

การศึกษาการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด

โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ

A STUDY OF ENERGY CONSERVATION ON POINT TO POINT
WIRELESS NETWORK BY AUTOMATIC GAIN POWER
TRANSMISSION CONTROL



T139338

โดย
ชยพล ยิ้มเสมอ

CHAYAPHON YIMSAMOE

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร. สุเมธ ประภาวัต

อพ.
1189ก
2556



บ.12820872

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 139338
วันเดือนปี 30 ก.ค. 2558

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาการศึกษาระดับ 2

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A STUDY OF ENERGY CONSERVATION ON POINT TO POINT
WIRELESS NETWORK BY AUTOMATIC GAIN POWER
TRANSMISSION CONTROL**



**A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS OF THE COURSE
INDEPENDENT STUDY 2
MASTER OF SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2/2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2014

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ	การศึกษาการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุดโดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ
นักศึกษา	นายชยพล ยิ้มเสมอ
รหัสนักศึกษา	55661015
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีสารสนเทศ
แขนงวิชา	เทคโนโลยีเครือข่ายและระบบ
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. สุเมธ ประภาวัต

บทคัดย่อ

การศึกษาการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุดโดยควบคุมกำลังส่งสัญญาณวิทยุแบบอัตโนมัติและเพื่อช่วยลดการกวนกันของสัญญาณวิทยุระหว่างคู่สื่อสารในบริเวณเดียวกัน มีการศึกษาและจัดทำระบบโดยจะใช้วิธีการสร้างชุดโปรแกรมควบคุมจากคู่สื่อสารฝั่งหนึ่งและส่งสัญญาณควบคุมนั้นไปควบคุมภาคส่งคลื่นวิทยุของฝั่งตรงข้ามให้ทำการเพิ่มระดับสัญญาณเมื่อคุณภาพของสัญญาณนั้นต่ำกว่าที่กำหนด ในทางกลับกันก็ควบคุมให้ลดการส่งสัญญาณเมื่อตรวจพบว่ามี การส่งคลื่นวิทยุที่มีความแรงมากเกินไป

โมเดลการควบคุมการใช้พลังงานอาศัยการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ Wireless ยี่ห้อ Ubiquiti ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ AirOS เพิ่มเวอร์ชัน 5.5.x

การควบคุมกำลังส่งนั้นวิเคราะห์จากระดับของสัญญาณที่รับได้จากผู้ส่งโดยพิจารณาที่คุณภาพของสัญญาณที่ได้รับปลายทางหรือผู้รับและเพิ่มการวิเคราะห์ปัจจัยด้านคุณภาพของสัญญาณ ได้แก่ SNR และการสูญเสียของสัญญาณ นำมาคำนวณเพื่อช่วยในการปรับกำลังส่งให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

จากการทดลองพบว่าโปรแกรมระบบปรับกำลังส่งอัตโนมัติสามารถปรับจูนกำลังที่เหมาะสมให้กับอุปกรณ์ได้ อีกทั้งเมื่อนำระบบปรับกำลังส่งอัตโนมัติไปใช้กับบริษัทชิมมิท โอโตชิท และสาขาย่อยแล้ว ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงาน ช่วยลดการกวนกันของอุปกรณ์ที่มีช่วงความถี่เดียวกัน และช่วยยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์ให้ยาวนานขึ้น

Title A Study of Energy Conservation on Point to Point Wireless Network
by Automatic Gain Power Transmission Control

Student Mr. Chayaphon Yimsamoe

Student ID. 55661015

Degree Master of Science

Program Information Technology

Major Network and Systems Technology

Academic Year 2013

Advisor Dr. Sumet Prabhavat

ABSTRACT

A study of energy conservation on point to point wireless network by automatic gain power transmission control aims at reducing radio signal interference between hosts and hosts or hosts and base stations at the same radio frequency. A controlling program was studied and constructed based on one host sending control signal to the other host requiring it to increase the level of the radio frequency when it was lower than the level needed. On the other hand, it was required to decrease the frequency when it was higher than the level needed.

A power transmission controlling model was based on an experiment using Wireless Point to Point Brand 'Ubiquiti' controlled by airOS operating system, firmware version 5.5.x .

Power transmission control was from an analysis of the level of received signal from the sender by considering the quality of received signal. Then factors affecting the quality of received signal, which consists of SNR and signal loss, were analyzed in order to tune level of transmission gain appropriately.

The experiment revealed that the automatic gain control program was able to tune level of transmission gain appropriately. Furthermore, when the program was used at Summit Auto Seat Industry and its branches, the amount of power consumption and interference among Wireless Models at the same frequency channel were reduced. This can also last longer lifetime of the module.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. สุเมธ ประภาวัต อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้และ
คำแนะนำตลอดการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ห้องปฏิบัติการ สำหรับทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ บริษัทซัมมิทไอโตซีทอินดัสตรีจำกัด ที่ได้อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ สำหรับ
สนับสนุนบางส่วนในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการ

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาส
การศึกษาอันมีค่ายิ่ง

ผู้จัดทำ

16 กุมภาพันธ์ 2557

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและปัญหา.....	1
1.2 จุดประสงค์	1
1.3 แนวทางการศึกษา	1
1.4 ขอบเขตการพัฒนา	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ศึกษารูปแบบการประหยัดพลังงานในการสื่อสารไร้สายแบบโหมคเฉพาะกิจและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1.1 มาตรฐาน IEEE 802.11 ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน	3
2.1.1.1 มาตรฐาน IEEE 802.11a	3
2.1.1.2 มาตรฐาน IEEE 802.11b	3
2.1.1.3 มาตรฐาน IEEE 802.11g.....	4
2.1.1.4 มาตรฐาน IEEE 802.11n.....	4
2.1.2 วิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสารเครือข่ายไร้สาย	5
2.1.2.1 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer)	5
2.1.2.2 ชั้นขนส่ง (Transport Layer)	5
2.1.2.3 ชั้นเครือข่าย (Network Layer)	6
2.1.2.4 ชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer)	7
2.1.2.5 ชั้นควบคุมการเข้าถึงสื่อ (Mac Layer)	8
2.1.2.6 ชั้นกายภาพ (Physical Layer)	9
2.1.3 การสื่อสารแบบจุดต่อจุดของไวเลสแลน.....	10

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.3.1	ผลกระทบที่เกิดกับการสื่อสารของไวเลสแลนและการกระจายคลื่นวิทยุ.....	10
2.1.4	วิธีการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย.....	11
2.1.4.1	การวัดค่าพลังงานในการสื่อสารแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)	14
2.1.4.2	การสื่อสารที่ถูกเพิกเฉย (Discard Traffic) และผลต่อการใช้พลังงาน.....	15
2.2	แนวทางการศึกษาเพื่อค้นหาปัญหา.....	17
2.2.1	ปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานของระบบ Point to Point Wireless Network และ Point to Point Mobile Wireless.....	17
2.2.2	วิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสารเครือข่ายไร้สายแบบจุดต่อจุด และระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless) แบบจุดต่อจุด.....	17
2.2.2.1	วิธีการคำนวณเพื่อประหยัดพลังงานโดยตระหนักถึงองค์ประกอบเทคโนโลยีการสื่อสาร.....	17
2.2.2.2	โปรโตคอลหาเส้นทางโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน (Power-aware Routing Protocol)	19
2.2.2.3	วิธีการส่งสัญญาณโดยใช้พลังงานต่ำ.....	20
2.2.3	ศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพจากวิธีการส่งสัญญาณโดยใช้พลังงานต่ำ“Low-energy signaling”	21
2.2.3.1	สถาปัตยกรรมของระบบไร้สาย	21
2.2.4	ศึกษาเทคโนโลยีและปัจจัยที่นำมาควบคุมการเพิ่มลดกำลังส่งของเครือข่ายไร้สายที่มากเกินไป.....	24
2.2.4.1	ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (Received Signal Strength)	24
2.2.4.2	ระบบเครือข่ายไร้สาย 802.11 MAC Counters	25
2.3.	ฟังก์ชัน WRAPI และสิ่งรอบข้าง.....	27
2.3.1	WRAPI คืออะไร.....	27
2.3.2	การทำงานของ WRAPI.....	27
2.3.3	การทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการของไลบรารี WRAPI.....	28
2.3.4	การเขียนโค้ดเพื่อให้ WRAPI ทำงาน.....	28
2.3.5	เครื่องมือสร้าง WRAPI.dll จากต้นฉบับ.....	28
2.3.6	ฟังก์ชันที่มีให้แล้วใน WRAPI.....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานจากส่วนของอุปกรณ์ Wireless LAN.....	30
2.4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานสำหรับส่วนต่างๆของ Mobile Device.....	30
2.4.2 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานทำที่ระดับชั้น Physical Layer.....	30
2.5 ทฤษฎีค่า Capacity ของ Shannon.....	31
บทที่ 3 โครงสร้างการทำงาน	
3.1 โมเดลภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุดโดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ (Wireless LAN mode Point to point with auto power control model).....	32
3.2 โค้ดแกรมโมเดลควบคุมอัตราขยาย.....	33
3.2.1 โมเดลควบคุมอัตราขยาย.....	33
3.2.2 โฟลชาร์ตการทำงานของโมเดลคอนโทรลเพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมเพื่อปรับกำลังที่เหมาะสม.....	34
3.3 ฟังก์ชันที่สำคัญของโปรแกรม Control.....	35
3.3.1 Telnet function	35
3.3.2 Stream text function.....	35
3.3.3 Search text function.....	36
3.3.4 Receive set power function.....	36
บทที่ 4 การพัฒนาระบบงานและการทดลอง	
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ.....	37
4.2 หน้าจอระบบ.....	37
4.3 การทดสอบระบบ.....	39
4.3.1 หน้าจอโปรแกรม login เข้าระบบ ควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติ.....	39
4.3.2 การทดลองใช้งานโปรแกรมปรับกำลังส่งอัตโนมัติ.....	39
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	41
บทที่ 5 การวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	
5.1 วิเคราะห์การตรวจวัดและประเมินผล	42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	42
5.2.1 โปรแกรมใช้งานได้กับ Ubiquiti รุ่น AirMax Firmware 5.5x.....	42

สารบัญ (ต่อ)

5.2.2 การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม.....	44
5.2.2.1 การนำโปรแกรมไปใช้กับ Wireless ยี่ห้ออื่น.....	44
5.2.2.2 การควบคุมกำลังส่งแบบมีความปลอดภัย โดยใช้ SSH.....	44
5.3 ผลจากการใช้ระบบส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายและยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์.....	44
5.3.1 ผลต่ออายุการใช้งานและค่าใช้จ่ายจัดซื้ออุปกรณ์	45
5.3.2 ผลต่อการประหยัดค่าไฟฟ้า.....	45
บรรณานุกรม.....	46
ประวัติผู้เขียน.....	48



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n.....	4
2.2 แสดงอินเตอร์เฟซเครือข่ายไร้สายของ Lucent IEEE 802.11.....	17
2.3 แสดงพารามิเตอร์ที่ WRAPI มีฟังก์ชันให้จัดการเรียกดูข้อมูลหรือเปลี่ยนแปลงค่า.....	29
5.1 อุปกรณ์ Wireless Point to Point ที่สามารถใช้โปรแกรมจากจากศึกษา.....	42



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Backbone based routing	6
2.2 Topology based routing protocols.....	7
2.3 Synchronous sleep scheduler.....	8
2.4 Asynchronous sleep scheduler	9
2.5 วงจรทดลองเพื่อวัดการใช้พลังงานของไวเลสแลนการ์ด(Wireless card).....	11
2.6 การส่งข้อมูลของไวเลสแลนการ์ด (Wireless Card).....	12
2.7 การใช้พลังงานของการส่งข้อมูลของ 2 Mps Broadcast UDP/IP.....	13
2.8 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Broadcast UDP/IP.....	13
2.9 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Point to Point UDP/IP.....	14
2.10 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Point to Point UDP/IP.....	15
2.11 Discard Traffic ที่แทรกระหว่างต้นทางและปลายทาง.....	15
2.12 Discard Traffic ที่ Interfere เฉพาะต้นทางหรือปลายทาง.....	16
2.13 โสสตป์ปลายทางที่ไม่พึงประสงค์การอยู่ในขอบเขตของผู้ส่งและผู้รับที่การรับส่ง 2Mbps แบบจุดต่อจุดบน UDP/IP	16
2.14 ส่วนของสถาปัตยกรรมอุปกรณ์ไร้สาย	21
2.15 ไคอะแกรมการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย	21
2.16 แผนภูมิการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย.....	22
2.17 วงจรเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	22
2.18 โมเดลประหยัดพลังงาน.....	23
2.19 โมเดลประหยัดพลังงาน (ต่อ)	23
2.20 แสดง MPDU และ PSDU.....	25
2.21 แสดงชั้นของโปรโตคอล NDISUIO.....	27
2.22 การวิเคราะห์พลังงานในสถานะที่ถูกระงับการบริโภคพลังงานที่ 68.8 มิลลิวัตต์	30
2.23 การใช้พลังงานเฉลี่ยในขณะที่อยู่ในสถานะที่ไม่ได้ใช้งานปิดไฟ backlight พลังงานรวมเป็น 268.8 มิลลิวัตต์.....	30
3.1 แสดงภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ.....	32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 โมเดลภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ.....	33
3.3 โฟลชาร์ตของชุดควบคุมอัตราขยายระดับสัญญาณ.....	34
4.1 เครื่องมือพัฒนาระบบ VB.NET 2012.....	37
4.2 หน้าจอโปรแกรมควบคุมกำลัง.....	38
4.3 อุปกรณ์ Wireless ที่มีใช้ในบริษัทชมรมหิโตะชิท.....	38
4.4 หน้าจอโปรแกรมควบคุมกำลังเมื่อทำการ Login เข้าสู่ระบบสำเร็จ.....	39
4.5 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์สำเร็จยังไม่มีการควบคุมกำลังส่งฝั่ง A.....	39
4.6 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์และทำการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติฝั่ง A.....	40
4.7 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์สำเร็จยังไม่มีการควบคุมกำลังส่งฝั่ง B.....	40
4.8 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์และทำการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติฝั่ง B.....	41



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและปัญหา

1.1.1 จากการทดลองใช้อุปกรณ์สื่อสารไร้สาย แบบจุดต่อจุดหรือโหนดเฉพาะกิจพบว่า

- เมื่อวางอุปกรณ์สื่อสาร ในระยะที่ไกลกันระดับสัญญาณเริ่มลดลงและผู้ใช้ต้องทำการปรับจูนกำลังส่งเองซึ่งค่าที่ตั้งมาจาก โรงงานมักเป็นค่ากลาง

- เมื่อวางอุปกรณ์สื่อสารในระยะที่ใกล้กันระดับสัญญาณยังคงแรงเท่าเดิมไม่มีการปรับลดลงอาจไปรบกวนอุปกรณ์สื่อสารอื่นที่มีคลื่นความถี่เดียวกันได้

1.1.2 เพื่อศึกษาการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

1.2 จุดประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการปรับกำลังส่งแบบอัตโนมัติเพื่อลดระดับสัญญาณกำลังส่งที่สูงเกินความจำเป็น

1.3 แนวทางการศึกษา

1.3.1 ศึกษาปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานของระบบ Point to Point Wireless Network และ Point to Point Mobile Wireless

1.3.2 ศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสาร Point to Point Wireless Network และ Point to Point Mobile Wireless ใน 2 วิธี ดังนี้

- Power-aware computation and communication component technology
- Low-energy signaling

1.3.3 ศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพจากวิธี “Low-energy signaling”

1.3.4 ศึกษาการลดการใช้พลังงานโดยการลดระดับสัญญาณกำลังส่งของ Wireless Network ที่มากเกินไปจนจำเป็นแบบอัตโนมัติ

1.3.5 ศึกษากลไกและปัจจัยที่นำมาควบคุมการเพิ่มหรือลดกำลังส่งของ Wireless Network ที่มากเกินไปจนจำเป็น

1.3.6 ศึกษารูปแบบการสูญเสียข้อมูลของระบบ Wireless ที่เกิดจากระดับสัญญาณที่ต่ำเกินไป

1.3.7 ศึกษากลไกการวัดระดับสัญญาณของระบบ Wireless ที่สูงเกินความจำเป็นและไม่เกิดประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการพัฒนา

1.4.1 พัฒนาระบบการเชื่อมต่อ Wireless แบบ Point to Point โดยใช้กลไกการควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ

1.4.2 ทดลอง/ทดสอบ วิเคราะห์และประเมินผล

1.4.3 สรุปผลและปัญหา

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 การลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย

1.5.2 ผลการเปรียบเทียบระบบการสื่อสารไร้สายแบบมีการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติและระบบที่ไม่มีการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติ

1.5.3 ชุดโปรแกรมและอุปกรณ์ทดลองระบบการควบคุมกำลังส่งของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษารูปแบบการประหยัดพลังงานในการสื่อสารไร้สายแบบโหมคเฉพาะกิจและอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 มาตรฐาน IEEE 802.11 ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

2.1.1.1 มาตรฐาน IEEE 802.11a

ระบบเครือข่ายไร้สาย(Wireless LAN) แพร่กระจายคลื่นวิทยุที่ย่านความถี่ 5 GHz มีความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงสุด 54 Mbps สามารถทำการแพร่ภาพวิดีโอและข้อมูลที่ต้องการความละเอียดสูงได้โดยอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลสามารถปรับระดับให้ช้าลงได้เพื่อเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อให้มากขึ้น เช่น 54, 48, 36, 24 และ 11 Mbps ขณะที่คลื่นความถี่ 5 GHz ไม่มีใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะบางประเทศไม่อนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่นี้ อีกทั้งด้วยความยาวคลื่นที่สั้นกว่าย่านความถี่ 2.4 GHz ทำให้ทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้น้อยกว่าเนื่องจากคลื่นความถี่ 2.4 GHz ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทำให้สัญญาณของคลื่นความถี่ 2.4 GHz ถูกรบกวนจากอุปกรณ์ประเภทอื่นที่ใช้คลื่นความถี่วิทยุเดียวกันได้ การแพร่กระจายคลื่นของคลื่นความถี่ 5 GHz นั้นสามารถไปได้ไกลจากจุดกระจายสัญญาณ (Access Point) ประมาณ 35 เมตร ในโครงสร้างปิด (เช่น ในตึกอาคาร) และประมาณ 120 เมตรในที่โล่งแจ้ง หากเทียบกับมาตรฐาน 802.11b แล้ว ระยะทางของมาตรฐาน 802.11a จะกระจายได้ระยะทางน้อยกว่า มาตรฐาน 802.11b ที่มีคลื่นความถี่วิทยุต่ำกว่า และทั้ง 2 มาตรฐานนี้ไม่สามารถทำงานร่วมกันได้

2.1.1.2 มาตรฐาน IEEE 802.11b

มาตรฐาน IEEE 802.11b เป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทย มีการทำงานและแพร่กระจายที่คลื่นความถี่ 2.4 GHz (คลื่นความถี่นี้สามารถใช้งานแบบสาธารณะในประเทศไทยได้) มีความสามารถในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็ว 11 Mbps ผลิตภัณฑ์อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายมาตรฐานนี้ได้รับความนิยมมาก โดยทุกผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมาตรฐานต้องสามารถทำงานร่วมกันได้ และอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายทุกยี่ห้อต้องผ่านการตรวจสอบจากสถาบัน Wi-Fi Alliance เพื่อตรวจสอบมาตรฐานของอุปกรณ์และความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายในมาตรฐาน 802.11b ถูกนำไปใช้ในองค์กรธุรกิจ สถาบันการศึกษา สถานที่สาธารณะและแพร่เข้าสู่ที่พักอาศัยมากขึ้น สามารถส่งคลื่นสัญญาณได้ประมาณ 38 เมตรในโครงสร้างปิดและประมาณ 140 เมตรในที่โล่งแจ้ง

2.1.1.3 มาตรฐาน IEEE 802.11g

มาตรฐาน 802.11g มีการทำงานและแพร่กระจายที่คลื่นความถี่ 2.4 GHz สามารถรับส่งข้อมูลที่มีความเร็ว 36 - 54 Mbps ซึ่งเป็นความเร็วที่เทียบเท่ากับมาตรฐาน 802.11a และใช้คลื่นความถี่เดียวกันกับมาตรฐาน 802.11b ซึ่งมาตรฐาน 802.11g ได้รวมข้อดีของทั้งสองมาตรฐานเข้าด้วยกัน และมาตรฐาน 802.11g นั้นสามารถปรับระดับความเร็วในการสื่อสารลงเหลือ 2 Mbps ได้ (ตามสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่ใช้งาน) มาตรฐานนี้เป็นที่นิยมของผู้ใช้เป็นจำนวนมากและเข้ามาแทนที่มาตรฐาน 802.11b ที่ความเร็วต่ำกว่า มีความสามารถในการส่งคลื่นสัญญาณไปได้ไกลเทียบเท่ากับมาตรฐาน 802.11b

2.1.1.4 มาตรฐาน IEEE 802.11n

เป็นมาตรฐานที่สามารถทำงานบนคลื่นความถี่ 2.4 และ 5 GHz ได้รองรับความเร็วตั้งแต่ 54-600 Mbps โดยมีสายอากาศรับส่งสัญญาณตั้งแต่ 2 - 4 เสา (Multi In Multi Out) บนตัวอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและหากผู้ใช้ต้องการใช้งานที่ความเร็วสูงสุด เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่นั้นต้องรองรับมาตรฐาน 802.11n ด้วยเช่นกัน มาตรฐาน 802.11n สามารถทำงานร่วมกับ 802.11b หรือ g ได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพทั้งระบบลดลงเหมือนมาตรฐาน 802.11g เมื่อมีอุปกรณ์ 802.11b ต้องการเข้ามาใช้งานร่วมกัน มาตรฐาน 802.11n สามารถส่งคลื่นสัญญาณวิทยุได้ประมาณ 70 เมตรในโครงสร้างปิดและประมาณ 250 เมตรในที่โล่งแจ้ง

จากตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติมาตรฐาน IEEE 802.11 ของเครือข่ายไร้สายทั้ง 4 แบบ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g/n

มาตรฐาน	คลื่นความถี่	มอดูเลชัน	อัตราความเร็วของข้อมูล
802.11a	5.1-5.2 GHz	OFDM using BPSK, QPSK, 16 QAM, or 64 QAM	54 Mbps
802.11b	2.4-2.8 GHz	CCK (Complementary Coded Keying) using QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)	11 Mbps
802.11g	2.4-2.8 GHz	OFDM using BPSK, QPSK, 16 QAM, or 64 QAM	36-54 Mbps
802.11n	2.4-2.8 /5.1-5.2 GHz	CCK, DSSS, or OFDM	300-600 Mbps

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 วิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสารเครือข่ายไร้สาย

เทคนิคการลดการใช้พลังงานของเครือข่ายไร้สายมีหลายวิธี มีทั้งทำที่ระดับฮาร์ดแวร์ (Hardware) จนไปถึงระดับแอปพลิเคชัน (Application) เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจจึงใช้วิธีจำแนกโดยเทียบเคียงกับมาตรฐานของ OSI (Open System Interconnection)

2.1.2.1 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application Layer)

เทคนิคการจัดการพลังงานในชั้นแอปพลิเคชันนั้นมีหลายเทคนิคเพื่อให้ลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายและเทคนิคหนึ่งคือ “load partitioning” ช่วยให้แอปพลิเคชันประมวลผลได้อย่างละเอียดที่ส่วนของสถานีฐาน(Base Station) มากกว่าด้วยตัวมันเอง เครือข่ายไร้สายจะส่งการร้องขออย่างง่ายไปยังสถานีฐานและรอผลลัพธ์ของการประมวลผล ส่วนเทคนิคอื่นๆ ใช้ตัวแทนที่ถูกเลือก (Proxies) เพื่อที่จะรายงานผลไปยังแอปพลิเคชันที่จะเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานบางแอปพลิเคชันใช้ข้อมูลนี้เพื่อจำกัดฟังก์ชันของมัน เทคนิคนี้เหมาะสมที่จะใช้หยุดยั้งการใช้พลังงานเกินจำเป็นและนำผลที่ได้ไปประกอบการประมวลผล เทคนิคนี้อาจจะนำไปประยุกต์ใช้งานกับแอปพลิเคชันใดก็ได้ซึ่งมีความเข้ากัน โดยที่เทคนิคเหล่านี้มีอยู่ในหลากหลายแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันบางชนิดรวมเทคนิคที่มีประโยชน์เจาะจงใช้วิธีการเพื่อลดการใช้พลังงานในขณะที่มีการใช้งานกราฟฟิค ในแอปพลิเคชันจะประกอบด้วยลักษณะงานสองอย่างคืองานดำเนินการเกี่ยวกับฐานข้อมูล และงานการประมวลผลวิดีโอ สำหรับระบบฐานข้อมูลพบว่ามีเทคนิคที่สามารถลดการใช้พลังงานในระหว่างการสืบค้นข้อมูล การทำธุรกรรม เช่นเดียวกันกับการประมวลผลคำสั่ง (Query) ในทั้งสามรูปแบบนั้นสามารถประหยัดพลังงานโดยการลดจำนวนการส่งสัญญาณ (Transmissions) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากสำหรับรูปแบบนี้ สำหรับแอปพลิเคชันการประมวลผลวิดีโอสามารถประหยัดพลังงานโดยใช้เทคนิคการบีบอัดข้อมูลเพื่อลดจำนวนบิตที่จะนำส่งสัญญาณ (Bits Transmitted) บนการสื่อสารไร้สาย อย่างไรก็ตามเทคนิคอื่น ๆ ที่จะช่วยส่งผ่านคุณภาพวิดีโอซึ่งมีการสูญเสียคุณภาพไปเล็กน้อยเพื่อลดการใช้พลังงานได้มากขึ้น

2.1.2.2 ชั้นขนส่ง (Transport Layer)

เทคนิคต่าง ๆ ใช้เพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับชั้นขนส่ง(Transport) ทำเพื่อลดจำนวนการส่งสัญญาณซ้ำ (Retransmissions) เนื่องจากความผิดพลาดของการเชื่อมต่อแบบไร้สาย ในระบบสายนั้นหากแพ็กเก็ต (Packet) สูญหายหมายความว่าเกิดความหนาแน่นของการสื่อสารและใช้กลไก “back off” เพื่อแก้ปัญหา แต่สำหรับในเครือข่ายไร้สายการสูญเสียสามารถเกิดได้นาน ๆ ครั้งและไม่ได้เกิดในทันทีในจุดเริ่มของความหนาแน่น หมายความว่าเป็นการทดแทนที่ซีพี (TCP) แบบเดิมและสามารถรับประกันการส่งข้อมูลแบบจุดต่อจุดด้วยการถ่ายโอนข้อมูลได้เร็วแต่ใช้พลังงานน้อย

2.1.2.3 ชั้นเครือข่าย (Network Layer)

เทคนิคการบริหารพลังงานในชั้นเครือข่าย (Network) มักเกี่ยวข้องกับการดำเนินการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพด้วยวิธีการคำนวณเส้นทาง (Routing) ผ่านเครือข่ายหลายจุด (Hop) โดยทั่วไปทั้งโครงสร้างแบ็กโบน (Backbone) และการควบคุมโครงสร้าง (Topology Control) หรือแบบผสม สำหรับ โพรโตคอลแบ็กโบนหรือเรียกว่าภาระพื้นฐานการจัดกลุ่ม (Charge Based Clustering) บางโหนดสามารถเลือกให้พร้อมปฏิบัติ (Active) ตลอดเวลาซึ่งส่วนมากคือโหนดแบ็กโบน ในขณะที่โหนดอื่น ๆ จะหลับพัก (Sleep) เป็นช่วงเวลา โดยโหนดแบ็กโบนแสดงให้เห็นถึงการใช้เส้นทางระหว่างต้นทางทั้งหมดไปยังโหนดปลายทางในเครือข่ายและโหนดในเครือข่ายจะต้องมีอย่างน้อยหนึ่งโหนดที่เป็นโหนดแบ็กโบนทำตัวเป็นแบ็กโบนในตัวเอง การลดการใช้พลังงานจะประสบผลสำเร็จโดยการให้โหนดที่ไม่หลับพักเป็นช่วงเวลา (Sleep Schedule) ทำหน้าที่เป็นแบ็กโบน

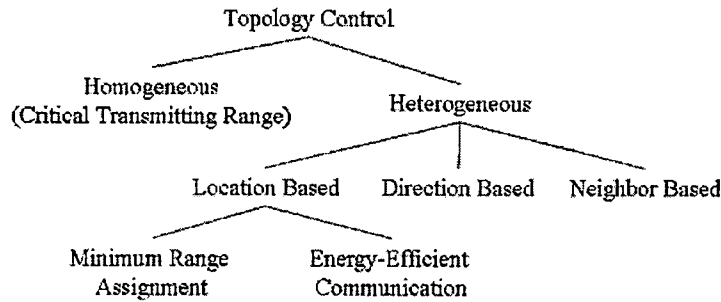


รูปที่ 2.1 Backbone based routing

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นเส้นทางของแพ็กเก็ตเกิดจากโหนดหมายเลข 3 ไปยังโหนดหมายเลข 4 และจากโหนดหมายเลข 1 ไปยังโหนดหมายเลข 2 โดยแบ็กโบนซึ่งถูกจัดตั้งขึ้น โหนดสี่คำหมายถึงแบ็กโบนในขณะที่โหนดที่เป็นหมายเลขไม่ได้ทำหน้าที่เป็นแบ็กโบน เส้นทางที่ไปได้หลายเส้นทางและที่มีหนึ่งเส้นทางที่ไม่จำเป็นต้องใช้และกำหนดว่าเป็นโครงสร้างของแบ็กโบน โดยแพ็กเก็ตเดินทางจากโหนดหมายเลข 3 ไปยังโหนดหมายเลข 4 โดยผ่านแบ็กโบนจำนวน 4 โหนด ถ้าโหนดหมายเลข 5 เลือกที่จะเป็นโหนดแบ็กโบน แพ็กเก็ตจะเดินทางโดยผ่านเส้นทางใหม่ทดแทนเส้นทางที่จะผ่านโหนดหมายเลข 5

โครงสร้างพื้นฐานของโพรโตคอลหาเส้นทางเพื่อลดการใช้พลังงานทำได้หลายแนวทางแต่แนวทางเหล่านั้นเน้นที่การลดพลังงานในการส่งสัญญาณของทุก ๆ โหนดในเครือข่าย โดยเครือข่ายยังคงเชื่อมต่อถึงกัน แต่ทุก ๆ โหนดทำงานด้วยกำลังส่งที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ซึ่งหมายความว่ากำลังส่งของทุก ๆ โหนดจะถูกปรับให้เท่ากับระยะสื่อสารกับโหนดที่ใกล้ที่สุด กำลังส่งอาจจะถูกปรับเปลี่ยนตามความต้องการของเครือข่าย โพรโตคอลหาเส้นทางหลายเส้นทางมีโครงสร้างพื้นฐานดังรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 Topology based routing protocols

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของโปรโตคอลการควบคุมโครงสร้างมีความพยายามที่จะใช้โครงสร้างของเครือข่ายเพื่อให้มีเส้นทางสื่อสารที่ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โปรโตคอลเหล่านี้จะสร้างกลไกของเครือข่ายขึ้นซึ่งเรียกว่าการค้นหาเส้นทางโดยตระหนักถึงพลังงานภายใน “Localized Power-Aware Routing” ในบางกรณีการสร้างเส้นทางนี้ขึ้นทำให้เกิดจำนวนการกระโดดข้ามโหนดที่สูงขึ้นผ่านทางเครือข่ายมากกว่าที่ควรหรือไม่ก็เกิดขึ้นเมื่อมีการส่งผ่านโดยตรงจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนด ดูเหมือนว่าสิ่งนี้จะขัดแย้งกับความเข้าใจเบื้องต้น แต่ก็สามารถเกิดขึ้นได้ถ้าปริมาณพลังงานถูกใช้ไปในการถ่ายโอนไปยังโหนดที่อยู่ระยะไกลสูงกว่าพลังงานที่ถูกใช้ในการถ่ายโอนระหว่างโหนดที่อยู่ในระยะใกล้ เหตุผลดังกล่าวถูกนำไปใช้ในโปรโตคอลอื่น ๆ ในรูปแบบพื้นฐานโครงสร้าง (Topology Base)

2.1.2.4 ชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer)

วิธีที่นิยมนำมาใช้ในการประหยัดพลังงานในชั้นเชื่อมโยง (Link Layer) มีดังนี้

ก. การลดการถ่ายโอนข้ามระหว่างรูปแบบการขอการส่งข้อมูลซ้ำอัตโนมัติ ARQ (Automatic Repeat Request)

ข. รูปแบบแก้ไขข้อผิดพลาดที่ผู้รับ FEC (Forward-Error Correction)

ทั้งสองวิธีถูกนำมาใช้เพื่อลดจำนวนของแพ็กเก็ตที่เสียหายในโหนดรับ เมื่อให้ ARQ ทำงานเรานี้เตอร์ก็จะสามารถเชื่อมต่อและส่งแพ็กเก็ตซ้ำจากต้นทางโดยไม่ต้องมีการร้องขอให้ตรวจหาว่ามีแพ็กเก็ตเสียหายเกิดขึ้น ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานบางครั้งการส่งผ่านโดยใช้พลังงานในการถ่ายโอนต่ำและการเกิด ARQ หลาย ๆ ครั้งเป็นการทวิคูณที่เสียพลังงานได้สูงกว่าการส่งด้วยกำลังสูงและได้ผลลัพธ์ที่ดี การผสมผสานการใช้ FEC เพื่อลดปริมาณความจำเป็นในการส่งซ้ำมีความจำเป็นต่อกำลังส่งที่ต่ำกว่าสามารถส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานได้มากกว่าเทคนิคอื่นๆในการจัดการพลังงานที่พบในชั้นเชื่อมโยงคือการอาศัยโปรโตคอลการจัดตารางเวลาแพ็กเก็ต(Packet Scheduling) บางประเภท จากการกำหนดให้การส่งแพ็กเก็ตเกิดขึ้นแบบติดๆกัน (นั่นคือเพิ่มอย่างรวดเร็ว) อาจมีความเป็นไปได้ว่าจะสามารถลดค่าสิ้นเปลือง(Overhead) ที่เกิดจากการส่งทีละแพ็กเก็ต การส่งแพ็กเก็ตแรกออกไปต้องการเพียงไบต์ (Bytes) เริ่มต้นเพื่อเป็นการแจ้งว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการคำ

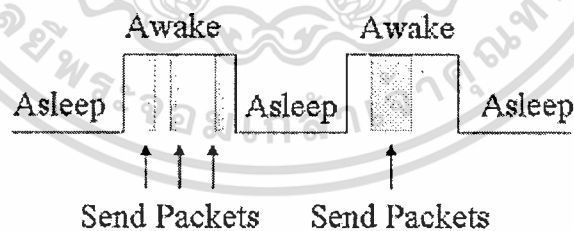
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพ็กเก็ตอยู่ในคลื่นความถี่ และแพ็กเก็ตต่าง ๆ หลังจากนั้นจะถูกส่งต่อ ๆ กันมาหลังการแจ้งให้ทราบการใช้วิธีการจัดตารางเวลาของแพ็กเก็ตอาจจะช่วยลดความจำเป็นของการส่งแพ็กเก็ตซ้ำถ้าแพ็กเก็ตนั้น ๆ ถูกกำหนดให้ถูกส่งในช่วงเวลาใด ๆ เมื่อได้รับทราบจากการแจ้งมาแล้วว่าปลายทางของมันสามารถรับแพ็กเก็ตนั้นได้ จำเป็นที่จะมีการส่งแพ็กเก็ตซ้ำจึงทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลงไปด้วยเช่นเดียวกัน

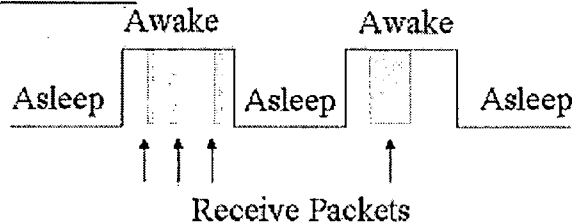
2.1.2.5 ชั้นควบคุมการเข้าถึงสื่อ (Mac Layer)

เทคนิคในการประหยัดพลังงานในชั้นควบคุมสื่อ(MAC)ในเบื้องต้นประกอบไปด้วยโปรโตคอลการกำหนดช่วงของการหลับพัก โดยหลักการคือพลังงานปริมาณมากถูกทำให้สูญเสียไปในระหว่างที่รอคอยสัญญาณวิทยุและไม่มีข้อมูลอะไรกลับเข้ามาช่วงของการหลับพักถูกนำมาใช้เพื่อให้วงจรคลื่นวิทยุทำงานในช่วงสถานภาพปิดและเปิดการจ่ายพลังงานเพื่อลดผลกระทบต่าง ๆ จากสถานะการทำงานคงตัว (Idle) ในการรอรับข้อมูล ในโปรโตคอลการกำหนดเวลาหลับพักถูกนำมาใช้เพื่อกระตุ้นวงจรคลื่นวิทยุให้ตื่นพร้อมใช้เมื่อไรก็ตามที่มันคาดว่าจะมีการส่งหรือรับแพ็กเก็ตและไม่เช่นนั้นมันก็จะพักการทำงานชั่วคราว ส่วนเทคนิคอื่น ๆ ในการประหยัดพลังงานในชั้นนี้ได้แก่โปรโตคอลการประหยัดพลังงานแบตเตอรี่(Battery Aware MAC Protocol : BAMAC) สำหรับโปรโตคอลนี้การตัดสินใจว่าจะส่งเป็นรายต่อไปนั้นขึ้นอยู่กับระดับแบตเตอรี่ของทุก ๆ โหนดในเครือข่าย ข้อมูลระดับแบตเตอรี่จะถูกแจ้งให้ทราบในแต่ละแพ็กเก็ตที่ถูกส่งและแต่ละโหนดมีหลักในการตัดสินใจว่าจะส่งข้อมูลหรือไม่จากข้อมูลที่ได้รับนี้ โปรโตคอลกำหนดช่วงเวลาหลับพักแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือแบบประสานเวลากัน(เข้าจังหวะ) และแบบไม่ประสานเวลากัน(ไม่เข้าจังหวะ)

Transmitter:



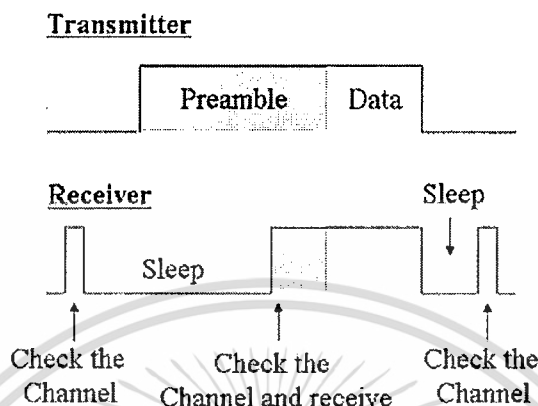
Receiver:



รูปที่ 2.3 Synchronous sleep scheduler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของแบบประสานช่วงเวลากลับพักอาศัยสัญญาณนาฬิกาที่สอดคล้องกันระหว่างโหนดทุกโหนดในเครือข่าย จากรูปที่ 2.3 ผู้ส่งและผู้รับต่างคำนึงถึงเวลาที่แต่ละฝ่ายควรเปิดสัญญาณและส่งข้อมูลไปยังอีกฝ่ายเฉพาะช่วงเวลานั้น มิเช่นนั้นมันก็จะเข้าสู่การหลับการทำงานชั่วคราว



รูปที่ 2.4 Asynchronous sleep scheduler

จากรูปที่ 2.4 การทำงานของแบบไม่ประสานช่วงเวลากลับพัก โหนดต่าง ๆ กลับเข้าสู่สถานะพร้อมทำงานและเข้าสู่ช่วงหลับชั่วคราวโดยการใช้วิธีการเดียวกันกับที่เกิดขึ้นกับแบบประสานช่วงเวลากลับพัก และเนื่องจากมันไม่มีการประสานเวลาแต่อย่างใดก็ตามมันก็ต้องมีวิธีการเพื่อให้มั่นใจว่าโหนดรับสัญญาณอยู่ในสถานะการทำงานเพื่อรับทราบว่ามีข้อมูลจากโหนดอื่นกำลังจะมาถึง โดยปกติแล้วข้อมูลไบต์กลุ่มแรก (Preamble) จะถูกส่งโดยแฟ้มเกิดเพื่อให้เกิดการประสานจุดเริ่มต้นของข้อมูลที่กำลังไหลเข้ามาระหว่างผู้ส่งและผู้รับ และในการทำงานแบบไม่ประสานช่วงเวลากลับพักจำนวนไบต์ข้อมูลกลุ่มแรกจำนวนหนึ่งต่อแฟ้มเกิด ถูกส่งไปเพื่อรับประกันว่าผู้รับมีโอกาสที่จะสอดคล้องกับมันในบางจุด ในกรณีที่เลวร้ายที่สุดคือแฟ้มเกิดเริ่มทำการส่งข้อมูลในขณะที่ผู้รับอยู่ในสถานะที่พักการทำงานชั่วคราว ไบต์ชุดแรกถูกส่งไปเป็นเวลาเท่ากับช่วงเวลาที่ผู้รับพักการทำงานชั่วคราวนี้ (และเพิ่มอีกเล็กน้อยในช่วงเวลาที่ผู้รับทำการประสาน เมื่อกลับเข้าสู่สถานะการทำงาน) เมื่อผู้รับเข้าสู่สถานะการทำงานมันก็จะทำการประสานการทำงานกับกับไบต์กลุ่มแรกและอยู่ในสถานะทำงานจนกว่าจะได้รับแฟ้มเกิด

2.1.2.6 ชั้นกายภาพ (Physical Layer)

ในชั้นกายภาพ (Physical) เทคนิคต่าง ๆ สามารถนำมาใช้ในการประหยัดพลังงานรวมไปถึงในการสร้างพลังงานด้วย การออกแบบฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมทำให้สามารถลดระดับการรั่วไหลของกระแสในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จนแทบจะไม่มีกรรั่วไหลซึ่งส่งผลให้สามารถใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้นานขึ้นเพราะการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าในช่วงที่ไม่ได้ประมวลผล (สถานะการทำงานคงตัว) สัญญาณนาฬิกาของส่วนประมวลผลกลาง (CPU) ที่แตกต่างกัน ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันของหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำแฟลช (Flash) และเทคนิคต่าง ๆ นี้สามารถนำมาใช้เพื่อการลดการใช้พลังงานในชั้นกายภาพได้เช่นกัน

เทคนิคหนึ่งสำหรับเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์จากที่ห่างไกลที่เรียกว่า Remote Access Switch (RAS) สามารถนำมาใช้ในการกระตุ้นฝั่งรับ เมื่อมีการกำหนดปลายทางของข้อมูลของมันเท่านั้น วงจรคลื่นวิทยุพลังงานต่ำถูกนำมาใช้ในการตรวจจับสิ่งที่ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งบนช่องสัญญาณเมื่อมีการตรวจพบการดำเนินการดังกล่าวจะทำให้วงจรไฟฟ้ากระตุ้นส่วนอื่นของระบบให้พร้อมรับชุดข้อมูล ตัวส่งจะต้องรู้ว่าชนิดของสิ่งที่เกิดขึ้นจำเป็นต้องถูกส่งไปบนช่องสัญญาณนั้นเพื่อไปกระตุ้นฝั่งรับแต่ละตัว และเทคนิคเกี่ยวกับพลังงานช่วยให้อุปกรณ์รวบรวมพลังงานจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างได้อย่างแท้จริง พลังงานที่อยู่โดยรอบคือพลังงานที่อยู่ในรูปของการสั่นสะเทือน ความเครียด แรงกดดันภายใน ความร้อน แสง ลม และแรงดึงดูด เป็นต้น เทคนิคในการเก็บเกี่ยวพลังงานทำให้อุปกรณ์สามารถควบคุมพลังงานนี้รวมไปถึงการเปลี่ยนรูปพลังงานให้เป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยตรงหรือประจุไว้ใช้ภายหลังได้

2.1.3 การสื่อสารแบบจุดต่อจุดของไวเลสแลน

การสื่อสารแบบจุดต่อจุดสามารถมองได้สองแบบคือ

- โหมดเฉพาะกิจ (Ad-hoc) เป็นการสื่อสารของเครือข่ายแบบเฉพาะกิจ โดยมีอุปกรณ์สื่อสารจำนวนสองสถานีจับคู่กันสื่อสารกัน โดยขณะที่กำลังสื่อสารรับส่งข้อมูลกัน คู่สื่อสารสามารถที่จะไม่ตอบสนองต่อสถานีสื่อสารอื่นที่ตรวจพบ

- โหมดสถานีฐานและโหมดลูกข่าย (Client Mode) เป็นการสื่อสารที่มีการจับคู่กัน โดยมีการทำงานของฝั่งหนึ่งเป็นแบบชนิดสถานีฐานซึ่งจะรองรับการสื่อสารกับลูกข่ายได้มากกว่าหนึ่ง แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแบบชนิดจุดต่อจุด (Point-To-Point) หรือการสื่อสารที่มีลูกข่ายเดียว

2.1.3.1 ผลกระทบที่เกิดกับการสื่อสารของไวเลสแลนและการกระจ่ายคลื่นวิทยุ

ก. การสูญเสียกำลังและการลดทอน

การสูญเสียกำลัง (Path Loss) ของเส้นทางคืออัตราส่วนของพลังงานที่ได้รับกับพลังงานที่ใช้ในการส่งข้อมูล การสูญเสียกำลังส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสัญญาณที่ได้รับเป็นไปตามสูตร 2.1

$$P_{rx} = O\left(\frac{P_{tx}}{d^\alpha}\right) \quad (2.1)$$

ค่าคงที่ ซึ่งซ่อนอยู่ในบิก โอ (Big-Oh) ในสูตรขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของสัญญาณพาหะ (เช่น อัตราขยายของสายอากาศ ความถี่) และ α มีค่าระหว่าง 2 ถึง 4 คือรูปแบบของการลดทอนในเส้นทางในสภาพแวดล้อมจริงซึ่งอย่างไรก็ตามมักจะไม่ใช่พื้นที่ว่างและจะเกิดการสะท้อน การกระจ่ายและการหักเหที่เกิดจากสิ่งกีดขวาง (เช่น อาคาร ภูมิประเทศ และลักษณะของสิ่งแวดล้อม) ในพื้นที่การสื่อสาร ดังนั้นจึงทำให้ α มีค่าเปลี่ยนไประหว่าง 2 ถึง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. โมเดลการรบกวนกันของคลื่นสัญญาณวิทยุ

นอกเหนือจากการสูญเสียกำลังของเส้นทางแล้วอัตราความผิดพลาดของบิต (Bit-Error) ในการส่งคลื่นสัญญาณก็ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของการรับของโหนดที่กำหนด อัตราความผิดพลาดของบิตขึ้นอยู่กับกำลังของสัญญาณต่อการถูกรบกวน ขนาดกำลังเครื่องส่งสัญญาณและตำแหน่งที่กำหนดสัญญาณเกิดการทับซ้อนกับโหนดส่งสัญญาณอื่น ๆ ในความถี่เดียวกัน (โหนดต่าง ๆ ถูกกำหนดให้สามารถเกิดการสื่อสาร โดยการใช้ช่องสัญญาณเดียวกันได้) แบบจำลองที่นำมาใช้ในการจำลองสิ่งรบกวนที่จะกล่าวถึงมีสองแบบคือโมเดลกายภาพ (Physical Model) และโมเดลโปรโตคอล (Protocol Model)

1. แบบจำลองโมเดลกายภาพ

แบบจำลองสิ่งรบกวนแบบกายภาพกำหนดให้พลังงานโดยรวมของโหนดใกล้เคียงเป็นสัญญาณรบกวนและคำนวณออกมาเป็นสัญญาณเทียบกับสัญญาณรบกวน SNR (Signal to Noise) หรือเพื่อความชัดเจนกว่าก็จะคำนวณออกมาเป็นสัญญาณจริงต่อสัญญาณรบกวน SIR (Signal to Interference) กำหนดให้ X_i แทนกลุ่มของโหนดซึ่งกำลังส่งข้อมูล P_i แทนพลังงานในการส่งข้อมูลของโหนดที่กำหนด โดยที่ X_i ในกรณีนี้สามารถรับข้อมูลได้สำเร็จโดย Y

$$\frac{P_i}{d(X_i, Y)^\alpha} \geq \beta \left(N + \sum \frac{P_k}{d(X_k, Y)^\alpha} \right) \quad (2.2)$$

โดยที่ β คือค่า SIR ต่ำสุดที่ยอมรับได้

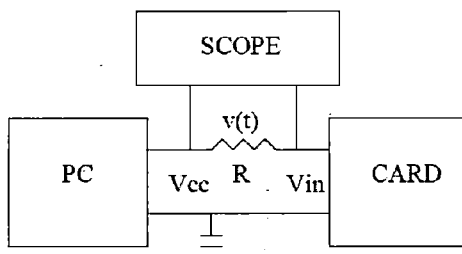
2. แบบจำลองโมเดลโปรโตคอล

การทำงานของแบบจำลองโปรโตคอลอาศัยหลักการการส่งผ่านข้อมูลที่มีผู้รับและได้รับอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ถ้าพลังงานในการรับ-ส่งมีมากกว่าหรือเท่ากับพลังงานจากผู้ส่งอื่นในเชิงของคณิตศาสตร์การส่งข้อมูลของ X_i ที่ได้รับข้อมูลครบถ้วนโดยดูจากค่า Y ถ้าทุก ๆ k คือ

$$\frac{P_i}{d(X_i, Y)^\alpha} \geq (1 + \Delta) \frac{P_k}{d(X_k, Y)^\alpha} \quad (2.3)$$

Δ ในสูตรนี้คือโปรโตคอลจำเพาะที่เป็นตัวป้องกันจากการถูกรบกวน

2.1.4 วิธีการวัดค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย



รูปที่ 2.5 วงจรทดลองเพื่อวัดการใช้พลังงานของไวเลสแลนการ์ด (Wireless card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.5 แรงดันเข้าและกระแสสามารถคำนวณได้จากสูตรที่ 2.4 เมื่อ $P(t)$ คือ พลังงานที่ใช้ทั้งหมดในช่วงเวลา $t_0 \dots t_1$

$$P(t) = V_{in} \frac{v_r(t)}{R}. \quad (2.4)$$

พลังงานทั้งหมดถูกใช้ตั้งแต่ $t_0 \dots t_1$ เป็นหน่วยของการใช้พลังงานในช่วงเวลา

$$E_{t_0 \dots t_1} = \frac{V_{in}}{R} \int_{t_0}^{t_1} v_r(t) dt. \quad (2.5)$$

เมื่อทำงานในแบบโหมดเฉพาะกิจ (Ad-hoc) การใช้พลังงานสภาวะคงตัว (Idle) ของอุปกรณ์เครือข่ายจะคงที่ดังแสดงได้ดังรูปที่ 2.7 และ 2.8

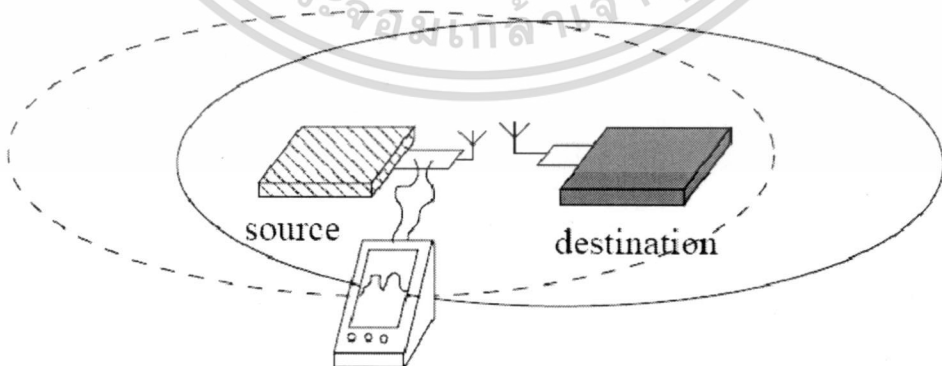
$$P_{idle} = \frac{V_{in}}{R} v_{r_{idle}}. \quad (2.6)$$

รูปแบบการวัดการใช้พลังงานได้โดยต้องมีการระบุระยะเวลาที่แม่นยำของการเกิดเหตุการณ์ของการส่งหรือรับข้อมูล แทนที่จะวัดพลังงานทั้งหมดในช่วงประมาณการการเกิดเหตุการณ์ที่น่าสนใจและนำไปลบด้วยค่าพลังงานสภาวะคงตัวออกถ้า $t_0 \dots t_1$ คือช่วงเวลาที่เราสงสัย แล้วพลังงานที่ใช้ในการประมวลผลที่เกิดขึ้นได้จากสูตรที่ 2.7

$$\frac{V_{in}}{R} \bar{v}_r (t_1 - t_0) - P_{idle} (t_1 - t_0), \quad (2.7)$$

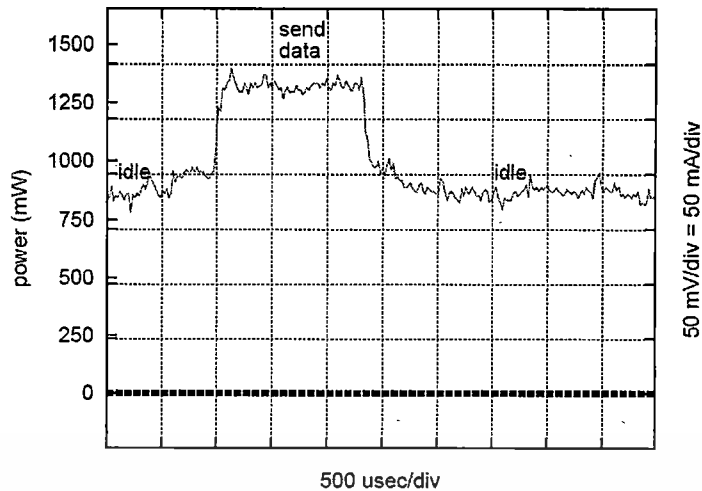
เมื่อ \bar{v}_r คือค่าเฉลี่ยของ v_r ในช่วงเวลา $t_0 \dots t_1$

วิธีการนี้สามารถช่วยให้ใช้วิธีการวัดการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นโดยอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่าย (Network Interface) ทั้งการส่งและรับข้อมูลในแบบกระจาย (Broadcast) และแบบจุดต่อจุด



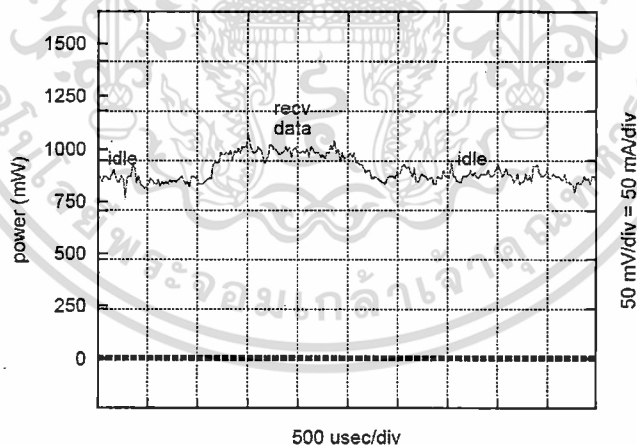
รูปที่ 2.6 การส่งข้อมูลของไวเลสแลนการ์ด (Wireless Card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การใช้พลังงานของการส่งข้อมูลของ 2 Mps Broadcast UDP/IP

จากรูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึงโปรโตคอลของ IEEE 802.11 ในแต่ละส่วน มีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการใช้งานในแบบกฎเชิงเส้นที่เครื่องวัดออสซิลโคป (Oscilloscope) ตรวจวัดในแกนนอน แกนขวาแสดงการวัด (เวลาและ $V_r(t)$) และแกนซ้ายแสดงการใช้พลังงานในขณะที่มีการส่งข้อมูล ในทำนองเดียวกันดังรูปที่ 2.8 แสดงการใช้พลังงานในการรับข้อมูล จะเห็นได้ว่าขณะที่มีการส่งข้อมูลมีการใช้พลังงานสูงกว่า



รูปที่ 2.8 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Broadcast UDP/IP

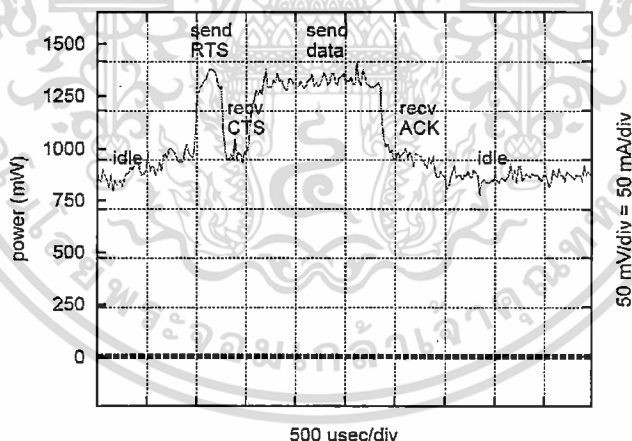
โฮสต์ (Host) ที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตการส่งของผู้ส่งจะไม่สามารถตรวจจับสัญญาณของผู้ส่ง และโดยนัยคู่สื่อสารก็จะมีการดำเนินการส่งข้อมูลของตัวเอง ทั้งสองสัญญาณจะถูกตรวจจับโดยโฮสต์ใดๆ ก็ได้ในขอบเขตการส่งสัญญาณของผู้ส่งทั้งคู่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับสัญญาณที่เกี่ยวข้องกันในแต่ละสถานีรับหนึ่งหรือทั้งสอง แพ็กเก็ตจะสูญเสียเนื่องจากการชนกันของสัญญาณ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่าเป็นปัญหาการซ่อนตัวของสถานี (Hidden Terminal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

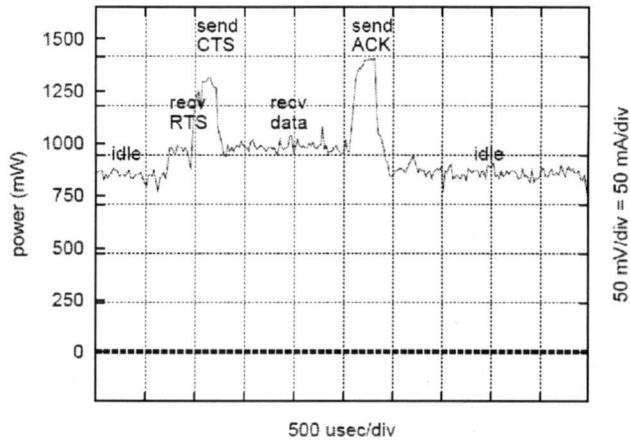
2.1.4.1 การวัดค่าพลังงานในการสื่อสารแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point)

ในขณะที่โปรโตคอลในมาตรฐาน IEEE 802.11 ไม่รองรับการใช้สื่อเพื่อการสื่อสารแบบกระจายหรือแบบจุดต่อจุดเพื่อการหลีกเลี่ยงการปะทะกัน (Collision Avoidance) ผลกระทบของปัญหาการชนตัวของสถานี ก่อนที่จะทำการส่งสัญญาณในแบบจุดต่อจุดผู้ส่งจะทำการกระจายสัญญาณควบคุม RTS (Request-To-Send) โดยระบุปลายทางและขนาดข้อมูลที่จะส่ง (ระยะเวลาที่ใช้) และปลายทางก็จะตอบสนองด้วยสัญญาณ CTS (Clear-To-Send) ถ้าต้นทางไม่สามารถรับสัญญาณ CTS อาจจะทำให้ทำการส่งสัญญาณ RTS ซ้ำเมื่อได้รับ CTS แล้วต้นทางจะเริ่มส่งข้อมูลจริงและหยุดรอสัญญาณตอบกลับ(ACK) จากผู้รับและโหนดอื่นๆที่สามารถรับสัญญาณ RTS/CTS ก็จะต้องหยุดการส่งข้อมูลในช่วงระยะเวลาที่ระบุไว้และนี่คือการลดการส่งสัญญาณแบบพาหะเสมือน “virtual carrier sense” แต่ไม่ได้ลดการชนได้ทั้งหมด ยังมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดการชนกันที่โหนดปลายทาง

ระบบเครือข่ายแบบนี้ใช้องค์ประกอบและสูตรเชิงเส้นเพื่อวัดค่าซึ่งคล้ายคลึงกับการใช้พลังงานของการส่งข้อมูลแบบกระจายซึ่งเป็นการเพิ่มค่าของการส่งและการรับข้อมูลในอีกช่องทางที่ได้รับซึ่งเป็นที่คาดการณ์ว่าจะเป็นเหมือนกันทั้งการส่งสัญญาณแบบกระจายและแบบจุดต่อจุด กราฟจากเครื่องออสซิลอสโคปที่ตรวจวัดดังรูปที่ 2.9 และ 2.10 แสดงภาพโปรโตคอลของการใช้สื่อ “Media Reservation”



รูปที่ 2.9 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Point to Point UDP/IP

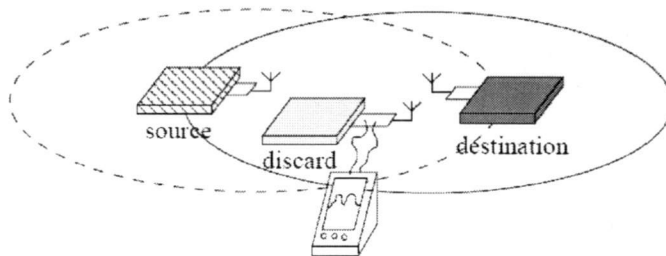


รูปที่ 2.10 การใช้พลังงานของการรับข้อมูลของ 2 Mps Point to Point UDP/IP

แพ็กเก็ตในการทำ “Media Reservation” ที่มีขนาดเล็กแสดงให้เห็นถึงการคำนึงถึงค่าสิ้นเปลือง(Overhead) ดังนั้นแพ็กเก็ตที่มีขนาดเล็กกว่า(ค่าคอนฟิกรใดๆ) นั่นคือค่า “RTS threshold” ที่ผู้ส่งจะส่งสัญญาณออกไปได้ง่ายผ่านช่องสัญญาณก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลจริง และผู้รับจะส่งค่าดังกล่าวก่อนที่จะมีการส่งสัญญาณตอบกลับและสัญญาณตอบกลับนี้มีค่าลำดับความสำคัญมากกว่าการสื่อสารอื่นๆ เพื่อให้ได้รับสัญญาณนั้นในระยะเวลาอันสั้น เช่นเดียวกันกับการสื่อสารแบบกระจาย วิธีการนี้เพิ่มความเสถียรที่จะมีการเพิ่มขนาดของข้อมูล (Message) ในกรณีนี้ ค่าที่คาดว่าจะมีค่าบางอย่างอยู่ระหว่างการสื่อสารแบบกระจายและแบบจุดต่อจุดทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของวิธีการนี้มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดการชนกันและการส่งแพ็กเก็ตซ้ำเพิ่มมากขึ้น

2.1.4.2 การสื่อสารที่ถูกเพิกเฉย (Discard Traffic) และผลต่อการใช้พลังงาน

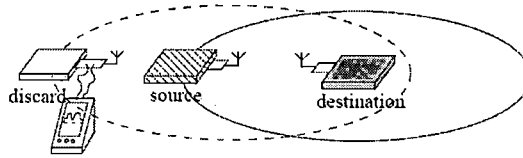
จากการใช้งานในโหมดเฉพาะกิจโดยที่มีผู้รับอื่น ๆ สามารถที่จะตรวจเจอสัญญาณที่รับส่งกันจากโฮสต์ที่อยู่ใกล้ ๆ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาการใช้พลังงานของการรับส่งข้อมูลและพลังงานที่เกิดจากการที่ปฏิสัมพันธ์กับคู่สื่อสารอื่นที่ไม่ใช่คู่สื่อสารที่ต้องการ กรณีนี้เป็นสิ่งที่น่าสนใจเพราะสามารถเกิดขึ้นได้บ่อย ทั้งนี้ไม่เพียงช่วยประหยัดพลังงาน แต่แสดงให้เห็นถึงกรณีอื่น ๆ ที่ต้องมีปฏิสัมพันธ์กับปลายทางที่ไม่เกี่ยวกับคู่สื่อสารซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของมาตรฐาน IEEE 802.11



รูปที่ 2.11 Discard Traffic ที่แทรกระหว่างต้นทางและปลายทาง

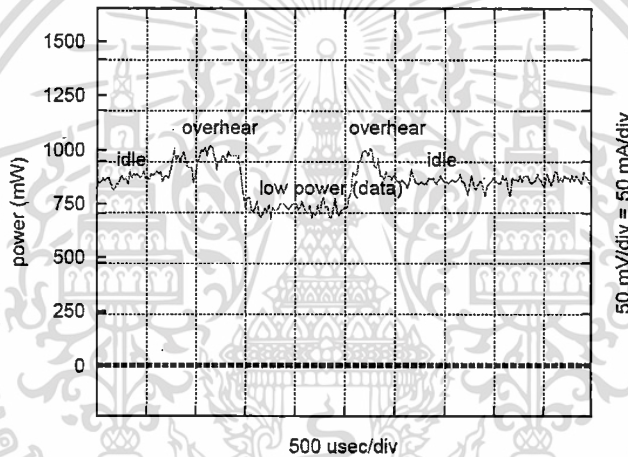
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 แสดง โฮสต์ที่ไม่ฟังประสงค์ (Discarding Host) ซึ่งอยู่ในขอบเขตการสื่อสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับ



รูปที่ 2.12 Discard Traffic ที่ Interfere เฉพาะต้นทางหรือปลายทาง

จากรูปที่ 2.12 แสดง โฮสต์ที่ไม่ฟังประสงค์อยู่ในขอบเขตเฉพาะผู้ส่งเพียงอย่างเดียวซึ่งต้องใช้บางกลยุทธ์เพื่อประหยัดพลังงานบนพื้นฐานของข้อมูลที่ไม่น่าสนใจบนสื่อคลื่นวิทยุ (Media) (การเกิดค่าทั้งหมดของพลังงานที่กำหนดเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของสถานะการทำงานคงตัวของอุปกรณ์เชื่อมต่อด้วย)



รูปที่ 2.13 โฮสต์ปลายทางที่ไม่ฟังประสงค์การอยู่ในขอบเขตของผู้ส่งและผู้รับที่การรับส่ง 2Mbps แบบ จุดต่อจุดบน UDP/IP

กราฟจากเครื่องวัดออสซิลโลสโคปแสดงในรูปที่ 2.13 แสดงโฮสต์ปลายทางที่ไม่ต้องการอยู่ในขอบเขตของผู้ส่งและผู้รับ เมื่อข้อมูลเริ่มถูกส่งกรณีอุปกรณ์เครือข่ายยี่ห้อ “Lucent” ใช้พลังงานน้อยกว่าในโหมดสถานะการทำงานคงตัว เมื่อต้นทางส่งข้อมูลโฮสต์ที่ไม่ใช่ปลายทางก็ไม่สามารถที่จะส่งหรือรับข้อมูลในแบบจุดต่อจุดได้เนื่องจากต้นทางและปลายทางได้ทำการจองสื่อคลื่นวิทยุด้วยกลไก RTS/CTS โฮสต์ปลายทางที่ไม่ฟังประสงค์เป็นไปตามกฎของการรับส่งข้อมูลแบบกระจายโดยโฮสต์อยู่นอกเขตการสื่อสารของทั้งผู้รับและผู้ส่ง ถ้าโฮสต์ปลายทางที่ไม่ฟังประสงค์อยู่ในขอบเขตของผู้รับส่งจะทำให้แพ็คเกจมีความน่าจะเป็นสูงขึ้นที่จะเสียหายเนื่องจากการชนกันของการส่งสัญญาณในส่วนของโฮสต์ปลายทางที่ไม่ต้องการจึงสูญเสยข้อมูลส่งน้อยหรือไม่เสียเลยโดยเข้าสู่โหมดการลดการใช้พลังงาน ปริมาณของพลังงานที่ประหยัดได้จากวิธีการนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลเช่นเดียวกันกับปริมาณของเวลาและพลังงานที่

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นในการกลับสู่สถานะการทำงานคงตัวกำหนดค่าเครือข่ายสำหรับกรณี โสสต์ไม่พึงประสงค์ในขอบเขตของผู้รับเพียงอย่างเดียวซึ่งคล้ายคลึงกับ โสสต์ไม่พึงประสงค์ที่อยู่ในขอบเขตของผู้ส่งอย่างเดียว ดังรูปที่ 2.13

ตารางที่ 2.2 แสดงการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายยี่ห้อ “Lucent” ซึ่งทำงานในโหมดต่าง ๆ ที่ความเร็ว 2 Mbps และ 11 Mbps

ตารางที่ 2.2 แสดงอินเตอร์เฟสเครือข่ายไร้สายของ Lucent IEEE 802.11

2Mbps		
	measured	spec
Sleep Mode	14mA	9 mA
Idle Mode	178 mA	n/a
Receive Mode	204 mA	280 mA
Transmit Mode	280 mA	330 mA
11 Mbps		
Sleep Mode	10mA	10 mA
Idle Mode	156 mA	n/a
Receive Mode	190 mA	180 mA
Transmit Mode	284 mA	280 mA
Power Supply	4.74 V	5 V

2.2 แนวทางการศึกษาเพื่อค้นหาปัญหา

2.2.1 ปัญหาการสิ้นเปลืองพลังงานของระบบ Point to Point Wireless Network และ Point to Point Mobile Wireless

สำหรับโหมดเฉพาะกิจการดำเนินงานนั้นไม่ต้องพึ่งสถานีฐาน โหนดแต่ละโหนดจะมีการสื่อสารกันโดยตรงในขอบเขตที่สัญญาณไปถึงเพราะไม่มีสถานีฐานเป็นตัวกลาง โสสต์จะต้องพร้อมอยู่ตลอดเวลาเพื่อที่จะรับข้อมูลจาก โสสต์อื่น ๆ ใกล้เคียง ส่วนอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายทำงานในโหมดเฉพาะกิจจะไม่มี การหลับพักแต่ก็จะมีการใช้พลังงานในสถานะการทำงานคงที่อย่างต่อเนื่องสะท้อนให้เห็นถึงความสิ้นเปลือง (Cost) ในการรับสัญญาณช่องความถี่ไร้สาย ค่าสิ้นเปลืองนี้สามารถตรวจวัดได้แต่ไม่ได้อธิบายไว้ในข้อกำหนดของอุปกรณ์เพราะมีความสำคัญน้อยกว่าสิ่งที่เกิดขึ้นจริงในการรับข้อมูล

2.2.2. วิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสารเครือข่ายไร้สายแบบจุดต่อจุดและระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สาย (Mobile Wireless) แบบจุดต่อจุด

วิธีการลดการใช้พลังงานของระบบการสื่อสารเครือข่ายไร้สายแบบจุดต่อจุดและระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายแบบจุดต่อจุดมี 3 วิธีดังนี้

- การคำนวณเพื่อประหยัดพลังงาน โดยตระหนักถึงองค์ประกอบเทคโนโลยีการสื่อสาร
- โปรโตคอลหาเส้นทางโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน (Power-aware Routing Protocol)
- การส่งสัญญาณ โดยใช้พลังงานต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 วิธีการคำนวณเพื่อประหยัดพลังงานโดยตระหนักถึงองค์ประกอบเทคโนโลยีการสื่อสาร

Feeney และ Nilsson (2001) ได้วิเคราะห์รายละเอียดประสิทธิภาพของการใช้พลังงานของโปรโตคอลในชั้น MAC รวมถึงมาตรฐาน IEEE 802.11 เป็นการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพจากสื่อที่แตกต่างกัน ทำให้ทราบกลวิธีในพฤติกรรมการแย่งชิงสื่อคลื่นวิทยุซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่นรูปแบบการสื่อสาร ความหนาแน่นของโหนดและลักษณะการส่งของคลื่นความถี่วิทยุถึงปีนการยากที่จะทำการทดลองซ้ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงพยายามที่จะลดความเป็นไปได้ของการแย่งชิงสื่อคลื่นวิทยุและการส่งข้อมูลซ้ำ ในการวัดผลการประหยัดพลังงานส่วนมากเกิดขึ้นในชั้นเชื่อมโยง (Link-layer) ซึ่งมีเป้าหมายไปยังส่วนกลางนั่นคือแบบมีสถานีฐานเพื่อเป็นสื่อกลางระหว่างโฮสต์ การจัดการเวลาและการทำบัฟเฟอร์ (Buffer) เพื่อลดการแย่งชิงและช่วยลดข้อจำกัดสำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ที่สามารถใช้งานได้เป็นเวลานาน โดยใช้พลังงานที่น้อย การใช้สถานะการหลับพักถูกจำกัดการใช้ในสภาพแวดล้อมแบบเฉพาะกิจซึ่งไม่มีสถานีฐานหลักและโมบายโฮสต์ (Mobile Host) อาจจะมีข้อจำกัดด้านจำนวนของบัฟเฟอร์และการเชื่อมต่อที่ไม่แน่นอน การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโปรโตคอลชั้นเครือข่ายได้พิสูจน์แล้วว่าเป็นงานที่แปลกใหม่และบอบบาง การใช้พลังงานและการใช้แบนด์วิดท์ซึ่งมีความสำคัญที่แตกต่างกันของตัวชี้วัดในอดีตสะท้อนให้เห็นถึงค่าสูญเสียของการส่ง การรับและการเพิกเฉย (Discarding) ของการสื่อสารและเน้นความแตกต่างระหว่างการสื่อสารแบบกระจายและจุดต่อจุด จากการศึกษาแบบจำลองของการใช้พลังงานของโปรโตคอลเส้นทางแบบเฉพาะกิจทำงานบนมาตรฐาน IEEE 802.11 แสดงให้เห็นว่าพลังงานที่มุ่งเน้นประสิทธิภาพการประเมินผล ในงานวิจัยต่าง ๆ เน้นการศึกษาแบนด์วิดท์เป็นอันดับแรก ในชั้นแอปพลิเคชันกลยุทธ์การประหยัดพลังงานเน้นรูปแบบการใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การรับอีเมล การเข้าเว็บไซต์ สิ่งนี้จะช่วยให้อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายใช้งานได้นานและลดการใช้พลังงานลงซึ่งมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการใช้งานน้อยที่สุด วิธีการดังกล่าวไม่สามารถใช้ได้กับเครือข่ายเฉพาะกิจเพราะ โฮสต์ในเครือข่ายเฉพาะกิจและโครงสร้างพื้นฐานการกำหนดเส้นทาง การคาดการณ์กำหนดเวลาการประหยัดพลังงานสำหรับการเชื่อมต่อเครือข่ายในการเข้าสู่การใช้พลังงานต่ำหรือการเข้าสู่สถานะหลับพักเป็นสิ่งที่ยากหรือแทบจะไม่มีทางเป็นไปได้แม้โหนดจะหลับพัก(หรือเหมือนว่าหลับพักอยู่ก็ตาม) สิ่งสำคัญคือการรักษาการเชื่อมต่อเครือข่ายหรือการให้บริการอื่น ๆ นอกจากนี้สิ่งที่น่าสนใจในการเน้นหลักการใช้พลังงาน (Energy-based) สำหรับเครือข่ายการตรวจวัดการเชื่อมต่อแบบเฉพาะกิจซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลของเครื่องตรวจวัด (Sensor) เฉพาะจะร่วมมือกันส่งผ่านข้อมูลตัวอย่างไปยังโฮสต์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเพื่อการประมวลผลหรือเพื่อการอื่น ๆ โปรโตคอลกำหนดเส้นทางซึ่งพยายามค้นหาเส้นทางที่จะเพิ่มอายุของการเชื่อมต่อจากเครือข่ายโดยตระหนักถึงสมดุลของพลังงาน วิธีการในการเลือกระดับพลังงานที่จะเพิ่มอายุการใช้งานของการส่งก็มีการถูกนำเสนอเช่นกัน อย่างไรก็ตามการสิ้นเปลืองพลังงานยังคงเป็นเรื่องที่ไม่ชัดเจนและปัญหาอื่น ๆ ยังไม่ได้รับการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 โพรโทคอลหาเส้นทางโดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน (Power-aware Routing Protocol)

การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำได้โดยตรวจสอบการใช้งานของตัวชี้วัดพลังงาน โดยพิจารณาในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest Paths) ตัวชี้วัดเหล่านี้อธิบายถึงพลังงานที่จำเป็นสำหรับการส่งและรับแพ็กเก็ตบนการเชื่อมต่อ เพื่อลดการใช้พลังงานของการค้นหาเส้นทางแบบจุดต่อจุดข้อเสนอนี้จึงไม่ได้คำนึงถึงการใช้พลังงานที่เหลืออยู่ของ โหนดและทำให้พลังงานในแบตเตอรี่ของโหนดบนเส้นทางที่ใช้หมดไปอย่างรวดเร็วมีค่าสูญเสียน้อยที่สุด ข้อเสนออื่น ๆ ในการแก้ไขปัญหานี้คือการใช้แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นซึ่งผลสรุปที่ได้มาตรงกันข้ามปริมาณที่เหลือของประจุในแบตเตอรี่ของโหนดในเส้นทาง นอกจากนี้ Toh (อ้างอิงโดย Lent และ Zonoozi (2004)) ได้นำเสนออัลกอริทึม “Min-Max” ในการรักษาความเท่าเทียม (Fair) ของการใช้พลังงานโดยหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานของโหนดที่มีประจุแบตเตอรี่น้อยในเครือข่าย Li และคณะ (อ้างอิงโดย Lent และ Zonoozi (2004)) เสนออัลกอริทึม (แสดงโดย *max-min zPmin*) ว่าคำนวณเส้นทางที่มีการใช้พลังงานที่น้อยที่สุดในขณะที่การเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานที่คงเหลือของเครือข่ายซึ่งเรียกว่า “Power-aware Source Routing (PSR)” มีความคล้ายคลึงกับ DSR แต่ปลายทางคำนวณค่าสิ้นเปลืองการเชื่อมโยงบนพื้นฐานของประจุแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่และกำลังที่ใช้ในการส่งส่งสัญญาณของโหนด ข้อเสนอของงานนำเสนอนี้คือการที่ปลายทางต้องรอเวลาถึงหลังจากการขอเส้นทางครั้งแรกเพื่อที่จะได้รับมากกว่าหนึ่งเส้นทางที่เป็นไปได้และจึงเลือกหนึ่งเส้นทางที่มีค่าสูญเสียต่ำสุด ทางเลือกวิธีการอื่น ๆ ถูกใช้โดย “adaptive fidelity algorithm (AFA)” ซึ่งทำงานตามความต้องการของโปรโตคอลค้นหาเส้นทางของโหนดเฉพาะกิจ เช่น AODV และ DSR กลไก AFA ช่วยประหยัดพลังงานโดยการปิดเครื่องรับส่งโดยเมื่อใดก็ตามที่แอปพลิเคชันอนุญาตให้มีการลดคุณภาพของการเชื่อมต่อ และอัลกอริทึมจะแลกเปลี่ยนคุณภาพกับอายุการใช้งานแบตเตอรี่ แบบดิวซ์เครือข่ายหรือจำนวนของเซ็นเซอร์ที่คงสถานะพร้อมใช้ Kawadia และคณะ (อ้างอิงโดย Lent และ Zonoozi (2004)) ได้ทำงานทดลองอัลกอริทึมหลายแบบทั้ง COMPOW และ CLUSTERPOW โดยเป้าหมายของ COMPOW คือเพื่อลดกำลังส่ง (Transmission Power) ของโหนดตัวแทนผู้ให้ที่กำหนดให้อยู่ในระดับต่ำสุดเมื่อจำนวนของโหนดใกล้เคียงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง CLUSTERPOW ในทางตรงกันข้ามใช้กำลังส่งต่ำที่ระดับ p ดังกล่าวที่ปลายทางยังคงเข้าถึงได้ (ในแบบหลายการกระโดดข้ามโหนด) ใช้ระดับกำลังส่งไม่สูงเกินกว่า p ดังนั้นทั้ง COMPOW และ CLUSTERPOW ใช้วิธีการลดการใช้กำลังที่โหนด และเพิ่มอายุใช้งานแบตเตอรี่ แต่ไม่มีคุณภาพซึ่งเป็นเป้าหมายของการให้บริการและมีการดำเนินการใช้อัลกอริทึมเหล่านี้ วิธีการ CLUSTERPOW ใช้วิธีการยืดอายุการใช้งานแบตเตอรี่แลกเปลี่ยนกับความล่าช้าในการส่งข้อมูล

2.2.2.3 วิธีการส่งสัญญาณโดยใช้พลังงานต่ำ

วิธีการกำหนดช่วงเวลาการพัก (Sleep Scheduling)

จำนวนของโปรโตคอลการกำหนดช่วงเวลาการหลับพักที่แตกต่างกันนั้นขึ้นอยู่กับการจัดชุดของแต่ละแบบซึ่งมีข้อดีข้อด้อยที่แตกต่างกันของระบบหรือแอปพลิเคชันในเครือข่ายไร้สาย ขณะที่ทั้งมาตรฐาน 802.11 PSM และ S-MAC มีการกำหนดตารางเวลาให้ตรงกัน (Synchronous) และยังมีการกำหนดเป้าหมายไปยังสองสิ่งที่แตกต่างกันมากในโดเมนเครือข่ายไร้สาย ซึ่งเป้าหมายในมาตรฐาน 802.11 PSM คืออัตราการส่งข้อมูลสูงผ่านอุปกรณ์ไร้สายที่อยู่ในโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายไร้สาย (WLAN) ในขณะที่มาตรฐาน S-MAC มีเป้าหมายที่อัตราส่งข้อมูลที่ต่ำมากของเครื่องตรวจวัดไร้สายที่อยู่ในเครือข่ายเครื่องตรวจวัดไร้สาย (Wireless Sensor Network) ตามที่ระบุถึงแม้จะมีข้อกำหนดเอาไว้แต่ผู้ใช้ส่วนใหญ่นิยมอัตราส่งสุทธิ (Throughput) ที่สูงขึ้นเพื่อการประหยัดพลังงาน อีกวิธีการหนึ่งที่รู้จักกันคือ PAMAS (Power Aware Multi-Access Signaling) ได้พิสูจน์ว่ามีประสิทธิภาพมากในการลดการใช้พลังงานในเครือข่ายทั้งสองแบบ ในการใช้ PAMAS นั้น โหนดสามารถตรวจสอบว่าแพ็กเก็ตในช่องทางเป็นข้อมูลสำหรับโหนดอื่น ๆ หรือไม่และถ้าใช้โหนดดังกล่าวก็จะเป็นสถานะหลับพักและ PAMAS ยังสามารถนำมารวมกับบางส่วนของโปรโตคอลการกำหนดช่วงเวลาหลับพัก

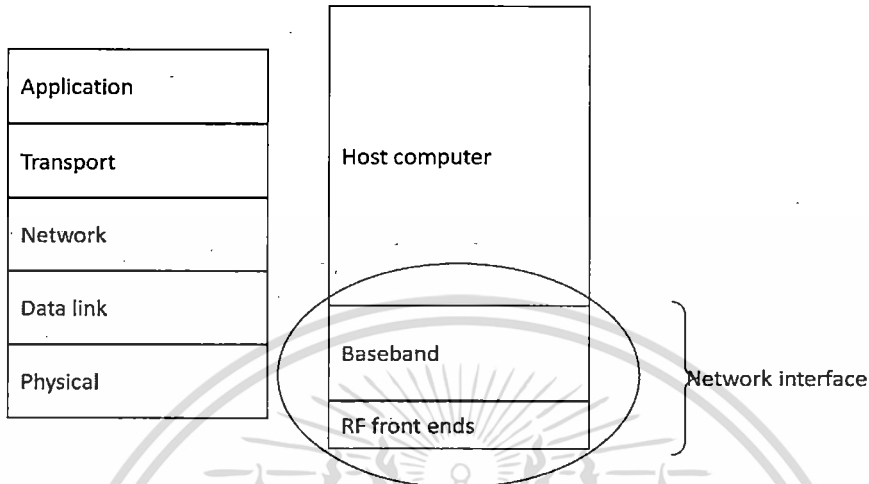
ในโปรโตคอลการกำหนดตารางเวลาพักหลับให้ตรงกันระหว่างผู้ส่งและผู้รับในเครือข่ายนิยมใช้วิธี “Low Power Listening (LPL)” และกลายมาเป็นมาตรฐานในการทำข้อกำหนดตารางเวลาในการหลับพักของเครื่องตรวจวัดเครือข่ายไร้สาย LPL มีการทำงานเช่นเดียวกันกับการกำหนดตารางการหลับพักที่ไม่มีการกำหนดช่วงเวลาให้ตรงกันแบบอื่นๆ ด้วยความแตกต่างที่สำคัญอย่างหนึ่งเมื่อ LPL เปิดคลื่นวิทยุในการตรวจสอบช่องสำหรับแพ็กเก็ตอย่างรวดเร็ว (และเชื่อถือได้) เพื่อจะกลับไปยังสถานะหลับพักให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เวลาาระหว่างแต่ละการตรวจสอบเหล่านี้เป็นที่รู้จักกันว่า “check interval” ดังนั้น LPL เพียงประสบความสำเร็จในการประหยัดพลังงานอย่างมีนัยสำคัญหากช่วงเวลาการตรวจสอบ “check interval” มีจำนวนมากจะได้รับอนุญาตให้ผ่านไปได้อ่อนแอแพ็กเก็ตอื่นที่ตรวจพบในช่องสัญญาณ จุดนี้ทำให้ LPL เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลอัตราที่ต่ำในสภาพแวดล้อมเครือข่ายเครื่องตรวจวัดไร้สาย

ในขณะที่โปรโตคอลที่อธิบายข้างต้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของโปรโตคอลกำหนดช่วงเวลาหลับพักซึ่งได้ถูกพัฒนาให้ทันสมัยแต่โปรโตคอลเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการอ้างอิงที่ดีในโดเมนที่แตกต่างกันซึ่งในนั้นยังมีความแตกต่างของชนิดของโปรโตคอลกำหนดช่วงเวลาหลับพักที่มีมากที่สุด

2.2.3 ศึกษาวิธีการลดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพจากวิธีการส่งสัญญาณโดยใช้พลังงานต่ำ
 “Low-energy signaling”

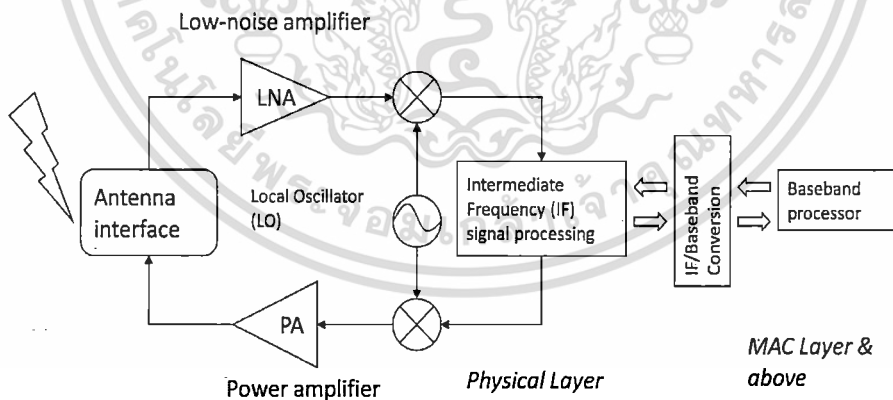
2.2.3.1 สถาปัตยกรรมของระบบไร้สาย

Network protocol stack Hardware implementation



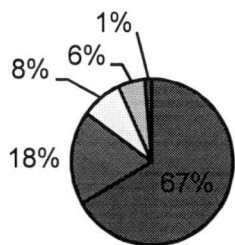
รูปที่ 2.14 ส่วนของสถาปัตยกรรมอุปกรณ์ไร้สาย

จากรูปที่ 2.14 อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายเทียบเคียงได้กับชั้นของ โอเอสไอโมเดล (OSI Model) ได้ในส่วน of ชั้น MAC-Sub layer ลงไปจนถึงชั้น Physical ส่วนอื่นๆ จะถูกจัดการโดยระบบปฏิบัติการและแอปพลิเคชันของโฮสต์



รูปที่ 2.15 โดอะแกรมการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย

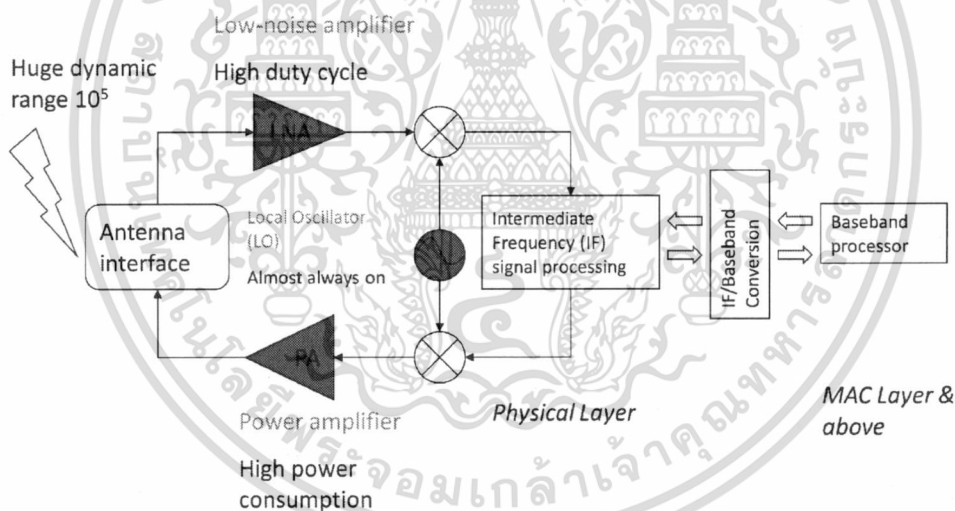
จากรูปที่ 2.15 แสดงโดอะแกรมวงจรภายในของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย Zhong (2011) กล่าวถึงการใช้พลังงานว่ามากกว่าร้อยละ 60 ที่ไม่แสดงให้เห็น โดยตรงว่าพลังงานถูกใช้ไปในคลื่นความถี่วิทยุ (RF) และเทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ถูกพัฒนาได้ชื่อว่าระบบแบบวงจรรวม (IC) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Components	Power (mW)
Power amplifier (PA)	246
Frequency synthesizer (VCO/FS)	67.5
Mixer	30.3
LNA	20
Baseband processing	5

รูปที่ 2.16 แผนภูมิการใช้พลังงานของอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย

จากรูปที่ 2.16 แสดงค่าของการใช้พลังงานในภาคส่ง (Power Amp) ของคลื่นวิทยุในอุปกรณ์ไร้สายข้อมูลจาก Li และคณะ (2004) แสดงให้เห็นถึงการใช้กำลังทั้งหมดของวงจรซึ่งจะเป็นส่วนของภาคขยายสัญญาณวิทยุถึงร้อยละ 67 โดยวัดจากกำลังการใช้ไฟในทุกส่วนของไดอะแกรมอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย (Wireless Interface)



รูปที่ 2.17 วงจรเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

จากรูปที่ 2.17 การเพิ่มประสิทธิภาพส่วนสำคัญหลัก ๆ ที่ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานมีดังนี้

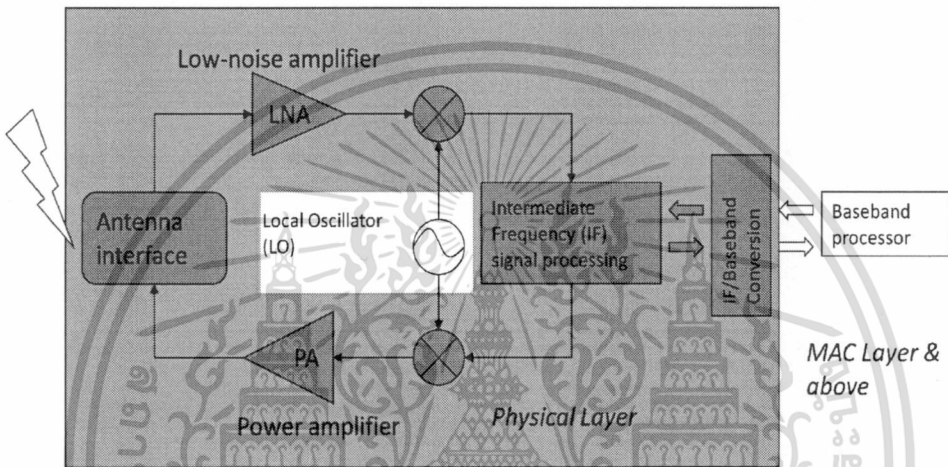
- ลดแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ (Supply)
 - แต่ส่งผลกระทบต่อด้านลบกับภาคขยายกำลังส่งแบบเชิงเส้น
- รวมอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน
 - รวมเป็นชิโมสในอุปกรณ์คลื่นวิทยุ (RF)

เอกสารนี้เป็นวงจรรวม SoC และ SiP ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โมเดลการประหยัดพลังงาน
 - ปิดใช้งานเมื่อสมบูรณ์ (Complete power off)
- วงจรควบคุมการหลับพักร่วมกับเครือข่ายแผ่ง (Circuit Wake-up Latency + Network Association Latency) บนคำสั่งในหลักวินาที
 - โหมดประหยัดพลังงานที่แตกต่างกัน เช่น ประหยัดพลังงานน้อยแต่แผ่งการควบคุมการหลับพักแบบสั้น ๆ

Radio Deep Sleep

Wake-up latency on the order of micro seconds

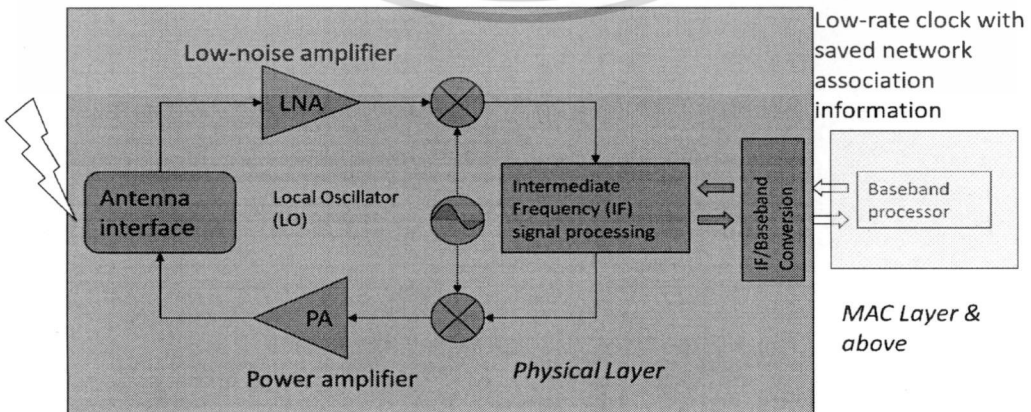


รูปที่ 2.18 โมเดลประหยัดพลังงาน

จากรูปที่ 2.18 แสดงวงจรควบคุมการหลับพักร่วมกับเครือข่ายแผ่ง (Circuit Wake-up Latency + Network Association Latency) บนคำสั่งในหลักไมโครวินาที โดยออกแบบภาคจ่ายไฟเป็นแบบ Local Oscillator (LO)

Sleep Mode

Wake-up latency on the order of milliseconds



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.19 โมเดลประหยัดพลังงาน (ต่อ) อดให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.19 แสดงวงจรควบคุมการใช้พลังงานโดยใช้การปรับสัญญาณนาฬิกาให้ต่ำ ร่วมกับการบันทึกความสัมพันธ์ของข้อมูลในเครือข่าย (Low-rate Clock With Saved Network Association Information)

2.2.4 ศึกษาทฤษฎีและปัจจัยที่นำมาควบคุมการเพิ่มลดกำลังส่งของเครือข่ายไร้สายที่มากเกินไป ความจำเป็น

2.2.4.1 ความแรงของสัญญาณที่ได้รับ (Received Signal Strength)

ก. การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ Received Signal Strength Indication (RSSI)

RSSI เป็นค่าที่ใช้บอกความแรงของสัญญาณวิทยุที่ได้รับในด้านของพลังงานมีหน่วยเป็น dBm (Decibels Milliwatts) โดยค่า RSSI จะแปรผันตรงกับความแรงของสัญญาณ นั่นคือถ้าค่า RSSI มีค่ามากหมายถึงสัญญาณที่ได้รับมีความแรงสูง แสดงให้เห็นว่าตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ใกล้กันและในทางกลับกันหากค่า RSSI มีค่าน้อยแสดงว่าสัญญาณที่ได้รับมีความแรงต่ำ ตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณอยู่ไกลกัน

ซัชชัย คุณบัว และ ภาคย์ สธนเสาวภาคย์ (2009) ได้ศึกษาระบบระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคาร โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นวิธีการวัดความเข้มสัญญาณวิทยุ ระหว่างเครื่องตรวจวัด ไร้สายตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง โดยมีความสัมพันธ์ตามสมการที่ 2.8 ดังนี้

$$RSSI = -(10n \log_{10} d + A) \quad (2.8)$$

เมื่อ n คือค่าคงที่ของการกระจายสัญญาณ, d คือระยะห่างจากตัวส่ง และ A คือความเข้มของสัญญาณที่ได้รับใน 1 เมตร ค่า RSSI นั้นมีหน่วยเป็นเดซิเบลเมตร (dBm) เมื่อ วิเคราะห์สูตรจะพบว่าสามารถใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณกับระยะทางได้ เมื่อ d มีค่ามากส่งผลให้ค่าความเข้มของสัญญาณมีค่าลดน้อยลง

ข. การคำนวณระดับกำลังที่รับได้ของสัญญาณคลื่นวิทยุในรูปแบบโมเดลพื้นที่ว่าง

วิธีที่ดีที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสถานที่ติดตั้งจุดกระจายสัญญาณคือการสำรวจหน้างานจริง ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน โดยติดตั้งตัวปล่อยสัญญาณ (Access Point) ชั่วคราวในสถานที่เบื้องต้นและการวัดความแรงและคุณภาพของสัญญาณจริง ข้อได้เปรียบของการสำรวจหน้างานจริงก็คือจะช่วยจำลองสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงของเครือข่ายที่จะติดตั้งและเพื่อให้การจัดวางสถานีฐานมีประสิทธิภาพมากที่สุด

รูปแบบโมเดลพื้นที่ว่างเป็นเพียงโมเดลในอุดมคติ แต่สัญญาณวิทยุที่แพร่ภายในอาคารนั้นมักมีความซับซ้อนรวมอยู่ด้วย Friis (1946) นำเสนอสมการในการคำนวณการแพร่คลื่นออกโดยตรงจากพื้นที่ว่างจากการส่งสัญญาณแสดงได้ดังสมการ 2.9

$$P_{rx} = P_{tx} G_{tx} G_{rx} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \text{ so } P_{rx} \propto P_{tx} \left(\frac{1}{d} \right)^2 \quad (2.9)$$

เมื่อ λ = คลื่นสัญญาณ (signal wavelength), d = ระยะทางจากตัวส่งคลื่นสัญญาณ, G_{tx} = อัตราขยายของสายอากาศตัวส่ง, G_{rx} = อัตราขยายของสายอากาศตัวรับ, P_{tx} = กำลังที่ใช้ในการส่ง และ P_{rx} = กำลังที่รับได้

กำหนดให้ AP ส่งที่ความถี่ f กำหนดให้ G_t, G_r, P_t, f และ c คือค่าคงที่ ดังนั้นพลังงานที่ได้รับจะแตกต่างกันไปตามค่ายกกำลังสองของระยะทางเมื่อสัญญาณเดินทางไปถึงผู้รับ แต่อย่างไรก็ตามสมการนี้ก็ถูกต้องเพียงสำหรับโมเดลที่ใช้ในพื้นที่ว่างเท่านั้น

2.2.4.2. ระบบเครือข่ายไร้สาย 802.11 MAC Counters

สำหรับอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 b/g/n จะมีตัวตรวจนับที่เรียกว่า “MAC Counters” ทำหน้าที่นับค่าสถานะต่างๆ ดังนี้

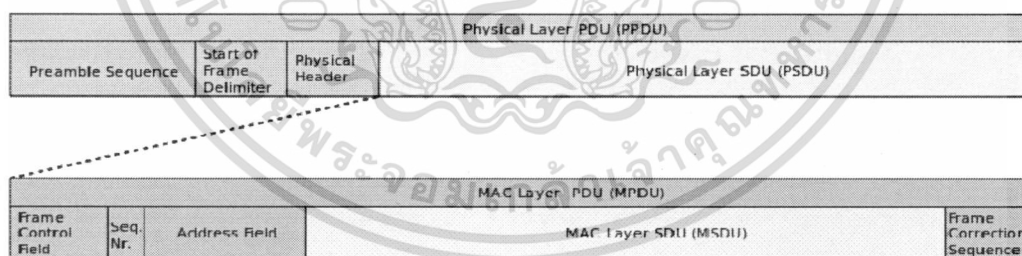
ตัวแปรตรวจนับ

1. Tx Fragment Count

ตัวแปรตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นให้สอดคล้องกับค่า MPDU (MAC Protocol Data Unit) ที่ตอบกลับมาจากแต่ละส่วนในขอบเขตชุดข้อมูลที่

2. Tx Failed Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ MSDU (MAC Service Data Unit) ถูกส่งสำเร็จหลังจากมีการส่งซ้ำตั้งแต่หนึ่งครั้งขึ้นไป



รูปที่ 2.20 แสดง MPDU และ PSDU

3. Multiple Retry Count (Graphics View Only)

ตัวตรวจนับนี้ควรจะเพิ่มขึ้นเมื่อ MSDU ถูกส่งสำเร็จโดยมีการส่งซ้ำที่มากกว่าหนึ่งครั้ง

4. RTS Success Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการตอบ CTS หลังจากที่ได้ร้องขอ RTS

5. ACK Failure Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ ACK (Acknowledge) ไม่ได้รับการตอบกลับดังที่คาดหวัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Multicast Rx Frame Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ MSDU ตอบกลับด้วยวิธีการส่งแบบชุดของ multicast bit ไปยัง MAC address ปลายทาง

7. Tx Frame Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นตามการส่ง MSDU สำเร็จในแต่ละครั้ง

8. Multicast Tx Frame Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อ Multicast bit เป็นชุดที่อยู่ใน MAC address ปลายทาง จากความสำเร็จในการส่ง MSDU เมื่อดำเนินการเป็น STA (Station) ในโหมด ESS (Extended Service Set) โดยที่เฟรมเหล่านี้ส่งตรงไปยัง AP (Access Point) ในที่นี้หมายถึงการได้รับ ACK ในทุก ๆ MPDUs ที่เกี่ยวข้อง

9. Retry Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อ MSDU ถูกส่งสำเร็จหลังจากที่ต้องมีการส่งซ้ำจนสำเร็จ

10. Frame Duplicate Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเฟรม (Frame) ที่ได้รับที่มีการจัดเรียงลำดับแล้วพบการซ้ำกันของเฟรม

11. RTS Failure Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อไม่ได้รับการตอบ CTS หลังจากที่ได้ร้องขอ RTS ไป

12. Rx Fragment Count

ตัวตรวจนับนี้ควรจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแต่ละ MPDU สำเร็จซึ่งเป็นชุดข้อมูลซึ่งต้องมีการจัดเรียง

13. FCS Error Count

ตัวตรวจนับนี้ควรจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการตรวจพบความผิดพลาดของ FCS (Frame Check Sequence) ใน MPDU ที่ได้รับ

14. WEP Undecryptable Count

ตัวตรวจนับนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อเฟรมที่ได้รับประกอบด้วย WEP (Wired Equivalent Privacy) ส่วนย่อยของเฟรมการควบคุมตั้งค่าเป็นหนึ่งใน WEP เป็นค่าคีย์สำหรับการส่งการเทียบสำหรับการส่งค่า MAC Address แสดงให้เห็นว่าเฟรมไม่ควรได้รับการเข้ารหัสหรือเฟรมนั้นเป็นเฟรมละทิ้งเนื่องจากสถานี (Station) ไม่ได้ดำเนินการในโหมดความเป็นส่วนตัว (Privacy)

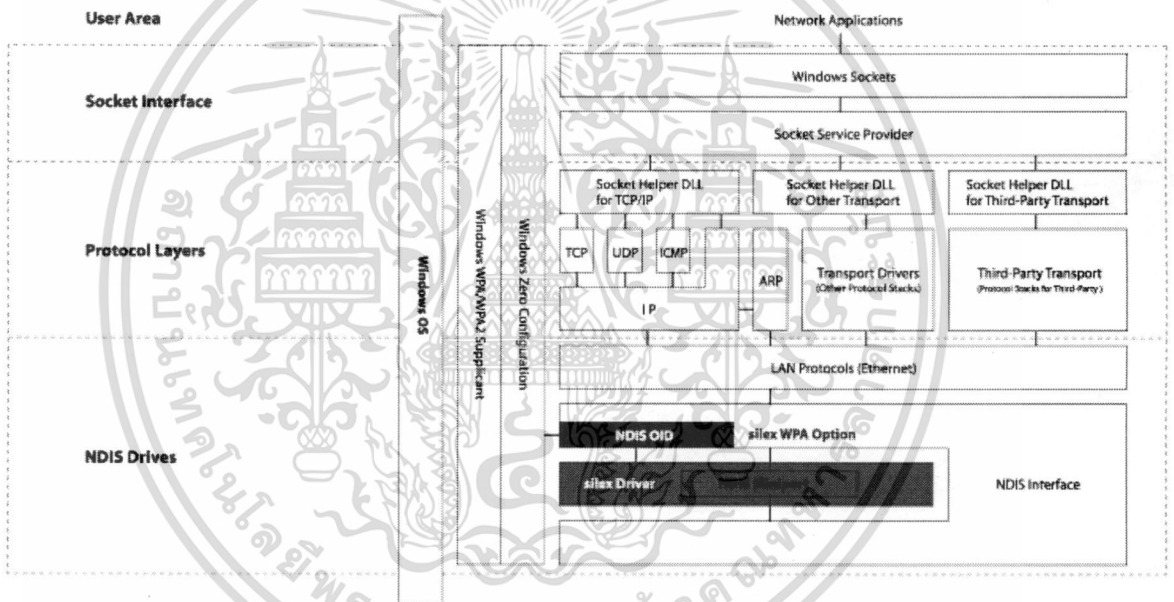
2.3. ฟังก์ชัน WRAPI และ สิ่งรอบข้าง

2.3.1. WRAPI คืออะไร

WRAPI 2.0 ประกอบด้วยชุดของฟังก์ชันในอุปกรณ์ระบบเครือข่ายไร้สายสร้างขึ้นบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พี (Windows XP) เป็นหลัก ชุดโปรแกรมไลบรารีของ WRAPI (wrapi.dll) ช่วยให้แอปพลิเคชันที่ทำงานบนโมบายหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปสามารถที่จะค้นหาหรือจัดการกับอุปกรณ์เครือข่าย 802.11 ซึ่ง WRAPI ทำงานได้ดีกับฮาร์ดแวร์แบบ IEEE 802.11b ในทุกผู้ผลิต

2.3.2 การทำงานของ WRAPI

ฟังก์ชันของ WRAPI รับข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายไร้สาย (wireless LAN) โดยใช้ NDIS User Mode I/O Protocol (NDISUIO)



รูปที่ 2.21 แสดงชั้นของโปรโตคอล NDISUIO

โปรโตคอล NDISUIO นั้นทำงานแบบไม่คงสถานะเชื่อมต่อ(Connection-less) และ NDIS 5.1 เป็นไดรเวอร์โปรโตคอลมาตรฐานช่วยให้โหมดของผู้ใช้แอปพลิเคชันสามารถสร้างและเข้าถึงระดับตัวปรับต่อเครือข่าย (Network Adapter) เช่น Ethernet WLAN นอกจากนี้ก็ยังสามารถปรับการตั้งค่าให้กับแพ็คเกจทั้งการส่งและการรับข้อมูลและจัดการเหตุการณ์แบบเชื่อมต่อแล้วใช้ (Plug-and-play) ดังนั้นในส่วนประกอบของ NDIS ที่ทราบคือ NDISUIO สามารถที่เชื่อมต่อกับไดรเวอร์มินิพอร์ต (Miniport Driver) ของ NDIS ได้ เช่น Network Driver Card เพื่อส่งการร้องขอหรือการตั้งค่าอุปกรณ์เครือข่าย NDISUIO จะจัดหาและติดต่อให้ระหว่างโหมดผู้ใช้แอปพลิเคชันและ NDIS โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมไอโอ(Device I/O Control) NDISUIO ใช้ไดรเวอร์(ndisuiio.sys) เอกสารซึ่งมีติดตั้งอยู่แล้วใน "C:\WINDOWS\system32\drivers" นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 การทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการของไลบรารี WRAPI

เพื่อให้ WRAPI ทำงานได้ต้องตรวจสอบบริการ (Service) ของ NDISUIO ให้ทำงานด้วย โดยสามารถพิมพ์คำสั่งต่อไปนี้โดยใช้พร้อมท์รับคำสั่ง (command prompt) “% net start ndisui0” หลังจากนั้นต้องทำการยกเลิกการใช้บริการ “Wireless Zero Configuration”

การยกเลิกใช้ Wireless Zero Configuration

“Wireless Zero Configuration” เป็นบริการของระบบวินโดวส์ซึ่งเริ่มการทำงานทุกครั้งที่มีการเริ่มระบบปฏิบัติการ เป็นตัวให้บริการจัดหาค่าคอนฟิกสำหรับมาตรฐาน 802.11 อะแดปเตอร์ไร้สาย (NICs) อัตโนมัติโดยการค้นหาแอคเซสพอยต์ที่ใช้งานได้และเชื่อมโยงกับสถานีที่มีสัญญาณแรงที่สุด บริการนี้เป็นบริการอัตโนมัติผูกติดกับ NDISUIO และไม่อนุญาตให้แอปพลิเคชันอื่นเช่น WRAPI เชื่อมต่อกับมันได้ถ้าบริการนี้ไม่ถูกปิด WRAPI จะฟ้องค่าออกมาเป็น “Could not open NDIS Device, error 170” เพื่อที่จะปิดใช้บริการ “Wireless Zero Configuration” ให้กำหนดค่าดังนี้ “Control Panel ---> Performance and Maintenance ---> Administrative Tools --> Services” และคลิกที่ “Wireless Zero Configuration” และเปลี่ยนค่าที่กล่องควบคุม “Startup Type” ให้เป็น “Manual” และทำการหยุดการทำงานบริการดังกล่าว

2.3.4 การเขียนโค้ดเพื่อให้ WRAPI ทำงาน

ถ้าต้องการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานเองภายใน WRAPI หรือใช้ฟังก์ชันที่มีอยู่ใน WRAPI หรือเพื่อเพิ่มเติมโปรแกรมใน WRAPI ต้องดาวน์โหลด “WindowsXP DDK” ซึ่งสามารถทำได้จากการสมัครสมาชิก MSDN เมื่อติดตั้ง DDK ต้องแน่ใจว่ามีซอร์สโค้ด (Source Code) สำหรับตัวอย่างการจัดการระบบเครือข่าย รวมถึงรหัสสำหรับไดรเวอร์ NDISUIO เพื่อเพิ่ม DDK ไปยังไคลเรทเทอร์ “include” ในตัวแปร “path”

2.3.5 เครื่องมือสร้าง WRAPI.dll จากต้นฉบับ

สร้างโปรเจกต์จาก Visual Studio 6.0 ด้วยไฟล์ต้นฉบับที่สร้าง WRAPI ขึ้นมาและตรวจสอบว่ามีคุณสมบัติครบดังนี้

- Microsoft WindowsXP DDK (Driver Development Kit)
- MSVCRT.dll (แบบมัลติเธรด(Multithreaded) Debug และ Release เวอร์ชันของมาตรฐาน C-runtime ไลบรารี)
- MFC42.dll (แบบมัลติเธรด(Multithreaded) Debug และ Release เวอร์ชันของ MFC runtime ไลบรารี)
- นำไฟล์ “nuiouuser.h” จาก NDISUIO ไคลเรทเทอร์ต้นทางในพาธ “include” ของโปรเจกต์ (Project)
- นำไฟล์ “WRAPI_EXPORTS” ไปไว้ในพรีโพรเซสเซอร์ (Preprocessor) ของโปรเจกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 ฟังก์ชันที่มีอยู่แล้วใน WRAPI

WRAPI มีส่วนติดต่อการใช้งานที่ต้องการข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่ายไร้สายพารามิเตอร์ที่สนับสนุนที่ระบุไว้ในตาราง 2.3 รายการต่างๆในแถว "Query" และ "Set" แสดงว่าพารามิเตอร์คือ "read-only" "write-only" หรือ "read-write"

ตารางที่ 2.3 แสดงพารามิเตอร์ที่ WRAPI มีฟังก์ชันให้จัดการเรียกดูข้อมูลหรือเปลี่ยนแปลงค่า

Parameter	Query	Set
Service Set Identifier (SSID)	Yes	Yes
Basic Service Set Identifier (BSSID)	Yes	Yes
Network Types Supported	Yes	No
Network Type in Use	Yes	Yes
Transmit Power Level	Yes	Yes
Received Signal Strength	Yes	No
Received Signal Strength Trigger	Yes	Yes
Infrastructure Mode	Yes	Yes
Fragmentation Threshold	Yes	Yes
RTS Threshold	Yes	Yes
Number of Antennas	Yes	No
Receive Antenna Selected	Yes	Yes
Transmit Antenna Selected	Yes	Yes
Supported Rates	Yes	Yes
Desired Rates	Yes	No
Configuration	Yes	Yes
Statistics	Yes	No
Add WEP	No	Yes
Remove WEP	No	Yes
Disassociate	No	Yes
Power Mode	Yes	Yes
BSSID List	Yes	No
BSSID List Scan	No	Yes
Authentication Mode	Yes	Yes
Privacy Filter	Yes	Yes

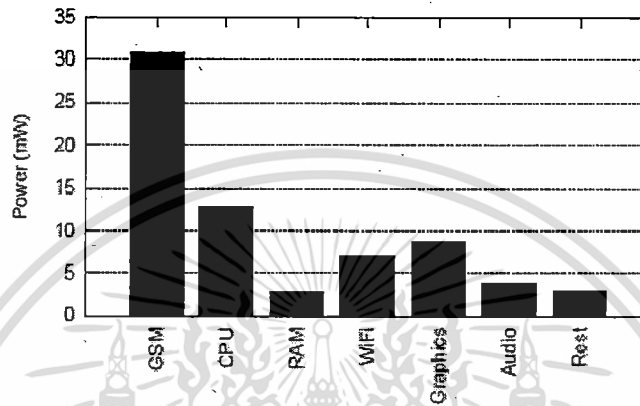
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานจากส่วนของอุปกรณ์ Wireless LAN

2.4.1 เปรียบเทียบการใช้พลังงานสำหรับส่วนต่างๆของ Mobile Device

จากงานตีพิมพ์ของ Aaron และ Gernot (NICTA: Australia's Information Communications Technology) ได้แสดงถึงการใช้พลังงานในส่วนต่างๆของ Smartphone ในรูปแบบการประหยัดพลังงานในสองแบบไว้ดังนี้

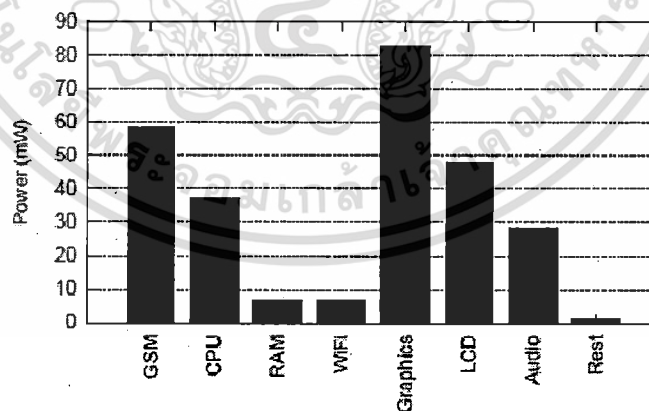
- การใช้พลังงานในสถานะถูกระงับ (Suspended device)



รูปที่ 2.22 การวิเคราะห์พลังงานในสถานะที่ถูกระงับการบริโภคพลังงานที่ 68.8 มิลลิวัตต์

จากรูปที่ 2.22 แสดงการใช้พลังงานของ Smartphone ในสถานะแบบระงับ CPU =18%, GRAPHIC =13%, GSM = 45% และ WiFi =10% ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานของ Wireless LAN ที่สูงพอสมควร

- การใช้พลังงานในสถานะอุปกรณ์ไม่ได้ใช้งาน (Idle device)



รูปที่ 2.23 การใช้พลังงานเฉลี่ยในขณะที่อยู่ในสถานะที่ไม่ได้ใช้งานปิดไฟ backlight พลังงานรวม เป็น 268.8 มิลลิวัตต์

จากรูปที่ 2.23 แสดงการใช้พลังงานของ Smartphone ในสถานะอุปกรณ์ไม่ได้ใช้งาน มีการใช้พลังงาน CPU = 13.8%, GRAPHIC = 31%, LCD = 17.9%, GSM = 21.6% และ WiFi = 2.6% แสดงให้เห็นถึงแม้ว่าจะหยุดการใช้งานอุปกรณ์แล้วยังมีการใช้พลังงานกับ Wireless LAN ถึง 2.6%

2.4.2 ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานที่ระดับชั้น Physical Layer

จากการศึกษาของ Marco และคณะได้แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการพยายามประหยัดการใช้พลังงานของ Wireless LAN รูปที่เป็น Physical Layer และเน้นในส่วนของการกำลังส่ง “transmission power” ซึ่งส่งผลต่อการประหยัดพลังงานได้มากตามปริมาณข้อมูลและไม่ขึ้นกับชนิดของข้อมูล เป็นข้อได้เปรียบการประหยัดการใช้พลังงานของรูปแบบการประหยัดพลังงานใน Layer ที่ลำดับสูงขึ้นไปเนื่องจากการใช้บริการในชั้นนี้ได้ให้บริการในทุก Layer ด้านบนแล้วแม้ใน Layer บนจะมีการใช้กลไกการประหยัดพลังงานแล้วแต่ก็สามารถใช้ควบคู่ไปพร้อมกับ Layer ต่างได้ด้วยเช่นกัน

2.5 ทฤษฎีค่า Capacity ของ Shannon

เป็นทฤษฎีการหาค่าของ Capacity ที่เป็นไปได้มากที่สุดของ Link (bps) ที่ความถี่นั้น ๆ โดยต้องทราบค่า SNR (Signal To Noise Ratio) และค่า Bandwidth ที่ได้ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นดังสูตรที่ 2.10

$$C = B * \log_2(1 + S/N) \quad (2.10)$$

เมื่อ C คือ Capacity ที่เป็นไปได้สูงสุด B คือ Bandwidth ของ Link ส่วน S คือค่าระดับกำลังเฉลี่ยที่รับได้ของฝั่งรับสัญญาณ และ N คือค่ากำลังของสัญญาณรบกวนเฉลี่ยที่วัดได้จากฝั่งรับ ซึ่ง signal-to-noise ratio (S/N) จะมีหน่วยเป็น decibels (dB) ตามอัตราส่วนในสูตรที่ 2.11

$$10 * \log_{10}(S/N) \quad (2.11)$$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า SNR ในหน่วย dB ในอัตราส่วน 1000

$$10 * \log_{10}(1000) = 30 \text{ dB.}$$

ซึ่งจากทฤษฎีสามารถนำมาใช้คำนวณหาค่า SNR ที่ระบบยอมรับได้ดังนี้

$$SNR_{th} \geq 2^{C/B} - 1 \quad (2.12)$$

โดยที่ SNR_{th} คือค่า SNR ที่มุ่งหวังต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้

การคำนวณหาค่าของกำลังส่งที่เหมาะสมใหม่เป็นดังสมการดังสูตรที่ 2.13

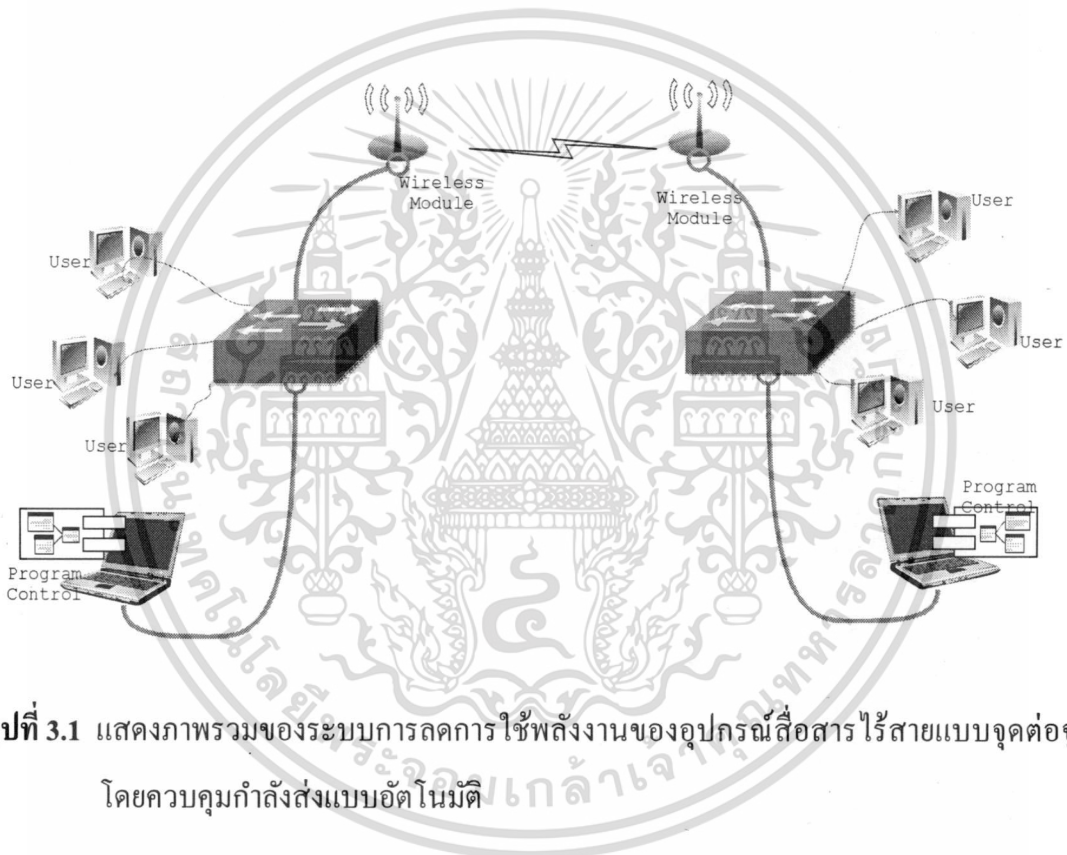
$$P_{tx}(\text{new}) = \frac{SNR_{th}}{SNR} \times P_{tx}(\text{old}) \quad (2.13)$$

เมื่อ P_{tx}(new) คือค่ากำลังส่งภาคส่งใหม่ที่ต้องปรับค่า SNR คือค่าที่ตรวจวัดได้จากภาครับปลายทาง P_{tx}(old) คือค่ากำลังส่งเดิมที่ก่อให้เกิด fading และ SNR

บทที่ 3

โครงสร้างการทำงาน

3.1 โมเดลภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุดโดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ (Wireless LAN mode point to point with auto power control model)



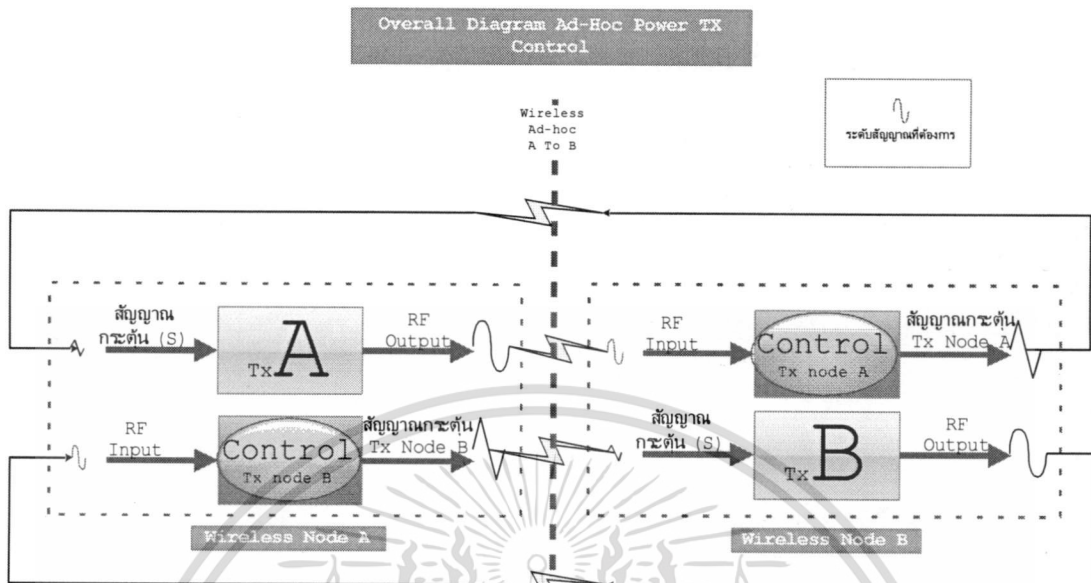
รูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะอาศัยการสร้างสัญญาณควบคุมจากฝั่งหนึ่งและส่งสัญญาณนี้ไปควบคุมกำลังส่งของอีกฝั่งหนึ่งแบบอัตโนมัติ ในภาพรวมนั้นได้รวมส่วนของการตรวจวัดการใช้พลังงานของชุดการสื่อสารไร้สายและชุดการวัดความแรงสัญญาณที่ส่งออกจากอุปกรณ์สื่อสารไร้สายด้วยว่ามีการปรับเพิ่มหรือลดกำลังส่งคลื่นวิทยุและส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โดอะแกรมโมเดลควบคุมอัตราขยาย

3.2.1 โมเดลควบคุมอัตราขยาย

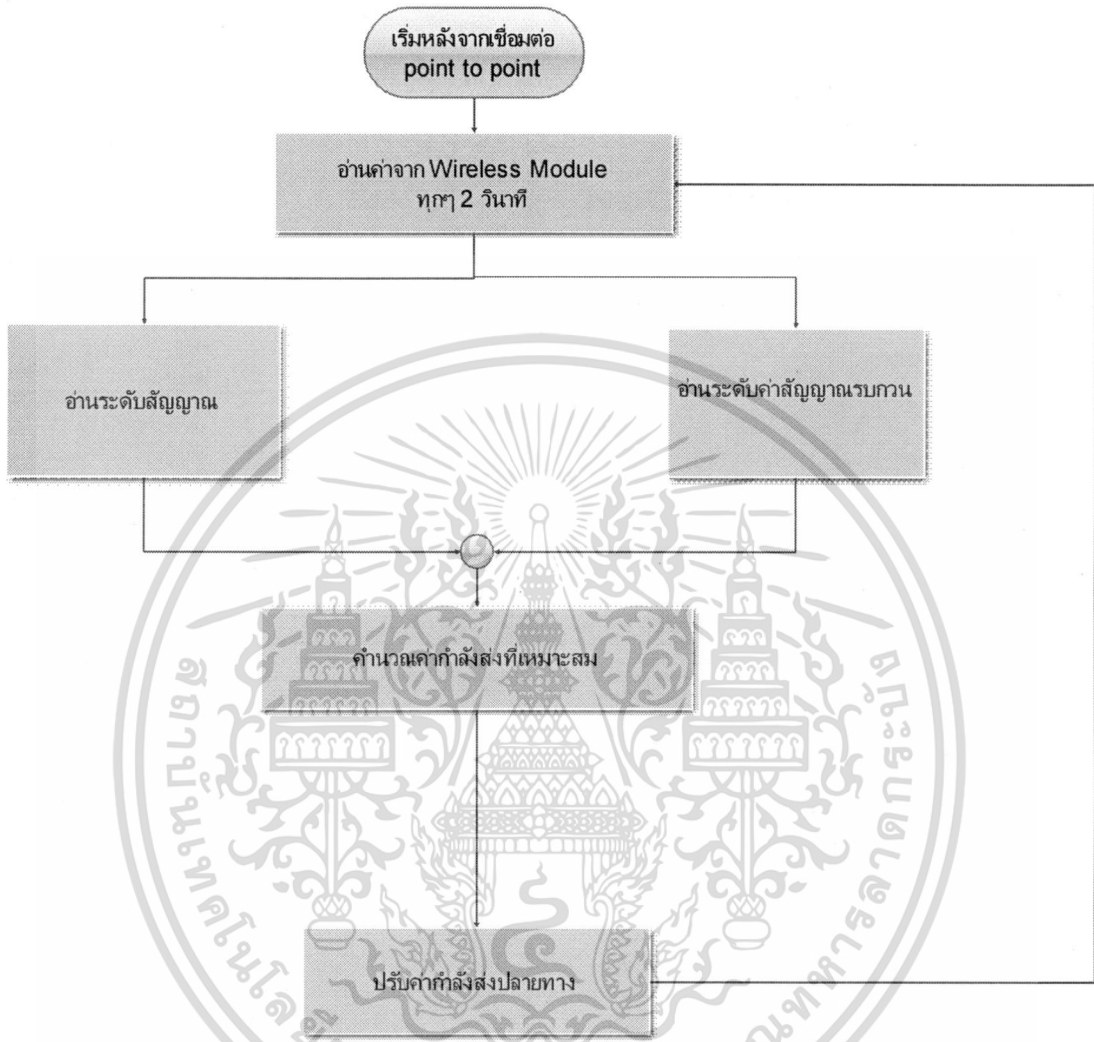


รูปที่ 3.2 โมเดลภาพรวมของระบบการลดการใช้พลังงานของอุปกรณ์สื่อสารไร้สายแบบจุดต่อจุด โดยควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.2 แสดงภาพรวมของระบบการปรับจูนกำลังส่งของเครือข่ายไร้สายทำงานในโหมดเฉพาะกิจ โดยแสดงการทำงานของทั้งสองฝั่ง Wireless node A และ Wireless node B จะมีชุดโปรแกรมควบคุมอัตราขยายของสัญญาณ (Control Tx Node A,B อธิบายการทำงานไว้โดยละเอียดดังรูป 3.3) โดยอาศัยตัวแปรช่วยในการคำนวณการปรับจูนจากการวัดระดับความแรงของสัญญาณที่รับได้จากฝั่งตรงข้าม ร่วมกับตัวแปรคุณภาพของแพ็กเก็ตที่ได้รับทั้งนี้การปรับจูนนั้นจะเป็นแบบสลับผลของการปรับจูนให้แกกันคือฝั่งรับสัญญาณจะเป็นผู้ส่งสัญญาณควบคุมให้ฝั่งผู้ส่งสัญญาณ (Tx A, Tx B) เป็นผู้ปรับเพิ่มระดับสัญญาณจนได้ระดับที่อ้างอิง หรือมองในอีกมุมคือผู้รับเป็นผู้ปรับกำลังส่งของผู้ส่ง และในส่วนของการตรวจวัดการใช้พลังงานที่ใช้ในอุปกรณ์สื่อสารและการตรวจวัดระดับความเข้มของสัญญาณด้วยว่าเมื่อมีการเคลื่อนที่ออกห่างหรือเข้าใกล้กันระหว่างสองสถานีแล้วมีการเพิ่มหรือลดของกำลังส่งให้เป็นตามค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โพลซาร์ตการทำงานของโมเดลคอนโทรลเพื่อคำนวณสัญญาณควบคุมเพื่อปรับกำลังที่เหมาะสม



รูปที่ 3.3 โพลซาร์ตของชุดควบคุมอัตราขยายระดับสัญญาณ

จากรูปที่ 3.3 แสดงโพลซาร์ตของชุดโปรแกรมควบคุมกำลังส่งแบบอัตโนมัติโดยจะเริ่มต้นทำงานหลังจาก Wireless LAN มีการเชื่อมต่อกันแบบโหมคเฉพาะกิจแล้ว ชุดโปรแกรมจะทำงานฝั่งตัวอยู่ในทั้ง Node A และ Node B ที่มีการเชื่อมต่อกัน(สามารถทำให้ฝั่งตัวอยู่ที่ฝั่งใดฝั่งหนึ่งได้ แต่ต้องรับความเสี่ยงที่ Link ปลายทางหลุดการเชื่อมต่อและควบคุมไม่ได้) ซึ่งชุดควบคุมจะเริ่มจากภาครับสัญญาณสู่อ่านค่าจาก Interface Wireless LAN โดยทำการตรวจวัดค่าระดับสัญญาณดังนี้

1. ระดับสัญญาณที่ได้รับ
2. สัญญาณรบกวนที่ได้รับ และทำการคำนวณหาค่ากำลังส่งที่เหมาะสม

ดังสูตรด้านล่าง

$$P_{tx}^{(new)} = \frac{SNR_{th}}{SNR} \times P_{tx}^{(old)} \quad (3.1)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และส่งค่ากำลังส่งที่เหมาะสมนั้นไปทำการปรับจูนกำลังส่งฝั่งส่งให้ได้ค่าที่ต้องการเป็นวิธีการที่ทำให้การปรับค่ากำลังส่งเข้าสู่จุดที่เหมาะสมได้รวดเร็วและเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรใดๆ เช่นค่า SNR ที่เปลี่ยนไปจะทำให้เกิดการปรับค่ากำลังส่งใหม่ที่เหมาะสมทันที

3.3 ฟังก์ชันที่สำคัญของโปรแกรม Control

3.3.1 Telnet function

```
Private Sub btnConnect_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles btnConnect.Click
    Try
        clientSocket.Connect(txtIP.Text, 23)
        serverStream = clientSocket.GetStream()
        Dim telnetThread As Thread = New Thread(AddressOf RunClient)
        telnetThread.Start()
    Catch ex As Exception
        MessageBox.Show("Client application closing")
    End Try
End Sub

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles Button1.Click
    If clientSocket.Connected Then
        Dim outputStream2 As Byte()
        outputStream2 = Encoding.ASCII.GetBytes("admin" & vbCr)
        serverStream.Write(outputStream2, 0, outputStream2.Length)

        Dim outputStream3 As Byte()
        outputStream3 = Encoding.ASCII.GetBytes("w,j[vd" & vbCr)
        serverStream.Write(outputStream3, 0, outputStream3.Length)

    End If
End Sub
```

3.3.2 Stream text function

```
Private Sub RunClient()
    Try
        Do While (clientSocket.Connected)
            serverStream = clientSocket.GetStream()
            ' Dim inStream(10240) As Byte
            Dim inStream(65535) As Byte
            ' Dim inStream(10240) As Byte
            serverStream.Read(inStream, 0, clientSocket.ReceiveBufferSize)
            GetDispData(inStream)
            readData = DispData
            DispData = ""
            ShowText()
        End Do
    End Try
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Loop
  MsgBox(readData.ToString)
Catch ex As Exception
  MsgBox(ex.Message.ToString)
End Try
End Sub

```

3.3.3 Search text function

```
For nRow2 = 0 To Arr2.Length - 1
```

```

' สำหรับ ค้น bug power off
If Arr2(nRow2).IndexOf("Tx-Power=off") >= 0 Then
  MessageBox.Show("TX power is off Client application closing")
  clientSocket.Close()
End If

' สำหรับ search iwconfig ath0
If Arr2(nRow2).IndexOf(tSearch3) >= 0 Then
  Dim MidText As String = Arr2(nRow2)
  Dim Localtion As Integer = Arr2(nRow2).IndexOf("=")
  Dim Localtionas As Integer = Arr2(nRow2).IndexOf("dBm")
  Dim L As Integer = Localtionas - Localtion
  Dim location2 As Integer = InStrRev(MidText, "=") ' 9
  Dim Midtext2 As String = Mid(MidText, location2 + 1, L - 1)
  TextBox4.Text = Midtext2
End If
Next

```

3.3.4 Receive set power function

```

Public Function Recived_CMD2(ByVal first As Integer) As Long
  If clientSocket.Connected Then
    Dim outputStream10 As Byte()
    outputStream10 = Encoding.ASCII.GetBytes("/usr/sbin/iwconfig ath0
txpower " & first & vbCr)
    serverStream.Write(outputStream10, 0, outputStream10.Length)
  End If
End Function

```

โดยฟังก์ชันที่กล่าวข้างต้นนั้นเป็นการเรียกใช้ชุดคำสั่งของระบบฝังตัวที่เป็น Linux ของอุปกรณ์ Wireless ซึ่งในอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง Ubiquiti PowerBridgeM5, Ubiquiti NanoStationM5 นั้นเป็น ระบบ Linux เช่นเดียวกันซึ่งเมื่อนำโปรแกรมควบคุมไปทดสอบอุปกรณ์จริงแล้วระบบสามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ได้

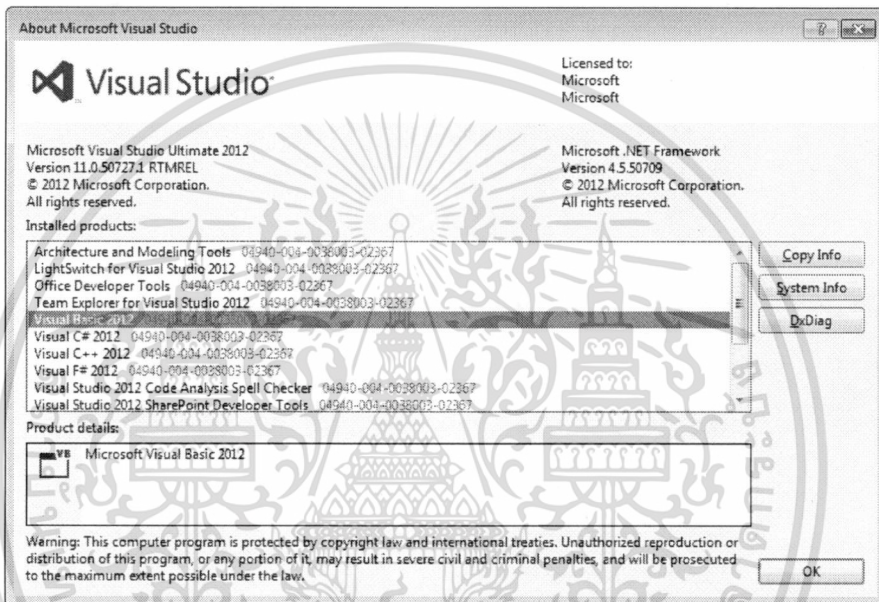
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การพัฒนาระบบงานและการทดลอง

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

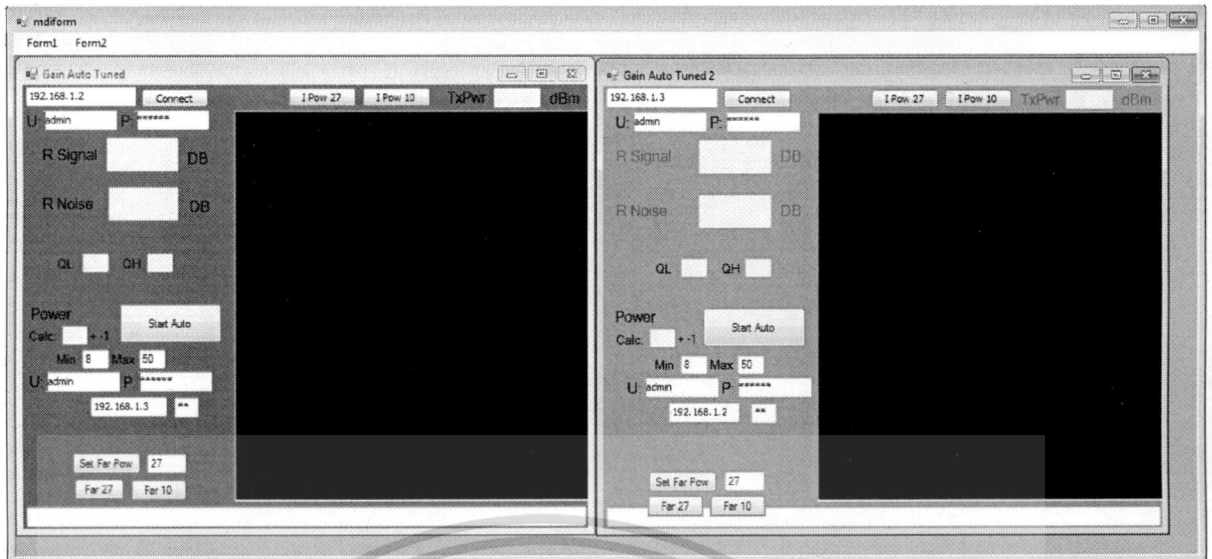
เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบคือ VB.NET 2012 ซึ่งทำให้สามารถพัฒนาโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว มี API ให้เลือกใช้ได้หลากหลาย



รูปที่ 4.1 เครื่องมือพัฒนาระบบ VB.NET 2012

4.2 หน้าจอระบบ

โปรแกรมสำเร็จรูปเริ่มต้นดังรูปที่ 4.2 สำหรับทดสอบปรับกำลังส่งซึ่งทดสอบการใช้งานกับ Ubiquiti PowerBridge M5 และ NanoStation M5 ซึ่งได้ติดตั้งใช้งานที่บริษัท ชัมมิท โอโตชิท สาขาแหลมฉบัง กับ สาขาย่อยในบริเวณคือ โรงงานต้นรัก(JMAX) เป็น Link ขนาด 150M/150M ซึ่งเดิมปรับกำลังส่งไว้ที่ค่าสูงสุดระยะทาง 900 เมตร และอีก Link ติดตั้งใช้งานที่บริษัทชัมมิท โอโตชิท สาขาแหลมฉบัง กับ สาขาโรงงาน Asahi ซึ่งเป็น Link ขนาดเดียวกัน มีการทำ redundancy แต่สาขาจะใช้อุปกรณ์ 2 คู่ทำงานร่วมกันและอีก 3 คู่ซึ่งเป็น NanoStation M5 นั้นติดตั้งใช้งานที่โรงงานออโตอินทีเรียโปรดักส์ จ. ระยอง สำหรับใช้ภายในสาขาเชื่อมโยงระหว่างโรงงานภายในดังรูปที่ 4.3 และ ในรูปที่ 4.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ได้กับอุปกรณ์ Wireless ทุกตัวที่กล่าวมาโดยปรับแก้หมายเลข IP Address พร้อมทั้ง Username และ Password ให้ตรงตามค่าที่ตั้งจริงระบบก็สามารถควบคุมกำลังส่งได้ทันที เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 หน้าจอ โปรแกรมควบคุมกำลัง

รูปที่ 4.2 เป็นโปรแกรมที่ใช้ได้กับ Wireless ทุกตัวที่กล่าวมาโดยปรับแก้หมายเลข IP Address พร้อมทั้ง Username และ Password ให้ตรงตามค่าที่ตั้งจริงระบบก็สามารถควบคุมกำลังส่งได้ทันที จากหน้าโปรแกรมเริ่มต้นนั้นออกแบบมาให้ทำงานทั้งแบบควบคุมสองระบบคือใช้ Computer เพียงเครื่องเดียวเชื่อมต่ออุปกรณ์ Wireless ทั้งสองอุปกรณ์ (กรณีที่ตั้งสองอุปกรณ์เชื่อมต่อกันได้อยู่แล้ว) และแบบแยกเครื่องควบคุมแต่ละจุดต่ออุปกรณ์ Wireless หนึ่งเครื่อง โดยใช้โปรแกรมเดียวกัน



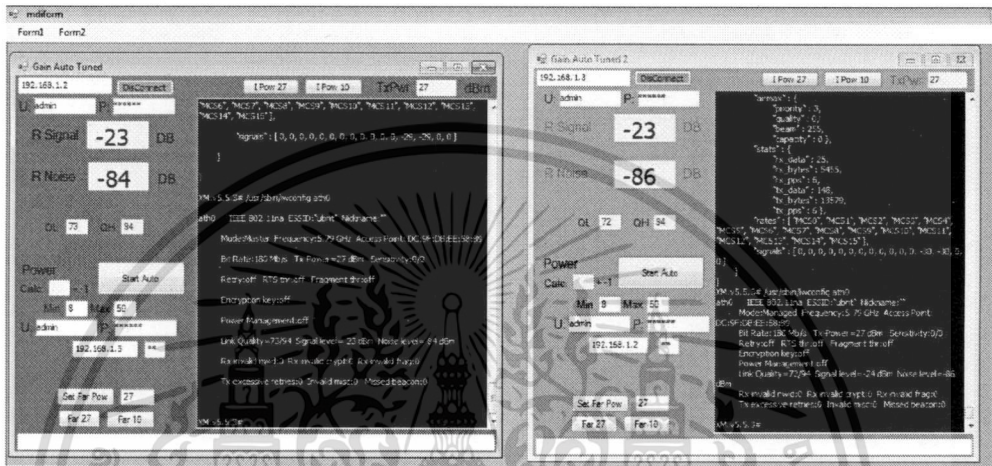
รูปที่ 4.3 อุปกรณ์ Wireless ที่มีใช้ในบริษัทชมมิต โอโตชิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบระบบ

4.3.1 หน้าจอโปรแกรม login เข้าสู่ระบบควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติ

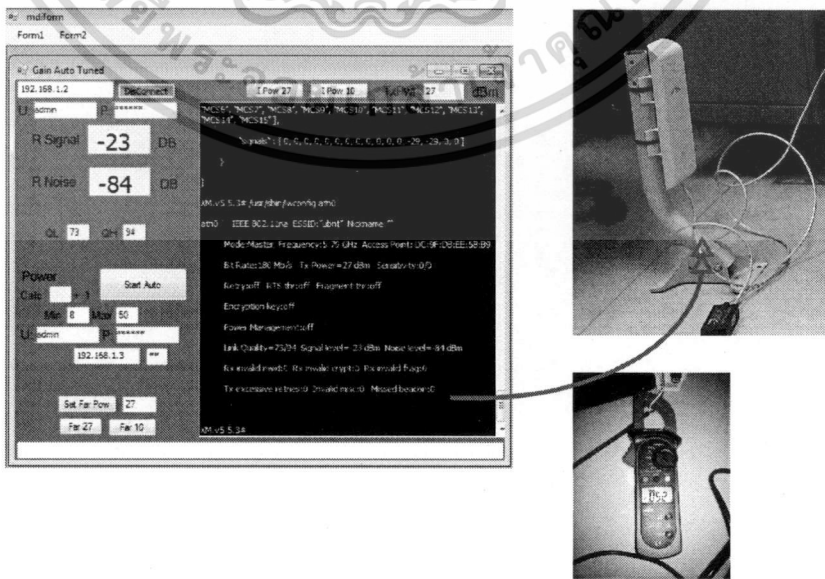
โปรแกรมจะทำการ Login เข้าสู่อุปกรณ์ Wireless โดยต้องมีการใส่ค่า IP Address พร้อมทั้ง Username และ Password ให้ถูกต้องทั้งส่วนของต้นทาง (ส่วนบน) และปลายทาง (ส่วนล่าง) จากนั้นคลิกปุ่ม Connect ระบบก็จะทำการ login เข้าสู่อุปกรณ์ Wireless และนำค่าสัญญาณที่จำเป็นเช่น ระดับสัญญาณที่รับได้มาแสดงที่หน้าจอโปรแกรม



รูปที่ 4.4 หน้าจอโปรแกรมควบคุมกำลังเมื่อทำการ Login เข้าสู่ระบบสำเร็จ

4.3.1 การทดลองใช้งานโปรแกรมปรับกำลังส่งอัตโนมัติ

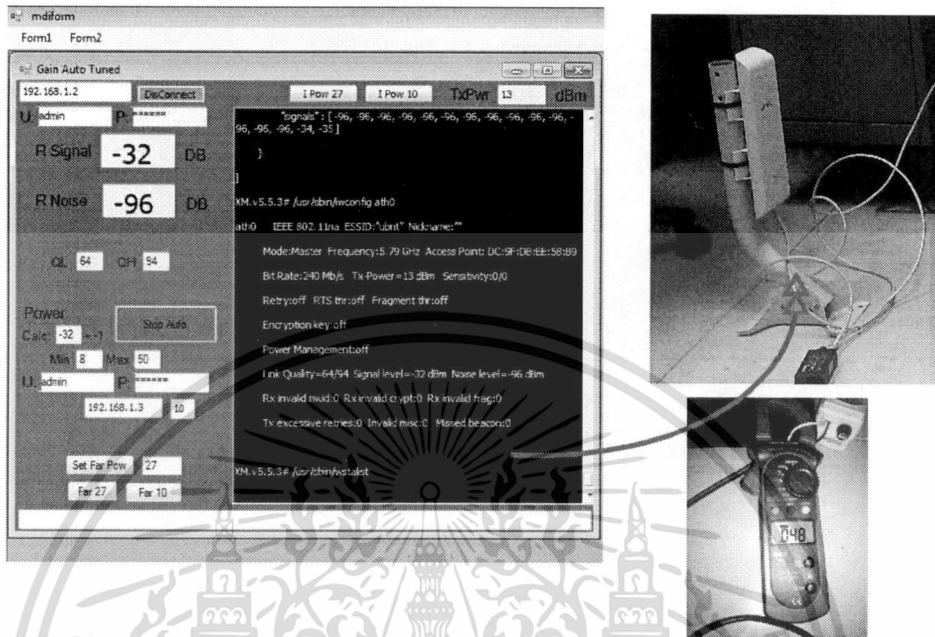
โปรแกรมทำงานโดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Wireless ผ่านทาง telnet โดยทำงานแบบ 1 อุปกรณ์ ใช้คอมพิวเตอร์ 1 ชุดควบคุม (สามารถใช้คอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่องควบคุมหลายชุดได้)



รูปที่ 4.5 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์สำเร็จยังไม่มีการควบคุมกำลังส่ง A

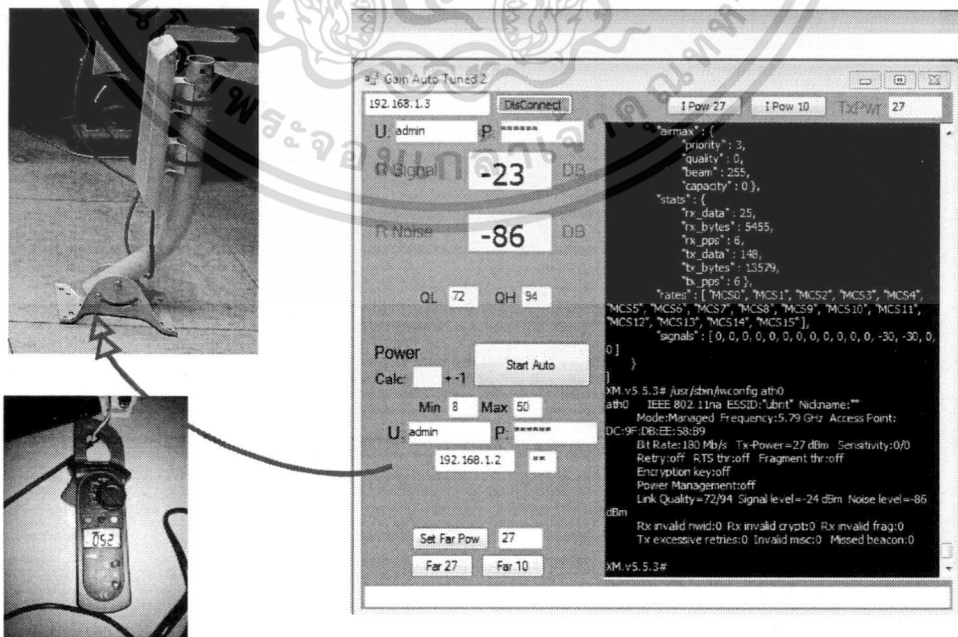
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือต้องการนำเอกสารนี้ไปใช้ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.5 การทำงานของโปรแกรมควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติเมื่อทำการ Login เข้าสู่อุปกรณ์ Wireless (ฝั่ง A) และยังไม่มีการปรับจูนกำลังส่งแบบอัตโนมัติ ซึ่งกำลังส่งของปลายทางคือ 27 dBm และใช้พลังงาน 52 mA



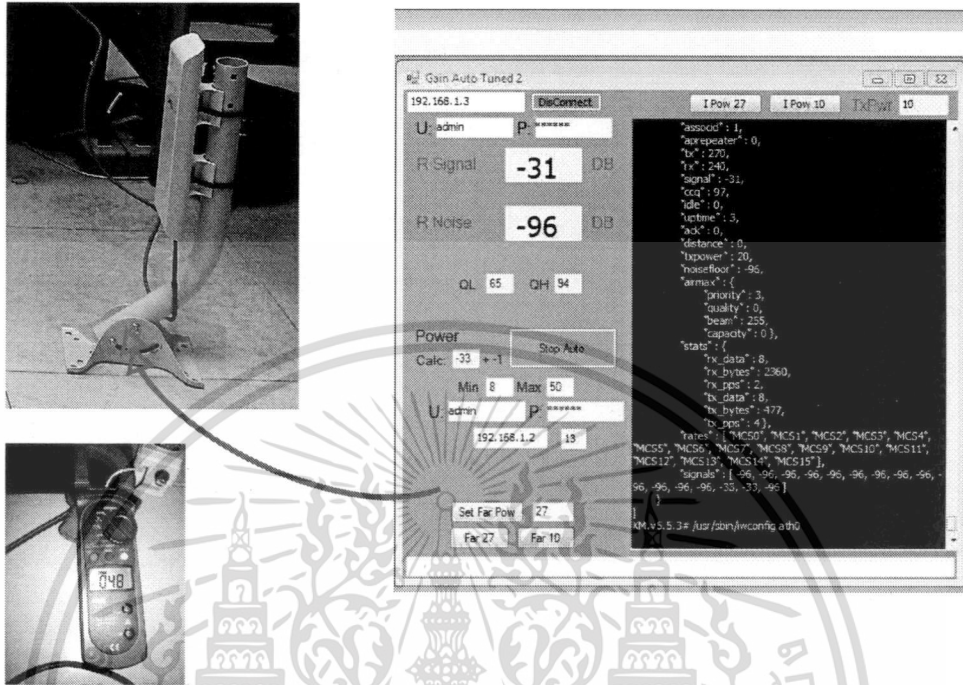
รูปที่ 4.6 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์และทำการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติฝั่ง A

จากรูปที่ 4.6 การทำงานของโปรแกรมควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติเมื่อทำการปรับจูนกำลังส่งแบบอัตโนมัติ (โปรแกรมฝั่ง A คุมกำลังส่งฝั่ง B) ซึ่งกำลังส่งของปลายทางนั้นถูกปรับให้เป็น 10 dBm และใช้พลังงานลดลงเป็น 48 mA



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 4.7 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์สำเร็จยังไม่มีการควบคุมกำลังส่งฝั่ง B บ้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.7 การทำงานของโปรแกรมควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติเมื่อทำการ Login เข้าสู่อุปกรณ์ Wireless (ฝั่ง B) และยังไม่มีการปรับจูนกำลังส่งแบบอัตโนมัติ ซึ่งกำลังส่งของปลายทางคือ 27 dBm และใช้พลังงาน 52 mA



รูปที่ 4.8 หน้าจอโปรแกรมเมื่อต่อกับอุปกรณ์และทำการควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติฝั่ง B

จากรูปที่ 4.8 การทำงานของโปรแกรมควบคุมกำลังส่งอัตโนมัติเมื่อทำการปรับจูนกำลังส่งแบบอัตโนมัติ (โปรแกรมฝั่ง B คุมกำลังส่งฝั่ง A) ซึ่งกำลังส่งของปลายทางนั้นถูกปรับให้เป็น 13 dBm และใช้พลังงานลดลงที่ระดับ 48 mA

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองข้างต้นทำให้เห็นได้ว่าระบบสามารถปรับกำลังส่งอุปกรณ์ Wireless และได้ค่าที่เหมาะสมจากการทดลองแสดงได้จากผลการทดลองข้างต้น และผลการทดลองที่ไม่สามารถนำภาพมาแสดงได้ (เป็นความลับของบริษัท) โดยทำการทดลองกับระบบการสื่อสารไร้สายจุดต่อจุดระหว่างสาขาของบริษัทซัมมิทโอโตซีทอินดัสตรีจำกัด สาขาแหลมฉบัง เชื่อมต่อไปยังสาขา Asahi มีอุปกรณ์ Wireless UbiquityPowerBridgeM5 สองคู่และระหว่างสาขาของบริษัทซัมมิทโอโตซีทอินดัสตรีจำกัด สาขาแหลมฉบัง เชื่อมต่อไปยังสาขา Jamax มีอุปกรณ์ Wireless UbiquityPowerBridgeM5 สองคู่เช่นกันผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปดังผลข้างต้นซึ่งทางบริษัทมีความพึงพอใจกับระบบปรับจูนที่สามารถทำให้ช่วยลดการใช้พลังงาน ลดการกวนกันของคลื่นวิทยุของอุปกรณ์สื่อสาร และช่วยเพิ่มอายุการใช้งานอุปกรณ์ให้ยาวนานขึ้นเป็นการช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของบริษัทในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

5.1 วิเคราะห์การตรวจวัดและประเมินผล

ชุดโปรแกรมสามารถปรับกำลังส่งของ Wireless ฝั่งปลายทางตามค่าที่กำหนดจาก Wireless ต้นทางได้และสามารถทำสลับกันทั้งสองฝั่ง อีกทั้งยังสามารถเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ได้รับต่อสัญญาณรบกวนซึ่งในโปรแกรมแบบสำเร็จรูปนั้นระบบได้คำนวณค่ากำลังส่งที่เหมาะสมให้แบบอัตโนมัติโดยตลอดซึ่งเป็นค่ากลางที่ฝั่งปลายทางจะต้องถูกปรับจูนโดยโปรแกรมควบคุมปรับค่าจนได้ค่าใกล้เคียงค่าดังกล่าวตลอดเวลา



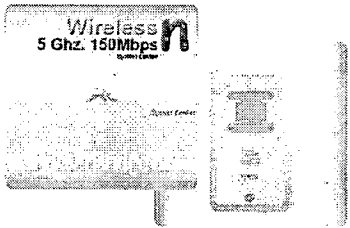
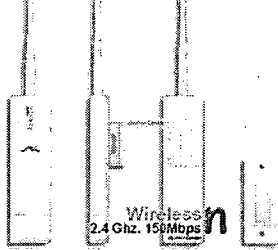
ผลดีที่ได้รับจากการลดกำลังส่งอัตโนมัติคือการลดการใช้พลังงานที่เกินจำเป็น อีกทั้งยังช่วยการลดการกวนกันของอุปกรณ์ Wireless ที่มีการใช้คลื่นความถี่เดียวกันในพื้นที่ใกล้เคียงซึ่งจะเห็นได้จากระดับ SNR ที่มีสูงพอสมควร และยังเป็นการช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้ยาวนานขึ้น โดยนโยบายบริษัทนั้นต้องการให้อุปกรณ์ใช้งานได้อย่างคุ้มค่าคุ้มราคาอายุการใช้งานยาวนาน และผลจากการทดลองที่บริษัทซัมมิท โอ โดชิท ในอุปกรณ์ทุกตัวที่เป็น Wireless เชื่อมต่อระหว่างสาขานั้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 โปรแกรมใช้งานได้กับ Ubiquiti รุ่น AirMax Firmware 5.5.x

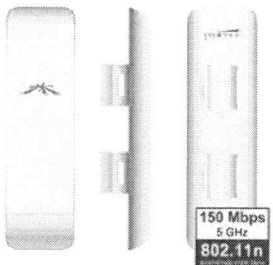
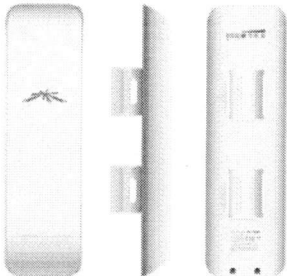

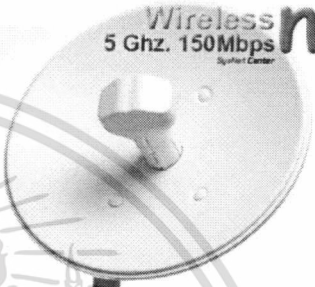

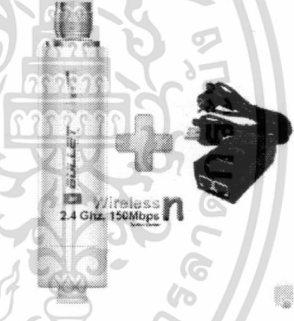

รายการอุปกรณ์ที่สามารถใช้โปรแกรมที่พัฒนาไปทำการปรับจูนได้มีดังนี้

ตารางที่ 5.1 อุปกรณ์ Wireless Point to Point ที่สามารถใช้โปรแกรมจากจากศึกษา

 Wireless 5 Ghz. 150Mbps	 Wireless 2.4 Ghz. 150Mbps
Ubiquiti Rocket M5	Ubiquiti Rocket M2
 Wireless 5 Ghz. 150Mbps	 Wireless 2.4 Ghz. 150Mbps
Ubiquiti PowerBridge M5	Ubiquiti PicoStation M2HP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 อุปกรณ์ Wireless Point to Point ที่สามารถใช้โปรแกรมจากจากศึกษา (ต่อ)

 <p>150 Mbps 5 GHz 802.11n</p>	
 <p>Wireless n 2.4 GHz 300 Mbps</p>	 <p>Wireless n 5 GHz, 150Mbps Smart Center</p>
 <p>Wireless n 5 GHz, 150Mbps</p>	 <p>Wireless n 2.4 GHz, 150Mbps</p>
 <p>Wireless n 5 GHz, 150Mbps Smart Center</p>	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การประยุกต์ใช้งานโปรแกรม

5.2.2.1 การนำโปรแกรมใช้กับ Wireless อื่น

โปรแกรมได้มีฟังก์ชันพื้นฐานพร้อมใช้งานในการติดต่ออุปกรณ์ Wireless ที่สามารถ telnet เข้าไปตั้งค่าระบบได้ ซึ่งส่วนที่ต้องมีการแก้ไขคือคำสั่งในการปรับค่ากำลังและแสดงค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณโดยหากมีการนำโปรแกรมไปใช้กับ Wireless นั้น ๆ ผู้ใช้ต้องศึกษาการใช้งานคำสั่งและมาปรับแก้ให้ให้ตรงกันกับที่ใช้จริงสามารถทำเป็นตารางเทียบคำสั่งในส่วนนี้รายงานฉบับนี้อ้างอิงอุปกรณ์ที่มีใช้ในบริษัทคือ Wireless Ubiquity สองรุ่นคือ Nanostation M5 และ PowerBridge M5 ซึ่งโปรแกรมใช้งานอุปกรณ์ทั้งสองได้โดยไม่ต้องปรับแก้ส่วนของโปรแกรมเพียงแค่ใส่เลข IP Address username และ password ให้ถูกต้องตามที่ตั้งค่าในอุปกรณ์นั้นๆไว้

5.2.2.2 การควบคุมกำลังส่งแบบมีความปลอดภัยโดยใช้ SSH

ในเรื่องของความปลอดภัยต่อระบบ Wireless นั้นระบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเชื่อมต่อที่เป็น SSH ได้โดยต้องปรับแก้ไข code ส่วนของการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Wireless ใหม่ส่วนรูปแบบการทำงานอื่น ๆ สามารถใช้ code หลักเดิมได้ทั้งหมดซึ่งในงานที่ศึกษานี้ไม่ได้ทำส่วนนี้เพราะต้องการศึกษารลดการใช้พลังงานโดยการปรับลดกำลังส่งในภาคขยายกำลังเป็นหลัก

5.3 ผลจากการใช้ระบบส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายและยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์

5.3.1 ผลต่ออายุการใช้งานและค่าใช้จ่ายจัดซื้ออุปกรณ์

จากทฤษฎีของ Arrhenius ซึ่งได้กล่าวถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ซึ่งมีการเสื่อมสภาพจากการทำลายของสารระดับอะตอมและ โมเลกุลซึ่งมีผลจากกระแสไฟฟ้าและความร้อนดังสมการ

$$K = Ae^{-E_a/kT} \quad (5.1)$$

เมื่อ A = ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยา, E_a = พลังงานเปิดใช้อุปกรณ์ (eV), T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (Kelvin),

k = ค่าคงที่ Boltzmann [8.617×10^{-5}]

และถ้าเวลาถึงจุดที่จะล้มเหลวได้ค่าเป็น L ซึ่งจะได้สมการ

$$L = Ae^{\left(\frac{E_a}{kT}\right)} \quad (5.2)$$

ซึ่งเมื่อเทียบกับระบบที่ได้นำเสนอมีการปรับค่ากำลังส่งลงซึ่งมีผลทำให้ค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ภายในอุปกรณ์สื่อสารลดลงส่งผลให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ได้ซึ่งหากจะให้คำนวณออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระยะเวลาที่แน่นอนต้องทราบค่าตัวแปรอื่นเช่นค่า E_a ซึ่งไม่ได้รับการเปิดเผยจากผู้ผลิตซึ่งผู้เขียนได้ใช้สมมติฐานภูมิที่น่าจะเป็นของอุปกรณ์สมมติค่าให้เป็นอย่างนี้

สมมติฐานว่า: ส่งกำลังต่ำได้อุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} = 298.15\text{K}$, ส่งกำลังสูงได้อุณหภูมิ $30^{\circ}\text{C} = 303.15\text{K}$ ให้ E_a มีค่า 1 volt ได้ว่า

$$365\text{day} = Ae^{\left(\frac{1\text{volt}}{8.617 \times 10^{-5} \times 303.15}\right)} \quad (5.3)$$

$$\text{ได้ค่า } A = 365 / e^{\left(\frac{1\text{volt}}{8.617 \times 10^{-5} \times 303.15}\right)}$$

$$A = 0.0000000000000010492902673430214485302850998552$$

เมื่อลดอุณหภูมิได้ 5 องศา คิดเป็น

$$\text{day} = Ae^{\left(\frac{1\text{volt}}{8.617 \times 10^{-5} \times 298.15}\right)} \quad (5.4)$$

$$\text{day} = 718.56082653064127771709408556775$$

พิสูจน์ได้ว่าลดอุณหภูมิ 5 องศาช่วยยืดอายุการใช้งานได้ $\frac{718}{365} \times 100 = 196.7\%$ ซึ่งคืออีกเท่าตัวของอายุอุปกรณ์ ซึ่งมีราคา 22,000 บาท ประหยัดได้ปีละ 21,274 บาทต่อตัวต่อปีมีใช้งานปัจจุบัน 30 ตัว คิดเป็นเงินที่ช่วยลดค่าซื้ออุปกรณ์ใหม่ได้ 638,220 บาทต่อปี

5.3.2 ผลต่อการประหยัดค่าไฟฟ้า

จากระบบที่จำกัดทำเป็นผลให้ประหยัดไฟเพิ่มขึ้น $52\text{mA} - 48\text{mA} = 4\text{mA}$ ที่แรงดัน 220VAC ซึ่งบริษัทมีอุปกรณ์ที่มีการปรับกำลังส่งแล้ว 30 อุปกรณ์ คิดเป็นการประหยัดได้ 120mA ที่ power factor=1 คิดเป็น 26.4 วัตต์ ค่าไฟฟ้าเป็น 0.6336 หน่วยต่อวันคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดได้ 231.264 หน่วยต่อปีค่าไฟฟ้าบริษัทราคา 3.6531 บาทต่อหน่วย ซึ่งช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าได้ 844.83 บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- ภาคย์ ธรนเสาวภาคย์ และ ชัชชัย คุณบัว. 2009. ระบบระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคาร โดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4. [Online]. Available: http://www.ecti-thailand.org/assets/papers/4_pub_1.pdf
- Agarwal, S., Katz, R.H., and Joseph. A.D. Reducing the Energy Consumption of Group Driven Ad-hoc Wireless Communication. [Online]. Available: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2001/5418.html>
- Feeney, L.M. and Nilsson, M. 2001. Investigating the Energy Consumption of a Wireless Network Interface in an Ad Hoc Networking Environment. [Online]. Available: http://www.sics.se/~lmfeeney/publications/Files/infocom01_slides.pdf
- Halperin, D. & et.al. 2010. Demystifying 802.11n Power Consumption. [Online]. Available: https://www.usenix.org/legacy/event/hotpower10/tech/full_papers/Halperin.pdf
- IEEE Standard Association. 2012. IEEE Standard 802.11. IEEE Standard for Information technology Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks Specific requirements [Online]. Available: <http://www.ieee.org>
- Klues, K. 2006. Power Management in Wireless Networks. [Online]. Available: http://www.cse.wustl.edu/~jain/cse574-06/ftp/energy_mgmt.pdf
- Kravets, R. and Krishnan, P. 1999. Power Management Techniques for Mobile Communication. [Online]. Available: <ftp://cm.bell-labs.com/who/pk/pub/mobicom98-power.ps>
- Lent, R. and Zonoozi, F. 2005. Power Control in Ad Hoc Cognitive Packet Networks. [Online]. Available: <http://www.utd.edu/~cpb021000/shared/pdfs/0000065.pdf>
- Ogunjemilua, K., Davies, J.N, Grout, V. and Picking, R. 2010. An Investigation into Signal Strength of 802.11n WLAN. [Online]. Available: http://www.glyndwr.ac.uk/computing/research/pubs/sein_odgp.pdf
- Peterson L.L. and Davie B.S. 1996. **Computer Networks: a systems approach**. USA: Morgan Kaufmann publication
- Renesas Electronics. 2008. **Semiconductor Reliability Handbook**. Japan: Renesas Electronics Corporation

Rodoplu, V. and Meng, T. H. Minimum Energy Mobile Wireless Networks. **IEEE Journal on Selected Areas in Communication**, Vol. 17, No.8. August 1999.

Shin, H. 2010. Measurements and Models of 802.11B Signal Strength Variation Over Small Distances. [Online]. Available:http://dspace.udel.edu/bitstream/handle/19716/5177/Hweechul_Shin_Thesis.pdf?sequence=1

Welch G. F. 1995. A Survey of Power Management Techniques in Mobile Computing Operating Systems. [Online]. Available: <http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/mobile.pdf>

Zhong, L. 2011. Power Consumption by Wireless Communication. [Online]. Available: <http://www.ruf.rice.edu/~mobile/elec518/lectures/3-wireless.pptx>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ: ชยพล ยิ้มเสมอ

วัน/เดือน/ปีเกิด: 26 มีนาคม พ.ศ. 2526

สถานที่เกิด: 99/335 หมู่ 10 ซอยสุวินทวงศ์ 64 ถนนสุวินทวงศ์ แขวงลำผักชี เขตหนองจอก
กรุงเทพฯ 10530

ประวัติการศึกษา:

2547 – 2549 ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

2545 – 2546 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคระยอง จังหวัดระยอง

2542 – 2544 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง
จังหวัดระยอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้