แนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิค ของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

TREND OF TRAFFIC IMPROVEMENT AND ANALYSIS FOR PERSONAL COMMUNICATION TELEPHONE

วรรณฤดี เตชะสุวรรณ์
WANPUEDDEE TAECHASUVAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-873-2

แนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิค ของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

TREND OF TRAFFIC IMPROVEMENT AND ANALYSIS FOR PERSONAL COMMUNICATION TELEPHONE

T043260

วรรณฤดี เตชะสุวรรณ์

WANRUEDEE TAECHASUWAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43260
วัน, เดือน, ปี 8 ส.ค. 2545

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2545

ISBN 974-648-873-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TREND OF TRAFFIC IMPROVEMENT AND ANALYSIS FOR PERSONAL COMMUNICATION TELEPHONE

WANRUEDEE TAECHASUWAN

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาโดยไม่อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2002
ISBN 974-648-873-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPY RIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

TREND OF TRAFFIC IMPROVEMENT AND ANALYSIS FOR PERSONAL COMMUNICATION TELEPHONE

ชื่อนักศึกษา นางสาววรรณฤดี เตชะสุวรรณ์

รหัสประจำตัว 39061066

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ถวิล	พึ่งมา	
รศ.สมยศ	จุณณะปิยะ	
รศ.ดร.ไกรสิน	ส่งวัฒนา	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวสุวิทย์	
รศ.ดร.กอบชัย	เดชหาญ	

วัน/เดือนปี ที่สอบ 7 พฤษภาคม 2545 เวลา 14.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร 12 ชั้น ชั้น 4 (ห้อง E12-404)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 17 **เดือน** พฤษภาคม **พ.ศ.** 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา
นักศึกษา	นางสาววรรณฤดี เตชะสุวรรณ์
รหัสประจำตัว	39061066
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการออกแบบรูปแบบการวิเคราะห์และแนวทางการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคของโทรศัพท์พื้นฐานพกพารวมถึงการคำนวณจำนวนช่องสัญญาณที่เพียงพอเหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุนโดยการนำทฤษฎีของเออแลงมาเปรียบเทียบกับปริมาณสภาพความคับคั่งที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขให้แม่นยำยิ่งขึ้น โดยที่ข้อมูลทราฟฟิคของสถานีลูกข่ายทุกตัวจะถูกดึงมาเข้าโปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซลล์ โดยแบ่งตามจำนวน Server เพื่อนำมาหาสถานีลูกข่ายที่มีความหนาแน่นทราฟฟิคสูงเกินกว่าคุณภาพโครงข่ายที่กำหนดไว้ 0.899 Erlang จากนั้นนำสถานีลูกข่ายที่มีความหนาแน่นทราฟฟิคสูงมาหาสภาพความคับคั่งและถ้าปริมาณสภาพความคับคั่งสูงและความสูญเสียสูงกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบจำนวนผู้ที่ไม่สามารถใช้ช่องสัญญานได้เทียบกับผู้ขอใช้ช่องสัญญาณทั้งหมด ถ้าทั้ง 2 ค่าคือความหนาแน่นทราฟฟิคกับปริมาณสภาพความคับคั่งสูงกว่าคุณภาพการบริการทั้ง 2 ค่า ก็จะนำค่าความหนาแน่นทราฟฟิคกับปริมาณสภาพความคับคั่งของสถานีลูกข่ายที่ทำการวิเคราะห์มาหาค่าความต่อเนื่องโดยวิธีการลงกราฟ จากนั้นจะนำค่าสภาพความคับคั่งไปเข้าสมการของเออแลงเพื่อหาจำนวนช่องสัญญาณที่จะต้องใช้ในบริเวณที่ต้องการแก้ไขทั้งหมด จากหลักการข้างต้นจะทำให้สามารถพยากรณ์ได้ว่าจะต้องติดตั้งสถานีลูกข่ายเท่าใดจึงจะเพียงพอกับความต้องการใช้ช่องสัญญาณและคุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Trend of Traffic Improvement and Analysis for Personal Communication Telephone
Student	Miss.Wanruedee Taechasuwan
Student ID.	39061066
Degree	Master of Electrical Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2002
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Kobchai Dejhan

ABSTRACT

This thesis proposes the trend of improvement and analysis of traffic for personal communication telephone (PCT). It presents the method to improve the traffic condition and the traffic channel usage in the PCT network by applying the Erlang's theory to compare with the real traffic in the PCT network. All traffic informations form each cell station will be separately recorded by its server. And process in the Microsoft Excel program in order to find out the cell station which the traffic condition is more than the specification of the PCT network (0.899 Erlang), then compare the number of call attempt with the call failure (by congestion traffic). If the call failure is more than 5 %, the number of call attempt and call failure will be continuously recorded in the graph. Finally, take those values to calculate in the Erlang's formula to find out the number of traffic channel which is enough to number of investment cell station to install for improving the customer satisfaction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สามารถจัดทำสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับความเมตตากรุณาท่าน รศ.ดร.กอบชัย เดชหาญ และคุณกมล โพธิ์งาม ที่ได้ให้คำแนะนำผู้วิจัยโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกทราบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างมาก และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ๆ ที่ให้กำลังใจและให้โอกาสบุตรได้รับการศึกษาในระดับต่างๆจนกระทั่งได้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิตนี้ รวมทั้งอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และสั่งสอนให้กับผู้วิจัยทุกระดับชั้น

ขอขอบพระคุณ บริษัทเทเลคอมเอเซีย คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) และ บริษัท เอเซีย ไวร์เลส คอมมิวนิเคชั่น จำกัด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำการทดลองและสนับสนุนข้อมูลการวิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆทุกคนในห้อง T-201 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยช่วยเหลือในการทำวิจัยฉบับนี้

ท้ายสุด ความรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบความดีที่ได้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

วรรณฤดี เตชะสุวรรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญภาพ VIII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 1
1.3 หลักการใหม่ในวิทยานิพนธ์ 2
1.4 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์ 2
บทที่ 2 ปริมาณสื่อสารสำหรับการวางแผน 4
2.1 บทนำ 4
2.2 ลักษณะการเรียกของโทรศัพท์ 4
2.2.1 การแจกแจงทวินาม 4
2.2.2 การแจกแจงปัวซอง 5
2.2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียก 6
2.2.4 ความสำเร็จของการเรียก 6
2.3 การวิเคราะห์ทราฟฟิค 7
2.3.1 ลักษณะของปริมาณการโทรศัพท์ 7
2.3.2 ขนาดปริมาณสื่อสาร 10
2.3.3 อัตราการเรียก 12
2.3.4 ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย 13
2.3.5 ธรรมชาติของการจราจร 13
2.3.6 หน่วยของการวัด 14
2.4 สูตรของ Erlang B 14
2.4.1 การเรียกเกิดตามสะดวก 14
2.4.2 การสูญเสียหน้าที่การทำงานเมื่อทุกวงจรไม่ว่าง 15
2.4.3 กลุ่มวงจรออกเป็นกลุ่มทรั้งบริการเต็ม 15
2.4.4 เวลาครอบตรองสำหรับการเรียก 15
2.4.5 วงจรเข้ามากเป็นอินฟินิตี้ขณะที่วงจรออกจำกัด 15

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ระดับของการบริการ 15
2.5.1 ชั่วโมงเร่งด่วน 17
2.6 บทสรุป 18

บทที่ 3 โทรศัพท์พื้นฐานพกพา 21
3.1 บทนำ 21
3.2 โครงสร้างของโทรศัพท์พื้นฐานพกพา 21
3.2.1 โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN 22
3.2.2 โครงข่าย พีเอชเอส (Personal Handy phone System) 23
3.2.3 โครงข่ายอัจฉริยะ 24
3.3 คุณสมบัติและการทำงานของสถานีลูกข่าย 27
3.3.1 หน้าที่ของสถานีลูกข่าย 28
3.3.2 ประเภทของสถานีลูกข่าย 30
3.3.3 การเชื่อมต่อสถานีลูกข่ายกับโครงข่าย (Network Interface) 34
3.3.4 แสดงสภาพภูมิประเทศของจุดติดตั้งสถานีลูกข่าย 36
3.4 คุณสมบัติและการทำงานของระบบบริหารโครงข่าย (NMS :Network Management System) 43
3.4.1 หน้าที่ของระบบบริหารโครงข่าย 43
3.4.2 การเชื่อมต่อระบบบริหารโครงข่ายกับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา 44

บทที่ 4 หลักการที่เสนอ 51
4.1 บทนำ 51
4.2 ระบบบริหารโครงข่ายกับการวิเคราะห์โครงข่าย 51
4.2.1 การนำข้อมูลที่ได้จากระบบบริหารโครงข่ายมาเข้าสมการของ Erlang 52
4.2.2 การนำข้อมูลที่ได้จากระบบบริหารโครงข่ายเข้าสมการเพื่อหาค่าสภาพความคับคั่ง 53
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ 53
4.4 ขบวนการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาทราฟฟิค 55
4.4.1 โฟล์ชาตร์การวิเคราะห์ 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รวมถึงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 การออกแบบ Software เพื่อหาจำนวนช่องสัญญาณ 57
4.5.1 การใช้งานของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ 58
4.5.2 หลักการทำงานของโปรแกรม 59

บทที่5 ผลการทดลอง 62
5.1 บทนำ 62
5.2 การติดต่อและดึงข้อมูลจากระบบบริหารโครงข่าย 62
5.3 ตัวอย่างการนำข้อมูลของสถานีลูกข่ายมาวิเคราะห์ 63
5.4 ผลจากการใช้โปรแกรมช่วยในการตัดสินใจ 66
5.5 ผลจากการเพิ่มช่องสัญญาณ 68
5.6 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นทราฟฟิคก่อนการแก้ไข
และหลังการแก้ไข.....68
5.7 ปัญหาที่พบในการวิจัย 70

บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย 71

บรรณานุกรม.....72

ภาคผนวก 74
ภาคผนวก ก. 75
ภาคผนวก ข. 105

ประวัติผู้เขียน 106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ Cell Station 27
3.2 แสดงโครงสร้างของ NMS-ENG 45
3.3 แสดงโครงสร้าง Work Station 46
3.4 แสดงโครงสร้าง NMS-ADP 48
3.5 แสดงโครงสร้าง NMS-Test 49
5.1 ข้อมูลของ CS หมายเลข 040570411 ณ.วันที่ 1 มิถุนายน 2543 64

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการแจกแจงทวินาม	5
2.2	การแจกแจงปัวซอง	6
2.3	แบบกระจายสัปดาห์ทำงานของปริมาณสื่อสารโทรศัพท์	8
2.4	การกระจายปริมาณสื่อสารโทรศัพท์รายสัปดาห์	8
2.5	การกระจายปริมาณโทรศัพท์รายปี	9
2.6	แนวโน้มการแปรผัน [3]	10
2.7	การแจกแจงเวลาครอบครอง	10
2.8	การเกิดการเรียกพร้อมๆกันในหลายวงจร	12
3.1	โครงสร้างของระบบการสื่อสารโทรศัพท์พื้นฐานพกพา PCT	22
3.2	โครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน	23
3.3	แสดงโครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล	24
3.4	สถาปัตยกรรมของโครงข่ายอัจฉริยะ	25
3.5	แสดงระดับชั้นของโปรโตคอลสำหรับสัญญาณควบคุมหมายเลข 7 และแสดงรายละเอียดของสัญญาณควบคุม	26
3.6	ตำแหน่งของ Cell Station	27
3.7	การแปลง Speech Coding	29
3.8	การใช้ D-Channel ร่วมกันของ Multiple CS	30
3.9	สถานีลูกข่ายแบบติดตั้งในอาคารขนาด 10 mW	31
3.10	สถานีลูกข่ายแบบติดตั้งภายนอกอาคารขนาด 20 mW (NEC)	32
3.11	สถานีลูกข่ายแบบติดตั้งภายนอกอาคารขนาด 20 mW (Panasonic)	32
3.12	สถานีลูกข่ายแบบติดตั้งภายนอกอาคารขนาด 200 mW (Panasonic)	33
3.13	การติดตั้งสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW	34
3.14	แสดง Logical Channel ของ BRI	35
3.15	แสดงการใช้ช่องสัญญาณของ CS	36
3.16	สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ A	37
3.17	แสดงรูปแบบการแพร่กระจายของสถานีลูกข่ายขนาด 20 mW โดยใช้เสาอากาศขนาด 4 dBi	38
3.18	แสดงรูปแบบการแพร่กระจายของสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW โดยใช้เสาอากาศขนาด 7dBi	39
3.19	แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศแบบ A	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.20 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ A 39

3.21 สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ B 40

3.22 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ B 40

3.23 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ B 41

3.24 สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ C 41

3.25 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ C 42

3.26 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ C 42

3.27 การเชื่อมต่อ NMS 44

3.28 NMS-ENG 45

3.29 NMS-FS 46

3.30 Work Station (WS) ของ NMS 47

3.31 ตัวอย่างหน้าจอของ WS 47

3.32 NMS Adapter 1,2 49

3.33 NMS- Test Unit 50

4.1 แสดงข้อมูลที่รับจาก NMS 52

4.2 แสดงข้อมูลเป็นรายชั่วโมงใน 1 วัน 54

4.3 แสดงข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ 54

4.4 แสดงข้อมูลเป็นรายเดือน 55

4.5 โฟล์ชาร์ตการวิเคราะห์ 57

4.6 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ 58

4.7 แสดงข้อความเตือนเมื่อมีการใส่ค่า input ผิดพลาด 58

4.8 แสดงค่าที่โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณที่คำนวณได้ 59

4.9 โฟล์ชาร์ต โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ 60

5.1 แสดงข้อมูลที่ดึงมาจากสถานีลูกข่ายโดยผ่านระบบบริหารโครงข่าย 62

5.2 โฟล์ชาร์ตการวิเคราะห์ 63

5.3 ปริมาณทราฟฟิครายเดือนก่อนการปรับปรุง 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

5.4 ปริมาณทราฟฟิครายสัปดาห์ก่อนการปรับปรุง 65
5.5 ปริมาณทราฟฟิครายวันก่อนการปรับปรุง 65
5.6 แสดงการป้อนค่าปริมาณทราฟฟิคโดยใช้โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ 67
5.7 แสดงผลของการคำนวณ 67
5.8 แผนภาพแสดงการติดตั้ง CS เพิ่ม 68
5.9 ปริมาณทราฟฟิคหลังการปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มจำนวน CS 69
5.10 ปริมาณทราฟฟิครายสัปดาห์หลังการปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มจำนวน CS 70

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของงานวิจัย

ในปัจจุบันนี้ผู้ประกอบการระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาประสบความสำเร็จในการสร้างยอดขายและมีผู้ใช้บริการเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก แต่จากการที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากส่งผลกระทบให้มีปริมาณทราฟฟิคหนาแน่นมากช่องสัญญาณมีไม่เพียงพอต่อปริมาณการใช้งาน สืบเนื่องมาจากในการติดตั้งและออกแบบโครงข่ายในครั้งแรกมุ่งเน้นให้มีสัณณาณครอบคลุมพื้นที่ 1,500 ตารางกิโลเมตรแรกในกรุงเทพฯและปริมณฑลเท่านั้นดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องหาแนวทางการแก้ไขโดยการเพิ่มช่องสัญญาณให้เพียงพอหรือการปรับปรุงให้สัญญาณของแต่ละสถานีลูกข่ายมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากแนวทางดังกล่าวหากต้องออกสำรวจทุกพื้นที่ที่ทำการติดตั้งสถานีลูกข่าย ใน 1500 ตารางกิโลเมตร ซึ่งมีสถานีลูกข่ายติดตั้งอยู่ถึง 30,000 ตัว นั้น คงต้องเสียทั้งต้นทุนและแรงงานที่สูงขึ้นมาก

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอการแก้ไขที่เหมาะสมกับสภาพเศรษฐกิจปัจจุบัน กล่าวคือเราจะดำเนินการแก้ไขเฉพาะในบริเวณที่ปริมาณทราฟฟิคหนาแน่นและจำนวนช่องสัญญาณมีไม่เพียงพอเท่านั้น โดยอาศัยทฤษฎีของเออแลงเป็นสิ่งอ้างอิง

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

แนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคและแก้ไขปัญหาก่อนที่จะมีผู้ใช้บริการร้องเรียน เนื่องจากในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคจะดำเนินการแก้ไขก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการร้องเรียนเข้ามาจากนั้นก็จะออกสำรวจหน้างานหากพบว่าพื้นที่ดังกล่าวมีผู้ใช้บริการมากจริงก็จะดำเนินการติดตั้งสถานีลูกข่ายเพิ่มทันทีซึ่งในบางครั้งปริมาณการใช้งานอาจจะสูงแค่วันใดวันหนึ่งเท่านั้น หรือเมื่อเปรียบเทียบเป็นเออแลงแล้วอาจจะไม่เกินทีคุณภาพของโครงข่ายตั้งไว้ก็ได้ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้ทำการนำระบบบริหารโครงข่าย (Network Management System) เข้ามาช่วยในการ ดึงข้อมูลการใช้งานของเครื่องลูกข่ายที่ติดต่อกับสถานีลูกข่ายเพื่อนำมาหาสภาพความคับคั่งและนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นของสถานีลูกข่ายในบริเวณนั้นๆ จากนั้นนำมาหาความต่อเนื่องในการเกิดปริมาณทราฟฟิคเทียบกับสภาพความคับคั่ง เป็นรายชั่วโมงใน 1 วัน เป็นรายวันใน 1 สัปดาห์ และรายวัน ใน 1 เดือน เพื่อดูแนวโน้มว่ามีปริมาณการใช้ช่องสัญญาณสูงและช่องสัญญาณมีไม่เพียงพอจริง จากนั้นนำไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนทางวิศวกรรม โดยจะเข้าสมการของเออแลง ด้วยโปรแกรมเพื่อคำนวณหาช่องสัญญาณให้เพียงพอกับปริมาณทราฟฟิคในชั่วโมงเร่งด่วนโดยใช้วิธีการของ TCBH Method (Time Consistent Busy Hour)

1.3 หลักการใหม่ที่นำเสนอเมื่อเทียบกับหลักการเดิม

จากหลักการเดิมจะมองเฉพาะในส่วนของปริมาณทราฟฟิคที่สูงเกินกว่าข้อกำหนด และจะนำสถานีลูกข่ายตัวใดมาแก้ไขปัญหาทราฟฟิคก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการร้องเรียนเข้ามาเท่านั้นไม่ได้มีการดึงข้อมูลจากสถานีลูกข่ายทุกตัวเข้ามาวิเคราะห์ก่อนแล้วแก้ไขก่อนที่จะมีผู้ใช้บริการร้องเรียนและจากการแก้ไขในจุดที่มีการร้องเรียนจากลูกค้านั้นเนื่องจากไม่มีข้อกำหนดหรือสมการมากำหนดทำให้การตัดสินใจเพิ่มช่องสัญญาณโดยการติดตั้งสถานีลูกข่ายเพิ่มทำให้ไม่คุ้มค่าใช้จ่ายที่ลงทุน แต่ในหลักการใหม่ที่นำเสนอเป็นกรรมวิธีการออกแบบโดยกำหนดรูปแบบของขั้นตอนการวิเคราะห์ที่แน่ชัดโดยการกำหนดความเป็นไปได้ที่จะต้องสูญเสีย (Loss Probability) เกิดขึ้นได้สูงสุดเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน เพื่อเป็นการชี้ชัดและสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอนดังกล่าวนี้ โดยปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมง และมีชื่อเรียกว่า Busy Hour และ Busy Hour สามารถหาได้ 2 รูปแบบการวัดคือ การวัดความต่อเนื่องเป็นรายวัน (Daily Continuous Measurements) และการวัดแบบไม่ต่อเนื่องเป็นรายวัน (Daily Non-Continuous Measurement) โดยในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีการวัดแบบวัดความต่อเนื่องเป็นรายวันโดยวิธี TCBH Method (Time Consistent Busy Hour) เมื่อหา Busy Hour ที่มีปริมาณความหนาแน่นทราฟฟิคของสถานีลูกข่ายที่สูงเกินข้อกำหนดของโครงข่ายที่ตั้งไว้ที่ 0.899 Erlag มาเปรียบเทียบกับปริมาณสภาพความคับคั่งของการใช้ช่องสัญญาณในสถานีลูกข่ายแต่ละตัวจะต้องไม่เกิน 5 % (นั่นหมายถึงเมื่อมีผู้ขอใช้ช่องสัญญาณ 100 คนคุณภาพโครงข่ายยอมให้สูญเสียได้ 5 คน) เมื่อเทียบกับจำนวนผู้ต้องการใช้ช่องสัญญาณทั้งหมดถ้าผลลัพธ์ของทั้งสองค่าดังกล่าวสูงเกินกว่าคุณภาพโครงข่ายที่กำหนดจริง จากนั้นนำข้อมูลของสถานีลูกข่ายที่วิเคราะห์มานำเสนอเป็นกราฟ เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของสภาพความคับคั่งของการใช้ช่องสัญญาณและความหนาแน่นของทราฟฟิค จากนั้นจึงจะนำมาเข้าสมการโดยใช้ชั่วโมงที่เป็น Busy Hour มาเข้าสมการของ Erlang โดยการเข้าโปรแกรมคำนวณหาจำนวนช่องสัญญาณ เพื่อหาจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดที่จะต้องใช้ในบริเวณที่กำลังแก้ไขอยู่ เพื่อจะได้ข้อมูลที่แม่นยำมากและคุ้มกับค่าใช้จ่ายที่ลงทุนติดตั้งสถานีลูกข่ายเพิ่ม

1.4 รายละเอียดในวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 6 บทด้วยกัน กล่าวคือ

บทที่ 1 จะกล่าวถึงเหตุจูงใจในการทำวิจัยนี้ วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ตลอดถึง หลักการใหม่ที่นำเสนอโดยเปรียบเทียบกับหลักการเดิม

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการทฤษฎีเบื้องต้นของทราฟฟิค การวิเคราะห์ทราฟฟิคและการวางแผนพยากรณ์ทราฟฟิค

บทที่ 3 กล่าวถึงโครงสร้างมาตรฐานและหลักการทำงานของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา (PCT : Personal Cordless Telephone) ตลอดจนคุณสมบัติและการทำงานของสถานีลูกข่าย (CS : Cell Station) กับการติดต่อระหว่างสถานีลูกข่ายกับเครื่องลูกข่าย (PS : Personal Station)

บทที่ 4 เป็นการนำเสนอหลักการในการทดลองรูปแบบและขั้นตอนของการวิจัยและการดำเนินการ รวมถึงการออกแบบโปรแกรมเพื่อช่วยในการคำนวณหาจำนวนช่องสัญญาณ ให้พอเพียงกับปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้น

บทที่ 5 เป็นผลของการทดลองและดำเนินการ ตลอดจนปัญหาที่พบในการวิจัย

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลงานการทดลองและแนวทางการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาทราฟฟิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ปริมาณสื่อสารสำหรับการวางแผน

2.1 บทนำ

ในทางโทรคมนาคมทราฟฟิค (Traffic) หมายถึง การสื่อสารไหล หรือปริมาณสื่อสารไหลในวงจร ทฤษฎีปริมาณสื่อสารจึงจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์และการบริการ เมื่อมีผู้ใช้อุปกรณ์ย่อมต้องมีปริมาณสื่อสารอย่างแน่นอน โดยทั่วไป ปริมาณสื่อสารแปรอย่างมากตามเวลา ชั่วโมง วัน สัปดาห์ และ เดือน จะไม่ประหยัดที่จะติดตั้งอุปกรณ์อย่างเพียงพอที่จะรักษาระดับของการบริการให้ดีสม่ำเสมอ สำหรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นเพียงชั่วคราว ทฤษฎีปริมาณสื่อสารจึงจำเป็นที่จะเข้าใจปริมาณสื่อสารและธรรมชาติของมัน ทฤษฎีปริมาณสื่อสารมีความสำคัญในการหาปริมาณของอุปกรณ์และจำนวนของวงจรที่ต้องการที่จะจัดจำนวนชุมสายที่มีคุณภาพอย่างเหมาะสม

2.2 ลักษณะของการเรียกโทรศัพท์

การเริ่มต้นการเรียก (originating of call) อยู่ในเงื่อนไขต่อไปนี้

(1) การเริ่มต้นการเรียกโทรศัพท์โดยทั่วไปพิจารณาได้ว่าเป็นอิสระ ซึ่งกันและกัน

(2) ความน่าจะเป็นของการเริ่มต้นการเรียกถือว่าเป็นค่าคงที่

เงื่อนไขทั้งสองข้อดังกล่าวใช้การได้ดีในกรณีของการเรียกโทรศัพท์ระหว่างชั่วโมงธุรกิจ การเรียกในชั่วโมงธุรกิจตรงกับสมมติฐานที่กล่าวข้างต้น

ปรากฏการณ์ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวแจกแจงได้ตามการแจกแจงปัวซอง(Poisson distribution) แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$P_r = \frac{\lambda^r}{r!}.e^{-\lambda} \qquad (2.1)$$

เมื่อ P_r = ความน่าจะเป็นของการเริ่มต้น " r " การเรียก

r = จำนวนของการเรียก

λ = สัมประสิทธิ์ของการเริ่มต้นการเรียก

จึงสรุปได้ว่าการเรียกโทรศัพท์ที่เกิดขึ้นในเวลากลางวันอยู่ภายใต้กฎการแจกแจงปัวซอง (Poisson distribution law)

2.2.1 การแจกแจงทวินาม (Binomial distribution)

ความน่าจะเป็นของการปรากฏหัว คือ P ความน่าจะเป็นของการปรากฏก้อย คือ (1 – P) แล้วความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิด "r" หัวของการโยน "n" ครั้งจะเป็น

$$P^r = (1-p)^{n-r} \qquad (2.2)$$

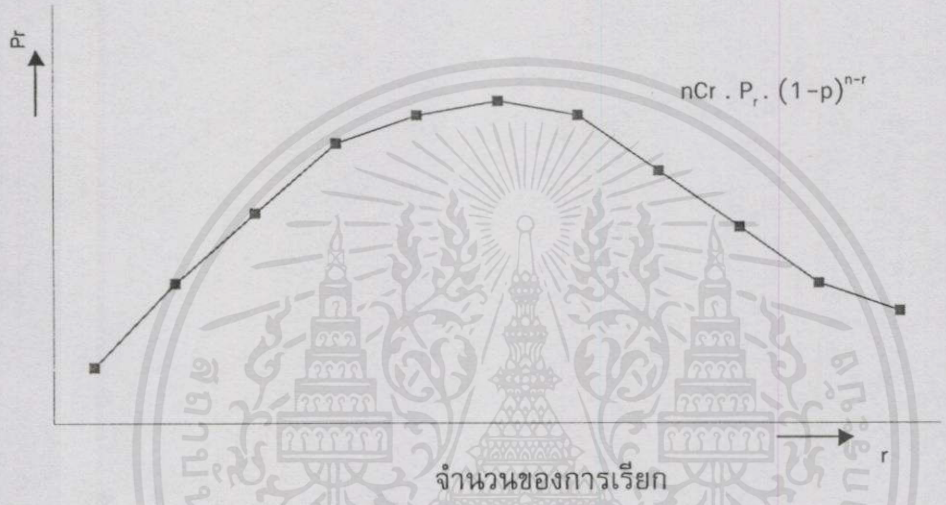
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

จำนวนของเหตุการณ์จะเป็น nCr
เพราะฉะนั้น ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เกิด "r" หัวของการโยน "n" ครั้งจะเป็น

$$P_r = nCr \cdot p^r (1-p)^{n-r} \qquad (2.3)$$

การแจกแจงที่น่าจะเป็นตามสมการที่ 2.3 คือ การแจกแจงทวินาม

เมื่อ p มีค่าน้อยและ n มีค่ามาก ความน่าจะเป็นในรูปการแจกแจงปัวซองใกล้เคียงกับการแจกแจงทวินาม ใช้แสดงการเกิดการเรียกโทรศัพท์ในเวลากลางวันในลักษณะภาพรวมได้



รูปที่ 2.1 แสดงการแจกแจงทวินาม

2.2.2 การแจกแจงปัวซอง (Poisson distribution)

สมมติว่าในช่วงเวลา Δt ซึ่งมีการเรียกเกิดขึ้น จำนวนของการเรียกไม่มากกว่าหนึ่ง นั่นคือ ในช่วงเวลาอันสั้นนี้มีการเรียกเกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้งและหน่วยเวลาประกอบขึ้นเป็น $\lambda\Delta t$ ความน่าจะเป็นของการเรียกเกิดในเวลา Δt คือ $\lambda\Delta t$, λ คือ สัมประสิทธิของการเกิด แล้วความน่าจะเป็นของการเรียกใดๆ ไม่เกิดขึ้นในช่วงเวลา Δt คือ $(1 - \lambda\Delta t)$ ถ้าในหนึ่งหน่วยเวลามี " r " การเรียกความน่าจะเป็นในรูปการแจกแจงทวินาม แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

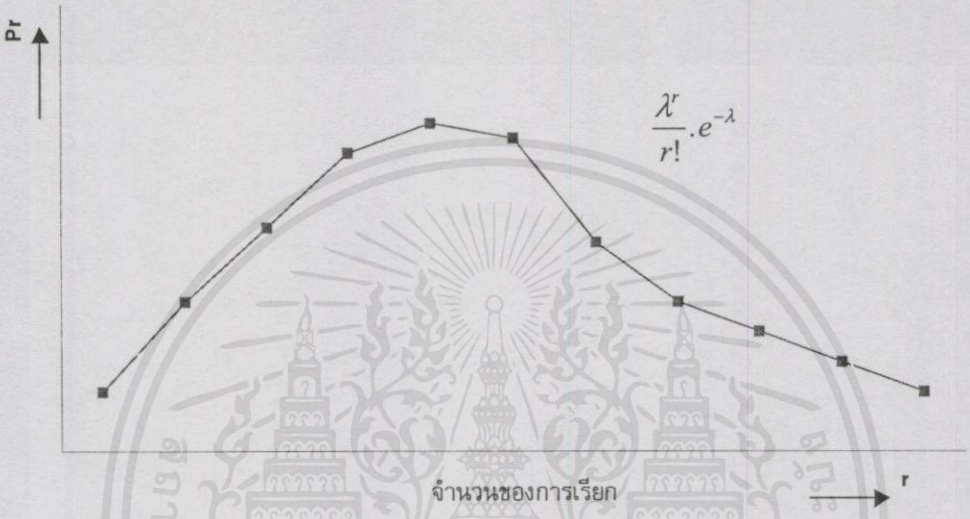
$$P_r = nCr\ (\lambda\Delta t)^r \cdot (1-\lambda\Delta t)^{n-r} \qquad (2.4)$$

เมื่อ $n \to \infty$ และถ้า $P \to \lambda\Delta t$ มีค่าน้อยมาก P_r จะใกล้เคียงกับการแจกแจงปัวซอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_r = \lim_{n->\infty} nCr\,(\lambda\Delta t)^r . (1-\lambda\Delta t)^{n-r} \quad (2.5)$$

$$P_r = \frac{\lambda^r}{r!}.e^{-\lambda} \quad (2.6)$$



รูปที่ 2.2 การแจกแจงปัวซอง

2.2.3 เวลาการใช้งานของการเรียก (holding time of calls)

การแจกแจงเกี่ยวกับเวลาใช้งานของการเรียกโทรศัพท์จะใกล้เคียงกับการแจกแจงเลขยกกำลัง (exponential distribution) ความน่าจะเป็นที่การเรียกใช้เวลามากกว่า "t" แสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$p\,(>t) = \int_t^{\infty} f(x)d(x) = e^{-t/h} \quad (2.7)$$

2.2.4 ความสำเร็จของการเรียก

การเรียกทั้งหมดคาดหมายเวลาใช้งานว่าควรจะอยู่ภายใต้ความน่าจะเป็นของความสำเร็จเหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ : การเรียกที่เวลา t_1 คาดหมายว่าจะใช้เวลามากกว่า t_2 หลังเวลา t_1 ด้วยความน่าจะเป็น

$$pt_1 (>t_2) = e^{-t2/h} \quad (2.8)$$

ความน่าจะเป็นที่การเรียกสำเร็จในเวลา Δt จะเป็น

$$p (<\Delta t) = \frac{\Delta t/h}{1!} - \frac{(\Delta t/h)^2}{2!} + \frac{(\Delta t/h)^3}{3!} ..... + \frac{(\Delta t/h)^n}{n!} \quad (2.9)$$

เนื่องจาก Δt เป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก จึงตัดส่วนที่ยกกำลังออก

$$p(<\Delta t) = \frac{\Delta t}{h} = \mu \Delta t \quad (2.10)$$

เมื่อ $\mu = \frac{1}{h}$: คือสัมประสิทธิของการเรียกสำเร็จความน่าจะเป็นที่มี " r " การเรียกสำเร็จภายในเวลา Δt จะเป็น

$$p_r(\Delta t) = rC_1 \left(\frac{\Delta t}{h}\right)\left(1\frac{\Delta t}{n}\right)^{n-1} \quad (2.11)$$

เนื่องจาก Δt เป็นช่วงเวลาที่สั้นมาก จึงตัดส่วนที่ยกกำลังออกจะเป็น

$$P_r(< \Delta t) = r\frac{\Delta t}{h} = r.\mu \Delta t \quad (2.12)$$

2.3 การวิเคราะห์ทราฟฟิค

2.3.1 ลักษณะของปริมาณการโทรศัพท์ (Telephone Traffic Characteristics)

โดยเราจะเห็นว่าเราไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าการเรียกแต่ละครั้งจะกินเวลานานเท่าไหร่ และบ่อยครั้งหรือไม่นอกจากนี้การเรียกของผู้ใช้บริการการแต่ละคนก็ยังไม่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกันสรุปได้ว่าการเรียกแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับความตั้งใจและความปราถนาของผู้ใช้บริการแต่ละคนเอง แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถมองเห็นภาพรวมได้ว่า ลักษณะของทราฟฟิครวมจะออกเป็นรูปใดสามารถแทนด้วยสูตรใดความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิค (Traffic Variation) ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการเช่น เวลา ฤดูกาล สภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจ ฯลฯ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจจะมีเหตุการณ์เกิดขึ้นคล้ายๆ หรือซ้ำๆกัน เราจึงสามารถนำมาคาดคะเนสภาพของทราฟฟิคในช่วงเวลาต่างได้ทำให้เราสามารถเตรียมป้องกันหรือรองรับปริมาณทราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นมากๆได้

ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

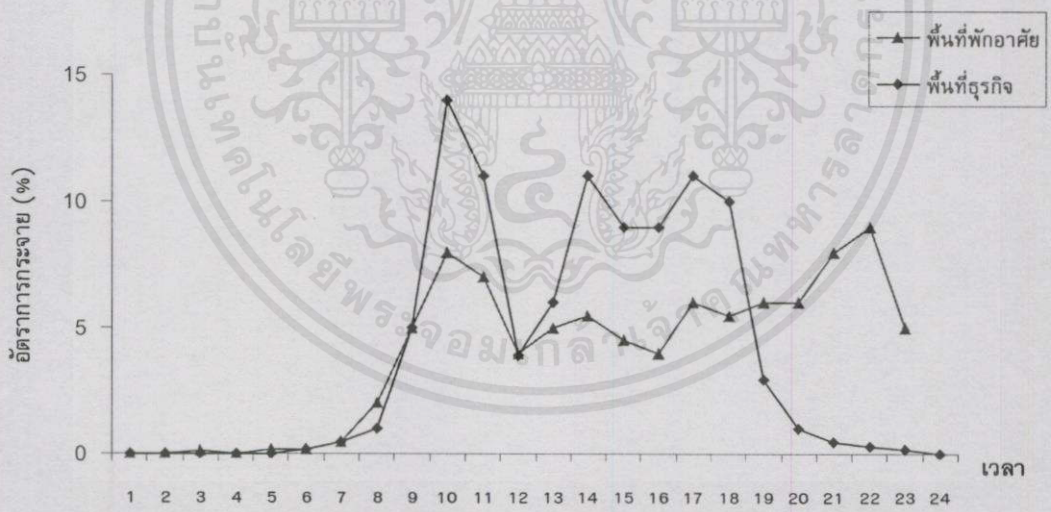
ลักษณะของปริมาณการใช้โทรศัพท์ (Telephone Traffic Characteristic Characteristics) ของแต่ละประเทศจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับภูมิประเทศและสภาวะต่างๆที่กล่าวมา

2.3.1.1 ธรรมชาติของการเรียกโทรศัพท์

สมาชิกทั้งหลายต้องต่อกับสถานีลูกข่าย (CS : Cell station) ในท้องถิ่นของตน แม้สมาชิกแต่ละรายจะเริ่มต้นการเรียกได้อย่างอิสระก็ตาม การเรียกเหล่านี้สามารถหาได้ขึ้นกับกลุ่มหรือพื้นที่ท้องถิ่น เช่นย่านธุรกิจหรือที่พักอาศัย ปริมาณการเรียกจะสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการเคลื่อนไหวทางสังคม เพราะความแปรผันด้านการเรียกขึ้นกับกฎเกณฑ์ที่กำหนดให้ การวัดสามารถกระทำได้ง่ายในสถานีลูกข่ายซึ่งจะสั่งให้แสดงผลออกมาได้ ความแตกต่างอยู่ที่ท้องถิ่นจะติดตั้งอุปกรณ์ให้มีความจุเท่าใด จึงจะสนองความต้องการท้องถิ่นนั้นๆได้เพียงพอ

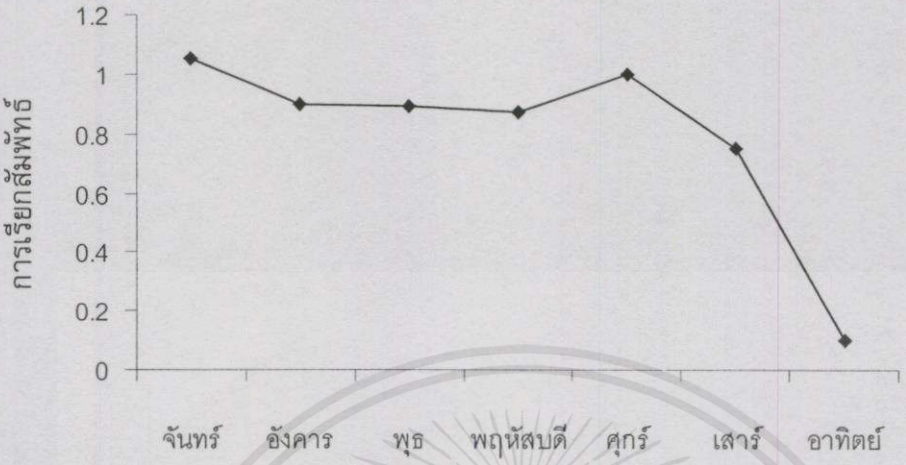
2.3.1.2 ความแปรผันในการเรียกโทรศัพท์

ความแปรผันในการเรียกจำแนกได้เป็นการแปรผันรายชั่วโมง รายสัปดาห์และรายปี ความแปรผันในการเรียกดังแสดงรูปที่ 2.3 ถึง 2.6 โดยปกติ อุปกรณ์ออกแบบโดยมีเป้าหมายไปสนองต่อการเรียกในชั่วโมงธุรกิจ ชั่วโมงธุรกิจ คือ 60 นาทีของวัน ในช่วงที่ปริมาณสื่อสาร หรือจำนวนของการเรียกเข้าสูงที่สุด จำนวนของการเรียกในชั่วโมงธุรกิจจึงเรียกว่า การเรียกชั่วโมงธุรกิจ (Busy Hour Call) เมื่อนำข้อมูลปริมาณสื่อสารหลายปีมาจัดตามลำดับเวลาเวลาดังแสดงในรูปที่ 1.4 สามารถเห็นการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องได้ คุณลักษณะการแปรผันในการสื่อสารระยะยาวจึงเรียกว่าแนวโน้มการแปรผัน ในการวางแผนโครงข่ายระยะยาว จึงสำคัญที่จะตัดสินใจแนวโน้มดังกล่าวอย่างละเอียด

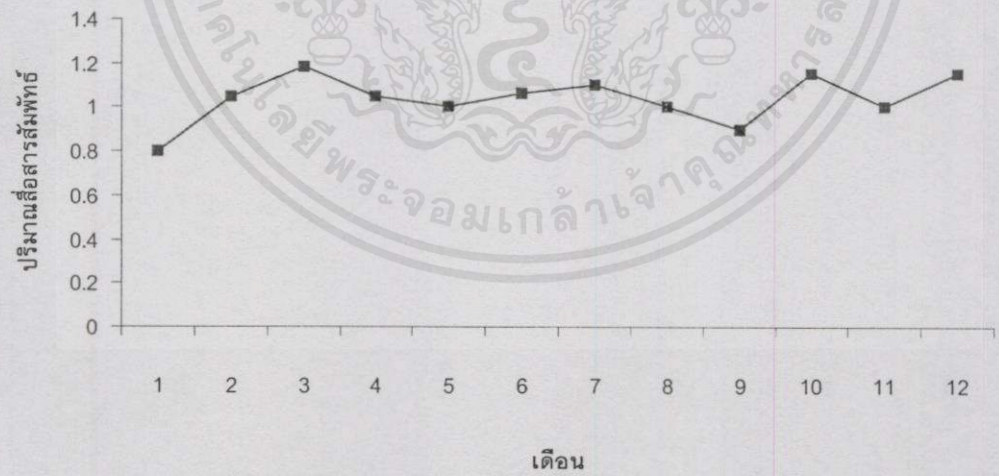


รูปที่ 2.3 แบบกระจายสัปดาห์ทำงานของปริมาณสื่อสารโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



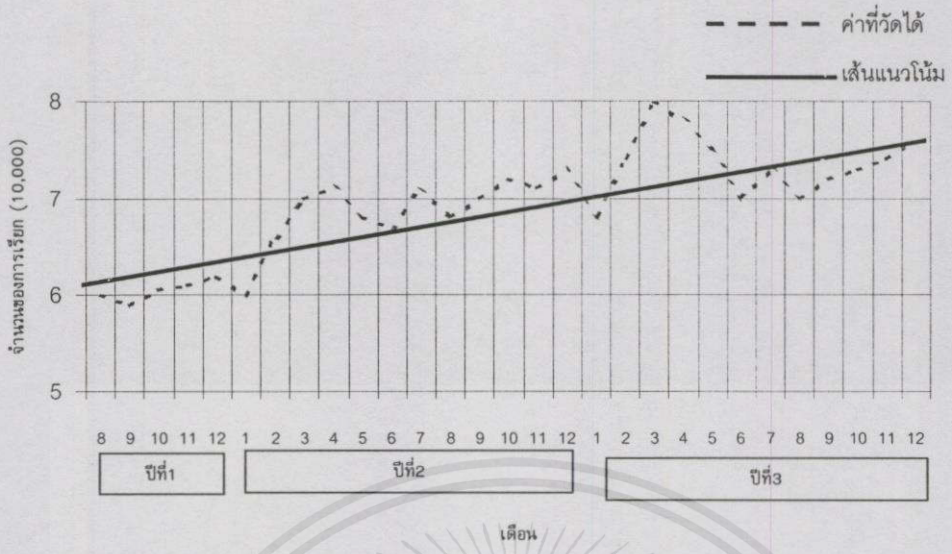
รูปที่ 2.4 การ กระจายปริมาณสื่อสารโทรศัพท์รายสัปดาห์



รูปที่ 2.5 การ กระจายปริมาณโทรศัพท์รายปี

ปริมาณสื่อสารสัมพัทธ์ = สำหรับเดือนเฉลี่ยปริมาณสื่อสารสูงสุดเดือนมีนาคมและปลายปี

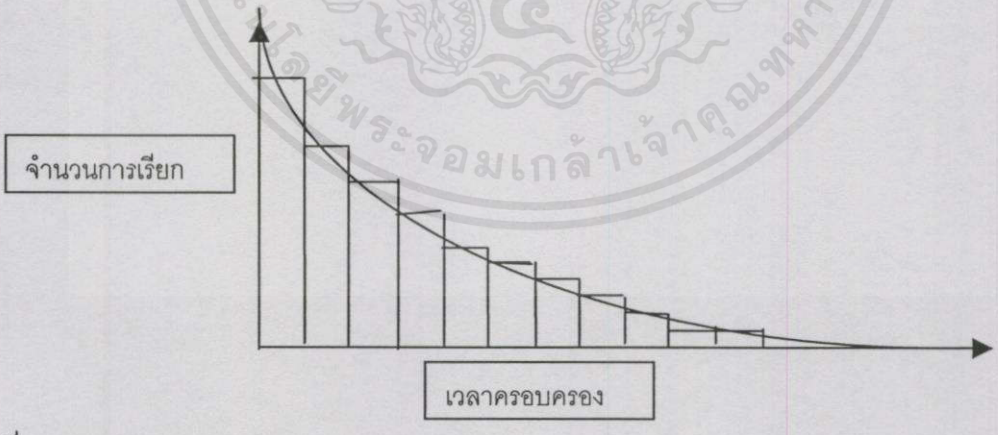
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แนวโน้มการแปรผัน [2]

2.3.1.4 การแจกแจงเวลาครอบครอง

ช่วงเวลาซึ่งสถานีลูกข่ายหรือช่องสัญญาณถูกครอบครองอย่างต่อเนื่อง โดยการเรียกทางเครื่องลูกข่าย (Personal Station :PS) เวลาจากเริ่มต้นการเรียก จนจบการสนทนา เรียกว่า เวลาครอบครอง กราฟการแจกแจงเวลาครอบครองประมาณใกล้เคียงกับกราฟการแจกแจงเอกโพเนนเชียล ดังแสดงในรูปที่ 2.7 คุณลักษณะนี้ทำให้ปริมาณสื่อสารง่ายที่จะดูเชิงทางตัวเลข (Handle Numberically)



รูปที่ 2.7 การแจกแจงเวลาครอบครอง

กราฟการแจกแจงเวลาครอบครอง f (t) แทนโดยสูตรต่อไปนี้ สมมติว่าเวลาครอบครองตามดัชนีการแจกแจง (Index Distribution)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(t) = \frac{1}{h} \quad e^{-t/h} \qquad (2.13)$$

โดยที่ h : ค่าเฉลี่ยเวลาครอบครอง

t : เวลาครอบครอง

2.3.2 ปริมาณสื่อสาร (Traffic Quantity)

เพื่อแสดงปริมาณสื่อสาร จะกล่าวถึงจำนวนการเรียกเท่านั้นยังไม่พอ เพราะแต่ละการเรียกมีเวลาครอบครองต่างกัน เพื่อแสดงปริมาณสื่อสารอย่างชัดเจน จึงจำเป็นที่จะต้องบอกขนาดจำนวนของการเรียกและเวลาครอบครองเป็นส่วน

2.3.2.1 ปริมาตรปริมาณสื่อสาร

เวลาครอบครองรวมสำหรับการเรียกที่เกิดในเวลา T จาก t_0 ถึง t_1 เรียกว่าปริมาณสื่อสาร ระหว่างเวลา T ประมาณว่าจำนวนของการเรียกคือ C และเวลาครอบครองสำหรับการเรียกนั้นเกิดระหว่างเวลา T คือ $h_1, h_2, h_3 .... h_n$ ปริมาณสื่อสารสามารถแทนได้ด้วยสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณสื่อสาร } T_c = h_1+h_2+h_3+....+h_n \qquad (2.14)$$

หรือค่าเฉลี่ยเวลาครอบครองสำหรับการเรียกเกิดระหว่าง T คือ h

$$\text{ปริมาณสื่อสาร } T_c = C * h \qquad (2.15)$$

โดยที่ หน่วยของปริมาณสื่อสาร T_c คือเวลา

2.3.2.2 ปริมาณสื่อสารหนาแน่น (Traffic Density)

ปริมาณสื่อสารหนาแน่นหาได้โดยการแบ่งปริมาณสื่อสาร T_c เป็นช่วงจาก t_0 ถึง t_n ในช่วงเวลา T

$$\text{ปริมาณสื่อสารหนาแน่น } a = \frac{T_c}{T} = \frac{C \times h}{T} \qquad (2.16)$$

โดยที่ a : คือ ปริมาณสื่อสารหนาแน่น

T_c : คือ ปริมาณสื่อสาร

T : คือ เวลาครอบครอง

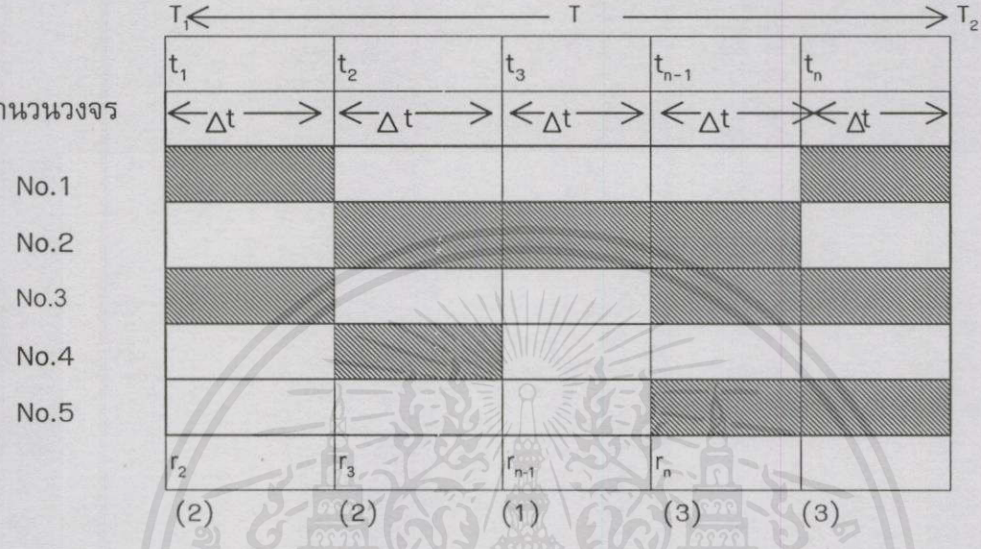
C : คือ จำนวนของการเรียก

h : คือ ค่าเฉลี่ยเวลาครอบครอง

ปริมาณสื่อสารหนาแน่นไม่มีหน่วย และหน่วยของปริมาณสื่อสารหนาแน่นจึงแสดงได้เป็นเออแลง (Erlang) หรือ Erl., จากชื่อของ A.K.Erlang [1] ผู้เริ่มวิจัยปริมาณสื่อสาร เมื่อ 1 Erl คือปริมาณสื่อสารหนาแน่นสูงสุดที่วงจรหนึ่งสามารถรับภาระได้ และแทนปริมาณสื่อสารหนาแน่น

เมื่อวงจรหนึ่งถูกครอบครองอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่ง โดยปกติ ปริมาณสื่อสารหนาแน่นนั้นจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคำนวณอุปกรณ์ที่ทำการวัดระหว่าง 1 ชั่วโมงธุรกิจ

จำนวนเฉลี่ยหลายการเรียกในเวลาเดียวกัน และปริมาณสื่อสารหนาแน่นในระบบโทรคมนาคมจริงๆ ปริมาณสื่อสารหนาแน่นวัดจากจำนวนเฉลี่ยหลายการเรียกในเวลาเดียวกันสมมติว่าปริมาณสื่อสารหนาแน่นถูกวัดได้ว่าเกิดดังกลุ่มวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเกิดการเรียกพร้อมๆกันในหลายวงจร

แบ่งการจัดเวลา T จาก T_1 ถึง T_2 เป็น n ส่วนเท่าๆกันโดย Δt , Δt คือเวลาสั้นอย่างเพียงพอที่จะพิจารณาว่าไม่มีการเรียกสามารถเกิดแทรกขึ้นมาได้อีก ที่เวลานี้ เวลา T จาก T_1 ถึง T_2 แทนด้วยสูตรต่อไปนี้

$$T = n.\Delta t \tag{2.17}$$

สมมติว่าจำนวนของการต่อพร้อมๆกันที่แต่ละเวลา $t_0,t_1,t_2,....t_{n-1}$ คือ $r_1,r_2,r_3,...r_n$ ตามลำดับ ในกรณีนี้ จำนวนของการเรียกพร้อมๆกันที่ t_1 รวมทั้งการเรียกเกิดที่ t_1 และการเรียกนั้นๆมาเป็นขบวน แต่ไม่รวมการเรียกสิ้นสุด

เวลาครอบครองรวมในช่วงดังกล่าว จาก t_0 ถึง t_n คือปริมาณสื่อสาร T_c นั้น สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

ปริมาณสื่อสาร $T_c = r_1.\Delta t + r_2.\Delta t + ... + r_n.\Delta t$ (2.18)

$$= \Delta t(r_1 + r_2 + ... + r_n) \tag{2.19}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้กล่าวคือ ปริมาณสื่อสารหนาแน่นในเวลา T จาก T_1 ถึง T_2 แทนได้ดังสูตรต่อไปนี้

ปริมาณสื่อสารหนาแน่น $$a = \frac{T_c}{T} = \frac{\Delta t(r_1 + r_2 + ... + r_n}{n.\Delta t} \quad (2.20)$$

$$= \frac{r_1 + r_2 + ... + r_n}{n} (Erl) \quad (2.21)$$

2.3.3 อัตราการเรียก (Calling Rate)

อัตราการเรียก คือผลที่ได้จากการแบ่งปริมาณสื่อสารหนาแน่นโดยจำนวนสมาชิก นั่นคือหมายความว่าค่าปริมาณสื่อสารหนาแน่นเฉลี่ยต่อสมาชิก เพื่อหาปริมาณของอุปกรณ์ปริมาณสื่อสารหนาแน่นนั้นที่จะเข้าสู่อุปกรณ์ที่ต้องการหา ถ้าข้อมูลนี้ไม่มีให้ ปริมาณสื่อสารหนาแน่นสามารถประมาณได้ด้วยผลคูณของอัตราการเรียก กับจำนวนสมาชิก

$$\text{อัตราการเรียก} = \frac{\text{ปริมาณสื่อสารหนาแน่น}}{\text{จำนวนสมาชิก}} \quad (2.22)$$

2.3.4 ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย

เพื่อเพิ่มคุณภาพของการบริการอุปกรณ์จะต้องเพิ่ม แต่ถ้าเพิ่มอุปกรณ์อย่างเดียวการลงทุนสูญเปล่าจะเพิ่มขึ้นและจะมีผลต่อปัญหาทางเศรษฐกิจ สิ่งสำคัญสำหรับเราที่จะหาว่าจะเพิ่มอุปกรณ์เท่าใดจึงจะสนองความต้องการได้เพียงพอและอยู่ในระดับการบริการ ที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย คือ อัตราของการเรียกที่ไม่สามารถต่อได้เพราะด้านผู้รับไม่ว่าง หรือวงจรเต็ม เมื่อมีการเรียกเข้ามา ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย นี้คือเกณฑ์สำหรับคุณภาพชุมสาย ความน่าจะเป็นของการสูญเสียแทนได้โดย อัตราของปริมาณสื่อสารสูญเสีย (Lost Traffic) ต่อปริมาณสื่อสารเข้า (Offered Traffic)

ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย $$(B) = \frac{a_1}{a} = \frac{a - a_c}{a} = 1 - \frac{a_c}{a} \quad (2.23)$$

สมการต่อไปนี้มีผลมาจากสมการ (2.11)

ปริมาณสื่อสารผ่าน $(a_c) = a(1-B)$ (2.24)

ปริมาณสื่อสารสูญเสีย $(a_1) = a.B$ (2.25)

เมื่อ a : ปริมาณสื่อสารเข้า

a_c : ปริมาณสื่อสารผ่าน

a_1 : ปริมาณสื่อสารสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นของการสูญเสียและอุปกรณ์

ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย จะหาได้เมื่อรู้ปริมาณสื่อสารเข้าและปริมาณสื่อสารผ่านในระบบโทรคมนาคม ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย เป็นเสมือนหน้าที่ของปริมาณสื่อสารเข้าและจำนวนของอุปกรณ์สูตรเออแลง B แทนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสื่อสารเข้า จำนวนอุปกรณ์ และความน่าจะเป็นของการสูญเสีย

2.3.5 ธรรมชาติของการจราจร

ในระบบโทรศัพท์พื้นฐานที่ใช้พนักงานต่อเราจะต้องทราบว่าในช่วงระยะเวลาหนึ่งนั้น จะต้องใช้พนักงานกี่คน เพื่อทำหน้าที่นี้ ปริมาณของการจราจรรวมหรือความหนาแน่นของการจราจร (traffic intensity) อาจวัดเป็นการเรียก-ชั่วโมง หรือการเรียก-นาที นั่นคือจำนวนการเรียกคูณด้วยช่วงเวลาที่ใช้

การหาความหนาแน่นของการจราจรได้จากการเรียก โดยเฉลี่ย (average of call) ซึ่งเกิดขึ้นติดต่อกัน เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเวลาติดตั้งสถานีลูกข่าย ยกตัวอย่าง สมมติว่ามี N การเรียกทุกๆ ขณะ (สมมติเป็นนาที) การจราจรที่เกิดขึ้นเป็น N การเรียก-นาที/นาที

2.3.6 หน่วยของการวัด

หน่วยของการวัดคิดเป็น การเรียก-นาที/นาที หรือการเรียก-ชั่วโมง/ชั่วโมง และหน่วยนั้นเรียกว่าเออแลง (Erlang) และเวลาเขียนในการคำนวณย่อเป็น Erl คำว่า “เออแลง” เป็นหน่วยของการจราจร ใช้กันเป็นภาษาสากลในเรื่องของการจราจรโทรศัพท์ หน่วย (Unit) อื่นที่ใช้ในการวัดการจราจร คือ H.C.S (hundred call second) ซึ่งใช้กันอยู่ในอเมริกาและสะดวกในทางปฏิบัติ

1 เออแลง : คือทรั้งค์ที่ใช้ต่อเนื่องกันในเวลา 1 ชั่วโมง เป็นหน่วยใหญ่ทางการจราจร หรือ

1 เออแลง : 1 หน่วยจราจร = 36 H.C.S

เออแลง หมายถึง หน่วยการไหลของการจราจร (unit of traffic flow) ซึ่งจะหาได้จากการสำรวจของการเรียก และช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ในการเรียกนั้นๆ ถือหลัก

(1) จำนวนเฉลี่ยของการเรียกที่ประดังเข้ามาในช่วงเวลาหนึ่ง

(2) ช่วงเวลาหนึ่งที่ใช้ไปสำหรับวงจรหนึ่ง

(3) จำนวนของการเรียก ซึ่งเกิดในช่วงเวลาหนึ่ง ช่วงเวลานี้เท่ากับเวลาที่ใช้เฉลี่ยของการเรียกในช่วงเวลานั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สูตร Erlang B

สูตร Erlang B แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสื่อสารเข้า จำนวนอุปกรณ์ และความน่าจะเป็นของการสูญเสีย เป็นสูตรมาตรฐาน ใช้งานอย่างกว้างขวางสำหรับการวางแผนในระบบโทรคมนาคม ดังนั้น สูตร Erlang B จึงถือภายใต้เงื่อนไขล่วงหน้าดังนี้

2.4.1 การเรียกเกิดตามสะดวก

การเรียกตามสะดวกมีลักษณะดังนี้

- ความน่าจะเป็นของการเกิดการเรียกอยู่ในข้อกำหนดเสมอ โดยไม่คำนึงถึงเวลา (ความน่าจะเป็นของการเกิดการเรียกคงที่)
- ความน่าจะเป็นของการเกิดการเรียกไม่มีผลกับการเรียกก่อน
- ในเวลาสั้นมาก, ไม่มีการเรียกเกิด หรือมีเพียงการเรียกเดียว

2.4.2 การสูญเสียหน้าที่การทำงานเมื่อทุกวงจรไม่ว่าง

ในการสูญเสียหน้าที่การทำงาน การเรียกไม่สามารถต่อได้เมื่อทุกวงจรไม่ว่าง ในกรณีนั้นสัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone) จะถูกส่งออกและแม้ถ้าสายออกเป็นสายว่างหลังจากส่งสัญญาณไม่ว่างออกไปแล้ว การเรียกนั้นก็ไม่สามารถต่อได้

2.4.3 กลุ่มวงจรออกเป็นกลุ่มทรั้งค์บริการเต็ม (Full Availability Trunk Group)

การต่อผ่านถูกจัดสำหรับจากวงจรเข้าใดๆที่จะไปยังทุกวงจรออกเพื่อว่าการต่อจะได้ไม่ล้มเหลว ยกเว้นเมื่อทุกครั้งไม่ว่างทั้งหมด

2.4.4 เวลาครอบครองสำหรับการเรียก เช่นเดียวการแจกแจงเอ็กซโพเนนเชียล

2.4.5 วงจรเข้ามากเป็นอินฟินิตี้ ขณะที่วงจรออกจำกัด

ความน่าจะเป็นของการสูญเสียในสูตร B ของเออแลง แทนได้โดยสมการต่อไปนี้

$$B = \frac{a^n / n!}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... + \frac{a^n}{n!}} \qquad (2.26)$$

เมื่อ a : ปริมาณสื่อสารเข้า

n : จำนวนของทางออก

ในสูตร B ของเออแลง เมื่อ a และ n มีค่ามากหรือ a ไม่เป็นเลขเต็มหน่วยการคำนวณจะยุ่งยากมากดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง B, a และ n จึงคำนวณมาก่อนและแสดงได้ดังตารางภาคผนวก [1]

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัย อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ระดับของการบริการ (grade of service)

สภาพการไหลของทราฟฟิค (Traffic flow) ในโครงข่ายโทรคมนาคมนั้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาดังนั้นระดับของความคับคั่ง (Level of congestion) ก็จะเปลี่ยนตามไปด้วยเช่นเดียวกัน ในการกำหนดระดับการบริการ (Grade of Service) ของโครงข่ายซึ่งจะต้องระบุว่ามีค่า Loss Probability เกิดขึ้นได้สูงสุดเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน เพื่อเป็นการชี้ชัดและสามารถนำใช้ในทางปฏิบัติได้ช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอนดังกล่าวนี้ โดยปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมง และมีชื่อเรียกว่า busy hour จากผลของการวัดได้ค้นพบว่าในช่วง busy hour นี้จะมีสภาวะ statistical equilibrium (การสมดุลย์ทางสถิติ) ทำให้สะดวกในการคิดสูงทางคณิตศาตร์

$$a = \sum_{r=0}^{\infty} r.P_r = \frac{\sum_{r=0}^{\infty} r.\frac{a^r}{r!}}{\sum_{r=0}^{\infty} \frac{a^r}{r!}} \qquad (2.27)$$

จำนวนช่องสัญญาณ มีจำนวนจำกัด ค่าคาดหมายที่เวลาหนึ่งมีหลายการเรียกเท่ากับจราจรผ่าน (carried traffic)

$$a = \sum_{r=0}^{\infty} r.P_r = \frac{\sum_{r=0}^{\infty} r.\frac{a^r}{r!}}{\sum_{r=0}^{\infty} \frac{a^r}{r!}} \qquad (2.28)$$

ระดับของการบริการ (B) แสดงได้โดยความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$B = \frac{a - a_c}{a} = 1 - \frac{a_c}{a} \qquad (2.29)$$

$$= 1 - \frac{1}{a} \frac{0 + a + \frac{a^2}{1!} + \frac{a^3}{2!} + \frac{a^4}{3!} + ... \frac{a^n}{(n-1)!}}{1 + a + \frac{a^2}{1!} + \frac{a^3}{2!} + ... \frac{a^n}{n!}} \qquad (2.30)$$

$$= 1 - \frac{a}{a} \left[\frac{1 + a + \frac{a^2}{2!} + \frac{a^3}{3!} + ... \frac{a^{n-1}}{(n-1)!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... \frac{a^n}{n!}} \right] \qquad (2.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{\left(1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... + \frac{a^n}{n!}\right) - \left(1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... \frac{a^{n-1}}{(n-1)!}\right)}{\left(1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... + \frac{a^n}{n!}\right)} \quad (2.29)$$

$$= \frac{\frac{a^n}{n!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... + \frac{a^n}{n!}} \quad (2.30)$$

ดังนั้นความน่าจะเป็นที่เวลาหนึ่งมี "n" การเรียกเมื่อมีการเรียกเข้ามาขณะที่ทุกช่องสัญญาณเต็มจะกลายเป็นการเรียกล้มเหลว จึงเป็นความน่าจะเป็นการเรียกล้มเหลว เพราะฉะนั้นจึงถือว่า " ความน่าจะเป็นของการเรียกล้มเหลว " คือ " ระดับของการบริการ "(Grade of Service)

$$B = \frac{\frac{a^n}{n!}}{1 + a + \frac{a^2}{2!} + ... + \frac{a^n}{n!}} \quad (2.31)$$

ในการกำหนดระดับการบริการ (Grade of Service) ของโครงข่ายซึ่งจะต้องระบุว่ามีค่า Loss Probability เกิดขึ้นได้สูงสุดเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน เพื่อเป็นการชี้ชัดและสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอนดังกล่าวนี้ โดยปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมง และมีชื่อเรียกว่า busy hour จากผลของการวัดได้ค้นพบว่าในช่วง busy hour นี้ จะมีสภาวะที่สมดุลย์ทางสถิติ ทำให้สะดวกในการคิดสูตรทางคณิตศาสตร์

2.5.1 ชั่วโมงเร่งด่วน (Busy Hour)

ในการเลือกชั่วโมงใดเป็น Busy Hour นั้นจะต้องทำให้เหมาะสมเพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้ว่าคุณภาพของการบริการ (Grade Of Service) ที่กำหนดในช่วง Busy Hour นั้นเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ได้กับชั่วโมงอื่นๆทั้งหมด โดยการหา Busy Hour สามารถหาได้จากวิธีการวัด 2 แบบ ดังนี้

2.5.1.1 การวัดทุกวันแบบต่อเนื่อง (Daily Continuous Measurement)

2.5.1.1.1 TCBH–method (Time Consistent Busy Hour)

TCBH หมายถึงช่วงเวลา 60 นาทีติดต่อกันในวันทำงานตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดและวันที่มีทราฟฟิคผิดปกติ) ช่วงเวลาไม่จำเป็นต้องลงล็อคตามชั่วโมงของนาฬิกา เช่นอาจจะเป็น 08:10-09:10 น. ก็ได้ ค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของชั่วโมงใดที่มีค่าสูงสุดถือว่าชั่วโมงนั้นเป็น Busy Hour โดยวัดตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์หลังจากหาค่าเฉลี่ยทราฟฟิคของแต่ละชั่วโมงของทั้ง 5 วัน

43260

แล้ว และช่วงที่มีค่าทราฟฟิคสูงสุดจะเรียกว่า busiest hour ซึ่งวิธีการหา busy hour แบบนี้เป็นแบบ 5 contsective days

วิธีการหา busy hour แบบ TCBH ที่นิยมที่สุด ได้แก่การหาจากข้อมูล TCBH data year (12 consecutive month) โดยเลือกเอาข้อมูล 3 เดือน ที่มีทราฟฟิคสูงสุดเดือนละ 10 วัน ที่มีทราฟฟิคสูงสุดรวม 30 วันต่อปี (3 เดือนนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นเดือนที่อยู่ติดกัน) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ busy hour ที่มีชื่อเรียกว่า Average Busy Season Busy Hour (ABSBH) นอกจากนี้ยังมีวิธีหา busy hour แบบ 10 HDBH และ HDBH ซึ่งเหมาะสำหรับนำค่าทราฟฟิคไปคำนวณหาจำนวนอุปกรณ์ที่มีความ sensitive ต่อ traffic peak ตัวอย่างเช่น CPU เป็นต้น

10 HDBH (High Day Busy Hour) เป็นวิธีที่นำเอาค่า Traffic Load ของ 10 วันที่มีทราฟฟิคสูงสุด (10 highest days) ของ TCBH data year มาหา Busy Hour

HDBH (High Day Busy Hour) เป็นวิธีนำค่า traffic load ของวันที่มีทราฟฟิคสูงสุด ของ 10 HDBH มาหา Busy Hour

2.5.1.1.2 ADPH method (Average of Daily Peak Hour)

วิธีนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ADPQH (Average of Daily Peak Quartery define Hour) เป็นวิธีการวัดทราฟฟิคทุกๆ 15 นาที ติดต่อกันตลอดเวลาทั้งวันและหาผลรวมของ 4 ช่วงเวลาที่มีทราฟฟิคสูงสุดของแต่ละวัน (เฉพาะวันทำงาน) เก็บเป็นข้อมูลไว้ซึ่งช่วงเวลาของ peak traffic จะเป็นไปในแต่ละวัน และ ADPFN (Average of Daily Peak Full Hour) เป็นวิธีการวัดทราฟฟิคทุกๆ 1 ชั่วโมงเต็ม ตลอดวันข้อมูลในช่วงเวลาที่มีทราฟฟิคสูงสุดจะถูกนำไปบันทึกเก็บไว้ตลอดทุกๆวันทำงาน

ข้อมูลเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแบบ DPH จะมีค่าสูงกว่าแบบ TCBH เล็กน้อย การวัดแบบนี้เหมาะสำหรับโครงข่ายที่มีทราฟฟิคไม่แน่นอน (unstable)

2.5.1.2 การวัดทุกวันแบบไม่ต่อเนื่อง (Daily non continuous measurement)

เพื่อความประหยัด หน่วยงานโทรคมนาคมบางแห่งอาจจะวัดทราฟฟิคเฉพาะบางชั่วโมง ซึ่งความเที่ยงตรงของข้อมูลก็จะมีน้อยกว่าแบบ TCBH และค่าที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ TCBH การวัดแบบนี้มีข้อแนะนำให้นำผลการวัดไปเปรียบเทียบกับแบบวัดทุกชั่วโมงบ้างเป็นครั้งคราว การวัดแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ FDMP (Fixed Daily Measurement Period) เป็นวิธีการวัดแบบกำหนดช่วงเวลา ยกตัวอย่างเช่น 3 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่คาดว่ามีทราฟฟิคสูง (คาดว่าครอบคลุม TCBH) การวัดจะทำทุกๆ 15 นาที ใน 3 ชั่วโมงนี้ การวัดแบบนี้ได้ผลประมาณ 95 % ของ TCBH และ วิธี FDMH (Fixed Daily Measurement Hour) เป็นวิธีการวัดทุกๆวัน วันละ 1 ชั่วโมง วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดได้ผลประมาณ 90% ของ TCBH Fixed Daily Measurement Period

2.6 บทสรุป

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ

ในโครงข่ายโทรศัพท์พีซีทีนั้น นอกเหนือไปจากเครื่องโทรศัพท์ (PS : Persosnal Station) และ CS (Cell Station) อุปรณ์ต่าง ๆ เช่น Receiver, Trunk, Interstage switch links และ Call processor เป็นต้น จะถูกใช้งานร่วมกัน ดังนั้น อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องถูกออกแบบให้

เหมาะสมกับการใช้งานร่วมกันภายใต้สมมติฐานหรือหลักความจริงที่ว่า ผู้เช่าทุกคนไม่ได้ใช้งานพร้อม ๆ กัน ในเวลาเดียวกัน แต่การออกแบบขนาดจำนวนของอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ก็ต้องสามารถรองรับปริมาณการเรียกของผู้เช่าทั้งหมด (ยกเว้นการเรียกที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีวิกฤติการณ์ซึ่งมิได้คาดคิดอุบัติขึ้น) อย่างไรก็ตาม ถ้าออกแบบให้มีจำนวนอุปกรณ์มาก ๆ เผื่อไว้ในช่วงเวลาที่มีปริมาณการเรียกปกติหรือค่อนข้างน้อย อุปกรณ์เหล่านี้ก็จะถูกใช้งานไม่คุ้มค่า ดังนั้น จึงต้องมีการวิเคราะห์ทราฟฟิคหรือปริมาณการเรียกของผู้เช่าเพื่อนำมาพิจารณาหาค่าที่เหมาะสม เพื่อการประหยัดและใช้อุปกรณ์อย่างคุ้มค่า

ปริมาณทราฟฟิคที่ไหลเข้าสู่โครงข่ายนั้นเป็นผลรวมของความต้องการใช้โทรศัพท์ของผู้เช่าทั้งหมดซึ่งก็จะต้องได้รับการตอบสนองด้วยการบริการของโครงข่ายอย่างเพียงพอ แต่ความต้องการใช้โทรศัพท์หรือการเรียกเหล่านั้นเป็นแบบสุ่มหรือ Random ที่ไม่สามารถคาดการณ์จำนวนการเรียกและช่วงเวลาใช้งาน (Service Time) ของการเรียกแต่ละครั้งได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ทราฟฟิค (Traffic Analysis) โดยพิจารณาจากลักษณะการเรียกและช่วงเวลาใช้งานในรูปของความน่าจะเป็นไปได้ (Probabilities frame work) เพื่อนำไปออกแบบโครงข่ายให้สามารถรับทราฟฟิคในสภาพปกติ (Normal load) หรือทราฟฟิคเฉลี่ย (Average load) พิจารณาว่าโอกาสที่อาจจะเกิดสภาวะที่ปริมาณทราฟฟิคมีค่าเกินกว่าความสามารถที่โครงข่ายจะรองรับได้ว่ามีบ่อยครั้งแค่ไหน

เทคนิคของการวิเคราะห์ทราฟฟิค มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี Loss System และ Delay System ซึ่งใช้ในการออกแบบโครงข่ายประเภทต่าง ๆ สามารถเลือกเอาวิธีการใดวิธีการหนึ่งก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหรือการใช้งานของโครงข่ายนั้น ๆ หรือจะเลือกใช้ทั้งสองวิธีก็ได้ใน Loss System นั้นในช่วงที่มีปริมาณการเรียกหรือทราฟฟิคสูงเกินกว่าความสามารถของโครงข่ายที่จะรองรับได้ Overload Traffic จะถูกตัดออกหรือสูญเสียไป จะอยู่ในส่วนของการติดต่อระหว่าง PS และใน Delay System นั้น เมื่อปริมาณการเรียกสูง Overload Traffic จะไม่ถูกตัดออกแต่จะถูกเข้าคิวไว้เพื่อรอการบริการของโครงข่ายต่อไปจะอยู่ในส่วนของการติดต่อระดับ SERVER

ในโครงข่าย PCT การติดต่อระหว่าง PS กับ CS จะทำงานในลักษณะ Loss System ปริมาณทราฟฟิคที่สูงเกินกว่าที่โครงข่ายสามารถรองรับได้จะถูกตัดออกไปส่วนในโครงข่ายที่เป็น Store and Forward Message Switching หรือ Packet Switching จะทำงานในลักษณะ Delay System แต่ในบางครั้งโครงข่าย Packet Switching ก็ทำงานในลักษณะ Loss System ด้วยเหมือนกันในกรณีที่ขนาดของคิวและ Virtual Circuits มีจำนวนจำกัด

สำหรับในโครงข่ายโทรศัพท์นั้นมีลักษณะการทำงานทั้งสองแบบ คือ ในช่วงที่ผู้เช่ายกหูเครื่องชุมสายจะให้บริการต่อไปยังวงจรรับเลขหมาย (Register หรือ Receiver) ด้วยบริการแบบ Delay System คือจะรอจนกระทั่งมีวงจรว่างจึงจะต่อให้ หลังจากที่ผู้เช่าได้ยินเสียง Dial Tone และหมุนเลขหมายแล้ว เครื่องชุมสายจะเลือกจับวงจร Trunk ในเส้นทางตามรหัสเลขหมายปลายทางซึ่งการทำงานในช่วงนี้จะเป็นแบบ Loss System ถ้าวงจรไม่ว่างการเรียกนั้นจะถูกตัดออกไปและได้ยินเสียง Busy Tone

ส่วนในระบบของโทรศัพท์พื้นฐานพกพานั้น ในขั้นตอนการติดต่อครั้งแรกจะเป็นแบบ Loss System คือเมื่อมีการกดเลขหมายปลายทางแล้วกดส่งออกไปที่ CS นั้นถ้าไม่มีช่อง

สัญญาณว่างก็จะถูกตัดออกไปเลย แต่ถ้า CS มีช่องสัญญาณว่างและยินยอมให้ PS เรียกผ่านเข้าไปถึง Server ช่วงนี้จะเป็นแบบ Delay System จะไปถูกเข้าคิวเมื่อวงจรว่างก็จะต่อให้คุยกับเลขหมายปลายทางได้

การวัดสมรรถนะ (Performance) ของ Loss System เราวัดด้วยค่า Blocking Probability (ค่าความเป็นไปได้หรือโอกาสที่จะเกิดการสูญเสีย) อันเนื่องมาจากจำนวนการเรียกมีค่าเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้

สำหรับการวัดสมรรถนะของ Delay System นั้นเราวัดด้วยค่าของ Delay โดยจะมีการกำหนดค่า Average Delay เป็นหน่วยของเวลาว่ายอมให้มีความล่าช้าในการบริการนานเท่าไร ยกตัวอย่างเช่น องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย หรือ ทศท. กำหนดค่า Dial Tone Delay ไว้ว่าไม่ควรเกิน 3 วินาที (ถ้าเกินกว่านี้ก็ให้เกิดขึ้นได้เพียง 1.5% ของการเรียกทั้งหมด) DATANET กำหนด Average Waiting Time ไว้เท่ากับ 50 msec เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
โทรศัพท์พื้นฐานพกพา

3.1 บทนำ

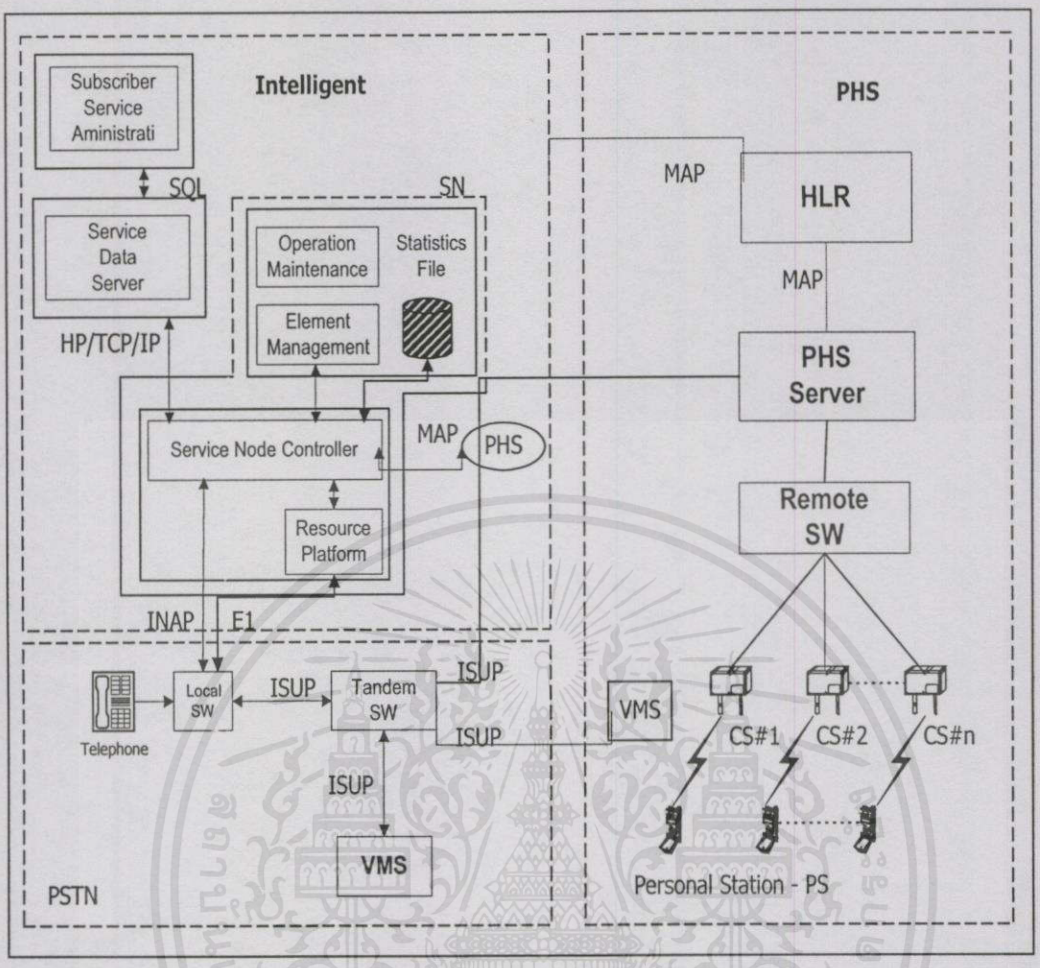
ตั้งแต่ต้นปี ค.ศ.1997 หลังจากที่ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย หรือ TOT (Telephone Organization of Thailand) ได้อนุมัติให้บริษัท เทเลคอมเอเชีย จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลให้ชื่อว่า PCT (Personal Cordless Telephone) โดยใช้เทคโนโลยีของ ระบบ PHS (Personal Handy Phone System) นำมาใช้ร่วมกับโทรศัพท์พื้นฐานที่ได้ให้บริการอยู่แล้ว โดยได้นำระบบ IN (Intelligent Network) มาเป็นตัวผสานระหว่างสองระบบให้สามารถใช้ร่วมกันได้เป็นบริการที่ใช้เลขหมายเดียวกับเบอร์โทรศัพท์พื้นฐานเดิมโดยจะกล่าวต่อไป

3.2 โครงสร้างของโทรศัพท์พื้นฐานพกพา

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาประกอบไปด้วย สามระบบคือ ระบบโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN , ระบบโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS จาก ประเทศญี่ปุ่น และระบบโครงข่ายอัจฉริยะ ดังแสดงรูปที่ 3.1 เพื่อให้บริการในประเทศไทยในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล ด้วยเทคโนโลยีใหม่ 3 ประการคือ ใช้หมายเลขโทรศัพท์พื้นฐานพกพา PCT เป็นหมายเลขเดียวกับเลขหมายโทรศัพท์พื้นฐาน เพื่อเพิ่มประโยน์การใช้งานคู่สายโทรศัพท์ และนำไปสู่การใช้เลขหมายส่วนบุคคล ประการที่ 2 พัฒนาให้สถานีลูกข่ายมีขนาดใหญ่กว่าระบบโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล PHS เพื่อลดปริมาณการเกิดการขาดหายของเสียง (Muting) ในระหว่างการข้ามสถานีลูกข่าย (Hand Over) ซึ่งผลของการทดลองสามารถติดต่อสื่อสารในยานพาหนะที่มีความเร็วมากกว่าระบบโทรศัพท์พื้นฐานส่วนบุคคล PHS ถึง สองเท่า และประการสุดท้ายนำเอาเทคนิคสองแคเรียร์ต่อพื้นที่มาใช้ เพื่อลดการโทรแล้วหลุด

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของระบบโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคล PCT นั้นจะสร้างโครงข่ายอยู่ร่วมกับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานสาธารณะ ทั้งนี้เพราะโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา PCT นั้น จะใช้หมายเลขเดียวกับเครื่องเป็นหมายเลขเดียวกับโทรศัพท์พื้นฐานและมีส่วนของวงจรตอบรับอิเล็กทรอนิคส์ ที่คอยแจ้งให้สามารถเลือกการเรียกไปยังโทรศัพท์พื้นฐานพกพกส่วนบุคคล PCT หรือ โทรศัพท์พื้นฐานที่บ้านได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบการสื่อสารโทรศัพท์พื้นฐานพกพา PCT

3.2.1. โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน PSTN

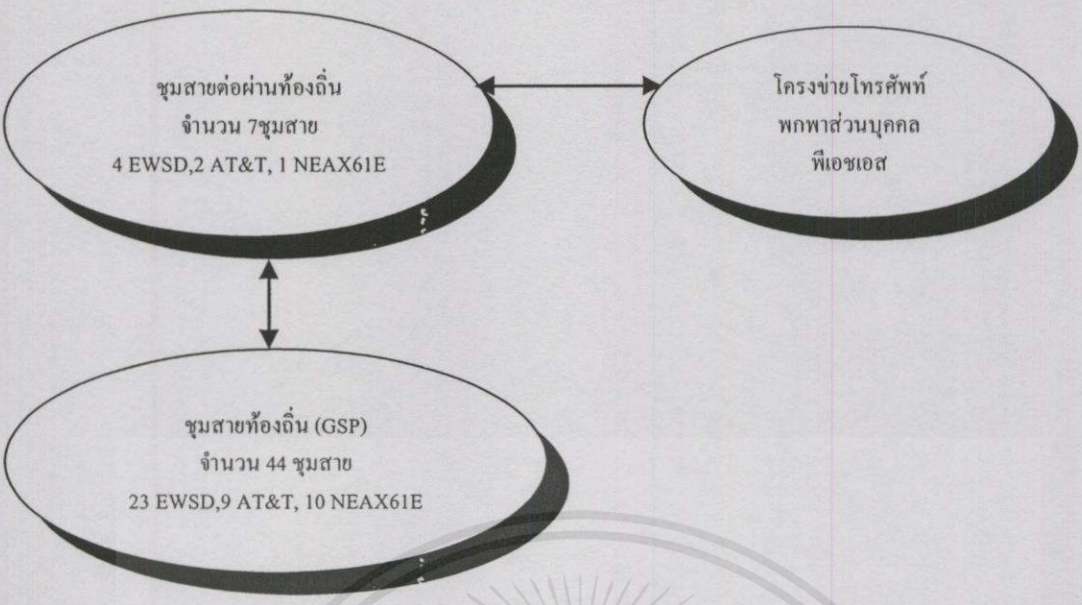
โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานเดิมที่ให้ บริษัท เทเลคอมเอเชีย คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ให้บริการอยู่จะแบ่งออกเป็น ชุมสายโทรศัพท์ 2 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

3.2.1.1. ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น

ชุมสายโทรศัพท์ท้องถิ่น ประกอบไปด้วย กลุ่มของชุมสายปฏิบัติการ (GSP : Group Switching Processor) ทั้งหมด 44 ชุมสาย แบ่งเป็น ชุมสายของ EWSD (Siemens) จำนวน 23 ชุมสาย AT&T (Lucent) จำนวน 9 ชุมสาย และ NEAX61E (NEC) จำนวน 10 ชุมสาย โดยทุกชุมสายต่อถึงกันหมด โดยใช้หลักการต่อแบบ Mesh Connection

3.2.1.2 ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (Transit Exchange หรือ Tandem Exchange)

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นประกอบด้วย 7 ชุมสาย แบ่งเป็น ชุมสาย EWSD 4 ชุมสาย ชุมสาย AT&T 2 ชุมสาย และ ชุมสาย NEAX61E (NEC) 1 ชุมสาย โดยที่ชุมสายท้องถิ่นทั้ง 44 ชุมสาย จะติดต่อกับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นทั้งหมด โดยทุกชุมสายต่อถึงกันหมด โดยใช้หลักการต่อแบบ Mesh Connection

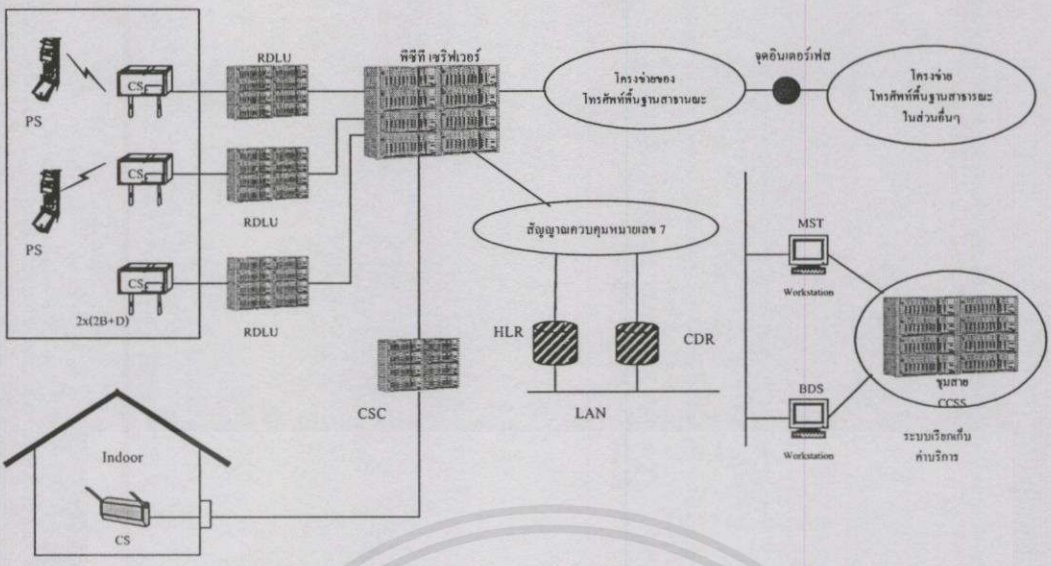


รูปที่ 3.2 โครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน

3.2.2 โครงข่ายพีเอชเอส (PHS : Personal Handy phone System)

โครงข่ายของโทรศัพท์พื้นฐานพกพาส่วนบุคคลพีเอชเอส ดังแสดงในรูปที่ 3.3 จะประกอบไปด้วยโครงสร้างหลักคือสถานีลูกข่ายที่เชื่อมโยงมายังหน่วยของสวิทช์ หรือ เซิร์ฟเวอร์ (PCT Server) โดยผ่านหน่วยควบคุมสถานีลูกข่ายสำหรับการใช้งานในอาคารหรือต่อผ่านหน่วยข่ายสายดิจิตอลระยะไกล RDLU (Remote Digital Line Unit) สำหรับการใช้งานนอกอาคารทั่วไป จากนั้นต่อเชื่อมกับโทรศัพท์พื้นฐาน และมีสัญญาณควบคุมหมายเลข 7 (SS#7 : Signalling System No. 7) เป็นส่วนควบคุมการทำงานสวิทช์ และทำการตรวจสอบกับส่วนของรีจีสเตอร์ระบุตำแหน่งประจำเครื่อง (HLR : Home Location Register) ซึ่งเป็นคอมพิวเตอร์ที่มีฐานข้อมูลที่เก็บรายละเอียดของตำแหน่งประจำตัวของผู้ใช้บริการ เพื่อทำให้ PCT เซิร์ฟเวอร์ ทราบว่าเครื่องลูกข่ายแต่ละเครื่องอยู่ที่ไหนกับส่วนของระบบบันทึกรายละเอียดของการเรียก (CDR : Call Datail Recording System) คือระบบที่บันทึกค่าบริการของการเรียกของเครื่องลูกข่ายแต่ละครั้ง ซึ่งจะประกอบไปด้วยรายละเอียดต่างๆที่จำเป็น และทำเป็นไฟล์ส่งให้กับระบบอื่นต่อไปเพื่อคิดค่าบริการ และทำการออกบิลเรียกเก็บค่าบริการ นอกจากนั้นส่วนของเซิร์ฟเวอร์ยังต่อไปยังระบบการจัดการโครงข่าย (NMS : Network Management System) คือระบบที่ใช้เฝ้าดู ตรวจสอบ ทดสอบ บำรุงรักษา วินิจฉัยเหตุเสียในส่วนของสถานีลูกข่าย ซึ่งจะกล่าวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างของโครงข่ายโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคล

3.2.3 โครงข่ายอัจฉริยะ (IN : Intelligent Network)

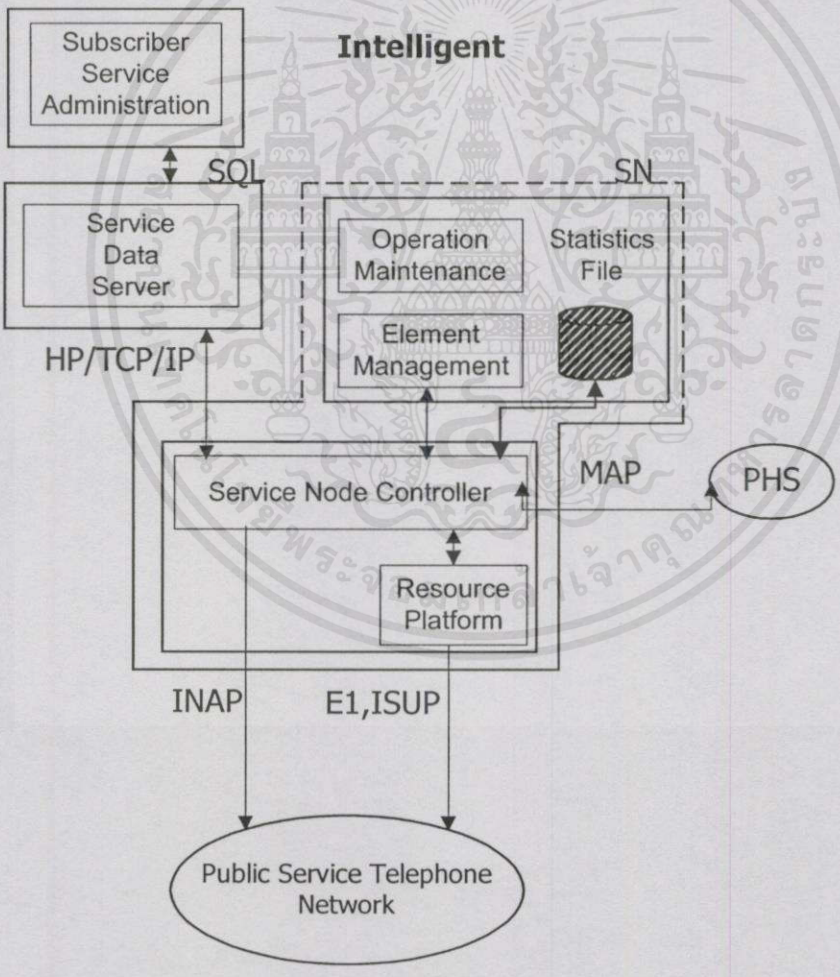
เป็นระบบที่เพิ่มเติมเข้าไปในโครงข่าย เพื่อคอยกำกับดูแลการทำงานของระบบและเพิ่มบริการเสริมให้กับโครงข่ายนั้น ซึ่งอาจจะเป็นโครงข่ายคอมพิวเตอร์ โครงข่ายบริการร่วมระบบดิจิตอล ISDN หรือโครงข่ายระบบสัญญาณ เพื่อเพิ่มความสามารถโครงข่ายในด้านต่างๆสำหรับนะบบโทรศัพท์ไร้สายพกพาส่วนบุคคล PCT จะนำโครงข่ายอัจฉริยะ IN มาใช้ เพื่อให้บริการในนูปแบบของการให้บริการหมายเลขเดียว โดยใช้คอมพิวเตอร์และซอฟแวร์ช่วยในการจัดการ ในการเชื่อมโยงโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน และโครงข่ายโทรศัพท์พกพาส่วนบุคคลพีเอชเอส เข้าด้วยกัน เมื่อผู้เรียกต้องการที่จะติดต่อเครื่องโทรศัพท์ PCT ก็สามารถกระทำได้โดยกดเลขหมายโทรศัพท์บ้านและเลือกใช้บริการ PCT ส่วนโครงข่ายอัจฉริยะจะทำการตรวจสอบเลขหมายที่เรียกมากับฐานข้อมูลที่มีอยู่ หลังจากนั้นจะเลือกเส้นทาง และสร้างเส้นทางสำหรับการเรียกไปยังปลายทางเครื่องลูกข่าย ได้อย่างถูกต้อง จนกระทั่งสิ้นสุดการสนทนา สำหรับการให้บริการเสริมที่เพิ่มเติมจากบริการหลัก เช่นการให้บริการเบอร์โทรฟรี (Free Phone) การให้บริการโทรศัพท์ใช้การ์ด ออกจากฟังก์ชั่นของการให้บริการ (Service Control Function) ได้ส่งผลให้ผู้ให้บริการโครงข่ายสามารถที่จะพัฒนาโครงข่ายเพื่อให้บริการได้อย่างรวดเร็ว

3.2.3.1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายอัจฉริยะ

ในรูปที่ 3.4 เป็นสถาปัตยกรรมของโครงข่ายอัจฉริยะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนของโหนดบริการ (SN : Service Node) ซึ่งประกอบด้วยส่วนการควบคุมการให้บริการเป็นส่วนประกอบหลัก ส่วนของการบำรุงรักษา ส่วนของหน่วยปฏิบัติการ ส่วนรีซอร์สแพทฟอร์ม โดยโหนดบริการมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของชุมสายที่เชื่อมต่อกับโครงข่าย PHS และการเชื่อมต่อกับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐาน ซึ่งทำหน้าที่ในการส่งเสียงตอบรับไปยังปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Announcement Playback) รับสัญญาณเลขหมายโทรศัพท์ DTMF (DTMF : Dual Tone Multi Frequency) ในกรณีที่เป็นโทรศัพท์แบบกดปุ่ม หรือพัลส์ในกรณีที่เป็นเครื่องโทรศัพท์แบบหมุน และทำหน้าที่ในการอัดสัญญาณและยังทำหน้าที่ในการป้อนข้อมูลที่จำเป็นเข้าไปยังระบบการจัดการการบริการ โดยใช้กลไกของชุมสายต่อผ่าน (MST : Mechanized Switch Transfer) ส่วนที่สองคือ ระบบการจัดการบริการ (SMS : Service Management System หรือ SDS : Service Data Server) ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลของผู้ใช้บริการ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเรียกใช้บริการ เช่น ถ้ามีการเรียกเลขหมายโทรศัพท์พื้นฐานซึ่งเป็นเลขหมายเดียวเดียวกับโทรศัพท์พกพา PCT โดยส่วนโหนดการบริการจะทำการติดต่อไปยังส่วนของการจัดการบริหารเพื่อทำการตรวจสอบว่าเลขหมายที่เรียกมาว่ามีการขอใช้บริการ PCT หรือไม่ และตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับการบริการส่วนอื่นอีก

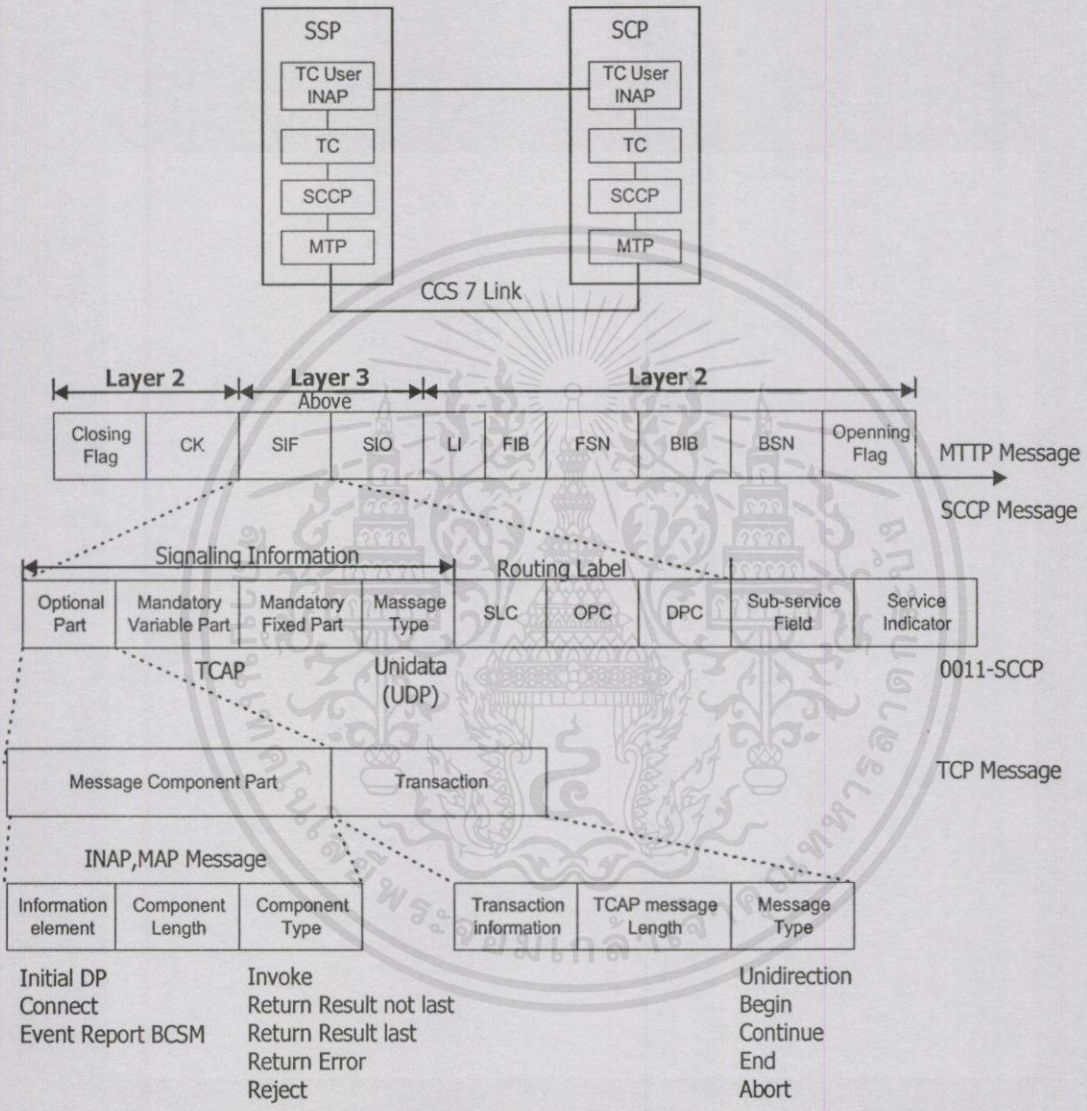


รูปที่ 3.4 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายอัจฉริยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.2 โปรโตคอลที่ใช้ในโครงข่ายอัจฉริยะ

โปรโตคอลที่ใช้สำหรับการติดต่อระหว่างชุมสาย (SSP : Service Switching Point) กับส่วนของการควบคุมการให้บริการ (SPC : Service Control Point) จะใช้ฟังก์ชั่นของการทำงานในระบบควบคุมสัญญาณหมายเลข 7 (SS#7) โดยแสดงระดับของโปรโตคอลและเฟรมของสัญญาณควบคุมดังในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงระดับชั้นของโปรโตคอลสำหรับสัญญาณควบคุมหมายเลข 7 และแสดงรายละเอียดของสัญญาณควบคุม

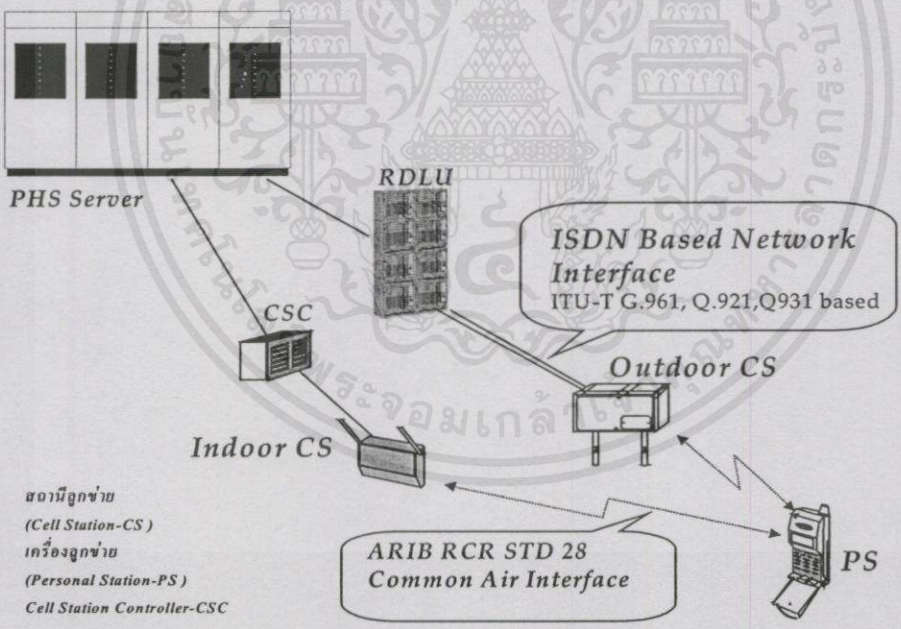
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 คุณสมบัติและการทำงานของสถานีลูกข่าย

สถานีลูกข่ายคืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระหว่าง ระบบเครื่องชุมสาย (PCT Server) กับเครื่องลูกข่าย โดยเชื่อมต่อกับโครงข่าย (Network Interface) ผ่านโครงข่าย สายตอนนอก และเชื่อมต่อกับเครื่องลูกข่ายผ่านอากาศ (Air Interface) ตามมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับ Cell station

องค์กร	มาตรฐาน	จุดเชื่อมต่อ
TTC(Telecommunication Technology Committee)	JT-Q921-b,JT-Q931-b JT-Q1218,JT-Q1218-a JT-Q932-a,JT-I460 JT-I430, JT-I961	Network Interface
ARIB (The Association of radio industries and Businesses)	RCR STD 28 V.2	Air Interface



รูปที่ 3.6 ตำแหน่งของ Cell station

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 หน้าที่ของสถานีลูกข่าย

3.3.1.1 Broadcasting Information

สถานีลูกข่าย จะส่งสัญญาณ radio channel Broadcasting information message ไปยังเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในบริเวณรัศมี ผ่าน BCCH โดยมี information เช่น

- ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของ radio channel
- ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของ control carrier structure
- System operating information
- Traffic restriction information
- Country Code, System Type
- Paging Type
- ฯลฯ

การกระจายคลื่นวิทยุของ CS นั้น ซึ่งสัญญาณที่ส่งจะเป็น control signal ต่าง ๆ ให้กับเครื่องลูกข่ายตลอดเวลา และเป็นการส่งแบบกระจายเสียง

3.3.1.2. Radio Channel Setup

สถานีลูกข่าย จะเป็นอุปกรณ์ที่จะกำหนดช่องสัญญาณสำหรับติดต่อ (Communication Carrier) ให้กับเครื่องลูกข่าย เมื่อมีการเรียกออกจากเครื่องลูกข่าย หรือมีการเรียกเข้าหาเครื่องลูกข่าย ซึ่งหากช่องสัญญาณของสถานีลูกข่ายตัวนั้น ๆ เต็ม การโทรเข้า-โทรออกจะทำไม่ได้

3.3.1.3. Authentication

สถานีลูกข่าย จะร่วมกับอุปกรณ์ของโครงข่ายอีกหลายตัว คือ Home Location Register (HLR), PCT server (RDLU) และ CS ในการตรวจสอบเครื่องลูกข่ายว่าเป็นเครื่องที่ได้รับอย่างถูกต้อง จากผู้ให้บริการหรือไม่ โดยกระบวนการนั้นเรียกว่า" Authentication" โดยที่ HLR จะกำหนด Authentication Pattern และส่งผ่านสถานีลูกข่ายไปที่เครื่องลูกข่าย เพื่อตรวจสอบผลว่า Algorithms การคำนวณของเครื่องลูกข่ายถูกต้องหรือไม่ เพื่อตรวจสอบว่า เครื่องลูกข่ายของ ผู้ใช้เป็นเครื่องที่ได้รับการลงทะเบียนกับผู้บริหารโครงข่ายอย่างถูกต้องแล้วหรือไม่

3.3.1.4. Interference Guidance

สถานีลูกข่าย และเครื่องลูกข่าย จะมอนิเตอร์ ช่องสัญญาณที่ใช้งานตลอดเวลา หาก มีสัญญาณ รบกวน จนถึงระดับหนึ่งแล้ว สถานีลูกข่าย และเครื่องลูกข่าย ก็จะดำเนินการเพื่อแก้ไขสัญญาณ รบกวนตามลำดับดังนี้คือ

- สลับช่องเวลาไปใช้ ช่องเวลาอื่น ในคลื่นความถี่เดิม
- สลับช่องเวลาไปใช้ ช่องเวลาอื่น ในคลื่นความถี่อื่น
- สลับช่องเวลา ในสถานีลูกข่ายตัวใหม่
- Automatic Reconnection
- Temporary of transmission
- Release of radio line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.5. Encryption

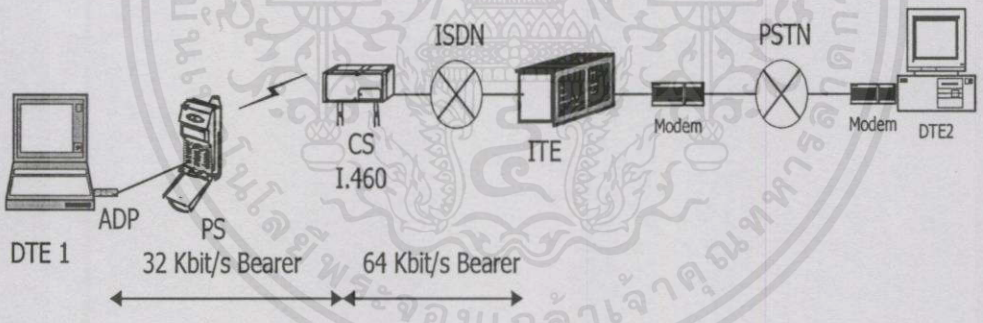
ข้อมูลที่ส่งระหว่างสถานีลูกข่าย และเครื่องลูกข่ายจะมีการเข้ารหัส และถอดรหัส เพื่อเพิ่มความ ปลอดภัย ในการดังจับข้อมูลที่ส่งออกอากาศ โดยเป็นไปตามมาตรฐานRDR STD 28 ดังนั้น สถานีลูกข่าย จะเป็นอุปกรณ์ที่ถอดรหัสสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายก่อนส่งเข้าไป ใน ISDN line

3.3.1.6. Location Registration

สถานีลูกข่ายจะส่งสัญญาณเพื่อแจ้งให้ เครื่องลูกข่ายทราบว่ากำลังรับสัญญาณจาก สถานีลูกข่ายตัวไหน และสถานีลูกข่ายนั้นอยู่ใน paging group area ใด หากเครื่องลูกข่าย ย้ายหรือเปลี่ยนตำแหน่ง เครื่องลูกข่ายจะได้รับสัญญาณจาก CS ตัวใหม่หากสัญญาณที่ได้รับ นั้นแตกต่างจากที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องลูกข่าย ๆ จะ request ไปยังโครงข่ายผ่าน CS เพื่อ update ตำแหน่งของเครื่องลูกข่ายใน HLR เพื่อที่ระบบจะสามารถ เรียกไปที่เครื่องลูก ข่ายนั้น ๆ อยู่ได้อย่างถูกต้อง

3.3.1.7. Speed Coding Conversion

สถานีลูกข่ายรับและส่งสัญญาณดิจิตอลผ่านคลื่นวิทยุ สัญญาณดิจิตอล(เสียง,ข้อมูล) ที่ส่งมาจากเครื่องลูกข่ายนั้นเป็นแบบ ADPCM ความเร็ว 32 Kbps จะถูกแปลง เป็น 64 Kbps PCM เพื่อส่งไปในช่อง B-channel ของ BRI ของคู่สาย ISDN

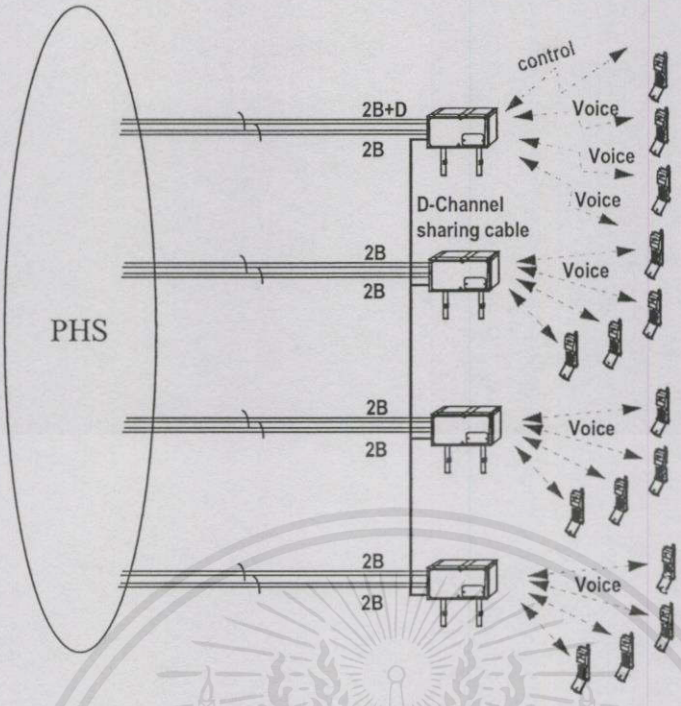


รูปที่ 3.7 การแปลง Speech coding

3.3.1.8. D-Channel Sharing

ในการติดตั้งสถานีลูกข่ายแบบ Stacking หรือแบบ Multiple นั้นเป็นการติดตั้งสถานีลูกข่ายหลาย ๆ ตัว ในจุดเดียวกัน เพื่อให้สามารถรองรับการเรียกในบริเวณจุดติดตั้งได้มากขึ้น โดยในการติดตั้งสถานีลูกข่าย แบบนี้ สถานีลูกข่ายแต่ละตัวจะใช้ ช่องสัญญาณ D ของคู่สาย ISDN ที่ต่อไปที่ Master CS ร่วมกัน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การใช้ D-channel ร่วมกันของ Multiple CS

3.3.1.9. Hand Over

ระหว่างการใช้เครื่องลูกข่ายสนทนาอยู่นั้น ตัวเครื่องลูกข่ายจะมีการวัดความแรงของสัญญาณวิทยุที่ส่งจาก สถานีลูกข่ายปัจจุบันและข้างเคียงตลอดเวลา และส่งผลกับให้ สถานี ลูกข่าย ตัวปัจจุบันทราบ เมื่อเครื่องลูกข่ายย้ายไปยังสถานีลูกข่ายข้างเคียง ทำให้สัญญาณ ที่ส่งไปที่สถานีลูกข่ายตัวปัจจุบัน อ่อนจนสถานีลูกข่ายตัวปัจจุบัน request ไปที่ Server เพื่อให้ระบบ หามีการทำการหา Traffic channel ในสถานีลูกข่ายข้างเคียงเพื่อให้ผู้ใช้ สามารถสนทนาต่อไปได้แม้จะออกจากสถานีลูกข่ายเดิมไปที่ใหม่

3.3.1.10. PB signal Transfer

สถานีลูกข่ายจะส่งผ่านสัญญาณ DTMF จากเครื่องลูกข่าย ผ่าน PCT server ไปยังที่ ปลายทางได้

3.3.1.11. Maintenance Function

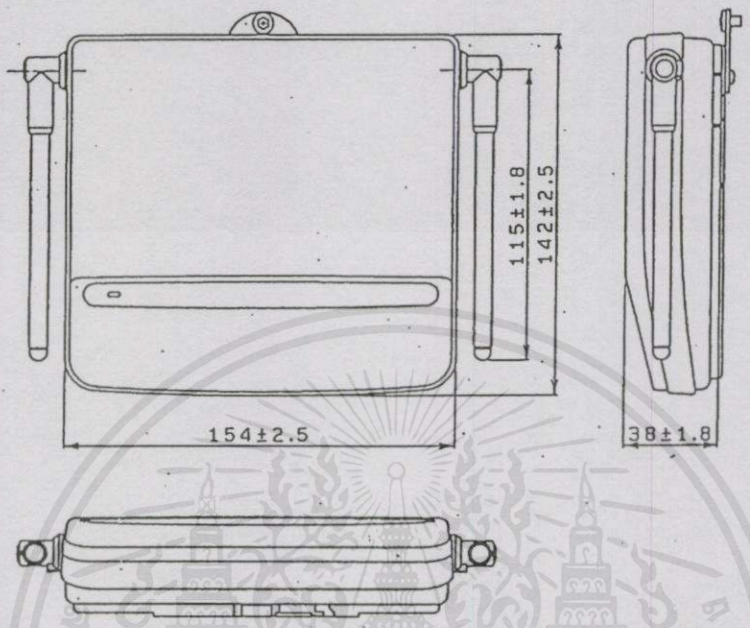
นอกเหนือจาก 10 ข้อที่ผ่านมายังมีหน้าที่ เกี่ยวกับการบำรุงรักษาสถานีลูกข่าย เช่น Fault supervision, Equipment control, software downloading,และการวัดปริมาณทราฟฟิค

3.3.2 ประเภทของสถานีลูกข่าย

สถานีลูกข่าย (cell station : CS) นั้นมีผู้ผลิตมากมายหลายยี่ห้อ แต่ที่จะนำมาใช้ ในโครงการโทรศัพท์พื้นฐานพกพาของบริษัทเทเลคอมเอเซียนั้นมีอยู่ 2 แบบ ดังนี้

3.3.2.1 แบบติดตั้งในอาคาร(Indoor Cell station)

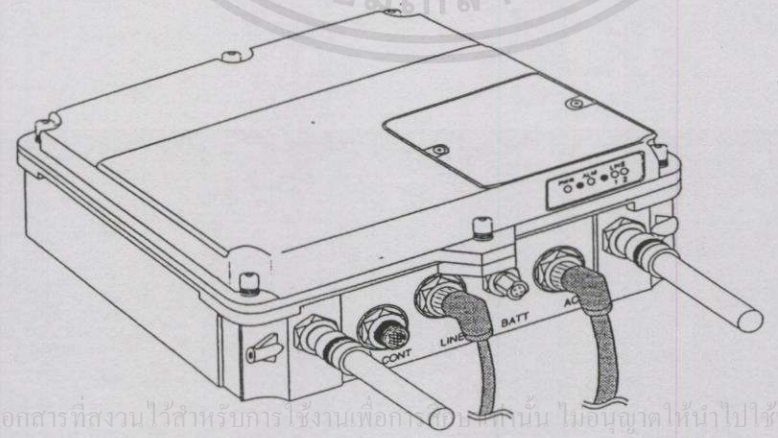
เป็นสถานีลูกข่ายที่ออกแบบ มาใช้ ภายในอาคาร ขนาดเล็ก,ติดตั้งง่าย ใช้ไฟฟ้าจากตัว Cell Station Controller (CSC) กำลังส่งขนาด 10 mW ของยี่ห้อ Panasonic



รูปที่ 3.9 สถานีลูกข่ายแบบติดตั้ง ในอาคาร ขนาด 10 mW

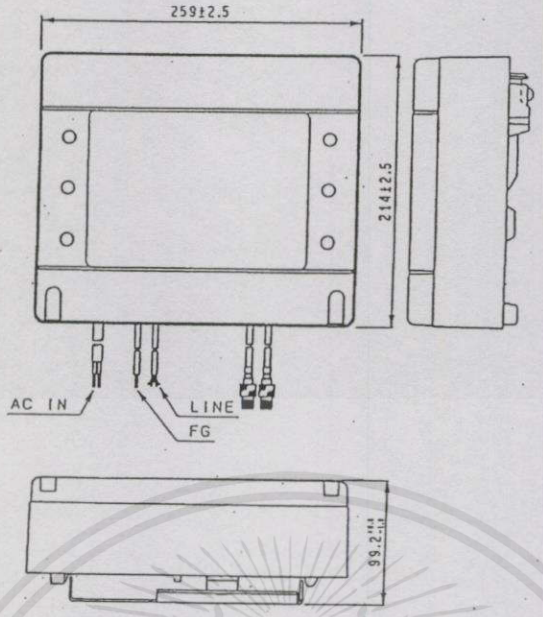
3.3.2.2 แบบติดตั้งนอกอาคาร(Outdoor Cell station)

ออกแบบมาใช้ภายนอก ดังนั้น จึงต้องมีคุณสมบัติ กันน้ำ ทนความร้อน ความชื้น ได้ โดยทั่วไป สถานีลูกข่ายแบบ ติดตั้งภายนอกอาคารมักจะรับไฟฟ้าจากที่ติดตั้ง(Local Feeding) และสามารถ ติดตั้งแบตเตอรีสำรองได้ กำลังส่งของ สถานีลูกข่ายแบบ ติดตั้งภายนอกอาคารที่เลือกใช้คือ กำลังส่งขนาด 20 และ 200 mW

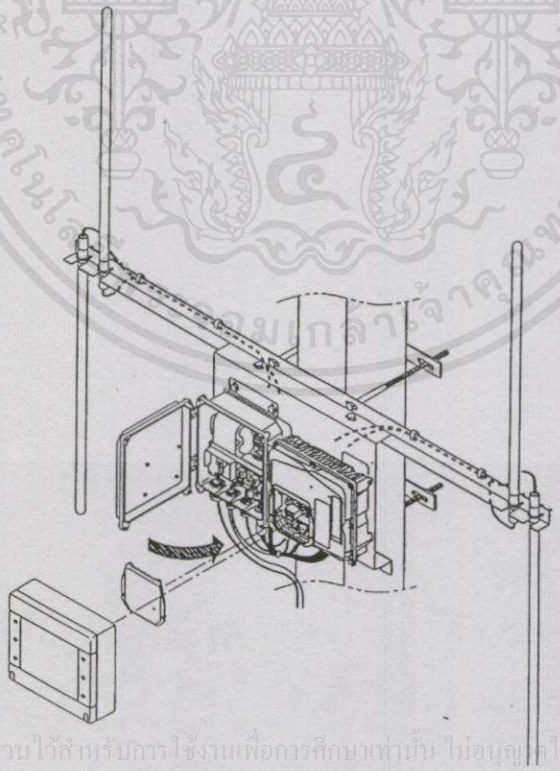


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 สถานีลูกข่ายแบบติดตั้ง ภายนอกอาคาร ขนาด 20 mW(NEC)

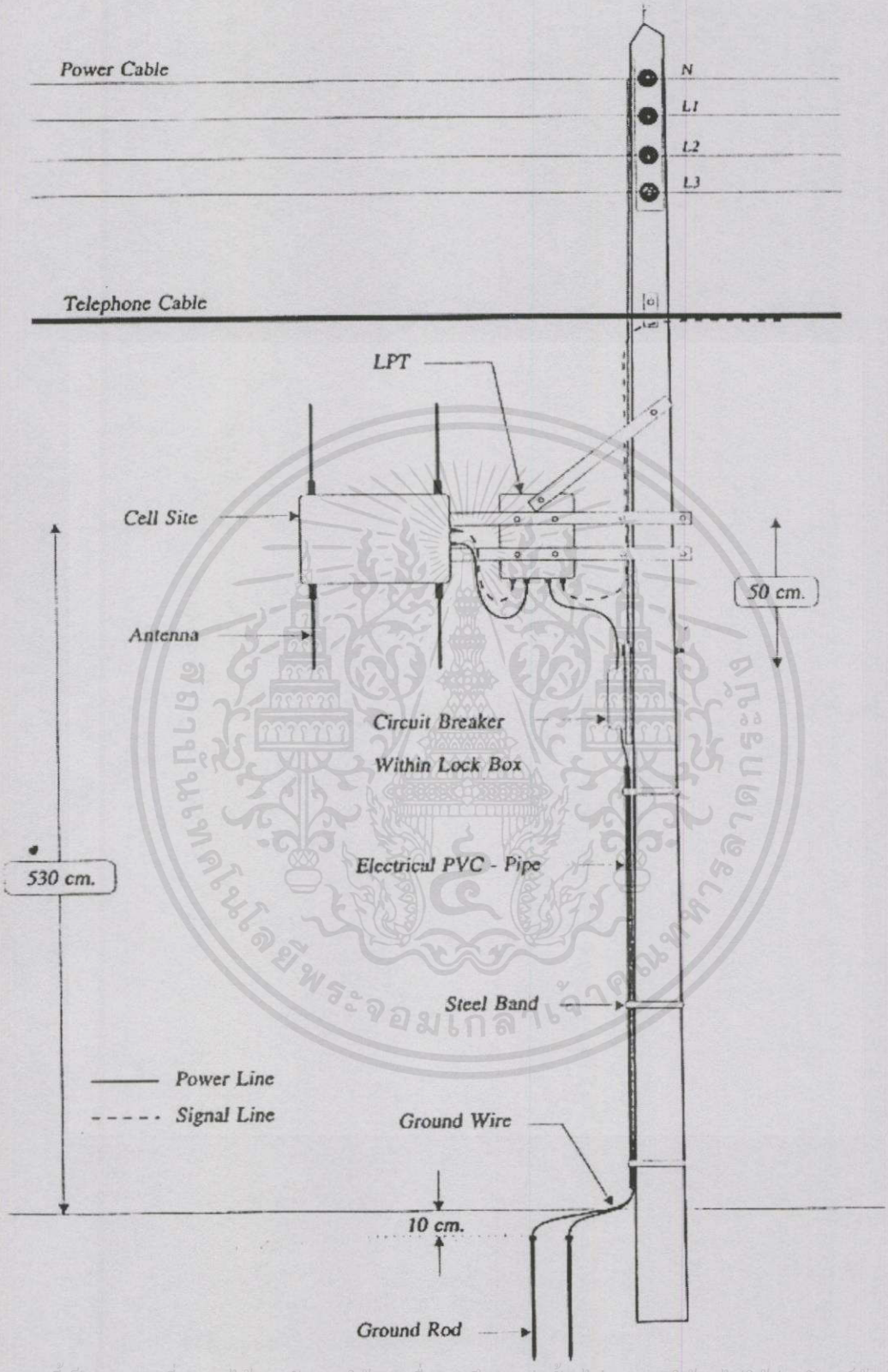


รูปที่ 3.11 สถานีลูกข่ายแบบติดตั้ง ภายนอกอาคาร ขนาด 20 mW ของ Panasonic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.12 สถานีลูกข่ายแบบติดตั้ง ภายนอกอาคาร ขนาด 200 mW ของ Panasonic



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 การติดตั้งสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW

3.3.3. การเชื่อมต่อสถานีลูกข่ายกับโครงข่าย(Network Interface)

ระบบ PHS นั้นเป็นระบบโทรศัพท์ที่พัฒนาจาก โครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานและพัฒนามาเป็นโครงข่าย ISDNแล้วจึงมีการพัฒนามาเป็น ระบบโทรศัพท์แบบ PHS โดยความพยายามพัฒนาเครื่องลูกข่ายมาต่อกับโครงข่าย ISDN และมีการพัฒนาขีดความสามารถของโครงข่ายทั้งฮาร์ดแวร์-ซอฟแวร์ ในการทำงานของ ระบบโทรศัพท์แบบ PHS สถานีลูกข่ายจะต่อกับ ชุมสายโทรศัพท์(อาจจะใช้ RDLU ก็ได้) ด้วยคู่สาย ISDN แบบ Basic Rate Interface(BRI)

3.3.3.1 ลักษณะทางกายภาพของคู่สาย BRI

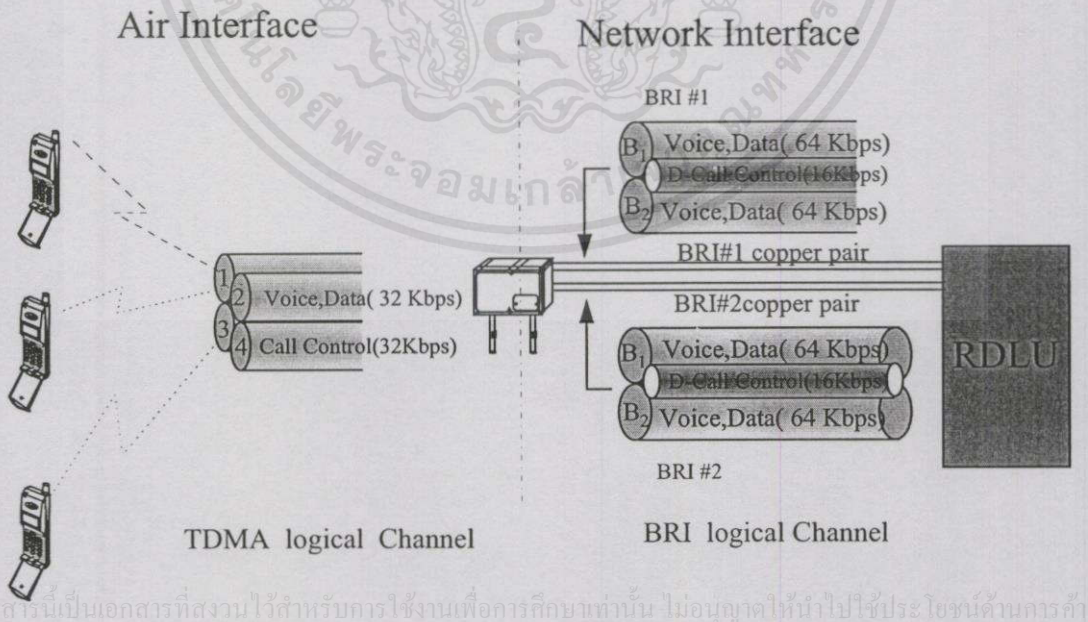
สถานีลูกข่ายนั้นจะเชื่อมต่อกับโครงข่ายด้วยสายแบบ BRI โดยทั่วไปคู่สายแบบ BRI นั้นจะเหมือนกับคู่สายธรรมดาของโทรศัพท์พื้นฐานคือมี 2 เส้น(1 คู่) แต่เนื่องจากสัญญาณที่ส่งใน คู่สายนั้นไม่ใช่สัญญาณอนาล็อก ดังนั้นคุณภาพของสายจะต้องสูงกว่า เช่น Power Loss, Frequency Response

3.3.3.2 โครงสร้างช่องสัญญาณของคู่สาย BRI

ในโครงสร้างช่องสัญญาณของคู่สายแบบ BRI 1 คู่สาย นั้นจะประกอบด้วย Logical channel อยู่ด้วยกัน 3 channel คือ

1.ช่องสัญญาณ B(Bearer channel- B) 2 ช่อง ในช่อง B แต่ละช่องนั้น ใช้สำหรับส่งเสียง(Voice)หรือข้อมูล(Data) ซึ่งอัตราการส่งข้อมูลของช่องสัญญาณ B นั้นเท่ากับ 64 Kbps

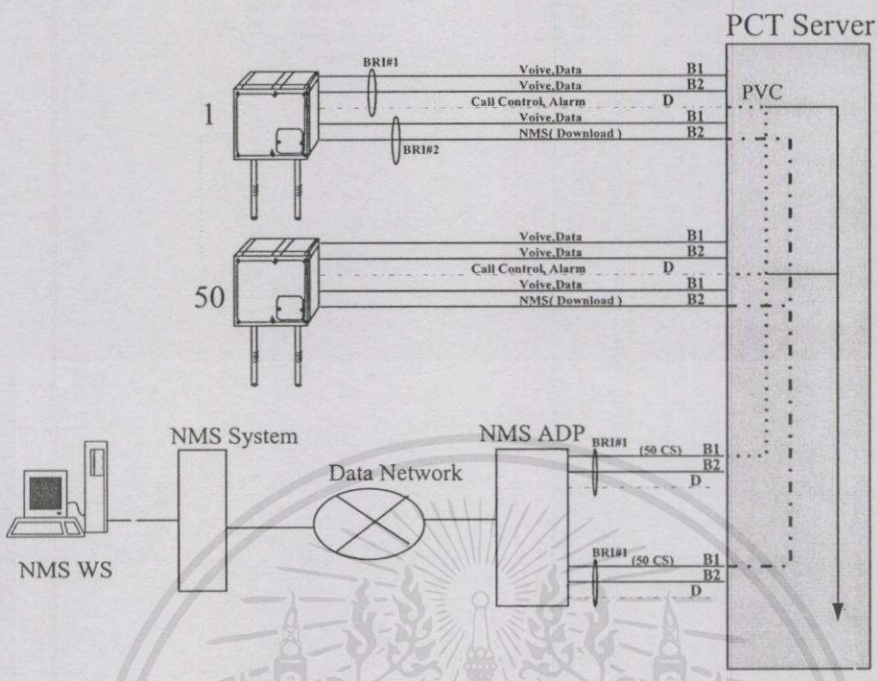
2.ช่องสัญญาณ D (Data channel) 1 ช่อง -ช่องสัญญาณ D นั้นตามปกติ จะใช้ส่งสัญญาณ ควบคุมการเรียก(Call Control) ซึ่งส่งที่ความเร็ว 16 Kbps



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 แสดง Logical Channel ของ BRI

3.3.3.3 ช่องสัญญาณของคู่สาย BRI ที่สถานีลูกข่าย



รูปที่ 3.15 แสดงการใช้ช่องสัญญาณของ CS

ซึ่งจากหลักการเดิม โครงสร้างของ Logical channel ของคู่สาย BRI ของ บริการ ISDN นั้น ในการต่อ 2 คู่สาย BRI ก็จึงมี Logical Channel อยู่ทั้งหมด 6 ช่อง คือช่อง B จำนวน 4 ช่อง และช่อง D จำนวน 2 ช่อง ในการใช้งานจริงนั้นจะใช้ Logical channel ช่อง B เพียง 3 ช่อง สำหรับส่งผ่านเสียง หรือ ข้อมูลจากเครื่องลูกข่าย ไปยังปลายทาง ส่วน Logical channel ช่อง B อีกช่องที่เหลือนั้น จะใช้เป็นช่อง Upload หรือ Download ข้อมูล กับระบบบริหารสถานี ลูกข่าย (CS-Network management System -NMS) โดยที่ สถานีลูกข่าย และ NMS นั้นจะติดต่อสื่อสารกันด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

1. การ Download หรือ Upload ข้อมูลระหว่าง CS - NMS สถานลูกข่าย-CS จะส่งข้อมูลผ่าน Logical Channel ช่อง B ผ่าน PHS server ไปยัง NMS Adapter ไปยัง NMS ในที่สุด โดย NMS Adapter นั้นจะ Interface กับ PHS server ด้วย Basic Rate Interface เหมือนกัน แต่จะต่อที่ S-reference point(CS ต่อที่ T- reference point) โดยที่ Path ที่สร้างระหว่าง ช่อง Logical channel B ที่ NMS Adapter กับ Logical channel B ที่ CS นั้นคล้าย กับ path ที่ เกิดจากการเรียกของโทรศัพท์ปกติ

2. การส่ง Alarm จากเครื่องลูกข่าย ไปยัง NMS - เหตุเสีย(Alarm)ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น กับสถานีลูกข่าย นั้นจะถูกส่ง ผ่านใน Logical channel ช่อง D ของคู่สายแรกของ สถานีลูกข่าย ผ่าน Permanent Virtual Connection(PVC) ซึ่งเป็นการต่อที่ไม่ได้อาศัยโครงข่าย โดยช่อง D จะส่งสัญญาณไปที่ Logical channel ช่อง B ของNMS Adapter เพื่อส่งไปยัง ระบบ NMS เพื่อแสดง

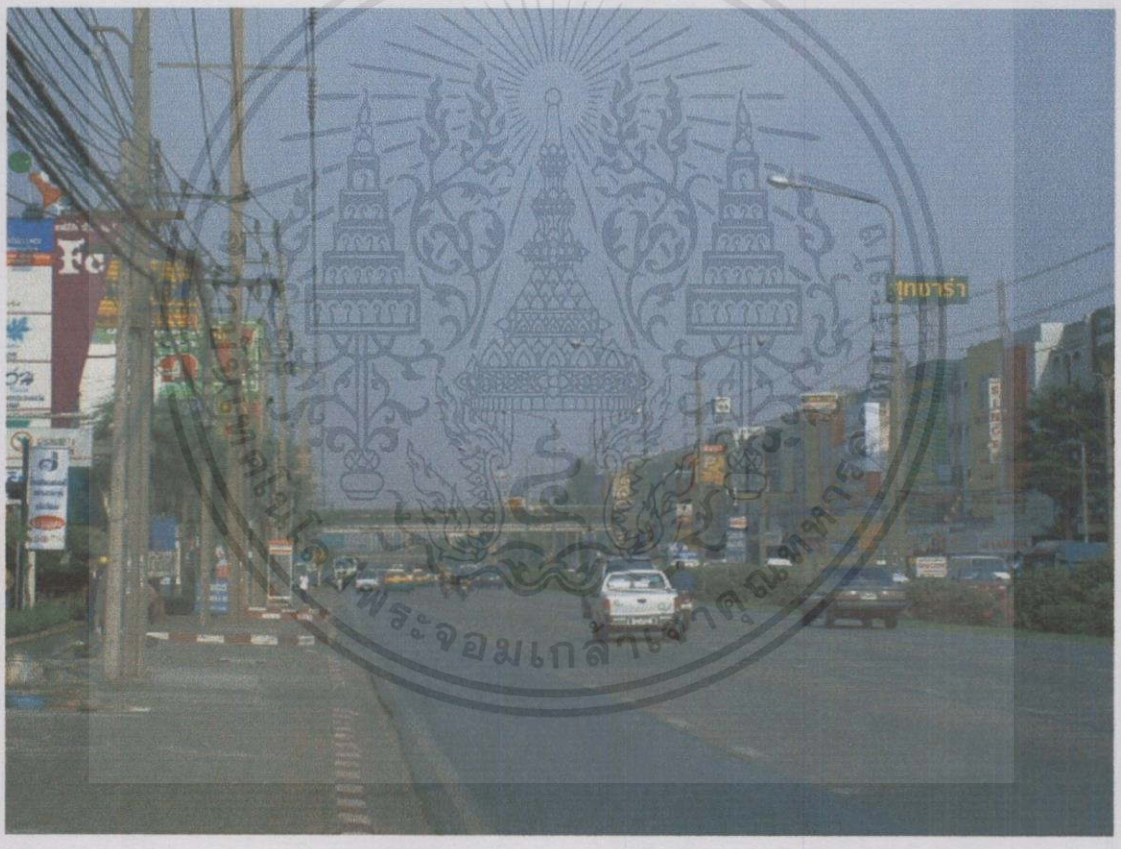
Alarm โดยที่ Logical channel ช่อง B ของNMS Adapter 1 ช่องนั้น จะรับสัญญาณจาก CS ประมาณ 50 ตัว

3.3.4. แสดงสภาพภูมิประเทศของจุดติดตั้งสถานีลูกข่าย

สภาพภูมิประเทศของจุดติดตั้งสถานีลูกข่ายแบ่งเป็น 3 แบบ ดังต่อไปนี้

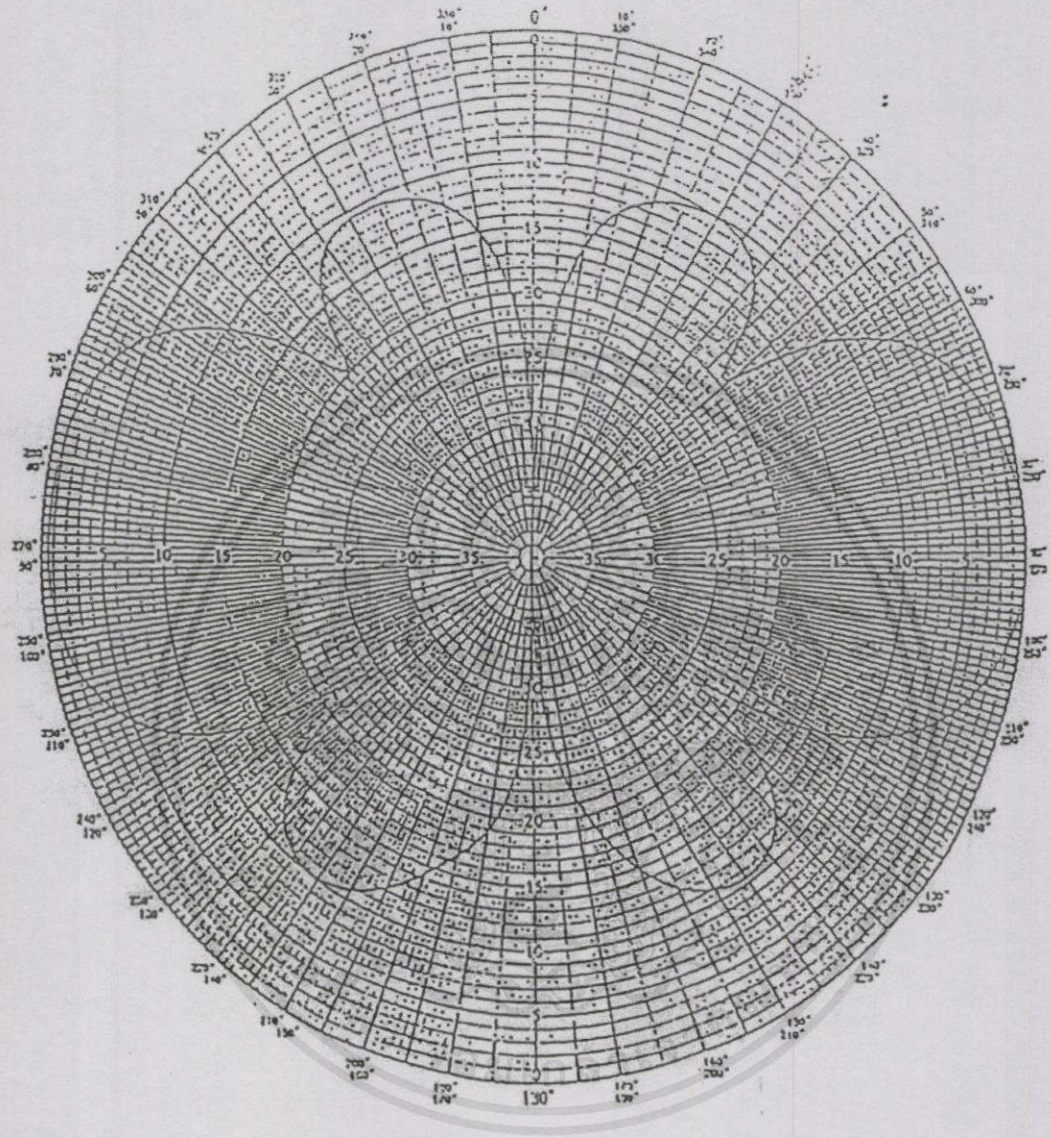
3.3.4.1 สภาพภูมิประเทศแบบ A

เป็นสภาพภูมิประเทศของจุดติดตั้งที่มีต้นไม้น้อยไม่มีสิ่งปกตลุมและไม่มีสิ่งปิดกั้นสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.16 และแสดงรูปแบบการแพร่กระจายสัญญาณของ สถานีลูกข่ายขนาด 20 mW ที่ใช้เสาอากาศขนาด 4.0 dBi แสดงดังรูป ที่ 3.17 และการแพร่กระจายสัญญาณของ สถานีลูกข่ายขนาด 200 mW ที่ใช้เสาอากาศขนาด 7.0 dBi แสดงดังรูป ที่ 3.18



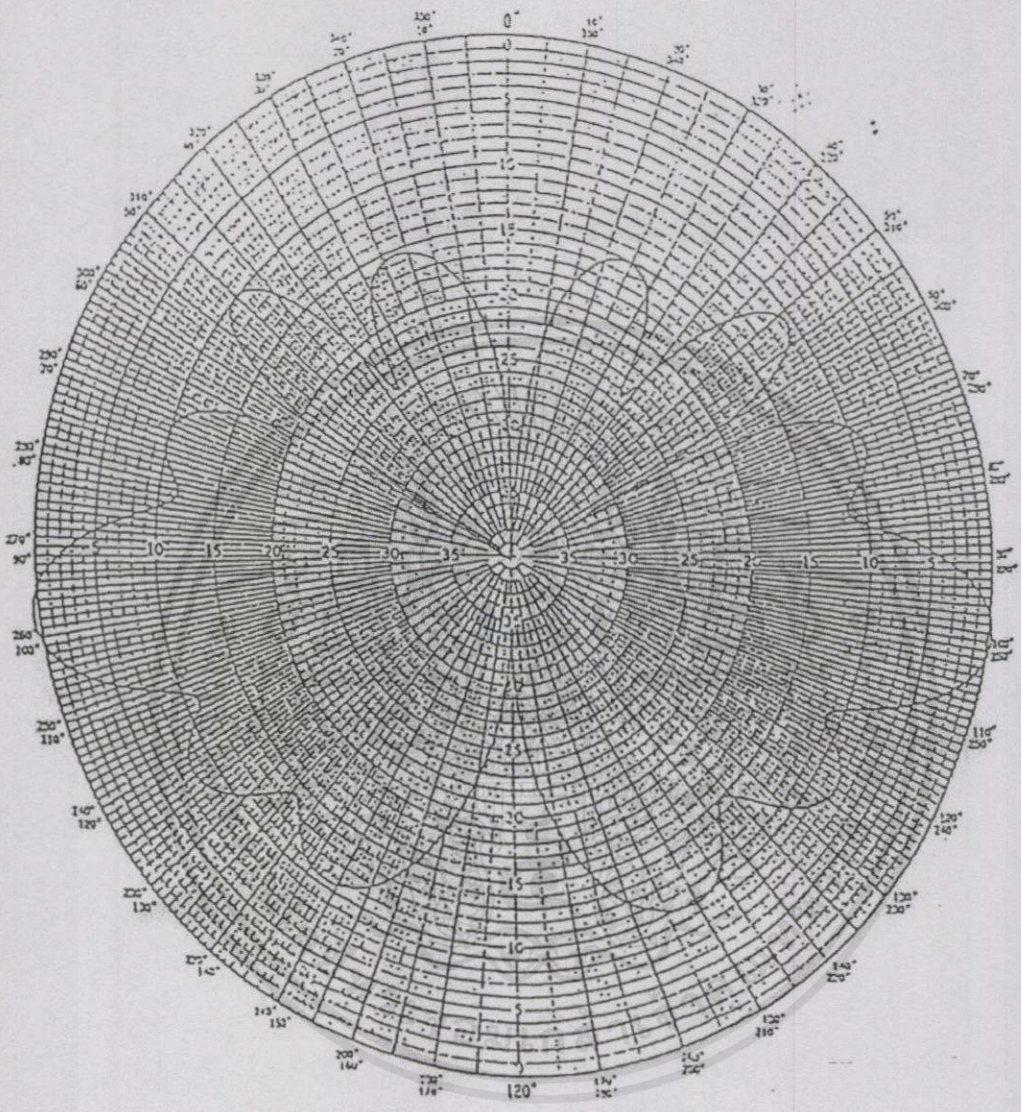
รูปที่ 3.16 สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงรูปแบบการแพร่กระจายของสถานีลูกข่ายขนาด 20 mW โดยใช้เสาอากาศขนาด 4 dBi

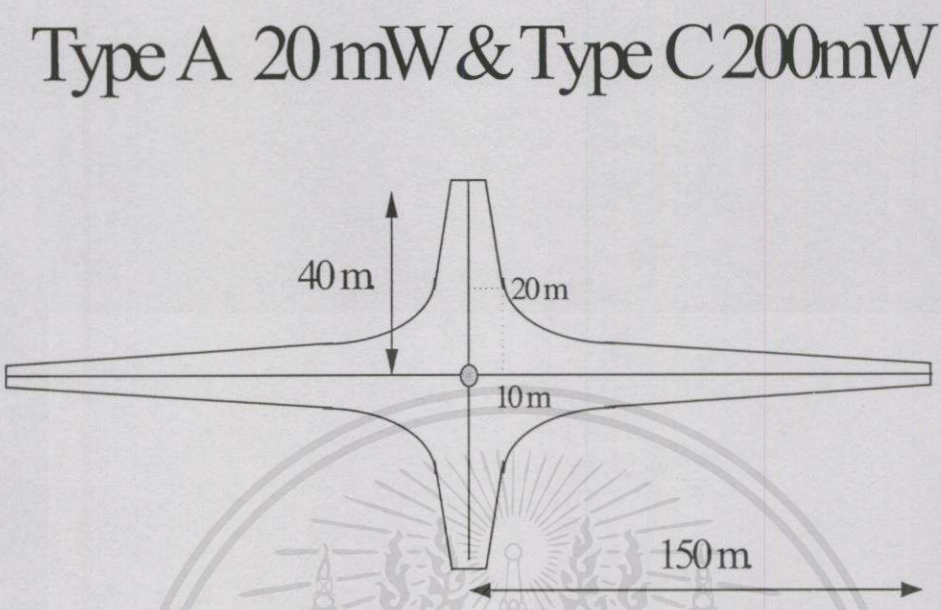
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงรูปแบบการแพร่กระจายของสถานีลูกข่ายขนาด 200 mW โดยใช้เสาอากาศขนาด 7 dBi

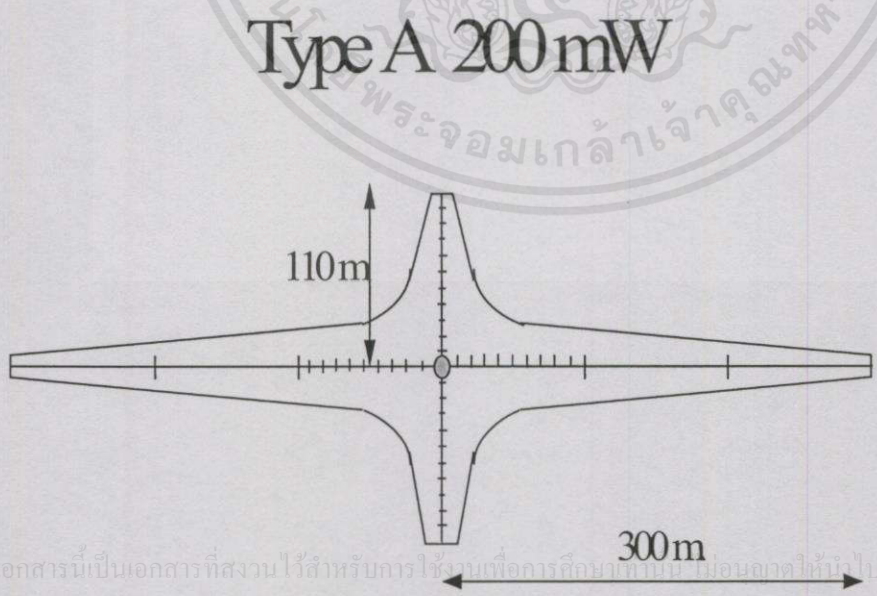
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่3.17 เราสามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นแบบมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุม ได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ A

จากรูปที่3.18 เราสามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นแบบมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุม ได้ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ A

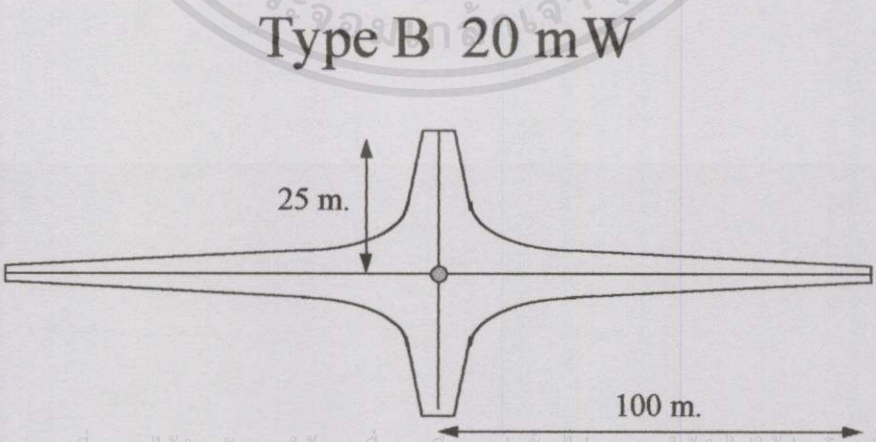
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 สภาพภูมิประเทศแบบ B

เป็นสภาพภูมิประเทศที่มีต้นไม้ปกคลุมแต่ไม่หนาแน่นมีการบดบังสัญญาณการแพร่กระจายของสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.21 และแสดงพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณดังรูปที่ 3.22 และ 3.23

รูปที่ 3.21 สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ B

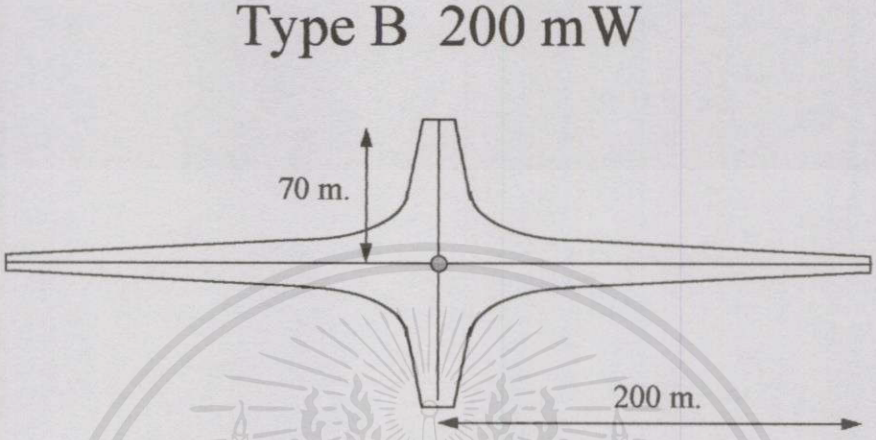
จากรูปที่3.17 เมื่ออยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B สามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นเมื่อมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุมได้ดังรูปที่ 3.22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.22 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ B

จากรูปที่3.18 เมื่ออยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B สามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นเมื่อมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุมได้ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ B

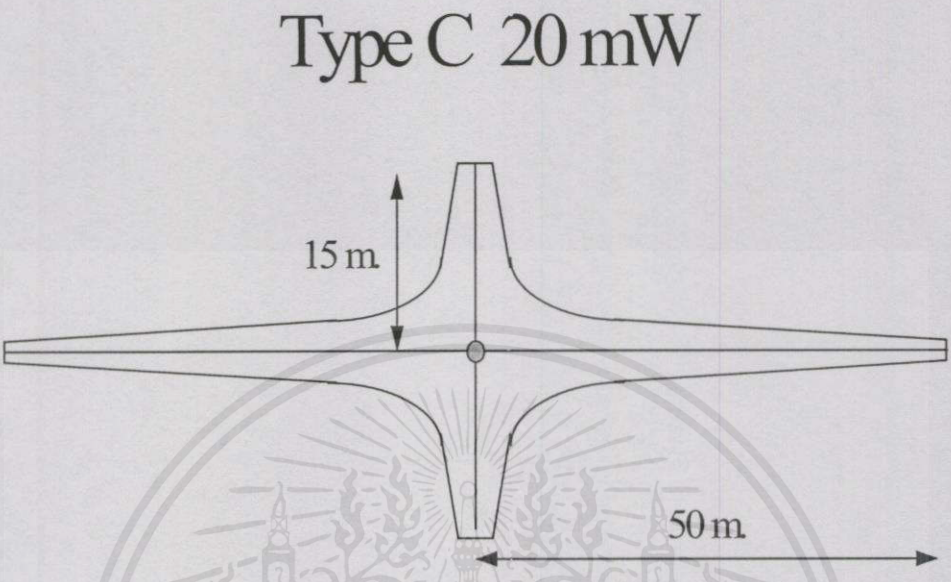
3.3.4.3 **สภาพภูมิประเทศแบบ C**

สภาพภูมิประเทศที่มีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่นมากการแพร่กระจายของสัญญาณน้อยมาก แสดงดังรูปที่ 3.24 และ แสดงพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณดังรูปที่ 3.25 และ 3.26

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

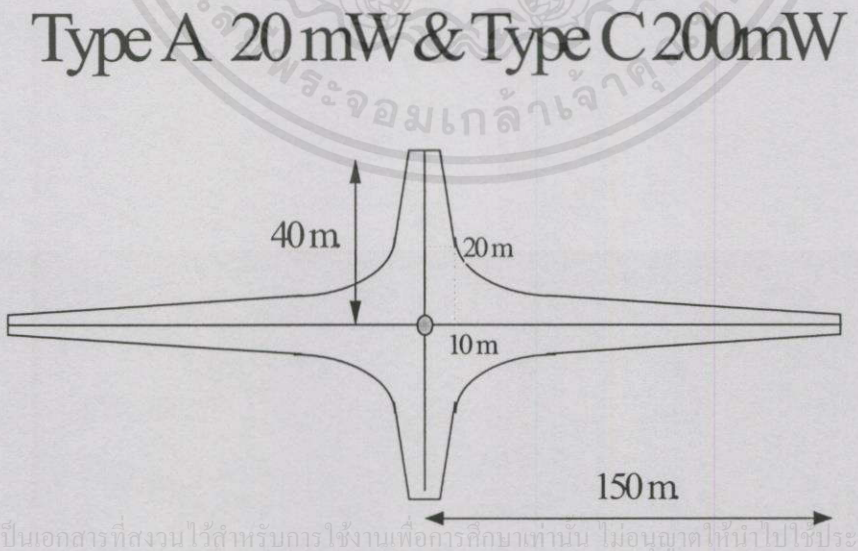
รูปที่ 3.24 สภาพภูมิประเทศจุดติดตั้งแบบ C

จากรูปที่3.17 เมื่ออยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ C สามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นเมื่อมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุมได้ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 20 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ C

จากรูปที่3.18 เมื่ออยู่ในสภาพภูมิประเทศแบบ B สามารถแสดงให้ดูง่ายขึ้นเมื่อมองจากด้านบนเพื่อบอกระยะการครอบคลุมได้ดังรูปที่ 3.26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.26 แสดงพื้นที่ครอบคลุมของสัญญาณจากสถานีลูกข่าย ขนาด 200 mW สภาพภูมิประเทศ แบบ C

3.4 คุณสมบัติและการทำงานของระบบบริหารโครงข่าย (NMS :Network Management System)

ในโครงข่าย PCT นั้น CS เป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทอย่างสูงในการบ่งบอกถึง ระดับ คุณภาพของการบริการ เนื่องจาก CS นั้นเป็นเหมือนประตู ที่ PS ของผู้เช่าจะใช้ access ได้หรือไม่ หาก CS เสีย นั้นหมายถึงในพื้นที่ให้บริการของ CS นั้นจะไม่สามารถใช้งาน ได้ และหาก CS เสียหรือผิดปกติ และผู้ให้บริการไม่สามารถซ่อมให้ กลับมาใช้งาน ได้ก็จะเพิ่ม พื้นที่ ที่ไม่สามารถใช้งานได้เพิ่มขึ้น และหาก มีจำนวน CS มากๆ จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการหา ระบบบริหาร CS ที่ใช้ใน การดูแล และบำรุงรักษา ให้ CS นั้นมีความสมบูรณ์ในการใช้งานมากที่สุดเท่าที่จะ เป็นไปได้

3.4.1 หน้าที่ของระบบบริหารโครงข่าย

ระบบบริหารโครงข่ายของสถานีลูกข่าย (Network Management System for CS) คือ ระบบคอมพิวเตอร์ อีกระบบ ที่ต่อเข้ากับโครงข่าย PCT โดย NMS จะมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

3.4.1.1 เฝ้าดู (Monitor)

การทำงานของของ CS และตัวโครงข่าย เช่น การตรวจสอบสถานะ ของส่วนต่าง ๆของ CS เช่นดู สถานะของ CS ว่ามี Alarm หรือไม่ ,ดูว่า LAN ของ CS นั้นมี alarm หรือไม่

3.4.1.2 ควบคุม (Control)

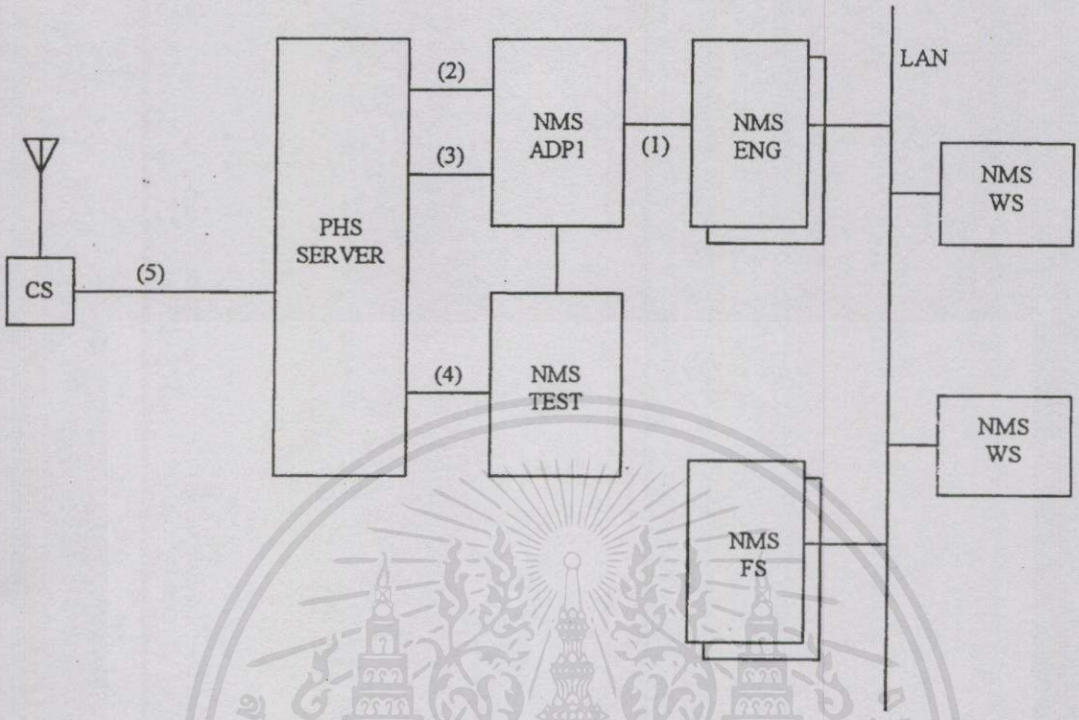
การทำงาน CS เช่น การ Block, การจำกัดการเรียก (Restriction) Block Traffic channel ระหว่าง CS กับ PS หรือ Block B-channel ที่ Basic Rate Interface(BRI)

3.4.1.3 Down-Load, Up-Load

โปรแกรมและพารามิเตอร์ ลงที่ CS เมื่อมีการ ติดตั้ง CS ใหม่ จะต้องมีการป้อนโปรแกรมและค่าต่าง ๆที่จำเป็นต่อการทำงานของ CS แต่ละตัว หากการ Down-Load, Up-Load ต้องกระทำที่ CS แต่ละตัวนั้น ในการปฏิบัติจริง นั้นเป็นไปลำบากมาก ระบบ NMS นั้นสามารถ download โปรแกรม และค่าต่าง ๆที่จำเป็นต่อการทำงานของ CS จากส่วนกลางไปที่ CS แต่ละตัว และจะสั่ง download ทั้ง Zone ก็สามารถจะกระทำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การเชื่อมต่อระบบบริหารโครงข่ายกับโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา



รูปที่ 3.27 การเชื่อมต่อ NMS

3.4.2.1 Communication Server (NMS-ENG)

NMS-ENG เป็น Unit หลักของระบบ NMS โดยมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. จัดการ(Managing) สถานะของสถานีลูกข่าย และ Unit อื่น ๆ ของระบบทั้งหมด
2. Requesting WS เพื่อให้แสดงผล Alarm ต่าง ๆ ที่ส่งมาจากสถานีลูกข่าย
3. ตรวจสอบ Control request Command ที่ส่งมาจาก WS cและส่ง command นั้นไปยังสถานีลูกข่าย
4. Scheduling และ Sequence control สำหรับ function ที่เป็นแบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของ NMS - ENG

Item	Specification	Note
Machine Type	UP-4800	
Processor	R4400MC(250 MHz)x2	149 MIPS Multiprocessor Configuration
Cache Memory	1 st Order : 16 KB + 16 KB 2 nd Order : 4 MB	
Main Memory	64 KB (Basic) 320 Mb (Expansion)	
Hard disk	2.1 GB (Basic) 2.1 GB (Expansion)	Built-in Expandable up to 8.4 GB
LAN	Ethernet 10 base5, or Ethernet 10 baseT (10 Mbps)	
Serial Line-ADP1	X.25 or LAP-B	
OS	UNIX	
Database	UNIFY	

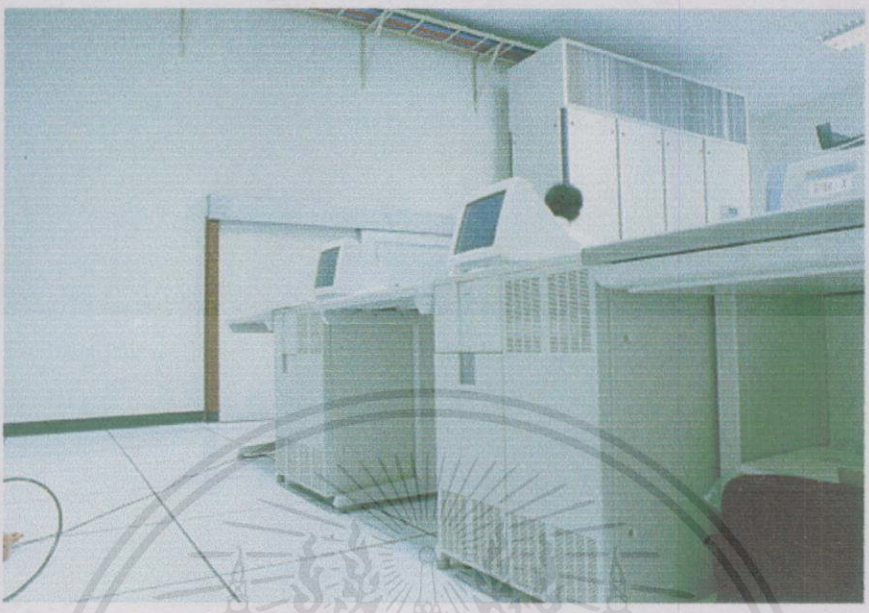
รูปที่ 3.28 NMS - ENG

3.4.2.2. File Server(NMS-FS)

NMS-ENG เป็น Unit ที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น Alarm information และ Traffic data ข้อมูลที่เก็บอยู่ใน NMS - FS นี้สามารถเรียกกลับมาดู(Retrieved) ได้โดย WS โดยอาจจะแสดงผลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

หน้าจอของ WS หรือ เก็บที่ FD ได้ นอกจากนั้น NMS-FS ยังสามารถเก็บ operation data และโปรแกรมของระบบ โครงสร้างของอุปกรณ์เหมือนกับ NMS-ENG แสดงดังตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.29 NMS – FS

3.4.3.3. Workstation (NMS-WS)

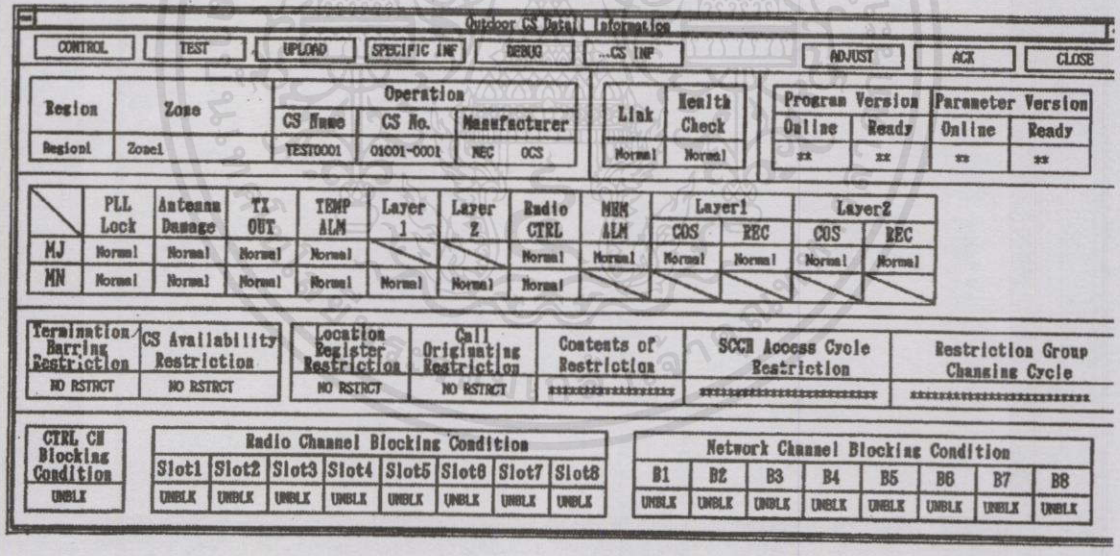
เป็น Unit ที่สามารถแสดงผล Alarm Information ต่าง ๆ แบบ realtime ได้ ตามการป้อนคำสั่ง จาก WS นอกจากนั้นยังเป็นที่ ๆ สั่งคำสั่งควบคุมระบบต่าง ๆ ไปที่ NMS – ENG

ตารางที่3.3 แสดงโครงสร้าง Work station

Item	Specification	Note
Machine Type	EWS-4800	
Processor	R4400MC (250 MHz)	149 MIPS
Cache Memory	1 st Order : 16 KB + 16 KB 1 st Order : 1 MB	
Main Memory	32 KB (Basic) 64 Mb (Expansion)	ECC Expandable up to 416 MB
Hard Disk	2.1 GB (Basic)	Built-in Expandable up to 6.4 GB
LAN	Ethernet 10 base5, or Ethernet 10 base T (10 Mbps)	
OS	UNIX	
Database	UNIFY	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.30 Work station (WS)ของ NMS



รูปที่ 3.31 ตัวอย่าง หน้าจอของ WS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2.4 Adapter (NMS-ADP1,2)

3.4.2.4.1 NMS ADP1

เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อระบบ NMS เข้ากับ PHS server โดยเป็น Unit ที่จะมีหน้าที่ แปลงโปรโตคอล ระหว่าง NMS-ENG กับ สถานีลูกข่าย(CS) โดย ADP 1 จะ Interface กับ PHS server แบบ Basic Rate Interface, S/T reference point (4 wire) โดยเป็นการต่อ ที่ใช้ Packet swtich ที่เรียกว่า Permanent Virtual Connection (PVC) เพื่อรับ Alarm Information ที่ส่งจาก D-channel ของ สถานีลูกข่าย แต่ละตัว นอกจากนั้น NMS-ADP1 ยังทำงานบางอย่างของ NMS-ENG เพื่อเป็นการลด Load ของ NMS-ENG เช่น Status maintenance หรือ scheduling of automatic operation

3.4.2.4.2 NMS ADP2

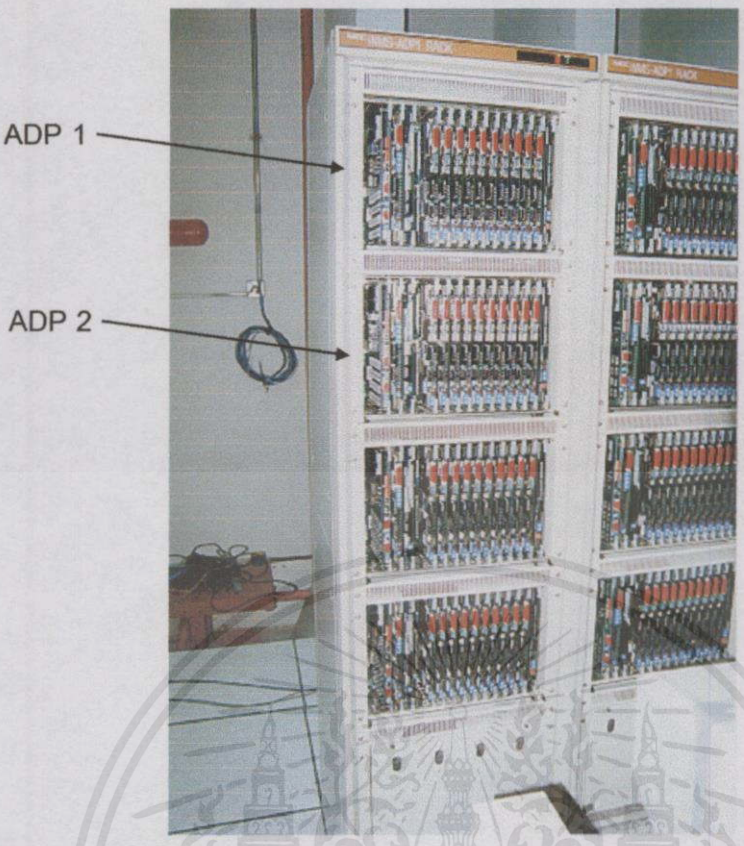
เป็นอุปกรณ์อีกส่วนหนึ่ง ที่อยู่ใน RACK เดียวกับ NMS-ADP เชื่อมต่อกับ PHS server เหมือนกัน, Interface กับ PHS server แบบ Basic Rate Inreface, S/T reference point (4 wire) เหมือนกับ ADP 1 แต่ต่างกันที่ ADP 2 นั้นใช้หลักการ Circuit swtich ในการต่อกับสถานีลูกข่ายแต่ละตัว เพื่อ Download หรือ Upload โปรแกรม และ operation parameter ของสถานีลูกข่าย แต่ละตัว โดย ADP 2 จะต่อกับ B-channel 1 ช่องของ สถานีลูกข่าย 1 ตัว

นอกจากนั้น NMS-ADP1 ยังทำงานบางอย่างของ NMS-ENG เพื่อเป็นการลด Load ของ NMS-ENG เช่น Status maintenance หรือ scheduling of automatic operation

ตารางที่ 3.4 แสดงโครงสร้าง NMS-ADP

Item	Specification	Note
Machine Type	TCS-6100	Nec Provide micro-computer
Processor	M68060 (50 MHz)	
Main Memory	20 MB	
ADP1-PHS server ADP2-PHS server ADP - ENG	BRI (S/T) (packet)-64 Kbps BRI (S/T) (circuit) -64 Kbps X.25, LAP-B	ADP1-CS ADP2-CS
OS	RTX-6100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 NMS - Adapter 1 ,2

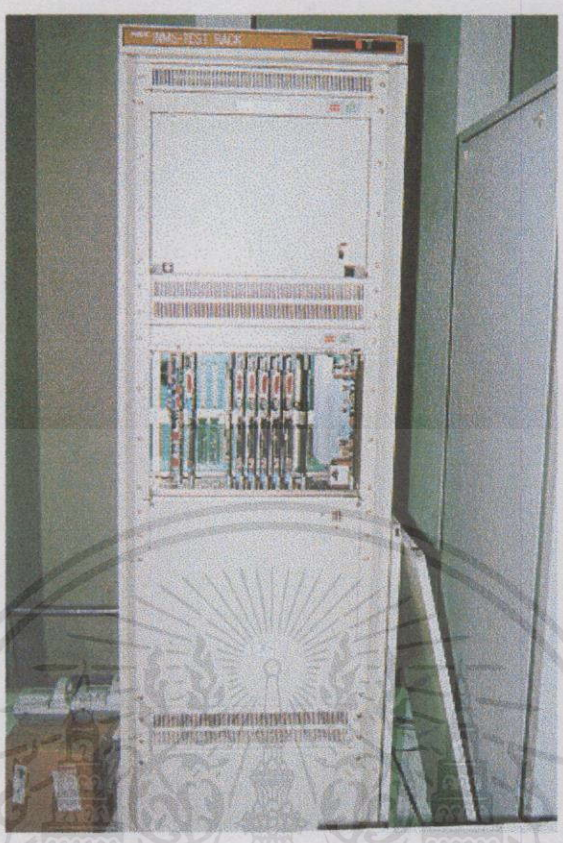
3.4.2.5. File Server (NMS-TEST)

เป็น unit ที่เป็น ตัวรับคำสั่งทดสอบ สถานีลูกข่ายจาก ADP1 และส่ง particular pattern ไปยังสถานีลูกข่ายตัวที่ถูกระบุ ลงที่ WS และจากนั้นจะ ตรวจสอบ error ของ test data ที่ส่งกลับมาจากสถานีลูกข่าย เบื้องต้นว่าผิดพลาด หรือไม่ หลังจากนั้นก็จะส่งผล ทดสอบ ของสถานีลูกข่าย กลับไปยัง ADP1 แสดงโครงสร้างดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงโครงสร้าง NMS-Test

Item	Specification	Note
Machine Type	TCS-6100	
Processor	M68060 (50 MHz)	
Main Memory	20 MB	
TEST-PHS server TEST - ENG	BRI (S/T) (circuit) -64 Kbps X.25, LAP-B	TEST-CS ADP2-CS
OS	RTX-6100	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 NMS – Test unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
หลักการที่เสนอ

4.1 บทนำ

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผู้ใช้ PCT ในปัจจุบันได้แก่ การใช้งานไม่ได้ทั้ง ๆ ที่สัญญาณของระบบมีอยู่เต็ม และปัญหาการทำ Hand Over แล้วหลุด ปัญหาเหล่านี้เกิดจากมีการใช้งานเครื่อง PCT เพิ่มมากขึ้น อันมีสาเหตุมาจากโทรศัพท์ PCT ได้รับความนิยมสูงขึ้นจากหมู่วัยรุ่น ซึ่งเป็นเหตุให้ระบบที่ออกแบบไว้ไม่สามารถรองรับปริมาณความต้องการใช้สื่อสัญญาณที่สูงขึ้นได้

ในปัจจุบันการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพาจะอ้างอิงจากค่าความหนาแน่น ทราฟฟิคที่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้เท่านั้น ซึ่งเป็นผลทำให้การแก้ไขปัญหาบางครั้งไม่คุ้มค่าใช้จ่าย ในการทดลองนี้นำเสนอรูปแบบใหม่ โดยมีการแก้ไขจากของเดิม โดยข้อมูลที่นำมาพิจารณาต้องมีการพิจารณาหลายส่วนด้วยกัน เพื่อหา
สาเหตุที่แน่ชัดว่าปัจจัยใดที่ทำให้เกิดปัญหาซึ่งต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- สภาพความคับคั่งของสถานีลูกข่ายนั้นๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับจำนวนการร้องขอเรียกออกทั้งหมดระหว่าง PS กับ CS และความหนาแน่น ทราฟฟิค ของสถานีลูกข่ายสูงเกินกว่าที่ได้กำหนดคุณภาพของการบริการไว้โดยใช้หลักการวัดของ Erlang
- ความถี่ของการเกิดปัญหามีบ่อยเพียงใด เป็นรายวัน รายสัปดาห์ หรือ รายเดือน
- พิจารณาแผนที่การติดตั้งและการออกแบบปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากการติดตั้งระบบเสร็จแล้ว

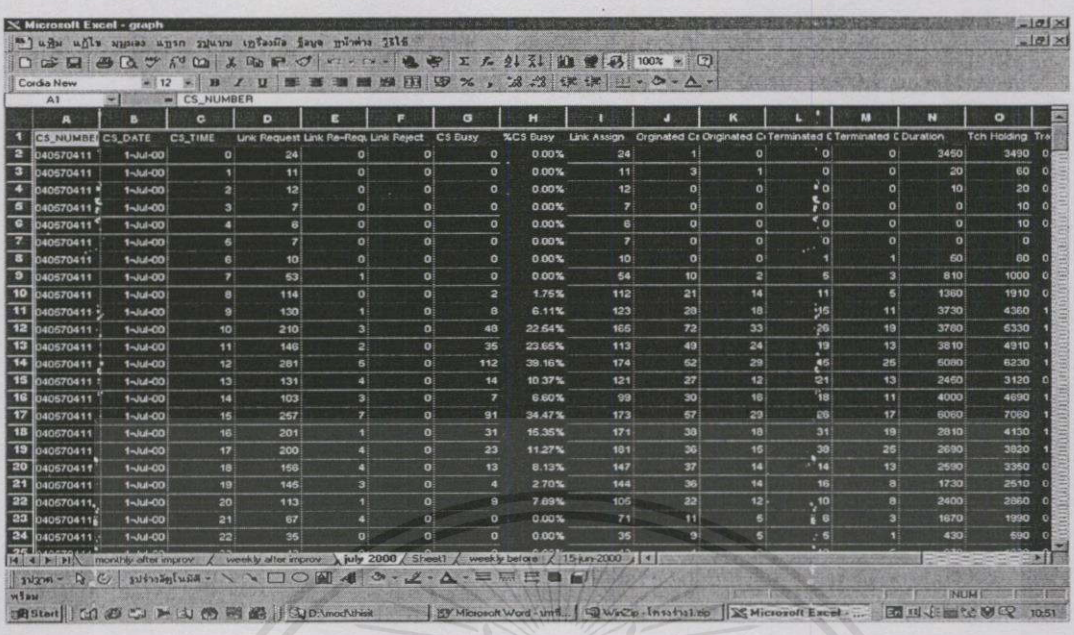
ดังนั้นการแก้ปัญหา ทราฟฟิคของ PCT ต้องแก้ไขให้ถูกวิธี เพราะถ้าติดตั้ง CS เพิ่มในทุกจุดที่อยู่บริเวณที่เกิดปัญหา จะเกิดการใช้ต้นทุนที่สูงมากและการแก้ไขในปัจจุบันจะแก้ไขก็ต่อเมื่อมีการร้องเรียนจากลูกค้าเท่านั้น

ในการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคก่อนที่ลูกค้าจะร้องเรียนเข้ามาโดยการนำข้อมูลปริมาณทราฟฟิคของสถานีลูกข่ายทุกตัวมากรอง หาสถานีลูกข่ายที่มีปริมาณทราฟฟิคมากกว่า 0.899 Erlang และสภาพความคับคั่ง มากกว่า 5 % หลังจากได้สถานีลูกข่ายที่เข้าข้อกำหนดแล้วจึงได้นำไปเข้าขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป

4.2 ระบบบริหารโครงข่ายกับการวิเคราะห์ข้อมูล

ระบบ NMS จะทำการติดต่อและรับข้อมูลปริมาณทราฟฟิค สภาพความคับคั่ง จำนวนที่มีการเรียก จำนวนเวลาที่ใช้ทั้งหมด เป็นต้น สิ่งที่เราต้องให้ความสนใจคือปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นต้องนำมาแปลงให้เป็นหน่วยชั่วโมง และปริมาณสภาพความคับคั่งต้องแปลงเป็นหน่วยเปอร์เซนต์ เปรียบเทียบจากจำนวนการเรียกที่สำเร็จเทียบกับจำนวนการขอใช้ช่องสัญญาณทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 4.1ต้องนำมาเพื่อวิเคราะห์ดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CS_NUMBER	CS_DATE	CS_TIME	Link Request	Link Re-Req	Link Reject	CS Busy	%CS Busy	Link Assign	Orginated Cs	Originated Cs	Terminated C	Terminated C	Duration	Tch Holding	Tra
2	040570411	1-Jul-00	0	24	0	0	0	0.00%	24	1	0	0	0	3460	3490	0
3	040570411	1-Jul-00	1	11	0	0	0	0.00%	11	3	1	0	0	20	60	0
4	040570411	1-Jul-00	2	12	0	0	0	0.00%	12	0	0	0	0	10	20	0
5	040570411	1-Jul-00	3	7	0	0	0	0.00%	7	0	0	0	0	0	10	0
6	040570411	1-Jul-00	4	6	0	0	0	0.00%	6	0	0	0	0	0	10	0
7	040570411	1-Jul-00	5	7	0	0	0	0.00%	7	0	0	0	0	0	0	
8	040570411	1-Jul-00	6	10	0	0	0	0.00%	10	0	0	1	1	60	60	0
9	040570411	1-Jul-00	7	53	1	0	0	0.00%	54	10	2	5	3	810	1000	0
10	040570411	1-Jul-00	8	114	0	0	2	1.75%	112	21	14	11	5	1360	1910	0
11	040570411	1-Jul-00	9	130	1	0	8	6.11%	123	28	18	15	11	3730	4360	1
12	040570411	1-Jul-00	10	210	3	0	48	22.64%	166	72	33	26	19	3760	6330	1
13	040570411	1-Jul-00	11	146	2	0	35	23.65%	113	49	24	19	13	3810	4910	1
14	040570411	1-Jul-00	12	281	5	0	112	39.16%	174	52	29	45	25	5080	6230	1
15	040570411	1-Jul-00	13	131	4	0	14	10.37%	121	27	12	21	13	2460	3120	0
16	040570411	1-Jul-00	14	103	3	0	7	6.60%	99	30	18	18	11	4000	4690	1
17	040570411	1-Jul-00	15	257	7	0	91	34.47%	173	57	29	28	17	6060	7060	1
18	040570411	1-Jul-00	16	201	1	0	31	15.35%	171	39	18	31	19	2810	4130	1
19	040570411	1-Jul-00	17	200	4	0	23	11.27%	181	36	16	39	25	2690	3820	1
20	040570411	1-Jul-00	18	158	4	0	13	8.13%	147	37	14	14	13	2590	3360	0
21	040570411	1-Jul-00	19	145	3	0	4	2.70%	144	36	14	16	8	1730	2510	0
22	040570411	1-Jul-00	20	113	1	0	9	7.89%	105	22	12	10	8	2400	2860	0
23	040570411	1-Jul-00	21	67	4	0	0	0.00%	71	11	5	6	3	1670	1990	0
24	040570411	1-Jul-00	22	35	0	0	0	0.00%	35	9	5	5	1	430	690	0

รูปที่ 4.1 แสดงข้อมูลที่รับจาก NMS แปลงเป็น Excel

4.2.1 การนำข้อมูลที่ได้จากระบบบริหารโครงข่ายมาเข้าสมการของ Erlang

โดยที่คุณภาพของโครงข่ายกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการสูญเสียที่ 5 % และสถานีลูกข่าย 1 สถานีมีช่องสัญญาณให้ใช้ได้ 3 ช่องสัญญาณ ดังนั้นความหนาแน่นทราฟฟิคตามคุณภาพโครงข่ายสามารถหาได้จากสมการของ Erlang B ดังนี้

$$B = \frac{a^n / n!}{1 + a + a^2/2! + \ldots + a^n/n!} \qquad (4.1)$$

โดยที่ B คือ ความน่าจะเป็นของการสูญเสียการเรียก

a คือ ความหนาแน่นทราฟฟิค

n คือ จำนวนช่องสัญญาณ

ในที่นี้ความน่าจะเป็นของการสูญเสียการเรียกกำหนดจากคุณภาพโครงข่ายที่ 5 % และจำนวนช่องสัญญาณมีทั้งหมด 3 ช่องสัญญาณ ดังนั้นความหนาแน่นทราฟฟิคที่โครงข่ายกำหนดคือ 0.899 Erlang ดังนั้นสามารถกำหนดได้ว่าใน 1 ชั่วโมงสถานีลูกข่ายจะต้องมีค่าความหนาแน่นทราฟฟิคไม่เกิน 0.899 Erlang โดยวิธีการหา Busy Hour หรือเลือกชั่วโมงใดเป็น Busy Hour จะต้องทำให้เหมาะสมเพื่อให้เป็นไปตามคุณภาพโครง่ายที่กำหนดไว้ การหา Busy Hour นั้นมีด้วยกันหลายวิธีและในการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการหา Busy Hour แบบ ADPFH (Average of Daily Peak Full Hour) เป็นการวัดทราฟฟิคทุก 1 ชั่วโมงเต็มตลอดวัน ถ้าชั่วโมงใดมีค่าความหนาแน่นทราฟฟิคมากกว่า 0.899 Erlang ก็จะเก็บไว้นำไปวิเคราะห์ต่อไป

จากรูปที่ 4.1 จะนำค่าที่ได้จากสถานีลูกข่ายในช่องของ TCH Holding (Time Channel Holding) ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณทั้ง 3 ช่องสัญญาณ ในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำค่าที่ได้มาเข้าสมการของ Erlang ดังนี้

$$A = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{x} hi \qquad (4.2)$$

โดยที่ A : คือความหนาแน่นทราฟฟิค

T : คือเวลา (ในที่นี้แทนค่าที่ 1 ชั่วโมง)

$\sum_{i=1}^{x} hi$: คือ จำนวนเวลาที่ใช้ช่องสัญญาณรวมทั้งสามช่อง (Total Holding Time)

4.2.2 การนำข้อมูลที่ได้จากระบบบริหารโครงข่ายเข้าสมการเพื่อวัดหาสภาพความคับคั่งของโครงข่าย (Network Congestion Measures)

สภาพคับคั่ง หรือ Congestion หมายถึง สภาพอุปกรณ์ถูกจับใช้งานจนหมดไม่สามารถบริการ Call ที่เรียกเข้ามาได้ ดังนั้น หลังจากที่เราได้สถานีลูกข่ายที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงกว่า 0.899 Erlang แล้วนั้นยังไม่สามารถตัดสินใจนำสถานีลูกข่ายนั้นมาแก้ไขได้ เนื่องจากอาจจะไม่คุ้มกับการลงทุน เราจะต้องนำมาหาสภาพความคับคั่งก่อน ยกตัวอย่างเช่นในสถานีลูกข่าย มี 3 ช่องสัญญาณ และมีผู้ใช้บริการจับโทรทั้ง 3 ช่องพร้อมกันและใช้เวลาโทร 1 ชั่วโมง ดังนั้นค่าปริมาณทราฟฟิคจะเป็น 3 Erlang มีค่าเฉลี่ยปริมาณทราฟฟิคเป็น 1 Erlang ในช่วงเวลานี้เมื่อมี Call เรียกเข้ามาก็จะพบกับสภาพความคับคั่งหรือเรียกว่ามีความน่าจะเป็นที่จะพบกับสภาพความคับคั่งเท่ากับ 100 % ในความเป็นจริงแล้วที่สถานีลูกข่ายนั้นมีผู้ใช้บริการเพียง 3 คน หากเรานำสถานีลูกข่ายนี้มาแก้ไขโดยการเพิ่มช่องสัญญาณเพื่อที่จะทำให้ปริมาณทราฟฟิคลดลงซึ่งการแก้ไขดังกล่าวก็จะไม่เกิดผลใดๆ ดังนั้นจึงต้องมีการนำสภาพความคั่งมาเปรียบเทียบด้วยกล่าวคือหากสถานีลูกข่ายตัวใดที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงกว่าและค่าสภาพความคับคั่งสูงกว่า 5 % จึงจะนำสถานีลูกข่ายนั้นมาแก้ไขโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$B = \frac{Lost\ Call}{Offered\ Call} \qquad (4.3)$$

โดยที่ B คือ สภาพความคับคั่ง

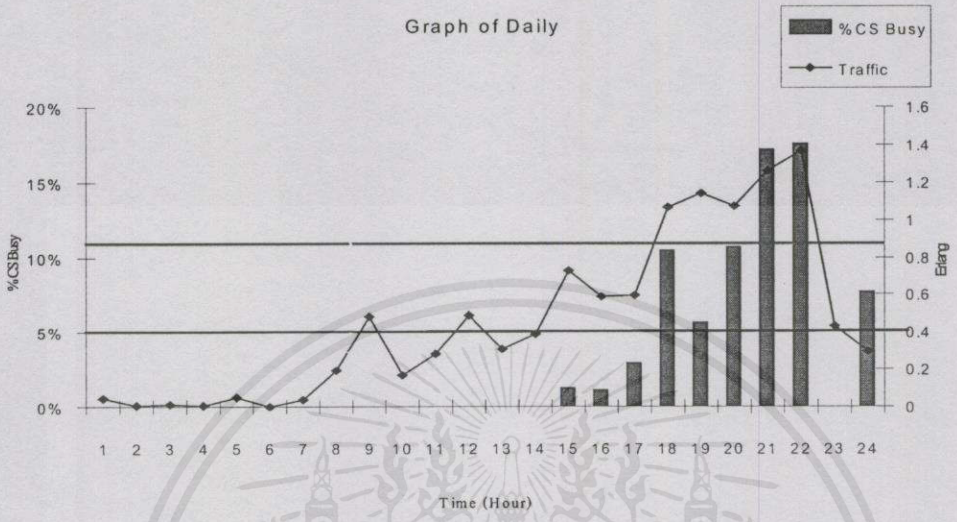
จากสมการดังกล่าวข้างต้นเราจะได้สถานีลูกข่ายที่มีสภาพความคับคั่งสูงกว่า 5 % จากนั้นนำมากรองโดยโปรแกรม Excel เพื่อหาสถานีลูกข่ายที่มีสภาพคับคั่งมากกว่า 5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

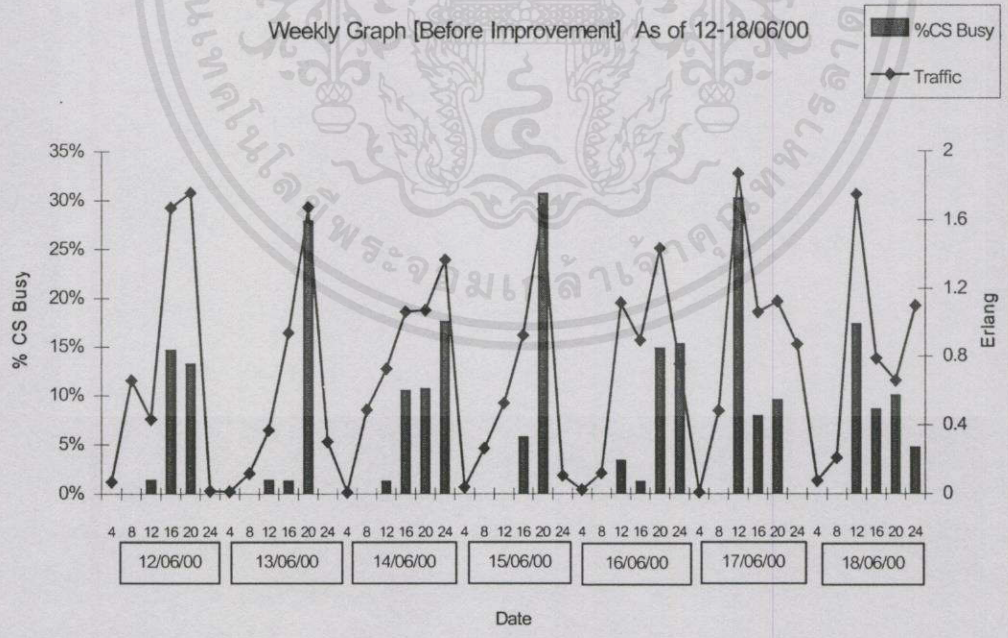
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟ

หลังจากที่เราได้สถานีลูกข่ายที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงกว่า 0.899 Erlang และ สภาพความคับคั่ง มากกว่า 5 % แล้วซึ่งติดตั้งอยู่ที่หน้าห้างสรรพสินค้า เดอะมอลล์งามวงศ์วาน เราต้องนำ

มาหาแนวโน้มโดยการ plot graph เพื่อศึกษาหาแนวโน้มการใช้งานในแต่ละชั่วโมง ในแต่ละวัน เป็น สัปดาห์ เป็นเดือน เพราะหากแนวโน้มของการใช้งานสูงเพียงวันใดวันหนึ่งก็คงจะไม่ต้องแก้ไขอะไร แสดงดังรูปที่ 4.2 ถึง 4.4 ตามลำดับ

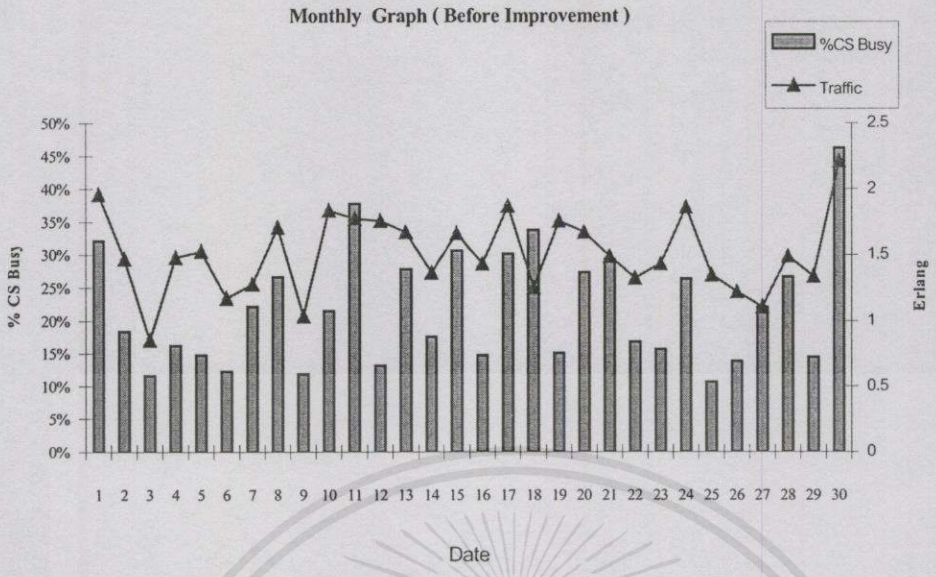


รูปที่ 4.2 แสดงข้อมูลเป็นรายชั่วโมง ใน 1 วัน



รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ ทุก 4 ชั่วโมงของแต่ละวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงข้อมูลเป็นรายเดือน

4.4. ขบวนการตัดสินใจในการแก้ไขปัญหาทราฟฟิค

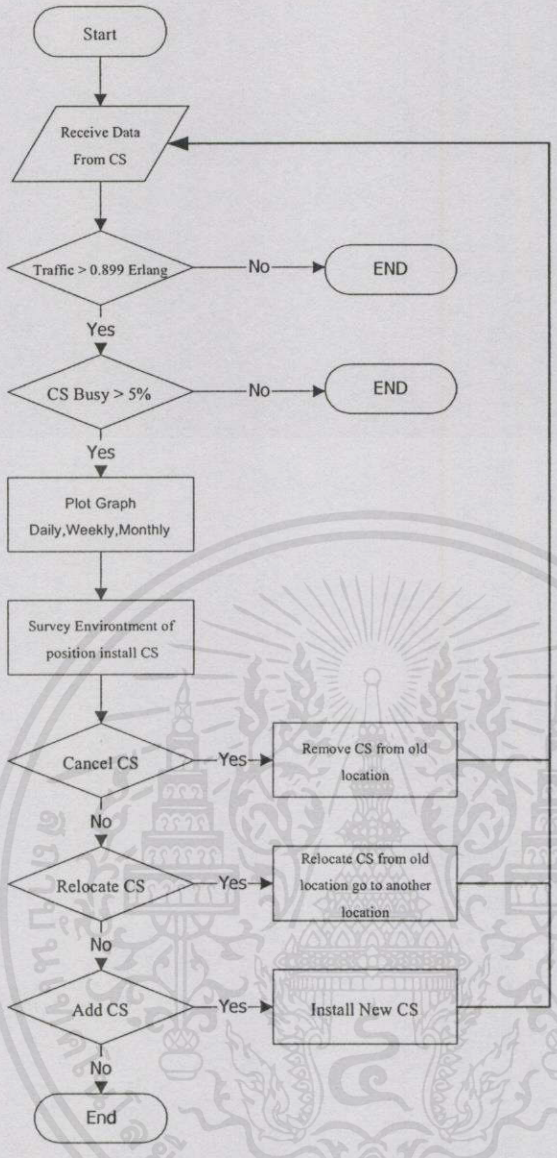
จากการที่เราได้ข้อมูลทั้งหมดจากการคำนวณแล้ว จำเป็นต้องออกสำรวจสภาพแวดล้อมด้วยว่าหน้างานมีปัญหาอะไรหรือไม่ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของจุดติดตั้งสถานีลูกข่ายในกรุงเทพ ฯ แปรเลี่ยนตลอดเวลาดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ประกอบกับพฤติกรรมของผู้ใช้บริการเช่น สถานีลูกข่ายข้างเคียงเพื่อนำมากรองหาสถานีลูกข่ายที่ปริมาณทราฟฟิคมากกว่า 0.899 Erlang และ สภาพความคับคั่งมากกว่า 5 % หลังจากได้สถานีลูกข่ายที่เข้าข้อกำหนดดังกล่าว แล้วจะนำข้อมูลของสถานีลูกข่ายมาหาแนวโน้มการใช้งานของลูกค้าโดยการ Plot Graph เป็น วันเพื่อดูข้อมูลทุกชั่วโมง จากนั้นPlot Graph เป็นอาทิตย์ เพื่อดูสภาพความคับคั่งและปริมาณทราฟฟิคเฉลี่ยทุกวัน และสุดท้ายจะ Plot Graph เป็นเดือน เพื่อดูข้อมูลทุกวันใน 1 เดือน เหตุผลที่ต้องนำมาplot graph นั้นเพื่อดูพฤติกรรมของลูกค้า สถิติการใช้งานของลูกค้าในบริเวณดังกล่าว ซึ่งในส่วนนี้จะแตกต่างกับโทรศัพท์พื้นฐานเนื่องจากโทรศัพท์พื้นฐานนั้นจะติดตั้งอยู่ที่บ้านการหาพฤติกรรมจะต้องใช้เวลานานเพื่อดูข้อมูลเป็นรายปี แต่ในส่วนของสถานีลูกข่ายที่จะรองรับปริมาณทราฟฟิคนั้นจะรองรับเป็นวงกว้าง ดังนั้นพฤติกรรมของลูกค้าจะหลากหลายและสามารถดูได้ในระยะเวลาสั้นๆ ระยะเวลา 1 เดือน สามารถจะตัดสินใจได้ว่าเหมาะสมในการแก้ไขปัญหาทราฟฟิค นอกจากว่าจะเป็นเหตุการณ์ในช่วง 1 เดือนที่มีงานและมีลูกค้าเข้ามามากเฉพาะเดือนเดียว อย่างไรก็ตามจึงเป็นเหตุผลที่จะต้องออกไปสำรวจหน้างานทุกครั้งในการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคเนื่องจากว่าข้อจำกัดของสถานีลูกข่ายที่ติดตั้งในเมืองไทยมีมาก จำเป็นต้องสำรวจจุดติดตั้งของสถานีลูกข่ายทุกตัว เนื่องจากว่ากรุงเทพฯ เป็นเมืองที่มีต้นไม้เยอะมากการออกแบบครั้งแรกจะดูตามข้อกำหนด 3 แบบ ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 โดยเฉลี่ย

สถานีลูกข่ายขนาด 200 mW มีระยะครอบคลุมประมาณ 300 เมตร ดังนั้นรูปแบบการติดตั้งสถานีลูกข่ายของขนาด 200 mW จะติดตั้งห่างกัน 300 เมตร แต่เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของกรุงเทพฯ แปรเปลี่ยนตามจำนวนต้นไม้ที่ปกคลุม ถ้ามีต้นไม้ปกคลุมหนาแน่นการลดทอนของสัญญาณก็จะมากตามไปด้วย เป็นผลให้ระยะครอบคลุมสัญญาณก็จะเปลี่ยนไปจะสั้นกว่าระยะเดิม เป็นผลทำให้ สถานีลูกข่ายข้างเคียงต้องรับทราฟฟิคมากขึ้นซึ่งอาจจะต้องย้ายจุดติดตั้งสถานีลูกข่ายเป็นต้น ดังนั้นในการตัดสินใจว่าจะเพิ่มสถานีลูกข่ายหรือไม่จะต้องผ่านขั้นตอนต่อไปนี้

4.4.1 โฟล์ชาร์ต การวิเคราะห์

จากรูปที่ 4.5 เป็นขั้นตอนประกอบการตัดสินใจ เริ่มแรกจากที่รับข้อมูลจากสถานีลูกข่ายโดยใช้ NMS เป็นตัวต่อผ่าน จากนั้นนำข้อมูลแปลงเป็น Excel เพื่อให้ง่ายกับการอ่านและวิเคราะห์ จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานการให้บริการว่าเกินจากมาตรฐานหรือไม่ เมื่อได้สถานีลูกข่ายที่เกินข้อกำหนดการให้บริการคือมีปริมาณทราฟฟิคใน 1เดือน เกิน 0.899 Erlang และมีสภาพความคับคั่งเกิน 5 % จะต้องไปทำการเก็บข้อมูลเป็นรายวันทุก 1 ชั่วโมง รายสัปดาห์ ทุกวัน และ รายเดือนทุกวัน เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดงเป็นกราฟเพื่อดูความต่อเนื่องของการใช้งานถ้า ใน 1 วัน มีปริมาณทราฟฟิค และ สภาพความคับคั่งเกินมาตรฐาน จากนั้น จะวิเคราะห์ต่อโดยดูว่าใน 1 สัปดาห์ ทุกวันทุก 2 ชั่วโมง มีปริมาณทราฟฟิค และ สภาพความคับคั่ง เกิน มาตรฐาน หากพบว่าเกินมาตรฐานจะต้องนำข้อมูล รายเดือนมาดูว่าค่าเฉลี่ยต่อวันใน 1 เดือนเกินมาตรฐานมากกว่า 25 วัน หรือไม่หากใช่ จะต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้สำรวจสภาพภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ หากไม่เปลี่ยนแปลง นำข้อมูลทั้งหมดคำนวณว่าสถานที่ดังกล่าวจะต้องใช้ช่องสัญญาณทั้งหมดกี่ช่องจึงจะเพียงพอ จากนั้นดูสถานีลูกข่ายข้างเคียงสามารถขยับจุดติดตั้งเพื่อให้ช่วยเพิ่มช่องสัญญาณ หรือ ว่าสถานีลูกข่ายมีมากเกินไปจนเกิดการรบกวนกันทำให้สถานีลูกข่ายไม่สามารถใช้งานได้ ก็ต้องยกเลิกบางตัว และหากไม่สามารถทำได้ตามวิธีการข้างต้นก็ต้องเพิ่มสถานีลูกข่ายให้เพียงพอกับที่ได้คำนวณไว้ โดยที่ต้องไม่ลืมว่า 1 สถานีลูกข่าย มี 3 ช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 โฟล์ชาร์ตการวิเคราะห์

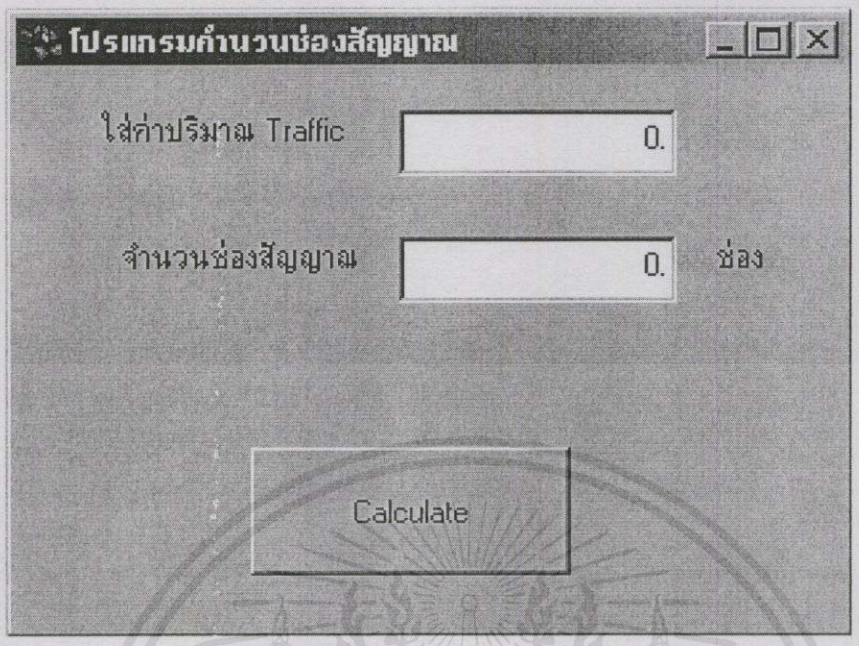
4.5 การออกแบบ Software เพื่อหาจำนวนช่องสัญญาณ

หลังจากที่ทราบว่าบริเวณใดต้องการแก้ไขปัญหาทราฟฟิคแล้วเราต้องทราบด้วยว่าจริงๆ แล้วตามปริมาณทราฟฟิคที่เข้ามามีความต้องการช่องสัญญาณเท่าไหร่จึงจะเพียงพอ เราสามารถหาได้จากตารางเปรียบเทียบสูตร B ของ Erlang แต่วิธีนี้ค่อนข้างช้ามาก ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงได้ทดลองหา Software ที่จะช่วยในการคำนวณให้ง่ายขึ้น โดยการนำโปรแกรม Visual Basic มาประยุกต์ใช้

ในการคำนวณหาช่องสัญญาณของโปรแกรมจะรับ input เข้ามาเป็นค่า ปริมาณของ traffic เพื่อที่จะมาคำนวณหาจำนวนของช่องสัญญาณ ออกมาเป็น output

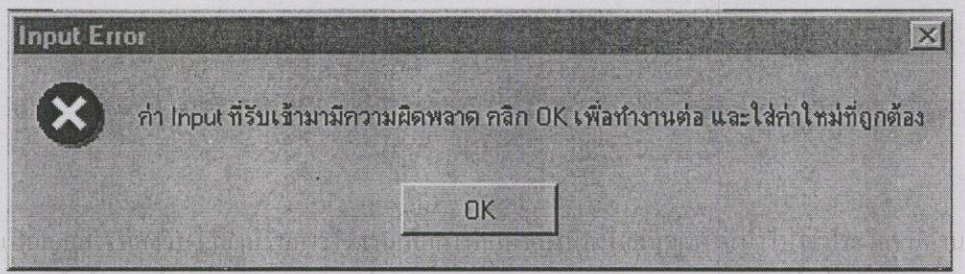
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.1 การใช้งานของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าหลักของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ

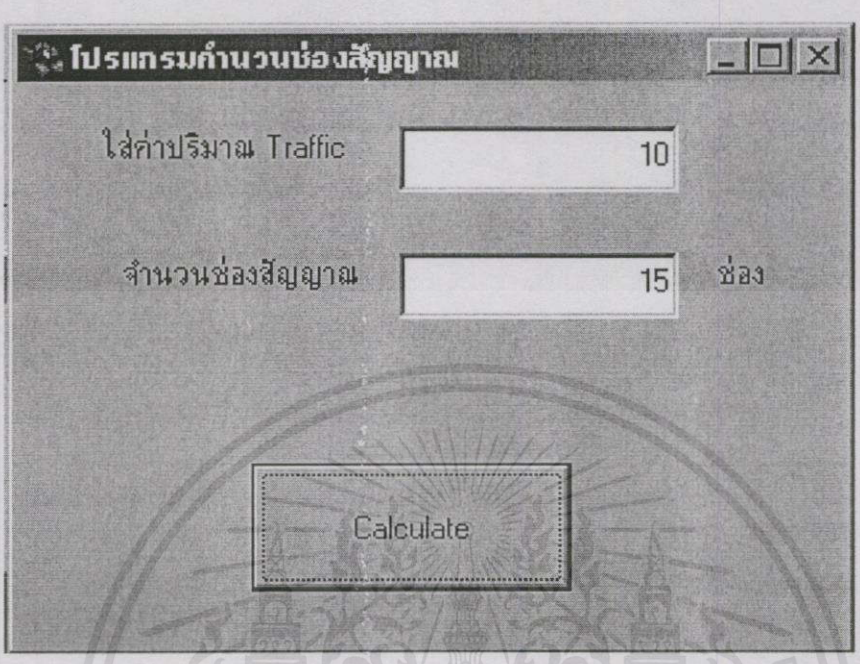
จากรูปที่ 4.6 โดยการใช้งานของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณนั้น จะรับค่า input ที่ช่อง ใส่ค่าปริมาณ traffic ที่ต้องการนำมาคำนวณหาค่าของช่องสัญญาณ หลังจากนั้น คลิกที่ปุ่ม Calculate โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณจะคำนวณหาจำนวนช่องสัญญาณออกมาที่ช่องของ จำนวนช่องสัญญาณ แต่เมื่อมีการป้อนค่า input ที่ไม่ถูกต้อง โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ ก็จะแสดง ข้อความเตือน แสดงดังรูปที่ 4.7 เพื่อแสดงให้ผู้ใช้งานได้ทราบว่า ขณะนี้ input ของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ มีการป้อนค่าที่ผิดจากที่กำหนดไว้



เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดง ข้อความเตือนเมื่อมีการใส่ค่า input ผิดพลาด

แต่เมื่อใส่ค่าได้ถูกต้องแล้ว โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ จะแสดงจำนวนของช่องสัญญาณที่คำนวณได้ออกมาทางช่อง แสดงจำนวนช่องสัญญาณ แสดงดังรูปที่4.8



รูปที่ 4.8 แสดง ค่าที่โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณคำนวณได้

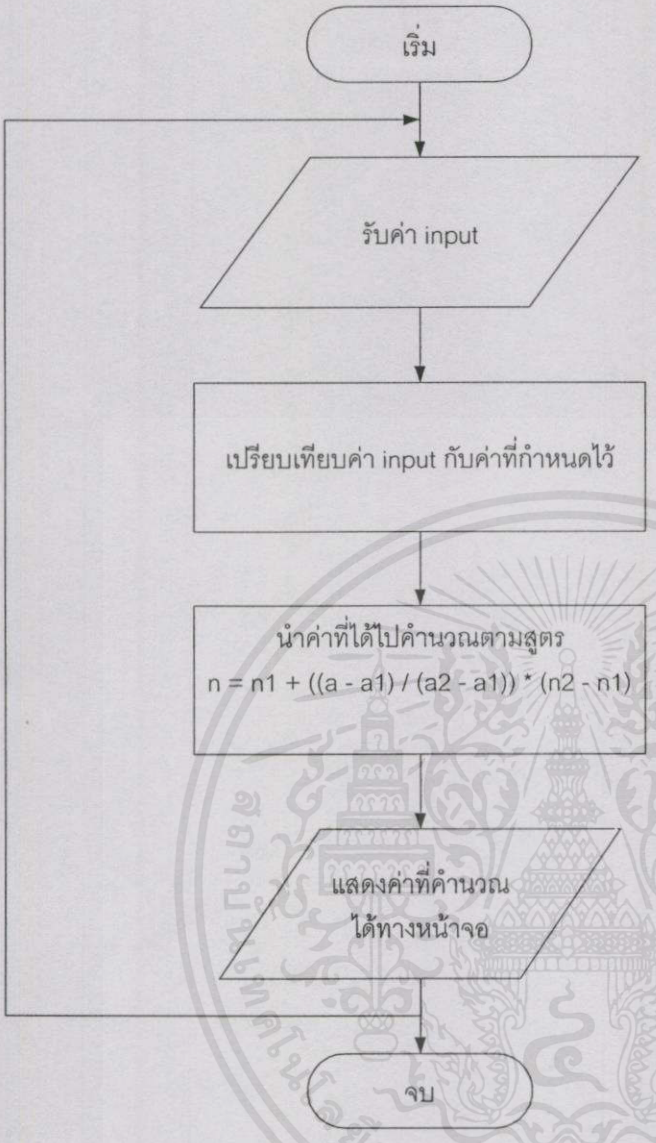
4.5.2 หลักการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของโปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ โดยมีขั้นตอนคือ กำหนดให้รับค่า Input เป็นปริมาณทราฟฟิคโดยที่สภาพความคับคั่งของสัญญาณจะต้องมากกว่า 5 % หลังจากที่รับค่าแล้วโปรแกรมจะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าใส่ค่าเป็นตัวเลขถูกต้องหรือไม่ หากไม่ถูกคือไม่เป็นตัวเลขก็จะมีข้อความเตือนเกิดขึ้นแต่ถ้าถูกต้องโปรแกรมจะทำการคำนวณเปรียบเทียบค่าของตัวแปร ปริมาณทราฟฟิค กับความน่าจะเป็นของการสูญเสีย จากตาราง Offered traffic Flow A in Erlang โดยค่า n มีค่าตั้งแต่ 1-1000 โดยที่ กำหนดให้ค่าสภาพความคับคั่งเป็น 5 % โดยที่ใช้การคำนวณช่องสัญญาณอ้าวอิงจากบทที่ 3 จะได้สมการที่ 4.1

$$n = n_1 + \left[\frac{a - a_1}{a_2 - a_1}\right] * (n_2 - n_1) \qquad (4.1)$$

จากสมการสามารถคำนวณช่องสัญญาณให้เพียงพอกับปริมาณทราฟฟิคได้ แสดงโฟล์ชาร์ต และ โปรแกรม ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 โฟล์ชาร์ต โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ

Source Program

```
Dim E(1001) As Currency
Dim i As Integer
Dim a As Currency
Dim b As Currency
Private Sub cmdCal_Click()
On Error Resume Next
E(1) = 0.5263
E(2) = 0.38132
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
E(3) = 0.8994
E(4) = 1.5246
E(5) = 2.2185
E(6) = 2.9603
E(7) = 3.7378
E(8) = 4.543
E(9) = 5.3702
E(10) = 6.2157
I
I
I
E(1000) = 1036.39
E(1001) = 1037.44
a = CCur(txtInput.Text)
If a < 0.9999 Or a > 1000 Then
MsgBox "ค่า Input ที่รับเข้ามามีความผิดพลาด คลิก OK เพื่อทำงานต่อ และใส่ค่าใหม่
ที่ถูกต้อง", vbCritical + vbOKOnly, "Input Error"
Else
For i = 1 To 1000
   If E(i) > a Then
      b = i
      Exit For
   End If
Next i
n1 = b - 1
n2 = b
a1 = E(i - 1)
a2 = E(i)
n = n1 + ((a - a1) / (a2 - a1)) * (n2 - n1)
n = n + 0.5
n = CInt(n)
txtOutput.Text = n
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

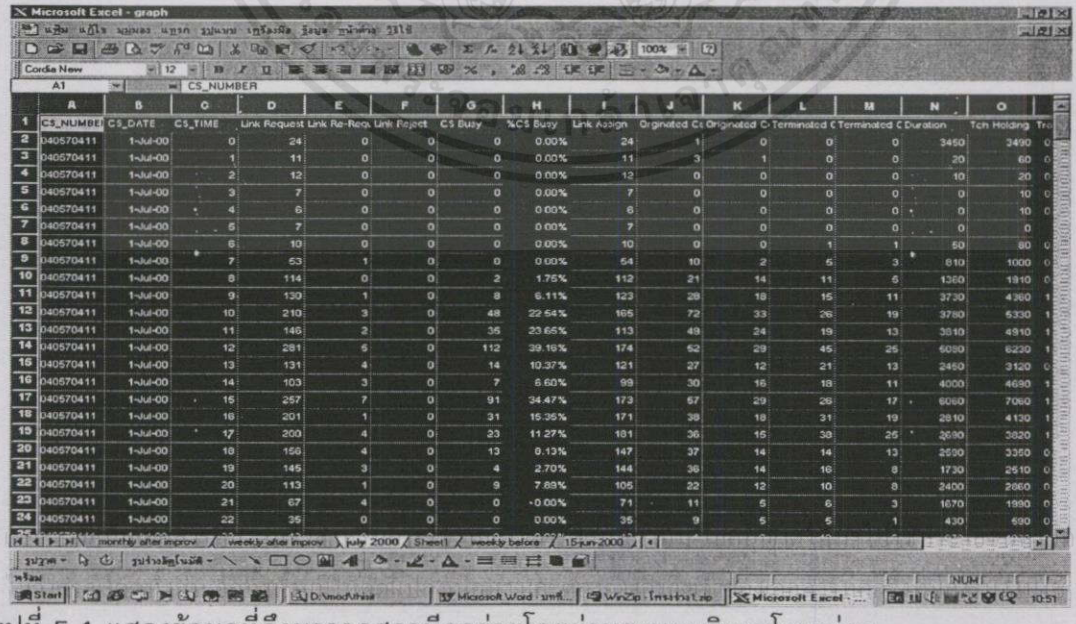
บทที่5
ผลการทดลอง

5.1 บทนำ

ในการทดลอง การออกแบบแนวทางการแก้ไขและวิเคราะห์ปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา ที่ได้ดำเนินการวิจัยนี้สามารถสรุปรูปแบบการวิจัย รวมถึงการแก้ไขปัญหาการออกแบบระบบได้โดยมีวิธีการคือทำการดึงข้อมูลจากระบบโครงข่ายมาเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทราฟฟิค ทั้งนี้เพื่อเป็นการแก้ไขที่ตรงจุดที่สุดเพราะจะอ้างถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจริง มิใช่เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุอย่างที่อย่างที่กระทำกันอยู่ในปัจจุบัน จากนั้นเมื่อนำข้อมูลที่ได้จากระบบมาแล้วก็ทำการหาค่าความน่าจะเป็นในการวิเคราะห์ระบบอีกครั้ง แล้วจึงทำโมเดลเพื่อทำการเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงระบบสถานีลูกข่าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 การติดต่อและดึงข้อมูลจากระบบบริหารโครงข่าย

ระบบบริหารโครงข่ายจะติดต่อกับสถานีลูกข่ายโดยทำการรับข้อมูลทราฟฟิคที่สถานีลูกข่ายเก็บไว้ เป็นข้อมูลการใช้ช่องสัญญาณและการร้องขอใช้ช่องสัญญาณระหว่าง เครื่องลูกข่าย และ สถานีลูกข่าย ว่าในแต่ละชั่วโมงมีเครื่องลูกข่ายขอใช้ช่องสัญญาณจำนวนเท่าใด สามารถใช้ช่องสัญญาณได้จำนวนเท่าใด ไม่สามารถใช้ได้จำนวนเท่าใดจำนวนเท่าใด หลังจากที่เราติดต่อและได้ข้อมูลดังกล่าวแล้วจะส่งมาแปลงเป็นข้อมูลในรูปแบบของโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้ง่ายในการนำไปวิเคราะห์แสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Excel ดังรูปที่ 5.1



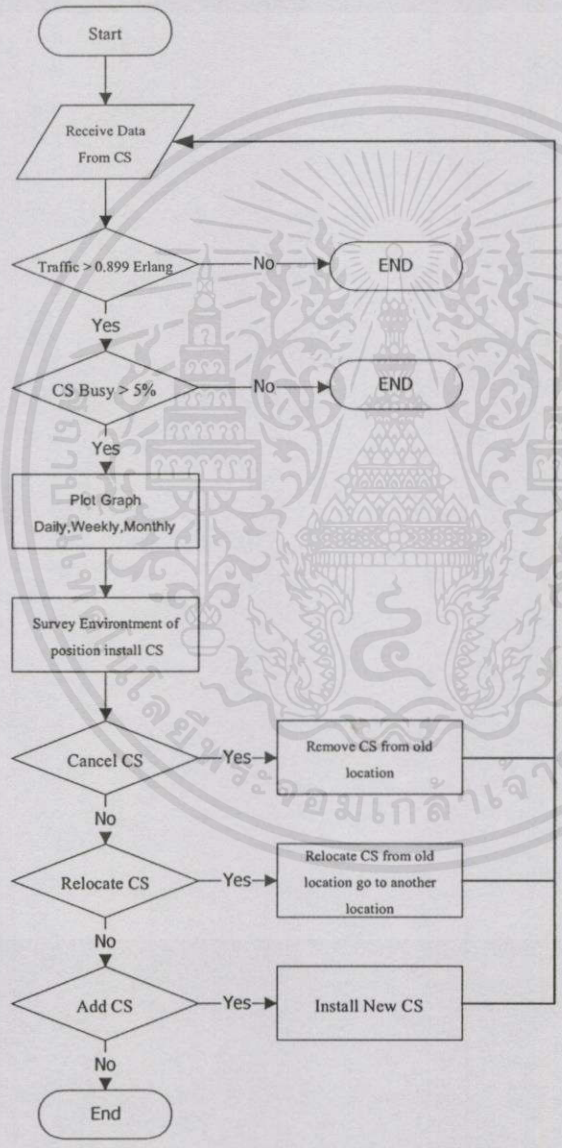
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	CS_NUMBE	CS_DATE	CS_TIME	Link Request	Link Re-Req	Link Reject	CS Busy	%CS Busy	Link Assign	Originated C	Originated C	Terminated C	Terminated C	Duration	Tch Holding Tir
2	040570411	1-Jul-00	0	24	0	0	0	0.00%	24	1	0	0	0	3450	3490 0
3	040570411	1-Jul-00	1	11	0	0	0	0.00%	11	3	1	0	0	20	60 0
4	040570411	1-Jul-00	2	12	0	0	0	0.00%	12	0	0	0	0	10	20 0
5	040570411	1-Jul-00	3	7	0	0	0	0.00%	7	0	0	0	0	0	10 0
6	040570411	1-Jul-00	4	6	0	0	0	0.00%	6	0	0	0	0	0	10 0
7	040570411	1-Jul-00	5	7	0	0	0	0.00%	7	0	0	0	0	0	0
8	040570411	1-Jul-00	6	10	0	0	0	0.00%	10	0	0	1	1	50	80 0
9	040570411	1-Jul-00	7	53	1	0	0	0.00%	54	10	2	5	3	810	1000 0
10	040570411	1-Jul-00	8	114	0	0	2	1.75%	112	21	14	11	6	1360	1910 0
11	040570411	1-Jul-00	9	130	1	0	8	6.11%	123	28	18	15	11	3730	4360 1
12	040570411	1-Jul-00	10	210	3	0	48	22.64%	165	72	33	26	19	3780	5330 1
13	040570411	1-Jul-00	11	146	2	0	36	23.65%	113	49	24	19	13	3810	4910 1
14	040570411	1-Jul-00	12	281	5	0	112	39.19%	174	52	29	45	25	6090	6230 1
15	040570411	1-Jul-00	13	131	4	0	14	10.37%	121	27	12	21	13	2460	3120 0
16	040570411	1-Jul-00	14	103	3	0	7	6.60%	99	30	16	18	11	4000	4680 1
17	040570411	1-Jul-00	15	257	7	0	91	34.47%	173	67	29	26	17	6060	7060 1
18	040570411	1-Jul-00	16	201	1	0	31	15.35%	171	38	18	31	19	2810	4130 1
19	040570411	1-Jul-00	17	200	4	0	23	11.27%	181	36	15	38	25	2690	3820 1
20	040570411	1-Jul-00	18	156	4	0	13	8.13%	147	37	14	14	13	2690	3350 0
21	040570411	1-Jul-00	19	145	3	0	4	2.70%	144	36	14	16	8	1730	2610 0
22	040570411	1-Jul-00	20	113	1	0	9	7.89%	105	22	12	10	8	2400	2860 0
23	040570411	1-Jul-00	21	67	4	0	0	0.00%	71	11	5	6	3	1670	1990 0
24	040570411	1-Jul-00	22	35	0	0	0	0.00%	35	9	5	5	1	430	590 0

รูปที่ 5.1 แสดงข้อมูลที่ดึงมาจากสถานีลูกข่ายโดยผ่านระบบบริหารโครงข่าย

5.3 ตัวอย่างการนำข้อมูลของสถานีลูกข่ายมาวิเคราะห์

ในบทความนี้ทำการทดลองโดยนำสถานีลูกข่ายที่มีสภาพความหนาแน่นทราฟฟิคที่เกินจากระดับคุณภาพการให้บริการคือมากกว่า 0.899 Erlang มาหาสภาพความคับคั่ง โดยใช้ ข้อมูลที่ได้จาก สถานีลูกข่าย แล้วนำมาเข้าสมการหาค่าสภาพความคับคั่งเฉลี่ยใน 1 วันว่าเกิน 5 % หรือไม่โดยอ้างอิงจากสมการที่ 4.3 บทที่4.

จากนั้นนำผลการทดลองมาเข้าสมการความน่าจะเป็น เพื่อหาจำนวนช่องสัญญาณจริงที่คาดว่าจะต้องมีให้พอเพียงกับจำนวนผู้ร้องขอใช้ช่องสัญญาณเฉลี่ยในแต่ละวัน เพื่อช่วยในการตัดสินใจเพิ่มจำนวน CS ในอนาคต (เพื่อใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการศึกษาในกรณีศึกษานี้)



รูปที่ 5.2 โฟล์ชาตของการวิเคราะห์

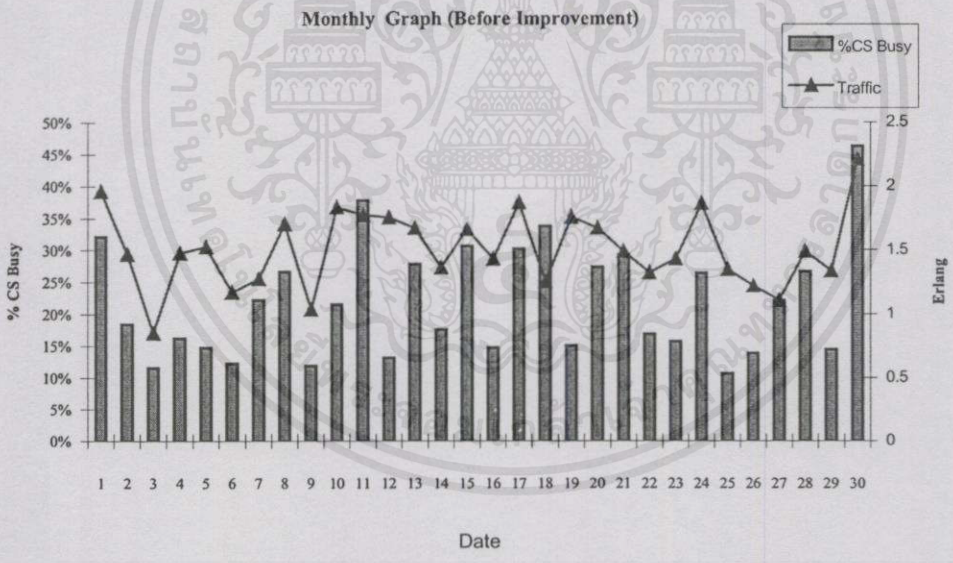
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลที่ได้จาก CS หมายเลข 040570411 มาเข้าสมการหาสภาพความคับคั่ง แสดงโดยตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลของ CS หมายเลข 040570411 ณ. วันที่ 1 มิถุนายน 2543

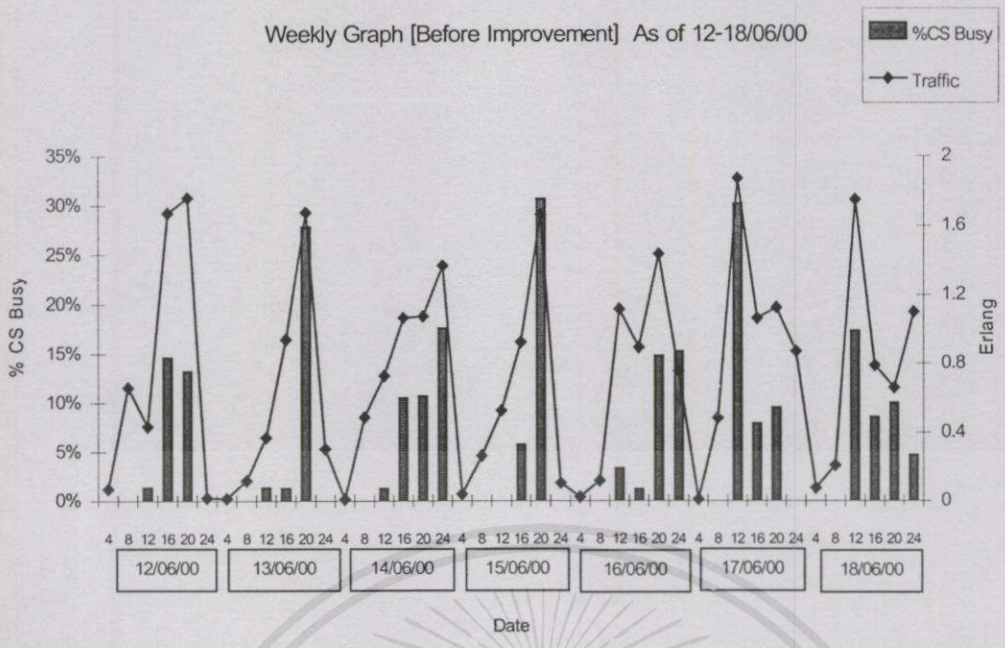
CS no.	Date	T r a f f i c (Erlang)	%CS Busy
040570411	1/06/00	1.9611	32%

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่ามีเปอร์เซ็นต์สภาพความคับคั่งมากกว่า 5% และความหนาแน่นทราฟฟิคมีค่ามากกว่า 0.899 Erlang จากข้อมูลดังกล่าวได้ติดตามดูปริมาณการใช้ทราฟฟิคทุกวันสามารถแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3 ซึ่งเป็นการแสดงปริมาณการใช้ช่องสัญญาณของ CS หมายเลข 040570411 ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2543 ถึง วันที่ 30 มิถุนายน 2543 จะเห็นได้ว่ามีปริมาณการใช้งานทราฟฟิคสูงมากเกินกว่าค่าที่ได้กำหนดไว้



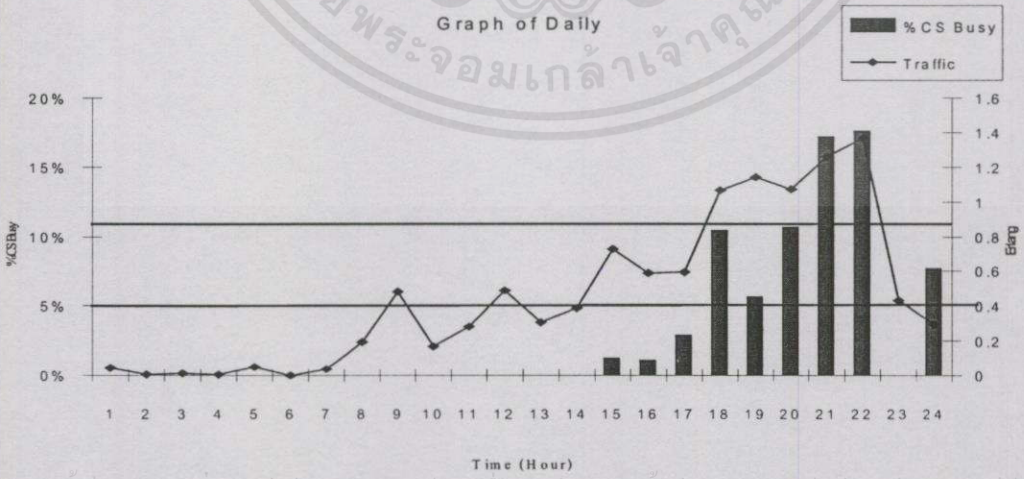
รูปที่ 5.3 ปริมาณทราฟฟิครายเดือนก่อนการปรับปรุง

จากกราฟในรูปที่ 5.3 เป็นข้อมูลที่มีปริมาณการใช้สูงสุดในแต่ละ 1 วัน ใน 1 เดือน ดังนั้นเพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์และปรับปรุงปัญหาทราฟฟิคสูง จึงได้นำข้อมูลมากระจายเป็นรายสัปดาห์แสดงทุก 2 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.4 และรายวันแสดงทุก 1 ชั่วโมงดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 ปริมาณทราฟฟิครายสัปดาห์ก่อนการปรับปรุง

จากรูปที่ 5.4 แสดงปริมาณทราฟฟิครายสัปดาห์ตั้งแต่วันที่ 12 มิถุนายน 2543 ทุก 2 ชั่วโมง จนถึง วันที่ 18 มิถุนายน 2543 ทุก 4 ชั่วโมงในแต่ละวันก่อนการปรับปรุง โดยกราฟแท่งแสดงสภาพความคับคั่งของการขอใช้ช่องสัญญาณโดยเปอร์เซนต์แสดงที่แกนด้านซ้าย ส่วนปริมาณทราฟฟิคแสดงเป็นกราฟเส้นโดยดูจำนวน Erlang ดูที่แกนด้านขวา เส้นตรงด้านล่างคือสภาพความคับคั่งที่โครงข่ายกำหนด 5 % และเส้นตรงด้านบนคือปริมาณทราฟฟิคที่โครงข่ายกำหนดไว้ที่ 0.899 Erlang



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 ปริมาณทราฟฟิครายวัน ก่อนการปรับปรุง

จากการพิจารณากราฟดังรูปที่ 5.3 – 5.5 จะเห็นว่าแนวโน้มของความหนาแน่นทราฟฟิคมีสูงมากและต่อเนื่องทุกวันใน 1 เดือน จึงได้นำสถานีลูกข่ายนี้มาเป็นกรณีศึกษาโดยปฏิบัติตามขั้นตอนของโฟลชาจร์ รูปที่ 5.2 จากนั้นได้ทำการสำรวจสภาพการติดตั้งของ สถานีลูกข่ายและพฤติกรรมของผู้ใช้บริการตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อมูลประกอบการวิเคราะห์

1. เปอร์เซ็นต์สภาพความคับคั่ง (CS Busy) มากกว่า 5%
2. ความหนาแน่นทราฟฟิคมากกว่า 0.899 Erlang
3. สภาพสถานที่ติดตั้ง CS
4. สภาพแวดล้อมและ CS ข้างเคียง
5. ลักษณะของผู้ใช้งาน PCT ในบริเวณสถานที่ติดตั้ง CS และบริเวณใกล้เคียง

จากข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ข้างต้นได้ทำการสำรวจสภาพสถานที่ติดตั้งของ CS หมายเลข 040570411 ซึ่งติดตั้งอยู่หน้าห้างเดอะมอลล์งามวงศ์วานและเป็นป้ายรถเมล์ที่มีผู้คนพลุกพล่านโดยที่ส่วนใหญ่เป็นวัยรุ่นที่มี PCT ใช้ จากนั้นได้ทำการสำรวจจำนวนช่องสัญญาณทั้งหมดในบริเวณเดียวกับ CS ดังกล่าวข้างต้น ปรากฏว่าในบริเวณข้างเคียงมีการติดตั้ง CS Indoor อยู่ในอาคารเดอะมอลล์งามวงศ์วานแต่ความแรงของสัญญาณ CS Indoor มีกำลังส่งเพียง 10 mW จึงไม่แรงพอจะออกมาช่วยเพิ่มช่องสัญญาณให้กับบริเวณที่มีปัญหาและบริเวณข้างเคียงห้างเดอะมอลล์งามวงศ์วานเป็นโรงพยาบาล นนทเวชซึ่งในตอนเย็นๆจะมีผู้ใช้บริการมากทั้งผู้เยี่ยมไข้และผู้ป่วย โดยที่ในอาคารโรงพยาบาลไม่มี CS Indoor ติดตั้งอยู่จึงต้องมาใช้ช่องสัญญาณของ CS Outdoor ซึ่งก็คือ CS หมายเลข 040570411 ที่กำลังมีปัญหาทราฟฟิคสูง

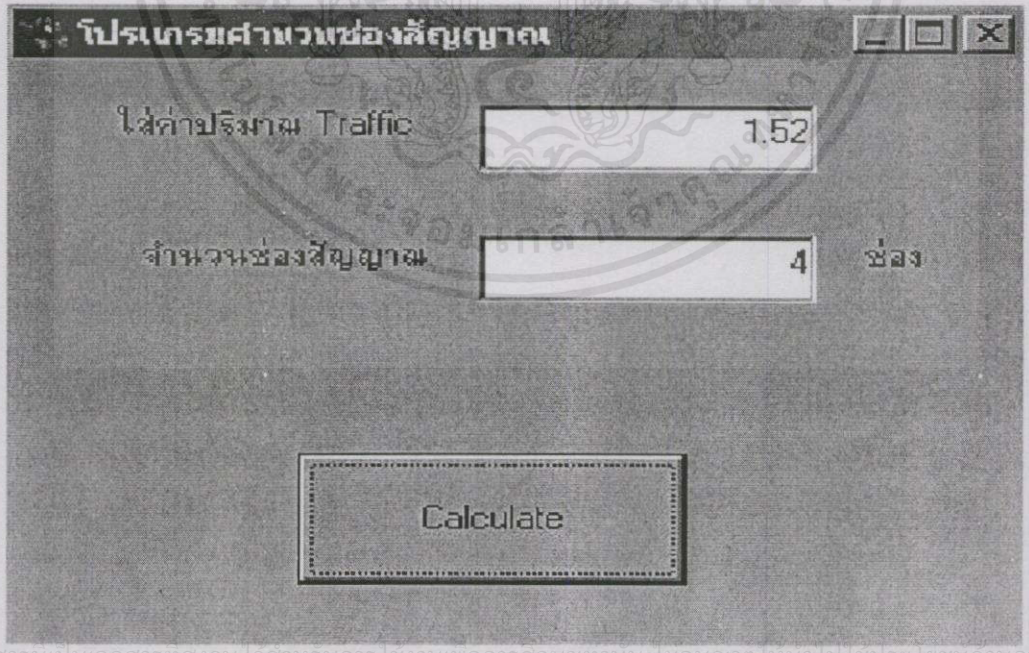
5.4 ผลจากการใช้โปรแกรมช่วยในการตัดสินใจ

เมื่อทราบถึงสภาพและบริเวณที่ติดตั้ง CS จึงได้นำมาประกอบการวิเคราะห์กับข้อมูลความหนาแน่น ทราฟฟิค และ เปอร์เซ็นต์สภาพความคับคั่งโดยดูจากกราฟรูปที่ 5.3 – 5.5 สามารถสรุปได้ว่าลักษณะของผู้ใช้งาน PCT ในบริเวณดังกล่าวนิยมใช้บริการของ PCT และมีปริมาณการใช้สูงสังเกตได้จากปริมาณทราฟฟิคสูงมากและเปอร์เซ็นต์สภาพความคับคั่งมากกว่า 5% ในทุกชั่วโมงตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึงเวลา 21.00 น. สังเกตได้ว่าเป็นเวลาในช่วงที่ห้างเดอะมอลล์งามวงศ์วานเปิดทำการ จากข้อมูลที่ได้นำมาประกอบการวิเคราะห์จะสังเกตุได้ว่าจำนวนช่องสัญญาณของ PCT ไม่เพียงพอกับผู้ใช้บริการซึ่งมีจำนวนมากจากนั้นได้นำข้อมูลต่างๆมาเข้าโปรแกรมประกอบการตัดสินใจ เพื่อคำนวณหาจำนวนช่องสัญญาณให้เพียงพอกับผู้ใช้บริการในบริเวณดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรม เมื่อแทนค่าสภาพความคับคั่งตามที่โครงข่ายกำหนด คือ 5% จะได้ B= 0.05 และปริมาณสื่อสารเข้าโดยเฉลี่ยใน 30 วันได้ 1.52 Erlang แสดงดังรูปที่ 5.6 จะสามารถคำนวณว่าจะต้องมีช่องสัญญาณเท่าใดจึงจะพอเพียงปรากฏว่าสามารถคำนวณหา n = 4 ช่องสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 5.7

รูปที่ 5.6 แสดงการป้อนค่าปริมาณทราฟฟิคโดยใช้โปรแกรมคำนวณช่องสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.7 แสดงผลของการคำนวณ

จากรูปที่ 5.6 – 5.7 สรุปว่าต้องมีช่องสัญญาณทั้งหมด 4 ช่องสัญญาณจึงจะเพียงพอกับปริมาณการร้องขอใช้ช่องสัญญาณ ดังนั้นต้องทำการเพิ่มช่องสัญญาณอีก 1 ช่องสัญญาณ เนื่องจาก CS ที่ติดตั้งอยู่เดิมมี 3 ช่องสัญญาณอยู่แล้วดังนั้นวิธีการเพิ่มช่องสัญญาณในการทดลองนี้กระทำโดยการติดตั้ง CS เพิ่มอีก 1 ตัวใกล้กับ CS ตัวเดิมทำให้บริเวณดังกล่าวรวมมีช่องสัญญาณหลังการติดตั้งทั้งหมด 6 ช่องสัญญาณ เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการใช้งาน สามารถดูได้จากรูปที่ 5.8

รูปที่ 5.8 แผนภาพแสดงการติดตั้ง CS เพิ่ม

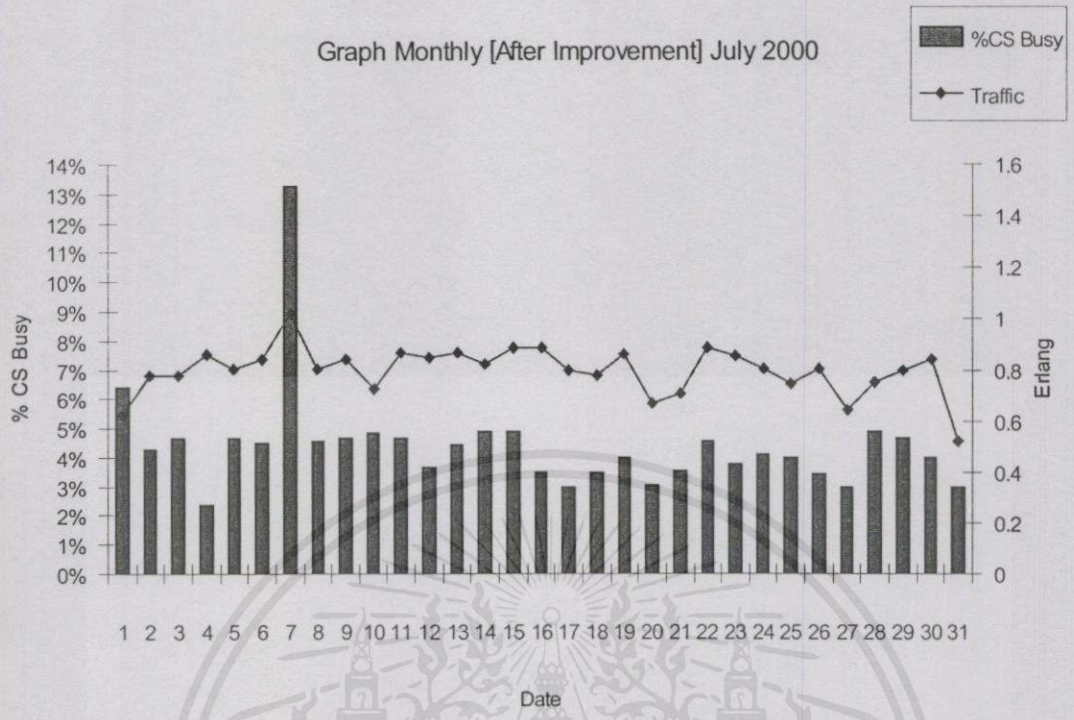
5.5 ผลจากการเพิ่มช่องสัญญาณ

เมื่อติดตั้งสถานีลูกข่ายในวันที่ 1 กรกฎาคม 2543 เพิ่มแล้วได้ติดตามดูความหนาแน่นทราฟฟิคหลังการติดตั้งโดยแสดงดังรูปที่ 5.9 จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นทราฟฟิคและค่าของสภาพความคับคั่งลดลง (% CS Busy) เป็นผลให้เพิ่มรายได้ให้กับบริษัท เพราะมีช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการ PCT มากขึ้น

5.6 ตัวอย่างการเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นทราฟฟิคก่อนการแก้ไข และหลังการแก้ไข

การเปรียบเทียบข้อมูลความหนาแน่นทราฟฟิคก่อนการแก้ไขไม่สามารถย้อนกลับไปเทียบวันต่อวันได้แต่สามารถแสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงหลังการปรับปรุงแก้ไขว่าปริมาณความหนาแน่นทราฟฟิคลดลงและสามารถทดลองสมมุติฐานให้เห็นความเปลี่ยนแปลงได้ดังแสดงรูปที่5.9

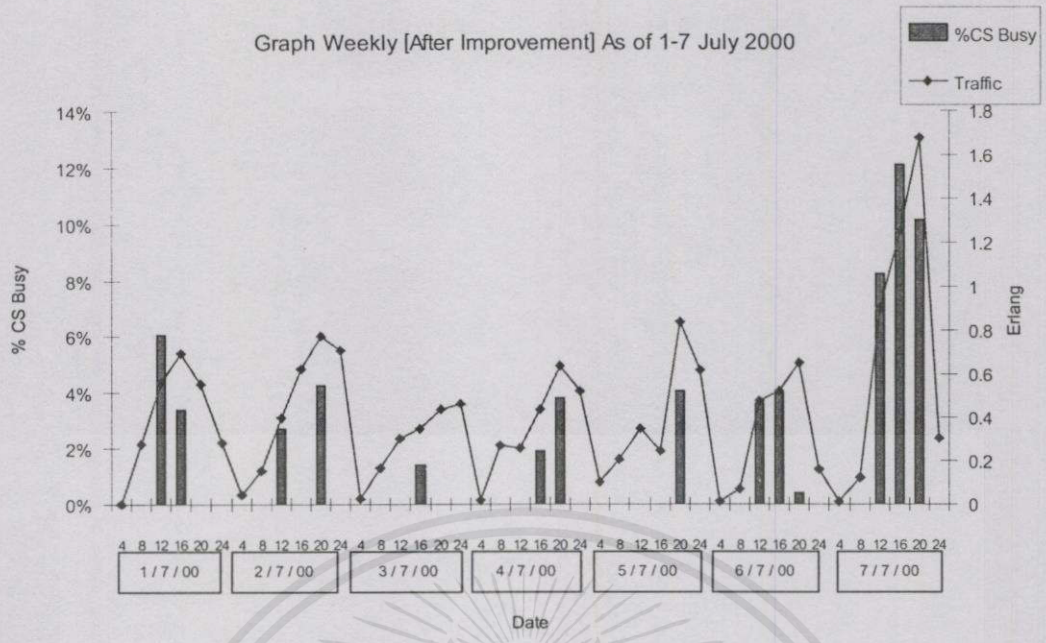
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ปริมาณทราฟฟิคหลังการปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มจำนวน CS

จากกราฟรูปที่ 5.9 แสดงให้เห็นถึงปริมาณทราฟฟิคหลังการปรับปรุงโดยการเพิ่มสถานีลูกข่าย จะเห็นว่าตั้งแต่วันที่ 1- 31 กรกฎาคม 2543 ปริมาณสภาพความคับคั่งลดลงเมื่อเทียบกับเดือนที่แล้ว แสดงว่าจำนวนผู้ขอใช้บริการที่ต้องการใช้ช่องสัญญาณสามารถใช้ช่องสัญญาณได้มากขึ้นและปริมาณทราฟฟิคลดลง และจะเห็นว่าในวันที่ 7 กรกฎาคม 2543 ปริมาณทราฟฟิคสูงกว่า 0.899 Erlang และสภาพความคับคั่งมากกว่า 5 % เป็นผลมาจากผู้วิจัย ดำเนินการทดลองปิดสัญญาณของสถานีลูกข่าย ตัวที่ทำการทดลองติดตั้งเพิ่มขึ้น เพื่อดูว่ามีผลกระทบหรือไม่ ปรากฏว่ามีผลกระทบทำให้ปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้น และสภาพความคับคั่งเพิ่มขึ้นเช่นกันเป็นผลมาจากปริมาณผู้ขอใช้ช่องสัญญาณเท่าเดิม จำนวนช่องสัญญาณเท่าเดิมก่อนการปรับปรุง จึงเป็นผลให้ปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปิดช่องสัญญาณของสถานีลูกข่ายที่ติดตั้งใหม่ทำให้บริเวณดังกล่าวมีช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเป็น 6 ช่องสัญญาณ จะเห็นว่าทั้งปริมาณทราฟฟิคและสภาพความคับคั่งลดลงทันที อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าถ้าช่องสัญญาณมีไม่เพียงพอผู้ใช้บริการไม่สามารถใช้ช่องสัญญาณได้ บริษัทก็สูญเสียรายได้ จึงจะต้องใช้ระบบบริหารโครงข่ายคอยติดตามดูความพร้อมของสถานีลูกข่ายตลอดเวลาถ้าสถานีลูกข่ายตัวใดเสียจะต้องรีบดำเนินการแก้ไขทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 ปริมาณทราฟฟิครายสัปดาห์หลังการปรับปรุงแก้ไขโดยเพิ่มจำนวน CS

จากกราฟรูปที่ 5.10 เป็นการแสดงปริมาณทราฟฟิคเป็นรายสัปดาห์วัดทุก 4 ชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2543 จนถึง วันที่ 7 กรกฎาคม 2543

5.7 ปัญหาที่พบในการวิจัย

ปัญหาที่พบในการวิจัย คือ หลังจากที่สรุปแล้วว่าจะต้องติดตั้งสถานีลูกข่ายเพิ่มเติมและจะต้องติดในบริเวณใกล้เคียงกับสถานีลูกข่ายตัวเดิมเพื่อที่จะเพิ่มช่องสัญญาณให้กับบริเวณที่จะแก้ไขจริงๆ เมื่อสำรวจหน้างานจะติดขัดปัญหาคือไม่มีเสาไฟฟ้ารองรับเพราะการติดสถานีลูกข่ายแบบติดภายนอกอาคารนั้นจำเป็นจะต้องมีเสารองรับและจะต้องมีไฟฟ้า 220 Volt ผ่านเพื่อนำมาใช้กับสถานีลูกข่าย และยังติดข้อจำกัดของการไฟฟ้าที่ว่าห้ามติดตั้งที่เสาไฟฟ้าที่มีหม้อแปลงอยู่และจะต้องติดกับเสาไฟฟ้าที่มีความสูงไม่เกิน 14 เมตรเท่านั้น

ในการวิจัยครั้งนี้แก้ไขคือจะต้องติดสถานีลูกข่ายขยับไปอีกหนึ่งช่วงเสาและจะต้องใช้สถานีลูกข่ายขนาด 200 mW เพื่อให้สัญญาณแรงพอที่จะครอบคลุมสัญญาณบริเวณที่จะแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6
สรุปผลการทดลอง

จากการวิจัยจะเห็นว่าการแก้ไขปัญหา ทราฟฟิคนั้นอ้างอิงที่สองค่าคือ เปอร์เซ็นต์สภาพความคับคั่งมากกว่า 5% และ ความหนาแน่นทราฟฟิคมากกว่า 0.899 Erlang ในการตัดสินใจเลือก CS มาวิเคราะห์ปริมาณทราฟฟิคสูงส่วนข้อมูลสภาพพื้นที่ติดตั้ง CS หรือ จำนวน CS ข้างเคียง นั้นเป็นเพียงข้อมูลประกอบการตัดสินใจว่าควรปรับปรุงแบบใดให้ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มช่องสัญญาณ PCT คุ้มค่าที่สุดโดยนำมาประกอบการวิเคราะห์ร่วมในสมการที่ 4.3 ในการทดลองนี้ตัดสินใจที่จะเพิ่มช่องสัญญาณให้เพียงพอกับความต้องการใช้ PCT สาเหตุเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเข้าโปรแกรมโยอ้างอิงที่สมการที่ 4.3 ระบุว่าช่องสัญญาณต้องมี 4 ช่องสัญญาณจึงจะเพียงพอกับปริมาณทราฟฟิคที่ 1.52 Erlang ต่อวันโดยการหาจำนวนช่องสัญญาณว่าปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นเฉลี่ยใน 1 วันจะต้องมีช่องสัญญาณเท่าใดสามารถทำได้อีกวิธีหนึ่งคือการเปิดตาราง Erlang ก็สามารถใช้ได้เช่นกัน ในกรณีของการทดลองนี้บริเวณดังกล่าวมี CS ติดตั้งอยู่แล้ว 1 ตัวมี 3 ช่องสัญญาณ (1 CS มี 3 ช่องสัญญาณ) ดังนั้นถ้าต้องการให้มีช่องสัญญาณให้เพียงพอกับปริมาณทราฟฟิคต้องเพิ่มอีก 1 ช่องสัญญาณจึงจะกลายเป็น 4 ช่องสัญญาณแต่ในอุปกรณ์ที่มีอยู่ในปัจจุบันการเพิ่มทีละ 1 ช่องสัญญาณไม่สามารถทำได้การเพิ่มช่องสัญญาณก็คือการติดตั้ง CS เพิ่มดังนั้นการเพิ่มช่องสัญญาณในทางปฏิบัติจะเพิ่มครั้งละ 3 ช่องสัญญาณซึ่งในการทดลองนี้จึงได้ทำการติดตั้ง CS เพิ่มอีก 1 ตัวเพื่อให้เพียงพอกับปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้น ประกอบกับสภาพความคับคั่งสูงตลอดเวลาในช่วงที่ห้างเดอะมอลล์งามวงศ์วานเปิดทำการจนปิดทำการในแต่ละวัน แสดงว่ามีความต้องการใช้ PCT สูงแม้ว่าช่วงเวลาอื่นๆจะไม่มียอดการใช้งานเลยก็ตามและการเพิ่มช่องสัญญาณจะทำให้บริษัท มีรายรับเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการแก้ไขไม่ได้มีเพียงการเพิ่มจำนวน CS เพียงอย่างเดียว อาจจะแก้ไขโดยวิธีการอื่นโดยอยู่บนพื้นฐานความคุ้มค่าใช้จ่ายของโครงข่ายเป็นหลัก เช่นในกรณีที่ CS ที่เลือกวิเคราะห์ทราฟฟิคนั้นอยู่ใกล้เคียงกับ CS ตัวอื่นแต่สัญญาณของ CS ตัวอื่นมีสัญญาณอ่อนมากอาจจะไปตรวจดูขนาดกำลังส่งของ CS ดังกล่าวถ้าเป็นขนาด 20 mW โดยอาจจะเปลี่ยนขนาดเป็น 200 mW เพื่อขยายพื้นที่ครอบคลุมให้มาครอบคลุมถึง CS ที่จะแก้ไขปริมาณทราฟฟิคเพื่อให้บริเวณดังกล่าวมีช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น หรือถ้า CS ข้างเคียงเป็น ขนาด 200 mW อยู่แล้วก็อาจจะแก้ไขจุดติดตั้งของ CS ข้างเคียงให้ขยับมาตั้งใกล้กับ CS ที่กำลังดำเนินการแก้ไขโดยที่สัญญาณครอบคลุมเดิมไม่เปลี่ยนแปลงเป็นต้น และจากการวิจัยจะเห็นว่าเมื่อทดลองปิดสัญญาณสถานีลูกข่ายข้างเคียงก็จะมีผลกระทบทันที เนื่องจากข้อจำกัดของตัวสถานีลูกข่ายเองที่มีเพียง 3 ช่องสัญญาณ ดังนั้นเพื่อให้โครงข่ายมีประสิทธิภาพสูงสุดก็จะต้องดูแลสถานีลูกข่ายให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาด้วย แต่อย่างไรก็ตามถือได้ว่าการแก้ไขปัญหาในกรณีนี้ประสบความสำเร็จและสามารถลดปริมาณทราฟฟิคและรักษาให้สภาพความคับคั่งลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Asia-Pacific Mobile Telecommunication System Seminar, "Personal Handy-phone System," 16 March,1995

[2] Association of Radio Industries and Business (ARIB), "Personal handy phone system, ARIB Standard Version 2, RCR STD-28," Japan, 1995.

[3] CCITT Recommendation, "Estimation of Traffic offered to international circuit group," Red Book Volume 11, Fascicle11.3 , E.501, Geneva 1985.

[4] CCITT Recommendation, "Forcasting international telephone Traffic," Red Book Volume 11 ,Fascicle 11.3, E.506, Geneva 1985.

[5] Ministry of Posts & Telecommunications (MPT), Japan "Personal Handy-phone System Guide Book," 1995.

[6] M. Sukkasem, "Theory For Network Planning And Telephone Traffic," July 1995

[7] M. Sukkasem, "Digital Telecommunication Network Planning," July 1995

[8] NEC Corporation, " Digital Switching System, System Description," Issue 1, Japan, 1996.

[9] NEC Corporation, " NEAX ASP-HLR application service processor-home location register system description," Issue 2, Japan, 1996.

[10] NIIPC, "Traffic theory," 1968.

[11] Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)"Information on Personal Handy-phone System," August, 1995

[12] Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)"Personal Handy-phone and VI&P Concept,"1995

[13] Nippon Telegraph and Telephone Corporation (NTT)"Personal Handy-phone for Business and Everyday Life,"1996

[14] Telecom Training Department-TT&D, " PCT network introduction," Version 1, May 14, 1997.

[15] Telecom Training Department-TT&D, " PCT network introduction," Version 3, November 26, 1997.

[16] Telecommunication Networks, "Intelligent Networks Description P30308-A8037-T000-07-7618 PCT message Flow Catalogue," 1997

[17] Telecommunication Networks, "Intelligent Networks Description P30308-A7957-A000-02-7618 Media web Product Definition," 1997

[18] Telefonaktiebolaget LM Ericsson , "Table of the Erlang Loss Formula, " Stockholm ,1997.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[19] V.k. Gargand, J.E. Wilkes, " Wireless And Personal Communication System," Prentice Hall,1997

[20] W.C.Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications analog and Digital Systems Second Edit," Singapore, McGraw-Hill, Inc.,1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณจำนวนช่องสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Program Calculation Traffic Channal

```
Dim E(1001) As Currency
Dim i As Integer
Dim a As Currency
Dim b As Currency
Private Sub cmdCal_Click()
On Error Resume Next
E(1) = 0.5263
E(2) = 0.38132
E(3) = 0.8994
E(4) = 1.5246
E(5) = 2.2185
E(6) = 2.9603
E(7) = 3.7378
E(8) = 4.543
E(9) = 5.3702
E(10) = 6.2157
E(11) = 7.0764
E(12) = 7.9501
E(13) = 8.8349
E(14) = 9.7295
E(15) = 10.633
E(16) = 11.544
E(17) = 12.461
E(18) = 13.385
E(19) = 14.315
E(20) = 15.249
E(21) = 16.189
E(22) = 17.132
E(23) = 18.080
E(24) = 19.031
E(25) = 19.985
E(26) = 20.943
E(27) = 21.904
E(28) = 22.867
E(29) = 23.833
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(30) = 24.802

E(31) = 25.773

E(32) = 26.746

E(33) = 27.721

E(34) = 26.698

E(35) = 29.677

E(36) = 30.657

E(37) = 31.640

E(38) = 32.624

E(39) = 33.609

E(40) = 34.596

E(41) = 35.584

E(42) = 36.574

E(43) = 37.565

E(44) = 38.557

E(45) = 39.550

E(46) = 40.545

E(47) = 41.540

E(48) = 42.537

E(49) = 43.534

E(50) = 44.533

E(51) = 45.533

E(52) = 46.533

E(53) = 47.534

E(54) = 48.536

E(55) = 49.539

E(56) = 50.543

E(57) = 51.548

E(58) = 52.553

E(59) = 53.559

E(60) = 54.566

E(61) = 55.576

E(62) = 56.581

E(63) = 57.590

E(64) = 58.599

E(65) = 59.609

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(66) = 60.619

E(67) = 61.630

E(68) = 62.642

E(69) = 63.654

E(70) = 64.667

E(71) = 65.680

E(72) = 66.694

E(73) = 67.708

E(74) = 68.723

E(75) = 69.738

E(76) = 70.753

E(77) = 71.769

E(78) = 72.786

E(79) = 73.803

E(80) = 74.820

E(81) = 75.838

E(82) = 76.856

E(83) = 77.874

E(84) = 78.893

E(85) = 79.912

E(86) = 80.932

E(87) = 81.952

E(88) = 82.972

E(89) = 83.993

E(90) = 85.014

E(91) = 86.035

E(92) = 87.057

E(93) = 88.079

E(94) = 89.101

E(95) = 90.123

E(96) = 91.146

E(97) = 92.169

E(98) = 93.193

E(99) = 94.216

E(100) = 95.240

E(101) = 96.265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(102) = 97.289

E(103) = 98.314

E(104) = 99.339

E(105) = 100.360

E(106) = 101.390

E(107) = 102.420

E(108) = 103.440

E(109) = 104.470

E(110) = 105.490

E(111) = 106.520

E(112) = 107.550

E(113) = 108.570

E(114) = 109.600

E(115) = 110.630

E(116) = 111.660

E(117) = 112.690

E(118) = 113.710

E(119) = 114.740

E(120) = 115.770

E(121) = 116.800

E(122) = 117.830

E(123) = 118.860

E(124) = 119.890

E(125) = 120.920

E(126) = 121.950

E(127) = 122.980

E(128) = 124.010

E(129) = 125.040

E(130) = 126.070

E(131) = 127.100

E(132) = 128.130

E(133) = 129.160

E(134) = 130.190

E(135) = 131.220

E(136) = 132.250

E(137) = 133.280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(138) = 134.320

E(139) = 135.350

E(140) = 136.380

E(141) = 137.410

E(142) = 138.440

E(143) = 139.480

E(144) = 140.510

E(145) = 141.540

E(146) = 142.570

E(147) = 143.610

E(148) = 144.640

E(149) = 145.670

E(150) = 146.710

E(151) = 147.740

E(152) = 148.770

E(153) = 149.810

E(154) = 150.840

E(155) = 151.870

E(156) = 152.910

E(157) = 153.940

E(158) = 154.980

E(159) = 156.010

E(160) = 157.050

E(161) = 158.080

E(162) = 159.120

E(163) = 160.150

E(164) = 161.190

E(165) = 162.220

E(166) = 163.260

E(167) = 164.290

E(168) = 165.330

E(169) = 166.360

E(170) = 167.400

E(171) = 168.430

E(172) = 169.470

E(173) = 170.500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(174) = 171.540
E(175) = 172.580
E(176) = 173.610
E(177) = 174.650
E(178) = 175.690
E(179) = 176.720
E(180) = 177.760
E(181) = 178.790
E(182) = 179.830
E(183) = 180.870
E(184) = 181.910
E(185) = 182.940
E(186) = 183.980
E(187) = 185.020
E(188) = 186.050
E(189) = 187.090
E(190) = 188.130
E(191) = 189.170
E(192) = 190.200
E(193) = 191.240
E(194) = 192.280
E(195) = 193.320
E(196) = 194.350
E(197) = 195.390
E(198) = 196.430
E(199) = 197.470
E(200) = 198.510
E(201) = 199.550
E(202) = 200.580
E(203) = 201.620
E(204) = 202.660
E(205) = 203.700
E(206) = 204.740
E(207) = 205.780
E(208) = 206.820
E(209) = 207.850

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(210) = 208.890
E(211) = 209.930
E(212) = 210.970
E(213) = 212.010
E(214) = 213.050
E(215) = 214.090
E(216) = 215.130
E(217) = 216.170
E(218) = 217.210
E(219) = 218.250
E(220) = 219.290
E(221) = 220.330
E(222) = 221.370
E(223) = 222.410
E(224) = 223.450
E(225) = 224.480
E(226) = 225.520
E(227) = 226.560
E(228) = 227.600
E(229) = 228.650
E(230) = 229.690
E(231) = 230.730
E(232) = 231.770
E(233) = 232.810
E(234) = 233.850
E(235) = 234.890
E(236) = 235.930
E(237) = 236.970
E(238) = 238.010
E(239) = 239.050
E(240) = 240.090
E(241) = 241.130
E(242) = 242.170
E(243) = 243.210
E(244) = 244.250
E(245) = 245.290

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(246) = 246.340

E(247) = 247.380

E(248) = 248.420

E(249) = 249.460

E(250) = 250.500

E(251) = 251.540

E(252) = 252.580

E(253) = 253.620

E(254) = 254.670

E(255) = 255.710

E(256) = 256.750

E(257) = 257.790

E(258) = 258.830

E(259) = 259.870

E(260) = 260.910

E(261) = 261.960

E(262) = 263.000

E(263) = 264.040

E(264) = 265.280

E(265) = 266.120

E(266) = 267.170

E(267) = 268.210

E(268) = 269.250

E(269) = 270.290

E(270) = 271.330

E(271) = 272.380

E(272) = 273.420

E(273) = 274.460

E(274) = 275.500

E(275) = 276.550

E(276) = 277.590

E(277) = 278.630

E(278) = 279.670

E(279) = 280.720

E(280) = 281.760

E(281) = 282.800

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(282) = 283.840

E(283) = 284.890

E(284) = 285.930

E(285) = 286.970

E(286) = 288.010

E(287) = 289.060

E(288) = 290.100

E(289) = 291.140

E(290) = 292.180

E(291) = 293.230

E(292) = 294.270

E(293) = 295.310

E(294) = 296.360

E(295) = 297.400

E(296) = 298.440

E(297) = 299.490

E(298) = 300.530

E(299) = 301.570

E(300) = 302.620

E(301) = 303.660

E(302) = 304.700

E(303) = 305.750

E(304) = 306.790

E(305) = 307.830

E(306) = 308.880

E(307) = 309.920

E(308) = 310.960

E(309) = 312.010

E(310) = 313.050

E(311) = 314.090

E(312) = 315.140

E(313) = 316.180

E(314) = 317.230

E(315) = 318.270

E(316) = 319.310

E(317) = 320.360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(318) = 321.400
E(319) = 322.440
E(320) = 323.490
E(321) = 324.530
E(322) = 325.580
E(323) = 326.620
E(324) = 327.660
E(325) = 328.710
E(326) = 329.750
E(327) = 330.800
E(328) = 331.840
E(329) = 332.880
E(330) = 333.930
E(331) = 334.970
E(332) = 336.020
E(333) = 337.060
E(334) = 338.110
E(335) = 339.150
E(336) = 340.190
E(337) = 341.240
E(338) = 342.280
E(339) = 343.330
E(340) = 344.370
E(341) = 345.420
E(342) = 346.460
E(343) = 347.510
E(344) = 348.550
E(345) = 349.600
E(346) = 350.640
E(347) = 351.680
E(348) = 352.730
E(349) = 353.770
E(350) = 354.820
E(351) = 355.860
E(352) = 356.910
E(353) = 357.950

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(354) = 359.000
E(355) = 360.040
E(356) = 361.090
E(357) = 362.130
E(358) = 363.180
E(359) = 364.220
E(360) = 365.270
E(361) = 366.310
E(362) = 367.360
E(363) = 368.400
E(364) = 369.450
E(365) = 370.490
E(366) = 371.540
E(367) = 372.580
E(368) = 373.630
E(369) = 374.670
E(370) = 375.720
E(371) = 376.760
E(372) = 377.810
E(373) = 378.850
E(374) = 379.900
E(375) = 380.940
E(376) = 381.990
E(377) = 383.040
E(378) = 384.080
E(379) = 385.130
E(380) = 386.170
E(381) = 387.220
E(382) = 388.260
E(383) = 389.310
E(384) = 390.350
E(385) = 391.400
E(386) = 392.440
E(387) = 393.490
E(388) = 394.540
E(389) = 395.580

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(390) = 396.630
E(391) = 397.670
E(392) = 398.720
E(393) = 399.760
E(394) = 400.810
E(395) = 401.860
E(396) = 402.900
E(397) = 403.950
E(398) = 404.990
E(399) = 406.040
E(400) = 407.080
E(401) = 408.130
E(402) = 409.180
E(403) = 410.220
E(404) = 411.270
E(405) = 412.310
E(406) = 413.360
E(407) = 414.410
E(408) = 415.450
E(409) = 416.500
E(410) = 417.540
E(411) = 418.590
E(412) = 419.640
E(413) = 420.680
E(414) = 421.730
E(415) = 422.770
E(416) = 423.820
E(417) = 424.870
E(418) = 425.910
E(419) = 426.960
E(420) = 428.010
E(421) = 429.050
E(422) = 430.100
E(423) = 431.140
E(424) = 432.190
E(425) = 433.240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(426) = 434.280
E(427) = 435.330
E(428) = 436.380
E(429) = 437.420
E(430) = 438.470
E(431) = 439.520
E(432) = 440.560
E(433) = 441.610
E(434) = 442.650
E(435) = 443.700
E(436) = 444.750
E(437) = 445.790
E(438) = 446.840
E(439) = 447.890
E(440) = 448.930
E(441) = 449.980
E(442) = 451.030
E(443) = 452.070
E(444) = 453.120
E(445) = 454.170
E(446) = 455.210
E(447) = 456.260
E(448) = 457.310
E(449) = 458.350
E(450) = 459.400
E(451) = 460.450
E(452) = 461.490
E(453) = 462.540
E(454) = 463.590
E(455) = 464.630
E(456) = 465.680
E(457) = 466.730
E(458) = 467.770
E(459) = 468.820
E(460) = 469.870
E(461) = 470.910

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(462) = 471.960

E(463) = 473.010

E(464) = 474.060

E(465) = 475.100

E(466) = 476.150

E(467) = 477.200

E(468) = 478.240

E(469) = 479.290

E(470) = 480.340

E(471) = 481.380

E(472) = 482.430

E(473) = 483.480

E(474) = 484.530

E(475) = 485.570

E(476) = 486.620

E(477) = 487.670

E(478) = 488.710

E(479) = 489.760

E(480) = 490.810

E(481) = 491.860

E(482) = 492.900

E(483) = 493.950

E(484) = 495.000

E(485) = 496.004

E(486) = 497.090

E(487) = 498.140

E(488) = 499.190

E(489) = 500.230

E(490) = 501.280

E(491) = 502.330

E(492) = 503.370

E(493) = 504.420

E(494) = 505.470

E(495) = 506.520

E(496) = 507.560

E(497) = 508.610

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(498) = 509.660

E(499) = 510.710

E(500) = 511.750

E(501) = 512.800

E(502) = 513.850

E(503) = 514.900

E(504) = 515.940

E(505) = 516.990

E(506) = 518.040

E(507) = 519.090

E(508) = 520.130

E(509) = 521.180

E(510) = 522.230

E(511) = 523.280

E(512) = 524.320

E(513) = 525.370

E(514) = 526.420

E(515) = 527.470

E(516) = 528.510

E(517) = 529.560

E(518) = 530.610

E(519) = 531.660

E(520) = 532.70

E(521) = 533.750

E(522) = 534.800

E(523) = 535.850

E(524) = 536.890

E(525) = 537.940

E(526) = 538.990

E(527) = 540.040

E(528) = 541.090

E(529) = 542.130

E(530) = 543.180

E(531) = 544.230

E(532) = 545.280

E(533) = 546.320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(534) = 547.370

E(535) = 548.420

E(536) = 549.470

E(537) = 550.520

E(538) = 551.560

E(539) = 552.610

E(540) = 553.660

E(541) = 554.710

E(542) = 555.750

E(543) = 556.800

E(544) = 557.850

E(545) = 558.900

E(546) = 559.950

E(547) = 560.990

E(548) = 562.040

E(549) = 563.090

E(550) = 564.140

E(551) = 565.190

E(552) = 566.230

E(553) = 567.280

E(554) = 568.330

E(555) = 569.380

E(556) = 570.430

E(557) = 571.470

E(558) = 572.520

E(559) = 573.570

E(560) = 574.620

E(561) = 575.670

E(562) = 576.710

E(563) = 577.760

E(564) = 578.810

E(565) = 579.860

E(566) = 580.910

E(567) = 581.950

E(568) = 583.000

E(569) = 584.050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(570) = 585.100
E(571) = 586.150
E(572) = 587.200
E(573) = 588.240
E(574) = 589.290
E(575) = 590.340
E(576) = 591.390
E(577) = 592.440
E(578) = 593.480
E(579) = 594.530
E(580) = 595.550
E(581) = 596.630
E(582) = 597.680
E(583) = 598.730
E(584) = 599.770
E(585) = 600.820
E(586) = 601.870
E(587) = 602.920
E(588) = 603.970
E(589) = 605.020
E(590) = 606.060
E(591) = 607.110
E(592) = 608.160
E(593) = 609.210
E(594) = 610.260
E(595) = 611.310
E(596) = 612.350
E(597) = 613.400
E(598) = 614.450
E(599) = 615.500
E(600) = 616.550
E(601) = 617.600
E(602) = 618.650
E(603) = 619.690
E(604) = 620.740
E(605) = 621.790

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(606) = 622.840
E(607) = 623.890
E(608) = 624.940
E(609) = 625.980
E(610) = 627.030
E(611) = 628.080
E(612) = 629.130
E(613) = 630.180
E(614) = 631.230
E(615) = 632.280
E(616) = 633.320
E(617) = 634.370
E(618) = 635.420
E(619) = 636.470
E(620) = 637.520
E(621) = 638.570
E(622) = 639.620
E(623) = 640.660
E(624) = 641.710
E(625) = 642.760
E(626) = 643.810
E(627) = 644.860
E(628) = 645.910
E(629) = 646.960
E(630) = 648.000
E(631) = 649.050
E(632) = 650.100
E(633) = 651.150
E(634) = 652.200
E(635) = 653.250
E(636) = 654.300
E(637) = 655.350
E(638) = 656.390
E(639) = 657.440
E(640) = 658.490
E(641) = 659.540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(642) = 660.590
E(643) = 661.640
E(644) = 662.690
E(645) = 663.740
E(646) = 664.780
E(647) = 665.830
E(648) = 666.880
E(649) = 667.930
E(650) = 668.980
E(651) = 670.030
E(652) = 671.080
E(653) = 672.130
E(654) = 673.180
E(655) = 674.220
E(656) = 675.270
E(657) = 676.320
E(658) = 677.370
E(659) = 678.420
E(660) = 679.470
E(661) = 680.520
E(662) = 681.570
E(663) = 682.620
E(664) = 683.660
E(665) = 684.710
E(666) = 685.760
E(667) = 686.810
E(668) = 687.860
E(669) = 688.910
E(670) = 689.960
E(671) = 691.010
E(672) = 692.060
E(673) = 693.100
E(674) = 694.150
E(675) = 695.200
E(676) = 696.250
E(677) = 697.300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(678) = 698.350
E(679) = 699.400
E(680) = 700.450
E(681) = 701.500
E(682) = 702.550
E(683) = 703.590
E(684) = 704.640
E(685) = 705.690
E(686) = 706.740
E(687) = 707.790
E(688) = 708.840
E(689) = 709.890
E(690) = 710.940
E(691) = 711.990
E(692) = 713.040
E(693) = 714.090
E(694) = 715.130
E(695) = 716.180
E(696) = 717.230
E(697) = 718.280
E(698) = 719.330
E(699) = 720.380
E(700) = 721.430
E(701) = 722.480
E(702) = 723.530
E(703) = 724.580
E(704) = 725.630
E(705) = 726.680
E(706) = 727.720
E(707) = 728.770
E(708) = 729.820
E(709) = 730.870
E(710) = 731.920
E(711) = 732.970
E(712) = 734.020
E(713) = 735.070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(714) = 736.120

E(715) = 737.170

E(716) = 738.220

E(717) = 739.270

E(718) = 740.320

E(719) = 741.360

E(720) = 742.410

E(721) = 743.460

E(722) = 744.510

E(723) = 745.560

E(724) = 746.610

E(725) = 747.660

E(726) = 748.710

E(727) = 749.760

E(728) = 750.810

E(729) = 751.860

E(730) = 752.910

E(731) = 753.960

E(732) = 755.010

E(733) = 756.050

E(734) = 757.100

E(735) = 758.150

E(736) = 759.200

E(737) = 760.250

E(738) = 761.300

E(739) = 762.350

E(740) = 763.400

E(741) = 764.450

E(742) = 765.500

E(743) = 766.550

E(744) = 767.600

E(745) = 768.650

E(746) = 770.750

E(747) = 771.800

E(748) = 772.850

E(749) = 773.890

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(750) = 773.890
E(751) = 774.940
E(752) = 775.990
E(753) = 777.040
E(754) = 778.090
E(755) = 779.140
E(756) = 780.190
E(757) = 781.240
E(758) = 782.290
E(759) = 783.340
E(760) = 784.390
E(761) = 785.440
E(762) = 786.490
E(763) = 787.540
E(764) = 788.590
E(765) = 789.640
E(766) = 790.690
E(767) = 791.740
E(768) = 792.790
E(769) = 793.840
E(770) = 794.880
E(771) = 795.930
E(772) = 796.980
E(773) = 798.030
E(774) = 799.080
E(775) = 800.130
E(776) = 801.180
E(777) = 802.230
E(778) = 803.280
E(779) = 804.330
E(780) = 805.380
E(781) = 806.430
E(782) = 807.480
E(783) = 808.530
E(784) = 809.580
E(785) = 810.630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(786) = 811.680
E(787) = 812.730
E(788) = 813.780
E(789) = 814.830
E(790) = 815.860
E(791) = 816.930
E(792) = 817.980
E(793) = 819.030
E(794) = 820.080
E(795) = 821.130
E(796) = 8222.170
E(797) = 823.220
E(798) = 824.270
E(799) = 825.320
E(800) = 826.370
E(801) = 827.420
E(802) = 828.470
E(803) = 829.520
E(804) = 830.570
E(805) = 831.620
E(806) = 832.670
E(807) = 833.720
E(808) = 834.770
E(809) = 835.820
E(810) = 826.870
E(811) = 837.920
E(812) = 838.970
E(813) = 840.020
E(814) = 841.070
E(815) = 842.120
E(816) = 843.170
E(817) = 844.220
E(818) = 845.270
E(819) = 846.320
E(820) = 847.370
E(821) = 848.420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(822) = 849.470
E(823) = 850.520
E(824) = 851.570
E(825) = 852.620
E(826) = 853.670
E(827) = 854.720
E(828) = 855.770
E(829) = 856.820
E(830) = 857.870
E(831) = 858.920
E(832) = 859.970
E(833) = 861.020
E(834) = 862.070
E(835) = 863.120
E(836) = 864.170
E(837) = 865.220
E(838) = 866.270
E(839) = 867.310
E(840) = 868.360
E(841) = 869.410
E(842) = 870.460
E(843) = 871.510
E(844) = 872.560
E(845) = 873.610
E(846) = 874.660
E(847) = 875.710
E(848) = 876.760
E(849) = 877.810
E(850) = 878.860
E(851) = 879.910
E(852) = 880.960
E(853) = 882.010
E(854) = 883.060
E(855) = 884.110
E(856) = 885.160
E(857) = 886.870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(858) = 887.260
E(859) = 888.310
E(860) = 889.360
E(861) = 890.410
E(862) = 891.460
E(863) = 892.510
E(864) = 893.560
E(865) = 894.610
E(866) = 895.660
E(867) = 896.710
E(868) = 897.760
E(869) = 898.810
E(870) = 899.860
E(871) = 900.910
E(872) = 901.960
E(873) = 903.010
E(874) = 904.060
E(875) = 905.110
E(876) = 906.160
E(877) = 907.210
E(878) = 908.260
E(879) = 909.310
E(880) = 910.360
E(881) = 911.360
E(882) = 912.460
E(883) = 913.510
E(884) = 914.560
E(885) = 915.610
E(886) = 916.660
E(887) = 917.710
E(888) = 918.760
E(889) = 919.810
E(890) = 920.860
E(891) = 921.910
E(892) = 922.960
E(893) = 924.010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(894) = 925.060
E(895) = 926.110
E(896) = 927.160
E(897) = 928.210
E(898) = 929.260
E(899) = 930.310
E(900) = 931.360
E(901) = 932.410
E(902) = 933.460
E(903) = 934.510
E(904) = 935.560
E(905) = 936.620
E(906) = 937.670
E(907) = 938.720
E(908) = 939.770
E(909) = 940.820
E(910) = 941.870
E(911) = 942.920
E(912) = 943.970
E(913) = 945.020
E(914) = 946.070
E(915) = 947.120
E(916) = 948.170
E(917) = 949.220
E(918) = 950.270
E(919) = 951.320
E(920) = 952.370
E(921) = 953.420
E(922) = 954.470
E(923) = 955.520
E(924) = 956.570
E(925) = 957.620
E(926) = 958.670
E(927) = 959.720
E(928) = 960.770
E(929) = 961.820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(930) = 962.870
E(931) = 963.920
E(932) = 964.970
E(933) = 966.020
E(934) = 967.070
E(935) = 968.120
E(936) = 969.170
E(937) = 970.220
E(938) = 971.270
E(939) = 972.320
E(940) = 973.370
E(941) = 974.420
E(942) = 975.470
E(943) = 976.520
E(944) = 977.570
E(945) = 978.620
E(946) = 979.670
E(947) = 980.720
E(948) = 981.770
E(949) = 982.820
E(950) = 983.870
E(951) = 984.920
E(952) = 985.970
E(953) = 987.030
E(954) = 988.080
E(955) = 989.130
E(956) = 990.180
E(957) = 991.230
E(958) = 992.280
E(959) = 993.330
E(960) = 994.380
E(961) = 995.430
E(962) = 996.480
E(963) = 997.530
E(964) = 998.580
E(965) = 999.630

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E(966) = 1000.680
E(967) = 1001.730
E(968) = 1002.780
E(969) = 1003.830
E(970) = 1004.880
E(971) = 1005.930
E(972) = 1006.980
E(973) = 1008.030
E(974) = 1009.080
E(975) = 1010.130
E(976) = 1011.180
E(977) = 1012.230
E(978) = 1013.280
E(979) = 1014.330
E(980) = 1015.380
E(981) = 1016.430
E(982) = 1017.480
E(983) = 1018.540
E(984) = 1019.590
E(985) = 1020.640
E(986) = 1021.690
E(987) = 1022.740
E(988) = 1023.790
E(989) = 1024.840
E(990) = 1025.890
E(991) = 1026.940
E(992) = 1027.990
E(993) = 1029.040
E(994) = 1030.090
E(995) = 1031.140
E(996) = 1032.190
E(997) = 1033.240
E(998) = 1034.290
E(999) = 1035.340
E(1000) = 1036.390
E(1001) = 1037.440

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
a = CCur(txtInput.Text)
If a < 0.9999 Or a > 1000 Then
MsgBox "ค่า Input ที่รับเข้ามามีความผิดพลาด คลิก OK เพื่อทำงานต่อ และใส่ค่าใหม่
ที่ถูกต้อง", vbCritical + vbOKOnly, "Input Error"
Else
For i = 1 To 1000
   If E(i) > a Then
      b = i
      Exit For
   End If
Next i
n1 = b - 1
n2 = b
a1 = E(i - 1)
a2 = E(i)
n = n1 + ((a - a1) / (a2 - a1)) * (n2 - n1)
n = n + 0.5
n = CInt(n)
txtOutput.Text = n
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
ผลงานที่ตีพิมพ์

1. วรรณฤดี เตชะสุวรรณ์, กอบชัย เดชหาญ. “การวิเคราะห์และแนวทางปรับปรุงปัญหาทราฟฟิคของโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานพกพา” วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 18, ฉบับที่ 1, มีนาคม 2544. หน้า 62-67.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาววรรณฤดี เตชะสุวรรณ์ เกิดเมื่อวันที่ 9 สิงหาคม 2515 ที่จังหวัดชัยนาท สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2536

ปี พ.ศ.2537 ถึง 1 มีนาคม พ.ศ.2539 เป็นวิศวกรจัดหา ที่บริษัทลีโออีเล็คโทรนิคส์

16 สิงหาคม 2539 เป็นเจ้าหน้าที่วิศวกรเขตปฏิบัติการบำรุงรักษาพื้นที่งามวงศ์วาน บริษัทเทเลคอมเอเชียคอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน ทำหน้าที่ดูแลบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงโครงข่ายโทรศัพท์ตลอดจนบริการกับลูกค้าในส่วนของการบริการโทรศัพท์

ปี พ.ศ.2544 จนถึงปัจจุบันรักษาการผู้จัดการเขตปฏิบัติการบำรุงรักษาพื้นที่แจ้งวัฒนะของบริษัทเทเลคอมเอเชียคอร์ปอเรชั่น จำกัด มหาชน ทำหน้าที่ควบคุมดูแลบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงโครงข่ายโทรศัพท์ตลอดจนบริการกับลูกค้าในส่วนของการบริการโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้