



## การวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

โดย

- 1.นางสาวธิติยา สุวรรณชื่น รหัสประจำตัว B4951070
- 2.นางสาวจิตินันท์ ตันวิรัตน์ รหัสประจำตัว B5021819
3. นางสาวกาญจนา อินทะวงษ์ รหัสประจำตัว B5141616



รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 427494 โครงการศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม

และวิชา 427499 โครงการวิศวกรรมโทรคมนาคม

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2545

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2553

โครงการ	การวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G	
โดย	1.นางสาวธิดิยา สุวรรณชื่น รหัสประจำตัว	B4951070
	2.นางสาวฐิตินันท์ ดันวิรัตน์ รหัสประจำตัว	B5021819
	3. นางสาวกาญจนา อินทวงษ์ รหัสประจำตัว	B5141616
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พีระพงษ์ อุฑารสกุล	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ภาคการศึกษาที่	3/2553	

---

### บทคัดย่อ

#### (Abstract)

3G-Third Generation เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 ซึ่งการพัฒนาของ 3G ทำให้เกิดการให้บริการมัลติมีเดีย ละส่งผ่านข้อมูลในระบบไร้สายด้วยอัตราความเร็วที่สูงขึ้น ลักษณะการทำงานของ 3G เมื่อเปรียบเทียบกับเทคโนโลยี 2G กับ 3G แล้ว 3G มีช่องสัญญาณความถี่และความจุในการรับส่งข้อมูลมากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูล แอปพลิเคชัน รวมทั้งบริการของระบบเสียงที่ดีขึ้น พร้อมทั้งสามารถให้บริการมัลติมีเดียได้เต็มที่และสมบูรณ์แบบขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเพิ่งมีการพัฒนาเทคโนโลยี 3G ทำให้ผู้ใช้งานไม่ทราบถึงประสิทธิภาพในการใช้งานของ 3G ที่แน่นอน ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณในพื้นที่ที่มีการให้บริการ 3G มาพล็อตกราฟและสร้างเป็นสมการเพื่อทำนายประสิทธิภาพการทำงานของสัญญาณ 3G ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสัญญาณ 3G ได้จากสมการที่ผู้พัฒนาได้ทำการทดลองขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

### (Acknowledgement)

จากการจัดทำโครงการเรื่องการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆมากมาย โครงการฉบับนี้สามารถสำเร็จ ลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจากอาจารย์และบุคคลหลายท่านที่คอยช่วยเหลือและ คอยให้คำปรึกษารวมทั้งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอแสดงความขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านซึ่งบุคคลเหล่านี้ประกอบด้วย

อาจารย์ ดร .พีระพงษ์ อุฑารสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ) อาจารย์หัวหน้าสาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา และแนะนำในทุกๆด้าน รวมถึงการ ให้แนวคิด การดูแลเอาใจใส่ติดตามผลงานและแนะแนวทางในการเขียนรายงาน ให้แก่คณะผู้จัดทำ มาโดยตลอด

พี่น้องศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่านที่คอยแนะนำ และให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการสอบการใช้งานโปรแกรม MATLABเบื้องต้น และความรู้เรื่อง สมการต่างๆที่เป็นประโยชน์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งเป็นผู้ให้โอกาสทางการศึกษาและคอยสนับสนุน สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ

คณะผู้จัดทำ

- 1.นางสาวธิดิยา สุวรรณชื่น
- 2.นางสาวฐิตินันท์ ดันวิรัตน์
3. นางสาวกาญจนา อินทวงษ์

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า	
บทคัดย่อ		ก
กิตติกรรมประกาศ	ข	
สารบัญ		ค
สารบัญรูป		ช
สารบัญตาราง		ฅ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>		
1.1 กล่าวนำ		1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ		1
1.3 ขอบเขตการทำงาน		1
1.4 ขั้นตอนการทำงาน		2
1.5 กล่าวสรุป		2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง</b>		
2.1 กล่าวนำ		3
2.2 เทคโนโลยี3G		3
2.2.1 ประวัติความเป็นมาของเทคโนโลยี3G		3
2.2.2 การทำงานของ3G		4
2.2.3 คุณสมบัติหลักของ3G		5
2.2.4 มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่3G		6
2.2.5 ปัญหาสำคัญของระบบไร้สาย		7
2.2.6 การจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับให้บริการ3G		7
2.2.7 จุดเด่นของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่3GแบบW-CDMA		8
2.2.8 เทคโนโลยี3Gในประเทศไทย		9
2.2.9 เทคโนโลยี3Gในต่างประเทศ		10

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3 ค่าพารามิเตอร์	11
2.3.1 Ping	11
2.3.2 Signal Strength	12
2.3.3 Download	12
2.3.4 Upload	13
2.4 ระบบสมการ	13
2.4.1 ระบบสมการเชิงเส้น	13
2.4.2 สมการเชิงเส้นสองตัวแปร ( Linear Equation with two variables )	13
2.4.3 กราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร	14
2.4.4 ความชัน ( Slope )	14
2.4.5 ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล	15
2.4.6 ทฤษฎีสมการการลดทอนในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทาง	16
<b>บทที่ 3 การทดสอบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่3G</b>	<b>19</b>
3.1 กล่าวนำ	19
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสัญญาณ	19
3.2.1 Air card Sierra Wireless	19
3.2.2 หลักการทำงานของAir Card 20	20
3.2.3 วิธีติดตั้ง Driver และใช้งาน Air Card ของ Sierra Wireless	21
3.2.4 USB to Express Card 34/54	22
3.2.5 เสาAntenna	22
3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองวัดสัญญาณ3G	22
3.3.1 โปรแกรมSierra 3G Watcher	22
3.3.2 โปรแกรมทดสอบSpeedจากเว็บไซต์ADSLThailand	23

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.3 โปรแกรมทดสอบspeedจากเว็บไซต์ Speed test	25
3.4 แผนที่พื้นที่การทำงานที่ครอบคลุมของระบบ3G	28
3.4.1 แผนที่พื้นที่การทำงานที่ครอบคลุมของระบบ3Gในอำเภอปทุมธานี	28
3.4.2 แผนที่พื้นที่บริการ เอไอเอส 3G900 ในอำเภอปทุมธานี	29
<b>บทที่ 4 สรุปผลการวัดสัญญาณ3G</b>	
4.1 กล่าวนำ	30
4.2 ผลการวัดสัญญาณ3GจากโปรแกรมSierra 3G Watcher	
4.2.1 ผลการทดสอบวัดSignal strength	30
4.2.2 ผลการทดสอบวัดDownload	31
4.2.3 ผลการทดสอบวัดUpload	38
4.3 ผลการวัดสัญญาณ3GจากโปรแกรมAdsl	44
4.3.1 ผลการทดสอบping Download Upload	47
4.3.2 กราฟสัญญาณ3Gที่วัดได้จากเว็บไซต์Adslthailand	65
4.4 ผลการวัดสัญญาณ3Gจากเว็บไซต์ Speed test	
4.4.1 ผลการทดสอบping Download Upload	68
4.4.2 กราฟสัญญาณ3Gที่วัดได้จากจากเว็บไซต์ Speed test	86
4.5 การทำนายผลการวัดด้วยสมการ	
4.5.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่ที่ครอบคลุมของสัญญาณ3G	89
<b>บทที่ 5 บทสรุปของโครงการ</b>	
5.1 กล่าวนำ	91
5.2 สรุปโครงการ	91
5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข	91
5.4 ข้อเสนอแนะ	92

**สารบัญ (ต่อ)**

เรื่อง	หน้า
5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	93
5.6 กล่าวสรุป	93
ประวัติผู้เขียน	94
ภาคผนวก	95
บรรณานุกรม	100



## สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อ True Wi-Fi ด้วย Ubiquity NANOSTATION2 ที่ระยะ 500-700 เมตร	13
รูปที่ 2.2 ภาพแสดงการDownloadข้อมูล	13
รูปที่ 2.3 แสดงการสรุป ลักษณะกราฟฟังก์ชันเอ็กซ์โพเนนเชียล	15
รูปที่ 2.4 แบบจำลองการแผ่กระจายคลื่นบนพื้นผิวเรียบ	16
รูปที่ 2.5 การลดทอนในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทาง	18
รูปที่ 3.1 Air Card 503 ( Express Card Sierra Wireless )	19
รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบรูปร่าง Slot ว่าเป็น PCMCIA หรือ Express Card	20
รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการติดตั้งAir Card	21
รูปที่ 3.4 แสดงโปรแกรม 3G Watcher ที่ทำการconnectแล้ว	21
รูปที่ 3.5 Adapter Express Card to USB Cable	22
รูปที่ 3.6 ภาพแสดงการวัดค่า 3G watcher	23
รูปที่ 3.7 ภาพแสดงการวัดค่า 3G watcher( Upload , download )	23
รูปที่ 3.8 โปรแกรม วัดความเร็วของเว็บไซต์Adslthailand	24
รูปที่ 3.9 เมื่อทำการเลือกประเทศที่ทำการวัดความเร็วจะขึ้นหน้าต่าง Download speed และ Upload speed	24
รูปที่ 3.10 โปรแกรมจะสรุปผลการวัดเมื่อทำการทดสอบค่าเรียบร้อยแล้ว	25
รูปที่ 3.11 โปรแกรมspeedtest แสดงตำแหน่งที่ต้องการทดสอบความเร็ว	26
รูปที่ 3.12 โปรแกรมทดสอบก็จะวิ่งทดสอบความเร็ว ทั้ง download และ upload	26
รูปที่ 3.13 โปรแกรมทำการสรุปผลเมื่อทำการทดสอบสัญญาณ	27
รูปที่ 3.14 แผนที่เส้นทางการวัดสัญญาณ3Gในจังหวัดนครราชสีมา	28
รูปที่ 3.15 แผนที่เส้นทางการวัดสัญญาณ3Gในอำเภอปักธงชัย	29



## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 1 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	95
รูปที่ 2 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	95
รูปที่ 3 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	96
รูปที่ 4 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	96
รูปที่ 5 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	96
รูปที่ 6 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	97
รูปที่ 7 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	97
รูปที่ 8 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	97
รูปที่ 9 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	98
รูปที่ 10 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	98
รูปที่ 11 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	98
รูปที่ 12 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	99
รูปที่ 13 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบไม่มีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	99
รูปที่ 14 แสดงผลการวัดค่าsignal strength แบบมีAntenna ทั้ง 3 ครั้ง	99

## สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการบันทึกการวัดค่า Signal Strength (dBm)	30
ตารางที่ 4.2 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบไม่มีAntenna	31
ตารางที่ 4.3 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบมีAntenna	35
ตารางที่ 4.4 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบไม่มีAntenna	38
ตารางที่ 4.5 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบมีAntenna	41
ตารางที่ 4.6 ผลการบันทึกการวัดค่า ping (ms) แบบไม่มีAntenna	47
ตารางที่ 4.7 ผลการบันทึกการวัดค่า ping (ms) แบบมีAntenna	50
ตารางที่ 4.8 ผลการบันทึกการวัดค่า Download(Mbps) แบบไม่มีAntenna	53
ตารางที่ 4.9 ผลการบันทึกการวัดค่า Download(Mbps) แบบมีAntenna	56
ตารางที่ 4.10 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload(Mbps) แบบไม่มีAntenna	59
ตารางที่ 4.11 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload(Mbps) แบบมีAntenna	62
ตารางที่ 4.12 ผลการบันทึกการวัดค่า Ping(ms) แบบไม่มีAntenna	68
ตารางที่ 4.13 ผลการบันทึกการวัดค่า Ping(ms) แบบมีAntenna	71
ตารางที่ 4.13 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบไม่มีAntenna	74
ตารางที่ 4.14 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบมีAntenna	77
ตารางที่ 4.15 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบไม่มีAntenna	80
ตารางที่ 4.16 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบมีAntenna	83

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 กล่าวนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสื่อสารในประเทศไทยได้พัฒนาถึง Third Generation(3G) การสื่อสารในยุคนี้จะมีอัตราเร็วที่สูงขึ้น จากอัตราเร็วที่สูงขึ้นทำให้สามารถใช้งานการรับส่งข้อมูลทางมัลติมีเดีย อินเทอร์เน็ตและอื่นๆ ซึ่งข้อมูลประเภทนี้ต้องการคุณภาพของสัญญาณที่ดีในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากภายในประเทศอยู่ในระหว่างการพัฒนาใช้เทคโนโลยีในยุคที่3 ซึ่งในพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยเทคโนโลยี 3G ยังไม่ทราบถึงประสิทธิภาพของสัญญาณ ซึ่งพื้นที่ให้บริการบางพื้นที่อาจมีคุณภาพของสัญญาณที่ไม่ดี ที่จะทำให้ไม่สามารถใช้เทคโนโลยี 3G ได้ ดังนั้นผู้พัฒนาจึงได้เกิดแนวคิดที่จะนำค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณในพื้นที่ที่มีการให้บริการ 3G การวัดสัญญาณทำโดยใช้โปรแกรม 3G Watcher ในการวัด ค่าSignal Strength(dBm) ค่า Upload(Mbps) ค่าDownload(Mbps) โปรแกรมวัดความแรงสัญญาณภายในประเทศจากเว็บไซต์ [www.adslthailand.com](http://www.adslthailand.com) โปรแกรมวัดสัญญาณนอกประเทศจากเว็บ [www.speedtest.net](http://www.speedtest.net) ในการวัดค่า Ping(ms) ค่าUpload(Mbps) ค่าDownload(Mbps) แล้วนำค่าที่วัดได้มาพล็อตกราฟและสร้างเป็นสมการเพื่อทำนายประสิทธิภาพการทำงานของสัญญาณ 3G ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสัญญาณ 3G ได้จากสมการที่ผู้พัฒนาได้ทำการทดลองขึ้น

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อนำค่าที่ได้จากการวัดสัญญาณมาทำนายประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลของสัญญาณ3G
2. เพื่อทราบขอบเขตการใช้งานของสัญญาณ
3. สามารถนำสมการไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบ3G

#### 1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. ใช้เครื่องมือวัดสัญญาณในการวัดค่าความถี่ของสัญญาณระบบ 3G
2. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดมาพล็อตกราฟ
3. สร้างสมการการทำนายประสิทธิภาพระบบสัญญาณ3Gจากการวิเคราะห์กราฟ

#### 1.4 ขั้นตอนการทำงาน

- 1.ทำการสำรวจวัดข้อมูลในพื้นที่ให้บริการสัญญาณ3G
- 2.รวบรวมข้อมูลจากการวัดนำมาพล็อตกราฟ
- 3.วิเคราะห์กราฟนำมาสร้างสมการเพื่อทำนายผลประสิทธิภาพการทำงานของระบบ3G
- 4.สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
- 5.นำเสนอ โครงการงาน

#### 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ได้ข้อมูลที่แม่นยำในการวัดทุกๆครั้งที่ทำการวัดข้อมูลสัญญาณ3G
- 2.เพื่อนำสมการไปทำนายสัญญาณระบบ3Gได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง
- 3.นำสมการไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้ในอนาคต
- 4.จากข้อมูลของโครงการนี้ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำสมการไปประยุกต์ใช้ได้จริง



## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 กล่าวนำ

ในโครงการการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G เป็นการวัดสัญญาณและนำมาพล็อตกราฟ เพื่อนำมาสร้างสมการเพื่อทำนายประสิทธิภาพการทำงานของสัญญาณ 3G ดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในโครงการการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G นี้

#### 2.2 เทคโนโลยี 3G

##### 2.2.1 ประวัติความเป็นมาของเทคโนโลยี 3G

3G หรือ Third Generation เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารในยุคที่ 3 อุปกรณ์การสื่อสารยุคที่ 3 นั้นจะเป็นอุปกรณ์ที่ผสมผสาน การนำเสนอข้อมูล และ เทคโนโลยีในปัจจุบันเข้าด้วยกัน เช่น PDA โทรศัพท์มือถือ Walkman, กล้องถ่ายรูป และ อินเทอร์เน็ต

จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยี 3G มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 3 (Third Generation Mobile Network หรือ 3G) เป็นเทคโนโลยียุคถัดมาจากการเปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุคที่ 2 หรือ 2G ซึ่งประสบความสำเร็จในการสร้างมูลค่าทางธุรกิจสื่อสารไร้สายอย่างมหาศาลนับ ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 เป็นต้นมา ในยุคของโทรศัพท์เคลื่อนที่ 2G มีมาตรฐานที่สำคัญที่มีการนิยมนำมาใช้กันทั่วโลกอยู่ 2 มาตรฐาน กล่าวคือมาตรฐาน GSM (Global System for Mobile Communication) อันเป็นมาตรฐานของกลุ่มสหภาพยุโรป ปัจจุบันมีส่วนแบ่งทางการตลาดทั่วโลกสูงที่สุด และมาตรฐาน CDMA (Code Division Multiple Access) อันเป็นมาตรฐานจากสหรัฐอเมริกา มีส่วนแบ่งการตลาดเป็นอันดับที่สอง โดยมาตรฐาน GSM และ CDMA ตอบสนองความต้องการสื่อสารข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุด 9,600 บิตต่อวินาที ซึ่งถือว่าเพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราเร็วของการสื่อสารผ่านโมเด็มใน เครือข่ายโทรศัพท์พื้นฐานเมื่อกว่าสิบปีก่อน และเพื่อเป็นการเพิ่มความคล่องตัวในการเปิดให้บริการ Non-Voice อย่างเต็มรูปแบบ พร้อมทั้งยังคงรักษาคุณภาพในการให้บริการ Voice ด้วยระดับคุณภาพที่ทัดเทียมหรือดีกว่าในยุค 2G องค์กรสากล 3GPP (Third Generation Program

Partnership) และ 3GPP2 จึงได้กำหนดมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ขึ้น โดยมีมาตรฐานสำคัญอยู่ 2 ประเภท คือ มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services) เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้นำไปพัฒนาจากยุค 2G/2.5G/2.75G ไปสู่มาตรฐานยุค 3G อย่างเต็มตัว รับผิดชอบการพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP มีเทคโนโลยีหลักที่ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งานทั่วโลกคือมาตรฐาน Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) โดยในอนาคตจะมีการพัฒนาต่อเนื่องไปสู่มาตรฐาน HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ซึ่งรองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงถึง 14 เมกะบิตต่อวินาที หรือเร็วกว่าการสื่อสารแบบ 2.75G ถึง 36 เท่า มาตรฐาน cdma2000 เป็นการพัฒนาเครือข่าย CDMA ให้รองรับการสื่อสารในยุค 3G รับผิดชอบการพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP2 มีเทคโนโลยีหลักคือ cdma2000-3xRTT ที่มีศักยภาพเทียบเท่ากับมาตรฐาน W-CDMA ของค่ายยุโรป แต่ปัจจุบันยังไม่มีกำหนดความพร้อมสำหรับให้บริการเชิงพาณิชย์ที่ชัดเจน มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ W-CDMA ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้รองรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดีย สมบูรณ์แบบ โดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารชนิด TDMA ที่ปรากฏอยู่ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2G/2.5G/2.75G ไปเป็นการสื่อสารแบบแพ็คเกจสวิตซ์ ซึ่งเต็มรูปแบบสามารถรองรับทั้งการสื่อสารทั้ง Voice และ Non-Voice โดยมีมาตรฐานการรองรับและควบคุมคุณภาพของข้อมูลที่สมบูรณ์แบบ อันเป็นผลต่อเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเข้ารหัสข้อมูล (Information Coding) จึงทำให้ผู้ให้บริการเครือข่าย 3G ก้าวพ้นจากข้อจำกัดในการบริหารจัดการข้อมูลประเภท Voice และ Non-Voice ดังที่ปรากฏอยู่ในมาตรฐาน 2G/2.5G/2.75G ได้อย่างเด็ดขาด อย่างไรก็ตามเพื่อให้เครือข่าย W-CDMA สามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลได้อย่างเต็มรูปแบบ และให้เกิดความคล่องตัวในการจัดสรรทรัพยากรความถี่วิทยุ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดย่านความถี่สำหรับใช้เปิดให้บริการ

### 2.2.2 การทำงานของ3G

เมื่อเปรียบเทียบเทคโนโลยี 2G กับ 3G แล้ว 3G มีช่องสัญญาณความถี่ และ ความจุในการรับส่งข้อมูลที่มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลแอฟพลิเคชัน รวมทั้งบริการระบบเสียงดีขึ้น พร้อมทั้งสามารถใช้ บริการมัลติมีเดียได้เต็มที่ และ สมบูรณ์แบบขึ้น เช่น บริการส่ง

แฟกซ์, โทรศัพท์ต่างประเทศ, รับ-ส่งข้อความที่มีขนาดใหญ่, ประชุมทางไกลผ่านหน้าจออุปกรณ์สื่อสาร, ดาวน์โหลดเพลง, ชมภาพยนตร์ แบบสั้นๆ จุดเด่นของ 3G จุดเด่นที่สุดของคำว่า 3G คือความเร็วในการเชื่อมต่อ การติดต่อและการส่งข้อมูลเน้นการเชื่อมต่อแบบ wireless (ไร้สาย) ด้วยความเร็วสูง นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพในส่งของการรับส่งข้อมูลจากเดิมให้เร็วขึ้น เน้นการติดต่ออย่างสมบูรณ์ แบบ อย่างการ call conference, ประชุมทางไกล, การดาวน์โหลดภาพ เสียง clip Video เพลง ภาพยนตร์ หรือ Application ต่างๆ รวมถึงการติดต่อธนาคารทางโทรศัพท์ การโอนเงิน เช็กระยะเงิน เชื้อขายของ หาพิกัด ตรวจสอบเส้นทาง ซึ่งจะทำให้ชีวิตสะดวกสบายยิ่งขึ้น 3G ทำให้เราสามารถติดต่อกันได้อย่างรวดเร็วฉับไว ย่อโลกให้แคบลง เพิ่มความสะดวกสบายให้กับการดำเนินชีวิต ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักของเทคโนโลยี อีกจุดเด่นของ 3G คือความสมจริง เปรียบเหมือนเป็นการใส่ความรู้สึกเข้าไป ไม่ใช่เป็นเพียงเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไฟล์เสียงสมจริง (True tone) การแสดงภาพแบบ 3D หรือการติดต่อเชื่อมโยงต่างๆแบบ interactive และหัวใจหลักของการเป็นระบบ Always on ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อกับระบบอยู่ตลอดเวลา ทำให้เราไม่พลาดการติดต่ออีกต่อไป ปัจจุบันในเมืองไทยเองก็ก้าวไกล ความเป็น 3G อยู่พอสมควร หากมองถึงตัวเครื่องโทรศัพท์ โทรศัพท์ที่รองรับในส่วนนี้จะรองรับในการทำอะไรได้หลายๆในเครื่องเดียว อย่างเช่น โทรศัพท์มือถือหลายๆรุ่นที่สามารถ ถ่ายภาพ ฟังเพลง Mp3 ดู TV ผ่านเครือข่าย GPRS หรือ EDGE การจัดการข้อมูล(Organizer)การส่งผ่านข้อมูลในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น IrDA Bluetooth Wi-Fi ส่วนในด้านของระบบในเมืองไทย ที่เห็นว่าใกล้เคียงมาตรฐาน 3G ก็คงจะเป็น การเชื่อมต่อผ่าน EDGE ซึ่งด้วยความเร็ว 118 K

### 2.2.3 คุณสมบัติหลักของ 3G

คุณสมบัติหลักของ 3G คือ มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายของ 3G ตลอดเวลาที่เราเปิดเครื่องโทรศัพท์ (always on) นั่นคือไม่จำเป็นต้องต่อโทรศัพท์เข้าเครือข่าย และ ล็อกอิน ทุกครั้งเพื่อใช้บริการรับส่งข้อมูล ซึ่งการเสียค่าบริการแบบนี้ จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเรียกใช้ข้อมูลผ่านเครือข่ายเท่านั้น โดยจะต่างจากระบบทั่วไป ที่จะเสียค่าบริการตั้งแต่เราล็อกอินเข้าในระบบเครือข่าย สำหรับ 3G อุปกรณ์สื่อสารไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่โทรศัพท์เท่านั้น แต่ยังปรากฏในรูปแบบของอุปกรณ์ สื่อสารอื่น เช่น Palmtop, Personal Digital Assistant (PDA), Laptop และ PC

## 2.2.4 มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

เพื่อเป็นการเพิ่มความคล่องตัวในการเปิดให้บริการ Non-Voice อย่างเต็มรูปแบบ พร้อมทั้งยังคงรักษาคุณภาพในการให้บริการ Voice ด้วยระดับคุณภาพที่ทัดเทียมหรือดีกว่าในยุค 2G องค์กรสากล 3GPP (Third Generation Program Partnership) และ 3GPP2 จึงได้กำหนดมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ขึ้น โดยมีมาตรฐานสำคัญอยู่ 2 ประเภท คือ

มาตรฐาน UMTS (Universal Mobile Telecommunications Services) เป็นมาตรฐานที่ออกแบบมาสำหรับผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้นำไปพัฒนาจากยุค 2G/2.5G/2.75G ไปสู่มาตรฐานยุค 3G อย่างเต็มตัว รับผิดชอบการพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP มีเทคโนโลยีหลักที่ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งานทั่วโลกคือมาตรฐาน Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA) โดยในอนาคตจะมีการพัฒนาต่อเนื่องไปสู่มาตรฐาน HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) ซึ่งรองรับการสื่อสารด้วยอัตราเร็วสูงถึง 14 เมกะบิตต่อวินาที หรือเร็วกว่าการสื่อสารแบบ 2.75G ถึง 36 เท่า มาตรฐาน W-CDMA นี้เองที่กิจการร่วมค้า ไทย-โมบาย กำลังจะดำเนินการพัฒนาเพื่อเปิดให้บริการภายในต้นปี พ.ศ. 2548 นอกจากนี้จะเป็นเส้นทางในการพัฒนาสู่มาตรฐาน 3G ของบรรดาผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM แล้ว มาตรฐาน W-CDMA ยังได้รับการยอมรับจากผู้ให้บริการรายใหญ่อ่างบริษัท NTT DoCoMo ผู้เปิดให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ I-mode ซึ่งใช้เทคโนโลยี PDC ให้เป็นมาตรฐาน 3G สำหรับใช้งานภายใต้เครื่องหมายการค้า “FOMA” โดยได้เปิดให้บริการในประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา และปัจจุบัน W-CDMA ได้กลายเป็นเครือข่าย 3G ที่ใหญ่ที่สุดในประเทศญี่ปุ่น

มาตรฐาน cdma2000 เป็นการพัฒนาเครือข่าย CDMA ให้รองรับการสื่อสารในยุค 3G รับผิดชอบการพัฒนามาตรฐานโดยองค์กร 3GPP2 มีเทคโนโลยีหลักคือ cdma2000-3xRTT ที่มีศักยภาพเทียบเท่ากับมาตรฐาน W-CDMA ของค่ายยุโรป แต่ปัจจุบันยังไม่มีกำหนดความพร้อมสำหรับให้บริการเชิงพาณิชย์ที่ชัดเจน สำหรับในประเทศไทย บริษัท ฮัทชีสัน ซีเอที ไวร์เลส มัลติมีเดีย จำกัด เปิดให้บริการเฉพาะเครือข่าย cdma20001xEV-DO ซึ่งยังมีขีดความสามารถเทียบเท่าเครือข่าย 2.75G เท่านั้น มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ W-CDMA ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้รองรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดียสมบูรณ์แบบ โดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารชนิด TDMA ที่ปรากฏอยู่ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2G/2.5G/2.75G ไปเป็นการสื่อสารแบบแฟกต์สวิตช์ ซึ่งซึ่งเต็มรูปแบบ สามารถรองรับทั้งการสื่อสารทั้ง Voice และ Non-Voice โดยมีมาตรฐานการรองรับและควบคุมคุณภาพของข้อมูลที่สมบูรณ์แบบ อันเป็นผลต่อเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเข้ารหัสข้อมูล (Information Coding) จึงทำให้ผู้ให้บริการเครือข่าย 3G ก้าวพ้นจากข้อจำกัดใน



การบริหารจัดการข้อมูลประเภท Voice และ Non-Voice ดังที่ปรากฏอยู่ในมาตรฐาน 2G/2.5G/2.75G ได้อย่างเด็ดขาด

### 2.2.5 ปัญหาสำคัญของระบบไร้สาย

การที่พัฒนาการของการสื่อสารไร้สายและระบบติดตามตัวยังไปได้ไม่ทันใจ ทั้งนี้ เพราะมีอุปสรรคและปัญหาที่สำคัญ ซึ่งเป็นปัญหาหลักสี่ประการคือ

1. ระบบไร้สายใช้อัตราการรับส่งข้อมูลได้ต่ำ
2. ค่าบริการค่อนข้างแพง
3. โมเด็มรับส่งแบบคลื่นวิทยุ ใช้กำลังงานไฟฟ้าสูง
4. ระบบยูสเซอร์อินเตอร์เฟซที่ใช้กับระบบติดตามตัวยังไม่ดี ไม่เหมาะกับการใช้งานขณะเคลื่อนที่

ปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ระบบไร้สายในยุค 3G ต้องแก้ไขให้ได้ให้หมด โดยเฉพาะระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ต้องเพิ่มอัตราการรับส่งข้อมูลให้ได้มาก เพื่อจะส่งรูปภาพหรือภาพเคลื่อนไหวได้ต้องมี อัตราค่าใช้บริการที่ถูกลง และเครื่องที่ใช้ ต้องใช้กำลังงานต่ำเพื่อจะใช้ได้นาน ส่วนระบบการเชื่อมต่อในปัจจุบันก็ก้าวมาในรูปแบบ WAP - Wireless Application Protocol หรือที่เรียกย่อๆ ว่า WAP

### 2.2.6 การจัดสรรคลื่นความถี่วิทยุสำหรับให้บริการ 3G

มาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ W-CDMA ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้รองรับการสื่อสารแบบมัลติมีเดียสมบูรณแบบ โดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารชนิด TDMA ที่ปรากฏอยู่ในเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2G/2.5G/2.75G ไปเป็นการสื่อสารแบบเพื่อกเกตสวิทซ์ซึ่งเต็มรูปแบบสามารถรองรับทั้งการสื่อสารทั้ง Voice และ Non-Voice โดยมีมาตรฐานการรองรับและควบคุมคุณภาพของข้อมูลที่สมบูรณแบบ อันเป็นผลต่อเนื่องมาจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีการเข้ารหัสข้อมูล (Information Coding) จึงทำให้ผู้ให้บริการเครือข่าย 3G ก้าวพ้นจากข้อจำกัดในการบริหารจัดการข้อมูลประเภท Voice และ Non-Voice ดังที่ปรากฏอยู่ในมาตรฐาน 2G/2.5G/2.75G ได้อย่างเด็ดขาด อย่างไรก็ตามเพื่อให้เครือข่าย W-CDMA สามารถรองรับการสื่อสารข้อมูลได้อย่างเต็มรูปแบบ และให้เกิดความคล่องตัวในการจัดสรรทรัพยากรความถี่วิทยุ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดย่านความถี่สำหรับใช้เปิดให้บริการ โดยเป็นไปตามแผนผังการจัดวางความถี่สากลทั่วโลก

ดังแสดงในรูปที่ 5 ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้ กิจการร่วมค้าไทย - โมบาย เป็นเพียงผู้ให้บริการ โทรศัพท์เคลื่อนที่รายเดียวในประเทศไทยที่สามารถเปิด ให้บริการเครือข่าย 3G แบบ W-CDMA ได้ในทันที เนื่องจากมีสิทธิใช้คลื่นความถี่วิทยุในย่าน 1965 – 1980 เมกะเฮิรตซ์ และ 2155 – 2170 เมกะเฮิรตซ์ ขณะที่ผู้ให้บริการเครือข่ายรายอื่น ๆ จำเป็นต้องยื่นคำร้องผ่านกระบวนการจัดสรรคลื่น ความถี่วิทยุโดยคณะกรรมการ กิจการกระจายเสียงและกิจการโทรศัพท์แห่งชาติ (กสช.) ซึ่งคาดว่า จะต้องใช้เวลาอีกหลายปีเพื่อให้ได้สิทธิ์ในการเปิดให้บริการ W-CDMA เป็นรายต่อไป

### 2.2.7 จุดเด่นของมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G แบบ W-CDMA

นอกจากมาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G จะมีการพัฒนาเทคโนโลยีสถานีฐาน ( Base Station Subsystem) จากยุค 2G ซึ่งใช้เทคโนโลยี TDMA เป็นการรับส่งข้อมูลในรูปแบบแพ็คเกจ เพื่อความคล่องตัวในการจัดสรรทรัพยากร ความถี่สำหรับให้บริการทั้งแบบ Voice และ Non-Voice อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด อันจะช่วยสร้างความรู้สึกให้กับผู้ใช้บริการ ( End User Perception) ถึง ความรวดเร็วในการสื่อสารข้อมูล และยังคงรักษาคุณภาพของการสนทนาที่เหนือกว่ามาตรฐาน 2G/2.5G/2.75G แล้ว มาตรฐาน W-CDMA ยังมีความคล่องตัวในการเชื่อมต่อเข้ากับเครือข่ายข้อมูล ที่อยู่ในโลกอินเทอร์เน็ต เนื่องจากมาตรฐานการเชื่อมต่อต่าง ๆ สอดรับกับมาตรฐานของ อุตสาหกรรมอินเทอร์เน็ตทุกประการ ก่อให้เกิดการเปิดกว้างในรูปแบบของความร่วมมือกับ พันธมิตรจำนวนมาก มีความคล่องตัวในการบันทึก จัดเก็บ และบริหารจัดการข้อมูลประเภท สื่อข้อมูล (Content) ต่าง ๆ เมื่อทำการเปรียบเทียบเฉพาะด้านของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูล จะ เห็นว่ามาตรฐานโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G นอกจากจะรองรับการสื่อสารข้อมูลที่รวดเร็วกว่ามาตรฐาน 2G/2.5G/2.75G แล้ว ยังก่อให้เกิดการถือกำเนิดของบริการรูปแบบใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถสร้างขึ้นบน เครือข่ายยุคในตระกูล 2G/2.5G/2.75G ได้ ที่เห็นได้ชัดเจนก็คือบริการ Video Telephony และ Video Conference ซึ่งเป็นการสื่อสารแบบเห็นหน้ากัน โดยเครือข่าย 3G จะทำการถ่ายทอดสดทั้ง ภาพและเสียงระหว่างคู่สนทนา โดยไม่เกิดความหน่วงหรือล่าช้าของข้อมูล

กล่าวโดยสรุป ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้มาตรฐานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G แบบ W-CDMA มี แนวโน้มของการประสบความสำเร็จทางธุรกิจที่รวดเร็วกว่ามาตรฐาน 2G จนถึง 2.75G นั้น สืบ เนื่องมาจากการปฏิวัติรูปแบบของเทคโนโลยีเครือข่าย เพื่อตอบสนองรูปแบบการสร้าง ความร่วมมือทางธุรกิจให้ผลิตภัณฑ์บริการ Non-Voice อย่างเต็มรูปแบบ

## 2.2.8 เทคโนโลยี 3G ในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทย ซึ่งเป็นหนึ่งในตลาดที่มีการเติบโตมาก การพัฒนาสู่เทคโนโลยี 3G ก็คงจะมีปริมาณการใช้บริการเพิ่มขึ้นไม่น้อยทีเดียว ในเรื่องรูปแบบของบริการก็จะซับซ้อนมากขึ้น ระบบเครือข่ายก็ต้องทำงานหนักขึ้น ตัวอย่างง่ายๆ ถ้าตามปกติใน 1 เดือน ใช้เวลาในการพูดโทรศัพท์ 200 นาที ส่งรูป 19 รูป ทาง MMS ระบบเครือข่ายต้องทำงานเพิ่ม 10 % ถ้าดาวน์โหลดเพลงอีก 20 เพลง วิดีโออีก 30 ไฟล์ และทำวิดีโอสตีมมิ่งอีก 15 นาที ระบบเครือข่ายต้องทำงานอีก 78% ปัญหาที่ผู้บริโภคจะรู้สึกคือ โทรศัพท์เสียงไม่ชัด สายหลุดบ่อย ดาวน์โหลดอะไรก็ช้าไม่ทันใจ โดยเฉพาะถ้าต้องการรับส่งภาพ ไฟล์เสียง หรือวิดีโอ เทคโนโลยี WCDMA หรือ 3G บนเครือข่าย GSM ช่วยแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ รวมทั้งยังเพิ่มคุณภาพการให้บริการได้อย่างดี เพราะเทคโนโลยี 3G สามารถกระจายปริมาณการใช้เครือข่ายได้อย่างทั่วถึง ทำให้ใช้ระบบเครือข่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้าจะเทียบให้เห็นง่ายๆ ก็เหมือนกับเราขยายถนนจาก 2 เลน ไปเป็น 8 แบบแยกฝั่งไปกลับคนละด้าน รถก็จะวิ่งได้เร็วขึ้นไม่กีดขวางช่องทางจราจร และรองรับรถได้มากขึ้นนั่นเอง ถ้าจะถามว่าเรารับส่งข้อมูลเร็วขึ้นแค่ไหน ก็คงพอๆ กับการใช้งานในองค์กรที่มีระบบ LAN จะช้ากว่าก็เพียง 2-3 วินาทีเท่านั้น

นอกจากนี้ ผู้ใช้บริการระบบสามารถคิดค้น สร้างสรรค์บริการใหม่ๆ ให้บริการหลายๆ ประเภทได้ในเวลาเดียวกัน และบริหารการให้บริการแยกประเภทบริการพิเศษกับบริการทั่วไป เพื่อสนองความต้องการที่แตกต่างกันของลูกค้าแต่ละรายได้อย่างตรงใจ เพิ่มประสิทธิภาพในการกำหนดอัตราค่าบริการและการเรียกเก็บเงินได้แม่นยำมากขึ้น

ปัจจุบันนี้ มีผู้ให้บริการระบบ 78 รายใน 36 ประเทศทั่วโลก ได้ติดตั้งเทคโนโลยี WCDMA หรือ 3G และเริ่มให้บริการได้แล้วซึ่งในจำนวนนี้ครั้งหนึ่งใช้เทคโนโลยีของโนเกียอยู่และมีผู้ที่ใช้บริการ WCDMA อยู่กว่า 28 ล้านคน เฉพาะในปีนี้ก็เพิ่มขึ้นมาถึง 11 ล้านคนทีเดียว

สำหรับประเทศไทย กทช. จะเป็นผู้ดูแลในการจัดสรรคลื่นความถี่ในย่าน 1900 เมกะเฮิรตซ์ และให้ License กับผู้ให้บริการ

## 2.2.9 เทคโนโลยี 3G ในต่างประเทศ

หากเอ่ยถึงการใช้งานโทรศัพท์มือถือภายใต้เทคโนโลยี 3G อาจกล่าวได้ว่าประเทศที่เริ่มดำเนินการมาก่อนใครๆ เห็นจะเป็นญี่ปุ่น ซึ่งมักเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าในการพัฒนาเทคโนโลยีกว่าที่ใดในโลก จากการพัฒนาของบริษัท NTT DoCoMo ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ให้บริการเครือข่ายสื่อสารไร้สายรายสำคัญของประเทศ โดยออกให้บริการ 3G ภายใต้ชื่อ FOMA (Freedom of Mobile Access) ในปี 2544 ภายใต้มาตรฐาน W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) ถือเป็นการออกให้บริการ 3G เป็นรายแรกของโลกก็ว่าได้

จากนั้น ผู้ให้บริการรายอื่นในญี่ปุ่นจึงทยอยเปิดตัวบริการ 3G ตามมา อย่าง Vodafone KK ซึ่งเป็นบริษัทลูกของ Vodafone Group ที่ทำธุรกิจอยู่ในญี่ปุ่น เริ่มออกให้บริการในปี 2545 ซึ่งใช้เทคโนโลยีในมาตรฐาน W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) เช่นเดียวกับ DoCoMo ตามด้วยบริษัท KDDI ซึ่งใช้เทคโนโลยี 3G ภายใต้มาตรฐาน CDMA 2000 1x ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยี CDMA 2000 1x และ CDMA 2000 1x EVDO Rev.0 ภายใต้ชื่อทำการค้าว่า CDMA 2000 1x และ CDMA 2000 1x -win ออกให้บริการในปี 2545 และ 2546 ตามลำดับ

จาก คุณสมบัติเทคโนโลยีที่ขยายขีดความสามารถด้านความเร็วในการดาวน์โหลดข้อมูลให้เพิ่มขึ้นกว่าเทคโนโลยี 2G โดยมีอัตราการอัปโหลดข้อมูลอยู่ที่ 64 กิโลบิตต่อวินาที และ 200 กิโลบิตต่อวินาทีสำหรับการดาวน์โหลดข้อมูล และด้วยประสิทธิภาพดังกล่าวจึงทำให้สามารถพัฒนาบริการใหม่ๆ ลงในโทรศัพท์มือถือได้มากมาย เช่น โทรศัพท์มือถือที่ผสมผสานความสามารถด้านวิดีโอแบบสองทาง การดาวน์โหลดภาพยนตร์ เกม เพลง หรือการใช้จ่ายเงินผ่านโทรศัพท์มือถือในลักษณะของอีวอลเล็ต (e-wallet) ซึ่งจากข้อมูลในช่วงต้นปีที่ผ่านมา ระบุว่าผู้ใช้บริการโทรศัพท์มือถือ 3G ในญี่ปุ่นแล้วราว 27 ล้านคน แบ่งเป็นผู้ใช้บริการของ KDDI 17,115,000 คน คิดเป็นส่วนแบ่งตลาด 63.5% NTT DoCoMo 9,316,600 คน (34.6%) และ Vodafone 527,300 คน (2.0%) เช่นเดียวกับในเกาหลีใต้ ซึ่งการพัฒนาเทคโนโลยี 3G ก็ไม่เป็นรองในญี่ปุ่น โดยมีผู้ให้บริการรายหลักอย่างเอสเค เทลคอม ซึ่งเป็นผู้ให้บริการเครือข่ายสื่อสารไร้สายรายใหญ่ของประเทศ ออกให้บริการโทรศัพท์มือถือ 3G ภายใต้มาตรฐาน CDMA 2000 1x โดยปัจจุบันมีผู้ใช้บริการแล้วมากกว่า 8.8 ล้านคน ด้วยความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงถึง 144 กิโลบิตต่อวินาที ทำให้สามารถรองรับบริการแทบทุกประเภทที่พัฒนาขึ้นสำหรับเทคโนโลยีดังกล่าว ซึ่งบริการหนึ่งที่กำลังเป็นที่จับตามองได้แก่บริการถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ ลงบนโทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีค่ายผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือในอันดับต้นๆ ของประเทศทั้งแอลจี และซัมซุงที่เริ่มพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดไปบ้างแล้ว ขณะที่ในภูมิภาคอื่นของโลก เช่น สหรัฐ และยุโรป ซึ่งมีการพูดถึงเทคโนโลยี 3G มาช้านานหลายปี แต่ก็ยังขยับตัวไปอย่างช้าๆ ส่วนหนึ่งมาจากพฤติกรรมผู้ใช้โทรศัพท์มือถือเองที่ยังนิยม

ในการใช้บริการ ประเภทเสียงและส่งข้อความสั้นมากกว่า ต่างจากผู้ใช้ในญี่ปุ่นหรือเกาหลีใต้ที่เปิดรับ ทดลองใช้เทคโนโลยีใหม่เร็วกว่า ดังนั้น จึงทำให้บริการ 3G ในยุโรปจึงไม่มีความหลากหลายเท่ากับ 2 ประเทศในเอเชีย กระแสการเติบโตของเทคโนโลยี 3G ยังมีอย่างต่อเนื่อง ดังมีความพยายามจากประเทศจีนที่จะพัฒนามาตรฐานเทคโนโลยี 3G ขึ้นใช้เองภายใต้ชื่อทีดี-เอสซีดีเอ็มเอ ส่วนหนึ่งเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่ต้องจ่ายค่าสิทธิบัตรการใช้เทคโนโลยีใน ราคาแพง แต่เนื่องจากประสิทธิภาพเทคโนโลยียังจำกัดเพียงเฉพาะการโทรหรือรับส่งข้อความที่เป็นอักษรแต่ไม่สามารถรองรับบริการประเภทดาวน์โหลดวีดีโอคลิปได้ ทำให้ทางโซนี่ โมบาย ซึ่งเป็นผู้ให้บริการเครือข่ายไร้สายรายใหญ่ของประเทศจากจำนวนผู้ใช้งาน โทรศัพท์มือถือที่มีมากกว่า 377 ล้านคน เริ่มมีแนวโน้มโอนเอียงมาทางมาตรฐาน W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) แทน ทั้งยังมีการทดลองการใช้งานชิปสำหรับการรับส่งด้านเสียงและข้อมูลภายใต้มาตรฐาน W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) ที่จีนพัฒนาขึ้นเองเป็นผลสำเร็จ สะท้อนความก้าวหน้าไปอีกหนึ่งขั้นของเทคโนโลยี 3G

## 2.3 ค่าพารามิเตอร์

### 2.3.1 Ping

ค่า ping คือเวลาในการตอบสนองระหว่างคอมพิวเตอร์สองเครื่อง ยิงอยู่ไกล ผ่านเครือข่ายระหว่างทางมาก เวลาจะยิ่งมากตาม หน่วยที่ใช้คือมิลลิวินาที (millisecond = ms = 1/1000 วินาที) ถ้า ping น้อย ก็เท่ากับคอมพิวเตอร์สามารถโต้ตอบกันได้เร็ว แต่ไม่เกี่ยวกับความเร็วในการโอนถ่ายข้อมูลโดยตรง ซึ่งตรงนั้นจะอยู่ที่ bandwidth ระหว่างกันมากกว่า แต่เกี่ยวโดยอ้อมเพราะการโอนถ่ายข้อมูล จะต้องมีการตอบรับว่าได้รับข้อมูลแล้ว จึงจะมีข้อมูลชุดต่อไปส่งมา ดังนั้นถ้า ping เยอะๆ จะเสียเวลาตรงนี้เพิ่มขึ้น ในทางทฤษฎี ไม่ว่าเราจะมี bandwidth มากแค่ไหน ping จะเท่าเดิมทางแก้ไขก็คือเปลี่ยนเครือข่ายที่ใช้งาน ซึ่ง "อาจ" จะทำให้การเดินทางของข้อมูล เปลี่ยนทิศทางไปยังทิศทางที่ดีขึ้น ซึ่งจะทำให้ ping ลดลง หรืออาจเปลี่ยนทิศทางการเดินทางไปยังจุดที่แย่ลง ที่จะทำให้ ping เพิ่มขึ้นก็ได้

### 2.3.2 Signal Strength

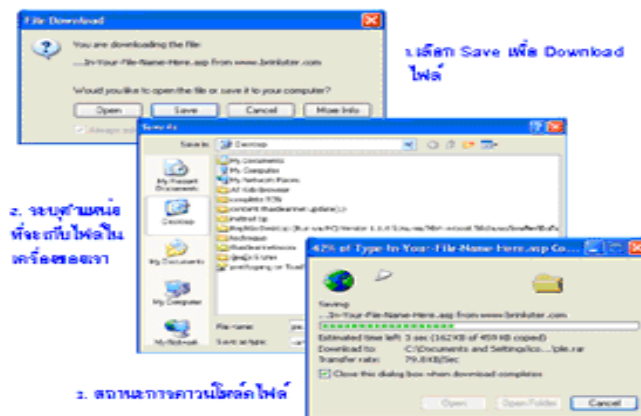
Signal Strength (dBm) คือ ค่าความแรงสัญญาณ ถ้าวัดความแรงสัญญาณได้มาก คุณภาพสัญญาณก็จะมากตามไปด้วย สามารถสรุปวิธีการพิจารณาสั้นๆ ได้ดังนี้ ถ้าตัวเลขที่ไม่นับรวมเครื่องหมายลบ “ มีค่าน้อยแสดงว่าดีกว่า ตัวเลขที่มีค่ามากกว่า ” ดังตัวอย่างในรูป

ACCESS POINT 00:02:CF:94:4F:6D		Negotiated Rate	Last Signal (dBm)
Uptime:	00:20:24	1	-89
Signal Strength:	-87 dBm	2	-88
CCQ:	9%	5	-88
Tx/Rx Rate:	5/12	6	-88
Tx/Rx Packets:	1270/1740	9	-86
Tx/Rx Packet Rate (pps):	0/0	11	-88
Bytes Transmitted:	195334	12	-87
Bytes Received:	1829669	18	-88
		24	-85
		36	N/A
		48	N/A
		54	N/A

รูปที่ 2.1 แสดงการเชื่อมต่อ True Wi-Fi ด้วย Ubiquity NANOSTATION2 ที่ระยะ 500-700 เมตร

### 2.3.3 Download

ในปัจจุบันเนื้อหาภายในเว็บไซต์จะเป็นแบบทั้งตัวหนังสือ รูปภาพ วิดีโอ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ก็สามารถให้ความบันเทิงแก่เพื่อนๆ ได้ผ่านบริการออนไลน์ แต่ในบางครั้งการรับบริการแบบออนไลน์อาจจะไม่สะดวกนัก จึงต้องนำมาเก็บไว้ใน เครื่องของผู้รับบริการ เพื่อที่จะอะไรอะไร รวดเร็วมมากยิ่งขึ้น กระบวนการที่โอนถ่ายข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ของผู้ให้บริการมายังเครื่องของเรา นี้เองที่เราเรียกว่า " การดาวน์โหลด " เว็บเบราว์เซอร์ ที่เป็นโปรแกรมท่องอินเทอร์เน็ตก็มีฟังก์ชันการดาวน์โหลดอยู่เช่นกัน เช่น Internet Explorer (IE) ที่เป็นเว็บเบราว์เซอร์ยอดนิยม ก็มีฟังก์ชันการดาวน์โหลดเพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้ (ดังภาพ)



2. ระบบผู้ใช้งาน  
ที่จะกับ ไฟล์ใน  
เครือข่ายของเขา

1. สถานการณ์การดาวน์โหลดไฟล์

รูปที่ 2.2 ภาพแสดงการDownloadข้อมูล

### 2.3.4 Upload

การส่งไฟล์ข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังอีกเครื่องหนึ่ง หมายถึงการส่งไฟล์ข้อมูลจากเครื่องของผู้ใช้ (client) ไปยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (server) เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ซึ่งก็คือการส่งข้อมูลต่างๆขึ้นไปเป็นข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

## 2.4 ระบบสมการ

### 2.4.1 ระบบสมการเชิงเส้น (system of linear equations)

สมการเชิงเส้น (Linear equation) คือสมการที่แต่ละพจน์มีเพียงค่าคงตัว หรือเป็นผลคูณระหว่างค่าคงตัวกับตัวแปรยกกำลังหนึ่ง ซึ่งจะมีดีกรีของพหุนามเท่ากับ 0 หรือ 1 สมการเหล่านี้เรียกว่า "เชิงเส้น" เนื่องจากสามารถวาดกราฟของฟังก์ชันบนระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้เป็นเส้นตรง รูปแบบทั่วไปของสมการเชิงเส้นในตัวแปร  $x$  และ  $y$  คือ  $y = mx + c$  (2.1) โดยที่  $m$  คือค่าคงตัวที่แสดงความชันหรือเกรเดียนต์ของเส้นตรง และพจน์  $b$  แสดงจุดที่เส้นตรงนี้ตัดแกน  $y$  สำหรับสมการที่มีพจน์  $x^2, y^{1/3}, xy$  ฯลฯ ที่มีดีกรีมากกว่าหนึ่งไม่เรียกว่าเป็นสมการเชิงเส้น

### 2.4.2 สมการเชิงเส้นสองตัวแปร (Linear Equation with two variables)

สมการเชิงเส้นสองตัวแปร คือ สมการที่มีตัวแปรสองตัว เลขชี้กำลังของตัวแปรแต่ละตัวเป็น 1 และตัวแปรไม่อยู่ในรูปการคูณกัน รูปแบบทั่วไปของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร คือ เมื่อ เป็นตัว

แปร และเป็นค่าคงตัวที่ และ ไม่เท่ากับศูนย์พร้อมกัน เพื่อความสะดวกของการเขียนกราฟ นิยมจัดสมการให้อยู่ในรูปที่สะดวกต่อการแทนค่า  $x$  และหาค่า  $y$  ดังนี้

$$Y = aX + b \quad \text{เมื่อ} \quad a, b \text{ เป็นค่าคงตัว} \quad (2.2)$$

$$\text{หรือ} \quad Y = mX + c \quad \text{เมื่อ} \quad m, c \text{ เป็นค่าคงตัว} \quad (2.3)$$

$m$  เป็นความชันของกราฟ, เป็นระยะตัดแกน  $y$

### 2.4.3 กราฟของสมการเชิงเส้นสองตัวแปร

1.  $m > 0$  และ  $c = 0$  กราฟจะทำมุมแหลมกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและผ่านจุดกำเนิด (0,0)
2.  $m > 0$  และ  $c \neq 0$  กราฟจะไม่ผ่านจุดกำเนิดและทำมุมแหลมกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
3.  $m > 0$  และ  $c = 0$  กราฟจะทำมุมป้านกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและผ่านจุดกำเนิด (0,0)
4.  $m > 0$  และ  $c \neq 0$  กราฟจะไม่ผ่านจุดกำเนิดและทำมุมป้านกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
5.  $m > 0$  และ  $c \neq 0$  กราฟจะขนานกับแกน  $x$  และห่างจากแกน  $x$  เป็นระยะทาง  $C$  หน่วย
6.  $m > 0$  และ  $c = 0$  เช่น  $y = 0$  กราฟคือแกน  $x$  ในทางตรงกันข้ามสมการ  $x = 0$  กราฟคือแกน  $y$  นั้นเอง

### 2.4.4 ความชัน ( Slope )

กำหนด  $L$  เป็นเส้นตรงที่ผ่านจุด  $P_1(x_1, y_1)$  และ  $P_2(x_2, y_2)$  โดยที่  $x_1 \neq x_2$ ,  $m$  เป็นความชันของเส้นตรง  $L$  ก็ต่อเมื่อ

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2.4)$$

$$x_2 - x_1$$

สังเกต ค่า  $m < 0$  ( เป็นลบ ) กราฟจะทำมุมป้านกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

จาก  $y = mx + c$ ;  $m$  เป็นความชันของกราฟ,  $C$  เป็นระยะตัดแกน  $y$

พิจารณา  $m$

1. ถ้า  $m > 0$  แล้ว เส้นตรงจะทำมุมแหลมกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
2. ถ้า  $m < 0$  แล้ว เส้นตรงจะทำมุมป้านกับแกน  $x$  ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
3. ถ้า  $m = 0$  แล้ว เส้นตรงจะขนานกับแกน  $x$
4. ถ้า  $m$  หาค่าไม่ได้ แล้ว ( $\infty$ ) เส้นตรงจะขนานกับแกน  $y$

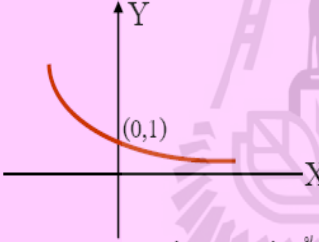
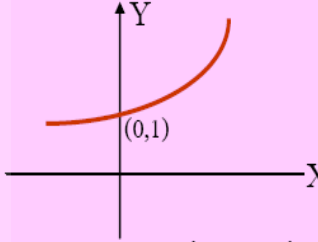


### 2.4.5 ฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

นิยาม  $f = \{(x, y) \in \mathbb{R} \times \mathbb{R}^+ \mid y = ax \text{ เมื่อ } a > 0 \text{ และ } a \neq 1\}$

คุณสมบัติของฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

1. กราฟตัดแกน Y ที่จุด  $(0, 1)$  เสมอ
2. เป็นฟังก์ชันชนิด 1-1 แบบสมนัยคือ  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+$
3. มีฟังก์ชันอินเวอร์สเป็น  $f^{-1}: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}$  ชื่อฟังก์ชันลอการิทึม
4. ถ้า  $a > 1$  เป็นฟังก์ชันเพิ่ม นั่นคือ  $1 < x_1 < x_2$  สรุปว่า  $x_1 < x_2$   
 $0 < a < 1$  เป็นฟังก์ชันลด นั่นคือ  $1 < x_1 < x_2$  สรุปว่า  $x_1 > x_2$
5. เนื่องจากเป็น 1-1 function ถ้า  $1 < x_1 = x_2$  แล้วจะได้  $x_1 = x_2$  ใช้สำหรับการแก้ สมการ
6. กราฟของ  $y = ax$  สมมาตรกับ  $y = a^{-x}$  เทียบกับแกน Y

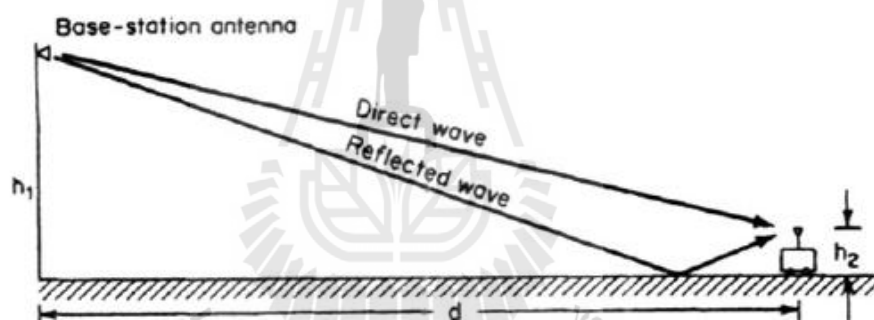
กรณี $0 < a < 1$	กรณี $a > 1$
<p>(1) </p> <p>ลักษณะของกราฟ: ขณะที่ x มีค่าเพิ่มขึ้น y จะมี</p>	<p>(1) </p> <p>ลักษณะของกราฟ: ขณะที่ x มีค่าเพิ่มขึ้น y จะมี</p>
<p>(2) จากลักษณะของฟังก์ชันลด จะได้ว่า</p> $x_1 > x_2 \iff a^{x_1} < a^{x_2}$ <p>หรือ <math>x_1 &lt; x_2 \iff a^{x_1} &gt; a^{x_2}</math></p>	<p>(2) จากลักษณะของฟังก์ชันเพิ่ม จะได้ว่า</p> $x_1 > x_2 \iff a^{x_1} > a^{x_2}$ <p>หรือ <math>x_1 &lt; x_2 \iff a^{x_1} &lt; a^{x_2}</math></p>

รูปที่ 2.3 แสดงการสรุป ลักษณะกราฟฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล

## 2.4.6 ทฤษฎีสมการการลดทอนในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทาง

แบบจำลองการแผ่กระจายคลื่นบนพื้นผิวเรียบ

ตัวอย่างที่ง่ายที่สุดสำหรับแบบจำลองการแผ่กระจายคลื่นคือการคำนวณสัญญาณที่สะท้อนจากพื้นผิวเรียบ สะท้อนมายังสถานีเคลื่อนที่ดังแสดงได้ตามรูปที่ 3.1 ซึ่งในบางตำราจะเรียกแบบจำลองแบบนี้ว่า Two-Ray Model เนื่องจากคิดเพียงกำลังของสัญญาณที่รับได้จากสัญญาณเพียงสองเส้นทางเท่านั้น แม้ว่าจะเป็นแบบจำลองอย่างง่าย แต่ก็มีการนำแบบจำลองนี้ไปประมาณค่าจากสถานการณ์จริง ค่าที่ได้นั้นถูกนำไปปรับเทียบเข้ากับผลการวัดจริงในหลายพื้นที่ และแบบจำลองนี้ก็ให้ความน่าเชื่อถือสูงพอสมควร



รูปที่ 2.4 แบบจำลองการแผ่กระจายคลื่นบนพื้นผิวเรียบ

สัญญาณของสถานีเคลื่อนที่ตามรูปที่ 3.1 จะมีค่าเท่ากับผลรวมของสองสัญญาณ ได้แก่สัญญาณของคลื่นตรงและสัญญาณของคลื่นสะท้อน ซึ่งกำลังของสัญญาณรวมหาได้จากสมการ

$$P_r = P_0 \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 |1 + \alpha \exp(j\Delta\phi)|^2 \quad (2.5)$$

เมื่อความต่างเฟสหาได้จากระยะทางที่ต่างกันของสองเส้นทางระหว่างเส้นทางตรงกับเส้นทางสะท้อน ตามสมการที่ (3.2)

$$\Delta d = \sqrt{(h_1 + h_2)^2 + d^2} - \sqrt{(h_1 - h_2)^2 + d^2} \quad (2.6)$$

สำหรับกรณีที่  $h_1+h_2 \ll d$  ทำให้ความแตกต่างนี้น้อยมาก

$$\Delta d \approx d \left[ 1 + \frac{(h_1+h_2)^2}{2d^2} - 1 - \frac{(h_1-h_2)^2}{2d^2} \right] = \frac{2h_1h_2}{d} \quad (2.7)$$

โดยปกติแล้วสัมประสิทธิ์การสะท้อนของคลื่นในแนวตั้งมีเท่ากับ -1 ดังนั้นแทนค่า  $\alpha = -1$  จะได้ว่ากำลังของสัญญาณที่รับได้หาได้จากสมการ

$$D_f = \frac{4h_1h_2}{\lambda} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ (3.4) ทำให้ได้ข้อสังเกตอยู่สองอย่างคือ

1. การทดลองเกิดขึ้นเป็นฟังก์ชันของระยะทางตามสมการ และมีค่าความชันเท่ากับ 40 dB/dec

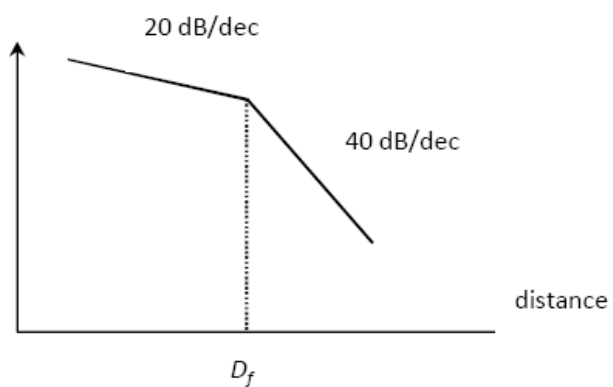
$$L = 40 \log(d'/d) \quad (2.9)$$

2. อัตราขยายมีค่าเป็นฟังก์ชันของความสูงของสายอากาศ ตามสมการ

$$\Delta G = 20 \log(h_1'/h_1) \quad (2.10)$$

แต่อย่างไรก็ตามการลดทอนที่เกิดขึ้นนี้มีความชันไม่เท่ากับกฎการลดทอนในอากาศว่างของ Friss's Formula ที่กำหนดด้วยอัตรา 20 dB/dec ดังนั้นในกรณีนี้สามารถอธิบายด้วยระยะทางของ Fresnel Zone ที่กำหนดให้ระยะห่างระหว่างสถานีฐานและสถานีเคลื่อนที่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับระยะทางในสมการ

$$D_f = \frac{4h_1h_2}{\lambda} \quad (2.11)$$



รูปที่ 2.5 การลดทอนในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทาง



### บทที่ 3

## การทดสอบระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

### 3.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 3 นี้จะศึกษาเรื่องระบบสัญญาณ 3G โดยจะกล่าวถึง อุปกรณ์การทดสอบสัญญาณ 3G หลักการทำงานของอุปกรณ์วัดสัญญาณ พื้นที่ในการให้บริการเครือข่าย 3G โปรแกรมที่นำมาใช้ทดสอบความเร็วของสัญญาณ และผลที่เก็บได้จากการวัดสัญญาณ เพื่อนำมาวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

### 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบสัญญาณ

#### 3.2.1 Air card Sierra Wireless



**รูปที่ 3.1** Air Card 503 ( Express Card Sierra Wireless )

คุณสมบัติ

- 1.รับสัญญาณ Edge / GPRS (class 12) ของ AIS, DTAC True และ TOT
- 2.รับ/ส่ง SMS ได้
- 3.รองรับระบบ 3G HSPA+ : 3G ความถี่ 850, 900, 1900, 2100 ของ AIS, DTAC, True และ TOT
- 4.ความเร็วสูงสุด : 3G Download 21.0Mbps / Upload 5.72Mbps

5.ใช้ได้กับ : Windows 2000, XP, Vista, 7 (32 & 64 bits) / Mac OS X หรือสูงกว่านั้น

### 3.2.2 หลักการทำงานของ Air Card

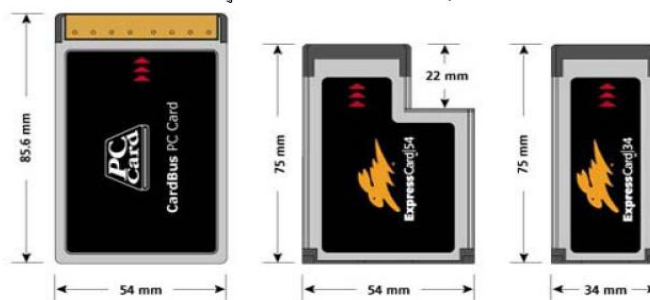
Air Card คือ อุปกรณ์ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในรูปแบบหนึ่ง ส่วนใหญ่ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาจำพวก Laptop หรือ Net book เป็นต้น การเชื่อมต่อคล้ายกับการต่อแบบ Dial-up แต่เป็นการเชื่อมต่อผ่านซิมการ์ดโทรศัพท์มือถือ โดยมีการคิดค่าบริการจ่ายแบบ package หรือจะเหมาจ่าย โดยการเชื่อมต่อสัญญาณจะใช้ GPRS หรือ EDGE ดังนั้น ถ้าที่ใดมีสัญญาณโทรศัพท์มือถือ นั้น แสดงว่า สามารถใช้ Air Card ได้ด้วยเช่นกัน การเชื่อมต่อ Air Card แบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. เชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB
2. เชื่อมต่อผ่านพอร์ต PCMCIA

Air Card จำเป็นต้อง check slot ที่ติดมากับ Notebook ตัวเองเพื่อความสะดวกและประหยัดเวลา จากรูปด้านล่าง จะเห็นว่ามี slot ของ notebook อยู่ 3 แบบ ด้านซ้ายสุดจะเรียกว่า PCMCIA เป็น slot ทั่วไปที่มีอยู่ใน notebook รุ่นก่อนปี 2549 จะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจะเป็น slot ที่เรียกว่า Express Card, notebook รุ่นใหม่ๆส่วนมากที่ผลิตหลังปี 2549 จะมีแต่ slot Express ติดมาให้ รูปทรงจะเป็นสี่เหลี่ยมมีรอยหยักเข้าไปตามภาพ



เปรียบเทียบรูปร่าง Slot ว่าเป็น PCMCIA หรือ ExpressCard



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบรูปร่าง Slot ว่าเป็น PCMCIA หรือ Express Card

### 3.2.3 วิธีติดตั้ง Driver และใช้งาน Air Card ของ Sierra Wireless

1. ใส่ Air Card เข้าไปใน Slot PCMCIA , Express หรือ USB ตามชนิดของ Air Card ที่มี แล้วทำการติดตั้งโปรแกรม 3G Watcher



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการติดตั้ง Air Card

2. Windows จะทำการ detected Air Card ครั้งแรกที่ได้ใส่ Air Card ใช้เวลาประมาณ 1-2 นาที หลังจาก Windows ขึ้นคำว่า "Ready to use" ตรงหัวมุมด้านขวา นั่นคือ Windows รู้จัก Air Card ตัวนี้แล้ว สามารถเรียก Program "3G Watcher" ที่เป็น icon บนหน้าจอและกดปุ่ม connect เพื่อทำการเชื่อมต่อ EDGE ระบบจะแจ้งว่า "เชื่อมต่อได้" หรือ "ไม่ได้"



รูปที่ 3.4 แสดงโปรแกรม 3G Watcher ที่ทำการconnectแล้ว

3. เปิด Browser เล่น internet แบบไร้สายได้ทุกที่ที่มีสัญญาณมือถือ

### 3.2.4 Adapter ExpressCard to USB Cable

ใช้ต่อกับ ExpressCard ของ Sierra Wireless หรือ Option Wireless เพื่อแปลงให้ใช้กับ USB ความยาวของสาย 15 ซม.



รูปที่ 3.5 Adapter Express Card to USB Cable

### 3.2.5 เสาอากาศนอก ( Antenna )

คุณสมบัติ

1. ใช้เพิ่มความสามารถในการรับสัญญาณ ของผู้ให้บริการ AIS , DTAC และ True ทั้งระบบ GPRS , EDGE และ 3G เหมาะกับพื้นที่ ที่รับสัญญาณได้ต่ำกว่า 3 ซีด (จาก 5 ซีด) โดยดูความแรงของสัญญาณ ได้จากตัว Program 3G Watcher หรือบนมือถือ
2. ใช้ได้กับ Air Card ของ Sierra Wireless ทุกรุ่น
3. ความยาวของสาย 2 เมตร / ความสูงของเสา 6 ซม.

## 3.3 โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองวัดสัญญาณ3G

### 3.3.1 โปรแกรมSierra 3G Watcher

1. กด connect เพื่อเริ่มทดสอบโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะ Run เอง
2. จากภาพด้านล่างสัญญาณ ที่รับได้คือ  $-73$  dBm (ยิ่งค่ามากยิ่งดี)





รูปที่ 3.6 ภาพแสดงการวัดค่า 3G watcher



รูปที่ 3.7 ภาพแสดงการวัดค่า 3G watcher( Upload , download )

ค่า Download คือ ค่าความเร็วในการ รับข้อมูล จากเว็บ ไซด์ที่ทดสอบ มายังที่เครื่องที่ใช้งาน (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)

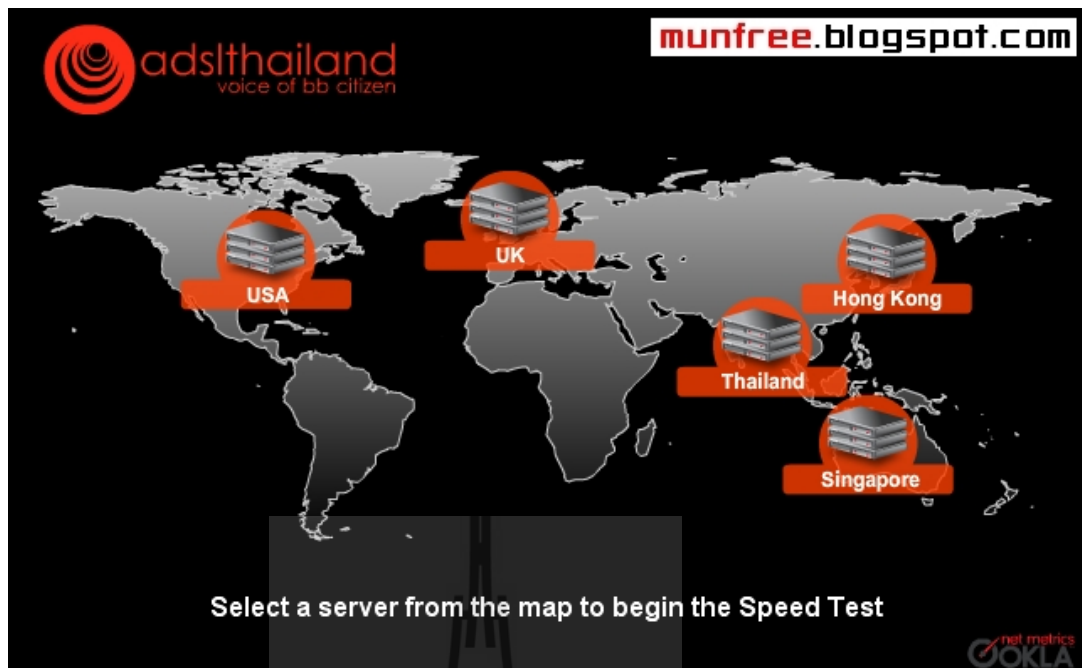
ค่า Upload คือ ค่าความเร็วในการ ส่งข้อมูล จากเครื่องที่ใช้งาน ไปยังเว็บ ไซด์ที่ทดสอบ (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)

### 3.3.2 โปรแกรมทดสอบSpeedจากเว็บไซด์ADSLThailand

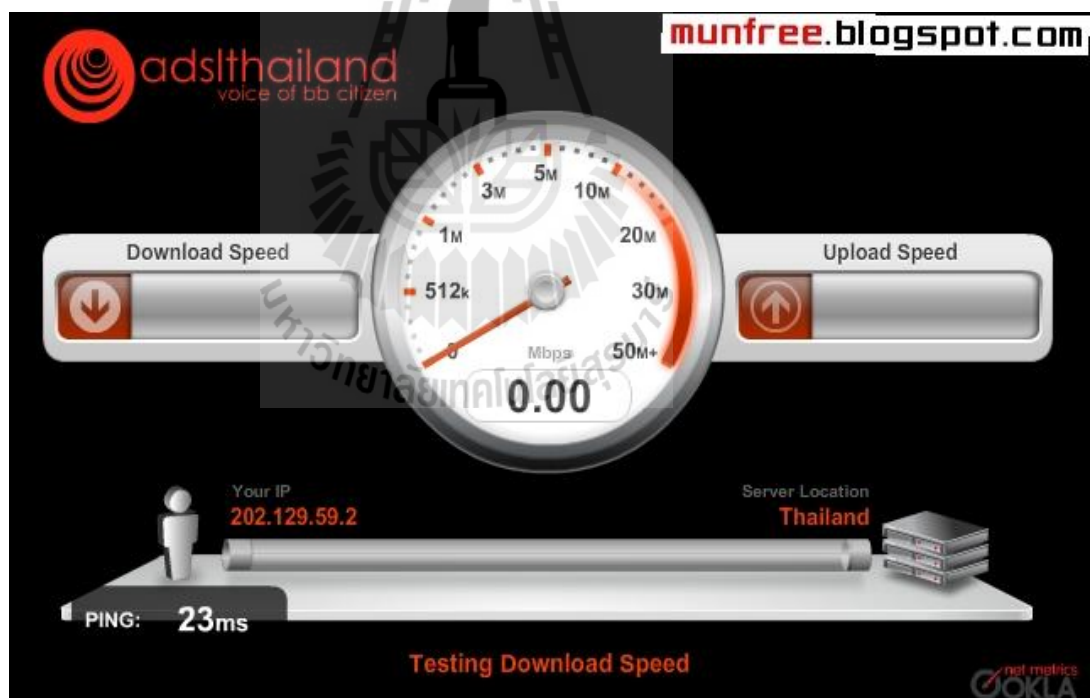
สามารถตรวจสอบความเร็วได้โดย

1.เข้าไปที่ <http://speedtest.adslthailand.com/>

2.เลือกประเทศที่เราอยู่ ดังรูป จากนั้น โปรแกรมจะ Run เอง



รูปที่ 3.8 โปรแกรม วัดความเร็วของเว็บไซต์ Adslthailand



รูปที่ 3.9 เมื่อทำการเลือกประเทศที่ทำการวัดความเร็วจะขึ้นหน้าต่าง Download speed และ Upload speed



### รูปที่ 3.10 โปรแกรมจะสรุปผลการวัดเมื่อทำการทดสอบค่าเรียบร้อยแล้ว

#### สรุป

- 1.ค่า Download คือ ค่าความเร็วในการ รับข้อมูล จากเว็บไซต์ที่ทดสอบ มายังที่เครื่องที่ใช้งาน (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)
- 2.ค่า Upload คือ ค่าความเร็วในการ ส่งข้อมูล จากเครื่องที่ใช้งาน ไปยังเว็บไซต์ที่ทดสอบ (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)
- 3.ค่า Ping เป็นค่าแสดงความเร็วในการตอบสนอง ระหว่างเครื่องที่ใช้งานกับเว็บไซต์ที่ทดสอบ (ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี)

### 3.3.3 โปรแกรมทดสอบspeedจากเว็บไซต์ Speed test

เป็นโปรแกรมเช็คความเร็วเน็ตต่างประเทศกับ speedtest.net

- 1.ไปที่เว็บไซต์ speedtest.net
2. ถ้าอยู่ประเทศไทย ก็จะมีปุ่มเหลืองแสดงจุดไอพีของผู้ใช้งาน ว่าเป็น Bangkok Thailand ก็คลิกตรงนั้น



รูปที่ 3.11 โปรแกรม speedtest แสดงตำแหน่งที่ต้องการทดสอบความเร็ว



รูปที่ 3.12 โปรแกรมทดสอบก็จะวิ่งทดสอบความเร็ว ทั้ง download และ upload



รูปที่ 3.13 โปรแกรมทำการสรุปผลเมื่อทำการทดสอบสัญญาณ

ข้อควรรู้ในการใช้งาน Speed Test ผลลัพธ์ที่ได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยดังนี้

1. ประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ (CPU, RAM, OS และ Disk I/O)
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานหนักแค่ไหน
3. ชนิดของบราวเซอร์ที่ใช้ (Firefox, IE, Safari, Google Chrome)
4. ลักษณะการเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ (modem, ADSL, Wifi, LAN)
5. Speed Test เป็นบริการตรวจวัดความเร็วอินเทอร์เน็ตของเรา กับ Website ที่ให้ทดสอบว่ามีความสามารถรับส่งข้อมูล

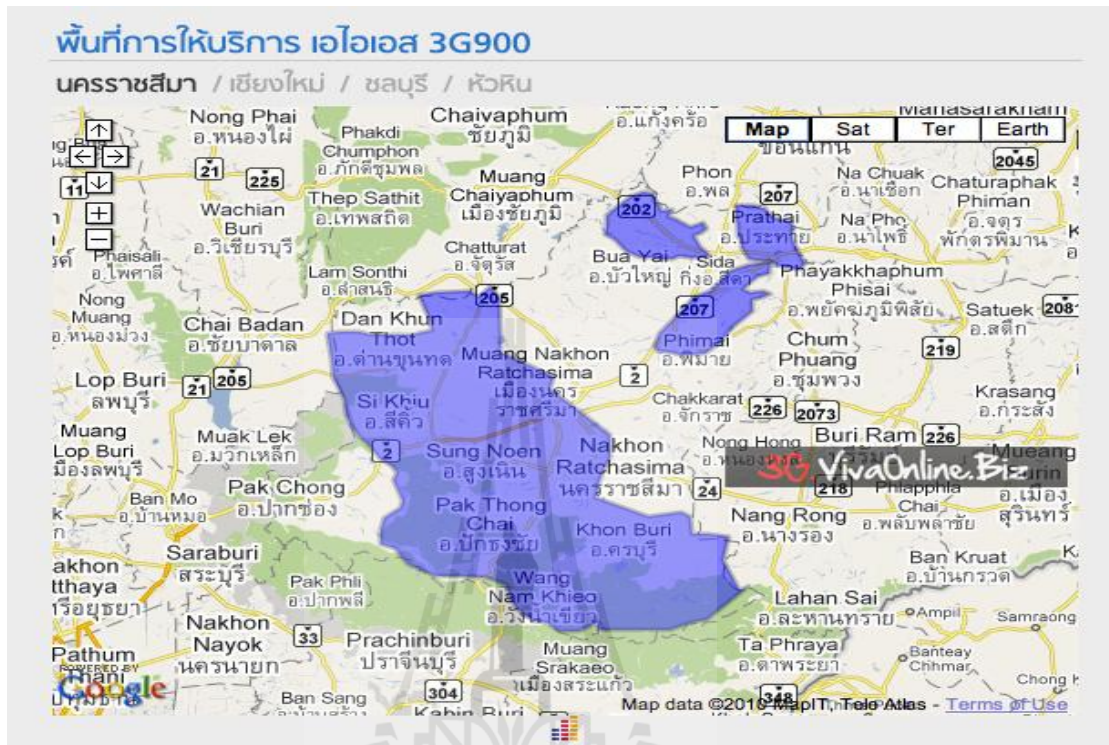
5.1) ค่า Download คือ ค่าความเร็วในการ รับข้อมูล จากเว็บไซต์ที่ทดสอบ มายังที่เครื่องที่ใช้งาน (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)

5.2) ค่า Upload คือ ค่าความเร็วในการ ส่งข้อมูล จากเครื่องที่ใช้งาน ไปยังเว็บไซต์ที่ทดสอบ (ค่ายิ่งมากยิ่งดี)

5.3) ค่า Ping เป็นค่าแสดงความเร็วในการตอบสนอง ระหว่างเครื่องที่ใช้งานกับเว็บไซต์ที่ทดสอบ (ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี)

### 3.4 แผนที่พื้นที่การทำงานที่ครอบคลุมของระบบ3G

#### 3.4.1 แผนที่พื้นที่บริการ เอไอเอส 3G900



รูปที่ 3.14 แผนที่เส้นทางการวัดสัญญาณ3Gในจังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### 3.4.2 แผนที่พื้นที่บริการ เอไอเอส 3G900 ในอำเภอปักธงชัย



รูปที่ 3.15 แผนที่เส้นทางการวัดสัญญาณ 3G ในอำเภอปักธงชัย



## บทที่ 4

### สรุปผลการวัดสัญญาณ3G

#### 4.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 4 จะกล่าวถึงผลการวัดสัญญาณ3GจากโปรแกรมSierra 3G Watcher จากเว็บไซต์ADSLThailand และ จากเว็บไซต์ Speed test ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบสัญญาณแล้วเก็บข้อมูลมานั้น ได้นำมาพล็อตกราฟความสัมพันธ์เพื่อหาสมการในการวิเคราะห์การครอบคลุมพื้นที่ของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G

#### 4.2 ผลการวัดสัญญาณ3GจากโปรแกรมSierra 3G Watcher

##### 4.2.1 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการวัด Signal Strength (dBm)

ตารางที่4.1 ผลการบันทึกการวัดค่า Signal Strength (dBm)

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna				มี Antenna			
		Signal Strength(dBm)				Signal Strength(dBm)			
		1	2	3	Average	1	2	3	Average
-0.5,0	1.7	-53	-53	-53	-53	-47	-47	-47	-47
-1,0	2	-53	-53	-53	-53	-50	-50	-50	-50
-1,1	2.15	-54	-54	-54	-54	-50	-50	-50	-50
-1,2	2.35	-54	-54	-54	-54	-51	-51	-51	-51
-1,3	2.5	-54	-54	-54	-54	-51	-51	-51	-51
-1,4	2.61	-54	-54	-54	-54	-51	-51	-51	-51
-1,5	2.71	-54	-54	-54	-54	-52	-52	-52	-52
-1,6	2.78	-55	-55	-55	-55	-53	-53	-53	-53
-1,7	2.85	-55	-55	-55	-55	-53	-53	-53	-53
-1,8	2.91	-55	-55	-55	-55	-53	-53	-53	-53
-1,9	2.96	-61	-61	-61	-61	-54	-54	-54	-54
-1,10	3	-61	-61	-61	-61	-54	-54	-54	-54
-1,11	3.04	-62	-62	-62	-62	-55	-55	-55	-55



$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna				มี Antenna			
		Signal Strength(dBm)				Signal Strength(dBm)			
		1	2	3	Average	1	2	3	Average
-1,12	3.08	-62	-62	-62	-62	-55	-55	-55	-55
-1,13	3.12	-63	-63	-63	-63	-55	-55	-55	-55
-1,14	3.15	-65	-65	-65	-65	-59	-59	-59	-59
-1,15	3.18	-65	-65	-65	-65	-59	-59	-59	-59
-1,16	3.2	-66	-66	-66	-66	-59	-59	-59	-59
-1,17	3.23	-69	-69	-69	-69	-65	-65	-65	-65
-1,18	3.256	-78	-78	-78	-78	-73	-73	-73	-73

#### ผลการทดสอบการวัด Download (Mbps)

ตารางที่ 4.2 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบไม่มี Antenna

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	384.29	391.32	394.91	390.173
-0.5,0	0.5	356.31	359.90	364.00	360.070
1,0	1	315.46	324.18	329.19	322.943
-1,0	1	272.99	280.96	288.40	280.783
-1,1	1.41	228.09	228.11	228.24	228.147
-1,-1	1.41	204.26	204.54	204.54	204.447
0,2	2	175.28	175.31	175.36	175.317
2,0	2	170.69	170.93	170.94	170.853
-0.5,2	2.06	157.67	161.22	164.99	161.293
-1,2	2.24	148.54	148.59	148.59	148.573
-1,-2	2.24	146.60	146.63	146.74	146.657
3,0	3	125.46	125.46	125.46	125.460

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0.5,3	3.04	119.94	120.00	120.10	120.013
-1,3	3.16	120.24	120.32	120.40	120.320
-1,-3	3.16	109.37	111.80	115.06	112.077
4,0	4.00	102.61	102.66	102.70	102.657
0.5,4	4.03	95.67	95.72	95.84	95.743
-1,4	4.12	94.92	94.92	94.93	94.923
-1,-4	4.12	87.88	87.88	87.88	87.880
0.5,5	5.02	93.84	93.89	93.89	93.873
5,0.5	5.02	76.19	78.15	80.11	78.150
-1,5	5.10	77.94	78.62	78.69	78.417
-1,-5	5.10	77.94	78.62	78.69	78.417
-2,5.5	5.85	68.13	68.14	68.19	68.153
0,6	6.00	63.96	64.02	64.18	64.053
6,1	6.08	63.96	64.02	64.18	64.053
-1,6	6.08	77.30	77.30	77.30	77.300
-1,-6	6.08	44.27	49.00	52.37	48.547
-3,5.5	6.26	51.30	52.00	54.22	52.507
-3,-5.5	6.26	24.80	24.88	26.85	25.510
6,2	6.32	43.98	44.06	44.14	44.060
-2,-6	6.32	42.08	42.53	42.56	42.390
1,6.5	6.58	19.05	14.72	14.75	16.173
-4,-5.5	6.80	42.55	42.74	42.77	42.687
-4,6	7.21	40.48	41.53	42.44	41.483
2,7	7.28	46.30	51.56	53.83	50.563
-5,-5.5	7.43	36.57	37.62	37.81	37.333
3,7	7.61	34.66	34.82	35.28	34.920

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
7,3	7.62	20.36	20.42	20.42	20.400
-7,3	7.62	31.72	32.47	32.94	32.377
-6.5,4	7.63	20.34	22.53	24.20	22.357
-7.5,2	7.76	14.86	14.98	14.98	14.940
-6,5	7.81	22.14	23.53	24.25	23.307
-4,7	8.06	24.21	24.21	24.21	24.210
-8,1	8.06	0.01	0.17	5.15	1.778
-6,-5.5	8.14	0.01	0.17	5.15	1.778
-6,6	8.49	22.06	22.06	22.06	22.060
4,7.5	8.50	16.49	16.58	16.58	16.550
-8.5,0	8.50	20.94	20.97	20.97	20.960
-5,7	8.60	21.96	23.80	25.56	23.773
-7,-5.5	8.90	16.08	16.15	16.25	16.160
8,4	8.94	2.78	4.63	7.03	4.813
-9,-1	9.06	16.81	16.83	16.83	16.823
5,8	9.43	3.23	7.01	7.91	6.050
8,5	9.43	8.52	8.52	8.52	8.520
-8,-5.5	9.71	4.28	7.24	11.99	7.837
-9.5,-2	9.71	55.99	56.00	56.01	56.000
-9.5,-3	9.96	9.25	9.25	9.25	9.250
8,6	10.00	3.89	5.30	6.36	5.183
-9.5,-4	10.31	15.94	15.97	15.97	15.960
6,8.5	10.40	20.64	20.71	20.80	20.717
-9,-6	10.82	23.89	9.96	22.38	18.743
7,8.5	11.01	3.37	5.00	6.36	4.910
8.5,7	11.01	54.83	57.32	58.41	56.853

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-10,-5	11.18	0.128	5.88	0.123	2.046
8,8	11.31	3.610	4.70	4.750	4.353
-9.5,-6.5	11.51	0.604	1.58	1.590	1.259
-10,-6	11.66	4.490	6.93	6.950	6.123



## ผลการทดสอบการวัด Download (Mbps)

ตารางที่ 4.3 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบมี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	399.98	402.17	406.3	402.817
-0.5,0	0.5	365.21	375.90	381.82	374.310
1,0	1	334.52	345.43	351.69	343.880
-1,0	1	292.31	302.09	310.24	301.547
-1,1	1.41	246.02	246.15	246.16	246.110
-1,-1	1.41	216.10	216.13	216.22	216.150
0,2	2	190.18	190.21	190.24	190.210
2,0	2	188.90	188.90	188.90	188.900
-0.5,2	2.06	170.89	178.84	184.40	178.043
-1,2	2.24	160.52	160.52	160.52	160.520
-1,-2	2.24	158.23	158.26	158.37	158.287
3,0	3	136.90	137.09	137.16	137.050
0.5,3	3.04	134.76	134.81	134.84	134.803
-1,3	3.16	133.34	133.35	133.41	133.367
-1,-3	3.16	124.54	126.52	126.52	125.860
4,0	4	114.47	114.67	114.73	114.623
0.5,4	4.03	108.81	108.92	108.97	108.900
-1,4	4.12	107.47	107.62	107.63	107.573
-1,-4	4.12	103.83	107.85	108.24	106.640
0.5,5	5.02	106.35	106.36	106.36	106.357
5,0.5	5.02	93.54	95.93	98.68	96.050
-1,5	5.10	89.08	91.06	91.11	90.416
-1,-5	5.10	89.08	91.06	91.11	90.416
-2,5.5	5.85	81.67	81.75	81.75	81.723

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6	77.15	77.16	77.21	77.173
6,1	6.08	77.15	77.16	77.21	77.173
-1,6	6.08	68.50	77.25	77.25	74.333
-1,-6	6.08	65.69	72.73	75.07	71.163
-3,5.5	6.26	65.5	65.61	65.66	65.590
-3,-5.5	6.26	56.32	62.16	62.40	60.293
6,2	6.32	56.21	56.22	56.22	56.217
-2,-6	6.32	55.14	55.25	55.25	55.213
1,6.5	6.58	82.27	82.84	0.37	55.163
-4,-5.5	6.80	54.39	55.39	55.52	55.100
-4,6	7.21	48.88	49.96	51.36	50.067
2,7	7.28	67.31	69.73	12.97	50.003
-5,-5.5	7.43	47.33	48.53	48.96	48.273
3,7	7.61	43.46	43.76	43.89	43.703
7,3	7.62	40.15	40.17	40.25	40.190
-7,3	7.62	36.83	38.32	40.15	38.433
-6.5,4	7.63	32.52	36.01	37.13	35.220
-7.5,2	7.76	34.34	34.35	34.36	34.350
-6,5	7.81	30.28	34.50	35.59	33.457
-4,7	8.06	32.23	32.23	32.23	32.230
-8,1	8.06	21.64	31.57	43.45	32.220
-6,-5.5	8.14	21.64	31.57	43.45	32.220
-6,6	8.49	31.55	31.55	31.55	31.550
4,7.5	8.50	31.33	31.36	31.39	31.360
-8.5,0	8.50	31.22	31.22	31.22	31.220
-5,7	8.60	29.68	30.77	32.68	31.043

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	29.08	29.18	29.26	29.173
8,4	8.94	26.00	27.48	29.19	27.557
-9,-1	9.06	27.49	27.57	27.57	27.543
5,8	9.43	20.20	22.97	25.02	22.730
8,5	9.43	17.40	17.41	17.46	17.433
-8,-5.5	9.71	10.43	16.18	16.41	14.340
-9.5,-2	9.71	13.77	13.77	13.83	13.790
-9.5,-3	9.96	13.70	13.74	13.79	13.743
8,6	10.00	11.04	12.16	13.31	12.170
-9.5,-4	10.31	11.12	11.12	11.12	11.120
6,8.5	10.40	10.32	10.32	10.32	10.320
-9,-6	10.82	0.17	11.54	18.55	10.088
7,8.5	11.01	9.68	9.68	9.71	9.690
8.5,7	11.01	5.37	5.37	5.37	5.370
-10,-5	11.18	2.84	4.91	6.95	4.900
8,8	11.31	4.45	4.46	4.49	4.467
-9.5,-6.5	11.51	4.28	4.50	4.54	4.440
-10,-6	11.66	0.01	0.94903	4.75	1.904

## ผลการทดสอบการวัด Upload (Mbps)

ตารางที่ 4.4 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบไม่มี Antenna

(x,y)	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	91.80	94.17	94.71	93.560
-0.5,0	0.5	85.29	85.85	86.29	85.810
1,0	1.00	76.52	78.04	79.04	77.867
-1,0	1.00	66.24	67.89	68.80	67.643
-1,1	1.41	32.06	32.59	32.67	32.440
-1,-1	1.41	28.47	28.99	29.20	28.887
0,2	2.00	24.96	25.25	25.32	25.177
2,0	2.00	24.22	24.37	24.56	24.383
-0.5,2	2.06	38.31	38.89	39.34	38.847
-1,2	2.24	21.10	21.11	21.11	21.107
-1,-2	2.24	21.64	22.03	22.20	21.957
3,0	3.00	19.88	19.88	19.88	19.880
0.5,3	3.04	16.73	17.09	17.10	16.973
-1,3	3.16	19.91	20.32	20.33	20.187
-1,-3	3.16	20.96	21.58	21.64	21.393
4,0	4.00	15.32	15.52	15.77	15.537
0.5,4	4.03	15.31	15.91	15.94	15.720
-1,4	4.12	10.83	10.88	11.30	11.003
-1,-4	4.12	12.23	12.23	12.23	12.230
0.5,5	5.02	11.24	11.36	11.36	11.320
5,0.5	5.02	15.00	15.03	15.10	15.043
-1,5	5.10	10.43	10.89	11.55	10.957
-1,-5	5.10	10.43	10.89	11.55	10.957
-2,5.5	5.85	11.84	12.03	12.20	12.023



$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	6.98	7.05	7.13	7.053
6,1	6.08	6.98	7.05	7.13	7.053
-1,6	6.08	53.42	53.42	53.42	53.420
-1,-6	6.08	4.16	4.29	4.62	4.357
-3,5.5	6.26	7.42	7.71	7.99	7.707
-3,-5.5	6.26	5.01	5.06	5.10	5.057
6,2	6.32	7.74	8.19	8.19	8.040
-2,-6	6.32	1.65	2.58	3.06	2.430
1,6.5	6.58	10.43	1.27	1.29	4.330
-4,-5.5	6.80	4.46	4.72	4.90	4.693
-4,6	7.21	5.24	5.27	5.38	5.297
2,7	7.28	9.11	9.48	9.94	9.510
-5,-5.5	7.43	4.07	4.20	4.46	4.243
3,7	7.61	4.84	4.97	5.11	4.973
7,3	7.62	5.26	5.39	5.39	5.347
-7,3	7.62	4.79	4.91	5.41	5.037
-6.5,4	7.63	4.52	4.56	4.61	4.563
-7.5,2	7.76	2.42	2.82	2.82	2.687
-6,5	7.81	2.45	2.48	2.51	2.480
-4,7	8.06	4.71	4.71	4.71	4.710
-8,1	8.06	0.012	0.05	0.25	0.103
-6,-5.5	8.14	0.012	0.05	0.25	0.103
-6,6	8.49	2.66	2.66	2.66	2.660
4,7.5	8.50	1.74	1.93	1.94	1.870
-8.5,0	8.50	2.84	3.03	3.03	2.967
-5,7	8.60	2.79	3.35	3.96	3.367

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	1.41	2.49	2.55	2.150
8,4	8.94	0.23	0.27	0.34	0.279
-9,-1	9.06	2.26	2.26	2.26	2.260
5,8	9.43	0.25	0.48	1.06	0.597
8,5	9.43	1.50	1.50	1.50	1.500
-8,-5.5	9.71	0.24	0.33	1.42	0.665
-9.5,-2	9.71	12.58	12.58	12.59	12.583
-9.5,-3	9.96	1.35	1.35	1.35	1.350
8,6	10.00	0.25	0.28	0.40	0.314
-9.5,-4	10.31	2.17	2.18	2.18	2.177
6,8.5	10.40	3.14	3.14	3.17	3.150
-9,-6	10.82	16.48	0.73	2.00	6.405
7,8.5	11.01	0.26	0.30	0.32	0.296
8.5,7	11.01	6.60	6.64	6.72	6.653
-10,-5	11.18	0.06	0.15	0.06	0.089
8,8	11.31	0.23	2.08	2.08	1.465
-9.5,-6.5	11.51	0.06	0.12	0.21	0.126
-10,-6	11.66	0.48	0.80	1.60	0.958

## ผลการทดสอบการวัด Upload (Mbps)

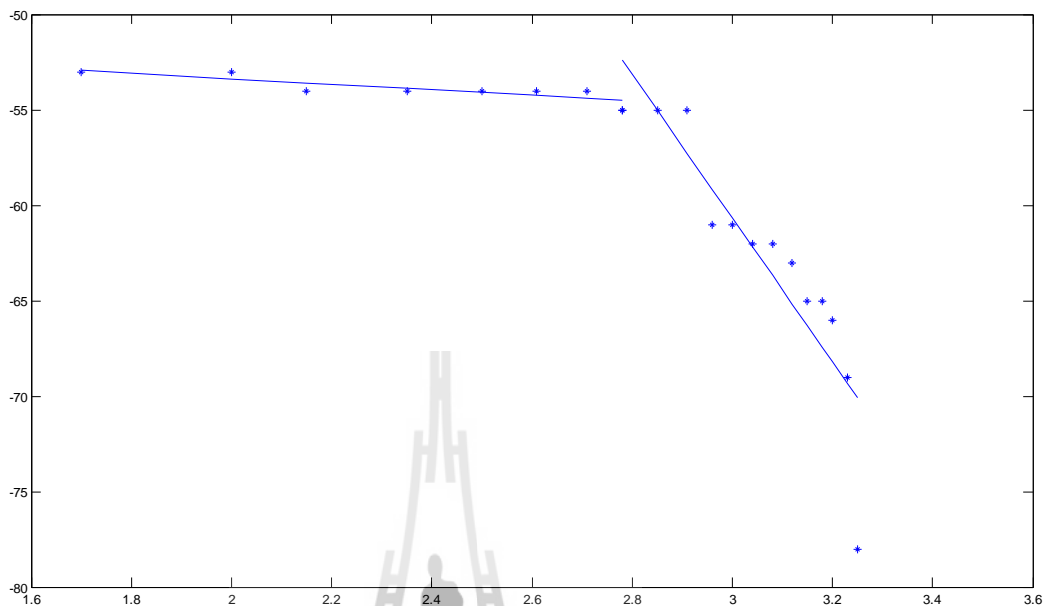
ตารางที่ 4.5 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบมี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	95.09	95.55	96.22	95.620
-0.5,0	0.50	86.61	88.83	89.91	88.450
1,0	1.00	80.34	81.51	84.47	82.107
-1,0	1.00	71.03	73.00	74.19	72.740
-1,1	1.41	34.08	34.30	34.54	34.307
-1,-1	1.41	30.06	30.28	30.74	30.360
0,2	2.00	27.14	27.28	27.29	27.237
2,0	2.00	26.22	26.22	26.22	26.220
-0.5,2	2.06	40.47	42.63	44.60	42.567
-1,2	2.24	23.03	23.03	23.03	23.030
-1,-2	2.24	23.08	23.33	23.41	23.273
3,0	3.00	20.41	20.44	20.48	20.443
0.5,3	3.04	18.17	18.62	18.89	18.560
-1,3	3.16	21.11	21.53	21.99	21.543
-1,-3	3.16	23.31	23.98	23.98	23.757
4,0	4.00	17.36	18.23	18.40	17.997
0.5,4	4.03	18.10	18.37	18.37	18.280
-1,4	4.12	14.06	15.36	15.37	14.930
-1,-4	4.12	14.16	14.48	15.14	14.593
0.5,5	5.02	13.19	13.19	13.2	13.193
5,0.5	5.02	17.00	17.18	17.78	17.320
-1,5	5.10	11.85	12.64	13.43	12.640
-1,-5	5.10	11.85	12.64	13.43	12.640
-2,5.5	5.85	14.01	14.02	14.02	14.017

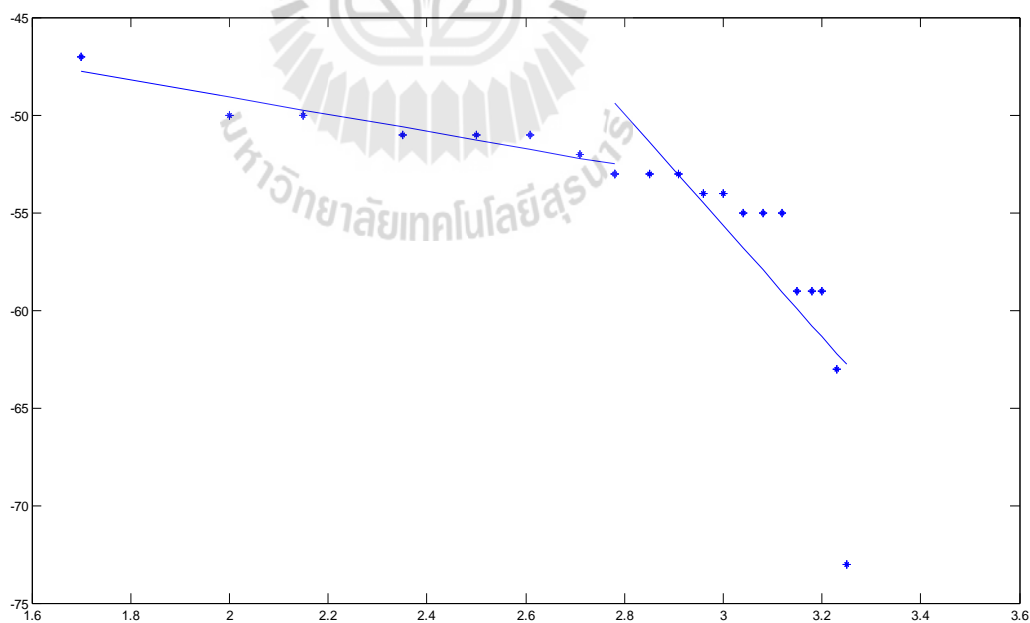
$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	8.28	8.53	8.74	8.517
6,1	6.08	8.28	8.53	8.74	8.517
-1,6	6.08	45.03	51.3	51.3	49.210
-1,-6	6.08	7.33	7.85	8.14	7.773
-3,5.5	6.26	9.66	9.96	9.96	9.860
-3,-5.5	6.26	5.15	5.33	6.62	5.700
6,2	6.32	9.10	9.42	9.79	9.437
-2,-6	6.32	4.46	4.76	4.76	4.660
1,6.5	6.58	51.08	51.55	70.3	57.643
-4,-5.5	6.80	5.89	6.45	6.76	6.367
-4,6	7.21	6.66	6.71	6.94	6.770
2,7	7.28	12.13	12.24	12.97	12.447
-5,-5.5	7.43	5.81	6.18	6.38	6.123
3,7	7.61	5.97	6.61	6.76	6.447
7,3	7.62	8.88	9.71	9.89	9.493
-7,3	7.62	6.32	6.34	6.89	6.517
-6.5,4	7.63	5.80	6.12	6.30	6.073
-7.5,2	7.76	4.06	4.61	5.12	4.597
-6,5	7.81	3.82	3.96	4.18	3.987
-4,7	8.06	6.99	6.99	6.99	6.990
-8,1	8.06	5.00	7.36	11.08	7.813
-6,-5.5	8.14	5.00	7.36	11.08	7.813
-6,6	8.49	3.87	3.87	3.87	3.870
4,7.5	8.50	3.28	3.54	3.87	3.563
-8.5,0	8.50	4.74	4.74	4.74	4.740
-5,7	8.60	4.68	5.19	5.59	5.153

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	3.34	3.77	4.11	3.740
8,4	8.94	3.54	3.57	3.61	3.573
-9,-1	9.06	4.36	4.36	4.36	4.360
5,8	9.43	2.59	2.72	3.15	2.820
8,5	9.43	2.51	2.78	2.94	2.743
-8,-5.5	9.71	0.57	1.12	1.63	1.105
-9.5,-2	9.71	1.14	1.37	1.52	1.34
-9.5,-3	9.96	1.62	1.67	1.71	1.667
8,6	10.00	1.41	1.44	1.47	1.440
-9.5,-4	10.31	1.44	1.44	1.44	1.440
6,8.5	10.40	1.18	1.18	1.18	1.180
-9,-6	10.82	0.06	0.93	1.94	0.977
7,8.5	11.01	1.77	1.90	1.90	1.857
8.5,7	11.01	0.89	0.88	0.88	0.877
-10,-5	11.18	0.10	0.35	1.30	0.586
8,8	11.31	0.18	0.40	0.57	0.383
-9.5,-6.5	11.51	0.14	0.64	0.66	0.480
-10,-6	11.66	0.01	0.08	0.14	0.076

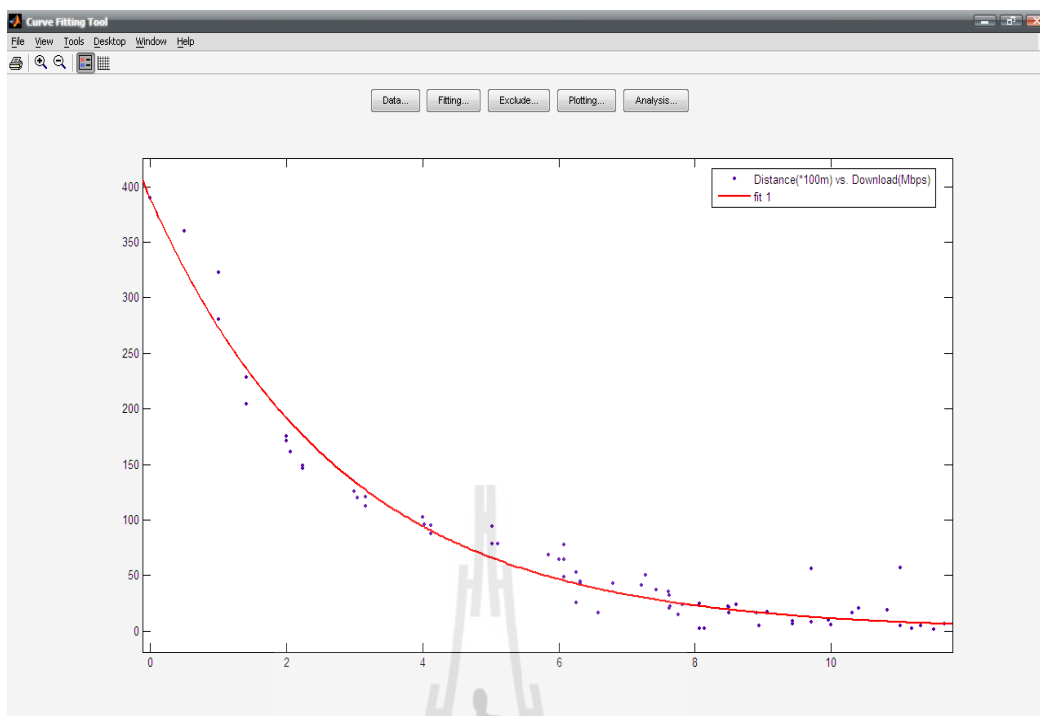
#### 4.2.2 กราฟสัญญาณ3Gที่วัดได้จากโปรแกรม3G Watcher



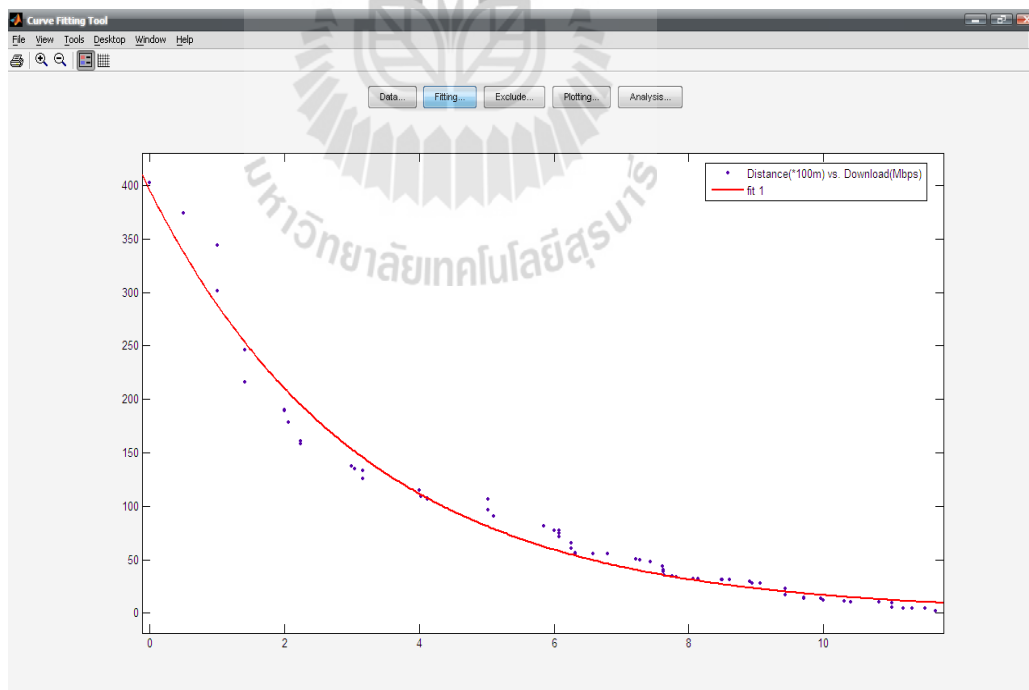
รูปที่ 4.1 กราฟการทดสอบสัญญาณSignal Strength แบบไม่มีAntenna



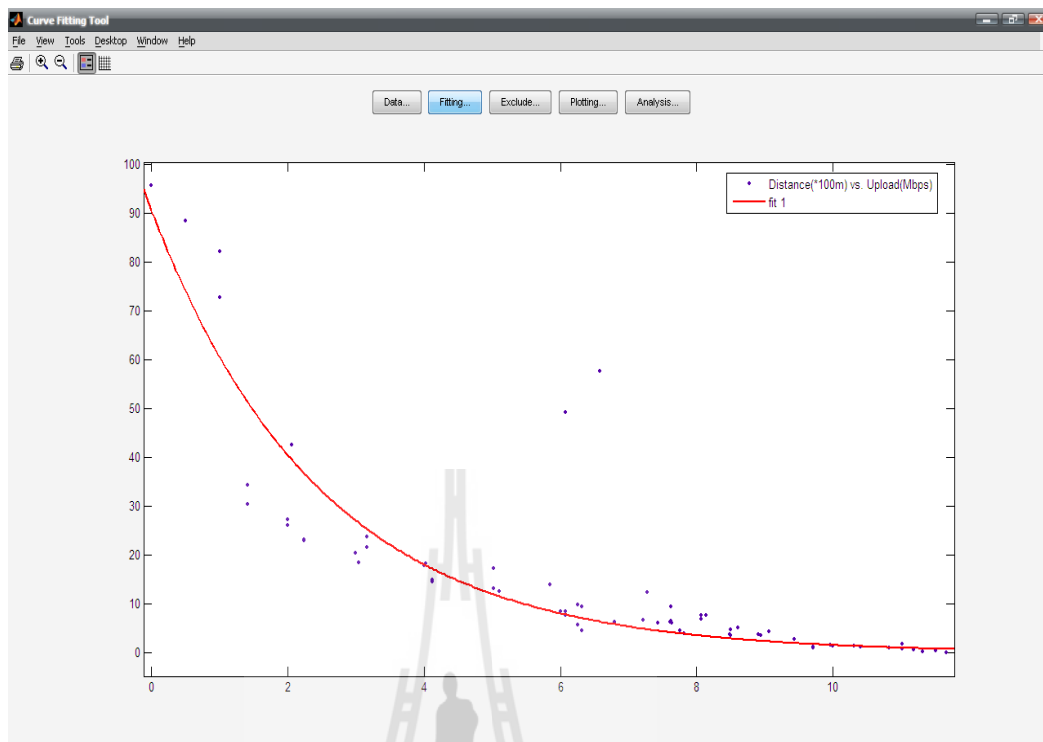
รูปที่ 4.2 กราฟการทดสอบสัญญาณSignal Strength แบบมีAntenna



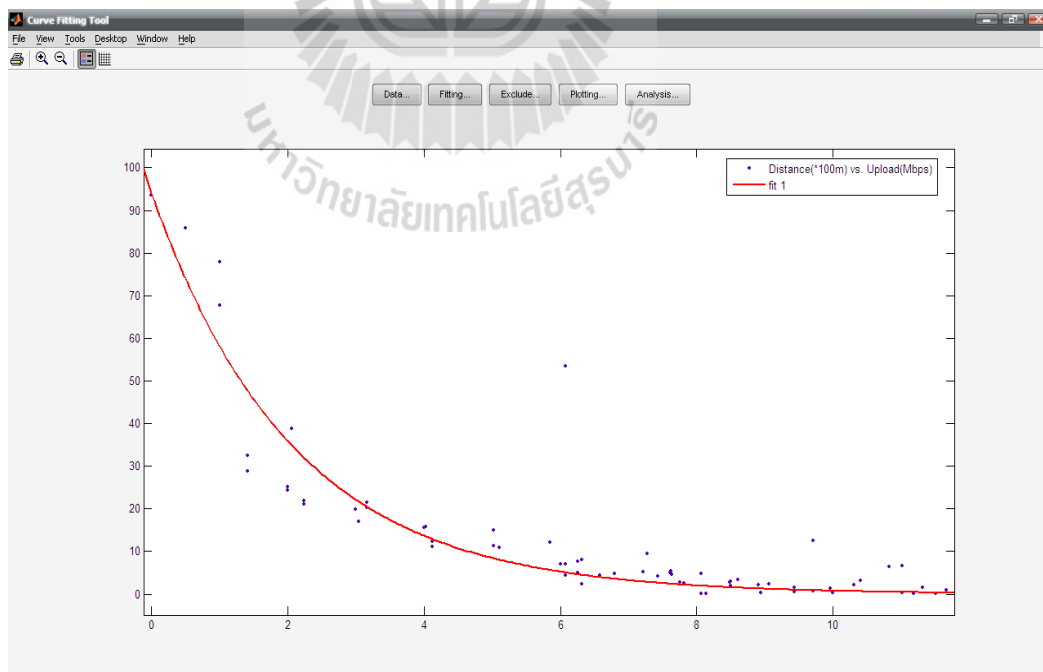
รูปที่ 4.3 กราฟการทดสอบค่าDownload แบบไม่มีAntenna



รูปที่ 4.4 กราฟการทดสอบค่าDownload แบบมีAntenna



รูปที่ 4.5 กราฟการทดสอบค่าUpload แบบไม่มีAntenna



รูปที่ 4.6 กราฟการทดสอบค่าUpload แบบไม่มีAntenna



### 4.3 ผลการวัดสัญญาณ3Gจากจากเว็บไซต์ ADSLThailand

#### 4.3.1 ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการวัด ping (ms)

ตารางที่4.6 ผลการบันทึกการวัดค่า ping (ms) แบบไม่มีAntenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
0,0	0	64	79	62	68.333
-0.5,0	0.50	74	69	72	71.667
1,0	1.00	77	100	96	91.000
-1,0	1.00	81	109	89	93.000
-1,1	1.41	81	109	89	93.000
-1,-1	1.41	89	95	96	93.333
0,2	2.00	108	87	77	90.667
2,0	2.00	96	94	89	93.000
-0.5,2	2.06	83	95	113	97.000
-1,2	2.24	124	104	100	109.333
-1,-2	2.24	100	111	113	108.000
3,0	3.00	81	118	115	104.667
0.5,3	3.04	89	101	118	102.667
-1,3	3.16	123	101	108	110.667
-1,-3	3.16	103	101	152	118.667
4,0	4.00	116	158	97	123.667
0.5,4	4.03	104	155	105	121.333
-1,4	4.12	116	158	97	123.667
-1,-4	4.12	186	88	113	129.000
0.5,5	5.02	104	146	108	119.333
5,0.5	5.02	84	143	122	116.333

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
-1,5	5.10	126	128	127	127.000
-1,-5	5.10	178	119	88	128.333
-2,5.5	5.85	169	120	97	128.667
0,6	6.00	115	214	70	133.000
6,1	6.08	95	87	223	135.000
-1,6	6.08	166	120	111	132.333
-1,-6	6.08	99	106	227	144.000
-3,5.5	6.26	270	98	69	145.667
-3,-5.5	6.26	114	114	101	109.667
6,2	6.32	170	95	182	149.000
-2,-6	6.32	112	249	111	157.333
1,6.5	6.58	117	99	249	155.000
-4,-5.5	6.80	86	252	161	166.333
-4,6	7.21	148	90	223	153.667
2,7	7.28	88	281	96	155.000
-5,-5.5	7.43	294	103	136	177.667
3,7	7.61	198	168	168	178.000
7,3	7.62	209	154	189	184.000
-7,3	7.62	100	74	323	165.667
-6.5,4	7.63	147	106	244	165.667
-7.5,2	7.76	115	96	278	163.000
-6,5	7.81	96	124	298	172.667
-4,7	8.06	80	67	70	72.333
-8,1	8.06	89	100	97	95.333
-6,-5.5	8.14	107	243	243	197.667
-6,6	8.49	213	199	195	202.333

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	WiFi Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
4,7.5	8.50	388	120	92	200.000
-8.5,0	8.50	444	160	93	232.333
-5,7	8.60	307	162	133	200.666
-7,-5.5	8.90	173	353	84	203.333
8,4	8.94	105	257	296	219.333
-9,-1	9.06	216	197	333	248.666
5,8	9.43	371	225	93	229.666
8,5	9.43	222	316	207	248.333
-8,-5.5	9.71	288	101	288	225.666
-9.5,-2	9.71	283	119	180	194.000
-9.5,-3	9.96	362	165	188	238.333
8,6	10.00	175	186	441	267.333
-9.5,-4	10.31	389	275	233	299.000
6,8.5	10.40	307	150	436	297.666
-9,-6	10.82	403	286	212	300.333
7,8.5	11.01	81	204	807	364.000
8.5,7	11.01	108	181	801	363.333
-10,-5	11.18	362	206	722	430.000
8,8	11.31	666	163	818	549.000
-9.5,-6.5	11.51	468	1072	566	702.000
-10,-6	11.66	163	1062	1054	759.667

## ผลการทดสอบการวัด ping (ms)

ตารางที่ 4.7 ผลการบันทึกการวัดค่า ping (ms) แบบมี Antenna

(x,y)	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
0,0	0	85	77	105	89.000
-0.5,0	0.50	85	77	105	89.000
1,0	1.00	85	497	667	416.333
-1,0	1.00	167	86	155	136.000
-1,1	1.41	167	86	155	136.000
-1,-1	1.41	0.202	0.113	0.08	0.137
0,2	2.00	44	77	62	61.000
2,0	2.00	104	211	104	139.667
-0.5,2	2.06	84	84	89	85.667
-1,2	2.24	118	143	98	119.667
-1,-2	2.24	82	103	86	90.333
3,0	3.00	119	107	131	119.000
0.5,3	3.04	211	109	264	194.667
-1,3	3.16	103	278	362	247.667
-1,-3	3.16	282	100	126	169.333
4,0	4.00	120	116	134	123.333
0.5,4	4.03	144	142	128	138.000
-1,4	4.12	120	116	134	123.333
-1,-4	4.12	148	200	206	184.667
0.5,5	5.02	399	183	86	222.667
5,0.5	5.02	228	242	265	245.000.
-1,5	5.10	83	329	454	288.667
-1,-5	5.10	87	123	115	108.333

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
-2,5.5	5.85	110	117	271	166.000
0,6	6.00	77	110	67	84.667
6,1	6.08	102	122	260	161.333
-1,6	6.08	270	171	96	179.00
-1,-6	6.08	90	139	451	226.667
-3,5.5	6.26	105	95	242	147.333
-3,-5.5	6.26	91	407	83	193.667
6,2	6.32	485	90	81	218.667
-2,-6	6.32	112	249	111	157.333
1,6.5	6.58	253	83	99	145.000
-4,-5.5	6.80	86	252	161	166.333
-4,6	7.21	343	99	343	261.667
2,7	7.28	102	144	180	142.000
-5,-5.5	7.43	77	87	91	85.000
3,7	7.61	117	220	128	155.000
7,3	7.62	262	119	148	176.333
-7,3	7.62	176	127	137	146.667
-6.5,4	7.63	84	91	113	96.000
-7.5,2	7.76	94	113	272	159.667
-6,5	7.81	227	179	257	221.000
-4,7	8.06	69	70	70	69.667
-8,1	8.06	153	74	106	111.000
-6,-5.5	8.14	299	310	110	239.667
-6,6	8.49	87	70	117	91.333
4,7.5	8.50	111	151	162	141.333
-8.5,0	8.50	277	146	146	189.667

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
-5,7	8.60	95	258	198	183.667
-7,-5.5	8.90	86	399	369	284.667
8,4	8.94	100	142	85	109.000
-9,-1	9.06	104	138	305	182.333
5,8	9.43	355	161	118	211.333
8,5	9.43	408	431	87	308.667
-8,-5.5	9.71	84	353	365	267.333
-9.5,-2	9.71	354	381	102	279.000
-9.5,-3	9.96	355	339	103	265.667
8,6	10.00	137	353	108	199.333
-9.5,-4	10.31	117	137	95	116.333
6,8.5	10.40	85	96	115	98.667
-9,-6	10.82	495	100	90	228.333
7,8.5	11.01	128	256	256	213.333
8.5,7	11.01	117	161	165	147.667
-10,-5	11.18	669	796	152	539.000
8,8	11.31	484	410	134	342.667
-9.5,-6.5	11.51	130	112	135	125.667
-10,-6	11.66	94	164	173	143.667

## ผลการทดสอบการวัด Download(Mbps)

ตารางที่ 4.8 ผลการบันทึกการวัดค่า Download(Mbps) แบบไม่มี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	1.722	1.748	0.943	1.471
-0.5,0	0.50	1.720	1.748	0.943	1.470
1,0	1.00	0.907	0.919	1.166	0.997
-1,0	1.00	4.158	3.653	1.428	3.078
-1,1	1.41	4.158	3.653	1.428	3.080
-1,-1	1.41	1.402	1.084	0.803	1.096
0,2	2.00	1.424	1.752	2.059	1.745
2,0	2.00	1.786	1.253	2.381	1.807
-0.5,2	2.06	1.517	1.549	1.709	1.592
-1,2	2.24	4.007	4.696	5.078	4.594
-1,-2	2.24	5.306	4.838	4.880	5.008
3,0	3.00	2.166	0.983	1.192	1.447
0.5,3	3.04	1.364	1.455	1.350	1.389
-1,3	3.16	0.718	0.503	0.658	0.626
-1,-3	3.16	3.302	4.847	4.149	4.099
4,0	4.00	1.819	1.271	4.958	2.683
0.5,4	4.03	4.137	2.473	4.421	3.677
-1,4	4.12	1.819	1.271	1.240	1.443
-1,-4	4.12	0.327	0.826	0.347	0.500
0.5,5	5.02	1.275	2.057	2.065	1.799
5,0.5	5.02	4.233	3.520	3.372	3.708
-1,5	5.10	1.929	0.946	1.186	1.354
-1,-5	5.10	2.615	0.970	1.857	1.814

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-2,5.5	5.85	1.255	2.865	1.254	1.791
0,6	6.00	1.771	1.494	1.729	1.665
6,1	6.08	0.676	0.565	0.642	0.628
-1,6	6.08	1.776	1.828	2.414	2.006
-1,-6	6.08	2.940	1.439	0.450	1.610
-3,5.5	6.26	2.548	4.014	4.288	3.616
-3,-5.5	6.26	1.742	1.742	2.308	1.931
6,2	6.32	0.776	0.722	0.853	0.783
-2,-6	6.32	2.918	1.655	3.149	2.574
1,6.5	6.58	2.995	4.657	2.599	3.417
-4,-5.5	6.80	4.102	4.104	1.827	3.344
-4,6	7.21	1.569	2.743	0.914	1.742
2,7	7.28	2.648	1.085	2.001	1.911
-5,-5.5	7.43	1.726	1.794	1.800	1.773
3,7	7.61	2.031	2.972	2.972	2.658
7,3	7.62	1.199	1.329	1.442	1.323
-7,3	7.62	1.579	1.753	1.672	1.668
-6.5,4	7.63	2.432	4.976	1.486	2.965
-7.5,2	7.76	1.188	2.420	1.090	1.566
-6,5	7.81	0.396	0.750	0.518	0.555
-4,7	8.06	3.344	4.130	4.303	3.926
-8,1	8.06	0.923	1.760	1.754	1.479
-6,-5.5	8.14	1.418	1.361	1.361	1.380
-6,6	8.49	1.246	0.893	1.049	1.063
4,7.5	8.50	1.751	1.328	0.967	1.349
-8.5,0	8.50	1.702	2.060	1.724	1.829



$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-5,7	8.60	1.421	1.483	0.782	1.229
-7,-5.5	8.90	0.655	0.406	0.863	0.641
8,4	8.94	2.021	0.881	1.170	1.357
-9,-1	9.06	0.630	0.673	1.081	0.795
5,8	9.43	1.561	1.707	1.032	1.433
8,5	9.43	0.937	0.595	0.831	0.788
-8,-5.5	9.71	1.026	1.285	1.026	1.112
-9.5,-2	9.71	1.387	0.993	1.503	1.294
-9.5,-3	9.96	1.268	1.057	1.870	1.398
8,6	10.00	1.752	1.916	2.234	1.967
-9.5,-4	10.31	1.643	1.605	0.605	1.284
6,8.5	10.40	0.881	0.526	1.044	0.817
-9,-6	10.82	0.542	0.798	0.442	0.594
7,8.5	11.01	0.955	0.668	1.038	0.887
8.5,7	11.01	0.706	0.674	1.020	0.800
-10,-5	11.18	0.148	0.411	0.604	0.388
8,8	11.31	0.854	0.775	0.800	0.810
-9.5,-6.5	11.51	0.555	0.639	0.680	0.624
-10,-6	11.66	0.628	0.418	0.870	0.639

## ผลการทดสอบการวัด Download(Mbps)

ตารางที่ 4.9 ผลการบันทึกการวัดค่า Download(Mbps) แบบมี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	1.748	1.742	1.776	1.756
-0.5,0	0.50	1.748	1.742	1.776	1.756
1,0	1.00	1.041	1.264	2.201	1.502
-1,0	1.00	1.230	1.485	0.747	1.154
-1,1	1.41	1.230	1.485	0.747	1.154
-1,-1	1.41	1.166	1.113	2.236	1.505
0,2	2.00	3.673	2.512	4.597	3.594
2,0	2.00	1.320	1.240	1.320	1.293
-0.5,2	2.06	1.705	1.705	2.675	2.028
-1,2	2.24	1.347	1.226	1.155	1.243
-1,-2	2.24	4.548	5.282	5.475	5.102
3,0	3.00	1.297	0.735	0.651	0.894
0.5,3	3.04	2.42	4.742	3.067	3.410
-1,3	3.16	0.593	0.122	0.127	0.280
-1,-3	3.16	2.285	5.038	3.223	3.520
4,0	4.00	1.229	1.892	5.080	2.734
0.5,4	4.03	2.747	4.346	2.126	3.073
-1,4	4.12	1.229	1.892	5.080	2.734
-1,-4	4.12	0.439	0.987	0.809	0.745
0.5,5	5.02	1.836	1.324	2.201	1.787
5,0.5	5.02	0.902	1.262	1.678	1.281
-1,5	5.10	1.021	1.403	0.617	1.014
-1,-5	5.10	9.687	1.647	3.482	4.939
-2,5.5	5.85	2.384	1.873	1.385	1.880

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	1.765	1.139	1.736	1.547
6,1	6.08	1.165	0.854	0.522	0.847
-1,6	6.08	1.137	2.156	2.201	1.831
-1,-6	6.08	1.29	0.731	1.135	1.052
-3,5.5	6.26	4.902	3.954	4.099	4.318
-3,-5.5	6.26	1.118	1.472	0.872	1.154
6,2	6.32	1.733	1.157	0.914	1.268
-2,-6	6.32	2.918	1.655	3.149	2.574
1,6.5	6.58	4.021	4.771	2.006	3.599
-4,-5.5	6.80	4.102	4.104	1.827	3.344
-4,6	7.21	1.606	0.853	1.606	1.355
2,7	7.28	1.359	1.342	0.589	1.097
-5,-5.5	7.43	1.432	1.013	1.768	1.404
3,7	7.61	1.485	1.158	0.416	1.020
7,3	7.62	1.789	1.686	1.766	1.747
-7,3	7.62	1.081	1.651	1.132	1.288
-6.5,4	7.63	1.999	1.666	0.617	1.427
-7.5,2	7.76	2.169	1.497	0.907	1.524
-6,5	7.81	0.597	0.571	0.818	0.662
-4,7	8.06	4.633	4.319	4.319	4.424
-8,1	8.06	1.752	1.768	1.757	1.759
-6,-5.5	8.14	1.340	1.489	2.65	1.826
-6,6	8.49	1.735	1.733	1.773	1.747
4,7.5	8.50	1.845	0.878	1.356	1.360
-8.5,0	8.50	0.931	0.764	0.764	0.820
-5,7	8.60	0.812	1.035	0.931	0.926

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.459	0.312	0.483	0.418
8,4	8.94	2.771	0.987	2.015	1.924
-9,-1	9.06	1.476	1.696	1.822	1.665
5,8	9.43	1.254	1.419	1.087	1.253
8,5	9.43	0.669	0.700	0.779	0.716
-8,-5.5	9.71	1.580	1.295	1.128	1.334
-9.5,-2	9.71	0.981	1.350	1.793	1.375
-9.5,-3	9.96	1.990	1.933	3.063	2.329
8,6	10.00	1.694	4.269	3.088	3.017
-9.5,-4	10.31	1.006	1.643	1.755	1.468
6,8.5	10.40	1.171	7.023	2.297	3.497
-9,-6	10.82	1.267	0.848	3.242	1.786
7,8.5	11.01	1.044	0.897	0.897	0.946
8.5,7	11.01	0.933	1.688	0.986	1.202
-10,-5	11.18	1.058	0.820	0.187	0.688
8,8	11.31	1.515	0.976	0.695	1.062
-9.5,-6.5	11.51	1.043	0.711	1.272	1.009
-10,-6	11.66	1.324	1.242	1.276	1.281

## ผลการทดสอบการวัด Upload(Mbps)

ตารางที่ 4.10 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload(Mbps) แบบไม่มี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	0.506	1.159	0.280	0.648
-0.5,0	0.50	0.506	1.159	0.280	0.648
1,0	1.00	0.714	0.354	1.327	0.798
-1,0	1.00	0.695	0.286	0.408	0.463
-1,1	1.41	0.695	0.286	0.408	0.463
-1,-1	1.41	0.036	0.045	0.387	0.156
0,2	2.00	1.41	0.217	0.592	0.740
2,0	2.00	0.144	0.359	0.770	0.424
-0.5,2	2.06	0.165	0.166	0.244	0.191
-1,2	2.24	0.193	0.444	0.220	0.285
-1,-2	2.24	1.213	0.353	0.136	0.567
3,0	3.00	0.590	0.144	0.714	0.482
0.5,3	3.04	0.182	0.239	0.270	0.230
-1,3	3.16	0.171	0.531	0.411	0.371
-1,-3	3.16	0.253	0.323	0.225	0.267
4,0	4.00	0.483	0.549	1.240	0.757
0.5,4	4.03	0.511	0.448	0.238	0.399
-1,4	4.12	0.483	0.549	1.240	0.757
-1,-4	4.12	0.122	0.543	0.342	0.335
0.5,5	5.02	0.228	0.135	0.194	0.186
5,0.5	5.02	0.637	0.510	0.409	0.519
-1,5	5.10	0.210	0.198	0.440	0.283
-1,-5	5.10	1.057	0.485	0.141	0.561
-2,5.5	5.85	0.370	0.329	0.200	0.300

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	1.210	1.219	1.218	1.216
6,1	6.08	0.191	0.164	0.150	0.168
-1,6	6.08	0.311	0.158	0.314	0.261
-1,-6	6.08	0.155	0.088	0.104	0.115
-3,5.5	6.26	0.086	0.534	0.561	0.393
-3,-5.5	6.26	0.328	0.328	0.169	0.275
6,2	6.32	0.163	0.130	0.48	0.257
-2,-6	6.32	0.966	0.620	0.407	0.664
1,6.5	6.58	0.493	0.789	0.473	0.585
-4,-5.5	6.80	0.353	0.382	0.481	0.405
-4,6	7.21	0.577	0.756	0.275	0.536
2,7	7.28	0.064	0.168	0.479	0.237
-5,-5.5	7.43	1.403	1.210	0.668	1.093
3,7	7.61	0.417	0.224	0.224	0.288
7,3	7.62	0.116	0.323	0.333	0.257
-7,3	7.62	1.059	0.773	0.107	0.646
-6.5,4	7.63	0.199	0.565	0.164	0.309
-7.5,2	7.76	0.277	0.164	0.204	0.215
-6,5	7.81	0.050	0.042	0.090	0.060
-4,7	8.06	0.946	0.947	1.192	1.028
-8,1	8.06	0.796	1.426	1.455	1.225
-6,-5.5	8.14	0.369	0.361	0.361	0.364
-6,6	8.49	0.116	0.070	0.110	0.099
4,7.5	8.50	0.275	0.282	0.318	0.292
-8.5,0	8.50	0.978	0.288	0.127	0.464
-5,7	8.60	0.230	0.391	0.250	0.290

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.095	0.440	0.077	0.204
8,4	8.94	0.263	0.257	0.319	0.280
-9,-1	9.06	0.113	0.104	0.116	0.111
5,8	9.43	0.111	0.523	0.391	0.341
8,5	9.43	0.032	0.537	0.580	0.383
-8,-5.5	9.71	0.170	0.118	0.170	0.153
-9.5,-2	9.71	0.340	0.190	0.400	0.310
-9.5,-3	9.96	0.116	0.081	0.100	0.099
8,6	10.00	0.078	0.027	0.077	0.061
-9.5,-4	10.31	0.033	0.039	0.046	0.039
6,8.5	10.40	0.079	0.256	0.087	0.141
-9,-6	10.82	0.249	0.168	0.193	0.203
7,8.5	11.01	0.077	0.163	0.827	0.356
8.5,7	11.01	0.081	0.062	0.196	0.113
-10,-5	11.18	0.092	0.071	0.063	0.075
8,8	11.31	0.113	0.028	0.313	0.151
-9.5,-6.5	11.51	0.070	0.051	0.053	0.058
-10,-6	11.66	0.073	0.642	0.201	0.305

## ผลการทดสอบการวัด Upload(Mbps)

ตารางที่ 4.11 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload(Mbps) แบบมี Antenna

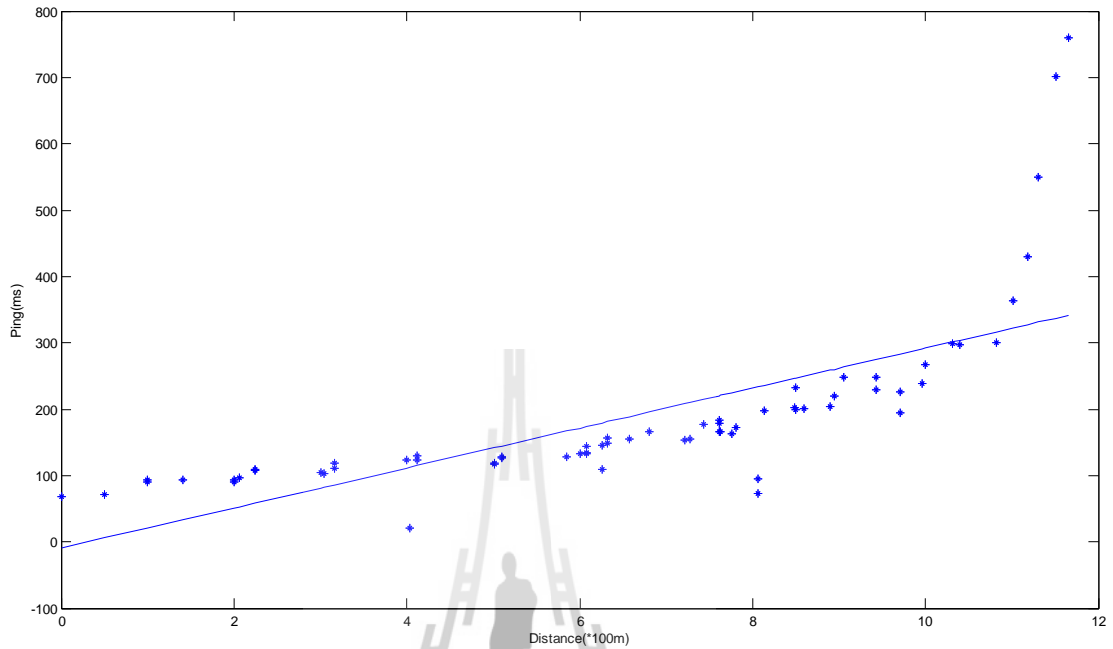
$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0	0.550	0.742	0.845	0.712
-0.5,0	0.50	0.550	0.742	0.845	0.712
1,0	1.00	0.306	0.589	0.345	0.413
-1,0	1.00	0.281	0.469	0.225	0.325
-1,1	1.41	0.281	0.469	0.225	0.325
-1,-1	1.41	0.058	0.061	0.091	0.070
0,2	2.00	0.652	0.916	1.315	0.961
2,0	2.00	0.361	0.396	0.361	0.373
-0.5,2	2.06	0.259	0.259	0.140	0.219
-1,2	2.24	0.186	0.107	0.286	0.193
-1,-2	2.24	0.870	0.458	0.694	0.674
3,0	3.00	0.036	0.212	0.036	0.095
0.5,3	3.04	0.263	0.775	0.626	0.555
-1,3	3.16	0.022	0.091	0.096	0.070
-1,-3	3.16	0.255	0.145	0.527	0.309
4,0	4.00	0.343	0.321	0.875	0.513
0.5,4	4.03	0.505	0.211	0.163	0.293
-1,4	4.12	0.343	0.321	0.875	0.513
-1,-4	4.12	0.123	0.136	0.214	0.158
0.5,5	5.02	0.131	0.067	0.165	0.121
5,0.5	5.02	0.217	0.177	0.247	0.214
-1,5	5.10	0.251	0.067	0.848	0.389
-1,-5	5.10	0.712	0.635	0.251	0.533
-2,5.5	5.85	0.146	0.787	0.412	0.448



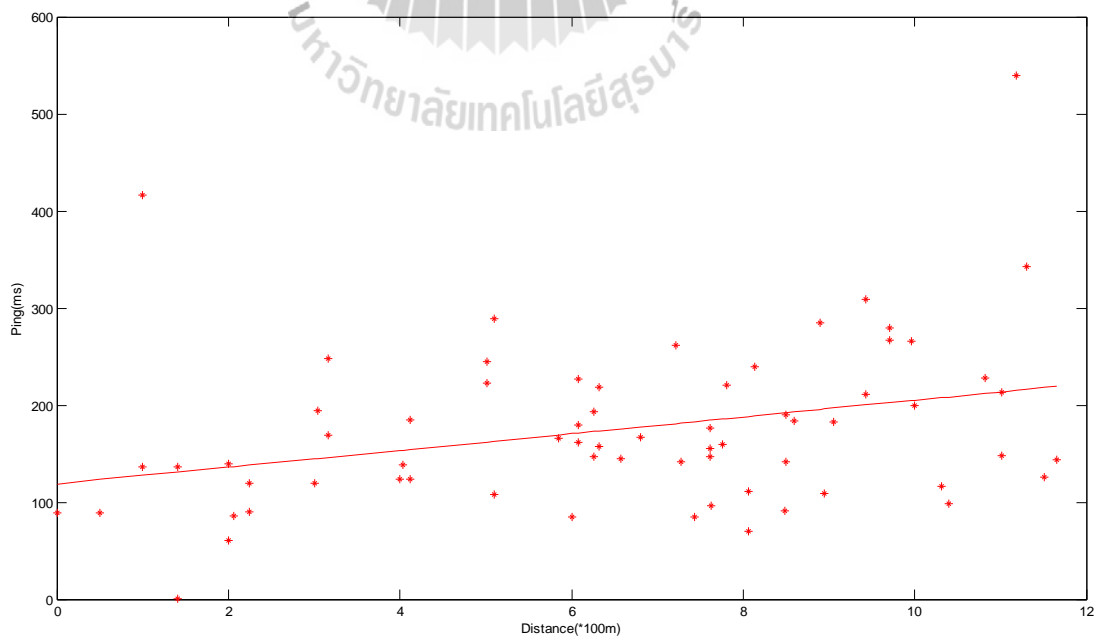
$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	1.047	0.872	0.526	0.815
6,1	6.08	0.118	0.119	0.191	0.143
-1,6	6.08	0.642	0.369	0.376	0.462
-1,-6	6.08	0.503	0.313	0.587	0.468
-3,5.5	6.26	0.472	0.208	0.260	0.313
-3,-5.5	6.26	0.435	0.234	0.193	0.288
6,2	6.32	0.590	0.486	0.314	0.463
-2,-6	6.32	0.966	0.602	0.407	0.658
1,6.5	6.58	0.342	1.143	0.379	0.621
-4,-5.5	6.80	0.353	0.382	0.353	0.363
-4,6	7.21	0.220	0.302	0.220	0.247
2,7	7.28	0.069	0.170	0.131	0.123
-5,-5.5	7.43	0.719	0.888	0.501	0.703
3,7	7.61	0.078	0.062	0.177	0.106
7,3	7.62	0.218	0.260	0.148	0.209
-7,3	7.62	0.108	0.115	0.113	0.112
-6.5,4	7.63	0.152	0.159	0.153	0.155
-7.5,2	7.76	0.183	0.312	0.817	0.437
-6,5	7.81	0.116	0.323	0.186	0.208
-4,7	8.06	0.361	0.906	0.906	0.724
-8,1	8.06	1.011	1.188	1.407	1.202
-6,-5.5	8.14	0.067	0.308	0.177	0.184
-6,6	8.49	1.091	1.484	0.820	1.132
4,7.5	8.50	0.096	0.119	0.236	0.150
-8.5,0	8.50	0.166	0.444	0.444	0.351
-5,7	8.60	0.109	0.169	0.186	0.155

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.120	0.120	0.252	0.164
8,4	8.94	0.501	0.132	0.510	0.381
-9,-1	9.06	1.409	1.114	1.096	1.206
5,8	9.43	0.739	0.365	0.397	0.500
8,5	9.43	0.662	0.650	0.189	0.500
-8,-5.5	9.71	0.084	0.353	0.365	0.267
-9.5,-2	9.71	0.161	0.097	0.114	0.124
-9.5,-3	9.96	1.233	0.821	0.375	0.810
8,6	10.00	0.056	0.230	0.596	0.294
-9.5,-4	10.31	0.216	0.097	0.193	0.169
6,8.5	10.40	0.154	0.772	0.877	0.601
-9,-6	10.82	0.337	0.220	0.258	0.271
7,8.5	11.01	0.311	0.177	0.177	0.221
8.5,7	11.01	0.208	0.350	0.268	0.275
-10,-5	11.18	0.164	0.144	0.187	0.165
8,8	11.31	0.484	0.410	0.134	0.343
-9.5,-6.5	11.51	0.092	0.220	0.153	0.155
-10,-6	11.66	0.308	0.276	0.093	0.226

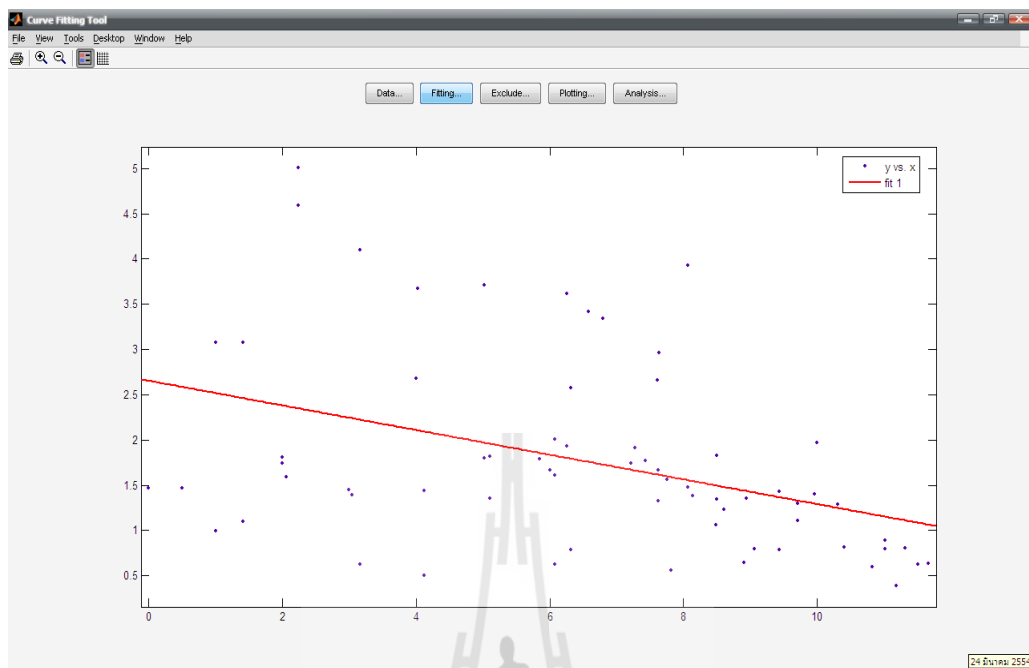
### 4.3.2 กราฟสัญญาณ3Gที่วัดได้จากเว็บไซต์ADSLThailand



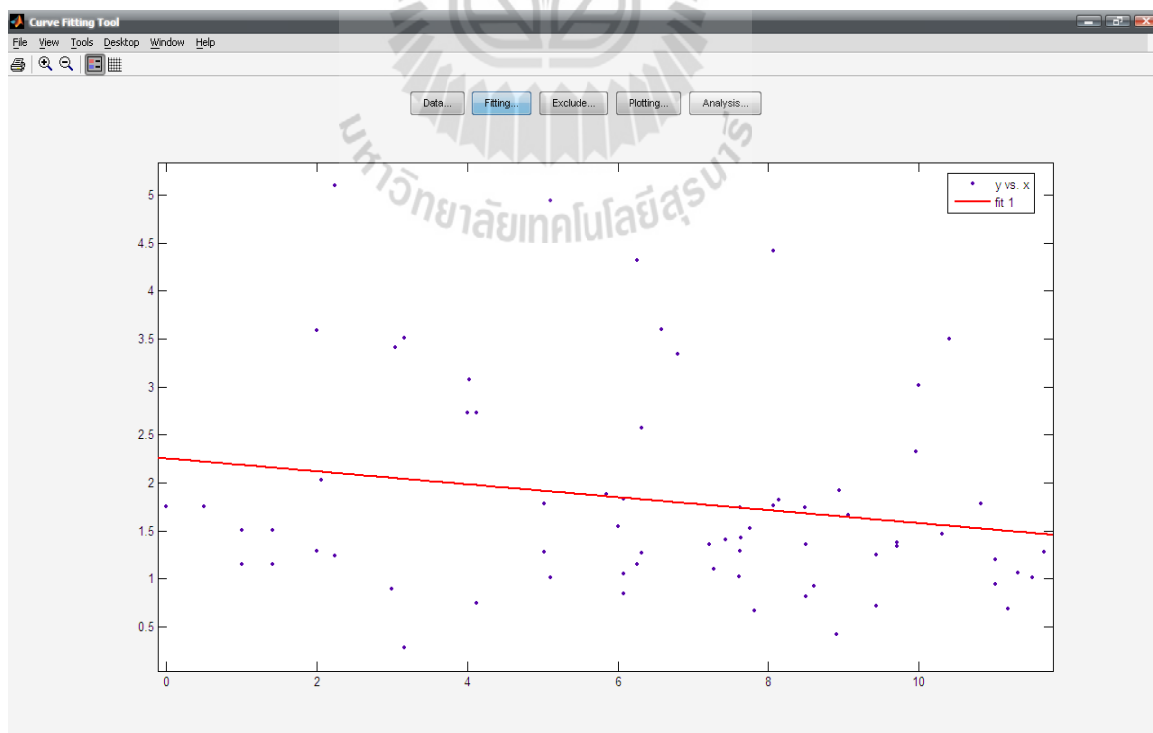
รูปที่ 4.7 กราฟการทดสอบค่า Pingแบบไม่มีAntenna



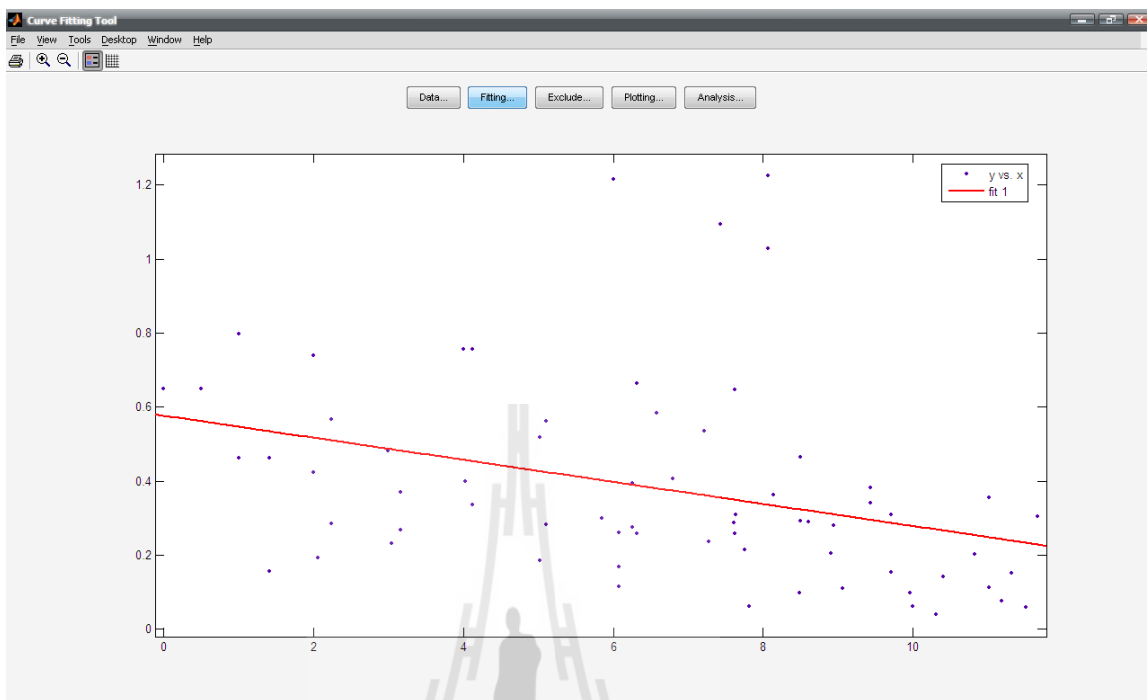
รูปที่ 4.8 กราฟการทดสอบค่า PingแบบมีAntenna



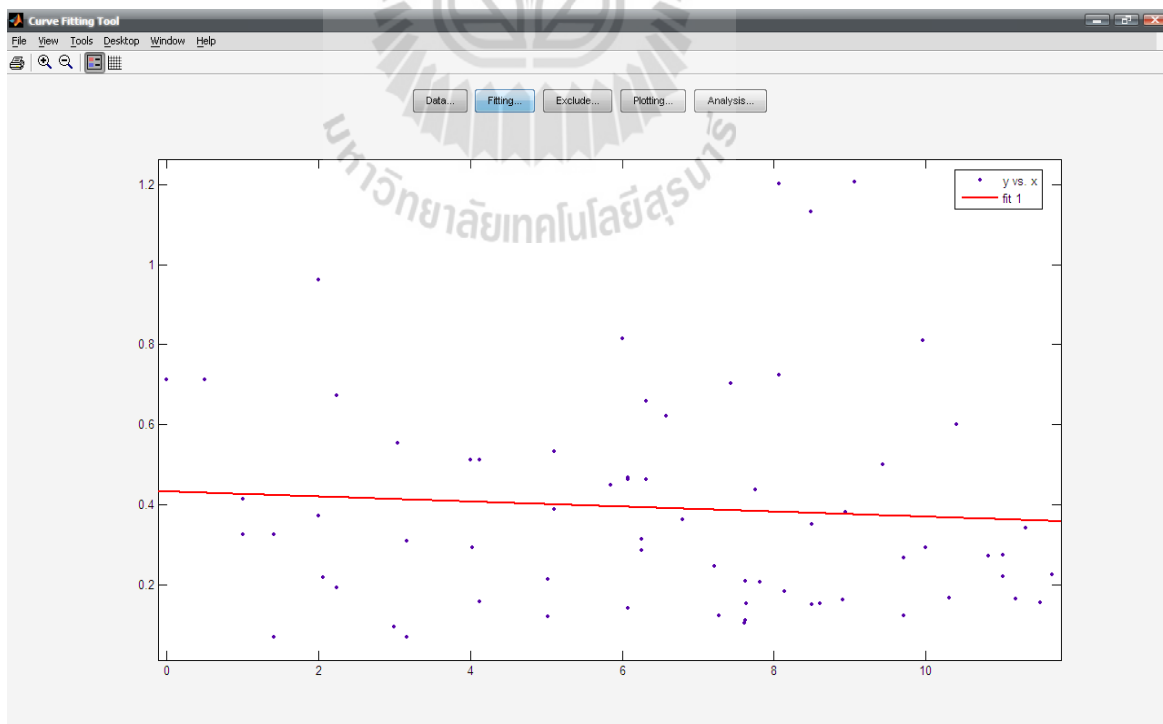
รูปที่ 4.9 กราฟการทดสอบค่า Download แบบไม่มีAntenna



รูปที่ 4.10 กราฟการทดสอบค่า Download แบบมีAntenna



รูปที่ 4.11 กราฟการทดสอบค่า Upload แบบไม่มีAntenna



รูปที่ 4.12 กราฟการทดสอบค่า Upload แบบมีAntenna

#### 4.4 ผลการวัดสัญญาณ3Gจากจากเว็บไซต์ Speed test

##### 4.4.1 ผลการทดสอบ

##### ผลการทดสอบการวัด Ping(ms)

ตารางที่4.12 ผลการบันทึกการวัดค่า Ping(ms) แบบ ไม่มีAntenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
0,0	0	75	70	172	105.667
-0.5,0	0.50	187	90	67	114.666
1,0	1.00	86	190	108	128.000
-1,0	1.00	186	191	100	159.000
-1,1	1.41	151	147	188	162.000
-1,-1	1.41	173	152	161	162.000
0,2	2.00	105	178	181	154.667
2,0	2.00	137	203	119	153.000
-0.5,2	2.06	194	203	111	169.333
-1,2	2.24	182	85	194	153.667
-1,-2	2.24	159	83	195	145.667
3,0	3.00	118	105	188	137.000
0.5,3	3.04	174	100	79	117.667
-1,3	3.16	170	168	170	169.333
-1,-3	3.16	185	125	232	180.667
4,0	4.00	260	198	111	189.667
0.5,4	4.03	227	228	104	186.333
-1,4	4.12	92	312	80	161.333
-1,-4	4.12	227	228	104	186.333
0.5,5	5.02	188	190	185	187.667
5,0.5	5.02	184	181	67	144.000

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
-1,5	5.10	162	207	207	192.000
-1,-5	5.10	103	361	102	188.667
-2,5.5	5.85	165	170	264	199.667
0,6	6.00	214	288	91	197.667
6,1	6.08	281	138	133	184.000
-1,6	6.08	186	197	191	191.333
-1,-6	6.08	117	197	280	198.000
-3,5.5	6.26	194	180	184	186.000
-3,-5.5	6.26	94	264	186	181.333
6,2	6.32	195	78	351	208.000
-2,-6	6.32	225	225	170	206.667
1,6.5	6.58	230	281	178	229.667
-4,-5.5	6.80	152	279	183	204.667
-4,6	7.21	207	191	255	217.667
2,7	7.28	245	314	161	240.000
-5,-5.5	7.43	208	315	96	206.333
3,7	7.61	191	258	258	235.667
7,3	7.62	187	196	229	204.000
-7,3	7.62	299	205	141	215.000
-6.5,4	7.63	78	358	193	209.667
-7.5,2	7.76	188	241	226	218.333
-6,5	7.81	258	293	269	273.333
-4,7	8.06	292	284	257	277.667
-8,1	8.06	263	273	273	269.667
-6,-5.5	8.14	341	316	226	294.333
-6,6	8.49	265	334	288	295.667

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	WiFi Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
4,7.5	8.50	350	284	238	290.667
-8.5,0	8.50	366	159	337	287.333
-5,7	8.60	195	195	282	224.000
-7,-5.5	8.90	404	310	161	291.667
8,4	8.94	194	464	137	265.000
-9,-1	9.06	402	244	237	294.333
5,8	9.43	226	395	288	303.000
8,5	9.43	318	347	283	316.000
-8,-5.5	9.71	207	194	584	328.333
-9.5,-2	9.71	231	346	331	302.667
-9.5,-3	9.96	445	445	150	346.667
8,6	10.00	176	538	380	364.667
-9.5,-4	10.31	301	428	360	363.000
6,8.5	10.40	615	161	414	396.667
-9,-6	10.82	488	703	180	457.000
7,8.5	11.01	194	754	508	485.333
8.5,7	11.01	802	320	402	508.000
-10,-5	11.18	561	578	458	532.333
8,8	11.31	733	511	454	566.000
-9.5,-6.5	11.51	362	613	628	534.333
-10,-6	11.66	86	1135	1067	762.667



## ผลการทดสอบการวัด Ping(ms)

ตารางที่ 4.13 ผลการบันทึกการวัดค่า Ping(ms) แบบมี Antenna

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
0,0	0.00	117	166	166	149.667
-0.5,0	0.50	166	62	177	135.000
1,0	1.00	92	80	192	121.333
-1,0	1.00	116	464	477	352.333
-1,1	1.41	93	202	185	160.000
-1,-1	1.41	174	165	202	180.333
0,2	2.00	114	409	388	303.667
2,0	2.00	156	348	341	281.667
-0.5,2	2.06	219	131	320	223.333
-1,2	2.24	182	85	194	153.667
-1,-2	2.24	535	226	112	291.000
3,0	3.00	175	101	192	156.000
0.5,3	3.04	395	189	195	259.667
-1,3	3.16	83	185	174	147.333
-1,-3	3.16	196	155	197	182.667
4,0	4.00	94	276	192	187.333
0.5,4	4.03	195	100	185	160.000
-1,4	4.12	199	164	310	224.333
-1,-4	4.12	195	100	185	160.000
0.5,5	5.02	188	190	185	187.667
5,0.5	5.02	230	67	194	163.667
-1,5	5.10	136	264	301	233.667
-1,-5	5.10	253	124	124	167.000
-2,5.5	5.85	157	95	195	149.000

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00.	175	289	210	224.667
6,1	6.08	227	446	152	275.000
-1,6	6.08	229	74	199	167.333
-1,-6	6.08	266	191	188	215.000
-3,5.5	6.26	184	196	91	157.000
-3,-5.5	6.26	368	221	192	260.333
6,2	6.32	213	78	186	159.000
-2,-6	6.32	361	174	174	236.333
1,6.5	6.58	217	236	128	193.667
-4,-5.5	6.80	77	168	181	142.000
-4,6	7.21	151	157	184	164.000
2,7	7.28	234	136	319	229.667
-5,-5.5	7.43	134	273	94	167.000
3,7	7.61	170	232	154	185.333
7,3	7.62	170	238	141	183.000
-7,3	7.62	163	209	163	178.333
-6.5,4	7.63	84	506	419	336.333
-7.5,2	7.76	101	201	401	234.333
-6,5	7.81	543	236	140	306.333
-4,7	8.06	507	151	122	260.000
-8,1	8.06	273	170	249	230.667
-6,-5.5	8.14	404	310	203	305.667
-6,6	8.49	91	225	205	173.667
4,7.5	8.50	302	356	228	295.333
-8.5,0	8.50	200	186	218	201.333
-5,7	8.60	158	163	229	183.333

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Ping(ms)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	293	248	141	227.333
8,4	8.94	143	195	144	160.667
-9,-1	9.06	348	204	113	221.667
5,8	9.43	98	284	510	297.333
8,5	9.43	509	328	126	321.000
-8,-5.5	9.71	187	208	195	196.667
-9.5,-2	9.71	278	296	109	227.667
-9.5,-3	9.96	102	84	201	129.000
8,6	10.00	218	200	96	171.333
-9.5,-4	10.31	401	72	199	224.000
6,8.5	10.40	393	180	87	220.000
-9,-6	10.82	78	1170	1022	756.667
7,8.5	11.01	328	508	399	411.667
8.5,7	11.01	404	502	481	462.333
-10,-5	11.18	215	357	141	237.667
8,8	11.31	400	90	538	342.667
-9.5,-6.5	11.51	494	204	145	281.000
-10,-6	11.66	323	423	476	407.333

## ผลการทดสอบการวัด Download(Mbps)

ตารางที่ 4.13 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบไม่มี Antenna

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0.00	2.43	4.68	4.88	3.997
-0.5,0	0.50	1.47	1.75	1.78	1.667
1,0	1.00	1.42	1.76	1.76	1.647
-1,0	1.00	1.81	0.81	1.32	1.313
-1,1	1.41	2.17	2.24	2.12	2.177
-1,-1	1.41	1.02	0.98	1.36	1.120
0,2	2.00	3.25	2.97	3.44	3.220
2,0	2.00	1.19	1.32	3.18	1.897
-0.5,2	2.06	1.45	0.96	1.22	1.210
-1,2	2.24	5.16	4.33	4.61	4.700
-1,-2	2.24	3.30	3.94	4.43	3.890
3,0	3.00	1.54	1.65	2.19	1.793
0.5,3	3.04	1.77	1.75	1.73	1.750
-1,3	3.16	1.73	1.78	1.73	1.747
-1,-3	3.16	0.38	0.43	0.35	0.387
4,0	4.00	1.21	0.31	1.28	0.933
0.5,4	4.03	1.77	1.50	1.33	1.533
-1,4	4.12	1.87	1.40	4.16	2.477
-1,-4	4.12	1.77	1.50	1.33	1.533
0.5,5	5.02	0.92	3.75	3.53	2.733
5,0.5	5.02	4.36	4.97	5.25	4.860
-1,5	5.10	0.81	0.72	0.72	0.750
-1,-5	5.10	1.67	1.44	2.10	1.737
-2,5.5	5.85	2.46	1.75	1.72	1.977

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	0.92	1.79	1.39	1.367
6,1	6.08	0.59	0.47	0.69	0.583
-1,6	6.08	1.68	3.83	4.47	3.327
-1,-6	6.08	2.72	3.46	2.29	2.823
-3,5.5	6.26	3.96	2.29	2.46	2.903
-3,-5.5	6.26	1.20	1.05	1.44	1.230
6,2	6.32	2.82	2.10	2.65	2.523
-2,-6	6.32	0.82	0.82	1.59	1.077
1,6.5	6.58	0.75	0.67	1.32	0.913
-4,-5.5	6.80	1.30	1.28	3.95	2.177
-4,6	7.21	0.82	0.93	1.19	0.980
2,7	7.28	1.28	1.25	1.00	1.1767
-5,-5.5	7.43	0.34	0.76	2.55	1.217
3,7	7.61	0.95	1.42	1.42	1.263
7,3	7.62	1.19	1.61	1.72	1.507
-7,3	7.62	1.32	1.50	2.30	1.707
-6.5,4	7.63	1.79	1.88	1.24	1.637
-7.5,2	7.76	0.93	0.53	1.12	0.860
-6,5	7.81	0.57	0.64	0.47	0.560
-4,7	8.06	1.62	1.38	1.56	1.520
-8,1	8.06	0.89	1.10	1.10	1.030
-6,-5.5	8.14	1.69	1.07	1.40	1.387
-6,6	8.49	0.53	0.99	0.75	0.757
4,7.5	8.50	1.19	0.57	1.83	1.197
-8.5,0	8.50	0.42	0.81	0.46	0.563
-5,7	8.60	0.83	0.83	0.96	0.873

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.85	1.41	0.94	1.067
8,4	8.94	0.96	1.54	2.22	1.573
-9,-1	9.06	1.19	1.44	1.61	1.413
5,8	9.43	0.06	0.88	0.64	0.527
8,5	9.43	0.57	0.33	0.52	0.473
-8,-5.5	9.71	0.49	0.60	0.32	0.470
-9.5,-2	9.71	1.12	1.02	1.13	1.090
-9.5,-3	9.96	1.05	0.56	1.01	0.873
8,6	10.00	0.96	0.70	0.48	0.713
-9.5,-4	10.31	0.53	0.84	0.80	0.723
6,8.5	10.40	1.02	0.83	0.87	0.907
-9,-6	10.82	0.51	0.49	0.65	0.550
7,8.5	11.01	1.35	1.26	1.37	1.327
8.5,7	11.01	0.50	0.54	0.50	0.513
-10,-5	11.18	0.59	0.64	1.51	0.913
8,8	11.31	1.66	0.90	0.82	1.127
-9.5,-6.5	11.51	0.28	0.58	0.98	0.613
-10,-6	11.66	1.12	1.29	0.52	0.977

## ผลการทดสอบการวัด Download(Mbps)

ตารางที่ 4.14 ผลการบันทึกการวัดค่า Download (Mbps) แบบมี Antenna

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0.00	2.79	4.58	4.58	3.983
-0.5,0	0.50	1.49	1.74	1.72	1.650
1,0	1.00	1.77	1.77	1.73	1.757
-1,0	1.00	0.92	0.54	0.40	0.620
-1,1	1.41	5.55	2.59	1.58	3.240
-1,-1	1.41	1.42	1.55	1.73	1.567
0,2	2.00	1.86	1.11	1.32	1.430
2,0	2.00	1.09	1.74	1.40	1.410
-0.5,2	2.06	1.40	1.41	1.07	1.293
-1,2	2.24	5.16	4.33	4.61	4.700
-1,-2	2.24	0.48	4.59	4.94	3.337
3,0	3.00	0.87	1.18	2.20	1.417
0.5,3	3.04	1.07	1.37	1.75	1.397
-1,3	3.16	1.73	1.81	1.67	1.737
-1,-3	3.16	0.83	0.78	1.01	0.873
4,0	4.00	1.12	1.03	1.07	1.073
0.5,4	4.03	0.94	1.19	1.53	1.220
-1,4	4.12	4.67	2.47	2.59	3.243
-1,-4	4.12	0.94	1.19	1.53	1.220
0.5,5	5.02	2.92	3.75	3.53	3.400
5,0.5	5.02	3.28	5.25	4.73	4.420
-1,5	5.10	0.77	1.07	0.59	0.810
-1,-5	5.10	1.02	3.41	3.41	2.613
-2,5.5	5.85	0.97	1.97	1.08	1.340

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	1.48	0.28	1.90	1.220
6,1	6.08	0.21	0.18	0.13	0.173
-1,6	6.08	2.45	3.88	4.93	3.753
-1,-6	6.08	2.27	3.77	4.65	3.563
-3,5.5	6.26	2.46	4.47	4.00	3.643
-3,-5.5	6.26	1.03	0.65	0.86	0.847
6,2	6.32	2.64	4.18	4.58	3.800
-2,-6	6.32	1.81	1.41	1.41	1.543
1,6.5	6.58	1.06	1.37	1.16	1.197
-4,-5.5	6.80	1.89	1.63	5.55	3.023
-4,6	7.21	0.95	1.76	2.97	1.893
2,7	7.28	0.30	1.38	0.65	0.777
-5,-5.5	7.43	1.09	0.85	0.88	0.940
3,7	7.61	1.20	1.66	3.25	2.037
7,3	7.62	0.63	1.15	2.21	1.330
-7,3	7.62	1.01	1.11	1.67	1.263
-6.5,4	7.63	1.05	0.51	0.36	0.640
-7.5,2	7.76	1.11	0.44	0.55	0.700
-6,5	7.81	0.59	0.52	0.85	0.653
-4,7	8.06	1.51	0.93	1.73	1.390
-8,1	8.06	1.10	0.63	1.51	1.080
-6,-5.5	8.14	0.58	0.91	0.73	0.740
-6,6	8.49	0.83	0.84	0.64	0.770
4,7.5	8.50	1.02	1.99	1.32	1.443
-8.5,0	8.50	0.92	0.88	1.00	0.933
-5,7	8.60	0.87	1.33	1.21	1.137



$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Download(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.81	1.35	1.62	1.260
8,4	8.94	1.43	2.55	1.76	1.913
-9,-1	9.06	0.76	0.74	0.79	0.763
5,8	9.43	0.97	1.10	1.19	1.087
8,5	9.43	0.44	0.64	0.53	0.537
-8,-5.5	9.71	0.70	0.79	1.29	0.927
-9.5,-2	9.71	1.44	1.70	1.87	1.670
-9.5,-3	9.96	0.98	2.30	0.85	1.377
8,6	10.00	1.95	1.90	1.94	1.930
-9.5,-4	10.31	0.63	1.74	1.75	1.373
6,8.5	10.40	1.77	1.77	1.75	1.763
-9,-6	10.82	0.49	1.40	0.42	0.770
7,8.5	11.01	1.40	0.51	0.94	0.950
8.5,7	11.01	0.62	1.05	1.12	0.930
-10,-5	11.18	0.80	0.67	1.20	0.890
8,8	11.31	0.83	1.00	1.30	1.043
-9.5,-6.5	11.51	1.03	0.58	1.39	1.000
-10,-6	11.66	0.75	1.53	1.11	1.130

## ผลการทดสอบการวัด Upload(Mbps)

ตารางที่ 4.15 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบไม่มี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	ไม่มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0.00	1.00	1.52	1.28	1.267
-0.5,0	0.50	1.37	1.23	1.70	1.433
1,0	1.00	1.22	1.47	0.97	1.220
-1,0	1.00	0.43	0.26	0.42	0.370
-1,1	1.41	0.54	0.41	0.69	0.547
-1,-1	1.41	0.09	0.58	0.15	0.273
0,2	2.00	0.32	0.33	0.31	0.320
2,0	2.00	0.18	0.07	0.05	0.100
-0.5,2	2.06	0.62	0.15	0.51	0.427
-1,2	2.24	0.75	0.61	0.55	0.637
-1,-2	2.24	0.55	0.99	0.31	0.617
3,0	3.00	0.52	0.48	0.58	0.527
0.5,3	3.04	1.72	1.46	0.68	1.287
-1,3	3.16	0.78	0.71	0.78	0.757
-1,-3	3.16	0.11	0.44	0.09	0.213
4,0	4.00	0.39	0.13	0.12	0.213
0.5,4	4.03	0.54	0.37	0.69	0.533
-1,4	4.12	0.52	0.21	1.00	0.577
-1,-4	4.12	0.54	0.37	0.69	0.533
0.5,5	5.02	0.97	0.52	0.61	0.700
5,0.5	5.02	0.83	1.17	0.97	0.990
-1,5	5.10	0.04	0.03	0.03	0.033
-1,-5	5.10	0.72	0.39	0.64	0.583
-2,5.5	5.85	0.28	0.35	0.19	0.273

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	0.35	0.39	0.65	0.463
6,1	6.08	0.39	0.26	0.25	0.300
-1,6	6.08	0.33	0.24	0.70	0.423
-1,-6	6.08	0.38	0.36	0.49	0.410
-3,5.5	6.26	0.41	0.09	0.95	0.483
-3,-5.5	6.26	1.07	0.18	1.09	0.780
6,2	6.32	1.06	0.89	0.62	0.857
-2,-6	6.32	0.27	0.27	0.42	0.320
1,6.5	6.58	0.18	0.40	0.22	0.267
-4,-5.5	6.80	0.39	0.19	0.25	0.277
-4,6	7.21	0.15	0.31	0.32	0.260
2,7	7.28	0.15	0.11	0.05	0.103
-5,-5.5	7.43	0.29	0.18	1.38	0.617
3,7	7.61	0.20	0.29	0.29	0.260
7,3	7.62	0.32	1.01	0.74	0.690
-7,3	7.62	0.62	0.36	0.47	0.483
-6.5,4	7.63	0.83	0.24	0.33	0.467
-7.5,2	7.76	0.26	0.26	0.17	0.230
-6,5	7.81	0.28	0.29	0.34	0.303
-4,7	8.06	1.41	0.12	0.12	0.550
-8,1	8.06	0.25	0.43	0.43	0.370
-6,-5.5	8.14	0.17	0.20	0.19	0.187
-6,6	8.49	0.37	0.13	0.29	0.263
4,7.5	8.50	0.31	0.41	0.28	0.333
-8.5,0	8.50	0.06	0.09	0.21	0.120
-5,7	8.60	0.21	0.21	0.36	0.260

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.20	0.15	0.28	0.210
8,4	8.94	0.60	0.99	0.80	0.797
-9,-1	9.06	0.19	0.42	0.44	0.350
5,8	9.43	0.13	0.18	0.27	0.193
8,5	9.43	0.10	0.16	0.08	0.113
-8,-5.5	9.71	0.12	0.20	0.14	0.153
-9.5,-2	9.71	0.34	0.32	0.37	0.343
-9.5,-3	9.96	0.29	0.16	0.40	0.283
8,6	10.00	0.20	0.06	0.20	0.153
-9.5,-4	10.31	0.08	0.12	0.11	0.103
6,8.5	10.40	0.12	0.11	0.12	0.117
-9,-6	10.82	0.17	0.18	0.11	0.153
7,8.5	11.01	0.46	0.63	0.24	0.443
8.5,7	11.01	0.42	0.39	0.27	0.360
-10,-5	11.18	0.05	0.16	0.44	0.217
8,8	11.31	0.38	0.27	0.29	0.313
-9.5,-6.5	11.51	0.09	0.09	0.10	0.093
-10,-6	11.66	0.09	0.14	0.22	0.150

## ผลการทดสอบการวัด Upload(Mbps)

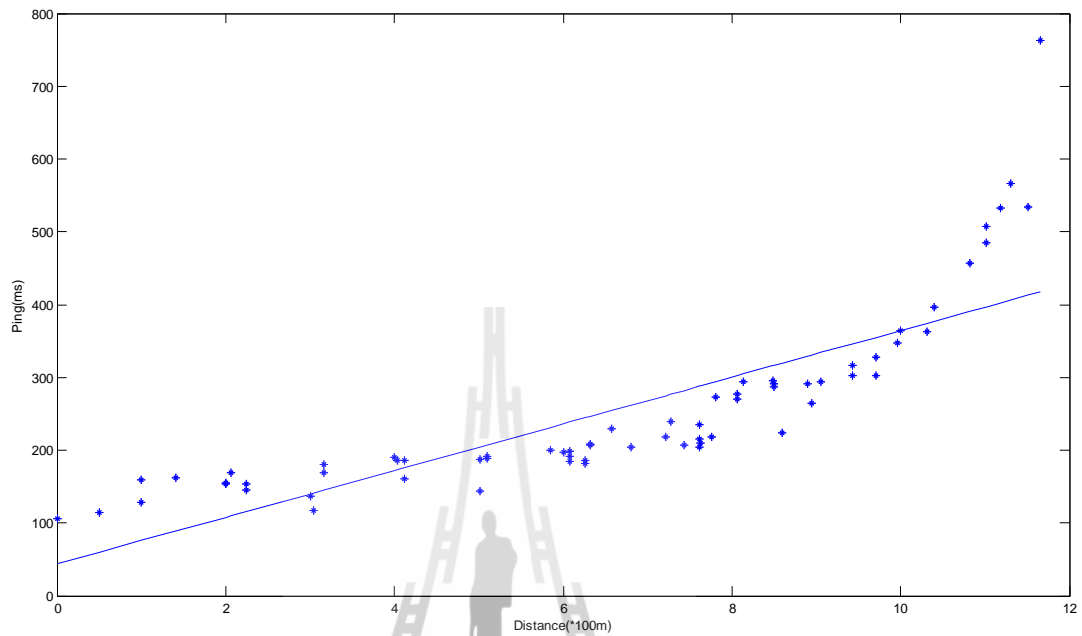
ตารางที่ 4.16 ผลการบันทึกการวัดค่า Upload (Mbps) แบบมี Antenna

$(x,y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	มี Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,0	0.00	0.40	1.33	1.33	1.020
-0.5,0	0.50	1.19	0.87	1.17	1.077
1,0	1.00	0.49	1.27	1.68	1.147
-1,0	1.00	0.30	0.52	0.74	0.520
-1,1	1.41	0.29	0.20	0.17	0.220
-1,-1	1.41	0.29	0.35	0.34	0.327
0,2	2.00	0.30	0.24	0.28	0.273
2,0	2.00	0.22	0.23	0.21	0.220
-0.5,2	2.06	0.10	0.13	0.32	0.183
-1,2	2.24	0.75	0.61	0.55	0.637
-1,-2	2.24	0.15	0.53	1.41	0.697
3,0	3.00	0.26	0.37	0.19	0.273
0.5,3	3.04	1.26	0.83	0.86	0.983
-1,3	3.16	1.05	0.91	1.48	1.147
-1,-3	3.16	0.09	0.13	0.11	0.110
4,0	4.00	0.31	0.16	0.12	0.197
0.5,4	4.03	0.54	0.99	0.33	0.620
-1,4	4.12	1.24	0.29	0.42	0.650
-1,-4	4.12	0.54	0.99	0.33	0.620
0.5,5	5.02	0.97	0.52	0.61	0.700
5,0.5	5.02	0.67	0.97	0.54	0.727
-1,5	5.10	0.22	0.05	0.05	0.107
-1,-5	5.10	0.31	0.31	0.26	0.293
-2,5.5	5.85	0.25	0.97	0.36	0.527

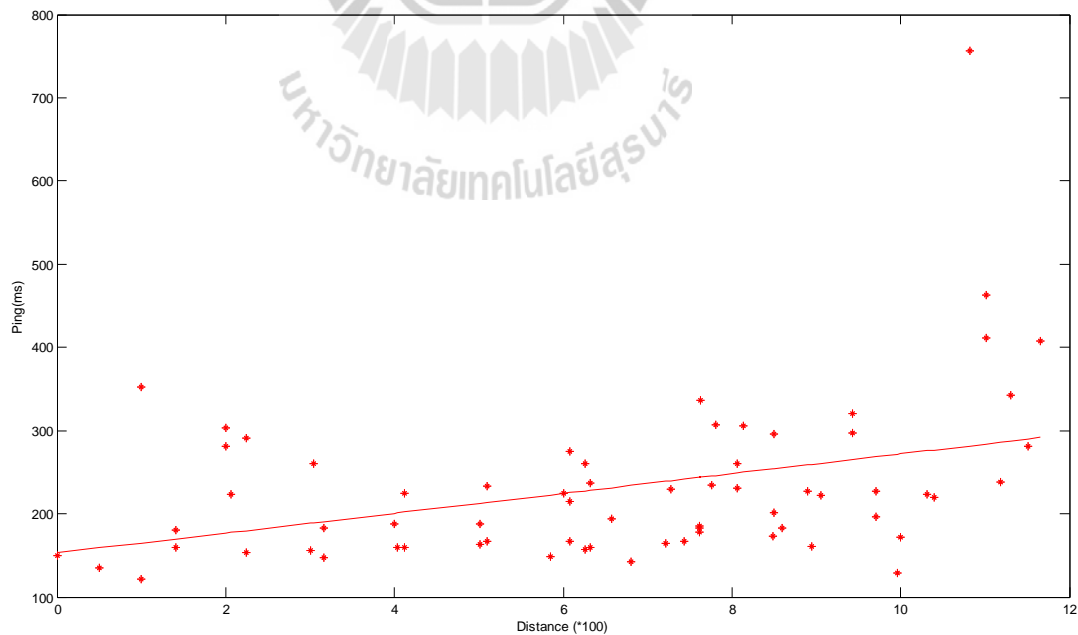
$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
0,6	6.00	0.44	0.22	0.28	0.313
6,1	6.08	0.11	0.08	0.10	0.097
-1,6	6.08	0.32	0.34	0.39	0.350
-1,-6	6.08	0.11	0.46	0.36	0.310
-3,5.5	6.26	0.95	0.16	0.75	0.620
-3,-5.5	6.26	0.58	0.40	0.12	0.367
6,2	6.32	1.18	1.03	0.83	1.013
-2,-6	6.32	0.44	0.13	0.13	0.233
1,6.5	6.58	0.10	0.24	0.51	0.283
-4,-5.5	6.80	0.46	0.31	0.20	0.323
-4,6	7.21	0.35	0.41	0.23	0.330
2,7	7.28	0.04	0.13	0.19	0.120
-5,-5.5	7.43	0.15	0.55	0.60	0.433
3,7	7.61	0.18	0.24	0.20	0.207
7,3	7.62	0.21	0.22	0.32	0.250
-7,3	7.62	0.37	0.26	0.20	0.277
-6.5,4	7.63	0.04	0.04	0.16	0.080
-7.5,2	7.76	0.24	0.15	0.03	0.140
-6,5	7.81	0.27	0.12	0.22	0.203
-4,7	8.06	0.12	0.12	0.11	0.117
-8,1	8.06	0.43	0.14	0.25	0.273
-6,-5.5	8.14	0.13	0.37	0.14	0.213
-6,6	8.49	0.40	0.18	0.31	0.297
4,7.5	8.50	0.21	0.09	0.37	0.223
-8.5,0	8.50	0.19	0.24	0.33	0.253
-5,7	8.60	0.27	0.13	0.15	0.183

$(x, y)$	$\sqrt{(x)^2 + y^2}$	3 Antenna			
		Upload(Mbps)			
		1	2	3	Average
-7,-5.5	8.90	0.35	0.23	0.45	0.343
8,4	8.94	0.16	0.26	0.22	0.213
-9,-1	9.06	0.03	0.08	0.10	0.070
5,8	9.43	0.33	0.16	0.40	0.297
8,5	9.43	0.36	0.13	0.53	0.340
-8,-5.5	9.71	0.17	0.04	0.26	0.157
-9.5,-2	9.71	0.72	0.3	0.64	0.553
-9.5,-3	9.96	0.23	1.32	0.53	0.693
8,6	10.00	0.21	0.43	0.82	0.487
-9.5,-4	10.31	1.02	1.14	1.07	1.077
6,8.5	10.40	1.63	0.94	1.55	1.373
-9,-6	10.82	0.4	0.42	0.19	0.337
7,8.5	11.01	0.26	0.06	0.05	0.123
8.5,7	11.01	0.54	0.29	0.33	0.387
-10,-5	11.18	0.10	0.13	0.11	0.113
8,8	11.31	0.24	0.71	0.53	0.493
-9.5,-6.5	11.51	0.37	0.48	0.31	0.387
-10,-6	11.66	0.25	0.34	0.11	0.233

#### 4.4.2 กราฟสัญญาณ3Gที่วัดได้จากจากเว็บไซต์ Speed test

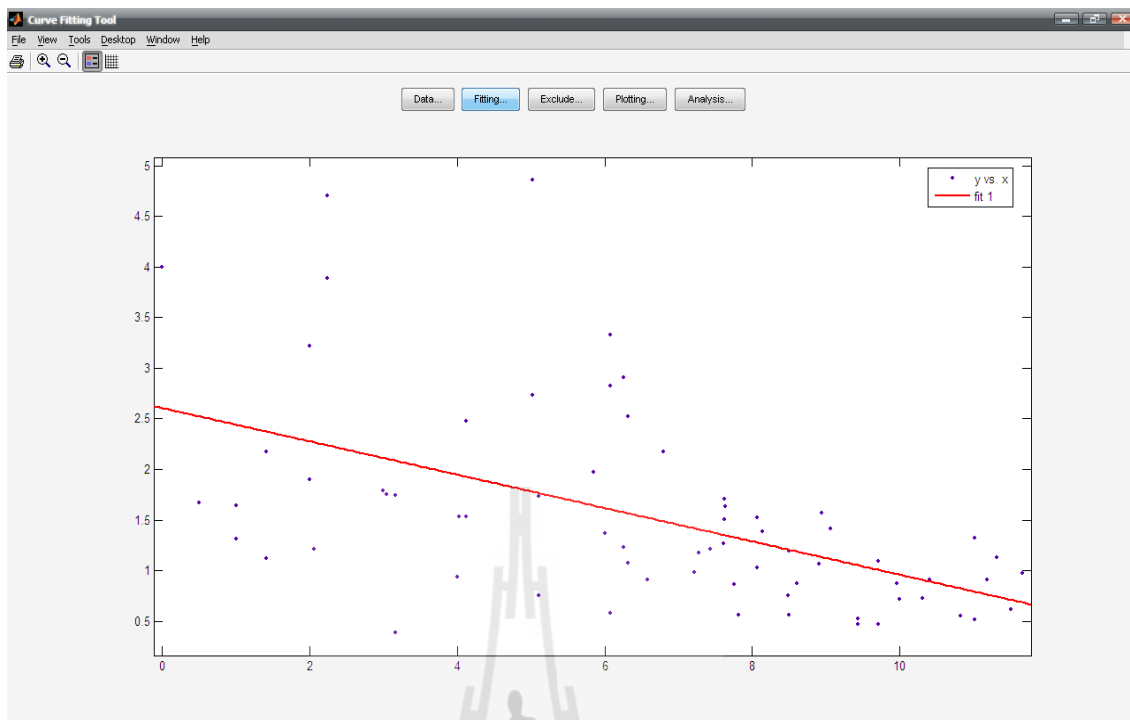


รูปที่ 4.13 กราฟการทดสอบค่า Ping แบบไม่มีAntenna

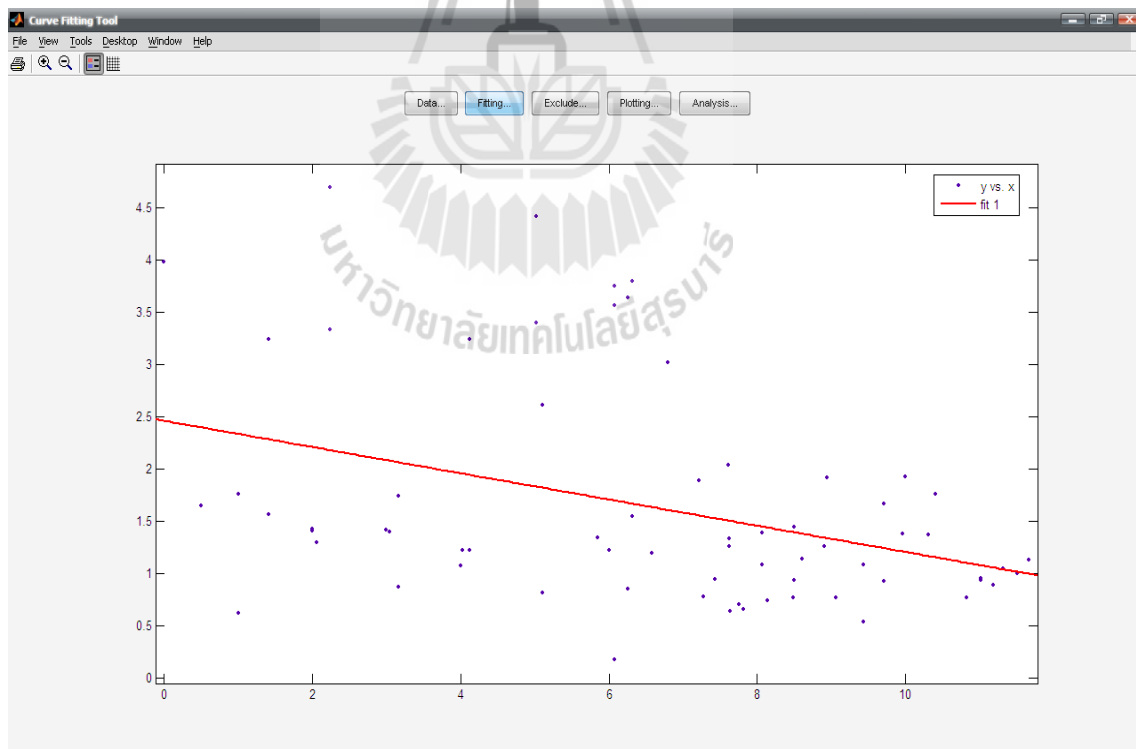


รูปที่ 4.14 กราฟการทดสอบค่า Ping แบบมีAntenna

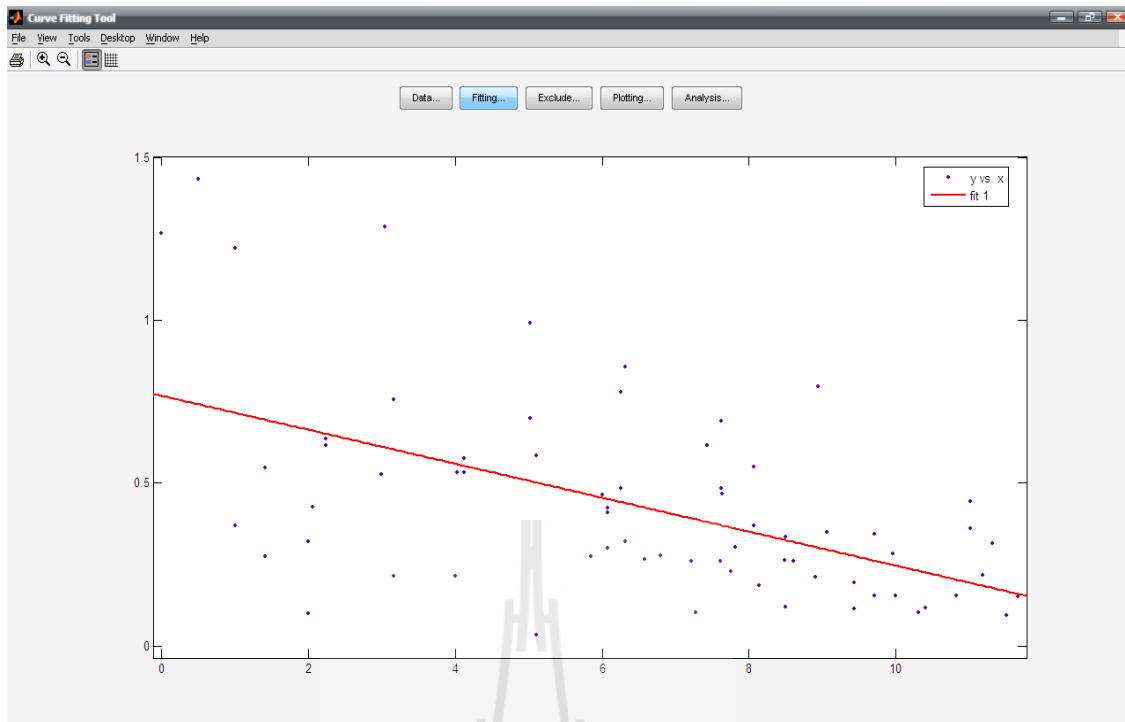




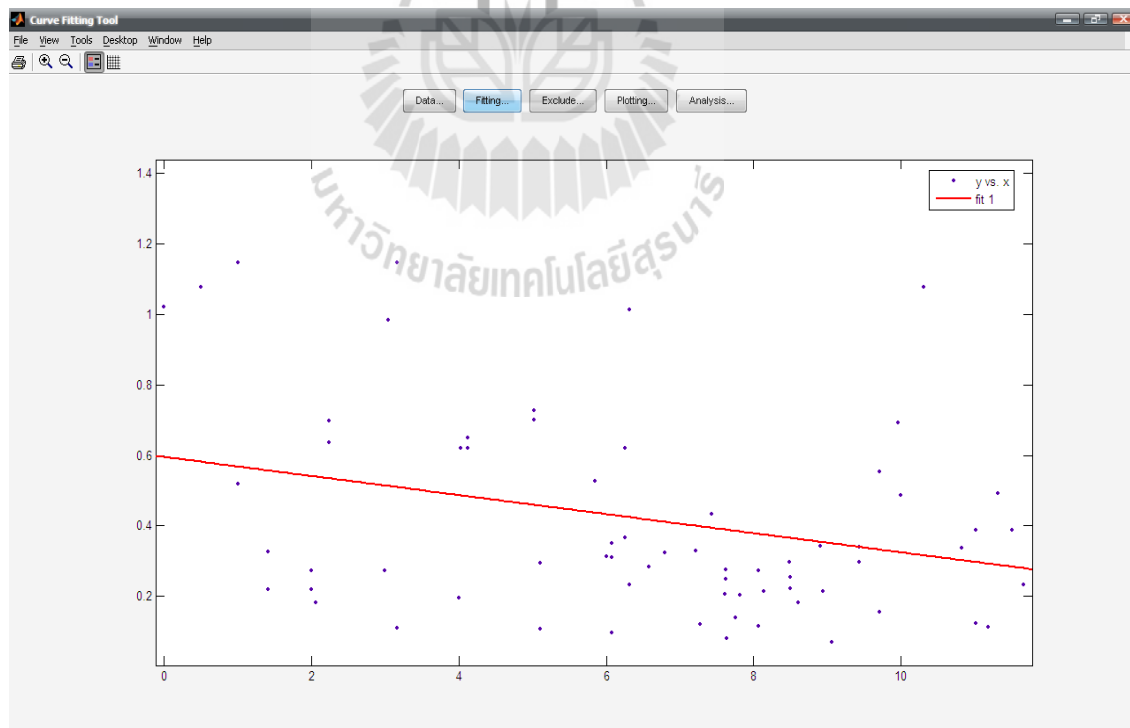
รูปที่ 4.15 กราฟการทดสอบค่า Download แบบไม่มี Antenna



รูปที่ 4.16 กราฟการทดสอบค่า Download แบบมี Antenna



รูปที่ 4.17 กราฟการทดสอบค่า Upload แบบไม่มี Antenna



รูปที่ 4.18 กราฟการทดสอบค่า Upload แบบมี Antenna

#### 4.5 การทำนายผลการวัดด้วยสมการ

จาก 
$$D_f = \frac{4h_1h_2}{\lambda}$$

$D_f$  = ระยะที่กำหนดการเปลี่ยนแปลงการลดทอน

$h_1$  = ความสูงของเสา

$h_2$  = ความสูงของ Antenna

$\lambda$  = ความยาวคลื่น โดยที่  $\lambda = \frac{c}{f}$

จาก (4.1) 
$$D_f = \frac{4h_1h_2}{\lambda}$$

จะได้ 
$$D_f = \frac{4(50)(1)}{\frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6}} = 600$$

จะได้ 
$$\Delta P = y \log r \quad (4.2)$$

จะได้ 
$$\Delta P = y \log 600$$

แสดงว่าเราได้จุดหักมุมของกราฟ การลดทอนในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทางจากผลการทดลองจะได้ว่า

ความชัน = ช่วงแรกของกราฟ -1.4450

จากสมการ

$$P_r = P_t - m \log r + a \quad (4.3)$$

จากค่า  $P_t$  ที่ได้สามารถนำมาทำนายได้ว่าระยะทางเท่านี้ มีความแรงของสัญญาณเท่าไร

#### 4.5.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณ3G

ตัวอย่าง การ Download ที่ระยะ 1500 m

ถ้าต้องการหาค่า Download ที่ระยะ 1500 m

จะได้

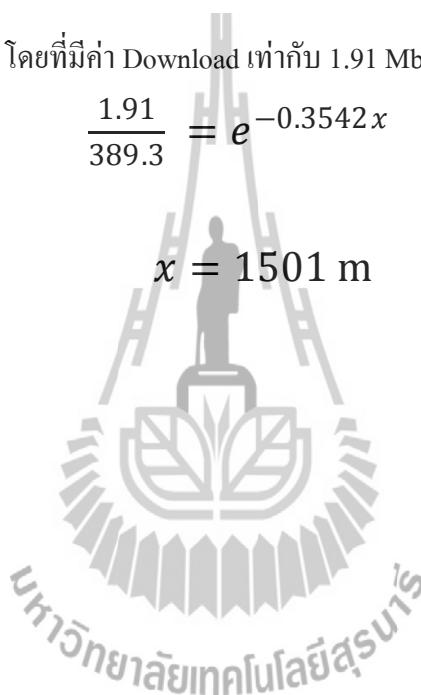
$$y = 389.3e^{-0.3542(15)} = 1.91 \text{ Mbps}$$

ถ้าต้องการหาค่า Distance โดยมีค่า Download เท่ากับ 1.91 Mbps

จะได้

$$\frac{1.91}{389.3} = e^{-0.3542x}$$

$$x = 1501 \text{ m}$$



## บทที่ 5

### บทสรุปของโครงการ

#### 5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของโครงการการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน วิธีการแก้ไขปัญหา ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนาโครงการต่อไป

#### 5.2 สรุปโครงการ

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G โดยที่โทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุค 3G มีการรับส่งข้อมูลประเภท มัลติมีเดีย ซึ่งต้องการความถูกต้องของข้อมูลที่สูงมากขึ้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G เพื่อนำมาทำนายประสิทธิภาพการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ที่ครอบคลุมพื้นที่นั้นๆทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสัญญาณ 3G ได้ การวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G นั้น เริ่มศึกษาโดยการวัดสัญญาณ 3G ในพื้นที่ โดยใช้โปรแกรม 3G Watcher วัดค่า signal strength แล้วนำมาสร้างกราฟลดทอนในระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ตามระยะทาง วัดค่าการ download และ upload แล้วนำมาสร้างกราฟ exponential จากโปรแกรมวัดค่า speed test จากเว็บไซต์ adslthailand และเว็บไซต์ speedtest แล้วนำมาสร้างกราฟ exponential นำกราฟมาทำนายประสิทธิภาพการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G จากสมการกำลังสัญญาณที่ได้รับได้

#### 5.3 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไข

ในการทำโครงการการศึกษาระบบการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์ 3G ปัญหาที่พบได้บ่อยๆ แสดงดังตารางที่ 5.1 ซึ่งประกอบด้วยปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน สาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ไข

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน	สาเหตุและวิธีการแก้ไข
1.แบตเตอรี่ Notebookหมดเร็ว	<b>สาเหตุ</b> แบตเตอรี่เสื่อม <b>วิธีแก้ไขปัญหา</b> หาแบตเตอรี่สำรองไปหลายๆก้อน
2.พื้นที่ไม่เอื้ออำนวย	<b>สาเหตุ</b> พื้นที่ที่วัดสัญญาณเป็นถนนสายหลัก <b>วิธีแก้ไขปัญหา</b> 1.เลือกช่วงเวลาในการวัดที่รถไม่ค่อยสัญจรมาก 2.ระมัดระวังอันตรายให้มากขึ้น
3.การวัดค่ามีการคลาดเคลื่อน	<b>สาเหตุ</b> 1. อาจเกิดจากการความไม่ประณีตในการติดตั้งอุปกรณ์ และในการปรับมุม 2. ความไม่แม่นยำในการอ่านค่า <b>วิธีแก้ไขปัญหา</b> 1. มีความประณีตบรรจงในการติดตั้งอุปกรณ์ และการปรับมุมมากขึ้น 2. เพิ่มความแม่นยำในการอ่านค่ามากขึ้น

#### 5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การวัดค่าโปรแกรม 3G Watcher โปรแกรมวัดค่า Speed ควรให้ค่ามีความเสถียรภาพก่อนจึงทำการวัด
2. ในการเดินทางวัดสัญญาณนั้นเส้นทางบางเส้นทางมีความคดเคี้ยว ควรทำการวัดระยะทางให้ถูกต้อง เพื่อให้ได้ค่าในการวัดที่แม่นยำ
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงการบางชิ้นมีขนาดเล็กและราคาแพง ผู้ใช้งานควนใช้งานด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างมาก

## 5.5 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

นำผลที่ได้จากโครงการมาพัฒนาคุณภาพของสัญญาณโทรศัพท์ระบบ 3Gต่อไป โดยนำสมการที่ได้มาทำการพิจารณาความแรงของสัญญาณเมื่อระยะทางห่างจากเสาปล่อยสัญญาณไกลขึ้น แล้วทำการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณให้มีกำลังส่งที่แรงขึ้นสามารถใช้ได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น

## 5.6 กล่าวสรุป

โครงการการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G มีส่วนประกอบหลัก ดังนี้

1. Air Card 503 ( Express Card Sierra Wireless )
2. Adapter Express Card to USB Cable
3. เสาอากาศนอก ( Antenna )

จากศึกษาโครงการการวิเคราะห์พื้นที่ครอบคลุมของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 3G ผลที่ได้จากการทดลองนั้น แสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้ผลการทดลองมาสร้างสมการเพื่อทำนายประสิทธิภาพการทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่3G

### บรรณานุกรม

- [1] ผ.ศ.ดร. พีระพงษ์ อุฑารสกุล , 427459 ระบบสื่อสาร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ( Mobile Communication System ) , สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [2] ศาสตราจารย์ ดร.สรารุณี สุจิตจร , การควบคุมอัตโนมัติ(Automatic Control) , สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- [3] <http://men.mthai.com/forum/topic/76294>
- [4] <http://www.modify.in.th/Computer-With-Internet/ADSL-ADSL-ADSL-id99.aspx>
- [5] <http://speedtest.adslthailand.com/>
- [6] [http://www.ku.ac.th/magazine\\_online/wireless\\_lan.html](http://www.ku.ac.th/magazine_online/wireless_lan.html)
- [7] <http://www.sys2u.com/xpert/viewtopic.php?f=2&t=1441&start=0&st=0&sk=t&sd=a>
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Signal\\_strength](http://en.wikipedia.org/wiki/Signal_strength)
- [9] <http://www.adslthailand.com/board/showthread.php?t=30529&page=1>





## ประวัติผู้เขียน

นางสาวธิดิยา สุวรรณชื่น เกิดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2531 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 25/35 ถนนเทศบาล3 อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนสตรีอ่างทอง ปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวกาญจนา อินทวงษ์ เกิดวันที่ 26 มีนาคม พ.ศ. 2531 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 127 หมู่ 4 ตำบลนกออก อำเภอป่าพะยอม จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนป่าพะยอมประชานิรมิต ปีการศึกษา 2549 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 5 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

นางสาวฐิตินันท์ ตันวิรัตน์ เกิดวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2531 ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 242/1 ถ.ศุภามัคคี ตำบลปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา จบการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนรุ่งอรุณวิทยาและมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนปากช่องพิทยาคม ปีการศึกษา 2550 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา