สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ReCCIT
KMITL

รายงานฉบับสมบูรณ์

Final Report

การจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่

Channel allocation for Mobile Telephone System

ผศ. ดร. พิเชฐ ม่วงนวล
รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

RC
TK
5102.83
ท 655ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83633
วัน,เดือน,ปี.....10 ก.ย. 2551

ห้องปฏิบัติการวิจัยการสื่อสารเคลื่อนที่
โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กันยายน พ.ศ. 2549

b. 11991499
l.

Mobile Communication Laboratory
Research Center for Communications and Information Technology
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

September 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (ReCCIT) ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ และข้อมูลต่างๆ เป็นอย่างดี

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ (Research Center for Communications and Information Technology : ReCCIT) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 วงเงินงบประมาณ 74,253.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องนี้เกี่ยวกับการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยวิธีการรวมการพยากรณ์ (Combining Forecasting) วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) และวิธีการถดถอยเชิงเดี่ยว (Linear Regression Method) เข้าด้วยกันทำให้มีค่าปริมาณทราฟฟิคที่ทำนายได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น โดยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงสมรรถนะของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม โดยผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคการใช้เทคนิคการรวมการพยากรณ์ (Combining Forecasting Techniques) ซึ่งจะให้ค่าปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research project about a channel allocation for mobile telephone system, which are the least square method and linear regressing method, to perform the better forecasting, close to the existing real world. The result of this forecasting will be used in optimization of the GSM Mobile telephone system. From the result, it shows that the combing forecasting give the close result to the existing real world than using only one of two forecasting techniques.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ I

บทคัดย่อ II

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีของระบบของโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม 3

บทที่ 3 ทฤษฎีทราฟฟิคของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 15

บทที่ 4 วิธีพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค 22

บทที่ 5 การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล 35

บทที่ 6 สรุปผลและวิจารณ์ 62

เอกสารอ้างอิง 63

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. บทความและงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ 64

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการติดต่อสื่อสารเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกเหนือจากปัจจัยสี่ คือ ยา อาหาร เครื่องนุ่งห่ม และยารักษาโรค ด้วยว่าการสื่อสารจะช่วยให้ชีวิตมนุษย์ได้รับความสะดวกสบายและประหยัดเวลา ทำให้มีความสุขในครอบครัวมากขึ้น ในอดีตที่ผ่านมาระบบสื่อสารส่วนใหญ่ยังเป็นระบบที่ต้องใช้สาย เช่น โทรศัพท์ และระบบไร้สาย เช่น การใช้คลื่นวิทยุ แต่ในปัจจุบันทั้งสองระบบสามารถรวมเข้าด้วยกัน และใช้จุดเด่นของแต่ละระบบมารวมกันโดยเรียกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งสามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทุกที่ทุกเวลา โดยใช้หลักการวางสถานีฐานให้ครอบคลุมไปในทุกพื้นที่

จากความสะดวกสบายในการใช้งานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทำให้มีผู้ต้องการใช้งานมากขึ้นเรื่อยๆ จนเกินกว่าที่มีระบบจะรองรับได้ โดยการใช้งานจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ และความหนาแน่นของประชากร เช่น ในบริเวณย่านธุรกิจ, บริเวณชานเมือง, บริเวณถนน ดังนั้นการจัดสรรช่องสัญญาณให้เหมาะสมกับพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

งานวิจัยเรื่องนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ในพื้นที่ๆ มีปริมาณทราฟฟิคแตกต่างกัน เช่น ในย่านธุรกิจ บนถนน บริเวณชานเมือง เพื่อหาปริมาณที่แท้จริง ซึ่งจะสามารถนำมาปรับปรุงสมรรถภาพในการจัดช่องสัญญาณ ให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่เกิดขึ้นจริงได้ โดยไม่มีการติดขัด (Blocking)

ในปัจจุบันการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็มจะมีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมากเพราะมีความปลอดภัยและคุณภาพของเสียงในการติดต่อสื่อสารที่ดีรวมทั้งผู้ให้บริการได้มีการแข่งขันกันส่งเสริมการขายอย่างต่อเนื่อง จึงเกิดปัญหาอย่างหนึ่งขึ้น คือจำนวนของช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐาน (Base Transceiver Station) ไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้นซึ่งเรียกว่าเกิดการติดขัดหรือในกรณีที่มีผู้ใช้บริการในแต่ละสถานีฐานลดลงกว่าจำนวนของช่องสัญญาณที่ติดตั้งไว้ ก็สามารถนำไปใช้ที่สถานีฐานอื่นได้ด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนล่วงหน้าเพื่อที่จะปรับปรุงความจุของช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐานให้เป็นไปตามปริมาณกราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นจริง ซึ่งการปรับปรุงนี้จะทำให้สมรรถนะของทั้งระบบดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อพัฒนา ศึกษาเทคนิคในการจัดสรร โครงข่ายที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาปรับปรุงในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

1.2.2 มุ่งสร้างบุคลากรที่มีคุณภาพและเชี่ยวชาญเกี่ยวกับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกหาการจัดสรรช่องสัญญาณที่ผ่านมา

1.3.2 สร้างโมเดลในการจัดสรรช่องสัญญาณให้สอดคล้องต่อการใช้งานในประเทศไทย

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 วัดเก็บผลข้อมูล

1.4.2 นำมาข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อสร้างโมเดล

1.4.3 นำโมเดลที่ได้มาทำการทดสอบ

1.4.4 วัดทดสอบผลเพื่อเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากผลงานวิจัยที่ทำมา จะก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการ คือเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ในการเพิ่มสมรรถนะให้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่และสามารถนำผลงานดังกล่าวๆ ไปแก้ปัญหาในแต่ละพื้นที่ใช้งาน

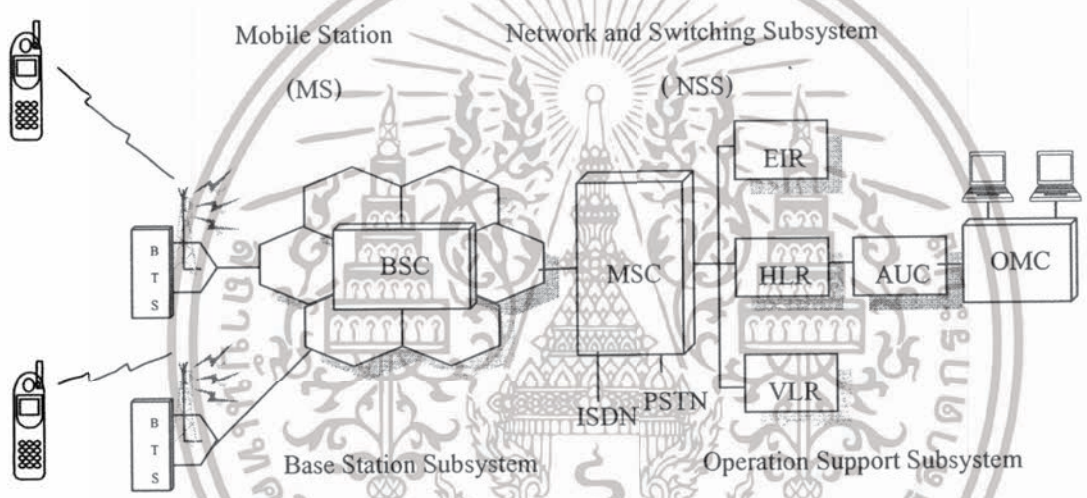
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

2.1 โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

โครงสร้างของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีองค์ประกอบ 4 ส่วนด้วยกันคือ 1) ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem, BSS) 2) ส่วนของระบบเน็ตเวิร์คและสวิตชิ่ง (Network and Switching Subsystem, NSS 3)ระบบปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem, OSS) และ 4) เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS) แต่ละส่วนมีลักษณะการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.1 [1,2]



รูปที่ 2.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

2.1.1 ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Subsystem, BSS)

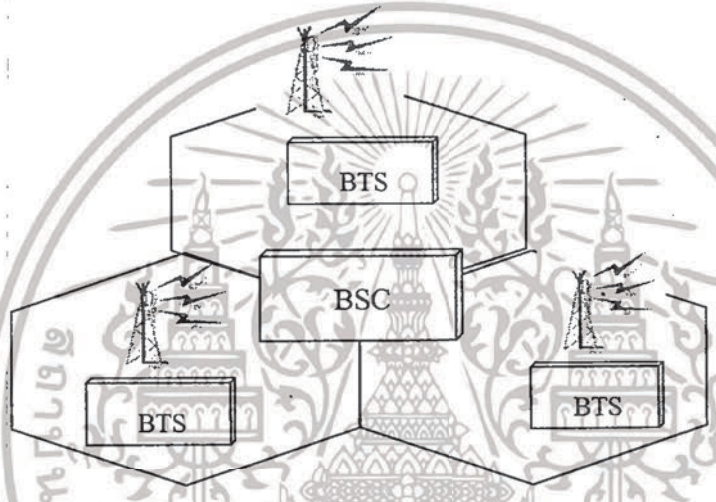
ส่วนของสถานีฐานประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ BTS (Base Transceiver Station) และ BSC (Base Station Controller)

ส่วนแรก BTS เป็นส่วนที่ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้ โดยทำหน้าที่เกี่ยวกับส่วนติดต่อทางคลื่นวิทยุ (Air Interface) และเป็นส่วนประมวลผลสัญญาณดิจิตอล ซึ่งต้องมีการส่งข่าวสารต่างๆ ตอบโต้กันเมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ต้องการใช้บริการ กลุ่มของ BTS ที่ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการจำนวนหนึ่งจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ BSC หนึ่งตัว ซึ่งปกติแล้ว BSC หนึ่งตัวจะสามารถดูแลและควบคุม BTS ได้จำนวนมากหลายสิบหรือหลายร้อยชุดดังรูปที่ 2.2 นอกจาก BTS จะมีส่วนเชื่อมโยงคลื่นวิทยุแล้ว ยังทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่วัดความแรงของสัญญาณและคุณภาพสัญญาณแล้วส่งข้อมูลไปให้ส่วนควบคุมสถานีฐานทำการตัดสินใจแฮนด์ออฟอีกด้วย

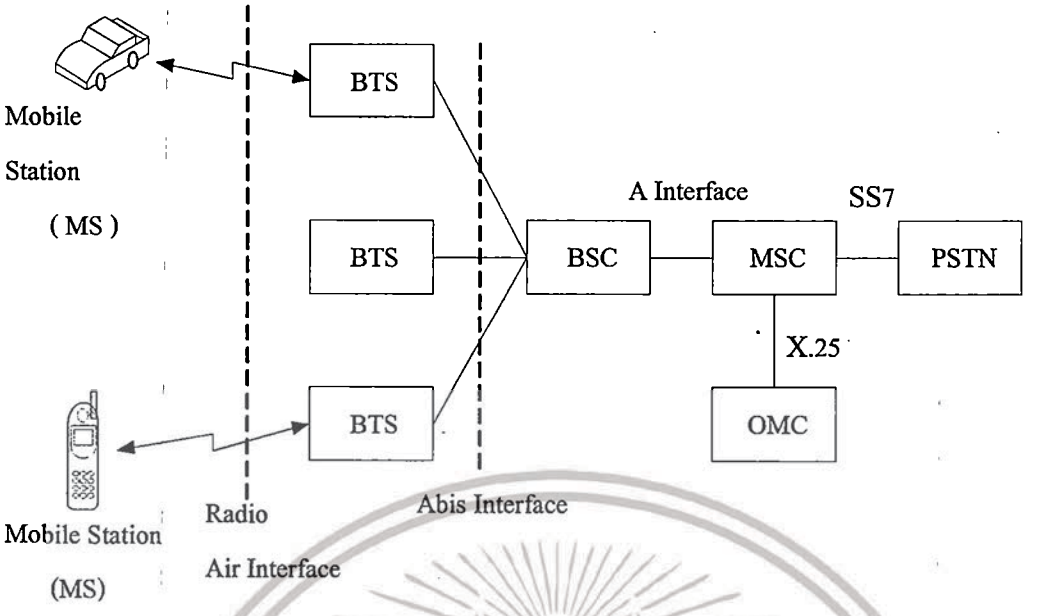
การที่โทรศัพท์เคลื่อนที่จะโทรได้นั้นต้องมีช่องสัญญาณรองรับ โดยที่ BTS จะมีส่วนที่เรียกว่า TRX (Transmission and Receive Unit) ซึ่งเป็นอุปกรณ์รองรับทราฟฟิค จำนวน TRX เป็นตัวกำหนดจำนวนช่องสัญญาณ ซึ่งถ้ากำหนดจำนวน TRX ไว้มากก็จะเป็นการสิ้นเปลือง ถ้ากำหนดไว้น้อยก็จะไม่สามารถรองรับทราฟฟิคได้ การกำหนดจำนวน TRX ที่เหมาะสมจะต้องให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณทราฟฟิค ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



รูปที่ 2.2 ลักษณะการเชื่อมโยงของ BTS และ BSC

ส่วนที่สองตัวควบคุมสถานีฐาน BSC (Base Station Controller) เป็นส่วนควบคุมการทำงานของสถานีฐาน BTS เป็นตัวตัดสินใจเกี่ยวกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เช่น การแฮนด์ออฟ การควบคุมการเซตอัปการเรียก การสิ้นสุดการเรียก การกำหนดและควบคุมช่องสัญญาณต่างๆ นอกจากนี้อีกด้านหนึ่งของ BSC ต่ออยู่กับ NSS (Network and Switching Subsystem) ซึ่งมี MSC (Mobile Switching Center) เป็นองค์ประกอบสำคัญ การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ทั้งสองนี้จะอาศัยมาตรฐานที่เรียกว่า A interface ส่วนการติดต่อระหว่าง BSC กับส่วน BTS ก็ใช้มาตรฐานที่เรียกว่า Abis interface ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 มาตรฐานการอินเตอร์เฟสระหว่างจุดต่อต่างๆภายในระบบจีเอสเอ็ม

2.1.2 ส่วนของระบบเน็ตเวิร์คและสวิตชิ่ง (Network and Switching Subsystem, NNS)

ส่วนของระบบเน็ตเวิร์คและสวิตชิง ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ Mobile Switching Center (MSC) และฐานข้อมูลสำหรับการจัดการใช้งานของผู้ใช้บริการ ซึ่งฐานข้อมูลใน NSS ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ HLR, VLR, AuC และ EIR

2.1.2.1 ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Switching Center, MSC)

ส่วนของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นส่วนหลักของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทำหน้าที่เป็นตัววิเคราะห์เลขหมายและเลือกเส้นทางที่ต้องการ โดยชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องทำงานประสานกับ HLR (Home Location Register) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลหลักเก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ และตำแหน่งโทรศัพท์เคลื่อนที่ไว้ VLR (Visitor Location Register) เก็บตำแหน่งใหม่ในพื้นที่บริการที่เคลื่อนที่ไป AuC เป็นส่วนควบคุมการเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยของข้อมูลผู้ใช้ และ EIR ซึ่งเก็บข้อมูล ESN (Electronic Serial Number) เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้องกันการขโมย

นอกจากนี้ MSC ยังมีหน้าที่ตรวจสอบและควบคุมการจัดการทรัพยากร รวมทั้งเป็นตัวตัดสินใจในการแฮนด์ออฟ และเป็นตัวติดต่อกรณีต้องการทำแฮนด์ออฟข้ามตัวควบคุมสถานีฐานหรือข้ามชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่และสิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่ง เนื่องจากโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา คือชุมสายโทรศัพท์จะหาตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่และทำการการปรับปรุงข้อมูลใน HLR และ VLR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 รีจีสเตอร์โฮมโลเคชัน (Home Location Register, HLR)

เป็นฐานข้อมูลกลางที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับผู้ใช้ทุกคนอย่างถาวร เพื่อใช้ควบคุมหรือจัดการต่างๆภายในโทรศัพท์เคลื่อนที่ ฐานข้อมูล HLR อาจมี 1 ตัว หรือหลายๆตัวแยกตามภูมิภาคก็ได้ HLR ที่ดูแลพื้นที่ใดเมื่อผู้ใช้จดทะเบียนขอใช้บริการข้อมูลผู้ใช้จะถูกเก็บใน HLR นั้นๆข้อมูลที่เก็บได้แก่ สถานะของผู้ใช้ (Subscriber Status) ลักษณะการใช้งาน (Subscriber Features) เบอร์โทรศัพท์ (Directory Number) ข้อมูลตำแหน่งปัจจุบัน (Location Information)

2.1.2.3 รีจีสเตอร์วิซิเตอร์โลเคชัน (Visitor Location Register, VLR)

เป็นฐานข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลชั่วคราวของโทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่อง ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่บริการที่ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ครอบคลุมอยู่ ซึ่งผู้ใช้อาจจะเป็นผู้ที่จดทะเบียนในพื้นที่บริการนั้นหรือไม่ก็ได้ ข้อมูลที่เก็บใน VLR ประกอบด้วย ข้อมูลตำแหน่ง สถานะ ประเภทบริการ ซึ่งได้มาจาก HLR

ตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องมีการปรับปรุงข้อมูลกับ VLR อยู่เสมอโดยเฉพาะข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง เนื่องจากในการจัดการการเรียกเข้าเรียกออกของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะใช้ข้อมูลจาก VLR ในการตัดสินใจ และหากโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่ได้ส่งข้อมูลมาปรับปรุงภายในเวลาที่กำหนด เช่น ปิดเครื่อง ข้อมูลใน VLR จะถูกลบ และจะทำการปรับปรุงข้อมูลใหม่เมื่อผู้ใช้เปิดเครื่อง

2.1.2.4 รีจีสเตอร์ยืนยันตัวตน (Authentication Center, AuC)

เป็นฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่ยืนยันว่าผู้ใช้ที่ติดต่ออยู่นั้นมีตัวตนจริง (Authentication) และแน่ใจได้ว่าไม่มีการขโมยใช้เครื่องและอุปกรณ์ที่ใช้ได้รับอนุญาตอย่างถูกต้อง โดย AuC จะเก็บข้อมูลการเข้ารหัส Encryption Key Authentic Key และหลักการคำนวณที่ซับซ้อนไว้เพื่อใช้ในการเข้ารหัสข้อมูล

2.1.2.5 รีจีสเตอร์เฉพาะอุปกรณ์ (Equipment Identity Register, EIR)

เก็บข้อมูล ESN (Electronic Serial Number) เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้องกันการขโมย หรือการปลอมเครื่องโทรศัพท์มาใช้งาน เนื่องจาก ESN ในเครื่องโทรศัพท์ถูกกำหนดโดยองค์กร กลางให้แก่ผู้ผลิตเครื่องซึ่งจะกำหนด ESN ที่ไม่ซ้ำกันเลย โดยเก็บไว้ใน 3 ตารางคือ Whitelist ลูกค้าที่อยู่ในตารางนี้สามารถใช้บริการได้ตามปกติ Graylist เป็นลูกค้าที่ถูกจับตามองแต่ยังไม่ถอนการให้บริการ Blacklist ลูกค้าที่ไม่อนุญาตให้บริการได้ โดยผู้ให้บริการจะเป็นผู้กำหนดข้อมูลเหล่านี้ เช่นเครื่องที่ถูกขโมยและลูกค้าแจ้งระงับการบริการจะกำหนดไว้ใน Blacklist

2.1.3 ระบบปฏิบัติการ (Operation Support Subsystem, OSS)

ระบบปฏิบัติการ OSS ประกอบด้วย Operation and Maintenance Center (OMC) ซึ่งเป็นชุดอุปกรณ์และคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของโครงข่ายทั้งหมด โดยจะติดต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านทาง X.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และยังมีพอร์ตไว้ต่อเทอร์มินอลอีกหลายพอร์ต ทำให้ผู้ใช้สามารถทำงานพร้อมกันได้หลายคน มีหน้าที่หลักในการดูแลจัดการเรื่องการปฏิบัติการของระบบโดยรวม การจัดการกับปัญหาของอุปกรณ์บางส่วนที่อาจเกิดความเสียหาย การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆภายในระบบให้เหมาะสม การจัดการเรื่องสมาชิกผู้ใช้บริการของระบบซึ่งรวมไปถึงการคิดค่าบริการและออกบิลเก็บค่าบริการ การทำงานของ OMC ส่วนใหญ่แล้วจะต้องมีการติดต่อกับฐานข้อมูล HLR นอกจากนี้ OMC ยังมีฟังก์ชั่นในการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำสถิติที่สำคัญๆ เช่น สถิติความผิดพลาดของระบบ สถิติทราฟฟิค เพื่อใช้ในการปรับปรุงโครงข่ายให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.1.4 เครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS)

ภายในอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีส่วนประกอบ 2 ส่วนด้วยกันคือ Mobile Equipment (ME) และ Subscriber Identity Module (SIM) ส่วนของ ME จะทำหน้าที่จัดการกับการรับส่งคลื่นสัญญาณวิทยุระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับส่วนของสถานีฐาน และรวมไปถึงอุปกรณ์สำหรับใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้ เช่น ไมโครโฟน ลำโพง จอภาพ และปุ่มต่างๆ ในส่วนของ SIM คือสมาร์ตการ์ด (Smart Card) แผ่นบางๆที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่เกี่ยวกับผู้ใช้ รายการประเภทของบริการที่ผู้ใช้ได้ขอไว้ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงข่าย เช่น เลขประจำตัวของผู้ใช้ ตำแหน่งหรือบริเวณที่เครื่องโทรศัพท์มีการใช้งานอยู่ และรหัสลับที่ใช้ในการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อป้องกันการแอบฟัง เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจจะเก็บหมายเลขโทรศัพท์ที่ผู้ใช้มีการติดต่อด้วยเป็นประจำเพื่อความสะดวกของผู้ใช้บริการ การจัดให้เครื่องโทรศัพท์มีโครงสร้างในลักษณะนี้ช่วยให้สามารถนำแผ่น SIM ไปใช้กับอุปกรณ์ ME ใดก็ได้

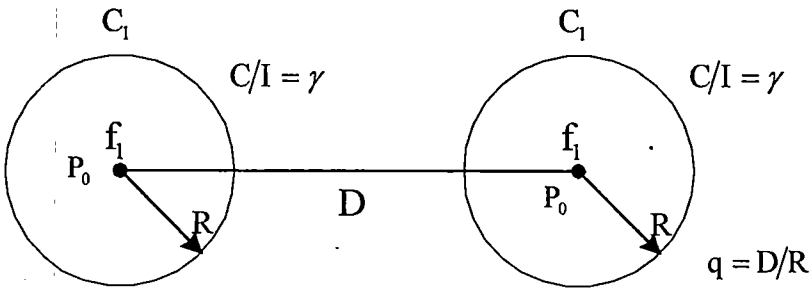
2.2 หลักการจัดการความถี่

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในยุคแรก ต้องใช้เครื่องส่งที่มีกำลังสูงๆ ข้อดีก็คือใช้การลงทุนน้อย และข้อเสียคือ ตัวเครื่องโทรศัพท์ต้องมีกำลังส่งสูงด้วย จึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีผู้ใช้จำนวนน้อยๆ

2.2.1 เทคนิคการใช้ความถี่ซ้ำ

แนวคิดใหม่จะควบคุมพื้นที่ครอบคลุมของเครื่องส่งแต่ละสถานีฐานให้มีรัศมีจำกัด และใช้เทคนิคการใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency reused) ในพื้นที่ต่างกัน ดังรูปที่ 2.4 ทำให้เครื่องส่งมีขนาดเล็กลง การใช้ความถี่ที่มีอยู่ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการได้มากขึ้น [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เทคนิคการใช้ความถี่ซ้ำ

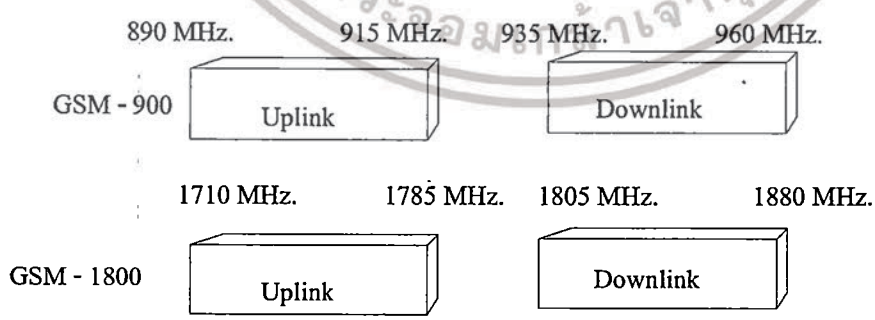
ผลกระทบที่ตามมากับการนำเทคนิคนี้มาใช้คือ การเกิดสัญญาณรบกวนที่เรียกว่า Co-Channel Interference ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ระยะทางระหว่างพื้นที่ที่ใช้ความถี่เดียวกัน (Frequency Reuse Distance, D) ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของกลุ่มเซลล์ (cluster size, K) หรือจำนวนเซลล์ที่อยู่ในคลัสเตอร์ ดังสมการ

$$D = \sqrt{3KR} \tag{2.1}$$

เมื่อ R คือ รัศมีของเซลล์พบว่าค่า K ยิ่งมากจะทำให้ค่า D ยิ่งมากตามทำให้เกิดสัญญาณรบกวนน้อย ซึ่งในระบบ GSM โดยทั่วไปเลือกใช้ $K = 4$ จะมี $D = 3.46R$

2.2.2 การจัดสรรช่วงความถี่ (Frequency Spectrum)

การจัดสรรความถี่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม แบ่งเป็น 2 มาตรฐานคือ ระบบ 900 MHz และ ระบบ 1800 MHz ดังรูปที่ 2.5 [4]



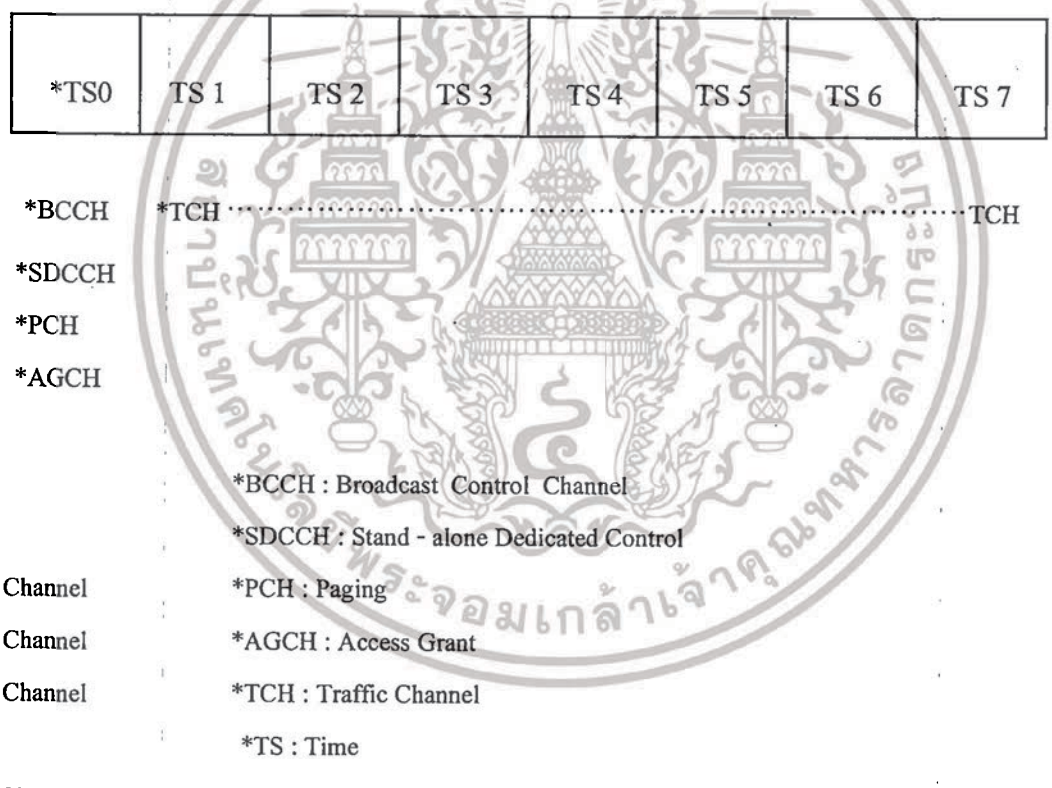
รูปที่ 2.5 การจัดสรรความถี่ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ 900 MHz ใช้แบนด์วิดท์ 25 MHz โดยการสื่อสารทางด้าน Uplink คือการสื่อสารจาก MS ไปยัง BTS ใช้ความถี่ 890 MHz ถึง 915 MHz และสื่อสารทางด้าน Downlink เป็นการสื่อสารจาก BTS ไปยัง MS ใช้ความถี่ 935 MHz ถึง 960 MHz โดยแต่ละ Carrier จะใช้ Frequency Space 200 kHz และแต่ละ Carrier จะถูกแบ่งโดยเทคนิค TDMA เป็น 8 ช่องสัญญาณ ดังนั้นระบบ 900 MHz จะมีจำนวน Carrier ทั้งหมด 124 Carrier และ 992 ช่องสัญญาณดังรูปที่ 2.6

ส่วนระบบ 1800 MHz ใช้แบนด์วิดท์ 75 MHz โดยการสื่อสารทางด้าน Uplink ใช้ความถี่ 1710 MHz ถึง 1785 MHz และสื่อสารทางด้าน Downlink ใช้ความถี่ 1805 MHz ถึง 1880 MHz โดยแต่ละ Carrier จะใช้ Frequency space 200 kHz และแต่ละ Carrier จะถูกแบ่งโดยเทคนิค TDMA เป็น 8 ช่องสัญญาณ เหมือนกับระบบ 900 MHz ดังนั้นระบบ 1800 MHz จะมีจำนวน Carrier ทั้งหมด 374 Carrier และ 2992 ช่องสัญญาณ

ช่องสัญญาณของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มมีอยู่ 2 ประเภทหลักๆคือ Traffic Channel ใช้สำหรับส่งเสียงพูด หรือข้อมูล และ Control Channel ใช้สำหรับส่ง Signaling และ การทำ Synchronizing



รูปที่ 2.6 การกำหนดช่องสัญญาณในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

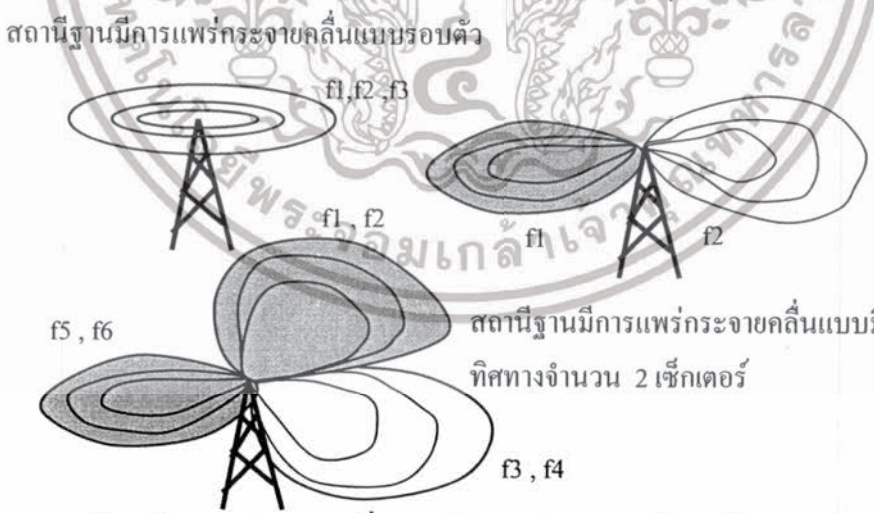
2.3 การวางแผนโครงข่าย(Network Planning)

การวางแผนโครงข่ายนั้นมีความสำคัญเป็นอันดับแรกในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม โดยมีข้อพิจารณาในการวางเครือข่าย มีดังนี้ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง , ความจุของเครือข่าย , ความครอบคลุมถึงพื้นที่ให้บริการ , ปริมาณการใช้งานสูงสุด , คุณภาพของสัญญาณที่ใช้ในการโทร , ความสามารถในการพัฒนาเครือข่ายในอนาคต

2.3.1 ขั้นตอนของการวางแผนโครงข่าย

- หาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิศาสตร์ รวมถึงข้อมูลทางสถิติ
- คำนวณขนาดของโครงข่ายให้ครอบคลุมพื้นที่
- เลือกสถานที่ตั้งของสถานีฐาน
- ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

การเลือกชนิดและที่ตั้งสถานีฐานจะขึ้นกับสภาพแวดล้อม เช่นในที่ประชากรเบาบางการติดตั้งสถานีฐานจะใช้แบบรอบตัว(Omni Direction) โดยจะอยู่ในที่สูงเพื่อให้สัญญาณครอบคลุมพื้นที่ได้ทุกทิศทางและใช้ได้หลายความถี่ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนของเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนในพื้นที่ๆมีประชากรหนาแน่น เช่น ในเมือง จำนวนเครื่องลูกข่ายย่อมมากตามไปด้วยซึ่งเหมาะกับสถานีฐานขนาดเล็กและระยะห่างระหว่างสถานีฐานไม่มาก โดยการติดตั้งสถานีฐานแบบนี้ว่าแบบเซ็กเตอร์ ในแต่ละสถานีฐานจะแบ่งออกเป็น 3 เซ็กเตอร์ซึ่งจะใช้ช่วงความถี่ต่างกันออกไป[22]



รูปที่ 2.7 รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแบบต่างๆของสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การออกแบบขนาดความจุของสถานีฐาน

การออกแบบความจุของสถานีฐานคือการคำนวณจำนวนของช่องสัญญาณ (Traffic Channel) ให้เพียงพอต่อความต้องการของสถานีฐานและต้องมีจำนวนเท่าใด โดยขนาดความจุ ของสถานีฐาน(Traffic Capacity) จะหาได้จากคำนวณค่าเออร์แลง ซึ่งค่าของเออร์แลงหน่วยของการวัดปริมาณทราฟิค ค่า 1 เออร์แลงจะเท่ากับการใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 ชั่งโมง สำหรับสูตรของการหาปริมาณทราฟิคอย่างง่ายจะเป็นดังนี้[22]

$$x \quad Erlangs = \frac{(calls \quad per \quad hour) \times (average \quad conversation \quad time)}{3600 \quad Seconds} \tag{2.2}$$

ยกตัวอย่างเช่น มี 400 การเรียก/ชั่วโมง และมีเวลาเฉลี่ยในการสนทนา (Average Conversation time) เท่ากับ 100 วินาที จะได้ความจุของทราฟิคประมาณ 11 เออแลงแล้วนำตัวเลขนี้ไปดูเทียบตาราง

ตาราง 2.1 ตารางเออร์แลง B

ช่องสัญญาณ	1 %	2 %	3 %	4 %
1	0.01	0.02	0.03	0.05
2	0.15	0.22	0.28	0.38
3	0.46	0.60	0.72	0.90
4	0.87	1.09	1.26	1.52
5	1.36	1.66	1.88	2.22

ตารางนี้แสดงถึงชั้นของการบริการ(Grade of Service) โดยตัวเลขในตารางคือเลขเออแลง ช่องเปอร์เซ็นต์บอกว่ามีจำนวนที่พลาดการเรียกคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่องสัญญาณก็คือจำนวนช่องสัญญาณที่ต้องใช้ ทำให้สามารถทำนายถึงจำนวน Transceivers หรือ TRX ได้

2.4 การวัดประสิทธิภาพ และสมรรถนะของโครงข่าย

โดยปกติโครงข่ายจะถูกออกแบบให้มีสเปคที่แน่นอน ซึ่งสเปคเหล่านี้จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบโดยตรงกับประสิทธิภาพและสมรรถนะของโครงข่าย และพารามิเตอร์เหล่านี้คือ 1) Carrier to co-channel ratio (C/I_o) และ 2) Grade of Service (GOS) [5-7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตรา C/ I_o จะเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบของโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถคำนวณได้ง่าย ถ้าสมมตให้ตัวเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS) อยู่กับที่เพื่อกำหนดตำแหน่งสำหรับวัดสมรรถนะในสภาวะสัญญาณอ่อนที่สุด

ในการออกแบบสเปคต้องการค่า C/Io อย่างน้อยที่สุด 18 ถึง 17 dB โดยสามารถครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ได้ไม่ต่ำกว่า 90%

Grade of Service (GOS) หรือ Blocking Probability เป็นวิธีการที่ง่ายและรวดเร็วในการวัดสมรรถนะของโครงข่าย เนื่องจากพารามิเตอร์ที่ใช้ไม่มีความซับซ้อน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้สูตร เออแลง B

$$GOS = E(A,N) = \frac{A^N / N!}{\sum_{i=0}^{N} A^i / i!} \tag{2.3}$$

เมื่อ A คือทราฟฟิคขอบริการ(Traffic Offered) มีหน่วยเป็น Erlang (เออแลง) และ N คือ จำนวนช่องสัญญาณ ในการเริ่มต้นปกติการออกแบบระบบจะกำหนด GOS ในระดับ P.02 (Blocking Probability 2%) และเมื่อระบบขยายตัวขึ้นทำให้ปริมาณทราฟฟิคเพิ่มขึ้นจนอาจทำให้ Blocking Probability เกินกว่ามาตรฐาน 5% จะต้องนำเทคนิคต่างๆมาจัดการโครงข่ายเพื่อแก้ปัญหานี้ ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเทคนิคการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคมาเพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด

โดยทั่วไปแล้ว GOS จะมีสองความหมายคือ ความหมายแรกเป็นความหมายทางด้าน Telephone Transmission เป็นการวัดคุณภาพของสัญญาณเสียงที่ได้ยินระหว่างการสนทนา โดยมีค่ามาตรฐานคือ 1 (unacceptable) ถึง 5 (excellent) และความหมายที่สองเป็นการวัดประสิทธิภาพของการเข้าถึงระบบ โดยอ้างอิงกับความน่าจะเป็นของการเรียกที่ถูกบล็อก หรือถูกหน่วงเวลาโดยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ [8]

2.5 หลักการจัดสรรช่องสัญญาณ (Channel Allocation)

การจัดสรรช่องสัญญาณ เป็นการแบ่งจำนวนช่องสัญญาณสำหรับใช้ในการเรียก (Control channel, voice channel) ให้กับแต่ละเซลล์ โดยให้มีการแทรกสอด (Interference) น้อยที่สุด เพื่อช่วยเพิ่มความจุของระบบให้มากขึ้น ซึ่งเทคนิคในการจัดสรรช่องสัญญาณสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ 1) การจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว 2) การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไดนามิค 3) การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด และ4) การจัดสรรช่องสัญญาณแบบยืมช่องสัญญาณ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว (Fixed Channel Allocation, FCA)

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว เป็นการจัดสรรช่องสัญญาณแบบที่ง่ายที่สุดที่ถูกนำมาใช้ในระบบเซลลูลาร์หลายๆระบบ วิธีนี้จะกำหนดจำนวนช่องสัญญาณไว้อย่างตายตัวในแต่ละเซลล์ ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นทราฟฟิคและขนาดของเซลล์ ซึ่งเหมาะกับการวางแผนการใช้ความถี่ในระยะยาว

2.5.2 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไดนามิก (Dynamic Channel Allocation, DCA)

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไดนามิค เป็นการจัดสรรช่องสัญญาณโดยกำหนดช่องสัญญาณที่ทุกเซลล์สามารถใช้ร่วมกันได้โดยไม่ขัดกับเงื่อนไขของการใช้ความถี่ซ้ำ (Frequency reuse) ซึ่งจะจัดสรรจำนวนช่องสัญญาณให้กับแต่ละเซลล์ ตามปริมาณทราฟฟิคบนพื้นฐานของเวลาจริง (Real time) วิธีนี้จะเหมาะสำหรับการปรับปรุงการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ (bandwidth utilization) เมื่อปริมาณทราฟฟิคมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่สม่ำเสมอ

2.5.3 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด (Hybrid Channel Allocation, HCA)

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด เป็นการนำวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว กับวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไดนามิคมารวมกัน โดยวิธีนี้จะแบ่งกลุ่มช่องสัญญาณเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะใช้วิธีกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัวเพื่อรองรับทราฟฟิคพื้นฐาน ส่วนกลุ่มที่สองจะใช้วิธีกำหนดช่องสัญญาณแบบไดนามิกเพื่อใช้รองรับทราฟฟิคที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ

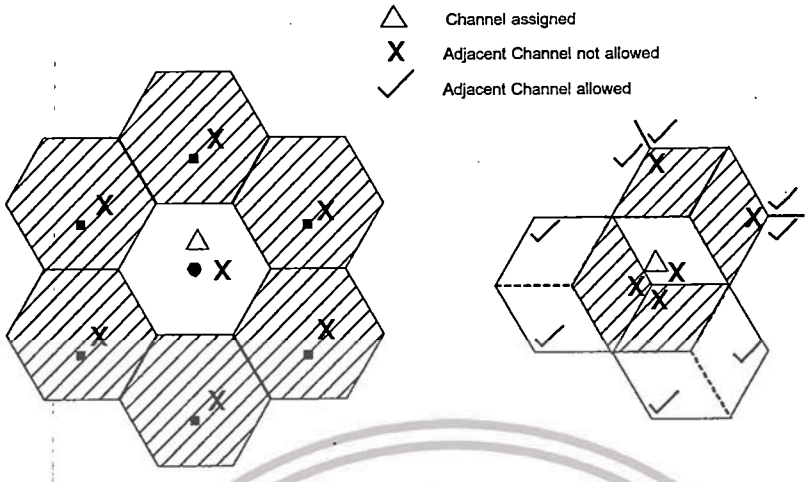
ปัญหาของวิธีนี้คือการกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างจำนวนช่องสัญญาณแบบคงที่กับจำนวนช่องสัญญาณแบบไดนามิก (โดยปกติกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ตายตัว) ซึ่งหากสามารถกำหนดสัดส่วนได้เหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิคจริงก็จะทำให้การใช้ช่องสัญญาณมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (โดยการเปลี่ยนสัดส่วนตามปริมาณโหลด) จะทำให้สามารถรองรับทราฟฟิคได้สูงขึ้น (จากผลการทดลองพบว่า การใช้นิวรอลเน็ตเวิร์คพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคแล้วนำมากำหนดสัดส่วนของการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริดจะทำให้สามารถรองรับทราฟฟิคสูงขึ้นอีก 20%)

2.5.4 การจัดสรรช่องสัญญาณแบบยืมช่องสัญญาณ (Borrow Channel Allocation, BCA)

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบยืมช่องสัญญาณ เป็นแนวคิดที่ปรับปรุงมาจากการจัดสรรช่องสัญญาณแบบตายตัว ซึ่งมีการกำหนดช่องสัญญาณให้ในแต่ละเซลล์แบบตายตัว เมื่อช่องสัญญาณทั้งหมดของเซลล์หนึ่งถูกใช้หมดและมีการเรียกใหม่เกิดขึ้นในเซลล์นั้นอีก เซลล์ดังกล่าวจะสามารถยืมช่องสัญญาณจากเซลล์รอบข้างได้ โดยจะต้องพิจารณาถึงการเกิด Co-Channel Interference ด้วย

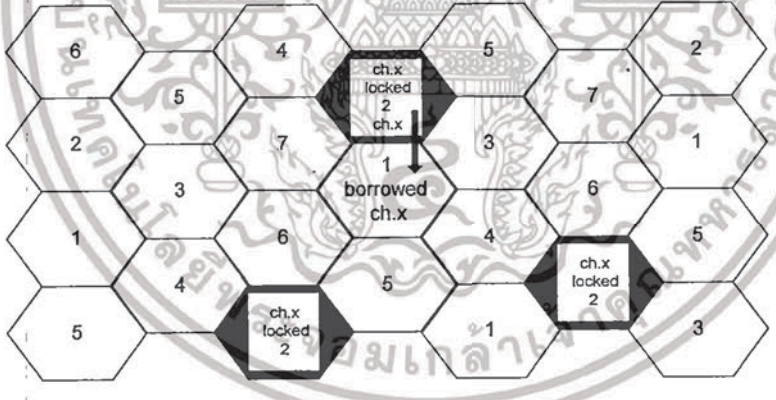
การยืมช่องสัญญาณจากเซลล์รอบข้างโดยไม่ทำให้เกิด Co-Channel Interference ทั้งเซลล์ชนิดที่ใช้สายอากาศแบบมีทิศทาง และไม่มีทิศทางแสดงได้ดังรูปที่ 2.8 [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เซลล์ข้างเคียงที่สามารถยืมใช้ช่องสัญญาณได้

ลักษณะการยืมช่องสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียง ซึ่งเพื่อเป็นการป้องกันการเกิด Co-channel Interference ช่องสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียงที่ให้ยืมช่องสัญญาณนั้นจะต้องถูกล็อกไว้ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ลักษณะการยืมใช้ช่องสัญญาณจากเซลล์ข้างเคียง

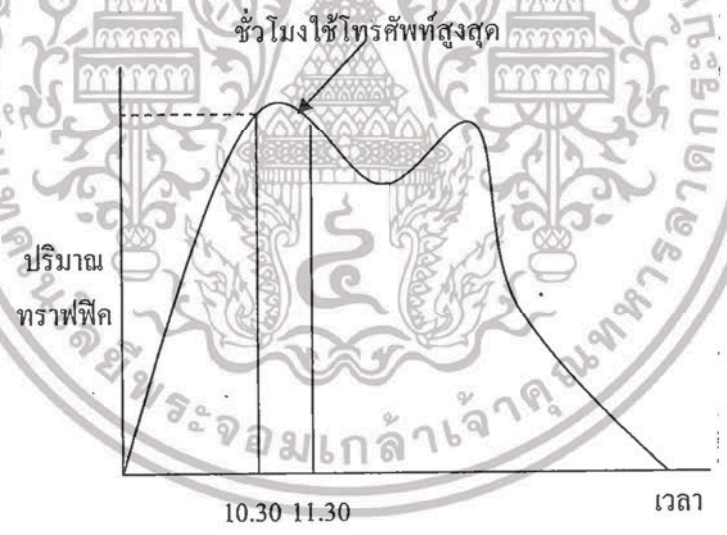
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีทราฟฟิคของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.1 ทฤษฎีทราฟฟิค

ทฤษฎีทราฟฟิคของโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะเป็นการคำนวณจำนวนช่องสัญญาณที่จำเป็น เพื่อใช้ในสถานีฐาน ตลอดจนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดหามาติดตั้งอย่างเหมาะสมในการตอบสนองการเรียกหรือทราฟฟิคขอบริการ ด้วยความน่าจะเป็นของการติดขัดน้อยที่สุด ในชั่วโมงใช้โทรศัพท์

การเรียก (Call) คือการต่อสำเร็จระหว่างผู้เรียกและผู้รับ ส่วนการพยายามเรียก (Call Attempt) คือการพยายามเรียกที่ถูกทำให้เกิดโดยผู้ใช้เสมอ ถ้าการพยายามเรียก ได้รับคำตอบจากสถานีรับ เรียกว่าการพยายามเรียกสำเร็จ (Call Attempt Complete) ในการขอต่อซึ่งถูกปฏิเสธด้วยสัญญาณไม่ว่าง (busy tone) เนื่องจากการคับคั่ง คือการเรียกไม่ได้ (lost call) ส่วนชั่วโมงใช้สูงสุด (busy hour) คือ ชั่วโมงใช้สูงสุดที่อ้างถึง ทราฟฟิคหรือจำนวนการพยายามเรียก คือ ช่วงเวลาต่อเนื่อง 1 ชั่วโมง ที่มีปริมาณทราฟฟิคได้บริการหรือการเรียกได้บริการสูงสุด



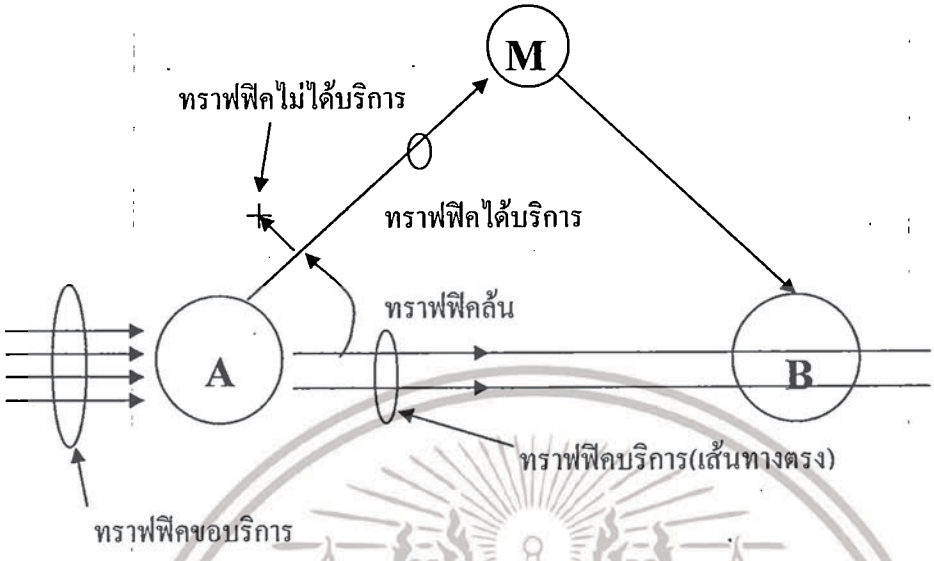
รูปที่ 3.1 การแสดงการเรียกโทรศัพท์และชั่วโมงใช้โทรศัพท์สูงสุด

ทราฟฟิคขอบริการ (traffic offered) คือ ทราฟฟิคที่ควรจะถูกให้บริการ โดยช่องสัญญาณมากพอเพียงที่จะรองรับทราฟฟิคได้

ทราฟฟิคได้บริการ (traffic carried) คือ ทราฟฟิคได้บริการผ่านช่องสัญญาณในชั่วโมงใช้โทรศัพท์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทราฟฟิคล้น (Overflow traffic) คือ ส่วนของทราฟฟิคของบริการที่ช่องสัญญาณรับภาระได้ไม่หมด



รูปที่ 3.2 แสดงทราฟฟิคชนิดต่างๆของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

จากรูปที่ 3.2 ทราฟฟิคของบริการเข้าที่เครื่องชุมสายท้องถิ่นต่อสถานีปลายทางด้วยสายผ่านเส้นทางตรงได้สำเร็จ เรียกว่า ทราฟฟิคได้บริการ เมื่อเส้นทางตรงเต็ม ทราฟฟิคของบริการสู่ปลายทางเดียวกันมีมากกว่า จะกลายเป็นทราฟฟิคจากเส้นทางตรง เมื่อโครงข่ายจัดสายผ่านเพิ่มไว้ในเส้นทางเลือก และหรือเส้นทางสุดท้าย ทราฟฟิคลับดังกล่าวจะกลายเป็นทราฟฟิคขอบริการ เข้าเส้นทางเลือก และหรือเส้นทางสุดท้าย ส่วนทราฟฟิคที่เหลือจากทราฟฟิคได้บริการเส้นทางเลือก และหรือเส้นทางสุดท้าย จะเป็นทราฟฟิคไม่ได้บริการ[18]

3.2 หน่วยของปริมาณทราฟฟิคโทรศัพท์

หน่วยวัดปริมาณทราฟฟิคที่นิยมใช้ในการสื่อสารเป็นส่วนใหญ่จะมี 2 หน่วย คือ Erlang และ Unit Call (UC) หรือ HCS (Hundred Call Second) หรือ CCS (Cent Call Second) ซึ่งความหมายของปริมาณทราฟฟิค 1 Erlang จะแสดงถึงการใช้วงจร 1 วงจรติดต่อกันตลอดระยะเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งจะเท่ากับ 36 CCS หรือ 36 HCS และหน่วยที่ไม่เป็นที่นิยมใช้กันก็คือ Traffic Unit (TU) และ Equated Busy Hour Call (EBHC) [6]

หน่วย UC, HCS, CCS หมายถึงจำนวนการเรียกต่อหนึ่งชั่วโมงที่มีการใช้งานเฉลี่ย 100 วินาที ส่วนหน่วย EBHC หมายถึงจำนวนการเรียกต่อหนึ่งชั่วโมงที่มีการใช้งานเฉลี่ย 120 วินาที ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CCS, EBHC กับเออแลงได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1 CCS = การเรียก 1 ครั้งที่ใช้เวลาเฉลี่ย 100 วินาที

= การเรียก 1 ครั้งที่ใช้เวลาเฉลี่ย 1/36 ชั่วโมง

= 1/36 เออแลง

1 EBHC = การเรียก 1 ครั้งที่ใช้เวลาเฉลี่ย 120 วินาที

= การเรียก 1 ครั้งที่ใช้เวลาเฉลี่ย 1/30 ชั่วโมง

= 1/30 เออแลง

สามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของหน่วยทราฟฟิค

หน่วยทราฟฟิค	เออแลง	CCS	EBHC
1 เออแลง, 1 TU	1	36	30
1 CCS, 1 HCS, 1 UC	1/36	1	5/6
1 EBHC	1/30	6/5	1

3.3 ทราฟฟิคหนาแน่น (Traffic Intensity)

กำหนดให้ S คือผลรวมของเวลายึดช่องสัญญาณเฉลี่ยของวงจร ในช่วงเวลา T ทั้ง S และ T มีหน่วยเป็นชั่วโมง จะได้ทราฟฟิคหนาแน่น (A) คือ[18]

$$A = \frac{S}{T} \tag{3.1}$$

กำหนดให้ C คือ จำนวนการเรียกได้บริการ

t คือ เวลายึดช่องสัญญาณเฉลี่ยต่อการเรียก

จะได้

$$S = Ct \tag{3.2}$$

และ S มีความหมายเหมือนเดิม และจะได้

$$A = \frac{Ct}{T} \tag{3.3}$$

83633

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีการเรียก C ครั้งมีเวลาเฉลี่ยในการใช้งาน t ชั่วโมง ในช่วง T ชั่วโมงแล้วจะได้ทราฟฟิคหนาแน่นคือ

$$A = \frac{Ct}{T} \tag{3.4}$$

มีหน่วยเป็นเออแลง

3.4 อัตราการเรียกไม่ติด

อัตราการเรียกไม่ติด คือ จำนวนของพารามิเตอร์ทางวิศวกรรมทราฟฟิค ใช้เพื่อจัดหาให้เพียงพอความน่าจะเป็นของการติดขัด (Blocking Probability) เนื่องจากมีการเรียกขอบริการ (Offered Call) ในชั่วโมงใช้โทรศัพท์สูงสุด (Busy Hour) มากเกินทรัพยากร เช่น สายผ่านในเส้นทางต่างๆ ที่จัดไว้ด้วยจำนวนจำกัด การเรียกที่เกินจำนวนดังกล่าว คือ การเรียกไม่ได้ (Lost Call) แสดงทางสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ [18]

$$B = \frac{\alpha}{A_0} \tag{3.5}$$

เมื่อ B : ความน่าจะเป็นของการติดขัด (Blocking Probability)

α : ทราฟฟิคไม่ได้บริการ (Lost Traffic) หรือการเรียกไม่ได้ (Lost Calls)

A_0 : ทราฟฟิคขอบริการ (Offered Traffic) หรือการเรียกขอบริการ (Offered Calls)

เนื่องจาก

$$A_0 = A_c + \alpha \tag{3.6}$$

A_c : ทราฟฟิคได้บริการ (Carried Traffic) หรือการเรียกได้บริการ (carried calls)

จะได้

$$B = 1 - \frac{A_c}{A_0} \tag{3.7}$$

หรือเมื่อต้องการหาการเรียกได้บริการได้ดังนี้

$$A_c = A_0(1 - B) \tag{3.8}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชั้นของบริการ (GOS : Grade of Service)

ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้น จะมีการติดตั้งสถานีฐานไว้จุดต่างๆ กระจายไปให้ครอบคลุมพื้นที่ใช้บริการ โดยในแต่ละสถานีฐาน จะมีจำนวนช่องสัญญาณติดตั้งอยู่ไม่เท่ากัน ขึ้นกับพื้นที่การให้บริการ เมื่อสถานีฐานใดๆ สถานีหนึ่งมีผู้ใช้งานจำนวนมาก จำนวนช่องสัญญาณในพื้นที่นั้น ที่จะรองรับได้ ทำให้ใช้งานไม่สะดวก ดังนั้นจะต้องมีการตรวจสอบการใช้งานในชั่วโมงใช้โทรศัพท์สูงสุด (busy hour) ได้ตัวเลขความน่าจะเป็นของการติดขัด (Blocking probability)[18]

$$\text{อัตราการเรียกไม่ติด} = \frac{\alpha}{A_0} \tag{3.9}$$

เมื่อ α = การเรียกไม่ได้หรือทราฟิคไม่ได้บริการ

A_0 = การเรียกขอบริการหรือทราฟฟิคขอบริการ

โดยชั้นของการบริการจะหาได้จาก

$$B_n = \frac{A_0^n / n!}{1 + A_0 + A_0^2/2! + \ldots\ldots A_0^n/n!} \tag{3.10}$$

หรือเรียกสมการที่ 1 หนึ่งของเออร์แลง (Erlang)

$$B_{1,n}(A_0) = \frac{A_0^n / n!}{\sum_{i=0}^{n} A_0^i / i!} \tag{3.11}$$

$B_{1,n}(A_0)$ คือ Erlang 's B Formula หรือ Erlang Loss Formula

3.6 การวัดทราฟฟิค (Traffic Measurement)

การออกแบบระบบและการวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะต้องอยู่ภายใต้พื้นฐานของปริมาณทราฟฟิคในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน (Busy hour) ตามมาตรฐานของ ITU จะกำหนดชั่วโมงเร่งด่วนไว้ 60 นาที สำหรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ปกติปริมาณทราฟฟิคสูงสุดจะอยู่ในช่วง 10.00 ถึง 12.00 น. และช่วงที่สองจะสูงในช่วง 13.00 ถึง 15.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาในการติดต่อทำธุรกิจ [6]

หลักการวัดเพื่อให้ได้ความเข้มทราฟฟิค การเรียก การวัดต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่องดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 การวัดจำนวนทราฟฟิคได้บริการ

คือ ค่าเฉลี่ยเออร์แลงในระยะเวลาที่แน่นอน เช่น15 นาที หรือ 1 ชั่วโมง เป็นต้น

3.6.2 การวัดจำนวนการเรียก

คือ เป็นการเรียกที่มีอยู่จริง ระหว่างระยะเวลาที่แน่นอน

3.6.3 การวัดตลอดปี

คือ วันที่วัดจะถูกเลือกภายหลัง (Post Selected) รวมทั้งค่าที่วัดความเข้มสูงสุดของระยะเวลาพื้นฐาน (Base Period) 30 วันสูงสุด

3.6.4 การวัดไม่ตลอดปี

คือ วันที่วัดจะถูกกำหนด (Pre-Selected) เช่น วันที่คาดหมายว่าภาระงานทราฟฟิคสูง

3.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณทราฟฟิค

การที่จะพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคได้อย่างแม่นยำนั้น จะต้องทราบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณทราฟฟิคด้วย ซึ่งปัจจัยโดยทั่วไปที่มีผลกระทบกับปริมาณทราฟฟิคคือ

3.7.1 ปัจจัยด้านเวลา

ปัจจัยด้านเวลาที่มีอิทธิพลต่อปริมาณทราฟฟิค ได้แก่ ผลกระทบจากวัฏจักรของแต่ละสัปดาห์หรือของแต่ละวัน วันหยุดนักขัตฤกษ์ และวันหยุดสุดสัปดาห์ เป็นต้น

3.7.2 ปัจจัยเศรษฐกิจและประชากร

สภาวะเศรษฐกิจก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบ เช่น ในสภาวะเศรษฐกิจกำลังชะลอตัวก็จะทำให้ปริมาณการใช้โทรศัพท์ลดลงด้วย สภาวะเศรษฐกิจดีขึ้นปริมาณการใช้โทรศัพท์ก็เพิ่มขึ้นตาม

3.7.3 พื้นที่การให้บริการ

พื้นที่การให้บริการจะมีผลกระทบต่อปริมาณทราฟฟิคมาก เนื่องจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นเหมือนกันแต่ประเภทของผู้ใช้ต่างกัน ก็ทำให้เกิดความคับคั่งของปริมาณทราฟฟิคต่างกันด้วย เช่น พื้นที่ธุรกิจ พื้นที่ศูนย์การค้า พื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่ที่อยู่อาศัย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 ปัจจัยเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอ หรือความผันแปรแบบสุ่ม

ปัจจัยแบบสุ่ม ที่จะมีผลกระทบต่อปริมาณทราฟฟิค เป็นความผันแปรที่ไม่สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ เช่น การเกิดสงคราม การเกิดภัยธรรมชาติ หรือกรณีชุมสายโทรศัพท์ขัดข้อง หรือสถานีฐานขัดข้อง ก็จะทำให้เกิดปริมาณทราฟฟิคที่สูงในเซลล์ หรือพื้นที่ข้างเคียงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วิธีพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค

การพยากรณ์คือ การคาดการณ์ว่าอะไรเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การพยากรณ์ด้านเศรษฐกิจ การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี การพยากรณ์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ เป็นการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดโดยนำผลการพยากรณ์มาวางแผนเพื่อจัดการอนาคตให้ดีที่สุด

4.1 ประเภทของเทคนิคการพยากรณ์

4.1.1 เทคนิคพยากรณ์เชิงคุณภาพ

เป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่อาศัยวิจารณญาณ ผลของการพยากรณ์ใช้เทคนิคเดียวกัน อาจได้ค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้พยากรณ์เป็นหลัก วิจารณญาณมาจากประสบการณ์พื้นฐานและพื้นฐานของผู้พยากรณ์ ดังนั้นเทคนิคเหมาะสมในกรณี

- เมื่อไม่มีข้อมูล
- ใช้สำหรับการพยากรณ์ในอนาคตที่ไกลมาก เพราะในอนาคตอันไกลความไม่แน่นอนของปัจจัยต่างๆ ที่กระทบต่อสิ่งที่พยากรณ์มาก

4.1.2 เทคนิคพยากรณ์เชิงปริมาณ

4.1.2.1 เทคนิคอนุกรมเวลา

เป็นเทคนิคที่ใช้ข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์ในอนาคต โดยข้อมูลในอดีตจะรวบรวมเป็นวัน เป็นรายสัปดาห์ รายเดือน หรือรายปีอย่างต่อเนื่อง ส่วนวิธีการสร้างเส้นแนวโน้มจะใช้ผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าแนวโน้มกับค่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้มีค่าน้อยที่สุด (least square error) การสร้างเส้นแนวโน้มด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

การพยากรณ์โดยสร้างเส้นแนวโน้มที่ให้ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าแนวโน้มกับค่าของข้อมูลที่รวบรวมได้ให้มีค่าน้อยที่สุดจาก[19]

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i - Y_c)^2 = \text{มีค่าน้อยที่สุด} \qquad (4.1)$$

โดยที่ Y_i = ค่าของมูลที่เก็บรวบรวมไว้

$i = 1,.....,n$

Y_c = ค่าแนวโน้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1.1 พยากรณ์โดยใช้สมการเส้นตรง

สมการแนวโน้มรูปเส้นตรงคือ

$$Y_c = a + bX \tag{4.2}$$

โดยที่ X เป็นอนุกรมของเวลา

และ a,b เป็นค่าคงที่

จากสมการ(4.1)และ(4.2)จะได้

$$\sum_{i=1}^{n}(Y_i - Y_c)^2 = \sum_{i=1}^{n}(Y_i - (a+bX))^2 = 0 \tag{4.3}$$

ต้องการให้สมการ(4.3)มีค่าน้อยที่สุดทำได้ โดยการหาอนุพันธ์บางส่วนเทียบกับ a,b

$$\frac{\partial}{\partial a}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - (a+bX))^2 = 0 \tag{4.4}$$

จะได้

$$na + b\sum_{i=1}^{n}X = \sum_{i=1}^{n}Y_i \tag{4.5}$$

$$\frac{\partial}{\partial b}\sum_{i=1}^{n}(Y_i - (a+bX))^2 = 0 \tag{4.6}$$

และ

$$a\sum_{i=1}^{n}X + b\sum_{i=1}^{n}(X)^2 = \sum_{i=1}^{n}XY_i \tag{4.7}$$

จะหาค่าของ a,b ได้

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n}XY_i - \sum_{i=1}^{n}X\sum_{i=1}^{n}Y_i}{n\sum_{i=1}^{n}X^2 - \left(\sum_{i=1}^{n}X\right)^2} \tag{4.8}$$

$$a = \overline{Y_i} - b\overline{X} \tag{4.9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\overline{X}$ และ $\overline{Y_i}$ เป็นค่าเฉลี่ยของ X และ Y_i ตามลำดับและเมื่อทำการปรับค่า X ให้เป็น x โดย

$$\sum_{i=1}^{n} x = 0 \tag{4.10}$$

จะได้

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} xY_i}{\sum_{i=1}^{n} X^2} \tag{4.11}$$

$$a = \overline{Y_i} \tag{4.12}$$

4.1.2.1.2 พยากรณ์โดยใช้สมการเอ็กโปเน็นเชียล

สมการรูปเอ็กโปเน็นเชียลคือ

$$Y_c = ab^x \tag{4.13}$$

จะได้ $$\log Y_c = \log a + (\log b)X \tag{4.14}$$

จะหาค่าของ a, b ได้คือ

$$\sum_{i=1}^{n} \log Y_i = n \log a + \log b \sum_{i=1}^{n} X \tag{4.15}$$

$$\sum_{i=1}^{n} (X \log Y_i) = \log a \sum_{i=1}^{n} X + (\log b) \sum_{i=1}^{n} X^2 \tag{4.16}$$

เมื่อทำการปรับค่า X ให้เป็น x โดย $\sum_{i=1}^{n} x = 0$ จะได้ว่า

$$\log a = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log Y_i}{n} \tag{4.17}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\log b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x \log Y_i}{\sum_{i=1}^{n} x^2} \tag{4.18}$$

4.1.2.1.3 พยากรณ์โดยใช้โพลิโนเมียลกำลังสอง

สมการรูปโพลิโนเมียลกำลังสองคือ

$$Y_c = a + bX + cX^2 \tag{4.19}$$

จะหาค่าของ a,b,c ได้คือ

$$na + b\sum_{i=1}^{n} X + c\sum_{i=1}^{n} X^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i \tag{4.20}$$

$$a\sum_{i=1}^{n} X + b\sum_{i=1}^{n} X^2 + c\sum_{i=1}^{n} X^3 = \sum_{i=1}^{n} XY_i \tag{4.21}$$

$$a\sum_{i=1}^{n} X^2 + b\sum_{i=1}^{n} X^3 + c\sum_{i=1}^{n} X^4 = \sum_{i=1}^{n} X^2 Y_i \tag{4.22}$$

เมื่อทำการปรับค่า X ให้เป็น x โดย $\sum_{i=1}^{n} x = 0$ จะได้

$$na + c\sum_{i=1}^{n} x^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i \tag{4.23}$$

$$b\sum_{i=1}^{n} x^2 = \sum_{i=1}^{n} xY_i \tag{4.24}$$

$$a\sum_{i=1}^{n} x^2 + c\sum_{i=1}^{n} x^2 = \sum_{i=1}^{n} x^2 Y_i \tag{4.25}$$

จะหาค่าของ a,b,c ได้

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y - c\sum_{i=1}^{n} x^2}{n} \tag{4.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} xY}{x^2} \tag{4.27}$$

$$c = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x^2 Y - \sum_{i=1}^{n} x^2 \sum_{i=1}^{n} xY}{n\sum_{i=1}^{n} x^4 - \left(\sum_{i=1}^{n} x^2\right)^2} \tag{4.28}$$

4.1.2.2 เทคนิคความสัมพันธ์ของข้อมูล

เทคนิคการพยากรณ์โดยเทคนิคอนุกรมเวลา ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ได้คำนึงถึงตัวแปรที่มีผลกระทบต่อตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดของเทคนิคความสัมพันธ์ของข้อมูล (Causal Model) ซึ่งเน้นความสัมพันธ์ของตัวแปรในการพยากรณ์ ถ้ากรณีที่วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรเพียง 2 ตัว จะเรียกว่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย (Simple Regression) โดยตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์มี 2 ประเภท คือ[20]

- ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร Y
- ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ใช้สัญลักษณ์แทนด้วยอักษร X

4.1.2.2.1 แบบจำลองการถดถอย (Regression Model)

รูปแบบทั่วไปของสมการถดถอย คือ

$$\hat{Y} = f(X_1, X_2 \ldots\ldots\ldots, X_2) + \varepsilon \tag{4.29}$$

$\hat{Y}$ คือ ค่าประมาณของตัวแปรตาม (Y)

ε คือ ค่าความผิดพลาด (Error) หรือค่าความคลาดเคลื่อน

จากสมการ(4.29)เรียกว่า "สมการถดถอย" ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1.ส่วนที่สามารถคำนวณได้ เขียนแทนด้วย $f(X_1, X_2, \ldots\ldots\ldots, X_k)$ ซึ่งฟังก์ชันนี้สามารถใช้แทนได้ ทั้งความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear) และความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear)

2. ส่วนที่ไม่สามารถคำนวณได้ เขียนแทนด้วย ε

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของตัวแปรตามที่แท้จริง (Y) จะแตกต่างจากค่าของตัวแปรตามที่ประมาณได้จากสมการถดถอย(Y) เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อน(ε) ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้ในบางครั้งค่า $\hat{Y}$ สูงกว่าค่า Y แต่บางครั้งก็ต่ำกว่า ดังนั้นเพื่อกำจัดความไม่แน่นอนออกไปจึงสมมติให้[21]

1. ค่า ε มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ หรือ $E(\varepsilon)=0$
2. ค่า ε มีความแปรปรวนคงที่
3. ค่า ε มีการแจกแจงแบบปกติ (การแจกแจงแบบระฆังคว่ำ)

4.1.2.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ถดถอย

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์การถดถอยหลายลักษณะ แต่โดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนในการวิเคราะห์จะมีลักษณะคล้ายกัน ดังนี้

1.เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่าง

2.กำหนดตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรอิสระ (X)

3.นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสร้างกราฟการกระจายเพื่อทดสอบว่าเป็นเส้นตรงหรือไม่

4.ในกรณีที่กราฟการกระจายเป็นเส้นตรงสามารถวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่ายหรือแบบพหุคูณได้ แต่ในกรณีที่กราฟการกระจายไม่เป็นเส้นตรง ผู้ตัดสินใจจะต้องใช้วิธีการถดถอยแบบโพลีโนเมียล[21]

4.1.2.2.3 กราฟการกระจาย (Scatter Diagram)

ดังที่กล่าวไว้ในขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยว่า หลังจากผู้ตัดสินใจได้เก็บรวบรวมข้อมูลมาแล้ว ก่อนที่จะเลือกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจะต้องมีการตรวจสอบเพื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลเสียก่อนว่า มีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อให้ผลการวิเคราะห์น่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ วิธีการตรวจสอบลักษระความสัมพันธ์ คือ " การสร้างกราฟการกระจาย (Scatter Diagram)" โดยกำหนดให้แกนตั้ง (Y-axis) แทน ค่าของตัวแปรตาม และให้แกนนอน (X-axis) แทน ค่าของตัวแปรอิสระ และนำข้อมูลที่รวบรวมมาได้กำหนดลงบนจุดระนาบที่สร้างขึ้นกราฟการกระจาย จะทำให้ผู้ตัดสินใจทราบถึงลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ โดยหากมีลักษณะเป็นเส้นตรงผู้ตัดสินใจจะสามารถสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายหรือพหุคูณได้ แต่หากมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงจะไม่สามารถใช้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายได้

4.1.2.2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย เป็นการศึกษาเพื่อหาสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) 1 ตัวกับตัวแปรอิสระ (X) 1 ตัว โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงและไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเส้นตรง แต่ในที่นี้ขอนำเสนอเพียงความสัมพันธ์แบบที่เป็นเส้นตรง และเรียกว่า "การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)"

การถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายมีรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \tag{4.30}$$

β_0 แทนระยะที่เส้นตรงตัดแกน Y (Y – intercept) ซึ่งเป็นระยะบนแกน Y เมื่อค่า X เท่ากับ 0

β_1 แทนความชัน (Slope) ของเส้นตรง (เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลง Y เมื่อ X เปลี่ยนไป 1 หน่วย)

ε แทนค่าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม ซึ่งอาจจะเกิดจากการเก็บข้อมูลคลาดเคลื่อน หรือการคำนวณคลาดเคลื่อน หรือกล่าวเป็นอีกนัยหนึ่ง คือ ค่า Y ทุกตัว จะไม่เท่ากับ $\beta_0 + \beta_1 X$ เสมอไป แต่ Y อาจจะแตกต่างจาก $\beta_0 + \beta_1 X$ ความแตกต่างนี้ คือ ε ซึ่ง ε นี้จะเกิดขึ้นอย่างสุ่ม

แบบจำลองที่ใช้สมการ(4.30) เป็นแบบจำลองอย่างง่าย เนื่องจากแบบจำลองนี้ประกอบด้วยตัวแปรอิสระเพียง 1 ตัว และเป็นสมการเส้นตรงเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ β_0 และ β_1 ไม่ได้เป็นค่าเอ็กซ์โพเนนเชียล หรือไม่มีพารามิเตอร์ตัวใดมีความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับอีกตัวหนึ่ง (เป็นอิสระต่อกัน)

จากแบบจำลอง (4.30)จะเห็นว่ามีการใช้ค่าพารามิเตอร์เป็น β_0 และ β_1 เมื่ออยู่ในสมการถดถอยจะเรียกพารามิเตอร์ดังกล่าวว่า "สัมประสิทธิ์การถดถอย" ที่จะต้องคำนวณจากข้อมูลของประชากรทั้งหมด ซึ่งเป็นการยาก ดังนั้น จึงต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างประชากร โดยใช้สัญลักษณ์ b_0 และ b_1 แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่าง ดังสมการ(4.31)

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + e \tag{4.31}$$

โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1. ค่า e มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ หรือ $E(e) = 0$
2. ค่า e มีค่าความแปรปรวนคงที่ หรือ $Var(e) =$ ค่าคงที่
3. ค่า e มีการแจกแจงแบบปกติ
4. แต่ละค่าของ e เป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีสมการที่ใช้ในการประมาณค่าของ Y คือ

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_{1i} \tag{4.32}$$

$\hat{Y}_i$ แทนค่าประมาณของ Y_i

b_0 แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่างซึ่งเป็นค่าคงที่โดยประมาณของ β_0

b_1 แทนสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่างซึ่งเป็นค่าคงที่โดยประมาณของ β_1

สมการที่ (4.32) เรียกว่า "สมการประมาณ (Predicted Equation)" เรียก $\hat{Y}_i$ ว่า ค่าประมาณ (Predicted Value) ของ Y_i กราฟเส้นตรงซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y ในสมการ (4.32) เรียกว่า "เส้นถดถอย (Regression Line)"

ผู้ตัดสินใจจำเป็นต้องประมาณค่าของ b_0 และ b_1 ที่ทำให้ค่า $\hat{Y}_i$ ใกล้เคียงกับค่า Y_i มากที่สุดหรือกล่าวคือ $Y_i - \hat{Y}_i$ มีค่าน้อยที่สุด เรียกเทอม $Y_i - \hat{Y}_i$ ว่า "ความคลาดเคลื่อนที่ประมาณได้ (Estimation Error)" แต่ค่า Estimation Error นี้ ในปัญหาที่เกี่ยวกับการถดถอยจะเรียกว่า "Residuals"

วิธีการประมาณค่า b_0 และ b_1 ให้ได้ค่าที่ดีที่สุดใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การหาผลรวมระหว่างแต่ละค่าของ Estimation Error ยกกำลังสองน้อยที่สุด หรือเรียกว่า "Error Sum of Squares (ESS)" ซึ่งนิยามได้ดังนี้

$$ESS = \sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \hat{Y}_i \right)^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[(a + bX_{1i}) \right]^2 \tag{4.33}$$

เนื่องจากค่า Estimation Error แต่ละค่าเป็นค่ายกกำลังสอง ดังนั้นค่า ESS จึงไม่เป็นค่าลบ และค่า ESS ที่คำนวณได้น้อยที่สุดก็คือ 0 โดยค่า ESS จะเป็น 0 ได้ก็ต่อเมื่อ $Y_i - \hat{Y}_i = 0$ ทุกค่าสังเกต ซึ่งในกรณีนี้เส้นถดถอย (Regression Line) ที่ประมาณได้จะเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุด ดังนั้นการประมาณค่า b_0 และ b_1 ที่ดีที่สุดก็คือ การทำให้ค่า ESS มีค่าน้อยที่สุด วิธีการหาผลรวมของ Estimation Error ยกกำลังสองที่น้อยที่สุดนี้ เรียกว่า 'วิธีกำลังสองน้อยที่สุด' (Method of Least Squares)[21]

4.1.2.2.5 การตีความค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

ค่า b_0 คือ ระยะที่เส้นถดถอยตัดแกน Y ซึ่งเป็นค่าคงที่ เมื่อ $X = 0$ จะได้เส้นถดถอยตัดแกน Y ที่ b_0

ค่า b_1 คือ ค่าวัดความชันของเส้นถดถอย ซึ่งมีหลายลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. $b_1 > 0$ แสดงว่าค่าของ X มีผลทำให้ Y เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้า X เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะมีผลทำให้ Y เพิ่มขึ้น b_1 หน่วย หรือถ้า X ลดลง 1 หน่วย จะมีผลทำให้ Y ลดลง b_1 หน่วย

2. $b_1 < 0$ แสดงว่าค่าของ X มีผลทำให้ Y เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม คือ ถ้า X เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะมีผลทำให้ Y ลดลง b_1 หน่วย หรือถ้า X ลดลง 1 หน่วย จะมีผลทำให้ Y เพิ่มขึ้น b_1 หน่วย

3. $b_1 = 0$ แสดงว่าค่าของ X ไม่มีผลต่อ Y นั้นคือ ไม่ว่า X จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ไม่ทำให้ Y เปลี่ยนแปลง[21]

4.2 การรวมเทคนิคการพยากรณ์ (Combining Forecast)

เนื่องจากไม่มีเทคนิคใดที่พยากรณ์ได้แม่นยำทุกสถานการณ์และทุกงวดของการพยากรณ์ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการเอาเทคนิคพยากรณ์หลายๆเทคนิคมารวมกัน เพื่อใช้เป็นตัวแบบในการพยากรณ์ การรวมมีหลายวิธีดังนี้[20]

4.2.1 การรวมเทคนิคการพยากรณ์โดยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน

วิธีการนี้จะให้น้ำหนักของเทคนิคที่นำมารวมกันเท่าๆกัน

สูตร
$$F_{ct} = W_1F_{1t} + W_2F_{2t} + \ldots\ldots\ldots\ldots W_kF_{kt} \tag{4.34}$$

โดยที่
$$W_1 = W_2 = W_3 \ldots\ldots\ldots = W_k \tag{4.35}$$

4.2.2 การรวมเทคนิคการพยากรณ์โดยถ่วงน้ำหนักตามความแม่นยำ

การวัดความแม่นยำของเทคนิคพยากรณ์อาจจะใช้วัดแบบ

4.2.2.1 Average Forecast Error (FE)

จาก
$$F_{ct} = W_1F_{1t} + W_2F_{2t} + \ldots\ldots\ldots\ldots W_kF_{kt} \tag{4.36}$$

โดยสามารถหา W_1, W_2 ได้จาก

$$W_1 = \frac{FE_2}{FE_1 + FE_2} \tag{4.37}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_2 = \frac{FE_1}{FE_1 + FE_2} \tag{4.38}$$

โดยสามารถหา FE_1, FE_2 ได้จาก

$$FE_1 = \frac{\sum(X_{t1} - F_{t1})}{n} \tag{4.39}$$

$$FE_2 = \frac{\sum(X_{t2} - F_{t2})}{n} \tag{4.40}$$

เมื่อ X_t : ค่าที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ค่าจากการพยากรณ์งวดที่ t

n : จำนวนงวดของการพยากรณ์

4.2.2.2 Average Absolute Forecast Error (AFE)

สูตร $$F_{ct} = W_1 F_{1t} + W_2 F_{2t} + \ldots\ldots\ldots\ldots W_k F_{kt} \tag{4.41}$$

โดยสามารถหา W_1, W_2 ได้จาก

$$W_1 = \frac{AFE_2}{AFE_1 + AFE_2} \tag{4.42}$$

$$W_2 = \frac{AFE_1}{AFE_1 + AFE_2} \tag{4.43}$$

โดยสามารถหา AFE_1, AFE_2 ได้จาก

$$AFE_1 = \frac{\sum|X_{t1} - F_{t1}|}{n} \tag{4.44}$$

$$AFE_2 = \frac{\sum|X_{t2} - F_{t2}|}{n} \tag{4.45}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ X_t : ค่าที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ค่าจากการพยากรณ์งวดที่ t

n : จำนวนงวดของการพยากรณ์

4.3 การวัดความแม่นยำในการพยากรณ์

ความแม่นยำของเทคนิคพยากรณ์คือยอดพยากรณ์ที่แตกต่างจากปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงมากหรือน้อยแค่ไหน ถ้าแตกต่างกันน้อยแสดงว่าได้ค่อนข้างแม่นยำ ดังนั้นการวัดความแม่นยำ ดูจากความผิดพลาดในการพยากรณ์ ถ้าความผิดพลาดในการพยากรณ์ต่ำ แสดงว่าเทคนิคแม่นยำ ถ้าคามผิดพลาดในการพยากรณ์สูง แสดงว่า เทคนิคไม่แม่นยำ [15, 16]

$$e_t = X_t - F_t \tag{4.46}$$

e_t : ความผิดพลาด

X_t : ปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์งวดที่ t

โดยเทคนิคในการวัดความแม่นยำโดยคำนวณร้อยละความผิดพลาดในการพยากรณ์โดยไม่คำนึงเครื่องหมาย ค่าที่ได้ต่ำ แสดงว่าเทคนิคนั้นแม่นยำคือ วิธีค่าเฉลี่ยของร้อยละความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error)[21]

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \times 100}{n} \tag{4.47}$$

เมื่อ e_t : ความผิดพลาด

X_t : ค่าที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ค่าจากการพยากรณ์งวดที่ t

n : จำนวนงวดของการพยากรณ์

สำหรับเทคนิค $MAPE$ ถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าต่ำ แสดงว่าเทคนิคนั้นมีความแม่นยำ เช่น ถ้า $MAPE = 5\%$ แสดงว่าเทคนิคที่เลือกมีความผิดพลาดในการพยากรณ์เฉลี่ยร้อยละ 5 ต่องวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขั้นตอนในการพยากรณ์

ขั้นตอนในการพยากรณ์โดยทั่วไปแล้วมีดังนี้

1. กำหนดปัญหา กำหนดจุดมุ่งหมาย และสมมติฐานต่างๆสำหรับการพยากรณ์
2. รวบรวมข้อมูล ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลที่ต้องใช้ เช่น ปริมาณทราฟฟิค จำนวนเลขหมายในอดีตจนถึงปัจจุบัน อัตราการเติบโตของเศรษฐกิจ อัตราการเติบโตของประชากร เป็นต้น
3. เลือกวิธีการพยากรณ์ เลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมโดยดูจากข้อมูลที่มีอยู่และความต้องการค่าพยากรณ์ที่ถูกต้อง
4. ทำการพยากรณ์ ทำการพยากรณ์ตามวิธีที่กำหนดไว้
5. ทำการวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์และนำไปใช้งาน ทำการวิเคราะห์ผลของการพยากรณ์ ว่าผลการพยากรณ์มีข้อจำกัดอะไรบ้าง หรือมีทางเลือกอย่างไร ทั้งนี้เพื่อให้การวางแผนและการนำไปใช้งานมีประสิทธิภาพสูงสุด

4.5 การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณ

การแก้ปัญหา GOS เป็นการปรับปรุงโครงข่าย ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธีการเพิ่มอุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์ Transceivers การใช้เทคนิค Underlay/Overlay Cell หรือการติดตั้ง Macro / Micro Cells ใหม่ เป็นต้น

เครื่องมือที่แสดงในงานวิจัยนี้สามารถพยากรณ์ พื้นที่ที่มีค่า GOS ต่ำ หรือเป็นจุดที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงได้อย่างแม่นยำ และแสดงให้เห็นว่า การใช้เทคนิคหรือการวางแผนทางด้านการกำหนดอุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างในการแก้ปัญหา GOS ในระบบ GSM ประกอบด้วย [6]

- การเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณในแต่ละ เซลล์ (TRXs)
- การใช้เทคนิค Under laid /Overlaid cells
- การใช้เทคนิค Cell splitting (โดยการเพิ่ม base-station)
- การใช้เทคนิค Micro-cells สำหรับจุด "hot-spots"
- การใช้เทคนิค Dual-band operation (GSM 900 & 1800)
- และการใช้เทคนิคการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดสรรช่องสัญญาณ

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการติดตั้งอุปกรณ์ Transceiver ในแต่ละสถานีฐานนั้นจะกำหนดปริมาณทราฟฟิคสูงสุดที่รองรับได้ และติดตั้งอุปกรณ์ให้น้อยที่สุดในขณะที่ทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงอาจสูงกว่าที่กำหนดไว้ จึงอาจทำให้ GOS เกินมาตรฐานได้

แนวทางแก้ไขทางหนึ่ง โดยไม่ต้องเพิ่มจำนวน Transceiver คือ การยืมช่องสัญญาณจากเซลล์อื่นที่มีปริมาณทราฟฟิคต่ำ (Lightly loaded sector) มาใช้ โดยการใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด (Hybrid Channel Allocation, HCA) เป็นการนำวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบคงที่ (Fixed Channel Allocation, FCA) กับแบบไดนามิก (Dynamic Channel Allocation, DCA) มารวมกัน โดยกำหนดช่องสัญญาณพื้นฐานให้เป็นแบบฟิก (N_f) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณทราฟฟิคในชั่วโมงเร่งด่วนที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละวัน ขณะที่ช่องสัญญาณที่เหลือจะกำหนดให้เป็นแบบไดนามิก (N_d) [3]

โดยเมื่อนำการพยากรณ์แบบต่างๆที่เหมาะสมมาใช้กับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด เพื่อกำหนดสัดส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณคงที่ (N_f) กับจำนวนช่องสัญญาณไดนามิค (N_d) ที่เหมาะสมในช่วงปริมาณทราฟฟิคสูง (Heavily loaded) และปริมาณทราฟฟิคต่ำ (lightly loaded) โดยมีการนำช่องสัญญาณไดนามิกจากเซลล์ที่มีปริมาณทราฟฟิคต่ำมาใช้กับเซลล์ที่มีปริมาณทราฟฟิคสูง ทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการเรียกติดขัดลดลงตามมาตรฐาน ITU [17]

$$GOS_{HCA} = E(A, N_{HCA}) \tag{4.61}$$

$$N_{HCA} = \begin{cases} N_f + N_d + N_{d_SecterX} & ,when\ \ heavily\ \ loaded \\ N_f & ,when\ \ lightly\ \ loaded \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาโมเดลที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ทราฟฟิค โดยสามารถนำไปใช้กับพื้นที่ต่างๆกันสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ขั้นตอนในการทดลอง

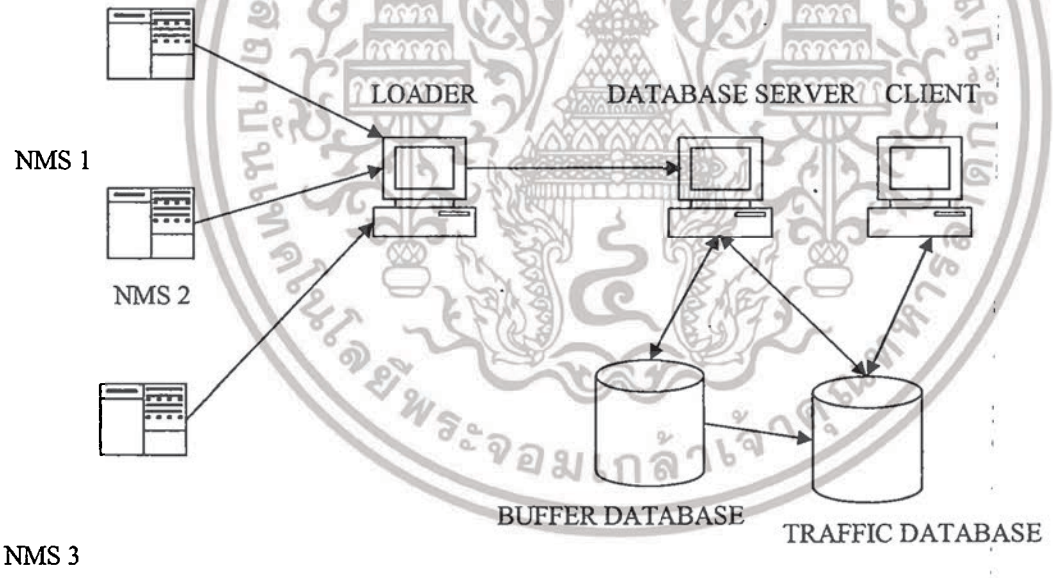
1. การเตรียมข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสำหรับทดลองหาโมเดล ● รวบรวมปริมาณทราฟฟิคจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ● คำณวณปริมาณทราฟฟิคได้บริการเป็นปริมาณทราฟฟิคขอบริการ
2. หาลักษณะโมเดลที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคในแต่ละพื้นที่ ● พยากรณ์ในพื้นที่ธุรกิจ ● พยากรณ์ในพื้นที่บนถนน ● พื้นที่ชานเมือง
3. เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยต่างๆ ● วิธีกำลังสองน้อยที่สุด ● วิธีโพลีโนเมียล ● วิธีเอ็กโปเน็นเชียล ● วิธีการถดถอย ● วิธีรวมการพยากรณ์
4. ทำการจัดสรรช่องสัญญาณของสถานีฐาน ● หาจุดสูงสุดและต่ำสุดของปริมาณทราฟฟิค ● กำหนดสัดส่วนช่องสัญญาณตามปริมาณทราฟฟิค
5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจัดสรรช่องสัญญาณวิธีต่างๆ ● เปรียบเทียบกับวิธีตายตัว ● เปรียบเทียบวิธีไฮบริด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง

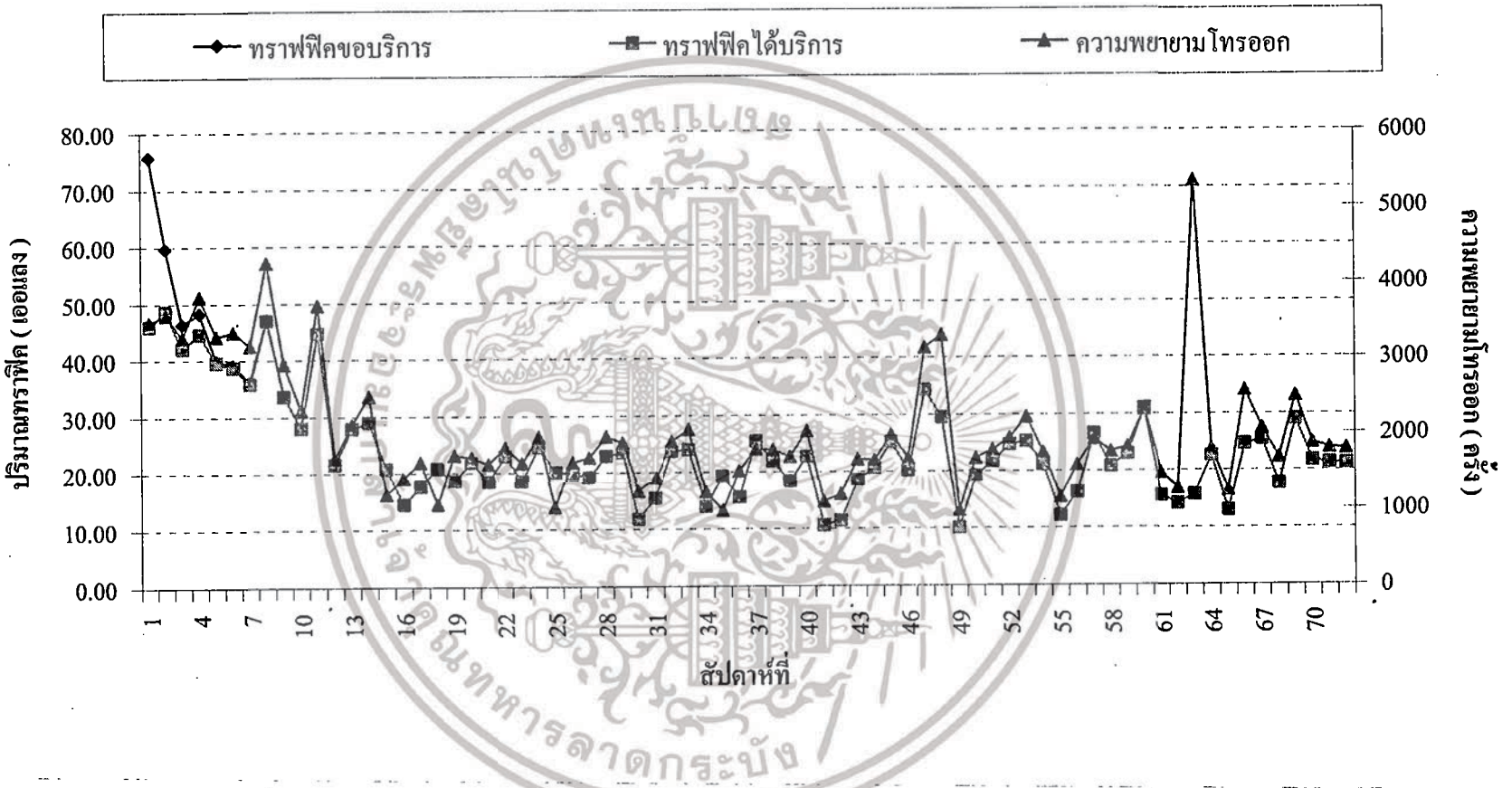
ข้อมูลปริมาณทราฟฟิคที่นำมาใช้ในการทดลองได้มาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มของบริษัท โทเทิ่ล แอ็คเซ็ส คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) โดยเป็นข้อมูลจาก NMS (Network Management System) ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2546 จนถึง วันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2548 ในช่วงเวลาที่ทำการวัดคือตั้งแต่เวลา 8.00 – 24.00 น.ทุกวัน จากนั้นคัดเลือกข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสูงสุดของแต่ละวันในแต่ละสัปดาห์ สำหรับสถานีฐานที่ทำการวัดปริมาณทราฟฟิคจะเป็นสถานีฐานบริเวณสยามเซ็นเตอร์ โดยมีพื้นที่ให้บริการครอบคลุมทั้งบริเวณศูนย์การค้ามาบุญครองและบริเวณสยามสแควร์ , บริเวณพื้นที่ถนน ได้แก่ สถานีฐานถนนพระราม 9 มีพื้นที่ให้บริการบริเวณถนนพระราม 9 ซึ่งมีรถสัญจรตลอดวันและมีปริมาณรถมาก ส่วนบริเวณชานเมือง ได้แก่สถานีฐานซึ่งตั้งอยู่บริเวณถนนฉลองกรุงและนิคมอุตสาหกรรม

จากข้อมูลปริมาณทราฟิคได้บริการจะนำมาแปลงเป็นปริมาณทราฟฟิคขอบริการ จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้มาแบ่งออกเป็น 2 ชุดๆละ 36 สัปดาห์ โดยชุดแรกสำหรับสร้างสมการเพื่อการพยากรณ์และชุดที่สองสำหรับทดสอบความแม่นยำของสมการที่ได้ โดยข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสำหรับทั้ง 72 สัปดาห์ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 5.2 ถึง 5.10

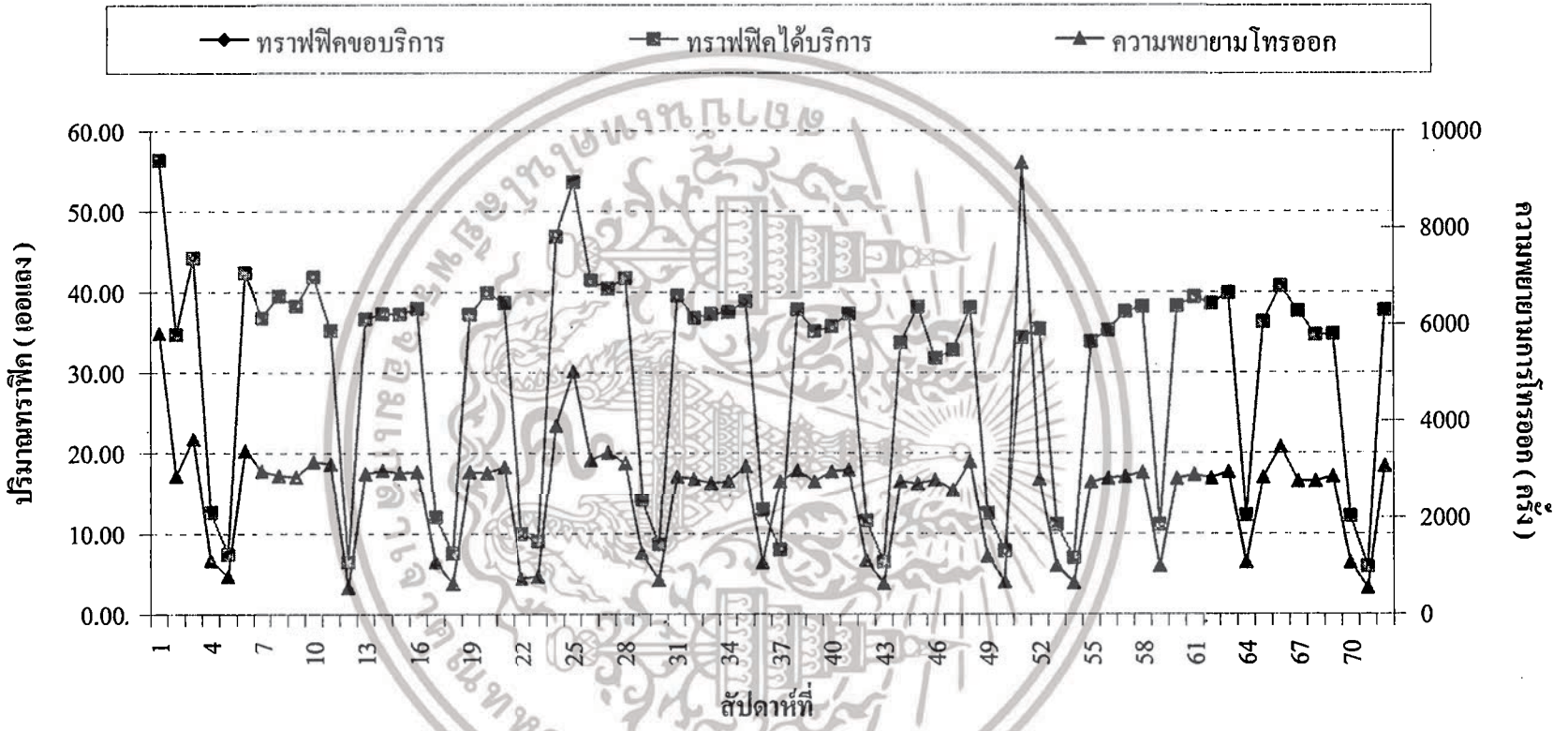


รูปที่ 5.1 การเก็บข้อมูลปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานต่างๆจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม

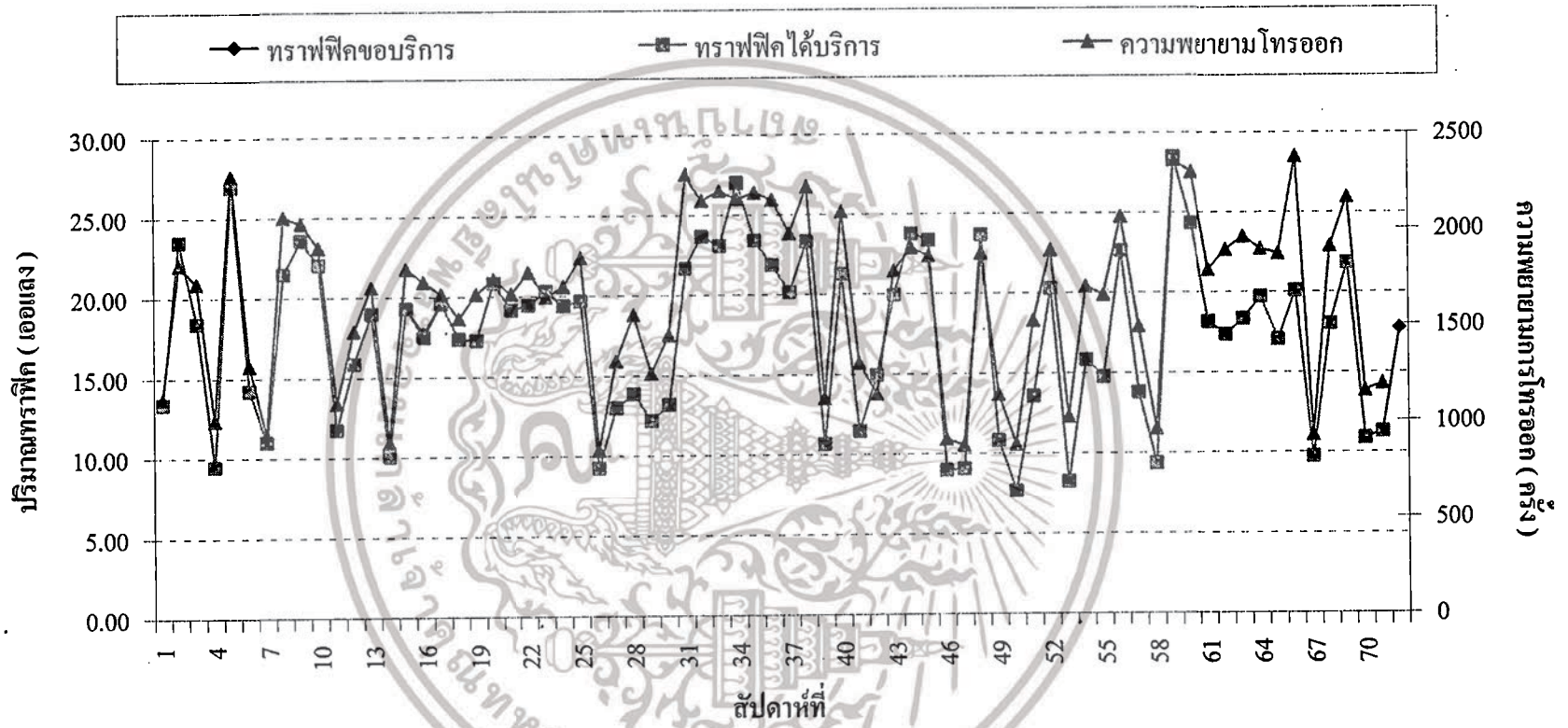
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



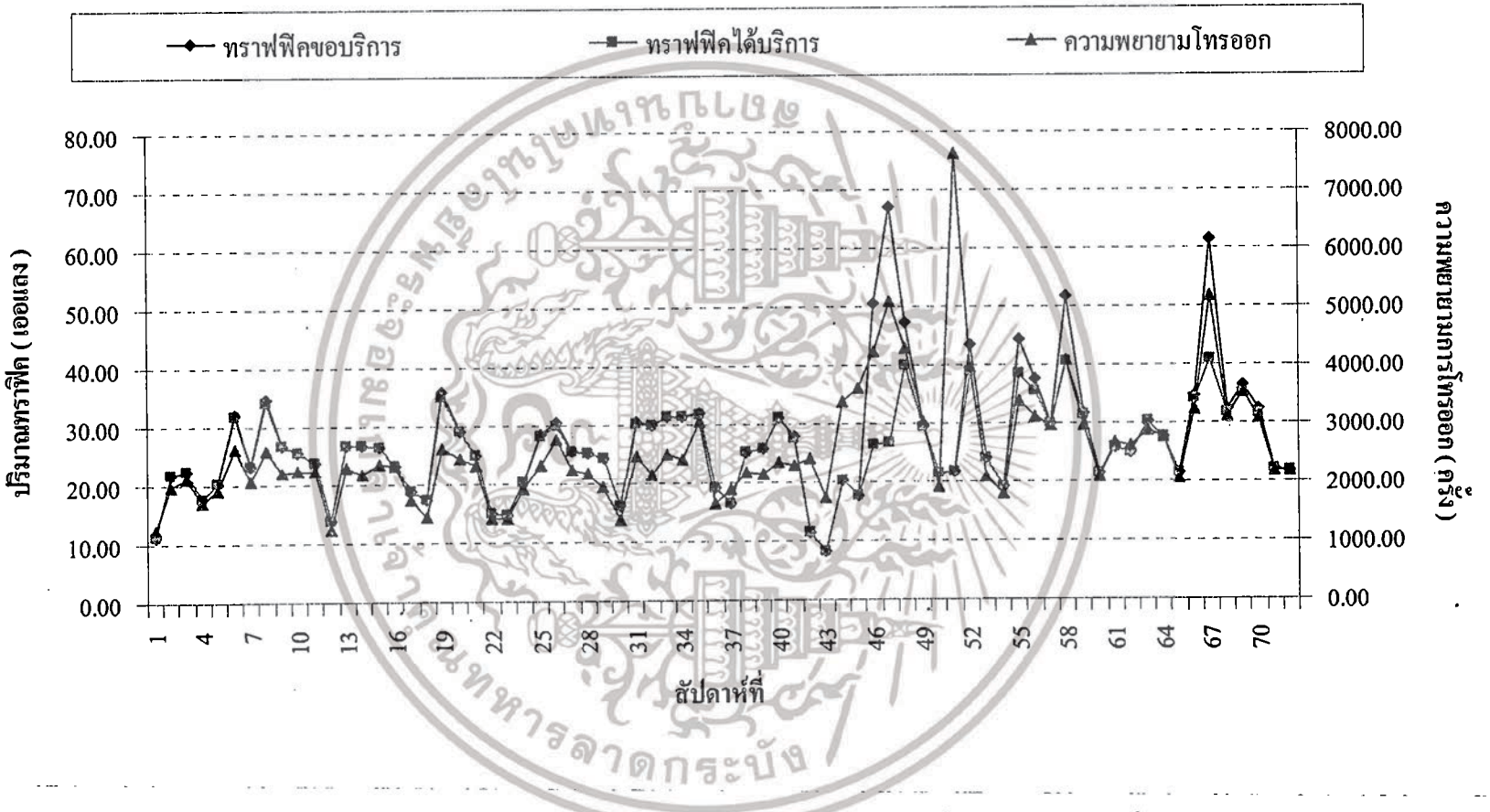
รูปที่ 5.2 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



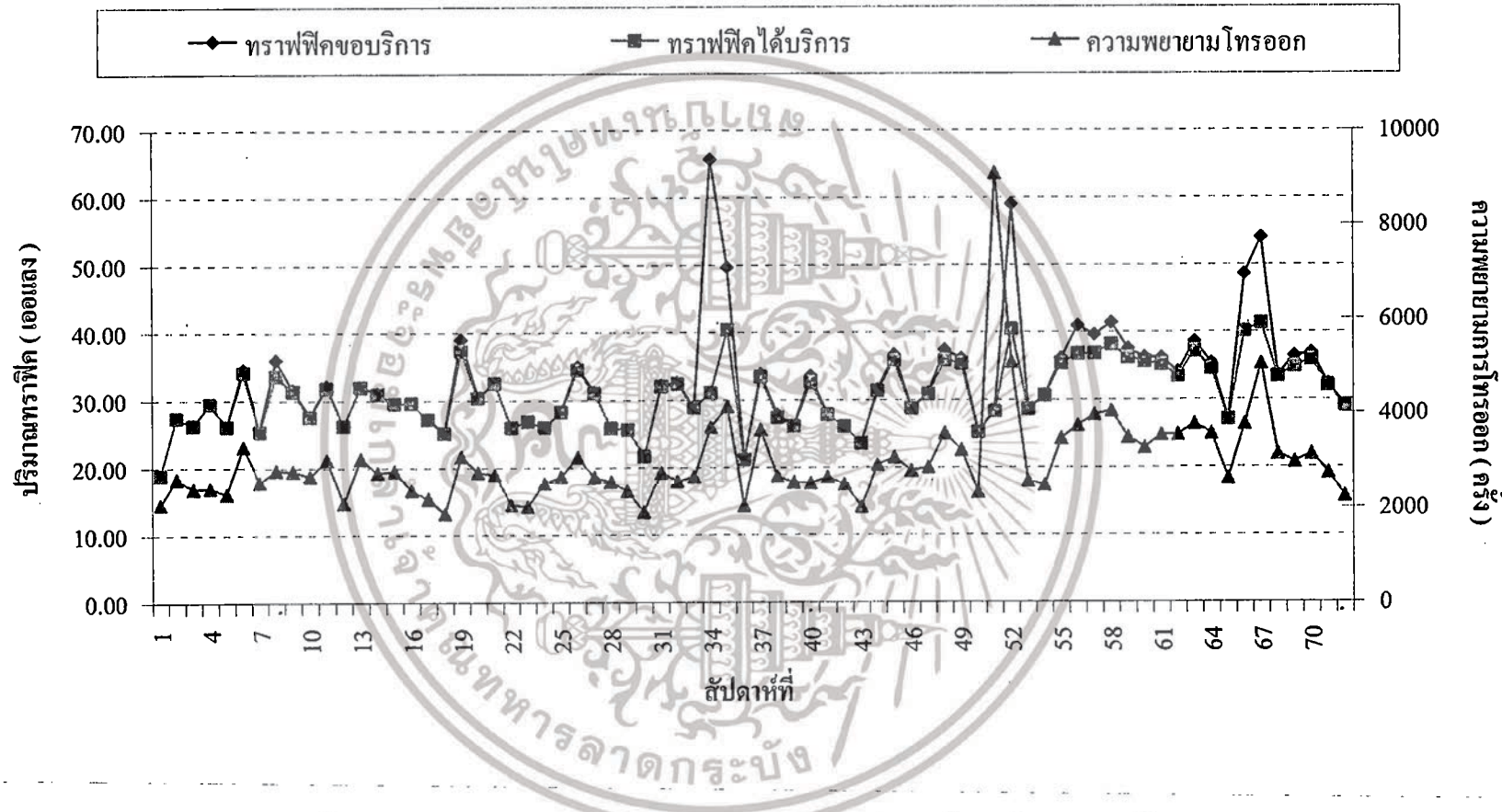
รูปที่ 5.3 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



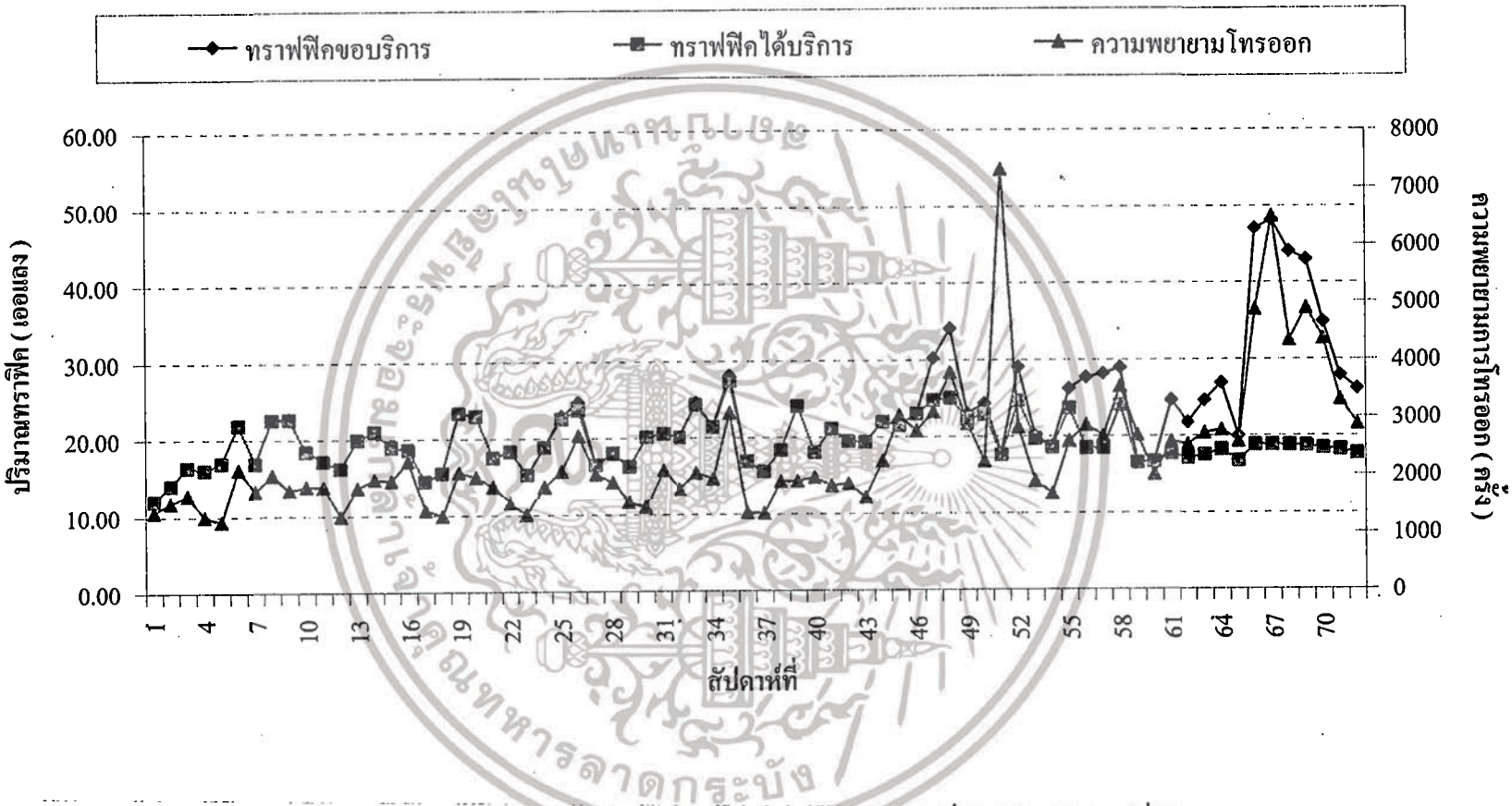
รูปที่ 5.4 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



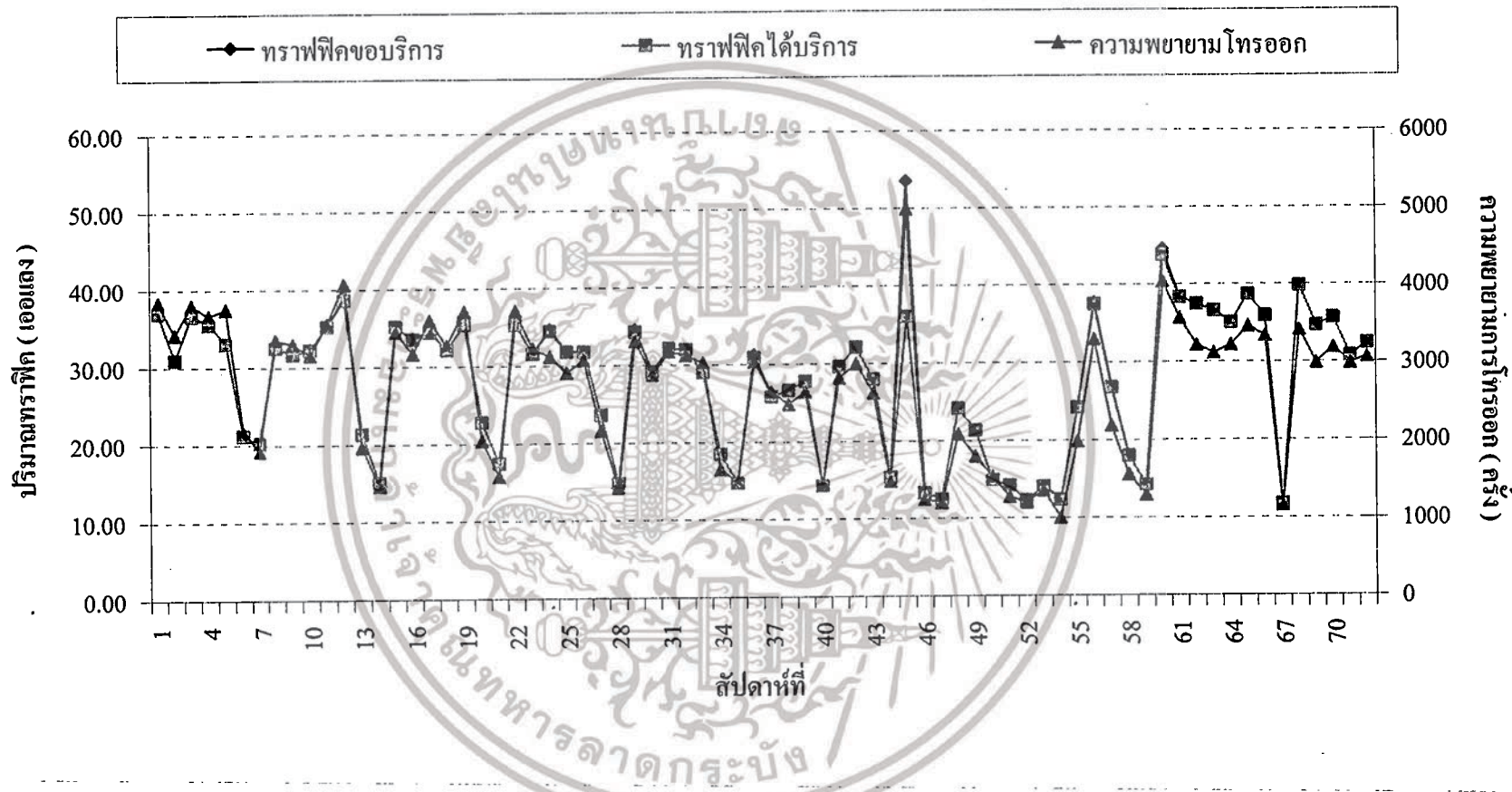
รูปที่ 5.5 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



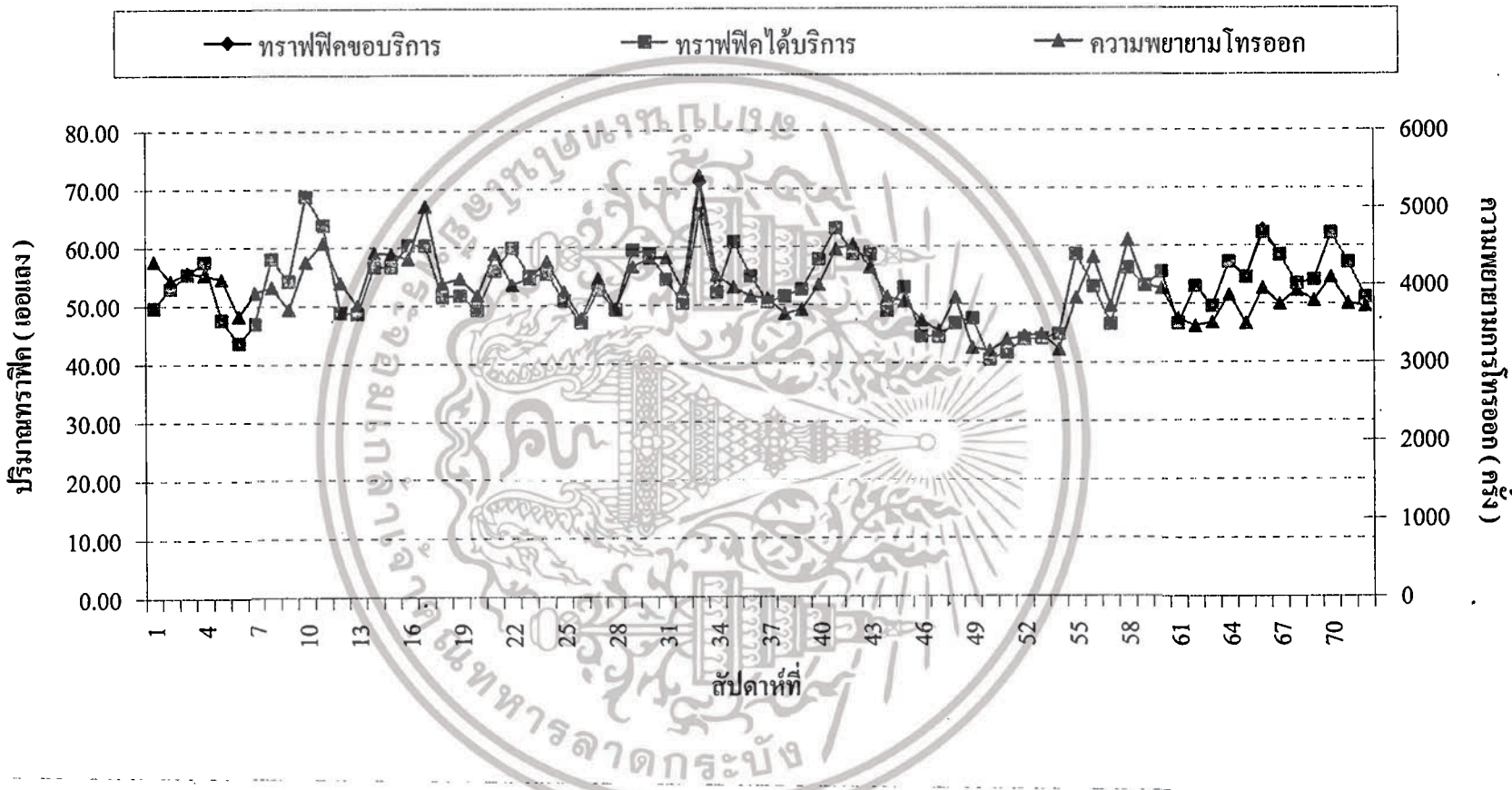
รูปที่ 5.6 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



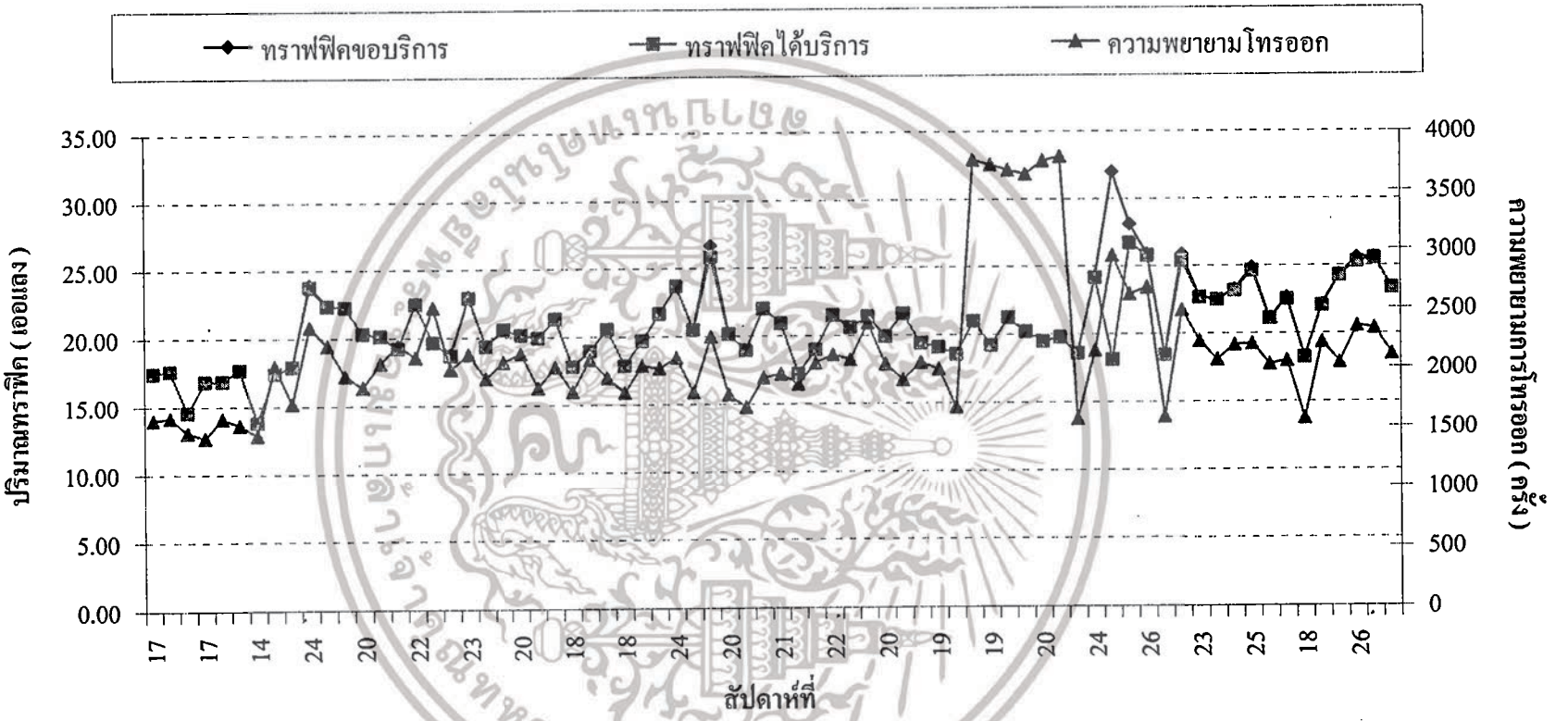
รูปที่ 5.7 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



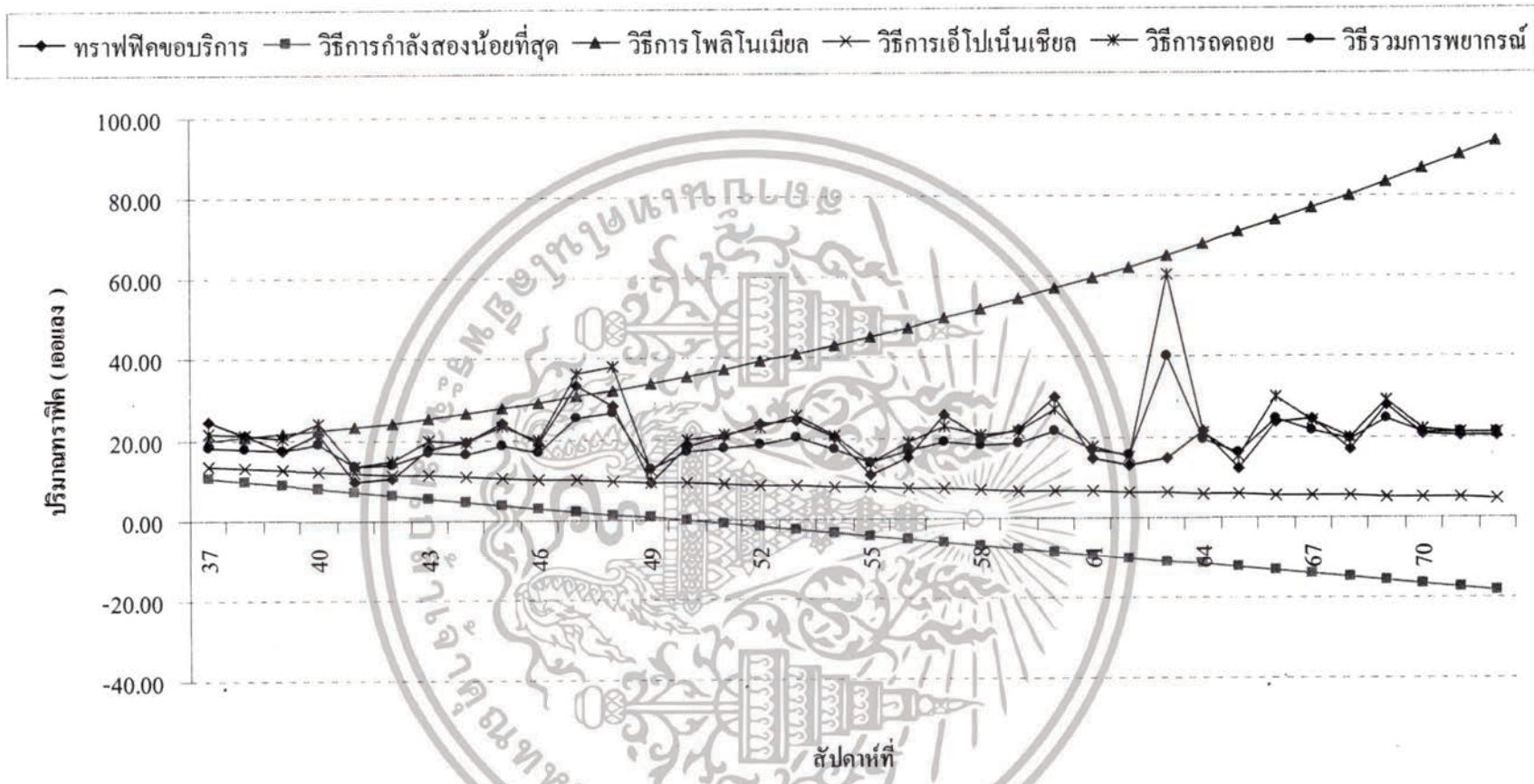
รูปที่ 5.8 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



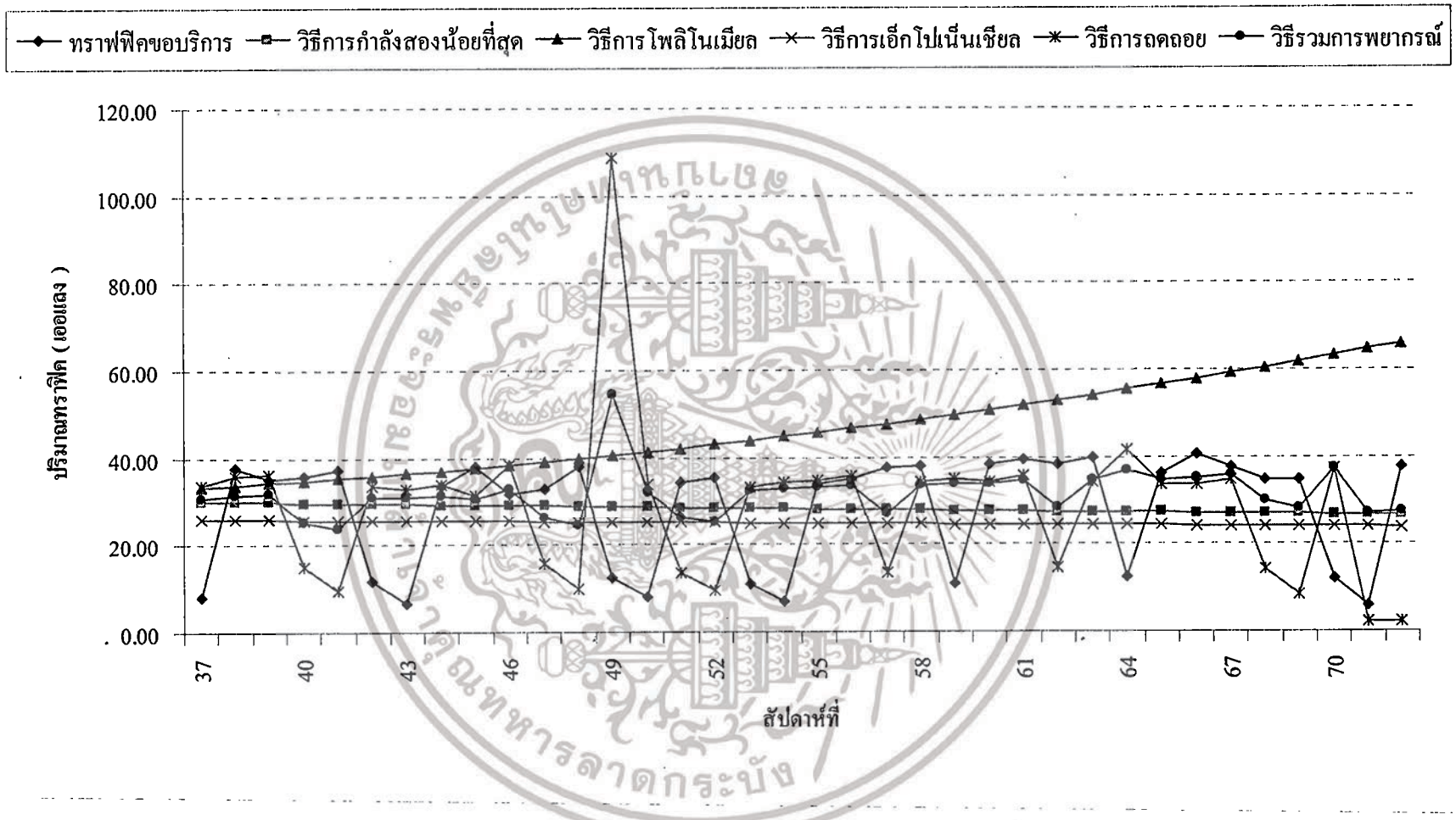
รูปที่ 5.9 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



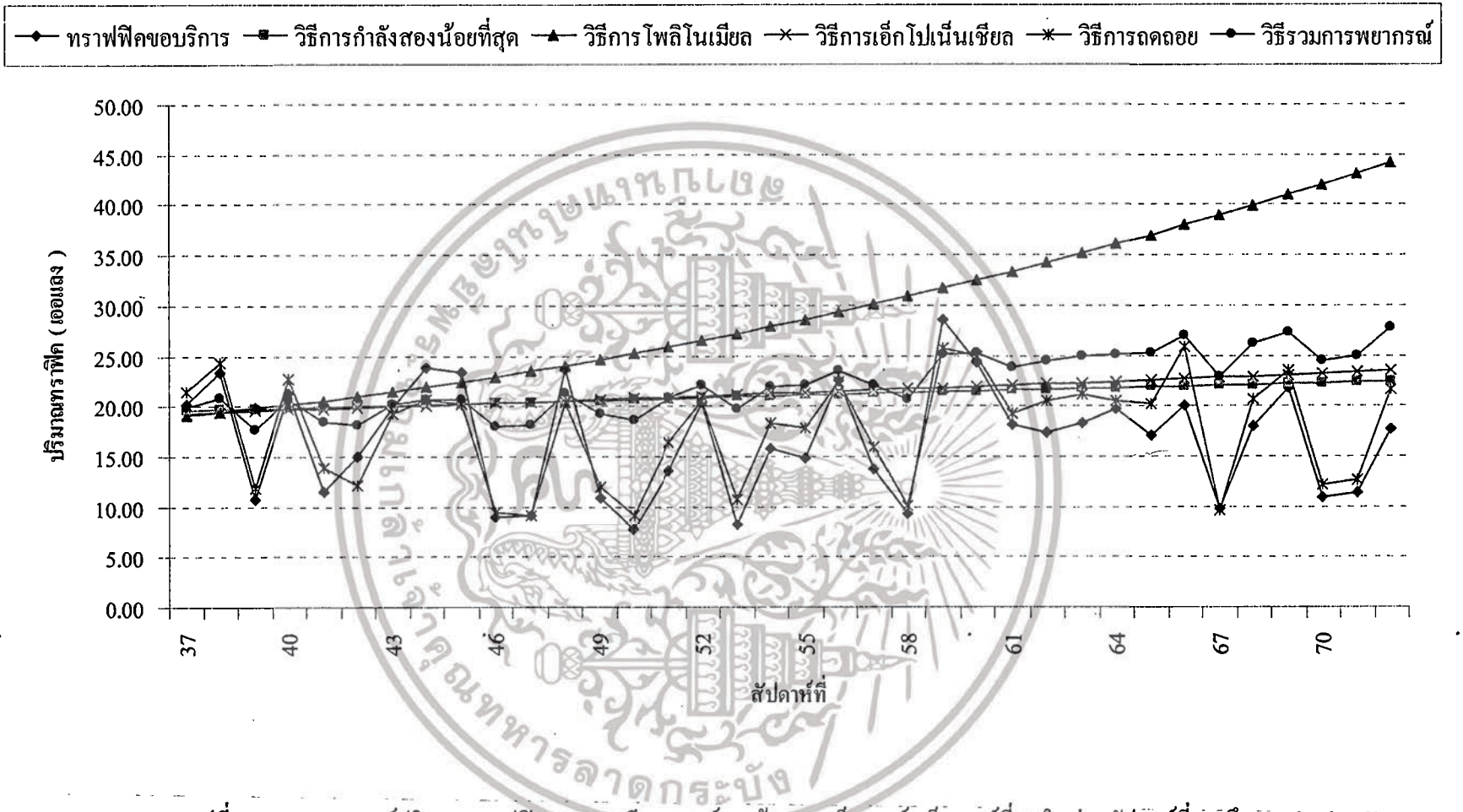
รูปที่ 5.10 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



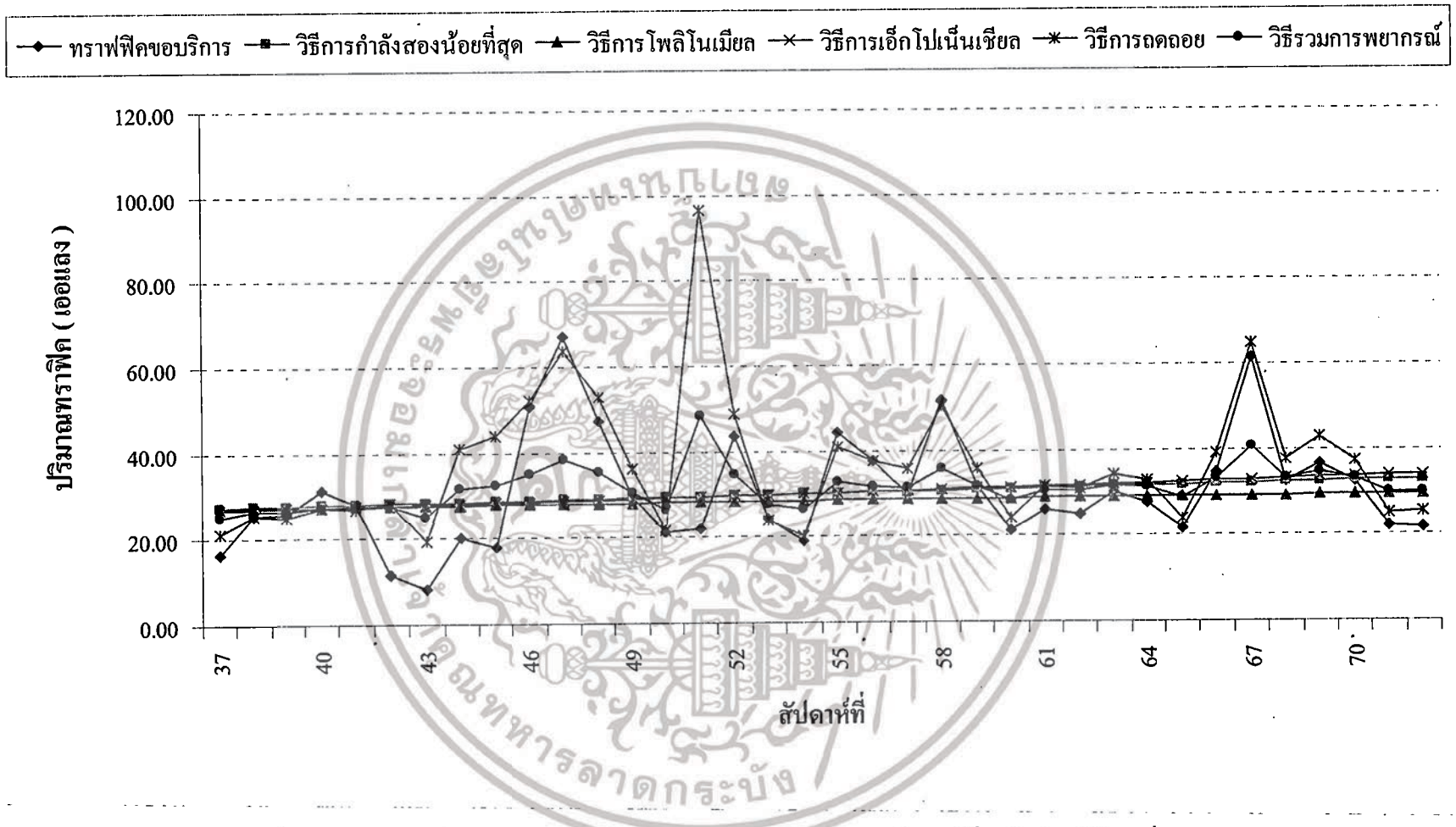
รูปที่ 5.11 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



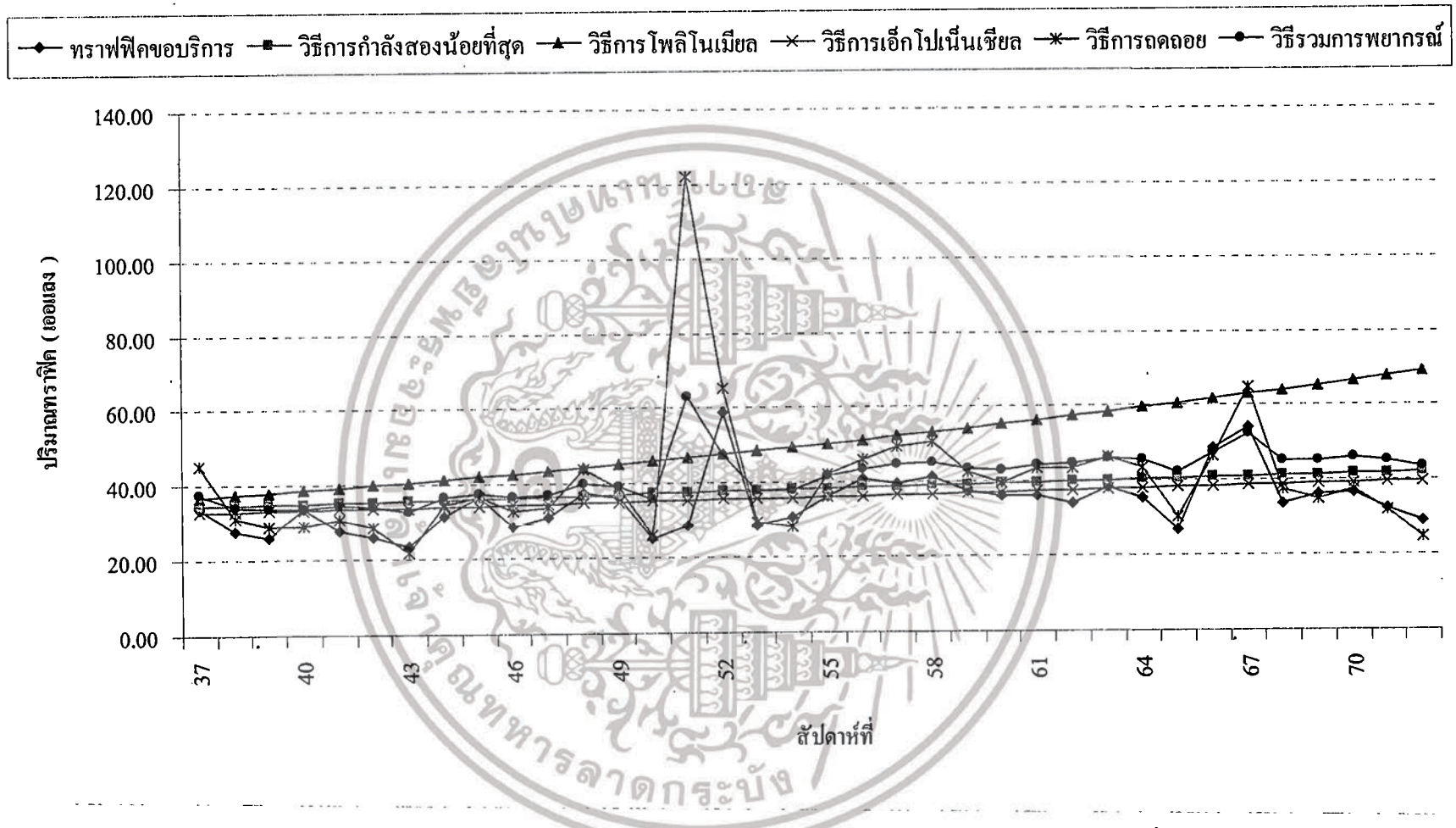
รูปที่ 5.12 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



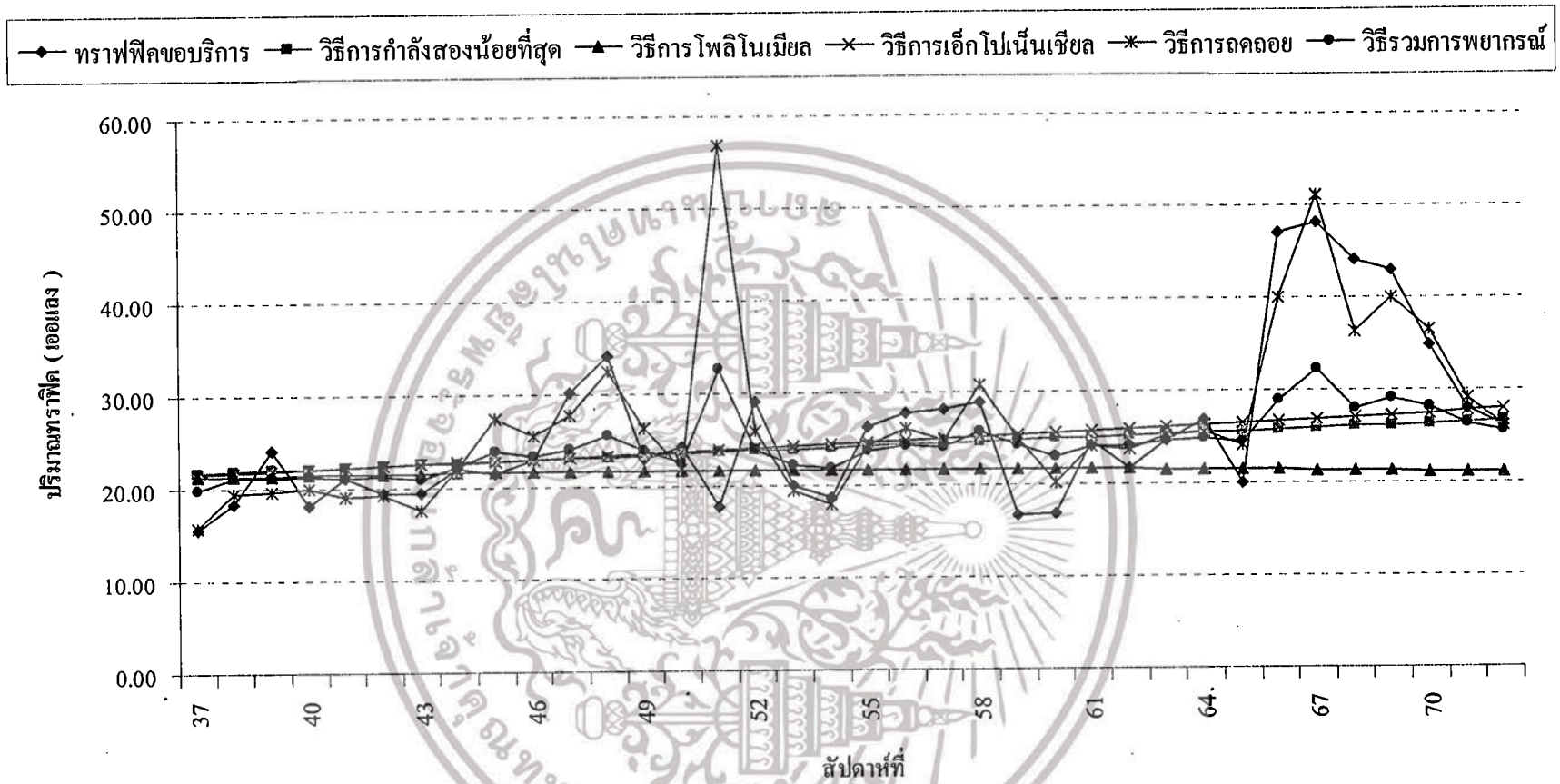
รูปที่ 5.13 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



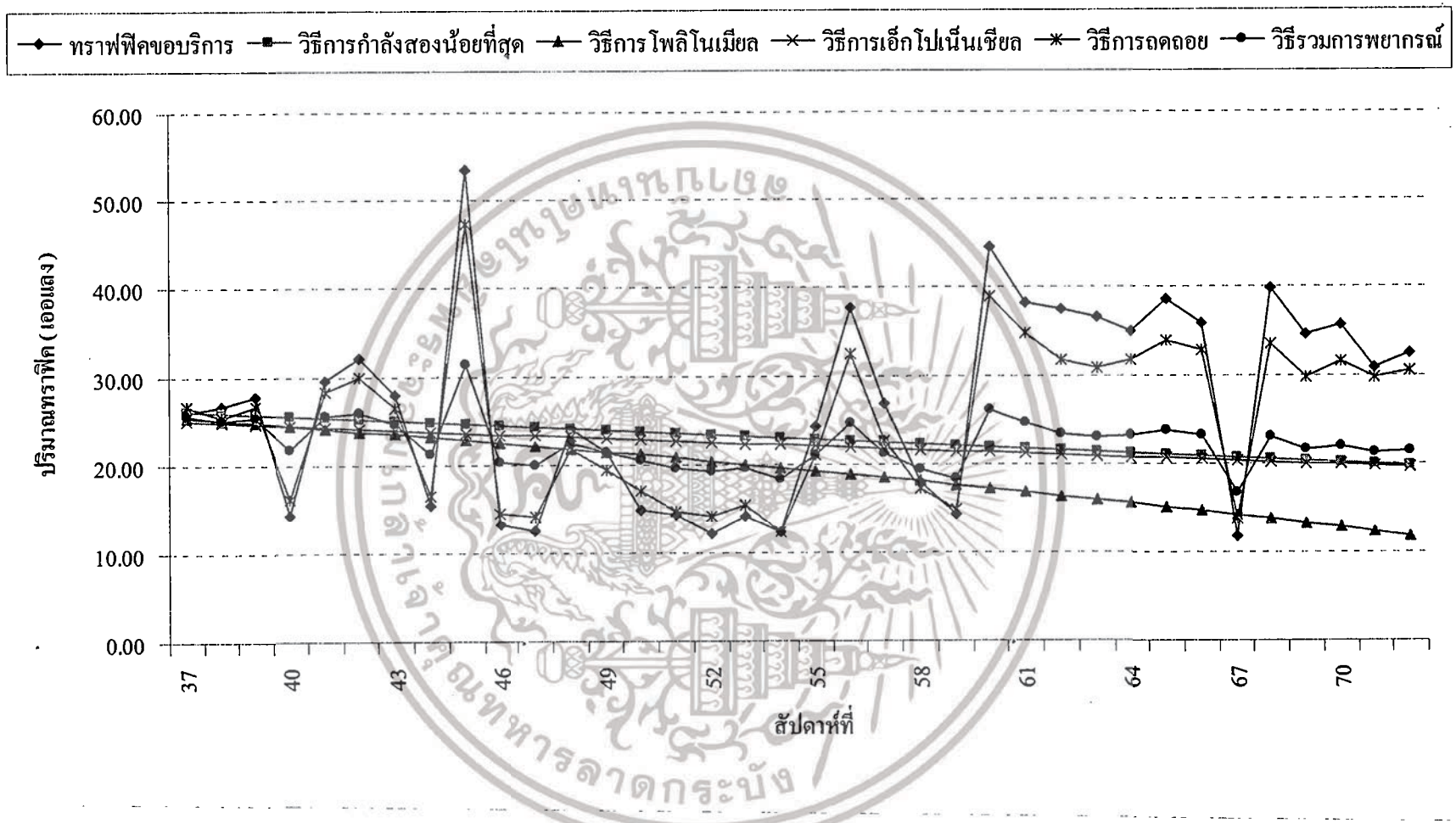
รูปที่ 5.14 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



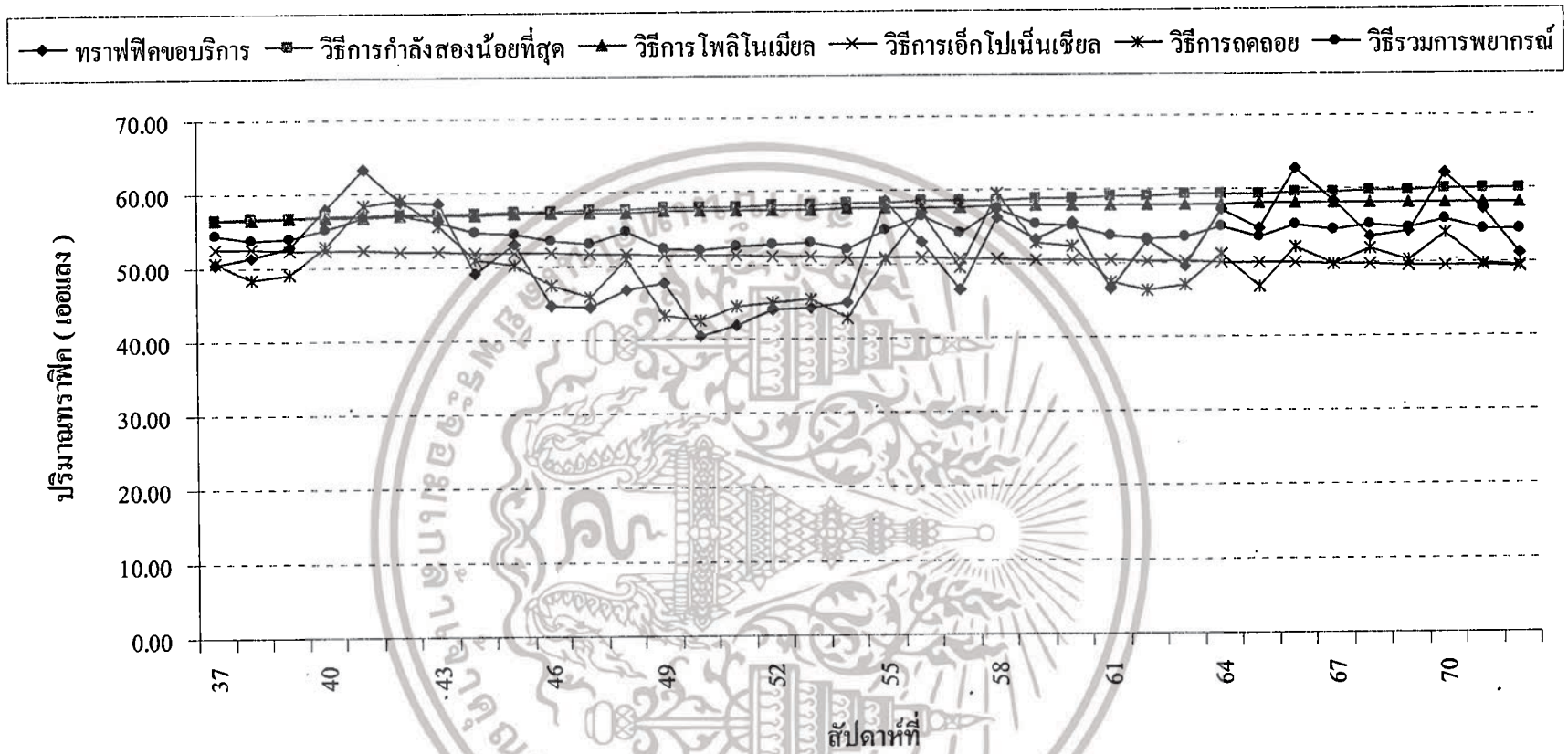
รูปที่ 5.15 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



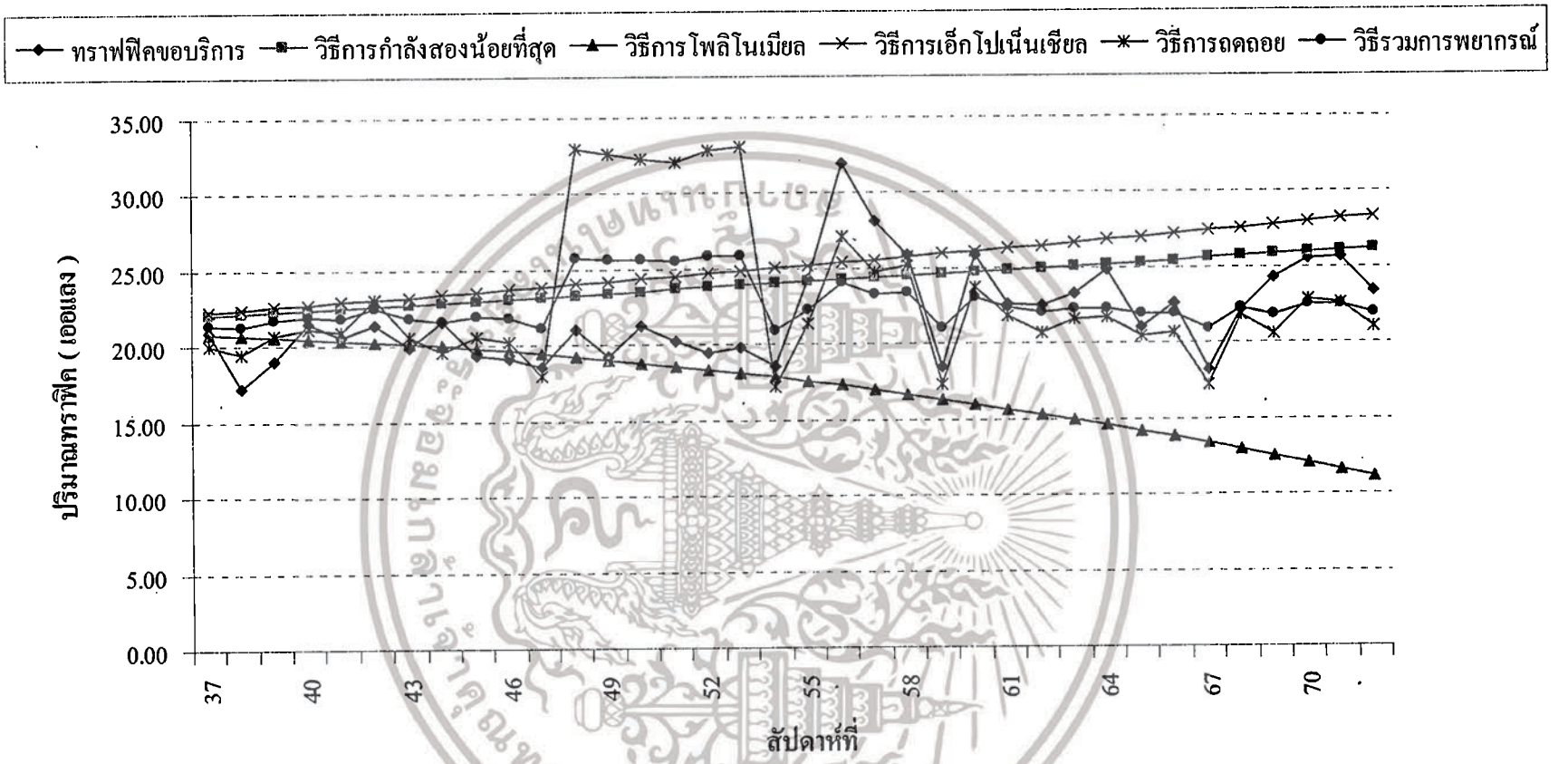
รูปที่ 5.16 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



รูปที่ 5.17 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 1 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



รูปที่ 5.18 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 2 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



รูปที่ 5.19 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร เซ็กเตอร์ที่ 3 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72

บทที่ 6
สรุปผลและวิจารณ์

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการหาสมการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค ในแต่ละพื้นที่ได้แก่ 1)บริเวณย่านธุรกิจ (ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์) 2)บริเวณพื้นที่ถนน (ถนนพระราม 9) 3)บริเวณชานเมือง (บริเวณไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร) พบว่าในแต่ละพื้นที่มีปริมาณทราฟฟิคแตกต่างกัน ทำให้ได้สมการที่เหมาะสมแตกต่างกันตามปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้น

ในการทดสอบหาสมการที่เหมาะสมได้นำวิธีพยากรณ์แบบต่างๆ คือ 1) วิธีเส้นตรง 2)วิธีโพลิโนเมียล 3) วิธีเอ็กโปเน็นเชียล 4)วิธีการถดถอย 5) วิธีรวมพยากรณ์ โดยวิธีการที่เหมาะสมจะให้ค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด คือแสดงให้เห็นถึงความแม่นยำ โดยในแต่ละวิธีจะต้องใช้ข้อมูลในอดีตที่รวบรวมมาเป็นเวลากว่า 1 ปี โดยวิธีเส้นตรง, วิธีโพลิโนเมียล และวิธีเอ็กโปเน็นเชียล นั้น จะใช้ข้อมูลปริมาณทราฟฟิคในอดีตเพียงอย่างเดียว โดยความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปริมาณทราฟฟิค ส่วนวิธีการถดถอยจะใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณทราฟฟิคกับค่าความพยายามเรียก และส่วนวิธีรวมการพยากรณ์จะได้ผลการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคตามการถ่วงน้ำหนักของวิธีที่ให้ความถูกต้องที่สุด

ผลจากการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค ได้นำมาพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคในแต่ละสานีฐานของแต่ละพื้นที่ให้บริการ โดยได้ปรับปรุงการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ จากเดิมในแบบคงที่ เป็นการจัดช่องสัญญาณแบบไฮบริด ทำให้สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิคได้สูงขึ้น โดยค่า GOS จะอยู่ในมาตรฐาน 2% ทำให้ลดปัญหาการเรียกติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วนได้ดีขึ้น

6.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองนั้น ค่าปริมาณทราฟฟิคที่นำมาพยากรณ์ ยังมีปัญหาในบางช่วง ซึ่งระบบอาจจะขัดข้อง ทำให้มีช่องสัญญาณบางส่วนใช้งานไม่ได้ จึงเกิดค่าการติดขัดสูงเกินปกติ หรือในบางวันมีการจัดงานบริเวณสถานีฐานที่เก็บข้อมูล ทำให้ค่าการติดขัดสูงขึ้นมาก แต่ในช่วงที่ไม่มีการจัดงานก็จะเป็นปกติ ทำให้ต้องตัดค่าบางค่าออกไป

การปรับปรุงการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค โดยอาจจะปรับปรุงโดยหาวิธีการพยากรณ์เพิ่มเติม โดยเฉพาะวิธีการถดถอยจะต้องหาความสัมพันธ์ของปริมาณทราฟฟิคกับค่าตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือไปจากค่าพยายามเรียกรวมไปถึงการเพิ่มข้อมูล และติดตามเหตุกาณ์ที่มีปริมาณทราฟฟิคพุ่งสูงขึ้นผิดปกติ เพื่อนำมาปรับปรุงการพยากรณ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2541

[2] E.J. Wilmes, K.T. Erickson, "Two Methods of Neural Network .Controlled Dynamic Channel Allocation for Mobile Radio System", *Proc. IEEE Globecom, pp.746-750, 1996*

[3] M.D. Yacoub, *Foundations of Mobile Radio Engineering*, Florida, U.S.A.: CRC Press, 1993

[4] W.C.Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunication System*, New York: McGraw Hill, 1990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. บทความและงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสาร กทช. ๒๕๔๙
NTC Annual Review 2006

เล่ม ๓/๓

คณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

ISSN 1905

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงสมรรถนะของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มโดยใช้เทคนิคการรวมการพยากรณ์

Performance Optimization of GSM Mobile Telephone System by Combining Forecasting Techniques

ผศ. พิเชฐ ม่วงนวล และ ผศ. ถวิล พึ่งมา
คณะวิศวกรรมศาสตร์และสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคโดยวิธีการรวมการพยากรณ์ (วิธีกำลังสองน้อยที่สุดและวิธีการถดถอยเชิงเส้นเข้าด้วยกัน) ทำให้มีค่าปริมาณทราฟฟิคที่ทำนายได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น โดยนำผลที่ได้ไปปรับปรุงสมรรถนะของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็ม โดยผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคการใช้เทคนิคการรวมการพยากรณ์ ซึ่งจะให้ค่าปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น

Abstract

This paper proposes a traffic forecasting by combining two forecasting technique, which are the least square method and linear regressing method, to perform the better forecasting, close to the existing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

real world. The result of this forecasting will be used in optimization of the GSM Mobile telephone system. From the result, it shows that the combining forecasting give the close result to the existing real world than using only one of two forecasting techniques.

1. บทนำ

ในปัจจุบันการให้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบจีเอสเอ็มมีผู้นิยมใช้งานเป็นจำนวนมาก จึงเกิดปัญหาอย่างหนึ่งขึ้น คือ จำนวนของช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐาน (Base Transceiver Station) ไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้บริการที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่าเกิดการติดขัดหรือในกรณีที่มีผู้ใช้บริการในแต่ละสถานีฐานลดลงกว่าจำนวนของช่องสัญญาณที่ติดตั้งไว้ ก็สามารถนำช่องสัญญาณไปใช้ที่สถานีฐานอื่นได้ด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนล่วงหน้าเพื่อที่จะปรับปรุงความจุของช่องสัญญาณในแต่ละสถานีฐานให้เป็นไปตามปริมาณทราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นจริง ซึ่งการปรับปรุงนี้จะทำให้สมรรถนะของทั้งระบบดีขึ้น บทความฉบับนี้จึงศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงสมรรถนะของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยการพยากรณ์ล่วงหน้าในพื้นที่ๆ มีปริมาณทราฟฟิคแตกต่างกัน เช่น ในย่านธุรกิจ บนถนน บริเวณชานเมือง เพื่อหาปริมาณที่แท้จริง ซึ่งจะสามารถนำมาปรับปรุงสมรรถภาพในการจัดช่องสัญญาณ ให้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่เกิดขึ้นจริงได้โดยไม่มีการติดขัด (Blocking) การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้ามีหลายวิธี เช่น วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method) และวิธีการถดถอย (Simple Regression Method) ในแต่ละวิธีจะมีเทคนิคการพยากรณ์ที่ต่างกันและให้ผลการพยากรณ์ที่แตกต่างกันด้วย โดยแต่ละเทคนิคนั้นจะมีความเหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐาน พิจารณาได้จากค่าความผิดพลาดของปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงกับปริมาณทราฟฟิคที่พยากรณ์ได้ ในบทความได้นำเสนอเทคนิคการพยากรณ์แบบใหม่ โดยใช้การรวมเทคนิคการพยากรณ์ แต่ละวิธีเข้าด้วยกันด้วยการถ่วงน้ำหนักตามความแม่นยำ ซึ่งปริมาณทราฟฟิคที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีนี้จะถูกถ่วงน้ำหนักไปตามวิธีการที่ให้ค่าปริมาณทราฟฟิคได้ใกล้เคียงกับปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด ดังนั้น วิธีการที่นำเสนอนี้จะทำให้การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคมีความแม่นยำมากขึ้น และสามารถนำผลจากการพยากรณ์ไปวางแผนกำหนดจำนวนช่องสัญญาณของแต่ละสถานีฐาน รวมทั้งอุปกรณ์ส่วนอื่นๆ ของระบบได้อย่างถูกต้อง

2. วิธีพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค

2.1 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

เป็นเทคนิคการพยากรณ์โดยสร้างเส้นแนวโน้มที่ให้ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าแนวโน้มกับค่าของข้อมูลที่รวบรวมได้ให้มีค่าน้อยที่สุดจาก[1]

$$\sum_{i=1}^{n} (Y_i - Y_c)^2 = \text{มีค่าน้อยที่สุด} \qquad (1)$$

โดยที่ Y_i = ค่าของมูลที่เก็บรวบรวมไว้ $i = 1,\ldots\ldots, n$ และ Y_c = ค่าแนวโน้ม

2.1.1 พยากรณ์โดยใช้สมการเส้นตรง

$$Y_c = a+bX \qquad (2)$$

โดยที่ X เป็นอนุกรมของเวลา และ a, b เป็นค่าคงที่

จากสมการ (1) และ (2) จะได้

$$\sum_{i=1}^{n} (Y_i - Y_c)^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - (a+bX))^2 = 0 \qquad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้สมการ (3) มีค่าน้อยที่สุดทำได้ โดยการหาอนุพันธ์บางส่วนเทียบกับ a, b จะหาค่าของ a, b ได้

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} xY_i}{\sum_{i=1}^{n} X^2} \quad (4)$$

$$a = \overline{Y}_i \quad (5)$$

2.1.2 พยากรณ์โดยใช้สมการเอ็กโปเน็นเชียล

$$Y_c = ab^X \quad (6)$$

จะได้ $$\log Y_c = \log a + (\log b)X \quad (7)$$

จะหาค่าของ a, b ได้คือ

$$\log a = \frac{\sum_{i=1}^{n} \log Y_i}{n} \quad (8)$$

$$\log b = \frac{\sum_{i=1}^{n} x \log Y_i}{\sum_{i=1}^{n} X^2} \quad (9)$$

2.1.3 พยากรณ์โดยใช้โพลิโนเมียลกำลังสอง

$$Y_c = a + bX + cX^2 \quad (10)$$

จะหาค่าของ a, b, c ได้คือ

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y - c\sum_{i=1}^{n} x^2}{n} \quad (11)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n} xY}{x^2} \quad (12)$$

$$c = \frac{n\sum_{i=1}^{n} x^2Y - \sum_{i=1}^{n} x^2 \sum_{i=1}^{n} xY}{n\sum_{i=1}^{n} x^4 - \left(\sum_{i=1}^{n} x^2\right)} \quad (13)$$

2.2 วิธีการสมการถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย เป็นการศึกษาเพื่อหาสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) กับตัวแปรอิสระ (X) โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงและไม่เป็นเส้นตรง แต่ในที่นี้เสนอเพียงความสัมพันธ์แบบที่เป็นเส้นตรง และเรียกว่า "การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)"

การถดถอยเชิงเส้นแบบง่ายมีรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \quad (14)$$

β_0 = ระยะที่เส้นตรงตัดแกน Y (Y-intercept) ซึ่งเป็นระยะบนแกน Y เมื่อค่า X เท่ากับ 0

β_1 = ความชัน (Slope) ของเส้นตรง (เป็นอัตราการเปลี่ยนแปลง Y เมื่อ X เปลี่ยนไป 1 หน่วย)

ε = ค่าความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม ซึ่งอาจจะเกิดจากการเก็บข้อมูลคลาดเคลื่อน หรือการคำนวณคลาดเคลื่อน หรือกล่าวเป็นอีกนัยหนึ่ง คือ ค่า Y ทุกตัว จะไม่เท่ากับ $\beta_0 + \beta_1 X$ เสมอไป แต่ Y อาจจะแตกต่างจาก $\beta_0 + \beta_1 X$ ความแตกต่างนี้ คือ ε ซึ่ง ε นี้จะเกิดขึ้นอย่างสุ่ม

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + e \quad (15)$$

โดยมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

1. ค่า e มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ หรือ $E(e)$
2. ค่า e มีค่าความแปรปรวนคงที่ หรือ $Var(e)$ = ค่าคงที่
3. ค่า e มีการแจกแจงแบบปกติ
4. แต่ละค่าของ e เป็นอิสระต่อกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ใช้ในการประมาณค่าของ Y คือ

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_{1i} \quad (16)$$

$\hat{Y}_i$ = ค่าประมาณของ Y_i b_0 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่างซึ่งเป็นค่าคงที่โดยประมาณของ β_0

b_1 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวอย่างซึ่งเป็นค่าคงที่โดยประมาณของ β_1

2.3 การรวมเทคนิคการพยากรณ์ (Combining Forecast)

2.3.1 **การรวมเทคนิคการพยากรณ์โดยถ่วงน้ำหนักเท่ากัน**

วิธีการนี้จะให้น้ำหนักของเทคนิคที่นำมารวมกันเท่าๆ กัน

$$F_{ct} = W_1 F_{1t} + W_2 F_{2t} + \ldots\ldots\ldots W_k F_{kt} \quad (17)$$

โดยที่ $W_1 = W_2 = W_3 \ldots\ldots\ldots = W_k \quad (18)$

2.3.2 **การรวมเทคนิคการพยากรณ์โดยถ่วงน้ำหนักตามความแม่นยำ**

2.3.2.1 Average Forecast Error (FE)

จาก $F_{ct} = W_1 F_{1t} + W_2 F_{2t} + \ldots\ldots W_k F_{kt} \quad (19)$

โดยสามารถหา W_1, W_2 ได้จาก

$$W_1 = \frac{FE_2}{FE_1 + FE_2} \quad (20)$$

$$W_2 = \frac{FE_1}{FE_1 + FE_2} \quad (21)$$

โดยสามารถหา FE_1, FE_2 ได้จาก

$$FE_1 = \frac{(X_{t1} - F_{t1})}{n} \quad (22)$$

$$FE_2 = \frac{(X_{t2} - F_{t2})}{n} \quad (23)$$

เมื่อ X_t : ค่าที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ค่าจากการพยากรณ์งวดที่ t

n : จำนวนงวดของการพยากรณ์

2.3.2.2 Average Absolute Forecast Error (AFE)

สูตร $F_{ct} = W_1 F_{1t} + W_2 F_{2t} + \ldots W_k F_{kt} \quad (24)$

โดยสามารถหา W_1, W_2 ได้จาก

$$W_1 = \frac{AFE_2}{AFE_1 + AFE_2} \quad (25)$$

$$W_2 = \frac{AFE_1}{AFE_1 + AFE_2} \quad (26)$$

โดยสามารถหา AFE_1, AFE_2 ได้จาก

$$AFE_1 = \frac{|X_{t1} - F_{t1}|}{n} \quad (27)$$

$$AFE_2 = \frac{|X_{t2} - F_{t2}|}{n} \quad (28)$$

เมื่อ X_t : ค่าที่เกิดขึ้นจริงงวดที่ t

F_t : ค่าจากการพยากรณ์งวดที่ t

n : จำนวนงวดของการพยากรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การปรับปรุงประสิทธิภาพของการจัดสรรช่องสัญญาณ

การแก้ปัญหา GOS เป็นการปรับปรุงโครงข่าย ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธีการเพิ่มอุปกรณ์โครงข่าย อุปกรณ์ Transceivers การใช้เทคนิค Underlay/Overlay Cell หรือการติดตั้ง Macro/Micro Cells ใหม่ เป็นต้น

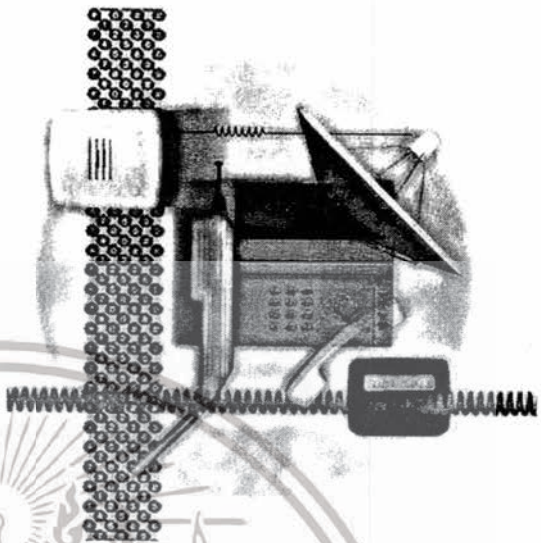
เครื่องมือที่แสดงในงานวิจัยนี้สามารถพยากรณ์ พื้นที่ที่มีค่า GOS ต่ำ หรือเป็นจุดที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงได้อย่างแม่นยำ และแสดงให้เห็นว่า การใช้เทคนิคหรือการวางแผนทางด้านการกำหนดอุปกรณ์ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ

โดยทั่วไปแล้ว ในการติดตั้งอุปกรณ์ Transceiver ในแต่ละสถานีฐานนั้นจะกำหนดปริมาณทราฟฟิคสูงสุดที่รองรับได้ และติดตั้งอุปกรณ์ให้น้อยที่สุด ในขณะที่ทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริงอาจสูงกว่าที่กำหนดไว้ จึงอาจทำให้ GOS เกินมาตรฐานได้

แนวทางแก้ไขทางหนึ่ง โดยไม่ต้องเพิ่มจำนวน Transceiver คือ การยืมช่องสัญญาณจากเซลล์อื่นที่มีปริมาณทราฟฟิคต่ำ (Lightly Loaded Sector) มาใช้ โดยการใช้เทคนิคการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด

การจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด (Hybrid Channel Allocation, HCA) เป็นการนำวิธีการจัดสรรช่องสัญญาณแบบคงที่ (Fixed Channel Allocation, FCA) กับแบบไดนามิก (Dynamic Channel Allocation, DCA) มารวมกัน โดยกำหนดช่องสัญญาณพื้นฐานให้เป็นแบบฟิก (N_f) ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณทราฟฟิคในชั่วโมงเร่งด่วนที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละวัน ขณะที่ช่องสัญญาณที่เหลือจะกำหนดให้เป็นแบบไดนามิก (N_d) [2]

โดยเมื่อนำการพยากรณ์แบบต่างๆ ที่เหมาะสมมาใช้กับการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด เพื่อกำหนดสัดส่วนระหว่างจำนวนช่องสัญญาณคงที่ (N_f) กับจำนวนช่องสัญญาณไดนามิค (N_d) ที่เหมาะสมในช่วงปริมาณทราฟฟิคสูง (Heavily Loaded) และปริมาณทราฟฟิคต่ำ (Lightly Loaded) โดยมีการนำช่องสัญญาณไดนามิกจากเซลล์ที่มีปริมาณทราฟฟิคต่ำมาใช้กับเซลล์ที่มีปริมาณทราฟฟิคสูง ทำให้ค่าความน่าจะเป็นของการเรียกติดขัดลดลงตามมาตรฐาน ITU [3]



$$GOS_{HCA} = E(A, N_{HCA}) \tag{29}$$

$$N_{HCA} = \begin{cases} N_f + N_d + N_{d_SecterX}, & when\ heavily\ loaded \\ N_f, & when\ heavily\ loaded \end{cases}$$

4. การทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเพื่อหาโมเดลที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ทราฟฟิค โดยสามารถนำไปใช้กับพื้นที่ต่างๆ กัน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ขั้นตอนในการทดลอง

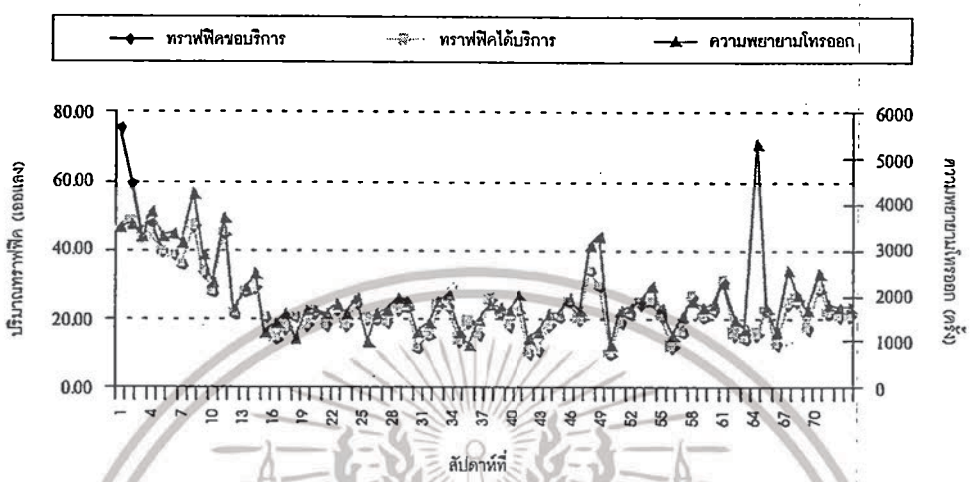
1. การเตรียมข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสำหรับทดลองหาโมเดล
• รวบรวมปริมาณทราฟฟิคจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่
• คำนวณปริมาณทราฟฟิคได้บริการเป็นปริมาณทราฟฟิคขอบริการ
2. หาลักษณะโมเดลที่เหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคในแต่ละพื้นที่
• พยากรณ์ในพื้นที่ธุรกิจ
• พยากรณ์ในพื้นที่บนถนน
• พื้นที่ชานเมือง
3. เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยต่างๆ
• วิธีกำลังสองน้อยที่สุด
• วิธีโพลีโนเมียล
• วิธีเอ็กโปเน็นเชียล
• วิธีการถดถอย
• วิธีรวมการพยากรณ์
4. ทำการจัดสรรช่องสัญญาณของสถานีฐาน
• หาจุดสูงสุดและต่ำสุดของปริมาณทราฟฟิค
• กำหนดสัดส่วนช่องสัญญาณตามปริมาณทราฟฟิค
5. เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจัดสรรช่องสัญญาณวิธีต่างๆ
• เปรียบเทียบกับวิธีตายตัว
• เปรียบเทียบวิธีไฮบริด

4.2 การเตรียมข้อมูลสำหรับการทดลอง

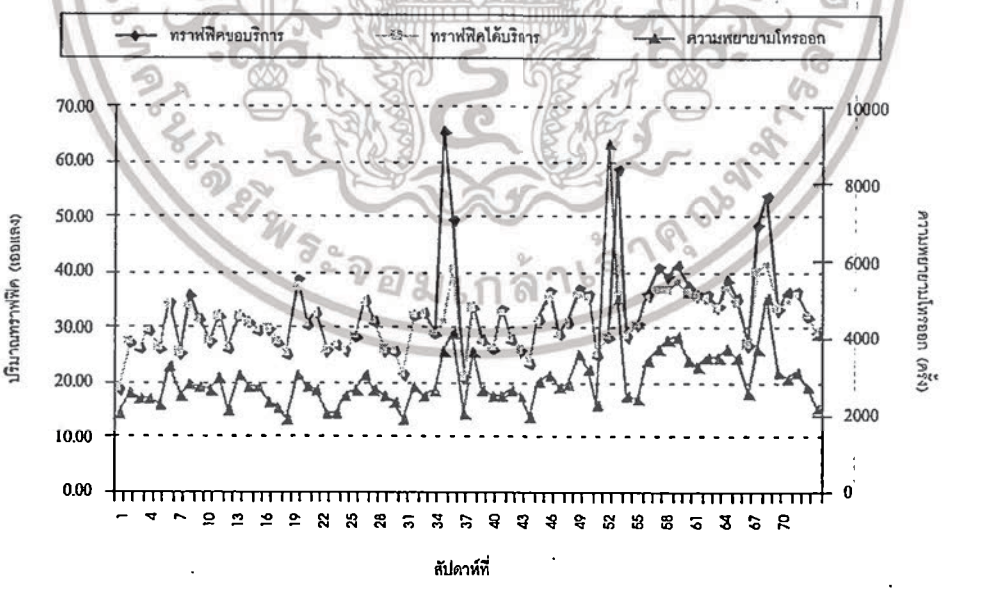
ข้อมูลปริมาณทราฟฟิคที่นำมาใช้ในการทดลองได้มาจากระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่จีเอสเอ็มของบริษัท ไทเท่ล แอ็คเซ็ส คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) โดยเป็นข้อมูลจาก NMS (Network Management System) ตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน 2546 จนถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2548 ในช่วงเวลาที่ทำการวัด คือ ตั้งแต่เวลา 8.00-24.00 น.ทุกวัน จากนั้นคัดเลือกข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสูงสุดของแต่ละวันในแต่ละสัปดาห์ สำหรับสถานีฐานที่ทำการวัดปริมาณทราฟฟิคจะเป็นสถานีฐานบริเวณสยามเซ็นเตอร์ โดยมีพื้นที่ให้บริการครอบคลุมทั้งบริเวณศูนย์การค้ามาบุญครองและบริเวณสยามสแควร์ บริเวณพื้นที่ถนน ได้แก่ สถานีฐานถนนพระราม 9 มีพื้นที่ให้บริการบริเวณถนนพระราม 9 ซึ่งมีรถสัญจรตลอดวันและมีปริมาณรถมาก ส่วนบริเวณชานเมือง ได้แก่ สถานีฐานซึ่งตั้งอยู่บริเวณถนนฉลองกรุง และนิคมอุตสาหกรรม

จากข้อมูลปริมาณทราฟฟิคได้บริการจะนำมาแปลงเป็นปริมาณทราฟฟิคขอบริการ จากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้มาแบ่งออกเป็น 2 ชุดๆ ละ 36 สัปดาห์ โดยชุดแรกสำหรับสร้างสมการเพื่อการพยากรณ์ และชุดที่สองสำหรับทดสอบความแม่นยำของสมการที่ได้ โดยข้อมูลปริมาณทราฟฟิคสำหรับทั้ง 72 สัปดาห์ได้แสดงไว้ตามรูปที่ 1 ถึง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

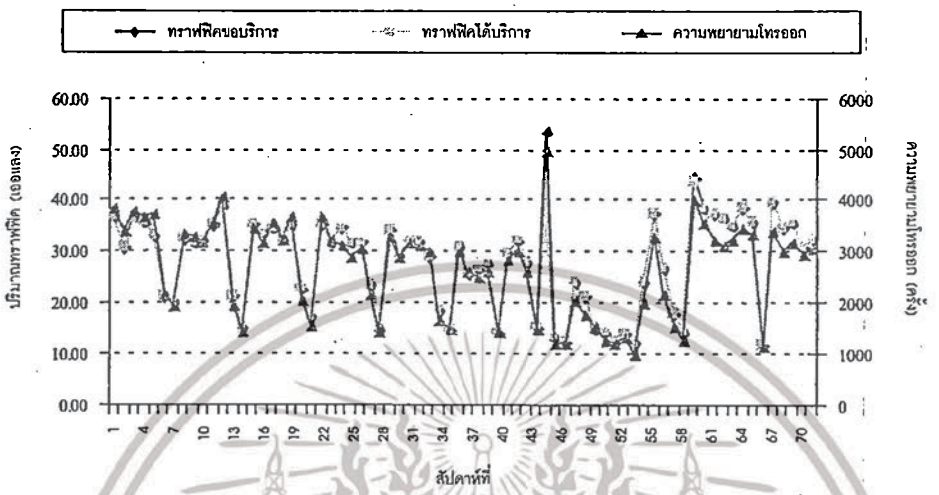


รูปที่ 1 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72



รูปที่ 2 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึง 72

4.3 การหาโมเดลเพื่อการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค

จากข้อมูลปริมาณทราฟฟิคซึ่งรวบรวมได้จำนวนทั้งสิ้น 72 สัปดาห์ได้นำข้อมูลชุดแรกจำนวน 36 สัปดาห์ มาทำการหาโมเดลเพื่อการพยากรณ์ด้วยวิธีดังต่อไปนี้คือ วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด วิธีการโพลิโนเมียล วิธีเอ็กโปเน็นเชียล วิธีการถดถอย และวิธีรวมการพยากรณ์

4.3.1 **วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด**

โดยการใช้วิธีการกำลังสองน้อยตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 ทำให้ได้สมการดังนี้

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 25.55 - 0.41X \quad (30)$$

สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = 30.43 + 0.11X \quad (31)$$

สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 29.39 - 0.09X \quad (32)$$

4.3.2 **วิธีการโพลิโนเมียล**

โดยการใช้วิธีการโพลิโนเมียลตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 ทำให้ได้สมการดังนี้

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 21.1493 - 0.4131X + 0.0102X^2 \quad (33)$$

สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = 29.3772 + 0.1135X + 0.0024X^2 \quad (34)$$

สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 29.6848 - 0.0918X - 0.0007X^2 \quad (35)$$

4.3.3 **วิธีการเอ็กโปเน็นเชียล**

โดยการใช้วิธีการเอ็กโปเน็นเชียลตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 ทำให้ได้สมการดังนี้

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 10^{1.3732 - 0.0066X} \quad (36)$$

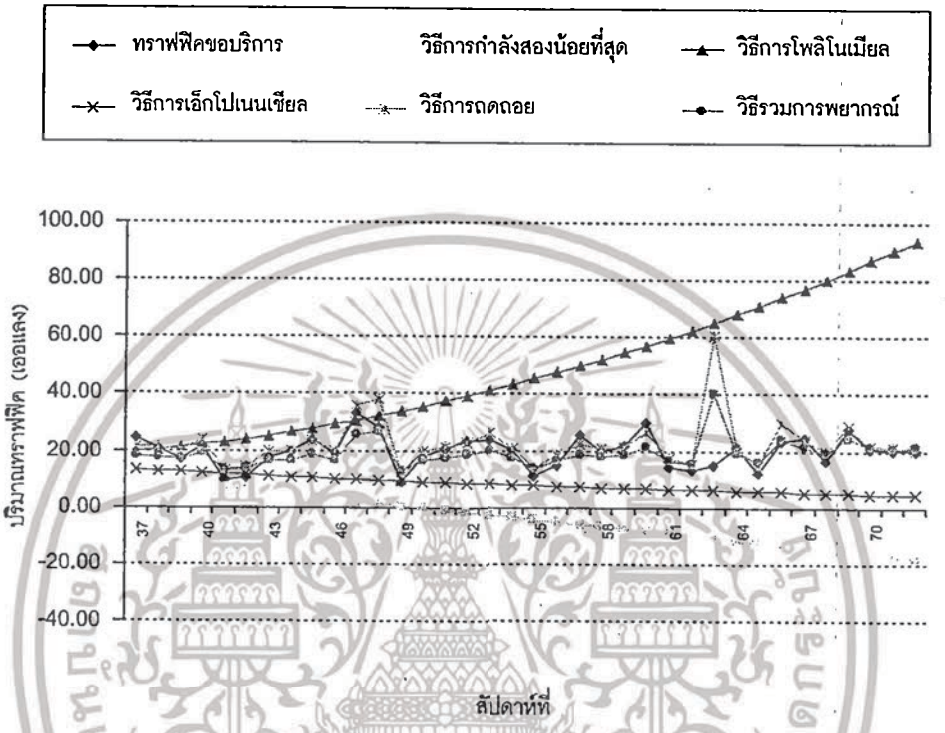
สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = 10^{1.417 + 0.0012X} \quad (37)$$

สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 10^{1.453 - 0.0015X} \quad (38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72

4.3.4 **วิธีการสมการถดถอย**

โดยการใช้วิธีการสมการถดถอยตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 ทำให้ได้สมการดังนี้

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 1.1007+0.0112X \quad (39)$$

สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = -6.8908+0.0142X \quad (40)$$

สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 3.4783+0.0088X \quad (41)$$

4.3.5 **วิธีการรวมการพยากรณ์**

โดยการใช้วิธีการสมการถดถอยตามวิธีการในหัวข้อที่ 2 ทำให้ได้สมการดังนี้

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 0.54X_1+0.17X_2+0.13X_3+0.16X_4 \quad (42)$$

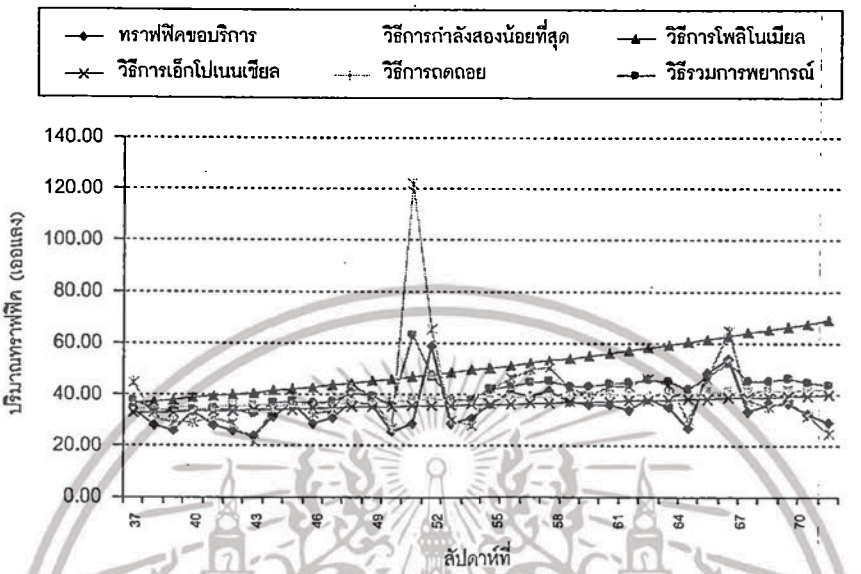
สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = 0.28X_1+0.24X_2+0.25X_3+0.23X_4 \quad (43)$$

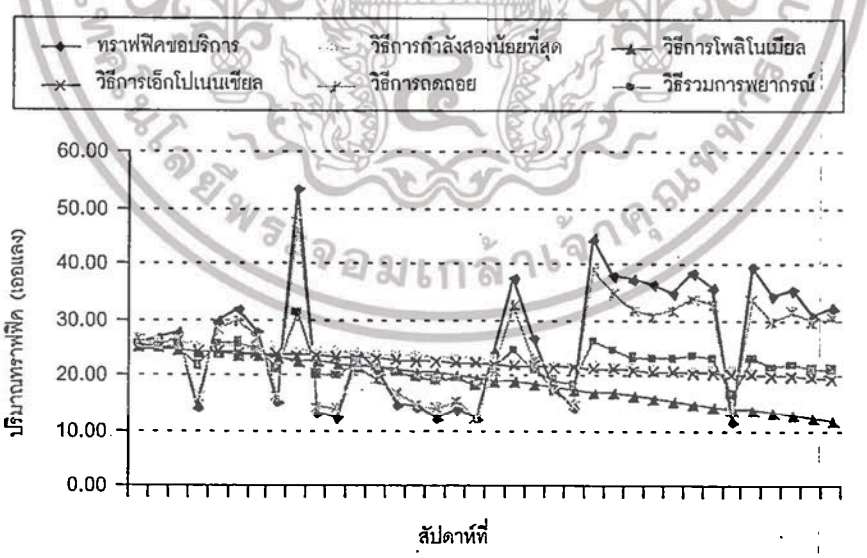
สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 0.33X_1+0.22X_2+0.22X_3+0.23X_4 \quad (44)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานถนนพระราม 9 ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72



รูปที่ 6 การพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคของสถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร ในช่วงสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ด้วยวิธีการต่างๆ

สถานีฐาน	วิธีการถดถอย	วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด	วิธีการโพลิโนเมียล	วิธีการเอ็กโปเน็นเชียล	วิธีรวมการพยากรณ์
สยามเซ็นเตอร์	8.62%	59.50%	28.47%	28.47%	9.98%
พระรามเก้า	10.73%	9.93%	26.18%	8.11%	12.45%
เจ้าคุณทหาร	4.80%	21.39%	21.38%	20.99%	15.58%

จากนั้นนำวิธีต่างมาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับทราฟฟิคที่ของบริการได้ผลดังรูปที่ 4-6

4.4 การตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค

จากข้อมูลเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค ทำให้สามารถเลือกสมการที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคสำหรับสถานีฐานในแต่ละพื้นที่ดังนี้

พื้นที่ย่านธุรกิจ

สถานีฐานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

$$Y_c = 0.54X_1 + 0.17X_2 + 0.13X_3 + 0.16X_4 \quad (45)$$

พื้นที่บนถนน

สถานีฐานถนนพระราม 9

$$Y_c = 10^{1.416+0.0012X} \quad (46)$$

พื้นที่ชานเมือง

สถานีฐานไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร

$$Y_c = 3.4783+0.0088X \quad (47)$$

5. การวัดประสิทธิภาพและการปรับปรุงสถานีฐาน

การวัดประสิทธิภาพและการปรับปรุงโครงข่ายจะพิจารณาได้จาก 2 พารามิเตอร์หลัก คือ Carrier-to-cochannel Interference Ratio (C/I_c) และ Blocking Propability (E) หรือคุณภาพการให้บริการ GOS (GOS จะอยู่ในช่วง 2-5%) ซึ่งในบทความนี้จะพิจารณาคุณภาพการให้บริการเป็นหลัก โดยใช้ Erlang B [4] หาได้จากสมการ

$$GOS = E(A, N) = \frac{A^N / N!}{\sum_{i=1}^{N} A^i / i!} \quad (48)$$

5.1 การกำหนดสัดส่วนช่องสัญญาณแบบไฮบริด

การกำหนดสัดส่วนช่องสัญญาณแบบไฮบริด ต้องกำหนดให้สัมพันธ์กับปริมาณทราฟฟิค โดยกำหนดช่องสัญญาณพื้นฐานเป็นแบบตายตัว (ค่าที่ได้จากการพยากรณ์) และกำหนดช่องที่เหลือเป็นแบบไดนามิก

ในการพยากรณ์ทราฟฟิคด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้รู้จุดสูงสุดและต่ำสุดของปริมาณทราฟฟิคได้ค่อนข้างแม่นยำ ดังนั้น เราจึงสามารถนำมาลดปัญหาการเรียกติดขัดในช่วงทราฟฟิคสูงได้ โดยการกำหนดสัดส่วนช่องสัญญาณใหม่ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3

สำหรับสถานีฐานถนนพระราม 9 จากปริมาณทราฟฟิคที่ได้พยากรณ์ไว้จากสัปดาห์ที่ 37 ถึง 72 ทำให้ทราบได้ว่าเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 47 จำนวนของช่องสัญญาณที่ติดตั้งไว้จำนวน 44 ช่อง จะไม่สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นได้ (ช่องสัญญาณจำนวน 44 ช่อง ที่ GOS = 2% จะรองรับได้ประมาณ 34.68 เออแลง) โดยเมื่อทำการปรับปรุงจำนวนช่องสัญญาณด้วยวิธีไฮบริดตามตารางที่ 3 โดยนำช่องสัญญาณจากพื้นที่ใกล้เคียงที่เหลือมาเพิ่มจะทำให้ค่าการติดขัดลดลงได้เมื่อปริมาณทราฟฟิคสูงขึ้น และยังคง GOS ไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การปรับปรุงจำนวนช่องสัญญาณของสถานีฐานถนนพระราม 9 ด้วยวิธีไฮบริด

สัปดาห์ที่	ปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ (เออแลง)	ช่องสัญญาณแบบไฮบริด (N_f/N_d)
37	32.82	44/8
38	33.00	44/8
39	33.18	44/8
40	33.37	44/8
41	33.55	44/8
42	33.74	44/8
43	33.92	44/8
44	34.11	44/8
45	34.30	44/8
46	34.49	44/8
47	34.68	44/8
48	34.87	44/8
49	35.07	44/8
50	35.26	44/8
51	35.46	44/8
52	35.65	44/8
53	35.85	44/8
54	36.05	44/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่	ปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ (เออแลง)	ช่องสัญญาณแบบไฮบริด (N_f/N_d)
55	36.25	44/8
56	36.45	44/8
57	36.65	44/8
58	36.86	44/8
59	37.06	44/8
60	37.26	44/8
61	37.47	44/8
62	37.68	44/8
63	37.89	44/8
64	38.10	44/8
65	38.31	44/8
66	38.52	44/8
67	38.73	44/8
68	38.95	44/8
69	39.17	44/8
70	39.38	44/8
71	39.60	44/8
72	39.82	44/8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 การปรับปรุงจำนวนช่องสัญญาณด้วยวิธีไฮบริดของสถานีฐานถนนพระราม 9

สัปดาห์ที่	การเรียกติดขัด			ช่องสัญญาณที่นำมาเพิ่ม
	ปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ (เออแลง)	จัดช่องสัญญาณด้วยวิธีคงที่ (%)	จัดช่องสัญญาณด้วยวิธีไฮบริด (%)	
37	32.82	0	0	0
38	33.00	0	0	0
39	33.18	0	0	0
40	33.37	0	0	0
41	33.55	0	0	0
42	33.74	0	0	0
43	33.92	0	0	0
44	34.11	0	0	0
45	34.30	0	0	0
46	34.49	0	0	0
47	34.68	2.00	0.13	8
48	34.87	2.12	0.14	8
49	35.07	2.22	0.23	8
50	35.26	2.36	0.17	8
51	35.46	2.47	0.19	8
52	35.65	2.62	0.21	8
53	35.85	2.75	0.23	8
54	36.05	2.89	0.25	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัปดาห์ที่	การเรียกติดขัด			ช่องสัญญาณที่นำมาเพิ่ม
	ปริมาณทราฟฟิคจากการพยากรณ์ (เออแลง)	จัดช่องสัญญาณด้วยวิธีคงที่ (%)	จัดช่องสัญญาณด้วยวิธีไฮบริด (%)	
55	36.25	3.03	0.27	8
56	36.45	3.19	0.30	8
57	36.65	3.35	0.33	8
58	36.86	3.49	0.35	8
59	37.06	3.67	0.38	8
60	37.26	3.86	0.42	8
61	37.47	4.02	0.45	8
62	37.68	4.19	0.49	8
63	37.89	4.37	0.53	8
64	38.10	4.56	0.57	8
65	38.31	4.76	0.62	8
66	38.52	4.97	0.67	8
67	38.73	5.19	0.73	8
68	38.95	5.38	0.78	8
69	39.17	5.57	0.84	8
70	39.38	5.83	0.90	8
71	39.60	6.04	0.97	8
72	39.82	6.27	1.04	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการจัดสรรช่องสัญญาณวิธีอื่น

ในตารางที่ 4 กรณีที่มีการกำหนดช่องสัญญาณไว้เป็น 44 ช่องสัญญาณ ข้อมูลจากการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคพบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 47-72 เป็นช่วงที่มีปริมาณทราฟฟิคสูง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงโครงข่ายด้วยการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริดโดยสามารถนำช่องสัญญาณไดนามิค (Dynamic Channel, N_d) ของพื้นที่ที่มีเปอร์เซ็นต์การเรียกติดขัดต่ำไปใช้กับพื้นที่อื่นที่มีเปอร์เซ็นต์การเรียกติดขัดสูงได้ (นำช่องสัญญาณจากพื้นที่ใกล้เคียง จำนวน 8 ช่องสัญญาณ มาใช้กับสถานีฐานถนนพระรวม 9) จากการจัดสรรช่องสัญญาณแบบไฮบริด จะช่วยทำให้การเรียกติดขัดในสถานีฐานถนนพระราม 9 ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการกำหนดช่องสัญญาณแบบตายตัว จะเห็นได้ว่าสามารถรองรับทราฟฟิคได้เพิ่มขึ้น

6. บทสรุป

จากการหาสมการที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค ในแต่ละพื้นที่ ได้แก่ 1) บริเวณย่านธุรกิจ (ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์) 2) บริเวณพื้นที่ถนน (ถนนพระราม 9) 3) บริเวณชานเมือง (บริเวณไปรษณีย์โทรเลขเจ้าคุณทหาร) พบว่าในแต่ละพื้นที่มีปริมาณทราฟฟิคแตกต่างกัน ทำให้ได้สมการที่เหมาะสมแตกต่างกันตามปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้น

ในการทดสอบหาสมการที่เหมาะสมได้นำวิธีพยากรณ์แบบต่างๆ คือ 1) วิธีเส้นตรง 2) วิธีโพลิโนเมียล 3) วิธีเอ็กโปเน็นเชียล 4) วิธีการถดถอย 5) วิธีรวมพยากรณ์ โดยวิธีการที่เหมาะสมจะให้ค่าความผิดพลาดต่ำที่สุด คือ แสดงให้เห็นถึงความแม่นยำ โดยในแต่ละวิธีจะต้องใช้ข้อมูลในอดีตที่รวบรวมมาเป็นเวลากว่า 1 ปี โดยวิธีเส้นตรง วิธีโพลิโนเมียล และวิธีเอ็กโปเน็นเชียลนั้น จะใช้ข้อมูลปริมาณทราฟฟิคในอดีตเพียงอย่างเดียว โดยความแม่นยำจะขึ้นอยู่กับลักษณะของปริมาณทราฟฟิค ส่วนวิธีการถดถอยจะใช้ความสัมพันธ์ของปริมาณทราฟฟิคกับค่าความพยายามเรียก และส่วนวิธีรวมการพยากรณ์จะได้ผลการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคตามการถ่วงน้ำหนักของวิธีที่ให้ความถูกต้องที่สุด

ผลจากการพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิค ได้นำมาพยากรณ์ปริมาณทราฟฟิคในแต่ละสถานีฐานของแต่ละพื้นที่ให้บริการโดยได้ปรับปรุงการจัดสรรช่องสัญญาณใหม่ จากเดิมในแบบคงที่ เป็นการจัดช่องสัญญาณแบบไฮบริด ทำให้สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิคได้สูงขึ้น โดยค่า GOS จะอยู่ในมาตรฐาน 2% ทำให้ลดปัญหาการเรียกติดขัดในชั่วโมงเร่งด่วนได้ดีขึ้น ◎

7. เอกสารอ้างอิง

ศิริลักษณ์ สุวรรณวงศ์, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2541

W.C.Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunication System*, New York: McGraw Hill, 1990

E.J. Wilmes, K.T. Erickson, "Two Methods of Neural Network Controlled Dynamic Channel Allocation for Mobile Radio System", *Proc. IEEE Globecom*, pp. 746-750, 1996

M.D. Yacoub, *Foundations of Mobile Radio Engineering*, Florida, U.S.A.: CRC Press, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้