่จะสูญหายมากขึ้นด้วยเช่นกัน

เวลาแลเทนซี (Latency) ค่าเวลาแลเทนซีเป็นค่าเวลาที่เกิดจากการเดินทางของแพ็กเก็ตข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง เช่น ข้อมูลอินเทอร์เน็ตเดินทางจากต้นทางไปยังสถานีเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ห่างออกไป 5,000 กิโลเมตร ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 150 มิลลิวินาที ค่า 150 มิลลิวินาทีที่วัดได้เป็นค่าแลเทนซี ค่าแลเทนซีจะขึ้นกับวิธีการและเทคโนโลยี รวมถึงสูญเสียเวลาจากการหน่วงในอุปกรณ์เราเตอร์และสวิตช์ด้วย เช่น สัญญาณเดินทางผ่านดาวเทียม ซึ่งต้องเสียเวลาเพิ่มขึ้น เพราะดาวเทียมอยู่ห่างไกลต้องเสียเวลา

เวลาจิตเตอร์ (Jitter) อาจกล่าวได้ง่าย ๆ ว่าเป็นค่าการแปรปรวนของค่าเวลาแลเทนซี กล่าวคือ แพ็กเก็ตที่เคลื่อนที่จากต้นทางไปยังปลายทางหลาย ๆ แพ็กเก็ต ปรากฏว่าการไปถึงปลายทางใช้ระยะเวลาต่างกันทำให้ข้อมูลบางส่วนที่ไปก่อนอาจถึงทีหลัง หรือมีเวลาเหลื่อมกัน ทำให้การตรวจสอบลำดับของแพ็กเก็ตในผู้รับต้องกระทำด้วย

ข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงมีลักษณะที่ต้องการในคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์แบบต่าง ๆ ที่ต้องคำนึงในเรื่อง QoS

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตมีความไวต่อพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ชนิดของข้อมูล	ช่องสัญญาณที่ส่งได้	การสูญหายของแพ็กเก็ต	ลาเทนซี (การหน่วงเวลา)	จัตเตอร์
เสียง	ต่ำมาก	ปานกลาง	สูง	สูง
พามิซซ์อิเล็กทรอนิกส์	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ
รายการย่อย (transaction)	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ
อีเมลล์	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ
telnet	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
การเรียกจากบราวเซอร์ทั่วไป	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
การเรียกจากบราวเซอร์ในงานสำคัญ	ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ
การโอนย้ายไฟล์	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
วิดีโอคอนเฟอเรนซ์	สูง	ปานกลาง	สูง	สูง
มัลติคาส	สูง	สูง	สูง	สูง

4.6 คุณภาพของการให้บริการการค้นหาเส้นทาง

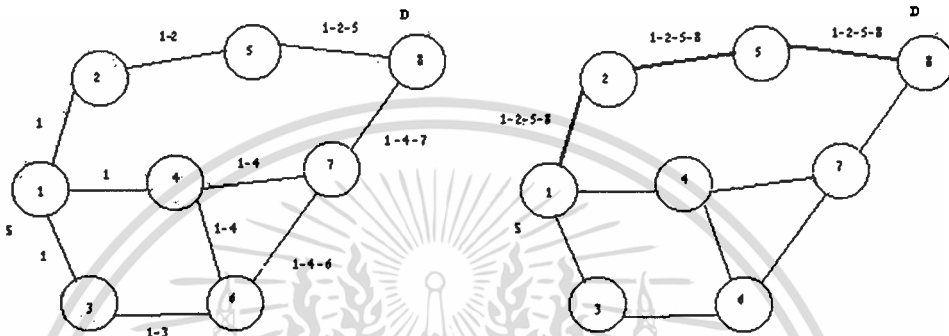
วิธีการหาเส้นทางในระบบเครือข่ายไร้สายแบบแอดฮอด พิจารณาแต่ละเครื่องให้มองในลักษณะเป็นจุด เมื่อต้องการจะติดต่อส่งข้อมูลจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ต้องมีการส่งข้อความร้องขอเพื่อบอกแต่ละจุดว่าต้องการจะส่งข้อมูลเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการส่งข้อมูลพร้อมกันหรือเกิดการชนของข้อมูล ในการร้องขอส่งข้อมูลจะสามารถค้นหาเส้นทางที่จะส่งไปยังเครื่องปลายทางได้ โดยวิธีการค้นหาเส้นทางมี 2 โปรโตคอลหลัก คือ “Table-Driven Protocols” และ “Source Initiated On Demand Routing” โปรโตคอลแรกสร้างตารางในการค้นหาเส้นทาง (routing table) โดยจะทำการกระจายแพ็กเก็ตไปยังทุกๆจุด และทำการหาเส้นทางตามวิธีต่างๆ เช่น วิธี Destination-Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) เป็นการค้นหาเส้นทางตามระยะทาง โดยการหาเส้นทางตามระยะทางจะเก็บไว้ในตารางการค้นหาเส้นทางอาจหาจากต้นทาง ปลายทาง เส้นทางที่สั้นที่สุด หรือ แบ่งออกเป็นกลุ่มๆก่อนจึงหาเส้นทาง โดยวิธีนี้จะกระจายแพ็กเก็ตไปทั่วทุกจุด และปลายทางจะกำหนดลำดับของจุดลงในตาราง และหลีกเลี่ยงการเกิดการวนซ้ำของการหาเส้นทาง โปรโตคอลที่สองคือ จะมีการค้นหาเส้นทางโดยการส่งแพ็กเก็ตจากจุดที่ต้องการส่งข้อมูลไปยังจุดข้างเคียงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเจอจุดหมายปลายทางก็จะหยุดส่งต่อซึ่ง โปรโตคอลนี้ต่างกับโปรโตคอลแรกที่ไม่จำเป็นต้องส่งแพ็กเก็ตไปยังทุกจุดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในวงจำกัด ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.1 การค้นหาเส้นทางในระบบเครือข่ายไร้สาย

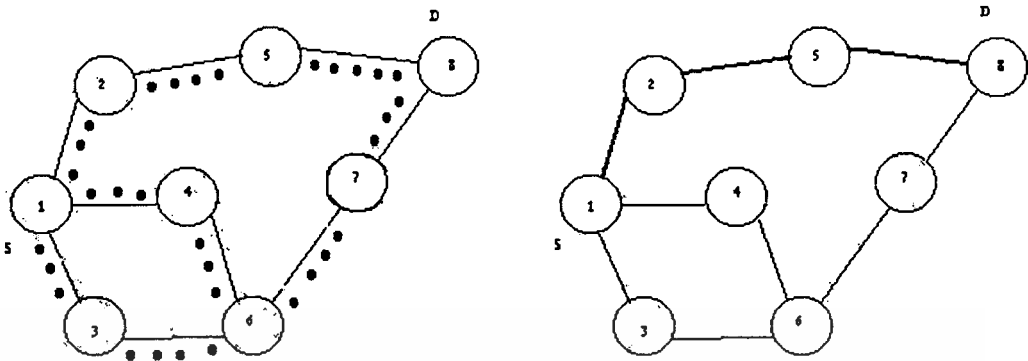
วิธีการในการหาเส้นทางในระบบเครือข่ายไร้สายได้แก่ วิธี Dynamic Source Routing (DSR) จะหาเส้นทางโดยการส่งแพ็คเกจร้องขอไปยังจุดข้างเคียงและทำการเก็บด้วยว่าแพ็คเกจที่มาจากเส้นทางไหนและแต่ละจุดจะเลือกเก็บเส้นทางที่มีการกระโดดผ่านจุดน้อยที่สุด เมื่อถึงปลายทาง ปลายทางก็จะกำหนดเส้นทางได้ว่าไปหาต้นทางที่เส้นทางใด ดังรูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างวิธี DSR



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างการหาเส้นทางด้วยวิธี Dynamic Source Routing (DSR)

วิธี On-Demand Multi-Routing (ODMR) ทำการปรับปรุงวิธีการหาเส้นทางตามความต้องการจากต้นทาง(On Demand Source Routing)โดยใช้พื้นฐานจากการหาเส้นทางของต้นทางที่ไม่คงที่(DSR) โดยใช้ multi Routing scheme ที่สามารถค้นหาเส้นทางที่เป็น multi-hop เมื่อต้นทางต้องการส่งข้อมูล ต้นทางจะส่งกระจายแพ็คเกจควบคุมสำหรับการหาเส้นทางไปยังปลายทาง จุดที่เป็นตัวผ่านจะกำหนด ID ในการร้องขอแพ็คเกจและส่งแพ็คเกจกระจายต่อไป สถานที่ที่ได้รับการร้องขอแพ็คเกจจะไม่คัดลอกแพ็คเกจไว้ จะทำการกระจายแพ็คเกจไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงปลายทาง เมื่อปลายทางได้รับแพ็คเกจจะทำการส่งตอบรับแพ็คเกจไปยังต้นทางโดยใช้เส้นทางที่ได้จากการหาเส้นทาง เมื่อได้รับการตอบรับแพ็คเกจก็จะเริ่มส่งข้อมูล ถ้าสถานีเคลื่อนที่ไปในการส่งแล้วจะทำการยกเลิกการติดต่อที่จุดนั้น จุดที่ส่งไปยังจุดนั้นจะส่งแพ็คเกจประกาศการยกเลิกเส้นทาง และเริ่มหาเส้นทางใหม่ตามขั้นตอนเดิม และเพิ่มการหาอีกเส้นทางใหม่ด้วยการวนรอบ (roundabout route)ในเวลาเดียวกัน การส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง จะส่งด้วยทั้ง 2 วิธี เมื่อมีการยกเลิกการติดต่อในเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งก็จะมีการส่งแพ็คเกจไปบอกต้นทาง แต่ต้นทางจะยังคงส่งตามเส้นทางวิธีใหม่ต่อไปโดยไม่ติดขัด

วิธี Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) เป็นการปรับปรุงจากการหาเส้นทางจากวิธี DSDV คือจะมีการกำหนด address ให้แต่ละจุดโดยกำหนดจากปลายทางหลังจากที่ปลายทางได้รับแพ็คเกจร้องขอแล้ว รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างวิธี AODV ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างการหาเส้นทางด้วยวิธี Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV)

วิธี QoS Routing เทคนิคนี้จะใช้กระบวนการในการเลือกทิศทางจากการเคลื่อนที่ของแพ็กเก็ตในการติดต่อแบบ logical connection เทคนิคนี้จะรับประกันคุณภาพของการบริการจากต้นทางถึงปลายทาง (end-to-end Quality of Service) โดยจะแบ่งงานออกเป็น 2 ส่วนคือ การค้นหาเส้นทางจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยจุดมุ่งหมายเพื่อต้องการลดความล่าช้า ใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าลดจำนวน hop ตัวกลางที่ไปยังจุดหมาย อีกส่วนคือ การรองรับคุณภาพการบริการ โดยมีความต้องการรับประกันแบนด์วิดท์ ลดความล่าช้าและความเสียหายของข้อมูล วิธีการแบบ QoS routing จะขึ้นอยู่กับความแม่นยำและการหาได้ง่ายของสถานะของเครือข่ายในขณะนั้น พิจารณาข้อมูลใน 2 สถานะคือ ข้อมูลเฉพาะภายในบริเวณนั้น จะประกอบด้วย queuing delay เนื่องจากความจุที่เหลือน้อยของ CPU ของแต่ละจุด เวลาประวิงการแพร่กระจายคลื่น, แบนด์วิดท์, ค่าการเชื่อมต่อของการส่งข้อมูล โดย logical อยู่ในระดับจตุรรวม logical state ของทุกจุดจะเรียกเป็น global state และ global state จะถูกกระจายไปยัง logical state ซึ่งทุกจุดซึ่งเป็นลิงค์สเตทโปรโตคอล และมีการ update global state information ใช้อัลกอริทึมเริ่มต้นที่แหล่งกำเนิด (Source-initialed routing) และอัลกอริทึมเริ่มต้นที่ปลายทาง (Destination-initiated routing) โดยมีพื้นฐานจากการกำหนดเส้นทางโดยการแจกจ่ายเส้นทาง (Distributed routing algorithm) การปรับปรุงตารางการหาทิศทางเคลื่อนที่ (update routing table) ลดจำนวนจุดที่ไปหาทิศทางและจำกัดการเคลื่อนที่ในข้อมูลของลิงค์สเตท (link state information) โดยใช้โปรโตคอลระยะทางของแต่ละทิศทาง (Distance Vector Protocol)

อัลกอริทึมที่ใช้ในการหาเส้นทางได้แก่ การกระจายแบบน้ำท่วม (Flooding Algorithm) จะกระจายข้อความไปทุกเส้นทางวิธีนี้จะหาเส้นทางที่เป็นเส้นทางที่ดีที่สุดที่จะเป็นไปได้แต่จะใช้ทรัพยากรของระบบมาก อัลกอริทึมแบบหาระยะทางที่สั้นที่สุด (Shortest-Path algorithm-SP) เป็น การหาเส้นทางที่ได้โอเวอร์เฮดน้อยที่สุดแต่มีเพียงเส้นทางเดียวในแต่ละครั้งที่ใช้หาเส้นทาง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมทีบีดี (TBD-Ticket-Based Probing) เป็นการนำข้อดีของ 2 อัลกอริทึมแรกมาใช้ วิธีการหาเส้นทางแบบลำดับขั้น กระจายไปทุกจุด

วิธีที่น่าสนใจส่วนใหญ่จะนำหลักการพื้นฐานของโปรโตคอล Source Initiated on Demand เทคนิคทั่วไปที่ใช้ด้วยการลดจำนวนไบต์ที่ส่งในอากาศ และสิ่งที่ต้องคำนึงต่อมาก็คือพลังงานระหว่างจุดต้องมีการควบคุมเพื่อหลีกเลี่ยงสิ่งรบกวนและใช้พลังงานให้น้อยที่สุด เนื่องจากแต่ละจุดสามารถเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากระบบได้ในทันทีทันใด

4.7 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงเครือข่ายการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอค ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในลักษณะการส่งต่อข้อมูลกันเป็นทอดๆ ผ่านอุปกรณ์ที่ทำการสื่อสารกันอยู่บนเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องมีสถานีทวนสัญญาณแต่อย่างใด จึงเหมาะสำหรับการทำงานในลักษณะของเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล ที่ทำการรับ-ส่งข้อมูลในระยะทางใกล้ๆ เช่นภายในบ้าน หรือภายในอาคาร ซึ่งเครือข่ายแบบไร้สายจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบเครือข่ายที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังรองรับการทำงานของทีซีพีโปรโตคอลที่นำมาใช้งานกับเครือข่ายการสื่อสารไร้สายแบบแอดฮอคเพื่อที่จะเป็นตัวรับประกันความถูกต้องของข้อมูลในระหว่างการรับ-ส่งข้อมูลในแต่ละครั้ง และมีอัลกอริทึมในการรับประกันคุณภาพของการให้บริการการค้นหาเส้นทาง ในขณะที่รูปแบบเครือข่ายเกิดการเปลี่ยนแปลง ด้วยเหตุผลนี้ จึงเป็นที่น่าสนใจในการศึกษา นำมาประยุกต์ใช้กับเครือข่ายการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สูง ในระยะทาง 1 เมตร จนถึง 10 เมตร เพื่อตอบสนองความต้องการในการสื่อสารข้อมูลในลักษณะมัลติมีเดียได้เป็นอย่างดี

บทที่ 5

ขั้นตอนการวิเคราะห์และการจำลองการทำงาน

5.1 บทนำ

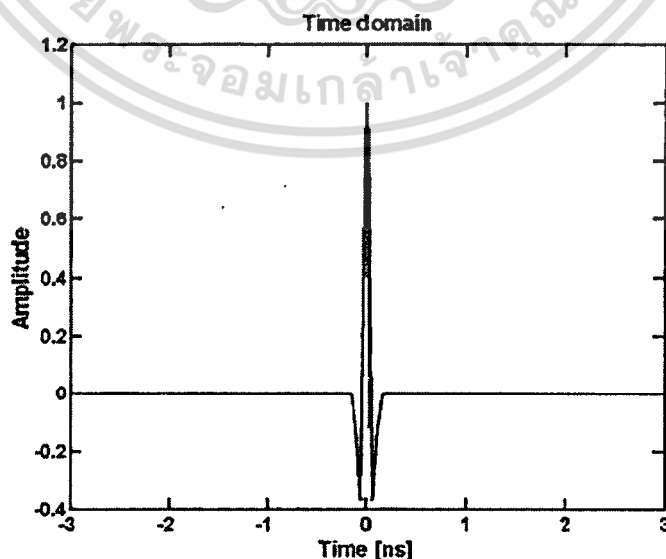
ในการจำลองการทำงานนี้ได้ให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพการสื่อสาร โดยจะทดลองเพื่อหาค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็คเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร เพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายในแต่ละระยะทาง ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบเครือข่าย และในส่วนของการทำงานซึ่งจะสามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็นสองขั้นตอน

5.2 แบบจำลองสัญญาณการส่งผ่านข้อมูล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำรูปแบบสัญญาณของ Gaussian doublet pulse มาใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ [13]

$$y_g(t) = K \frac{-2}{\tau^2} \left(1 - \frac{2t^2}{\tau^2} \right) e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2} \quad (5.1)$$

โดยที่ K คือค่าแอมพลิจูดสูงสุด τ คือค่าลักษณะเฉพาะของการประวิงทางเวลา ซึ่งรูปแบบของคลื่นนี้เป็นลักษณะของอนุพันธ์อันดับที่สองของ Gaussian pulse ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 รูปสัญญาณพัลส์แบบเกาส์เซียนอันดับสองใน โดเมนเวลา

รูปแบบพื้นฐานของวิธีการมอดูเลตของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้การกระโดดทางเวลาในการสื่อสารนั้น ส่วนมากจะใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ (Pulse Position Modulation: PPM) เป็นเทคนิคการมอดูเลตของการกระโดดทางเวลา ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$s(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_c - b_i \tau) \quad (5.2)$$

โดยที่ T_f แสดงถึงช่วงเวลาของเฟรม $p(t)$ คือ Gaussian doublet pulse N_s แสดงถึงจำนวนครั้งที่ทำการส่งข้อมูลซ้ำ c_j คือองค์ประกอบของการเข้ารหัส T_c คือเวลาที่เคลื่อนไปซึ่งเกี่ยวข้องกับลำดับสัญญาณรบกวน (Pseudo Noise: PN) b_i แสดงถึงบิตข้อมูล และ τ คือการประวิงทางเวลา

5.2.2 แบบจำลองสัญญาณที่ฝั่งรับ

เมื่อสัญญาณถูกส่งผ่านโดยสายอากาศจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ โดยผ่านช่องสัญญาณ จะเกิดสัญญาณรบกวนขึ้น ซึ่งสัญญาณที่รับจากการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง โดยใช้การมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์จะแสดงได้ดังสมการ

$$r(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_c - b_i \tau) + n(t) \quad (5.3)$$

โดยที่ $n(t)$ คือ Additive White Gaussian Noise (AWGN)

5.2.3 แบบจำลองการสูญเสียจากวิถีทาง

จากสมการที่ 5.1 A จะแสดงถึงค่าแอมพลิจูดของสัญญาณที่ใช้แทนข้อมูลที่ต้องการส่ง ซึ่งการแพร่กระจายของสัญญาณจากแต่ละเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ ซึ่งสายอากาศและการแพร่กระจายของระบบ จะเปลี่ยนแปลงลักษณะของสัญญาณพัลส์ในฟังก์ชัน $p(t)$ ที่ตำแหน่งเอาต์พุต ซึ่งรูปสัญญาณที่รับได้เมื่อถูกส่งผ่านทางช่องสัญญาณที่เป็นอากาศว่างจะเป็นไปตามรูปที่ 5.1

สำหรับการจำลองการสูญเสียจากวิถีทางนั้นเป็นการทำนายความผิดเพี้ยนที่เกิดจากระยะทางระหว่างเครื่องส่งกับเครื่องรับ และตัวบ่งชี้ของการสูญเสียทางวิถีทาง (Path loss exponent) จะแสดงเป็นค่า n จะเป็นตัวลดทอนกำลังงานของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะทาง d ที่ $1/d^n$ โดยสมการการสูญเสียจากวิถีทางในแต่ละระยะทางสามารถแสดงได้โดย

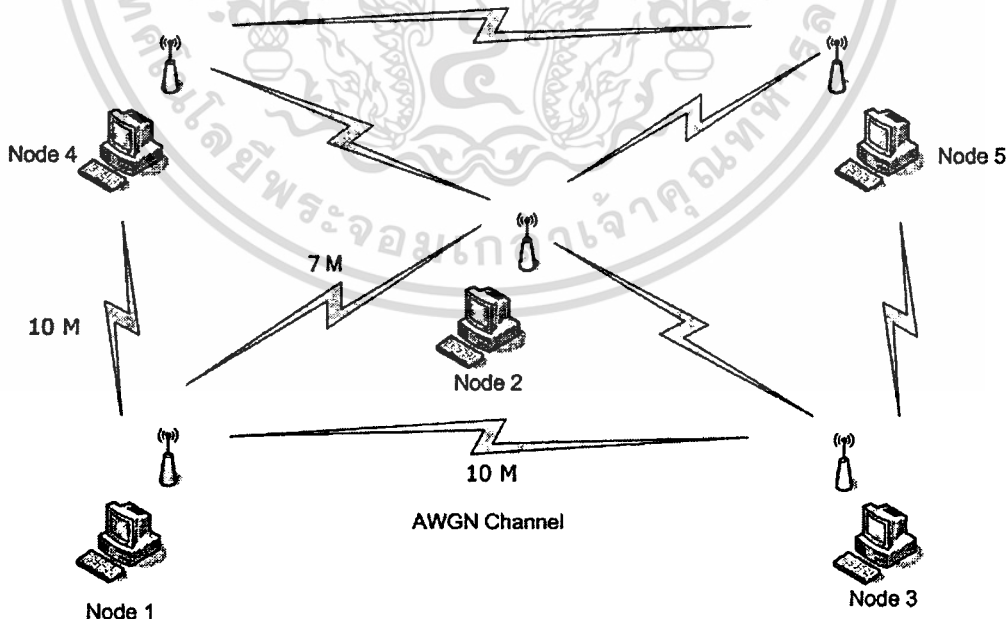
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$PL_{dB}(d) = PL_{dB}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right); d \geq d_0 \quad (5.4)$$

โดยที่ $PL_{dB}(d)$ คือค่าเฉลี่ยของการสูญเสียจากวิถีทางในแต่ละระยะทาง d_0 เป็นระยะทางอ้างอิง โดยให้ $d_0 = 1$ และ n คือตัวบ่งชี้ของการสูญเสียทางวิถีทาง ซึ่งในเงื่อนไขที่มีการติดต่อในทิศทางเดียวกันค่า $n = 1.77$ [14] ซึ่งการสูญเสียทางวิถีทางจะมีค่ามากขึ้นเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทาง

5.3 ระบบเครือข่าย

องค์ประกอบพื้นฐานของเครือข่ายแบบแอดฮอค จะเป็นเครือข่ายที่ประกอบไปด้วยโหนดหลายๆ โหนด ซึ่งแต่ละโหนดจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกันดังต่อไปนี้ 1. โหนดแต่ละโหนดจะสามารถทำการเชื่อมต่อถึงกันได้หมด 2. ทุกโหนดจะมีความสามารถในการทำงานที่เหมือนกัน 3. โหนดแต่ละโหนดจะถูกกำหนดที่อยู่อย่างถาวร 4. การติดต่อกันระหว่างโหนดจะใช้บริการการควบคุมคุณภาพการให้บริการ (QOS) 5. โหนดแต่ละโหนดจะถูกจำกัดแบนด์วิดท์ให้เท่ากัน ซึ่งจะสมมติให้แต่ละโหนดส่งข้อมูลไปยังทุกๆ โหนดเพื่อบอกตำแหน่งของตัวเองให้โหนดอื่นๆ ที่อยู่บริเวณรับรู้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.2 สมมติให้โหนดทุกโหนดถูกกำหนดตำแหน่งตายตัวตามคุณสมบัติที่กล่าวมา [15]



รูปที่ 5.2 โครงสร้างเครือข่ายที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงานของระบบการสื่อสารแบบแถบ

กว้างยิ่ง บนช่องสัญญาณ AWGN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

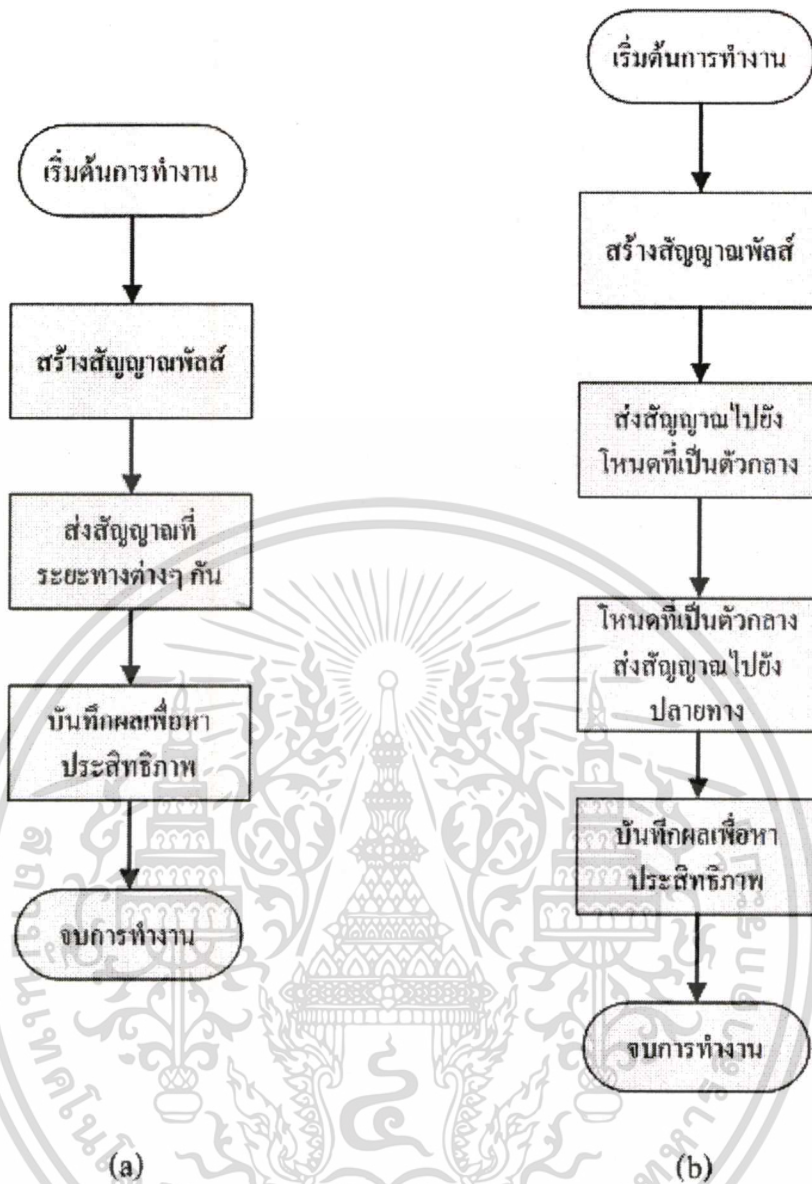
เครือข่ายการสื่อสารแอดฮอค คือกลุ่มของอุปกรณ์การสื่อสารไร้สายที่ทำการสื่อสารมากกว่าสองตัวขึ้นไป อุปกรณ์เหล่านั้นเปรียบเป็นเสมือนโหนดที่ทำการติดต่อสื่อสารกัน โดยที่โหนดสื่อกลางจะมีหน้าที่เป็นตัวคอยห่วงหรือส่งต่อแพ็กเกจข้อมูล จากแหล่งกำเนิดข้อมูลไปยังปลายทาง ดังนั้นต่อจากนี้ไปเครือข่ายสื่อสารแอดฮอคจะต้องรองรับระบบที่ซีพีไอพีโปรโตคอล โดยอัตราความสำเร็จของงาน (Throughput) ของการสื่อสารจะเป็นตัวระบุถึงประสิทธิภาพของการทำงานในแต่ละระบบนั้น ซึ่งการหาค่าความสำเร็จของงาน โดยใช้การส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง ด้วยเหตุนี้ค่าเฉลี่ยอัตราความสำเร็จของงานจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รับได้และเวลาที่เกิดขึ้นจากการสื่อสาร

5.4 ขั้นตอนการจำลองการทำงาน

ในขั้นตอนการจำลองการทำงานนี้ต้องการศึกษาถึงการรับประกันคุณภาพของเครือข่ายการสื่อสารบนแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง ซึ่งจะจำลองการส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่กลางและแบนด์วิดท์ตามที่กำหนด ด้วยความเร็ว 110 Mbps จากต้นทางไปยังปลายทางที่ระยะทางต่างๆ กันตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร เพื่อหาประสิทธิภาพของการสื่อสารที่ระยะทางต่างๆ กันดังแสดงในรูปที่ 5.3 (a) จากนั้นได้ทำการจำลองการสื่อสารในรูปแบบของการเชื่อมต่อจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยผ่านทางอุปกรณ์ที่เป็นสื่อกลางเพื่อใช้ส่งต่อข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 5.3 (b) ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในหลายๆ วิธีที่จะนำมาช่วยให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นตอนที่หนึ่งจะทำการจำลองการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทาง ไปยังโหนดปลายทาง โดยที่โหนดต้นทางจะส่งข้อมูลในรูปแบบของแพ็กเกจที่มีขนาด 1,024 บิตต่อแพ็กเกจ จำนวนทั้งสิ้น 1,000 แพ็กเกจ ไปยังโหนดปลายทางที่ระยะทางต่างๆ ตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร โดยใช้อัตราการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps ในทุกๆ ระยะทาง ซึ่งเมื่อมีการผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้น โหนดต้นทางจะทำการส่งแพ็กเกจนั้นซ้ำจนกว่าโหนดปลายทางจะได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง

ขั้นตอนที่สองจะจำลองการส่งข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบระหว่างการส่งข้อมูลแบบกระโดดครั้งเดียว กับการกระโดดหลายครั้ง โดยในขั้นตอนนี้จะใช้รูปภาพดิจิทัลเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับส่งจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ซึ่งจะให้รูปภาพขนาด 256x256 พิกเซลล์ ในรูปแบบภาพขาวดำ ดังนั้นจะมีข้อมูลทั้งสิ้น 65,536 บิต และจะแบ่งเป็นแพ็กเกจละ 2,048 บิต จำนวนทั้งสิ้น 256 แพ็กเกจ ดังแสดงในรูปที่ 5.4 จะเป็นรูปต้นฉบับที่ใช้สำหรับการจำลองการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ซึ่งขั้นตอนนี้จะไม่มีมีการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดซ้ำ เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของการส่งข้อมูลแบบกระโดดครั้งเดียว กับการส่งข้อมูลแบบกระโดดหลายครั้ง



รูปที่ 5.3 แผนผังการนำเสนอการจำลองการทำงานของระบบ โดยที่ (a) การสื่อสารข้อมูลแบบ Single - Hop (b) การสื่อสารข้อมูลแบบ Double - Hop

ซึ่งในการจำลองการทำงานทั้งสองขั้นตอนที่ได้กล่าวมานั้น ได้ใช้เทคนิคในการส่งข้อมูลซ้ำๆ กันในระดับบิตเพื่อให้เกิดความถูกต้องของข้อมูลมากยิ่งขึ้น โดยจะทำการส่งข้อมูลในหนึ่งบิตซ้ำกัน 5 ครั้ง กล่าวคือ ถ้าในหนึ่งแพ็คเกจมีขนาด 1,024 บิต แต่ละบิตจะมีบิตซ้ำกันอยู่ 5 บิต ดังนั้นข้อมูลในแต่ละแพ็คเกจจะมีขนาด 5,120 บิต และระบบก็จะทำการส่งข้อมูลเหล่านี้ไปยังปลายทาง และที่โหนดปลายทางก็จะรับข้อมูลดังกล่าวมาทำการหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 5 บิตที่มีการส่งซ้ำๆ กัน ก็จะได้ข้อมูลขนาด 1,024 บิต เป็นข้อมูลที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ภาพต้นฉบับที่ใช้สำหรับการจำลองการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง โดยรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลล์ ในรูปแบบภาพขาวดำ

5.5 พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการจำลองการทำงาน

การจำลองการทำงานทั้งสองชั้นตอนจะเป็นการจำลองการรับส่งข้อมูลในรูปแบบของเครือข่ายแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง ที่มีอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ด้วยกำลังงานในการส่ง -41.3 dBm/MHz ตามมาตรฐานของ FCC ตัวบ่งชี้ของการสูญเสียทางวิถีทาง η จากสมการที่ 5.4 มีค่าเท่ากับ 1.77 ความกว้างของสัญญาณพัลส์แบบเกาส์เซียนระดับเลตเท่ากับ 0.28 ns ใช้สำหรับเป็นสัญญาณส่ง ซึ่งตารางที่ 5.1 จะแสดงถึงค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการจำลองการทำงาน

ตารางที่ 5.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการทำงานในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง

พารามิเตอร์	ค่า
อัตราการส่งข้อมูล	480, 200, 110 Mbps
กำลังงานที่ใช้ในการส่ง	-41.3 dBm/MHz
แบนด์วิทซ์	7.5 GHz
ความถี่ศูนย์กลาง	6.85 GHz
ระยะทางระหว่างตัวรับ-ส่ง	1-10 เมตร
ความกว้างของสัญญาณพัลส์	0.28 ns
ช่วงเวลาของสัญญาณพัลส์	9 ns
การประวิงทางเวลาของ	
การมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์	0.188 ns
ตัวบ่งชี้ของการสูญเสียทางวิถีทาง	1.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

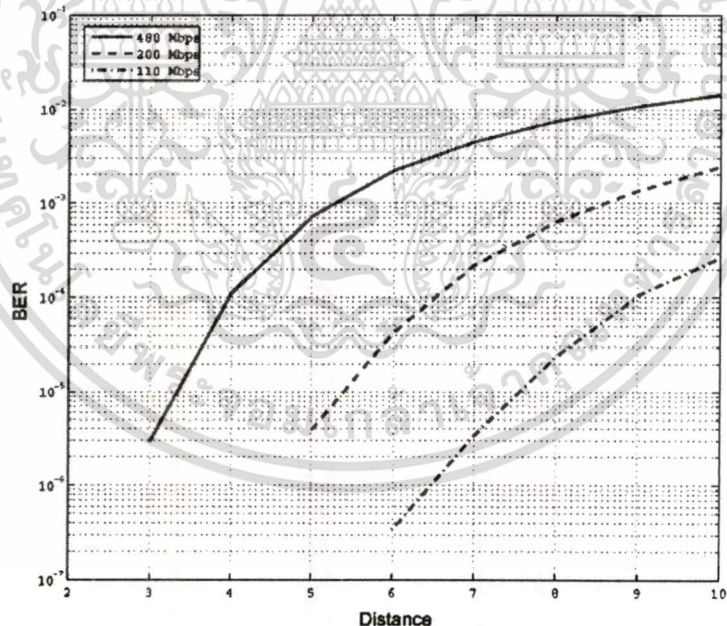
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ผลการทดลอง

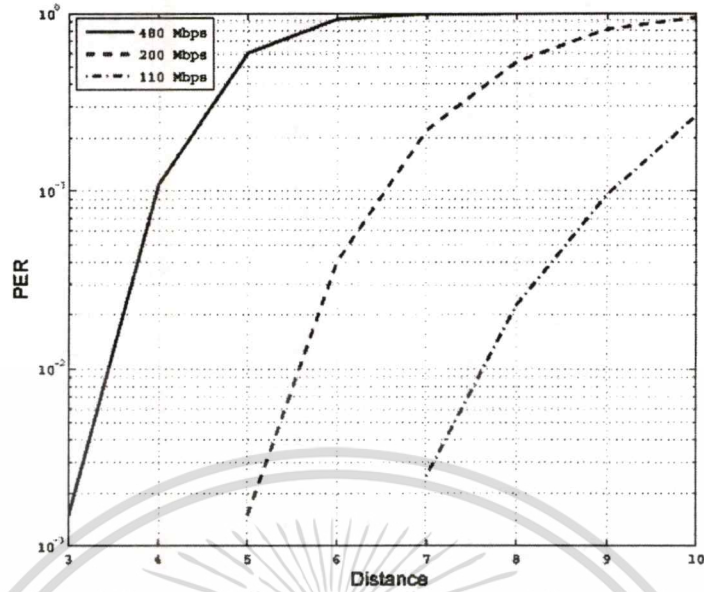
5.6.1 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 1

ในขั้นตอนที่ 1 ได้จำลองการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางที่ระยะทางต่างๆ กันตั้งแต่ 1 เมตร จนถึง 10 เมตร ด้วยอัตราการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 480 Mbps, 200Mbps และ 110 Mbps ซึ่งอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลต่างกันที่ระยะทางต่างๆ กัน เพื่อที่จะหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในระยะทางที่ต่างกัน ซึ่งจากการทดลองสามารถหาค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร รูปที่ 5.5 แสดงถึงอัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps

รูปที่ 5.6 แสดงถึงค่าอัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเกจเปรียบเทียบกับระยะทาง จากการทดลอง ความผิดพลาดของแพ็กเกจจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการผิดพลาดของบิตมากกว่าหนึ่งบิตขึ้นไปในแพ็กเกจนั้นๆ ซึ่งอัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจเริ่มเกิดขึ้นที่ระยะทางต่างๆ กันในแต่ละอัตราการเร็วในการส่งข้อมูล



รูปที่ 5.5 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps



รูปที่ 5.6 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัย การกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บน ช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps

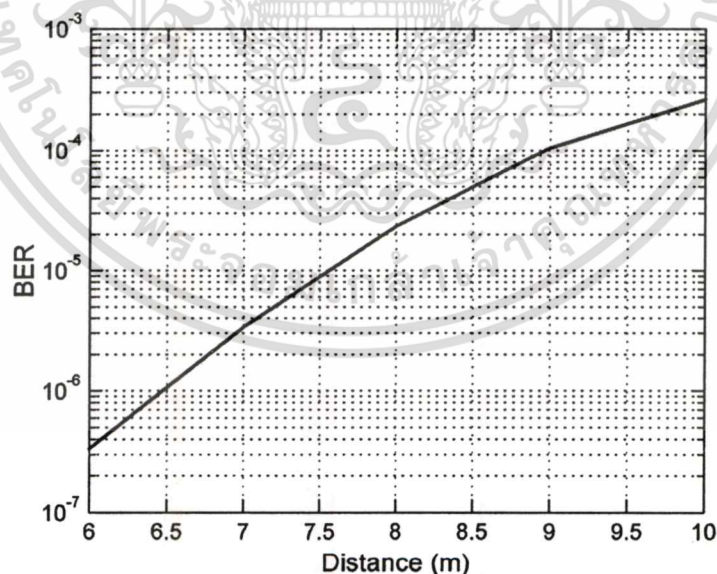
ตารางที่ 5.2 อัตราความสำเร็จของงานเปรียบเทียบกับระยะทาง ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps

Distance	Throughput (480 Mbps)	Throughput (200 Mbps)	Throughput (110 Mbps)
1	100.00%	100.00%	100.00%
2	100.00%	100.00%	100.00%
3	99.00%	100.00%	100.00%
4	89.00%	100.00%	100.00%
5	39.00%	99.00%	100.00%
6	7.35%	95.00%	100.00%
7	0.50%	78.00%	100.00%
8	0.03%	46.00%	99.00%
9	0.00%	18.00%	87.00%
10	0.00%	5.50%	53.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

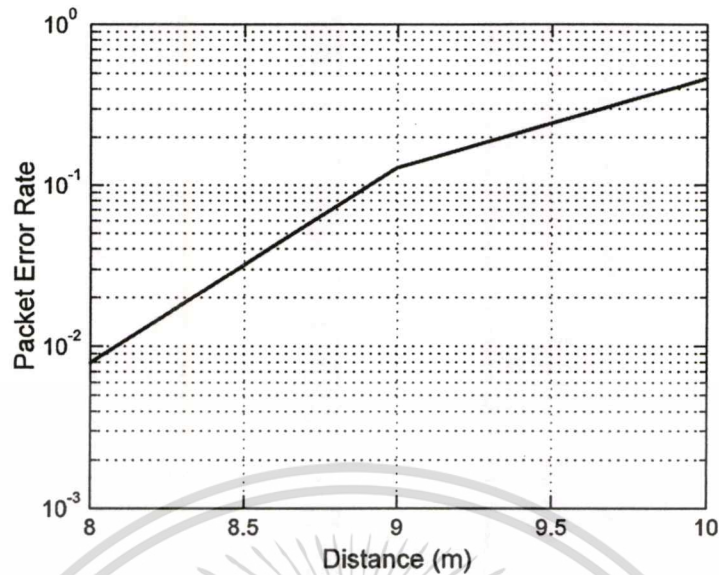
ในตารางที่ 5.2 แสดงถึงอัตราความสำเร็จของงานที่ความเร็วในการส่งข้อมูล 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps ที่ระยะทางตั้งแต่ 1 เมตรถึง 10 เมตร จะเห็นได้ว่าที่ระยะทางใกล้ๆ ตั้งแต่ 1 เมตรถึง 3 เมตร ทุกความเร็วในการส่งข้อมูล มีอัตราความสำเร็จในการสื่อสารที่สูงมาก แต่เมื่อระยะทางไกลออกไปเรื่อยๆ อัตราความสำเร็จของงานก็จะลดลงไป เพราะเมื่อระยะทางไกลขึ้น ความผิดพลาดของข้อมูลก็จะมากขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างเครือข่ายตามรูปที่ 5.2 เมื่อให้โหนดต่างๆ ถูกกำหนดตำแหน่งที่ตายตัวและระยะทางคงรูป ถ้าเราต้องการส่งข้อมูลจากโหนดที่ 1 ไปยังโหนดที่ 3 ในระยะทาง 10 เมตรด้วยความเร็ว 110 Mbps ซึ่งค่าความผิดพลาดบิตและค่าความผิดพลาดแพ็กเก็ตตามรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 แล้ว จะเห็นได้ว่า ที่อัตราการส่งข้อมูลที่ 110 Mbps จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ระยะทาง 7 เมตร เมื่อเน้นที่อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลที่ 110 Mbps ซึ่งในรูปที่ 5.7 จะแสดงถึงอัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเปรียบเทียบกับระยะทางด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps จะเห็นได้ว่าที่ระยะทาง 7 เมตรมีค่าอัตราความผิดพลาดบิตที่ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการส่งข้อมูลที่ 480 Mbps และ 200 Mbps เช่นเดียวกับรูปที่ 5.8 ซึ่งแสดงถึงอัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเปรียบเทียบกับระยะทาง เมื่อนำเทคนิคการส่งข้อมูลในแต่ละบิตซ้ำๆ กัน จะทำให้เกิดการผิดพลาดของแต่ละแพ็กเก็ตน้อยลงด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าที่ได้ต่างๆ เหล่านี้จะนำไปวิเคราะห์เพื่อการทดลองในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป



รูปที่ 5.7 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของบิตเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 อัตราเฉลี่ยความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเมื่อเทียบกับระยะทาง ของระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps

จากค่าอัตราความผิดพลาดของแพ็กเก็ตที่ได้จากการจำลองการทำงาน ทำให้ทราบถึงค่าอัตราความสำเร็จของงาน ซึ่งจากการทดลองประสิทธิภาพของการสื่อสารที่ระยะทาง 1-7 เมตร ได้ผลที่ดีมาก ค่าอัตราความสำเร็จของงานมีค่าเป็น 100% และเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลทั้งหมด 53.28 มิลลิวินาที จากจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 5,120,000 บิต ต่อระยะทาง และขณะเดียวกันที่ระยะทาง 8-10 เมตร ค่าอัตราความสำเร็จของงานมีค่าเท่ากับ 99%, 87% และ 53% ตามลำดับ ซึ่งอัตราความสำเร็จของงานจะลดลงเมื่อระยะทางไกลขึ้น ส่วนเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระยะทาง 8 เมตรนั้น ใช้เวลาในการส่งข้อมูลทั้งสิ้น 53.70 มิลลิวินาที เกิดจากการที่มีข้อมูลผิดพลาดเล็กน้อยทำให้โหนดต้นทางต้องทำการส่งข้อมูลมายังโหนดปลายทางใหม่ ซึ่งที่ระยะทาง 9 เมตร และ 10 เมตร ใช้เวลาในการส่งข้อมูล 61.16 มิลลิวินาที และ 100.43 มิลลิวินาที ตามลำดับ นั้นแสดงให้เห็นว่าที่ระยะทาง 9 เมตรเริ่มเกิดความผิดพลาดของข้อมูลมากขึ้น และที่ 10 เมตร ความผิดพลาดของข้อมูลจะเกิดขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัด เมื่อโหนดต้นทางต้องทำการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดอยู่เรื่อยๆ จนกว่าข้อมูลจะถูกต้องทั้งหมด จึงทำให้ใช้เวลาในการส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งค่าเฉลี่ยความสำเร็จของงานและเวลาในการสื่อสารขอมูลของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ที่ใช้การมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ ด้วยอัตราการส่ง 110 Mbps สามารถแสดงได้ในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 อัตราความสำเร็จของงานและเวลาที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลเปรียบเทียบกับระยะทางของระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่ง ที่ใช้การมอดูเลทตามตำแหน่งของพัลส์ ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps

Distance (m)	Throughput (110 Mbps)	Transmission Delay (ms)
1	100%	53.28
2	100%	53.28
3	100%	53.28
4	100%	53.28
5	100%	53.28
6	100%	53.28
7	100%	53.28
8	99%	53.70
9	87%	61.16
10	53%	100.43

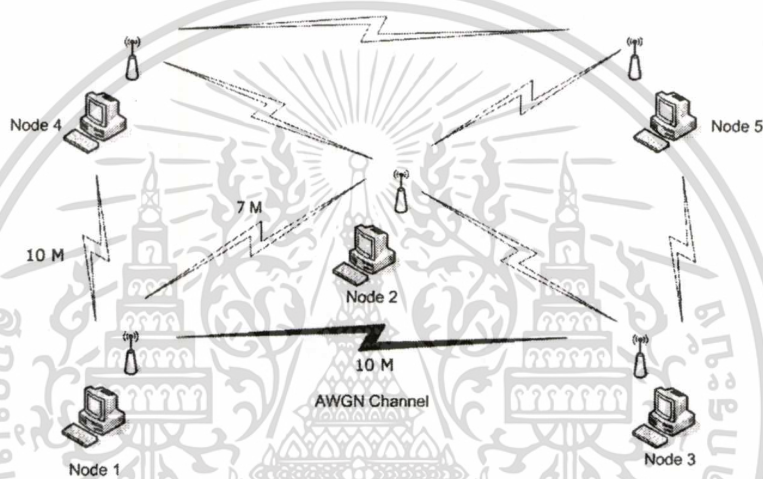
จากผลการทดลองขั้นตอนที่ 1 ทั้งหมดนี้เป็นลักษณะของการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบของการสื่อสารแบบ Single-Hop ซึ่งข้อมูลจากต้นทางจะไปถึงปลายทาง โดยไม่ผ่านโหนดที่เป็นสื่อกลาง ข้อดีคือจะทำให้ลดการเชื่อมต่อในแต่ละจุดของโหนด แต่ข้อเสียก็คือเมื่อระยะทางไกลขึ้น ความผิดพลาดในการสื่อสารก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน

จากขั้นตอนที่ 1 จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อใช้ทดลองในขั้นตอนที่ 2 โดยอาศัยการสื่อสารแบบ Double-Hop โดยจะส่งข้อมูลผ่านโหนดที่เป็นสื่อกลางไปยังโหนดปลายทางโดยอาศัยหลักการของการสื่อสารแบบแอดฮอค

5.6.2 ผลการทดลองขั้นตอนที่ 2

สำหรับการหาประสิทธิภาพของระบบจะจำลองให้โหนดทุกโหนดไม่มีการเคลื่อนที่ โดยในครั้งแรกโหนดต้นทางจะห่างจากโหนดปลายทางเป็นระยะทาง 10 เมตร และใช้การส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางโดยตรง ในเวลาต่อมาเมื่อมีโหนดที่เป็นสื่อกลางเกิดขึ้นมาในเครือข่ายที่ห่างจากโหนดต้นทางและโหนดปลายทางเป็นระยะทาง 7 เมตรเท่ากัน โหนดต้นทางที่เป็นตัวส่งข้อมูลก็จะรับรู้ว่าจะสามารถส่งแพ็กเกจข้อมูลให้กับโหนดสื่อกลางเพื่อที่จะส่งต่อข้อมูลไปยังโหนดปลายทางได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 โหนดที่ 2 จะอยู่ห่างจากโหนดอื่นๆ ในเครือข่ายเป็นระยะทางประมาณ 7 เมตร

สำหรับการจำลองการทำงานในระบบการสื่อสารที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง ดังแสดงในรูปที่ 5.9 จะเป็นการส่งข้อมูลแบบ Single Hop ที่จะมีการเกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่โหนดปลายทาง ดังรูปที่ 5.10 จะแสดงให้เห็นถึงการเกิดความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลที่ระยะทาง 10 เมตร ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps จะเห็นได้ว่ามีความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้นมาก อย่างไรก็ตาม ระบบสามารถส่งข้อมูลที่ผิดพลาดเหล่านั้นซ้ำกลับไปจนกว่าข้อมูลจะถูกต้องทั้งหมด แต่ในการส่งข้อมูลซ้ำๆ นั้น ก็จะทำให้เกิดความล่าช้าในการรับส่งข้อมูลด้วยเช่นกัน



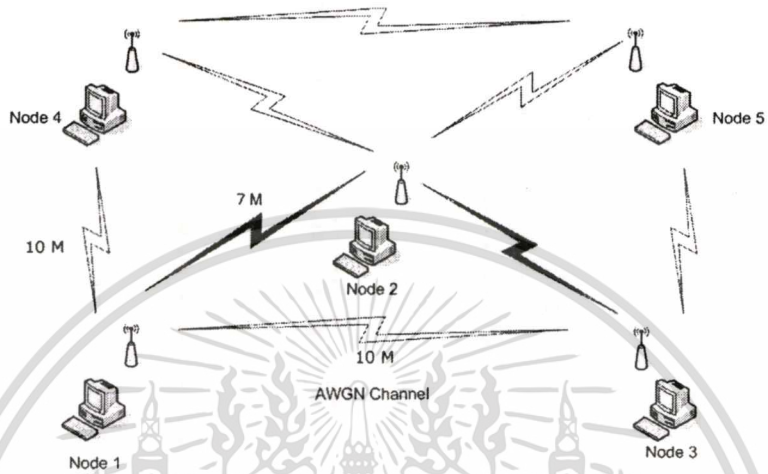
รูปที่ 5.9 การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายในลักษณะของ Single Hop



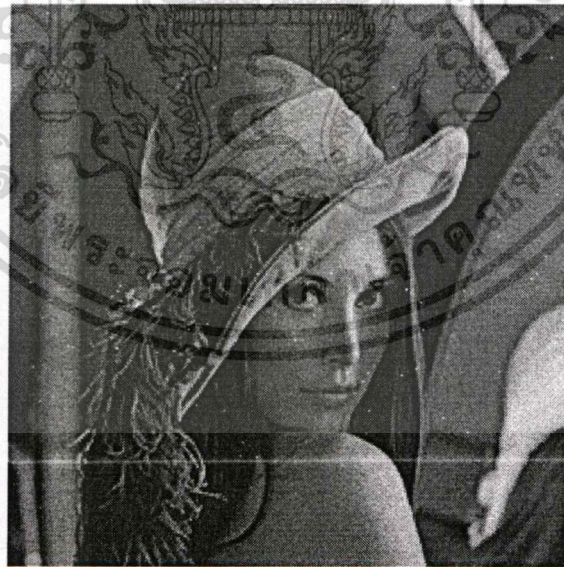
รูปที่ 5.10 ภาพที่รับได้ที่โหนดปลายทาง การจำลองการส่งข้อมูลแบบ Single Hop จากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางที่ระยะทาง 10 เมตร โดยมีอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยสาเหตุนี้ จึงได้ทดลองส่งข้อมูลจากโหนดต้นทางผ่านทางโหนดที่เป็นสื่อกลางส่งต่อ แพร่เกิดข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง เป็นการสื่อสารแบบ Double Hop ดังแสดงในรูปที่ 5.11 ซึ่งโหนดที่เป็นสื่อกลางจะทำการส่งต่อแพ็คเกจข้อมูลไปยังโหนดปลายทางทันทีที่ได้รับข้อมูลมาจากโหนดต้นทาง



รูปที่ 5.11 การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายในลักษณะของ Double Hop



รูปที่ 5.12 ภาพที่รับได้ที่โหนดปลายทาง การจำลองการส่งข้อมูลแบบ Double Hop จากโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทางที่ระยะทาง 10 เมตร โดยมีอัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ซึ่งรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลต์ ในรูปแบบภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 5.12 จะแสดงให้เห็นถึงสัญญาณภาพดิจิทัลที่รับได้ที่โหนดปลายทาง โดยการส่งแบบกระโดดหลายครั้งที่อัตราการส่งข้อมูล 110 Mbps ซึ่งรูปภาพมีขนาด 256x256 พิกเซลล์ ในรูปแบบภาพขาวดำ โดยที่โหนดต้นทางจะทำการส่งแพ็กเก็ตข้อมูลไปยังโหนดที่เป็นสื่อกลางที่ห่างออกไป 7 เมตร จากนั้นโหนดที่เป็นสื่อกลางก็จะส่งต่อแพ็กเก็ตข้อมูลไปยังโหนดปลายทางที่อยู่ห่างออกไป 7 เมตร เช่นกัน จากภาพจะเห็นได้ว่าการบิดพลิ้วของข้อมูลน้อยมาก เพียงแค่ไม่กี่บิต ซึ่งในการเกิดการบิดพลิ้วน้อยเช่นนี้ ทำให้โหนดต้นทางไม่จำเป็นต้องส่งข้อมูลที่บิดพลิ้วซ้ำอีก

อย่างไรก็ตาม เวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายแบบแอดฮอคจะเริ่มคิดตั้งแต่เวลาที่แพ็กเก็ตแรกถูกส่งจากโหนดต้นทาง ผ่านไปยังโหนดที่เป็นสื่อกลาง จนถึงแพ็กเก็ตสุดท้ายไปถึงยังโหนดปลายทาง ซึ่งสัญญาณภาพดิจิทัลที่นำมาใช้ในการส่งนั้น จะต้องใช้เวลาส่งทั้งสิ้น 46 มิลลิวินาที ถึงแม้ว่าในการส่งข้อมูลแบบกระโดดครั้งเดียวจะใช้เวลาส่งข้อมูล 23 มิลลิวินาที แต่เนื่องจากการส่งแบบนี้ทำให้ระบบจะต้องส่งข้อมูลที่บิดพลิ้วซ้ำจนกว่าจะสมบูรณ์ จึงทำให้เสียเวลาในการส่งข้อมูลเหล่านั้นมาก

5.7 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ และวิเคราะห์เครือข่าย เพื่อประยุกต์ใช้กับระบบที่อาศัยการกระโดดทางเวลาแบบแถบกว้างยิ่งที่ใช้วิธีการมอดูเลตตามตำแหน่งของพัลส์ บนช่องสัญญาณ AWGN ซึ่งในขั้นตอนการออกแบบเครือข่าย ได้คำนึงถึงระยะห่างระหว่างโหนดบนเครือข่าย โดยที่โหนดต่างๆ ทำการสื่อสารกันในรูปแบบของเครือข่ายการสื่อสารแบบไร้สาย โดยแต่ละโหนดบนเครือข่ายจะถูกกำหนดที่ไว้ตายตัว และมีความสามารถในการทำงานบนเครือข่ายเหมือนกันทุกโหนด โดยใช้ความเร็วในการสื่อสารต่างๆ กัน ที่ 480 Mbps 200 Mbps และ 110 Mbps โดยใช้โปรโตคอลที่ซีพี เป็นโปรโตคอลสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลกันบนเครือข่าย โดยทดลองส่งข้อมูลในลักษณะต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Single Hop หรือ Double Hop

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่าระยะทางระหว่างโหนดต้นกำเนิดและโหนดปลายทางจะมีผลต่อค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเก็ต อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร ซึ่งที่ซีพีโปรโตคอลก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดของข้อมูล แต่จะเห็นได้ว่า ในระยะทางที่ไกลขึ้น การส่งข้อมูลที่บิดพลิ้วซ้ำๆ กัน ทำให้ต้องใช้เวลาในการส่งเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว ระบบการส่งข้อมูลแบบกระโดดหลายครั้งจึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารให้มากขึ้น โดยที่โหนดต้นกำเนิดจะส่งแพ็กเก็ตข้อมูลผ่านไปยังโหนดที่เป็นสื่อกลางเพื่อที่จะส่งต่อแพ็กเก็ตข้อมูลไปยังโหนดปลายทาง ถึงแม้ว่าด้วยวิธีนี้จะต้องทำการส่งข้อมูลไปยังโหนดมากกว่าหนึ่งโหนดอาจจะต้องเสียเวลาในการประมวลผลมากขึ้น แต่ก็ยังใช้เวลาน้อยกว่าถ้าต้องส่งข้อมูลที่บิดพลิ้วซ้ำๆ และก็ทำให้ข้อมูลที่รับได้ที่ปลายทางมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูอาจารย์เพื่อจะศึกษาเท่านั้น โปรดอย่าเผยแพร่ไปยังบุคคลอื่นโดยเด็ดขาด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพที่ดีขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งไปโดยตรง ซึ่งการนำที่ซีพีโปรโตคอลมาใช้งาน
ร่วมกับการส่งข้อมูลแบบ Double Hop จะทำให้ระบบการสื่อสารข้อมูลนี้มีคุณภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการบนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง โดยได้คำนึงถึงค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเกจ อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร สำหรับวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแถบกว้างยิ่งที่อาศัยการกระโดดทางเวลา โดยใช้อัตราการส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 110 Mbps และอาศัยเทคนิคการส่งข้อมูลซ้ำ ทำให้ประสิทธิภาพของเครือข่ายดีขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 แบบจำลองสัญญาณการส่งผ่านข้อมูล

ในระบบการสื่อสารแบบแถบกว้างยิ่งจะนิยมใช้สัญญาณพัลส์แบบเกาส์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยได้นำรูปแบบสัญญาณของสัญญาณพัลส์แบบเกาส์คดับเลต หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอนุพันธ์อันดับสองของพัลส์แบบเกาส์ ซึ่งจะเป็นสัญญาณในลักษณะที่ใกล้เคียงกับสัญญาณที่รับได้ที่ฝั่งเครื่องรับมากที่สุด โดยนำสัญญาณนี้มาทำการมอดูเลตตามตำแหน่งพัลส์ เพื่อสร้างบิตข้อมูล โดยมีบิต 0 และบิต 1 เป็นข้อมูลที่นำมาทำการมอดูเลต เมื่อได้ข้อมูลที่มีมอดูเลตเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งผ่านไปในช่วงสัญญาณที่เป็น AWGN ซึ่งทำให้เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น และในฝั่งรับข้อมูลที่รับมาได้จะถูกตรวจสอบเพื่อหาข้อมูลที่แท้จริงจากสัญญาณที่รับได้ แปลงเป็นข้อมูลให้กลับ ไปเป็นรูปแบบของบิต 0 และบิต 1

6.2 ระบบเครือข่าย

ในการออกแบบเครือข่ายการสื่อสารแบบแอดฮอคนั้น ได้ให้ความสำคัญกับระยะห่างระหว่างโหนดภายในเครือข่าย โดยที่ให้โหนดทุกโหนดเชื่อมต่อถึงกันได้หมด และโหนดแต่ละโหนดจะมีคุณสมบัติในการทำงานที่เหมือนกัน โดยที่โหนดแต่ละโหนดจะถูกกำหนดตำแหน่งไว้กับที่ ซึ่งในการสื่อสารกันภายในเครือข่าย จะมีการควบคุมคุณภาพการให้บริการ โดยเมื่อเริ่มต้นการทำงาน โหนดแต่ละโหนดภายในเครือข่ายจะส่งข้อมูลออกไปยังทุกโหนด เพื่อบอกตำแหน่งของตัวเองให้โหนดอื่นๆ ที่อยู่ภายในบริเวณรับรู้

6.3 ประสิทธิภาพของเครือข่าย

ในการทดลองส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางที่ระยะทางต่างๆ กันตั้งแต่ 1 เมตรไปจนถึง 10 เมตร ด้วยอัตราการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps โดยจะหาประสิทธิภาพของการส่งข้อมูลที่ระยะทางต่างๆ กัน โดยจะมีค่าอัตราความผิดพลาดบิต อัตราความผิดพลาดของแพ็กเก็ต อัตราความสำเร็จของงาน และเวลาที่ใช้ในการสื่อสาร

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ในการสื่อสารในระบบแถบกว้างยิ่งนั้น มีประสิทธิภาพที่ดีมาก สามารถส่งข้อมูลได้ความเร็วถึง 480 Mbps ที่ระยะทางภายใน 3 เมตร แต่อย่างไรก็ดีเมื่อระยะทางระหว่างตัวส่งกับตัวรับไกลออกไป ก็จะเกิดความผิดพลาดมากขึ้น และเมื่อได้รับความเร็วในการส่งข้อมูลให้อยู่ที่ 200 Mbps ที่ความเร็วนี้สามารถใช้งานได้ดีในระยะ 5 เมตรเป็นต้นไป โดยที่อัตราส่วนความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้นน้อยมาก และเมื่อทดลองใช้ความเร็วที่ 110 Mbps ก็จะใช้งานได้ในระยะ 7 เมตรขึ้นไป แต่ในระยะทางที่โหนดต้นทางกับโหนดปลายทางห่างกัน 10 เมตรนั้น ด้วยความเร็ว 110 Mbps ก็จะมีค่าผิดพลาดอยู่มาก

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าโปรโตคอลที่ซีพี จะทำการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดซ้ำใหม่ ดังนั้นที่ระยะทางต่างๆ กันเมื่อเกิดความผิดพลาดเพียงหนึ่งบิตภายในแพ็กเก็ต ก็จะถือว่าแพ็กเก็ตนั้นเกิดการผิดพลาด และโหนดต้นทางก็จะทำการส่งแพ็กเก็ตนั้นซ้ำกลับไปอีกจนกว่าข้อมูลจะถูกต้อง ด้วยเหตุนี้ เมื่อระยะทางที่ไกลขึ้น ความผิดพลาดมากขึ้น ก็จะใช้เวลาในการส่งข้อมูลซ้ำๆ กันมากตามขึ้นไป ด้วย เมื่อมาวัดหาอัตราความสำเร็จของงาน โดยใช้ค่าความผิดพลาดของแพ็กเก็ตเป็นหลัก ที่ระยะทาง และความเร็วต่างๆ กัน ก็จะมีอัตราความสำเร็จของงานที่ต่างกันออกไป และในกรณีของการส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 480 Mbps นั้น เมื่อระยะทางไกลขึ้น แม้ต่างกันเพียง 1 เมตร แต่อัตราความสำเร็จของงานก็จะลดลงมาก ดังแสดงในตารางที่ 6.1 นั้นแสดงให้เห็นว่าระยะทางระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางเป็นปัจจัยหลักของประสิทธิภาพของเครือข่ายซึ่งในการส่งข้อมูลที่ผิดพลาดซ้ำๆ กันหลายครั้ง ก็จะทำให้เสียเวลาในการสื่อสารเป็นอย่างมาก แต่เมื่อลดความเร็วในการส่งข้อมูลลง อัตราความสำเร็จของงานก็จะเพิ่มขึ้นแต่ก็จะส่งข้อมูลได้ช้าลงกว่าเท่าตัว แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้เป็นการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบของ Single Hop ซึ่งข้อมูลจะออกจากต้นทางไปยังปลายทาง โดยไม่ผ่านสื่อกลาง ซึ่งมีข้อดีคือลดการเชื่อมต่อกันในแต่ละจุดของโหนด แต่ข้อเสียก็คือเมื่อระยะทางไกลขึ้น ความผิดพลาดในการสื่อสารก็จะมากขึ้นด้วยเช่นกัน

ตารางที่ 6.1 อัตราความสำเร็จของงานเปรียบเทียบกับระยะทาง ด้วยอัตราการส่งข้อมูล 480 Mbps, 200 Mbps และ 110 Mbps

Distance	Throughput (480 Mbps)	Throughput (200 Mbps)	Throughput (110 Mbps)
1	100.00%	100.00%	100.00%
2	100.00%	100.00%	100.00%
3	99.00%	100.00%	100.00%
4	89.00%	100.00%	100.00%
5	39.00%	99.00%	100.00%
6	7.35%	95.00%	100.00%
7	0.50%	78.00%	100.00%
8	0.03%	46.00%	99.00%
9	0.00%	18.00%	87.00%
10	0.00%	5.50%	53.00%

6.4 ประสิทธิภาพของเครือข่ายแบบแอดฮอค

สำหรับการทดลองการสื่อสารข้อมูลในรูปแบบ Double Hop นั้น โหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่มีระยะทาง 10 เมตร โดยจะส่งข้อมูลผ่านไปยังโหนดตัวกลาง ที่มีระยะทางห่างออกไป 7 เมตร ซึ่งทำหน้าที่เป็นโหนดที่ใช้ส่งต่อข้อมูลไปยังปลายทาง โดยวิธีนี้จะทำให้อัตราความผิดพลาดของข้อมูลลดลงได้มาก

ในการทดลองได้นำรูปภาพที่เป็นภาพดิจิทัลขาวดำ มีขนาด 256x256 จุดและมีความเข้มของสี 256 ระดับ ซึ่งข้อมูลในหนึ่งจุดของภาพจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นข้อมูลของภาพดิจิทัลนี้จะมีขนาด 256x256x8 เท่ากับ 524,528 บิต ใช้เป็นข้อมูลในการจำลองการทำงาน

ในการทดลองส่งครั้งแรกแบบ Single Hop โหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางที่มีระยะทางห่างออกไป 10 เมตร ในการทดลองนี้ไม่ได้ให้โหนดต้นทางส่งข้อมูลที่ผิดพลาดซ้ำกลับไป เพื่อจะแสดงให้เห็นถึงความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดขึ้น รูปภาพที่เกิดขึ้นที่โหนดปลายทางจะยังคงมีเค้าโครงของภาพเดิมอยู่ แต่จะเห็นเป็นลักษณะของสัญญาณรบกวนอย่างเห็นได้ชัด แต่ด้วยลักษณะข้อมูลที่เป็นรูปภาพจึงทำให้เราพอทราบว่าเป็นรูปอะไร แต่ถ้าหากเป็นข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ ก็อาจจะทำให้ข้อมูลเหล่านั้นผิดเพี้ยนไปเลยก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองส่งข้อมูลครั้งที่ 2 แบบ Double Hop โหนดต้นทางต้องการส่งข้อมูลไปยังโหนดปลายทางตัวเดิมที่ระยะทาง 10 เมตร ซึ่งครั้งนี้โหนดต้นทางได้รับรู้ถึงการมีอยู่ของโหนดที่เป็นสื่อกลาง ที่จะสามารถส่งต่อข้อมูลได้ ดังนั้นโหนดต้นทางจึงได้ทำการเชื่อมต่อการสื่อสารกับโหนดที่เป็นสื่อกลางที่อยู่ห่างออกไป 7 เมตร ที่โหนดสื่อกลางเมื่อได้รับแพ็กเก็ตข้อมูล โหนดนี้จะมีหน้าที่เชื่อมต่อการสื่อสารกับโหนดปลายทางเพื่อที่จะส่งต่อข้อมูลไปยังปลายทางซึ่งห่างออกไปจากตัวมันเอง 7 เมตรเช่นเดียวกัน เมื่อปลายทางได้รับข้อมูลแล้ว ก็จะส่งสัญญาณตอบรับกลับมายังโหนดสื่อกลางเพื่อที่จะส่งให้โหนดต้นทางเพื่อทำการส่งแพ็กเก็ตต่อไป

อย่างไรก็ตาม เวลาที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลของเครือข่ายแบบแอดฮอคจะเริ่มคิดตั้งแต่เวลาที่แพ็กเก็ตแรกถูกส่งจากโหนดต้นทาง ผ่าน ไปยังโหนดที่เป็นสื่อกลาง จนถึงแพ็กเก็ตสุดท้ายไปถึงยังโหนดปลายทาง ซึ่งเมื่อมีการเชื่อมต่อกัน 2 ครั้ง นั้นหมายความว่า จะต้องใช้เวลาในการสื่อสารเพิ่มขึ้นสองเท่า แต่เมื่อเทียบกับการต้องส่งข้อมูลที่ผิดพลาดซ้ำๆ เป็นร้อยเป็นพันครั้งแล้ว ในการส่งข้อมูลในลักษณะนี้ ก็จะเป็นการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าอย่างชัดเจน

6.5 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

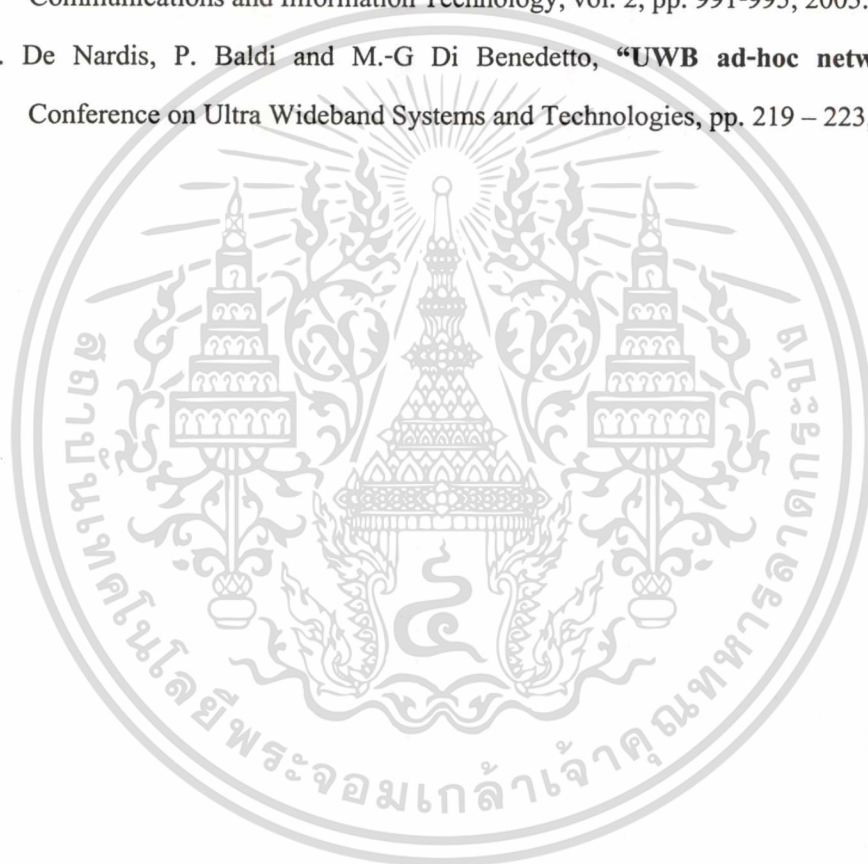
สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาการรับประกันคุณภาพการให้บริการบนบนเครือข่ายการสื่อสารแอดฮอคแบบแถบกว้างยิ่ง โดยการนำเทคนิคต่างๆ ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของเครือข่าย ด้วยเทคโนโลยีที่มีมากขึ้นอยู่ทุกวันนี้ การใช้งานร่วมกันของหลายๆ เทคนิคจึงเป็นที่น่าสนใจ อีกทั้งการประยุกต์ใช้งานจริง ซึ่งในการทำงาน เทคนิคแต่ละอย่างก็อาจจะใช้งานได้ดีในเฉพาะบางประเภท ซึ่งถ้าต้องการตอบสนองในทุกๆ ความต้องการของการสื่อสารในปัจจุบันแล้ว จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจต่อการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Federal communications commission **“Revision of part 15 of the commission’s rules regarding ultra-wideband transmission systems,”** First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, April 2002.
- [2] R. Cardinali, L. De Nardis, P. Lombardo, M.-G Di Benedetto, **“UWB Ranging Accuracy for Application within IEEE 802.15.3a,”** Second International Workshop on Ultra Wide Band Networking with UWB, pp. 65-69, 2005.
- [3] E. Pakdeechard, M. Chamchoy and S. Promwong, **“A study on performance of UWB system in the presence of IEEE 802.11a interference,”** Proc. Communications and Information Technology, vol. 2, pp. 968-971, 2005.
- [4] A. Banchs, M. Radimirsch and X. Perez, **“Assured and expedited forwarding extensions for IEEE 802.11 wireless LAN,”** Quality of Service IEEE Workshop on, pp. 237-246, 2002.
- [5] S. Kazimierz and M. Debra, **Ultra – Wideband Radio Technology,** England: John Wiley & Sons Ltd. 2004.
- [6] D. Taylor, **Introduction to Ultra-Wideband Radar Systems,** USA: CRC Press, 1995.
- [7] S. Tanenbaum, **Computer Network,** Fourth Edition, Vrije Universiteit Amsterdam The Netherlands, 2003.
- [8] อำนาจ มีมงคล, อรรถพร ชันธิกุล, **ออกแบบและติดตั้งเครือข่าย Wireless LAN,** บริษัท ไอดีซี อินโฟ คิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, ธันวาคม 2547.
- [9] สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ, **กฎกระทรวง กำหนดให้เครื่องวิทยุคมนาคมและสถานีวิทยุคมนาคมบางประเภท ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาต พ.ศ. 2547,** <http://www.ntc.or.th>.
- [10] C.-K. Toh, **Ad Hoc Mobile Wireless Network: Protocols And System,** Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- [11] พงษ์ศักดิ์ สุสัมพันธ์ไพบุลย์, **“Wireless ad hoc network”**, **Engineering Today,** ฉบับที่ 22, ตุลาคม 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] S. Chakrabarti, A. Mishra, “**QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks,**” Communications Magazine, IEEE, Vol. 39, No. 2, pp. 142-148, 2001.
- [13] M.Z. Win and R. Scholtz, “**Impulse radio: How it works,**” IEEE Communication Letters, vol. 2, no. 1, Jan 1998.
- [14] M. Chamchoy, W. Doungdeun and S. Promwong, “**Measurement and modeling of UWB path loss for single-band and multi-band propagation channel,**” Proc. Communications and Information Technology, vol. 2, pp. 991-995, 2005.
- [15] L. De Nardis, P. Baldi and M.-G Di Benedetto, “**UWB ad-hoc networks,**” IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies, pp. 219 – 223, 2002.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

งานประชุมในระดับนานาชาติ

- [1] N. Kaewboonraun, M. Chamchoy and S. Promwong, "On the TCP performance of pulse based UWB network", Proc International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, vol. 3, pp. 81-84, 2006.
- [2] N. Kaewboonraun, M. Chamchoy and S. Promwong, "Study on QoS Routing for Pulse Based UWB Ad-Hoc Network", Proc International Symposium on Communications And Information Technologies, vol. 1, pp. W3E-3, 2006

งานประชุมในระดับประเทศ

- [3] N. Kaewboonraun, M. Chamchoy and S. Promwong, "Study on TCP Performance of Pulse Based UWB Ad-Hoc Network", Proc 29th Electrical Engineering Conference, 9-10 November 2006.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON THE TCP PERFORMANCE OF PULSE BASED UWB NETWORK

Noppon Kaewboonruean², Monchai Chamchoy^{1,2}, and Sathaporn Promwong^{1,2}

¹Research Center for Communications and Information Technology (ReCCIT)

²Department of Information Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

ABSTRACT

Transmission control protocol (TCP) is widely used end-to-end reliable transport protocol in wire network, is not entirely suitable when applied to wireless ad hoc network. In this paper, we study on the TCP performance of pulse based ultra wide-band (UWB) network. The quality of service such as bit error rate (BER), packet loss rate, throughput and transmission delay are investigated for time-hopping ultra wide-band (TH-UWB) network with the data rate of 110 Mbps. It is clear that TCP can be used for UWB network. However, the pulse repetition technique could be used to improve TCP performance.

1. INTRODUCTION

In the past 20 years, UWB was used for radar, sensing, military communications and niche applications. A substantial change occurred in February 2002, when the FCC issued a ruling that UWB could be used for data communications as well as for radar and safety applications. The UWB radio technology has become an important topic for the wireless networking. By UWB offer the potential for low cost, low power transmission, high data rate and immunity to multipath. The FCC allocated regulated the emission limits for the entire 7.5 GHz bandwidth in the 3.1-10.6 GHz band for radio communication applications. The maximum emission power of -41.3 dBm/MHz which below the path 15 noise limit [1]. The application for UWB technology such as wireless UWB and personal area network (WPAN) have been proposed, with hundreds of Mbps to several Gbps and distances of 1 to 10 meters [2]. For range of 20 meters or more, the achievable data rate is very low compared with existing wireless local area network (WLAN).

An ad hoc wireless network is a collection of two or more device equipped with wireless communication and networking capability. Such devices can communicate with another node that is immediately within their radio range or one that is outside their radio range. For

their scenario, an intermediate node is used to relay or forward the packet from the source toward the destination. Ad hoc wireless networking will continue to support existing TCP/IP-base applications. Communication throughput can effect the operation and performance of some applications. Hence, it is essential to investigate throughput is by sending data from the source to the destination. The average throughput is, therefore, the ratio between the total data receive and total delay incurred [3].

In this paper, we study on the TCP performance of pulse based UWB network. The quality of service such as bit error rate, packet error rate, throughput and transmission delay are investigated for TH-UWB network with the data rate of 110 Mbps. TCP frame structure for transmission is used. The values of throughput, time delay, BER and packet loss rate along the T-R separation distance form 1 to 10 m are investigated. It is clear that TCP can be used for UWB network. However, the pulse repetition technique could be used to improve TCP performance. The BER is going better than existing BER for TH-UWB system [4]. For the simulation, system transmitted data from transmitter to receiver for UWB ad hoc network. At the T-R separation 10 meters distance, the information can be transmitted for the data rate of 110 Mbps. Which the data rate of 110 Mbps at 10 meters distance regarded this is a very high data rate compared with existing WLAN systems [5]-[6].

2. UWB COMMUNICATION SYSTEM

2.1. Transmission Model

In this paper, the system used a Gaussian doublet pulse shape as the transmitted waveform and is given by [6]

$$p(t) = A \left(1 - \frac{2t^2}{\xi^2} \right) e^{\left(-\frac{t}{\xi} \right)^2} \quad (1)$$

where A is the maximum amplitude, ξ is the characteristic delay time. This waveform is the second derivative of the Gaussian pulse.

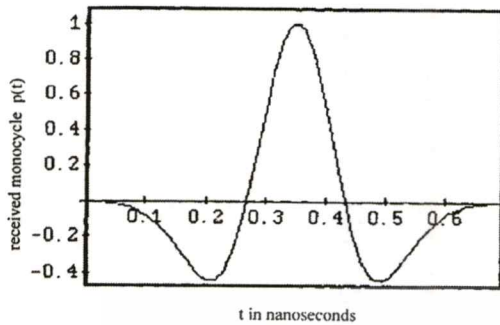


Figure 1: A typical ideal received monocycle $p(t)$ at the output of the antenna subsystem as a function of time in nanosecond.

And a basic type of modulation method for UWB time-hopping in the transmission. The most common method of time-based techniques modulation is pulse position modulation (PPM) which may be expressed as [7]

$$s(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_c - b_i \tau) \quad (2)$$

where T_f represents the time duration of the frame, $p(t)$ is the Gaussian doublet pulse, N_s denotes the pulse repetition time, c_j is an element of the code word, T_c is the time shift related to the PN (Pseudo Noise) code sequence, b_i represents the information bits and τ is the time delay.

2.2. Receiver Model

The transmitted signal passed through the wireless channel including the transmitter and receiver antennas. Therefore, the total received signal for UWB PPM transmitter can be expressed by

$$r(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_c - b_i \tau) + n(t) \quad (3)$$

where $n(t)$ is the additive white Gaussian noise (AWGN).

2.3. Path Loss Model

In equation 1 the signal amplitudes are assumed by A to be constant during the data symbol interval. The propagation of the signals from each transmitter to the receiver is assumed to be ideal, each signal undergoing only a constant attenuation and delay. The antenna/propagation system modifies the shape of the transmitted monocycle to $p(t)$ at its output. Therefore, the idealized received monocycle shape $p(t)$ for a

free-space channel model is assumed and is shown in Fig. 1.

The path loss model is used to predict the radio coverage area between the transmitter and the receiver. The path loss exponent n , is a measure of decay in signal power with distance d , according to $1/d^n$. The path loss for any T-R separation distance is defined as

$$PL_{dB}(d) = PL_{dB}(d_0) + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right); \quad d \geq d_0 \quad (4)$$

where $PL_{dB}(d)$ is the average path loss at the reference distance, d_0 denotes the reference, $d_0 = 1$, n is the path loss exponent, in case of the direction-direction propagation condition $n = 1.77$ [8]. The path loss increases with distance and d represents the T-R separation distance.

3. SIMULATION DESCRIPTION

3.1. Simulation Parameters

In the simulation to obtain the BER, packet loss rate, throughput and time-delay to find the network performance for each T-R separation. We sent data from a packet shape, and the packet size is 1,024 bits. The packet sent via AWGN channel. The empirical path loss exponent in equation (4), n equals 1.77. And the UWB transmitted power was set to be -41.3 dBm/MHz base on FCC requirement. The Gaussian doublet pulse width of 0.28 ns was assumed for the transmitting waveform. The pulse repetition time $T_f = 9$ ns, therefore the transmission rate equals 110 Mbps. Table 1 shows the UWB simulation parameters.

3.2. Simulation Environment

The performance investigations are made between 1 m to 10 m with intervals of 1 m, the host 1 is fixed and the host 2 is moved within the area. Fig. 2 shows the measurement method for the TH-UWB system.

Table 1: UWB simulation parameters.

Quantity	Value
Packet size	1,024 bits
Data rate	110 Mbps
Transmitter power	-41.3 dBm/MHz
Bandwidth	7.5 GHz
Center frequency	6.85 GHz
T-R separation	1-10 m.
Pulse width	0.28 ns.
Pulse repetition time	9 ns.
PPM time shift	0.188 ns.

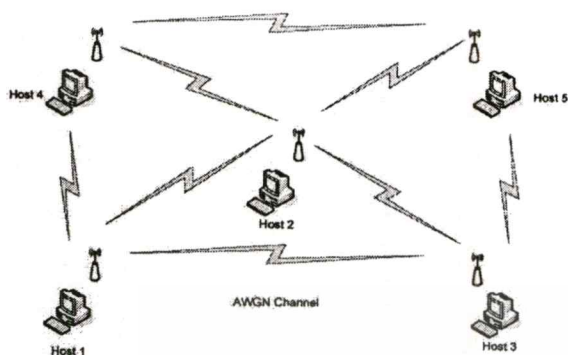


Figure 2: Description of simulation environment for simulation the TH-UWB on the AWGN channel. The data rate of 110 Mbps.

3.3. Frame Structure

TCP is responsible for verifying the correct delivery of data from client to server. Data can be lost in the intermediate network. TCP adds support to detect errors or lost data and to trigger retransmission until the data is correctly and completely received.

Fig. 3 shows TCP frame structure for transmission, the packet is arranged by the TCP shape. The repeat bit technique is used to create 5 times for repeating in 1 packet, then it has 5,120 bits per packet. The system send the packet from transmitter to receiver about 1,000 packets per distance. The receiver must receive the 1,000 packets which do not have a mistake. If one bit of the packet is difference from the original, this packet assume to fail. In case of the system send 1,000 packets but it can not obtain all of them, then it will stop sending until the system receive completely. At the receiver, the packets are detected for finding the average of 5 bits repeat for real data, now it is 1,024 bits per packet in real information.

In this paper, the BER can be found from all of bits. But the packet loss rate is calculated by received packet compare with transmitted packet. Time delay is calculated by the first of transmitted packet to the last of received packet.

4. SIMULATION RESULTS

By using 110 Mbps data rate to send data from transmitter to receiver, can be found the BER, packet loss rate, throughput and time delay for system. Fig. 4 shows average BER versus distance for the TH-UWB on the AWGN channel. The information were modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps. It exhibits the BER performance of the TH-UWB system at 5

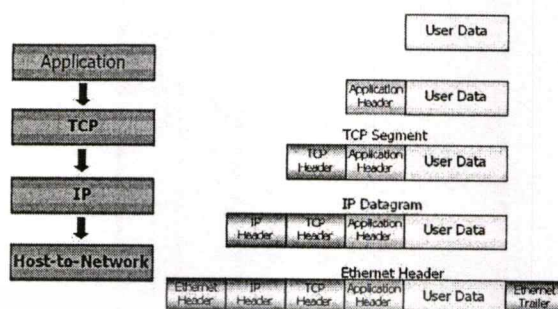


Figure 3: TCP frame structure for transmission.

distances. The BER occurred at 6 meters which is the lowest value. The BER is increased when the distance were raised.

Fig. 5 shows the average packet loss rate versus distance. The packet loss rate have impacted since 8 meters distance. So, there is no packet loss rate at 1-7 meters. The T-R separation to 8-10 meters, the packet loss rate is increase with the distance.

The packet loss rate of this simulation is considered to be throughput value. The performance is very good when T-R separation within 1-7 meters distance. The value of throughput and transmission time delay versus distance for the information were modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps is listed in Table 2. The value of throughput and time delay are stable when T-R separation is 1-7 meters distance. After 7 meters distance throughput is decreased along the distance and time delay is increased along the distance.

Table 2: Throughput and Transmission Time Delay versus distance for the information were modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps.

T-R Separation	Throughput	Time Delay (ms)
1	1	53.28
2	1	53.28
3	1	53.28
4	1	53.28
5	1	53.28
6	1	53.28
7	1	53.28
8	0.99	53.70
9	0.87	61.16
10	0.53	100.43

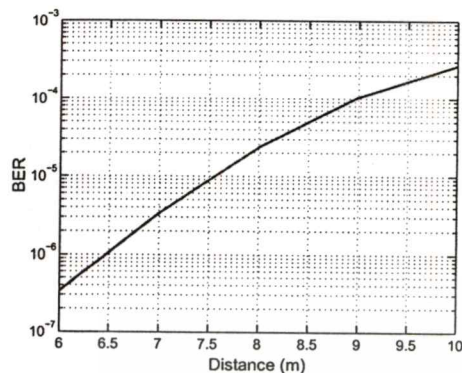


Figure 4: Average BER versus distance for the TH-UWB on the AWGN channel. The information were modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps.

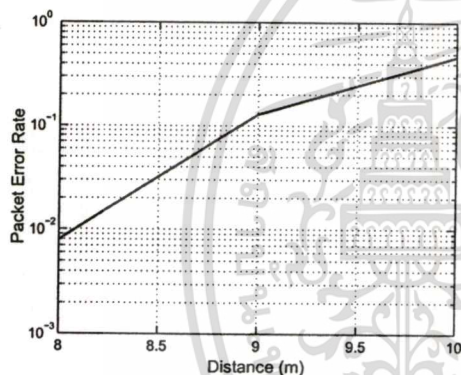


Figure 5: Average packet loss rate versus distance for the TH-UWB on the AWGN channel. The information were modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps.

5. CONCLUSION

In this paper, the performance of TH-UWB on the AWGN channel is studied. The PPM scheme with data rate of 110 Mbps is considered. TCP frame structure for transmission is used. The values of throughput, time delay, BER and packet loss rate along the T-R separation distance from 1 to 10 meters are investigated. From the results, throughput is approached to this case with 53.28 ms time delay at T-R separation distance from 1 to 7 meters, because the noise power from path loss model in equation 4 are lower than UWB signal power, the transmitter can detect the signal into correct information. After that it is decreased to 0.53 with 100.43 ms time delay at T-R separation distance is 10 meters. Furthermore, both BER and packet loss

rate are higher when the distance is increased, so the packet is necessary to resend for receiving the complete data. This TCP performance can be used with 110 Mbps data rate at 10 meters T-R separation distance. Moreover, this performance can be improved by using the repeated bit technique.

6. REFERENCES

- [1] Federal communications commission "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems," First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, April 2002.
- [2] R. Cardinali, L. De Nardis, P. Lombardo and M.-G Di Benedetto, "UWB ranging accuracy for application within IEEE 802.15.3a", *Second International Workshop on Ultra Wide Band Networking with UWB*, pp. 65-69, 2005.
- [3] S. Chakrabarti and A. Mishra, "QoS issues in ad hoc wireless networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, no. 2, pp. 142-148, 2001.
- [4] E. Pakdeechard, M. Chamchoy and S. Promwong, "A study on performance of UWB system in the presence of IEEE 802.11a interference," *Proc. Communications and Information Technology*, vol. 2, pp. 968 - 971, 2005.
- [5] A. Banchs, M. Radimirsch and X. Perez, "Assured and expedited forwarding extensions for IEEE 802.11 wireless LAN", *Quality of Service IEEE Workshop on*, pp. 237-246, 2002.
- [6] B.Xu, S. Hischke and B. Walke, "The role of ad hoc networking in future wireless communications", *Proc. ICCT 2003*, pp. 1353-1358, 2003.
- [7] L. De Nardis, P. Baldi and M.-G Di Benedetto, "UWB ad-hoc networks", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 219-223, 2002.
- [8] M. Chamchoy, W. DOUNGDEUN and S. Promwong, "Measurement and modeling of UWB path loss for single-band and multi-band propagation channel", *Proc. Communications and Information Technology*, vol. 2, pp. 991-995, 2005.

International Symposium on Communications and Information Technologies 2006

ISCIT 2006

October 18-20, 2006
Grand Mercure Fortune Hotel, Bangkok, Thailand

IEEE
International Symposium on Communications
and Information Technologies 2006
(ISCIT 2006)
October 18-20, 2006
Grand Mercure Fortune Hotel, Bangkok, Thailand

ISCIT 2006 IEEE IEEE CAS Society EIC IEEE

Office WEB site: www.telecom.kmitl.ac.th/iscit2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study on QoS Routing for Pulse Based UWB Ad-Hoc Network

Noppon Kaewboonraun², Monchai Chamchoy^{1,2} and Sathaporn Promwong^{1,2}

¹Research Center for Communications and Information Technology (ReCCIT)

²Department of Information Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand.

E-mail: s8061001@kmitl.ac.th

Abstract—Ultra wideband (UWB) is a prospective radio technology for wireless ad-hoc networks. In this paper we propose the Quality of Service (QoS) routing for pulse based UWB ad-hoc network. The performance of TH-UWB on the AWGN channel is studied. The PPM scheme with data rate of 110 Mbps is considered. As the simulation results, the information sent by single-hop transmission has error more than that sent by multi-hop communication. For the data transmission, TCP is useful for this system. The notion of QoS is a guarantee by network to the best satisfy.

I. INTRODUCTION

Recently, ultra wide-band (UWB) radio technology has become an important topic for wireless networking. UWB offers the potential for low power transmission, high data rates and immunity to multipath. In addition, UWB is different from other radio frequency (RF) technologies. Instead of using a narrow carrier frequency, UWB transmits pulses of power spectral density (PSD) in the range of the ultra wide frequency spectrum. The Federal Communications Commission (FCC) defines UWB as any signal that occupies more than 500 MHz in the frequency range of 3.1-10.6 GHz with the maximum emission power of -41.3 dBm/MHz [1] which below the part 15 noise limit. Because of the transmission at low power, the UWB signal is considered to be noise for other communication systems. The application for UWB technology such as wireless UWB and wireless personal area network (WPAN) have been proposed, with hundreds of Mbps to several Gbps and distances of 1 to 10 meters [2]. For rang of 20 meters or more, the achievable data rate is very low compared with existing wireless local area network (WLAN).

An ad-hoc wireless network is a collection of two or more device equipped with wireless communication and networking capability. Such devices can communicate with another node that is immediately within their radio range or one that is outside their radio range. For their scenario, an intermediate node is used to relay or forward the packet from the source toward the destination. Ad-hoc wireless networking will continue to support existing TCP/IP-base applications. Communication throughput can effect the operation and performance of some applications. Hence, it is essential to investigate throughput by sending data from the source to the destination. The average throughput of radio communication are ratio between the total data receives and total delay incurred [3]. In a multi-hop ad-

hoc network, nodes communicate with other using several wireless links, and there is no fixed infrastructure such as a base station. Each node in the network also acts as a router, forwarding data packets to other node. The notion of QoS, as mentioned before, is a guarantee by the network to satisfy a set of predetermined service performance constraints for the user in terms of the end-to-end delay statistics, and so on. The cost of transport and total network throughput may be include as parameters. Obviously, enough network resources must be available during the service invocation to honor the guarantee. The first essential task is to fine a suitable path through the network, or rout, between the source and destination that will have the necessary resources available to meet the QoS constraints for the desired service. The task of resource reservation is the other indispensable ingredient of QoS [4].

The main function of the network layer is routing packets from the source node to the destination node. In the most subnet, packets will require multiple hops to make the journey. The only notable exception is for broadcast network, but even here routing is an issue if the source and destination are not on the same network. The algorithms that choose the routes and the data structures that they use are a major area of network layer design [5].

In this paper, we proposed the QoS Routing for UWB ad-hoc network. For the performance of TH-UWB on the AWGN channel is studied. The PPM scheme with data rate of 110 Mbps is considered. The picture sent by single-hop has error more than the picture sent by multi-hop. For the data transmission TCP is useful for this system, but in some case the system need some another technique for transmit information to the destination suddenly and accurately.

II. UWB COMMUNICATION SYSTEM

A. Transmission Model

In this paper, the system used a Gaussian doublet pulse shape as the transmitted wave form and is given by [6].

$$p(t) = A \left(1 - \frac{2t^2}{\xi^2} \right) e^{-\frac{1}{\xi^2} t^2} \quad (1)$$

where A is the maximum amplitude, ξ is the characteristic delay time. This waveform is the second derivative of the Gaussian pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

And a basic type of modulation method for UWB time-hopping in the transmission. The most common method of time-based techniques modulation is pulse position modulation (PPM) which may be expressed as [7]

$$s(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_jT_c - b_i\tau) \quad (2)$$

where T_f represents the time duration of the frame, $p(t)$ is the Gaussian doublet pulse, N_s denotes the pulse repetition time, c_j is an element of the code word, T_c is the time shift related to the PN (Pseudo Noise) code sequence, b_i represents the information bits and τ is the time delay.

B. Receiver Model

The transmitted signal passed through the wireless channel including the transmitter and receiver antennas. Therefore, the total received signal for UWB PPM receiver can be expressed by.

$$r(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_jT_c - b_i\tau) + n(t) \quad (3)$$

where $n(t)$ is the additive white Gaussian noise (AWGN).

C. Path Loss Model

In equation (1) the signal amplitude is assumed by A to be constant during the data symbol interval. The propagation of the signal from each transmitter to the receiver is assumed to be ideal, each signal undergoing only a constant attenuation and delay. The antenna/propagation system modifies the shape of the transmitted monocycle to $p(t)$ at its output. Therefore, the idealized received monocycle shape $p(t)$ for a free-space channel model is assumed.

The path loss model is used to predict the radio coverage area between the transmitter and the receiver. The path loss exponent n , is a measure of decay in signal power with distance d , according to $1/d^n$. The path loss for any T-R separation distance is defined as

$$PL_{dB}(d) = PL_{dB}(d_0) + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right); \quad d \geq d_0 \quad (4)$$

where $PL_{dB}(d)$ is the average path loss at the reference distance, d_0 denotes the reference, $d_0 = 1$, n is the path loss exponent and d represents the T-R separation distance. The path loss increases as the distance increases. In case of the direction-direction propagation condition, $n = 1.77$ [8].

III. NETWORK ORGANIZATION

A. Ad-hoc Wireless Network

The basic network components consist of the ad-hoc set of n nodes with the following properties, (a) each node can physically reach any other node, (b) all nodes have the same functionalities, (c) the nodes are fixed, (d) connections between nodes have QoS requirements, (e) each node has a limited output bandwidth, which corresponds to the node resource. The hypothesis that each node is in physical reach

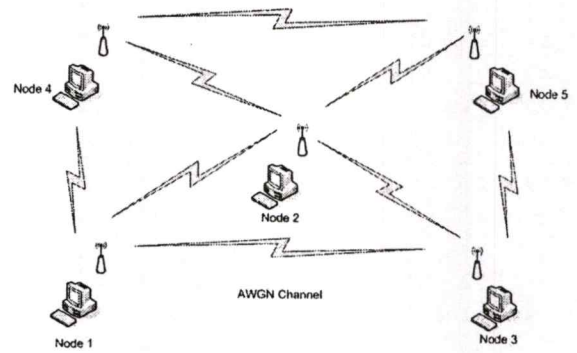


Fig. 1. An ad-hoc network example.

of all other nodes implies that nodes are positioned within the intersection of their coverage areas, as illustrated in Fig. 1. The hypothesis that the nodes are in fixed position lead to a network component consisting of a fixed number of nodes located at fixed positions. Mobility of the nodes will be introduced in future work.

Fig. 1 depicts the peer-to-peer multi-hop representation of the ad-hoc network. Node 1 communicates with another such node 2 directly (single-hop) whenever a radio channel with adequate propagation characteristics is available between them. Otherwise, multi-hop communication is necessary when one or more intermediate nodes must act as a relay (router) between the communicating nodes. For example, there is no direct radio channel between node 1 and node 5 or node 3 and node 4 in Fig. 1. Therefore, node 2 must serve as the intermediate router for communication between node 1 and 5, and node 3 and 4. Indeed, a distinguishing feature of ad-hoc networks is that all nodes must be able to function as routers on demand.

The ad-hoc network begins with at least two nodes broadcasting their presence with their respective address information. Preferably, they may also include their location information. If node 1 is able to establish direct communication with node 2, verified by exchanging suitable control messages between them, they both update their routing table. When a third node 5 joins the network with its beacon signal, two scenarios are possible. The first is where both node 1 and node 2 establish that single-hop communication with node 5 is possible. The second is where only one of the nodes, say node 2, recognizes the beacon signal from node 5 and establish the availability of direct communication with node 5. The distinct topology updates, consisting of both address and route update, are made in all three nodes immediately afterward. In the first case, all routes are direct. In the other, the route update first happens between node 2 and node 5, then node 2 and node 1, and again between node 2 and node 5, confirming the mutual reach between node 1 and node 5 via node 2.

B. QoS Routing in Ad-hoc Network

Routing problems can be divided into two major classes: unicast routing and multicast routing. Unicast routing refers

to find a feasible path between a single source and a single destination. On the other hand, multicast routing refers to find a feasible tree covering a single source and a set of destinations. There are three routing strategies: source routing, distributed routing and hierarchical routing. They are classified according to the way how the network information is maintained and how the search of feasible paths is carried out. In source routing algorithms, a feasible path is locally computed at the source node. In order to do that, each node would maintain the information of the whole network. In distributed routing mechanisms, a path is computed in a distributed manner in a hop-by-hop basis. Every node usually maintains a distance vector. For hierarchical routing, nodes are clustered into groups, which are further clustered into higher-level groups recursively, creating a multi-level hierarchy. Each node maintains an aggregated global state. This state contains the detail state information about the nodes in the same group and the aggregated state information about the other groups. Source routing is used to find a path between groups from the aggregated state information. Then, a border node is responsible to compute the path within its own group.

A path of Wireless Routing Protocol (WRP) stems from the way in which it achieves loop freedom. In WRP, routing nodes communicate the distance and second-to-last hop information for each destination in the wireless network. WRP belongs to the class of path-finding algorithms with an important exception. It avoids the count-to-infinity problem by forcing each node to perform consistency checks of predecessor information reported by all its neighbors. This ultimately eliminates looping situations and provides faster rout convergence when a link failure even occurs.

WRP must maintain four tables, namely: (a)distance table, (b)routing table, (c)link-cost table and (d)message retransmission list (MRL) table. The distance table indicates the number of hops between a node and its destination. The routing table indicates the next-hop node. The link-cost table reflects the delay associated with a particular link. The MRL contains the sequence number of the update message, a retransmission counter, an acknowledgment required flag vector, and a list of the updates sent in the update message. The MRL records which update in an update message need to be retransmission and which neighbors should acknowledge the retransmission.

To ensure that routing information is accurate, mobile send update messages periodically to their neighbors. The update message contains a list of update (the destination, the distance to destination, the predecessor of the destination), as well as a list of responses indicating which mobile should acknowledge the update. A mobile sends update message after processing updates from neighbors or when a link change is detected. In the even of a link failure, nodes detecting the failure will send update message to their neighbors, and those neighbors will modify their distance table entries and check for new possible path through other nodes.

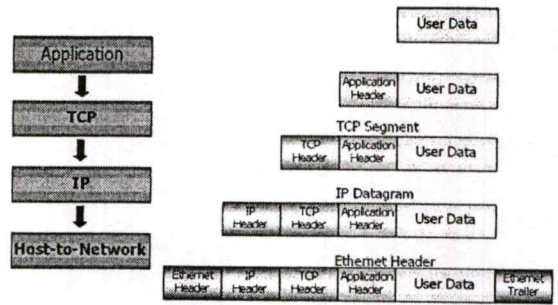


Fig. 2. TCP frame structure for transmission.



Fig. 3. The original picture for sending from the source node to the destination node. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.

C. Frame Structure

TCP is responsible for verifying the correct delivery of data from client to server. Data can be lost in the intermediate network. TCP adds support to detect errors or lost data and to trigger retransmission until the data is correctly and completely received. Fig. 2 shows TCP frame structure for transmission. In this simulation, we used the still image picture for the data to send. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode. Therefore, the data length is 65,536 bits, and the one packet has 2,048 bits, and all data have 256 packets. The repeat bit technique is used to create 5 times for repeating in 1 packet, and then it has 10,240 bits per packet. The system sends the packet from source node to the destination node. At the destination, the packets are detected for finding the average of 5 bits repeat for real data, now at the destination node can know 2,048 bits are the information. Fig. 3 shows the original still image picture will be send to the destination node.

D. Simulation Environment

The performance investigating are made between 1 m to 10 m, all the node are fixed. To start simulation source node and destination node have 10 m T-R separation distance for transmission in single-hop. Then, in a few times intermediate node is lived in the network. The source node knows the network can send to the approachable node to forward packet to the destination. The intermediate node is fixed at the 7 m distance from source and destination.



Fig. 4. The still image picture at the destination from the source node via sent by single-hop for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.



Fig. 5. The still image picture at the destination from the source node via sent by multi-hop for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.

IV. SIMULATION RESULTS

For the TH-UWB on the AWGN channel, the information were modulated by PPM for the data rate of 110 Mbps to send data from source node to the destination node. At the destination node, some error can be detected from the single-hop transmission. Fig. 4 shows the picture at the destination node by single-hop transmission. The T-R separation from the source node to the destination has 10 meters distance. It can be observed that the still image deserved to pepper noise, therefore the system must send the packet repeat if a bit in the packet have error, in this case source node must send the data in a long time and can not guarantee when the information were sent completely [9].

For this problem, the multi-hop transmission brings to used for solving the problem. The intermediate node is used to forward the packet from source node toward the destination. Source node is approach to the intermediate node than the destination node. Therefore, source node was replace connect to the intermediate node. Fig. 5 shows The picture at the destination node from the source node via sent by multi-hop transmission for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode. The T-R separation from source to the intermediate node has 7 meters distance for the first hop. And the distance for second hop from the intermediate node to the destination node has 7 meters. The lower BER can be observed, while compared with the single-hop transmission.

For the multi-hop ad-hoc network, the transmission delay can be found by the first packet was sent from the source node to the last packet arrive at the destination node. The transmission delay for this picture is 59 ms. While the single-hop has 29 ms transmission delay, but if source node was requested to send the repeat data when the packet have lost, the transmission delay will be increased up.

V. CONCLUSION

In this paper, the QoS routing is interested and is used for ad-hoc network with TH-UWB on the AWGN channel with data rate of 110 Mbps. For the multi-hop communication, data transmitted to the destination via the intermediate node. QoS routing is a quarantee of the connection from source to destination with T-R separation distance close to 10 meters for data transmission. For the simulation results, the performance of the single-hop transmission has lower than the multi-hop transmission, and TCP is useful for this system. Therefore, the system need some another technique for transmit information to the destination suddenly and accurately.

REFERENCES

- [1] Federal communications commission "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems," First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, April 2002.
- [2] R. Cardinali, L. De Nardis, P. Lombardo and M.-G Di Benedetto, "UWB ranging accuracy for application within IEEE 802.15.3a", *Second International Workshop on Ultra Wide Band Networking with UWB*, pp. 65-69, 2005.
- [3] S. Chakrabarti and A. Mishra, "QoS issues in ad hoc wireless networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, no. 2, pp. 142-148, 2001.
- [4] C.-K. Toh, *Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols And Systems*, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey, 2002.
- [5] S. Tanenbaum, *Computer Networks*, Fourth Edition, Vrije Universiteit Amsterdam The Netherlands, 2003.
- [6] M.Z. Win and R. Scholtz, "Impulse radio: How it works", *IEEE Communication Letters*, Vol. 2, no. 1, Jan. 1998.
- [7] L. De Nardis, P. Baldi and M.-G Di Benedetto, "UWB ad-hoc networks", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 219-223, 2002.
- [8] M. Chamchoy, W. Doungdeun and S. Promwong, "Measurement and modeling of UWB path loss for single-band and multi-band propagation channel", *Proc. Communications and Information Technology*, vol. 2, pp. 991-995, 2005.
- [9] N. Kaewboonraun, M. Chamchoy and S. Promwong, "On the TCP performance of pulse based UWB network", *Proc. International Technical Conference on Circuits/Systems, Computer and Communication*, vol. 3, pp. 81-84, 2006.



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29
29th Electrical Engineering Conference (EECON-29)
9 – 10 พฤศจิกายน 2549

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON TCP PERFORMANCE OF PULSE BASED UWB AD-HOC NETWORK

Noppon Kaewboonraun², Monchai Chamchoy^{1,2} and Sathaporn Promwong^{1,2}

¹Research Center for Communication and Information Technology (ReCCIT)

²Department of Information Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

E-mail: s8061001@kmitl.ac.th

Abstract

In this paper, we study on the transmission control protocol (TCP) performance of pulse based ultra wide-band (UWB) ad-hoc network. Multi-hop communication is useful to transmit the information to destination. For their scenario, an intermediate node is used to relay or forward the packet from the source toward the destination. The quality of service such as bit error rate (BER), packet error rate, throughput and transmission delay are investigated for time-hopping ultra wide-band (TH-UWB) network with the data rate of 110 Mbps.

Keywords: Ultra wide-band, Multi-hop UWB

1. Introduction

Recently, ultra wide-band (UWB) radio technology has become an important topic for wireless networking. UWB offers the potential for low power transmission, high data rates and immunity to multipath. In addition, UWB is different from other radio frequency (RF) technologies. Instead of using a narrow carrier frequency, UWB transmits pulses of power spectral density (PSD) in the range of the ultra wide frequency spectrum. The Federal Communications commission (FCC) defines UWB as any signal that occupies more than 500 MHz in the frequency range of 3.1-10.6 GHz with the maximum emission power of -41.3 dBm/MHz [1] which below the part 15 noise limit. Because of the transmission at low power, the UWB signal is considered to be noise for other communication systems. The application for UWB technology such as wireless UWB and personal area network (WPAN) have been proposed, with hundreds of Mbps to several Gbps and distances of 1 to 10 meters [2]. For rang of 20 meters or more, the achievable data rate is very low compared with existing wireless local area network (WLAN).

An ad hoc wireless network is a collection of two or more device equipped with wireless communication and networking capability. Such devices can communicate with another node that is immediately within their radio range or one that is outside their radio range. For their scenario, an intermediate node is used to relay or forward the packet from the source toward the destination. Ad hoc wireless networking will continue to support existing TCP/IP-base applications. Communication throughput can effect the operation and performance of some applications. Hence, it is essential to investigate throughput by sending data from the

source to the destination. The average throughput is, therefore, the ratio between the total data receives and total delay incurred [3]. In a multi-hop ad hoc network, nodes communicate with other using several wireless links, and there is no fixed infrastructure such as a base station. Each node in the network also acts as a router, forwarding data packets to other node.

In this paper, we proposed the TCP performance of pulse based UWB ad-hoc network. The system performance measures such as bit error rate, packet error rate, throughput and transmission delay are investigate for time-hopping ultra wide-bane (TH-UWB) network with the data rate of 110 Mbps. For the single-hop the destination node was 10 meters distance, at this T-R separation has much BER and packet error rate. In a multi-hop ad-hoc network node in the network also forwarding data packet to the destination, bring to the lower BER and packet error rate.

2. UWB communication system

2.1 Transmission Model

In this paper, the system used a Gaussian doublet pulse shape as the transmitted waveform and is given by [4]

$$p(t) = A \left(1 - \frac{2t^2}{\xi^2} \right) e^{-\left(\frac{t}{\xi}\right)^2} \quad (1)$$

where A is the maximum amplitude, ξ is the characteristic delay time. This wave form is the second derivative of the Gaussian pulse.

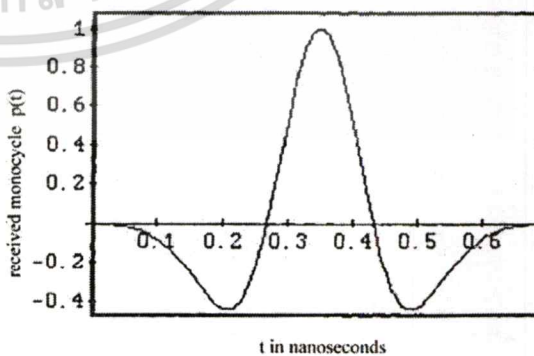


Figure 1: A typical ideal received monocycle $p(t)$ at the out put of the antenna sub systems as a function of time in nanosecond.

CM06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่อนุญาตให้นำไปตีพิมพ์ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารหรือผู้ที่มีการนำไปใช้
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29 (EECON-29) 9-10 พฤศจิกายน 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

And a basic type of modulation method for UWB time-hopping in transmission. The most common method of time-base techniques modulation is pulse position modulation (PPM) which may be expressed as [5]

$$s(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_{C_n} - b_i \tau) \quad (2)$$

where T_f represents the time durations of the frame, $p(t)$ is the Gaussian doublet pulse, N_s denote the pulse repetition time, c_j is an element of the code word, T_c is time shift related to the PN (Pseudo Noise) code sequence, b_i represents the information bits and τ is the time delay.

2.2 Receive Model

The transmitted signal passed through the wireless channel including the transmitter and receiver antennas. Therefore, the total received signal for UWB PPM transmitter can be expressed by

$$r(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=0}^{N_s-1} p(t - jT_f - c_j T_{C_n} - b_i \tau) + n(t) \quad (3)$$

where $n(t)$ is the additive white Gaussian noise (AWGN).

2.3 Path Loss Model

In equation 1 the signal amplitudes are assume by A to be constant during the data symbol interval. The propagation of the signals from each signal undergoing only a constant attenuation and delay. The antenna/propagation system modifies the shape of the transmitted monocycle $p(t)$ at its output. Therefore, the idealized received monocycle shape $p(t)$ for a free-space channel model is assumed and is shown in Fig 1.

The path loss model is used to predict the radio converge area between the transmitter and receiver. The path loss exponent n , is a measure of decay in signal power with distance d , according to $1/d^n$. The path loss for any T-R separation distance is defined as

$$PL_{dB}(d) = PL_{dB}(d_0) + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) ; d \geq d_0 \quad (4)$$

where $PL_{dB}(d)$ is the average path loss at the reference distance, d_0 denotes the reference point, $d_0 = 1$, n is the path loss exponent, in case direction-direction propagation condition $n = 1.77$ [6]. The path loss increases with distance and d represents the T-R separation distance.

3. Simulation description

3.1 Network

The basic network component we consists of an ad-hoc set of n nodes with the following properties, (a) each node can physically reach any other node, (b) all nodes have the same functionalities, (c) the nodes are fixed, (d) connections between nodes have QoS requirements, (e) each node has a limited output bandwidth, which corresponds to the node resource. The hypothesis that each node is in physical reach of all other nodes implies that nodes are positioned within the intersection of their coverage areas, as illustrated in Figure 2. The hypothesis that the nodes are in fixed position lead to a network component consisting of a fixed number of nodes located at fixed positions. Mobility of the nodes will be introduced in future work.

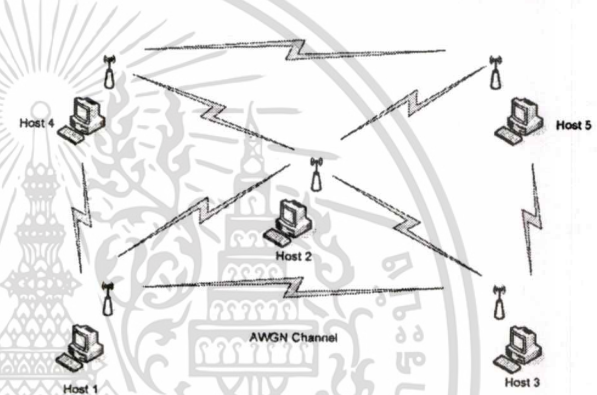


Figure 2: Description of simulation environment for the TH-UWB on AWGN channel.

3.2 Simulation Parameters

In this simulation to obtain the BER, packet error rate, throughput and transmission delay to find the network performance compare with single-hop and multi-hop. The still image picture is used for send to the destination. The still image picture was making in the packet shape, and the packet size is 2,048 bits. And then the packet sent via AWGN channel. The empirical path loss exponent in equation (4) n equals 1.77. And the UWB transmitted power was set to be -41.3 dBm/MHz based on FCC requirement. The Gaussian doublet pulse width of 0.28 ns was assumed for the transmitting waveform. The pulse repetition time $T_f = 9$ ns, therefore the transmission rate equals 110 Mbps. Table 1 shows the UWB simulation parameters.

3.3 Frame Structure

TCP is responsible for verifying the correct delivery of data from client to server. Data can be lost in the intermediate network. TCP adds support to detect errors or lost data and to trigger retransmission until the data is completely received.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29 (EECON-29) 9-10 พฤศจิกายน 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Table 1: UWB simulation parameters

Quantity	Value
Packet size	10,240 bits
Data rate	110 Mbps
Transmitter power	-41.3 dBm/MHz
Bandwidth	7.5 GHz
Center frequency	6.85 GHz
TR- separation d	1-10 m
Pulse width	0.28 ns
Pulse repetition time	9 ns
PPM time shift	0.188 ns



Figure 3: The original picture for send from the source node to the destination node. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.

In this simulation, we used the still image picture for the data to send. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode. The all data is 65,536 bits, and the one packet has 2,048 bits, and all data have 256 packets. The repeat bit technique is used to create 5 times for repeating in 1 packet, and then it has 10,240 bits per packet. The system sends the packet from source node to the destination node. At the destination, the packets are detected for finding the average of 5 bits repeat for real data, now at the destination node can know 2,048 bits are the information. Fig. 3 shows the original still image picture will be send to the destination node.

3.4 Simulation Environment

The performance investigate are made between 1 m to 10 m, all the node are fixed. To start simulation source node and destination node have 10 m T-R separation distance for transmission in single-hop. Then, in a few times intermediate was live in the network. The source node knows the network can send to the approachable node to forward packet to the destination. The intermediate node was fixed at the 7 m distance from source and destination because from distance BER and packet error rate have lowest value [7]. Fig. 4 shows the average packet error rate versus distance.

4. Simulation results

For the TH-UWB on the AWGN channel. The information was modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps to send data from source node to the destination node. At the destination node can be found some error from the single-hop. The picture via sent by single-hop have obviously error. Fig. 5 shows the picture at the destination node by single-hop transmission. The T-R separation from source node to the destination has 10 meters distance. There are a very error point of the picture, the system must be send the packet repeat if a bit in the packet have error, in this case source node must send the data in a long time and can not guarantee when the information were sent completely.

For this problem, the multi-hop brings to used to solve a problem. The intermediate node is used to

forward the packet from source node toward the destination. Source node is approach to the intermediate node than the destination node. Therefore, source node was replace connect to the intermediate node.

Fig. 6 shows The picture at the destination from the source node via sent by multi-hop for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode. The T-R separation from source to the intermediate node has 7 meters distance for first hop. And second hop from the intermediate node to the destination node has 7 meters distance. There are a very low or almost have error while compare with the single-hop transmission.

The multi-hop ad-hoc network, the transmission delay can be find by the first packet was sent from the source node to the last packet arrive at the destination node. The transmission delay for this picture is 59 ms. While the single-hop has 29 ms transmission delay, but if source node must send repeat data when the packet have lost, the transmission delay will be increase up.

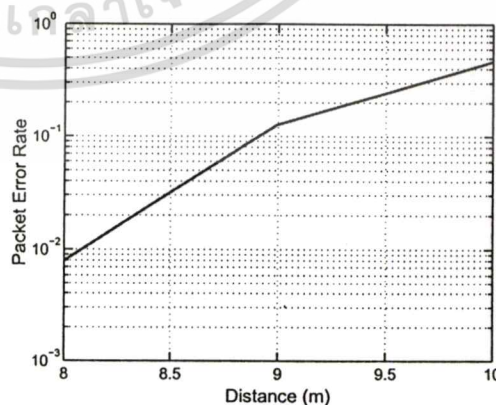


Figure 4: Average packet error rate versus distance for the TH-UWB on the AWGN channel. The information was modulation by PPM for the data rate of 110 Mbps.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 29 (ECON-29) 9-10 พฤศจิกายน 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



Figure 5: The still image picture at the destination from the source node via sent by single-hop for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.



Figure 6: The still image picture at the destination from the source node via sent by multi-hop for the data rate of 110 Mbps. The picture size is 256x256 pixels in gray scale mode.

5. Conclusion

In this paper, the performance of TH-UWB on the AWGN channel is studied. The PPM scheme with data rate of 110 Mbps is considered. From the result, the picture sent by sing hop has error more than the picture sent by multi-hop clearly seen. For the data transmission TCP is useful for this system, but in some case the system need some another technique for transmit information to the destination suddenly and accurate.

References

[1] Federal communications commission "Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems," First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, April 2002.

[2] R. Cardinali, L. De Nardis, P. Lombardo, M.-G Di Benedetto, "UWB Ranging Accuracy for Application within IEEE 802.15.3a", Second International Workshop on Ultra Wide Band "Networking with UWB", pp. 65-69, 2005.

[3] S. Chakrabarti, A. Mishra, "QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks", *Communications Magazine, IEEE*, Vol. 39, No. 2, pp. 142-148, 2001.

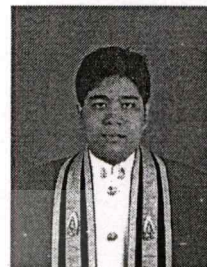
[4] B.Xu, S. Hischke and B. Walke, "The role of ad hoc networking in future wireless communications", *Proc. ICCT 2003*, pp. 1353-1358, 2003.

[5] L.De Nardis. P. Baldi and M.-G Di Benedetto, "UWB ad-hoc networks", *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, pp. 219-223, 2002.

[6] M. Chamchoy, W. Doungdeun and S. Promwong, "Measurement and modeling of UWB path loss for single-band and multi-band propagation channel", *Proc. Communications and Information Technology*, vol. 2, pp. 991-995, 2005.

[7] N. Kaewboonraun, M. Chamchoy and S. Promwong, "On the TCP performance of pulse based UWB network", *Proc International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications*, vol. 3, pp. 81-84, 2006.

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ – นามสกุล นายนพพล แก้วบุญเรือน
 วัน เดือน ปี เกิด 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2525
 ที่อยู่ 53/243 หมู่ 3 ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี
 ประวัติการศึกษา
 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้