การวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์
Telephone Network Planning

โดย

นายสง่า แวววีวงศ์

นางสาววัลภา เดชเสถียรวงศ์

นางสาวสุวิไล ฤกษ์ชัยมงคล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033402

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์

ผู้จัดทำ

1. นายสง่า แววรวีวงศ์ 32100342
2. นางสาววัลภา เตเสถียรวงศ์ 33100337
3. นางสาวสุวิไล ฤกษ์ชัยมงคล 33100463

----------อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.กอบชัย เดชหาญ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์
Telephone Network Planning

โดย : นายสง่า แววรวีวงศ์
นางสาววัลภา เตเสถียรวงศ์
นางสาวสุวิไล ฤกษ์ชัยมงคล
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์กอบชัย เดชหาญ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงวิธีการและขั้นตอนต่างๆ ในการวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์ โดยได้ศึกษาถึงลักษณะโครงข่ายโทรศัพท์ในนครหลวง พบว่าชุมสายท้องถิ่นจะถูกจัดแบ่งเป็นกลุ่มแล้วต่อเข้ากับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem) โดยที่ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นจะมีทั้งหมด 6 ชุมสาย ได้แก่กรุงเกษม (T1),พหลโยธิน (T2),เพลินจิต (T3),หลักสี่ (T4),พระโขนง (T6) และลาดหญ้า (T8) ในโครงงานนี้จะทำการวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์ในชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ในความรับผิดชอบของชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ในความรับผิดชอบของ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า ได้เขียนโปรแกรมหาค่าแทรฟฟิคเมตริกซ์ (traffic matrix) ในปัจจุบันออกมา หลังจากนั้น ทำการคาดคะเนแทรฟฟิคเมตริกซ์ในปีคาดหมาย แล้วนำผลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณหาจำนวนวงจรพร้อมทั้งพิจารณาเส้นทางการติดต่อด้วย

Abstract

This project's purpose is to plan the telephone network in metropolitan area.First,we choose Phloenchit Tendem (T3) and Latya Tendem (T8) in planning.Then,we write a program by C language to calculate the present traffic matrix from the measurement traffic which was measured by NCOM (NEC's Computerized Operation and Maintenance).Next,we forcast the future traffic matrix.Finally,we use the forcasting traffic matrix to calculate the number of circuit in high usage route and in alternative route by ET method (Equivalent Trunk Technique).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

บทนำ 1

บทที่ 1 แนะนำการวางแผนโครงข่าย 2

1.1 คำจำกัดความของการวางแผนโครงข่าย 2

1.2 ความแตกต่างของชนิดของแผนงาน 4

1.3 แผนแม่บททางเทคนิค 4

1.4 ขบวนการวางแผนโครงข่าย 9

บทที่ 2 รูปแบบของโครงข่ายดิจิตอล 10

2.1 ผลกระทบของอุปกรณ์ดิจิตอลกับการวางแผนโครงข่าย ทางด้านเศรษฐศาสตร์ 10

2.2 โครงสร้างของโครงข่าย 13

2.3 เส้นทางติดต่อ 17

บทที่ 3 ระบบสูญเสียการเรียก 22

3.1 แนวความคิดเกี่ยวกับแทรฟฟิค 22

3.2 ค่าความหนาแน่นแทรฟฟิค 23

3.3 การวัดสภาพคับคั่งของโครงข่าย 26

3.4 การวิเคราะห์แบบระบบสูญเสียการเรียก 28

3.5 ระดับการบริการ 38

บทที่ 4 ระบบล้น 40

4.1 การประยุกต์ใช้กับโครงข่ายตามลำดับขั้น 43

4.2 วิธีของ ER 45

4.3 วิธีของ ET 51

4.4 การหาจำนวนวงจรทรั้งค์บนเส้นทางแรก 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิค 62
5.1 สิ่งที่จำเป็นในการคาดคะเนแทรฟฟิค 62
5.2 ขั้นตอนการคาดคะเนแทรฟฟิค 63
บทที่ 6 กรณีศึกษา 72
6.1 วัตถุประสงค์ 72
6.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน 72
6.3 ข้อกำหนดและขอบเขตการศึกษา 72
บทที่ 7 การจัดทำปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน 74
7.1 ที่มาของข้อมูลดิบ 74
7.2 รูปแบบของข้อมูลดิบ 74
7.3 การประมวลผลข้อมูลดิบ 78
7.4 แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐาน 80
บทที่ 8 การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในช่วงที่ศึกษา 87
บทที่ 9 การคำนวณวงจรเพื่อรองรับเส้นทางต่าง ๆ 96
9.1 ขั้นตอนการคำนวณ 99
9.2 แผนภาพเส้นทางติดต่อ 116
บทที่ 10 สรุปและวิเคราะห์ผลการศึกษา 136
10.1 สรุปกรณีศึกษา 136
10.2 วิเคราะห์ผลกรณีศึกษา 137
บทแทรก
เอกสารอ้างอิง
กิตติกรรมประกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในปัจจุบันนี้การขยายตัวทางด้านธุรกิจมีมาก ทำให้การติดต่อสื่อสารเข้ามามีบทบาทเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นวิทยุติดตามตัว, โทรศัพท์มือถือ ฯลฯ แต่รูปแบบหนึ่งที่มีมานานและเป็นที่คุ้นเคยกันก็คือโทรศัพท์ ถ้าความต้องการโทรศัพท์มีเพิ่มมาก ทำให้จำนวนชุมสายโทรศัพท์ตลอดจนจำนวนวงจรต่างๆ ที่มีอยู่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้หมด ดังนั้นจำเป็นต้องขยายโครงข่ายออกไป ในการขยายโครงข่าย ต้องพิจารณาถึงความต้องการที่จะมีเพิ่มขึ้นในอนาคตด้วย

โครงข่ายโทรศัพท์ในนครหลวงประกอบด้วย โครงข่ายท้องถิ่น และโครงข่ายทางไกล สำหรับโครงข่ายทางไกลจะประกอบด้วยชุมสายต่อทางไกล (TC) เพียงอย่างเดียว ส่วนโครงข่ายท้องถิ่นนั้น ประกอบด้วยชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นและชุมสายท้องถิ่น ชนิดของเครื่องชุมสายที่ใช้ในชุมสายท้องถิ่นในนครหลวง มีทั้งที่เป็นอนาลอก (analog) และดิจิตอล (digital) โดยชุมสายที่เป็นอนาลอก จะใช้ระบบครอสบาร์ (crossbar) C-400 ส่วนชุมสายที่เป็นดิจิตอลนั้นจะใช้ระบบ SPC (Store Program Control) NEAX ในการขยายโครงข่ายโทรศัพท์นั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนโครงข่ายไปเป็นโครงข่ายดิจิตอลทั้งหมด เพื่อว่าในอนาคตจะสามารถรวมโครงข่ายต่างๆ เข้าเป็นโครงข่ายสื่อสารบริการร่วมระบบดิจิตอล (ISDN) ได้ ดังนั้นในโครงงานนี้จะเลือกขยายชุมสายท้องถิ่นที่เป็นระบบ NEAX แต่เนื่องจากชุมสายท้องถิ่นในนครหลวงมีมาก ดังนั้นจึงเลือกขยายเฉพาะชุมสายท้องถิ่นที่ต่ออยู่กับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายท้องถิ่นที่ต่ออยู่กับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้าเท่านั้น

ในการขยายโครงข่ายนั้นขั้นแรกต้องทำการพิจารณาแทรฟฟิคในปัจจุบัน ซึ่งจะทราบได้จากการวัด ในระบบ NEAX มีศูนย์ NCOM (NEC's Computerized Operation and Maintenance) ทำหน้าที่วัดออกมา จากปริมาณแทรฟฟิคที่วัดได้นี้จะถูกนำไปคำนวณหาค่าแทรฟฟิคเมตริกซ์ โดยได้เขียนโปรแกรมช่วยในการคำนวณ เมื่อได้ตัวแทนแทรฟฟิคเมตริกซ์ในปัจจุบันแล้วขั้นต่อไปทำการคาดประมาณจำนวนผู้เช่าในปีคาดหมาย ซึ่งข้อมูลทั้งสองนี้จะนำไปใช้คำนวณหาจำนวนวงจรที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น ตลอดจนสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อจัดให้มีเส้นทางการติดต่อที่เหมาะสมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 แนะนำการวางแผนโครงข่าย

การวางแผนโครงข่าย คือ งานหลาย ๆ งานที่ซับซ้อนซึ่งรวมไปถึงงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอีกหลาย ๆ อย่าง ในส่วนนี้จะได้ให้คำจำกัดความของการวางแผนโครงข่าย ประเภทโครงข่ายที่จำเป็นต้องศึกษา และการวางแผนขบวนการที่จะตามมา

1.1 คำจำกัดความของการวางแผนโครงข่าย

จุดประสงค์ของการวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์คือ ทำให้เกิดการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ต่าง ๆ ด้วยกัน ซึ่งสิ่งที่ต้องการที่สำคัญก็คือ ความพอใจของผู้เช่า ตัวอย่างที่สำคัญในเรื่องความรู้สึกของผู้เช่านี้ เช่น

-เวลาที่ผู้เช่าไม่สามารถใช้โครงข่าย เนื่องจากอุปกรณ์ขัดข้องและเกิดความคับคั่งของโครงข่ายชั่วคราว ควรจะสั้นที่สุด

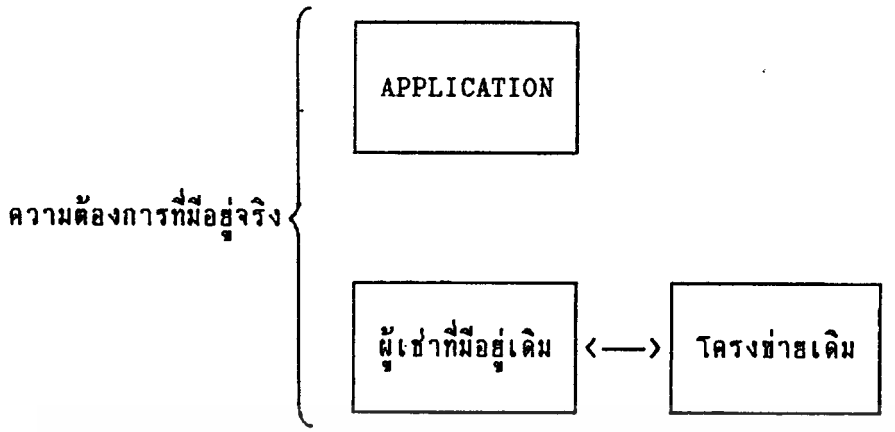
-เวลาที่ใช้ในการติดต่อจากผู้เช่ารายหนึ่งไปยังผู้เช่าอีกรายหนึ่ง ที่เรียกว่า THE CALL SET-UP TIME จะต้องสั้น

-ต้องมีคุณภาพของการบริการที่ดี เช่น ระดับของการบริการ คุณภาพเสียง ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในโครงข่ายทำให้ผู้เช่าพอใจ

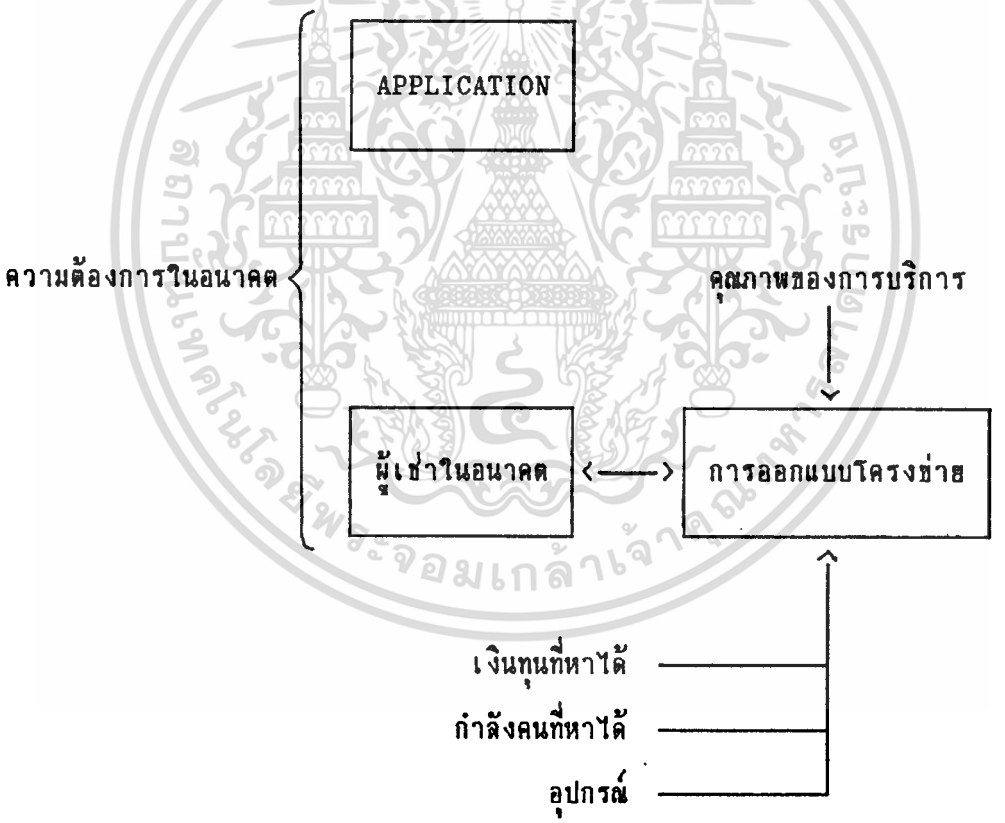
ในทางเทคนิคแล้วการกำหนดลักษณะที่สำคัญของคุณภาพของการบริการสามารถเป็นไปได้ แต่ราคาของโครงข่ายที่มีคุณสมบัติดีจะมีราคาสูงมาก ดังนั้นการออกแบบโครงข่ายจะต้องพิจารณาระหว่างคุณภาพของการบริการ และราคาที่จะใช้ในการสร้างโครงข่ายนั้น ผลลัพธ์ควรจะเป็นโครงข่ายที่ยอมรับได้ กล่าวคือมีราคาที่สมเหตุสมผล

ถึงแม้ว่าจำนวนเงินสำหรับสร้างโครงข่ายจะมีพอ แต่ก็ยังมีอุปสรรคอื่น ๆ อีกที่มีผลต่องบลงทุน กล่าวคือ กำลังคนที่จำเป็นที่จะต้องใช้ในการสร้าง ใช้ปฏิบัติงาน และใช้บำรุงรักษาระบบ ดังนั้นผู้ที่วางแผนโครงข่ายมีหน้าที่ที่จะออกแบบโครงข่ายที่เหมาะสมที่สุดบนพื้นฐานของคุณภาพของการบริการ เงิน และกำลังคนที่สามารถหามาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. สภาพการณ์ที่มีอยู่จริง



ข. การออกแบบโครงข่ายในอนาคต

รูปที่ 1.1 อธิบายถึงสิ่งแวดล้อมของการวางแผนโครงข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความแตกต่างของชนิดของแผนงาน

ในการวางแผนโครงข่ายต้องมีคำชี้แนะที่จำเป็นเพื่อให้บรรลุถึงองค์ประกอบของโครงข่าย จึงเป็นงานพื้นฐานของโครงข่ายที่จะต้องบรรจุไว้ในแผนแม่บท

แผนแม่บทจะเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของโครงข่าย เช่น

-โครงสร้างของโครงข่าย

-การอัตโนมัติ

-คุณภาพของการบริการ

-บริการใหม่ ๆ

-การพัฒนาไปสู่ระบบดิจิตอลของโครงข่ายภายในประเทศในอนาคต

แผนแม่บทอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องเฉพาะเหล่านี้เรียกว่า แผนแม่บททางเทคนิค เรื่องเฉพาะเหล่านี้คือ

-แผนการให้บริการได้เสมอและแผนความปลอดภัย (AVAILABILITY PLAN AND SECURITY PLAN)

-แผนเส้นทางติดต่อ (ROUTING PLAN)

-แผนระบบสัญญาณ (SIGNALLING PLAN)

-แผนหมายเลข (NUMBERING PLAN)

-แผนระบบรับ-ส่ง (TRANSMISSION PLAN)

-แผนความสอดคล้องในโครงข่าย (SYNCHRONIZATION PLAN)

-แผนค่าบริการ (CHARGING PLAN)

-แผนอุปกรณ์ตัวต่อ (SWITCHING PLAN)

1.3 แผนแม่บททางเทคนิค

1.3.1 แผนการให้บริการได้เสมอ

แผนการให้บริการได้เสมอ คือ แผนที่ทำให้สามารถรักษาคุณภาพของการบริการให้ดีอยู่เสมอ แม้ว่าในขณะที่เกิดมีเหตุขัดข้องขึ้นกับโครงข่ายก็ตาม เช่น ชุมสายขัดข้องหรือเคเบิลล่ม เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น และเพื่อที่จะรักษาคุณภาพของการบริการให้ดีอย่างสม่ำเสมอ ก็จะต้องมีแผนความปลอดภัย (SECURITY PLAN) ซึ่งเป็นแผนที่จะทำให้โครงข่ายปราศจากการรบกวนต่างๆ ได้ เช่น โอเวอร์โหลด (OVERLOAD) และซิสเตมเฟลเลอร์ (SYSTEM FAILURES) เป็นต้น

แผนอันนี้จะเป็นตัวนำให้ค่าใช้จ่ายในโครงข่ายเพิ่มมากขึ้นโดยไม่อาจมองเห็นรายได้ที่รับกลับมาในทางตรง แต่ยิ่งใช้จ่ายกับแผนนี้มากขึ้นเท่าใด คุณภาพของการบริการก็จะยิ่งดีขึ้น ๆ มากเท่านั้น และย่อมทำให้เกิดการเร่งเร้าให้มีการใช้บริการมากขึ้น ๆ และนั่นก็คือรายได้ที่จะได้รับที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

1.3.2 แผนเส้นทางติดต่อ

เส้นทางติดต่อเป็นสิ่งสำคัญในการสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งผู้ออกแบบโครงข่ายมีทางเลือกได้หลายอย่าง และเป็นสิ่งที่ต้องใช้เงินทุนในระยะแรกสูง และแผนแม่บทอื่น ๆ ยังต้องขึ้นอยู่กับแผนเส้นทางติดต่ออีกด้วย สำหรับการบริหารโครงข่ายนั้นจำเป็นที่จะต้องมีเส้นทางติดต่อไว้หลาย ๆ เพราะเมื่อเส้นทางหนึ่งขัดข้องจะได้ใช้เส้นทางอื่น ๆ เหล่านั้นแทนได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของการวางแผนเส้นทางติดต่อมีดังนี้

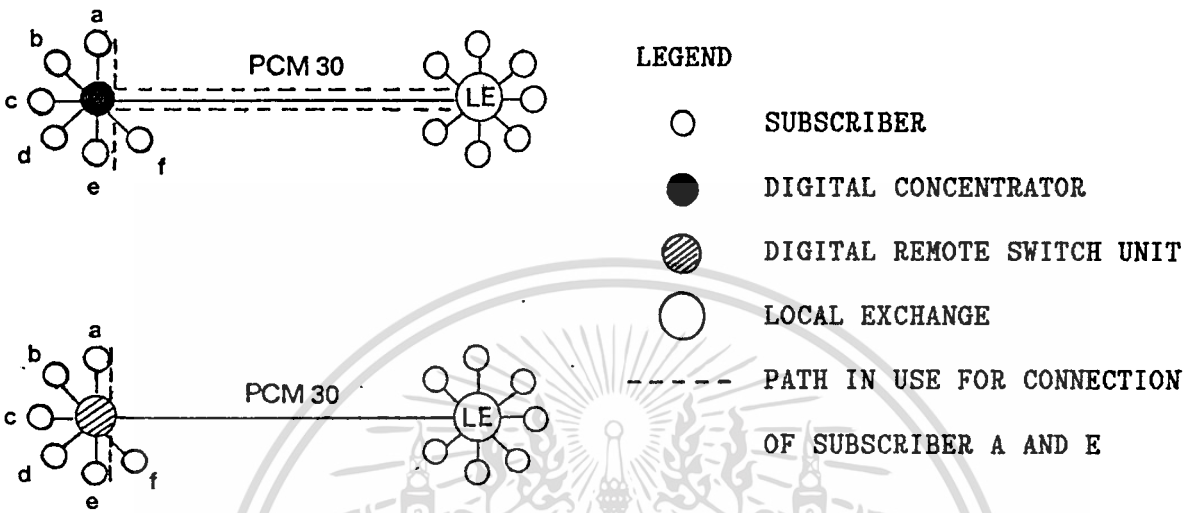
ในพื้นที่ที่มีผู้เช่าอยู่หนาแน่น ความยาวของคู่สายจะสั้น ดังนั้นจึงควรลากคู่สายจากบ้านผู้เช่ามายังชุมสายท้องถิ่นโดยตรง แต่ในพื้นที่ที่มีผู้เช่าอย่างเบาบางจะต้องหาจุดที่รวมที่เป็นกึ่งกลางระหว่างบ้านผู้เช่าให้มากที่สุด และลากคู่สายไปรวม ณ ที่นั้น จากนั้นจึงจัดเป็นเส้นทางติดต่อรวมกันเข้ามายังชุมสายท้องถิ่น ในบางกรณีอาจใช้สำหรับทางไกลด้วย และจะต้องศึกษาถึงความประหยัดด้วยเพื่อจะได้เส้นทางที่ดีที่สุด ผลที่ได้ก็คือ จะต้องใช้เคเบิลที่จะไปยังชุมสายท้องถิ่นที่ยาว ๆ ให้น้อยที่สุด การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ต่อเส้นทางติดต่อร่วมกันนั้น กระทำได้สองวิธีคือ

ใช้คอนเซนเตเตอร์(CONCENTRATOR) และใช้รีโมทสวิทชิ่งยูนิท(REMOTE SWITCHING UNIT=RSU)

-คอนเซนเตเตอร์ ติดตั้งไว้ในจุดที่ต้องการรวมคู่สายของผู้เช่าเข้าไปในเส้นทางติดต่อร่วมกัน สำหรับการใช้ดิจิตอลคอนเซนเตเตอร์ซึ่งสามารถใช้ PCM ทำการมัลติเพลกซ์ผู้เช่า 30 เครื่องรวมเข้าในเส้นทางติดต่อเดียวกันไปยังชุมสายท้องถิ่น จะเป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด และเมื่อใช้กับชุมสายท้องถิ่นที่เป็น SPC ก็ไม่ต้องใช้ตัวเปลี่ยน การใช้คอนเซนเตเตอร์นี้เหมาะสำหรับใช้กับผู้เช่าที่มีการเรียกไม่หนาแน่นนัก เพราะถ้าในกรณีแทรฟฟิคสูงจะเกิดการคับคั่งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-RSU คล้าย ๆ กับคอนเซนเตเตอร์ แต่สามารถทำการต่อตัวต่อได้ การเรียกระหว่างผู้เช่าจาก RSU เดียวกันไม่จำเป็นต้องใช้เส้นทางติดต่อที่ผ่านเข้าไปในชุมสายท้องถิ่นก็ได้ ซึ่งต่างกับคอนเซนเตเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ตัวอย่างโครงสร้างคอนเซนเตเตอร์และ RSU

การเชื่อมโยงชุมสายท้องถิ่นต่าง ๆ เข้ากับชุมสายปฐมภูมิ จึงกระทำด้วยโครงข่ายรูปดาว ชุมสายปฐมภูมิอาจต่อกันแบบรูปใยแมงมุมโดยมีเส้นทางติดต่อตรงเชื่อมถึงกันหมดก็ได้ หรือมีเส้นทางติดต่อตรงผ่านระบบตามลำดับชั้นก็ได้ แต่ระบบหลังดูจะเป็นที่นิยมกันเป็นส่วนมาก

1.3.3 แผนระบบสัญญาณ

แผนระบบสัญญาณนั้นมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับการบริการต่าง ๆ ที่ฝ่ายบริหารต้องการให้บริการกับผู้ใช้โทรศัพท์ การบริหารโครงข่ายที่สลับซับซ้อน บริการพิเศษต่าง ๆ และคุณภาพของการบริการที่ดีนั้น มักจะต้องใช้ระบบสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูง ระบบสัญญาณมีความจำเป็นมากสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล ควบคุมการทำงานระหว่างผู้เช่ากับเครื่องชุมสายท้องถิ่น ตลอดจนการแลกเปลี่ยนข้อมูล ควบคุมการทำงานระหว่างชุมสาย ซึ่งแต่ละประเภทนั้นมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันออกไป และควรเลือกระบบสัญญาณที่ให้ข้อเสนอแนะไว้โดย CCITT ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างแพร่หลายทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ตลอดจนสามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างประเทศได้อีกด้วย

1.3.4 แผนหมายเลข

แผนเลขหมาย ควรจะทำการกำหนดแผนไว้ล่วงหน้าเพื่อไว้สำหรับอนาคตด้วย ทั้งนี้จะได้ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงบ่อย ๆ ในเมื่อมีการขยายงานของโครงข่าย อายุของแผนเลขหมายที่ควรกำหนดล่วงหน้าก็คือ 30 ถึง 50 ปี ปัญหาส่วนใหญ่ของแผนเลขหมายก็คือ การกำหนดรหัสพื้นที่และรหัสชุมสายไม่สัมพันธ์กัน หรือกำหนดความยาวของเลขหมายไม่ถูกต้อง สิ่งสำคัญอย่างยิ่งของเลขหมายผู้เช่าก็คือ จะต้องใช้แสดงตัวได้เป็นหนึ่งเดียว โดยการเรียกจะตรงไปยังหมายเลขนั้น ๆ เพียงที่เดียวเท่านั้น

1.3.5 แผนระบบรับส่ง

หน้าที่หลักของระบบรับส่งก็คือ เตรียมวงจรเพื่อการส่งรับสัญญาณต่าง ๆ ทั้งหมด เช่น สัญญาณเสียง ข้อมูล และสัญญาณชิกแนลลิ่ง (SIGNALLING)

แผนระบบรับส่งได้กำหนดคุณภาพที่ต้องการเพื่อใช้ในการแลกเปลี่ยนข่าวสารกันระหว่างผู้เช่า

คุณภาพของเสียงควรจะเป็นที่พึงพอใจสำหรับผู้เช่า โดยมีราคาที่ประหยัดที่สุดด้วยเงินลงทุนทั้งหมดที่ต้องคำนึงถึงนั้น จะต้องรวมค่าใช้จ่ายในการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ตัวต่อกับระบบรับส่งด้วย มาตรฐานที่คำนึงถึงคือ การพัฒนาคุณภาพการบริการ สมรรถนะของโครงข่าย ความคล่องตัว และตลอดจนการบริหารโครงข่าย

1.3.6 แผนความสอดคล้องในโครงข่าย

แผนความสอดคล้องในโครงข่าย เป็นแผนที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับโครงข่ายดิจิตอลเท่านั้น เมื่อมีการติดต่อระหว่างชุมสายดิจิตอลตั้งแต่สองแห่งขึ้นไป ด้วยระบบรับส่งดิจิตอลจะต้องใช้แผนความสอดคล้องในโครงข่าย เพื่อป้องกันการเกิดสลิป (SLIP) หรือยอมให้มีอัตราการเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สลิป (SLIP RATE) มากที่สุดเท่าใด ซึ่งชุมสายดิจิตอลแต่ละชุมสายจะมีสัญญาณนาฬิกาของตัวเองเพื่อการรับและการส่งบิทสตรีม (BITSTREAM) และใช้ควบคุมการทำงานของตัวต่อแบบดิจิตอล

1.3.7 แผนค่าบริการ

แผนการคิดค่าบริการจะกระทบกับตัวต่อและระบบสัญญาณ โดยที่ถ้าระบบการคิดเงินยุ่งยากและซับซ้อนก็จะต้องใช้อุปกรณ์ตัวต่อและระบบสัญญาณที่ยุ่งยากและซับซ้อนเช่นกัน แผนการคิดเงินที่ดีนั้น จะต้องเป็นที่ยอมรับของผู้ใช้บริการ นั่นก็หมายถึงว่าจะเป็นตัวกำหนดรายได้ที่จะได้รับว่ามีผู้ใช้บริการมากน้อยแค่ไหน

วิธีการเบื้องต้นที่ใช้ในการคิดเงินก็คือ

- คิดด้วยอัตราคงที่
- คิดตามจำนวนครั้งที่เรียก
- คิดตามช่วงเวลาที่เรียก
- คิดตามช่วงเวลาที่เรียกสัมพันธ์กับระยะทาง
- คิดตามช่วงเวลาที่เรียกสัมพันธ์กับเวลาของวันในแต่ละวัน

พฤติกรรมของผู้เช่า เช่น จำนวนครั้งของการเรียก ระยะเวลาในการใช้ จะเป็นข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาเลือกวิธีการในการคิดเงิน ซึ่งผู้วางแผนโครงข่ายจะต้องใช้ประกอบการวางแผนคิดเงินด้วย

1.3.8 แผนอุปกรณ์ตัวต่อ

จุดมุ่งหมายของแผนอุปกรณ์ตัวต่อ คือ เพื่อตระเตรียมอุปกรณ์ตัวต่อที่จะมาใช้งานด้วยวิธีการที่ดีที่สุด เพื่อให้โครงข่ายสามารถให้บริการได้ตามความประสงค์ของผู้เช่า และตามความต้องการของฝ่ายบริหาร แผนอุปกรณ์ตัวต่อจะกระทบกับแผนอื่นทั้งหมด และโดยทั่วไปแล้วอาจกล่าวได้ว่า ชุมสาย SPC ดิจิตอลจะทำให้เกิดความคล่องตัวกับแผนอื่น ๆ ด้วย นอกจากนี้ชุมสาย SPC ยังช่วยพัฒนาการบริหารโครงข่าย ตลอดจนให้จำนวนเส้นเชื่อมโยงที่มากกว่า สามารถใช้กับระบบสัญญาณ เลขหมาย และการคิดเงินที่สลับซับซ้อนได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขบวนการวางแผนโครงข่าย

แผนปฏิบัติการจะศึกษาในช่วงที่แตกต่างกัน เช่น

-ระยะยาว (ตั้งแต่ปัจจุบันขึ้นไปถึง 30 ปี)

-ระยะกลาง (ตั้งแต่ปัจจุบันขึ้นไปถึง 10 ปี)

-ระยะสั้น (ตั้งแต่ปัจจุบันขึ้นไปถึง 3 ปี)

ขบวนการวางแผนสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การคาดคะเนความต้องการ

2. การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคของผู้เช่าที่จะเกิดขึ้น

3. การทำให้เหมาะที่สุดและการกำหนดขนาดโครงสร้างที่เหมาะที่สุดของโครงข่าย จำนวนชุมสาย สถานที่ตั้งของชุมสาย ปริมาณเลขหมายของชุมสาย เส้นทาง และเส้นทางเคเบิล

4. การประเมินค่าทางเศรษฐกิจของแผน

5. เปรียบเทียบคำตอบต่าง ๆ เปรียบเทียบทางเศรษฐกิจ ความไวของแผนหลาย ๆ แผนสำหรับความแปรผันทางแทรฟฟิค ความยืดหยุ่นของการเติบโตของโครงข่าย และอื่น ๆ

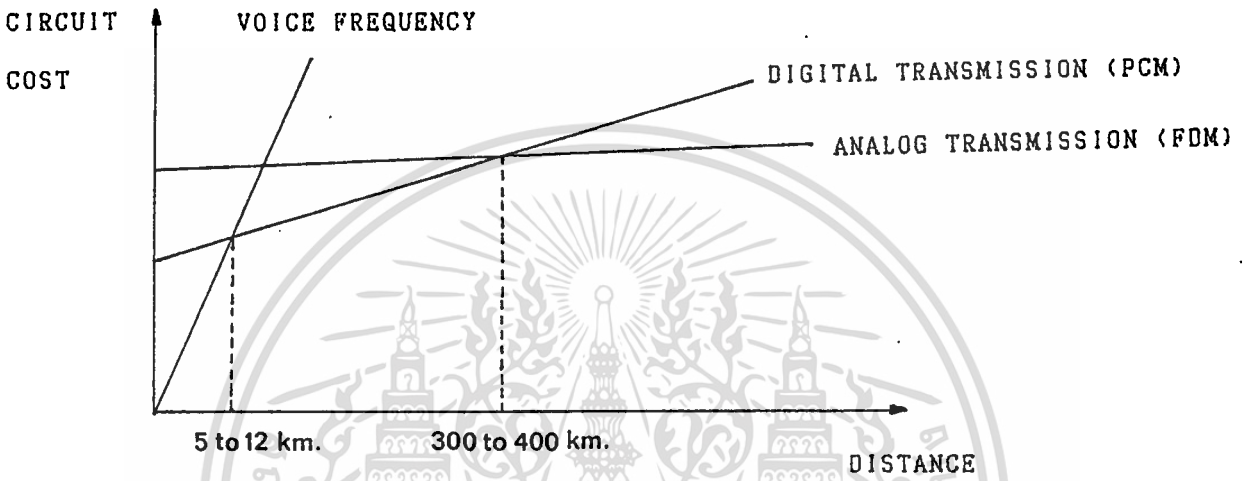
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033402

บทที่ 2 รูปแบบของโครงข่ายดิจิตอล

2.1 ผลกระทบของอุปกรณ์ดิจิตอลกับการวางแผนโครงข่ายทางด้านเศรษฐศาสตร์

การเปรียบเทียบทั่ว ๆ ไปของราคาวงจรแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ราคาของระบบต่าง ๆ

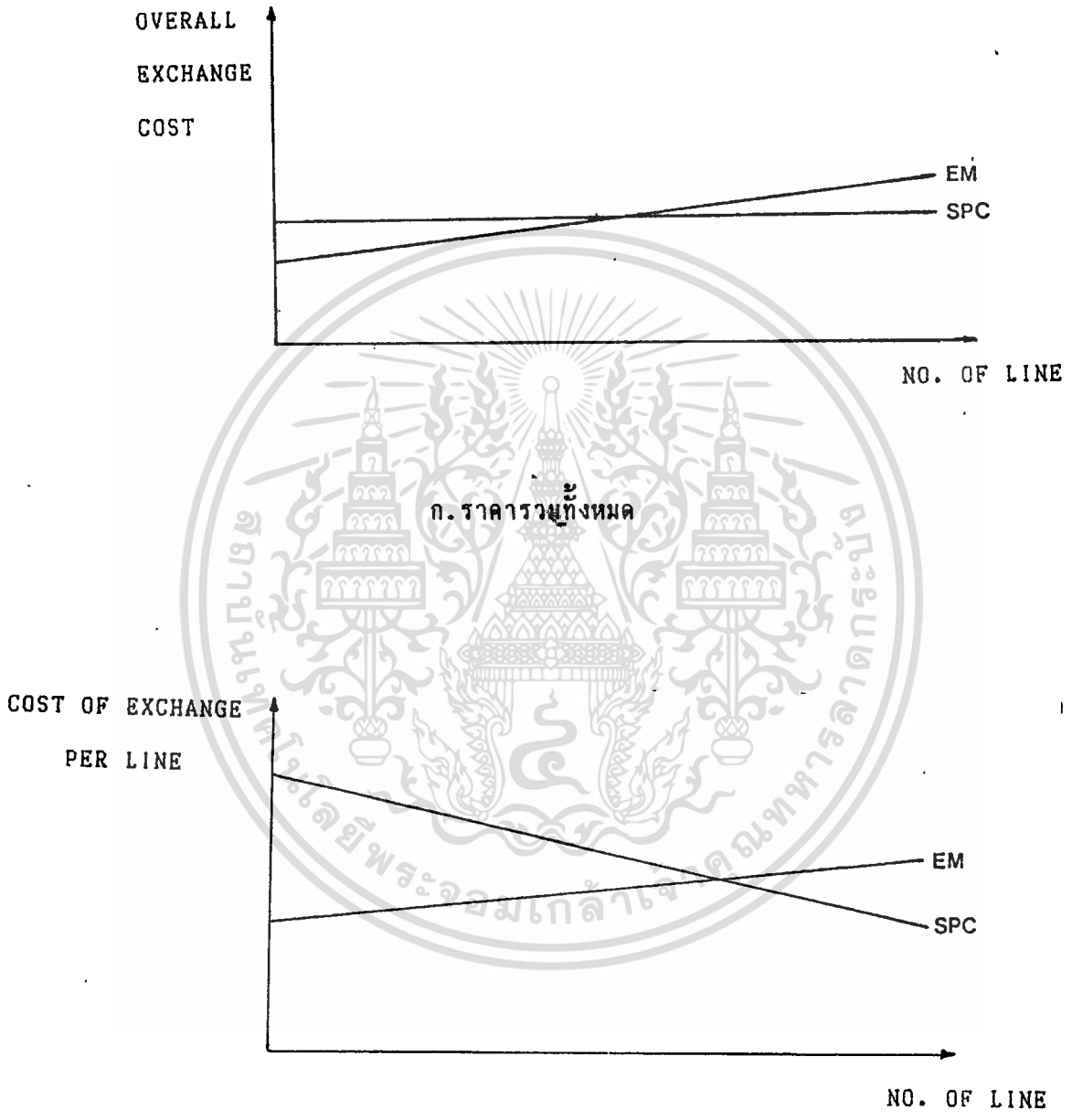
จากรูปบางระยะทางระบบการรับส่งแบบดิจิตอลจะประหยัดกว่า บางระยะทางก็แพงกว่าระบบรับส่งแบบอนาลอก แต่เป็นที่คาดว่าในอนาคตระบบรับส่งแบบดิจิตอลจะมีราคาถูกกว่าในทุก ๆ ระยะทาง สำหรับราคาของวงจรที่กล่าวมานี้เป็นราคารวมทั้งราคาของวงจรเองและราคาของอุปกรณ์ปลายทางทั้งสองด้านด้วย

อุปกรณ์เครื่องชุมสาย SPC แบบดิจิตอลจำเป็นจะต้องมีตัวประมวลผลไม่ว่าขนาดของจำนวนเครื่องโทรศัพท์จะมีมากน้อยแค่ไหนก็ตาม ตัวประมวลผลนี้จะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่น การรับส่งสัญญาณ และการต่อวงจร เป็นต้น ตัวประมวลผลนี้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นราคาในระยะเริ่มต้นของชุมสาย SPC แบบดิจิตอลจึงสูง เมื่อมีจำนวนเครื่องโทรศัพท์ระยะแรกน้อย ทำให้ราคาต่อเครื่องสูง แต่เมื่อเพิ่มจำนวนเครื่องโทรศัพท์มากขึ้นจะไม่ทำให้ราคาของตัวประมวลผลเพิ่มขึ้น ดังนั้นราคาต่อเครื่องในการที่กระทำการเพิ่มเครื่องโทรศัพท์สำหรับชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPC แบบดิจิตอลจึงมีราคาถูกกว่าชุมสายแบบอนาลอก

ในรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงเปรียบเทียบราคาทั้งหมด และราคาต่อเครื่อง ระหว่างชุมสายแบบอิเลคโทรแมคคานิกส์ (ELECTROMECHANIC) และชุมสาย SPC ตามรูป ก. และ ข.



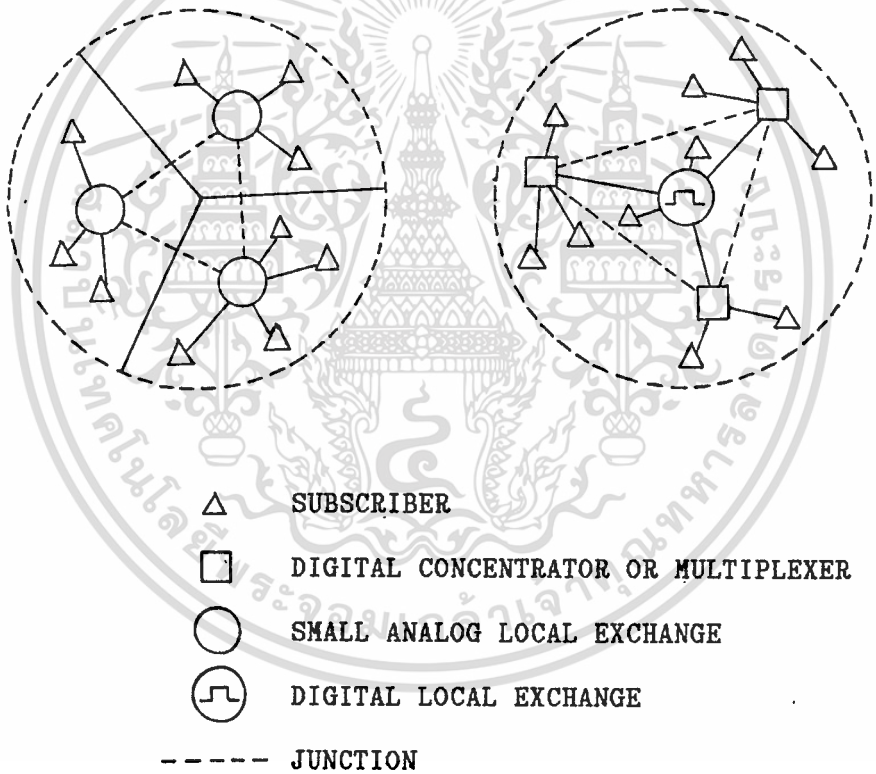
ก. ราคารวมทั้งหมด

ข. ราคาต่อเครื่อง

รูปที่ 2.2 แสดงแนวโน้มของราคาของอุปกรณ์ตัวต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

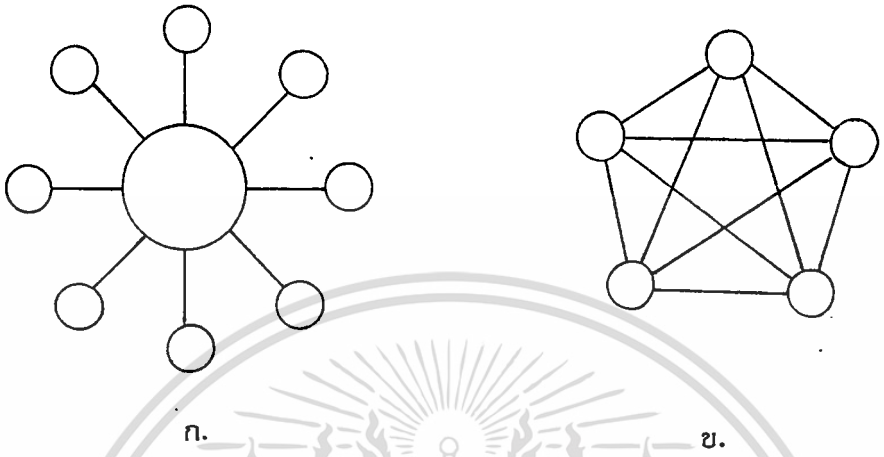
เทคโนโลยีทั้งในปัจจุบันและในอนาคตจะทำให้ชุมสายที่มีความสลับซ้ำซ้อน และมีจำนวนเลขหมายมากมีราคาประหยัดลง ซึ่งจะทำให้สามารถขยายจำนวนเลขหมายได้มาก ๆ หรืออาจจะรวมเอาชุมสายท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านเข้าเป็นชุมสายเดียวกัน การที่รวมเอาพื้นที่ท้องถิ่นหลาย ๆ พื้นที่เข้าเป็นพื้นที่เดียวกัน จะทำให้ลดค่าใช้จ่ายทางด้านข่ายสายต่อผ่านท้องถิ่นระหว่างชุมสายท้องถิ่นต่าง ๆ ลดลง แต่จะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายด้านข่ายสายผู้เช่า เนื่องจากเหตุผลที่ว่าระยะทางเฉลี่ยจากบ้านผู้เช่าไปยังชุมสายท้องถิ่นไกลขึ้นไปอีก ดังนั้นถ้าจะให้เป็นการประหยัดมากกว่าควรจะมี RSU ไว้ในพื้นที่ที่ใกล้กับบ้านผู้เช่าให้มากที่สุด โดยที่ผู้เช่าจะต่อคู่สายเข้าที่อุปกรณ์คอนเซนเตเตอร์ หรือมัลติเพลกเซอร์ (MULTIPLEXER) ที่อยู่ที่ RSU และจาก RSU จะมีเคเบิลต่อไปยังชุมสายท้องถิ่น ซึ่งจำนวนเคเบิลดังกล่าวนี้ไม่ต้องมีมากเท่าจำนวนเครื่องผู้เช่าดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การแทนที่อุปกรณ์อนาลอกด้วยอุปกรณ์ดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 โครงสร้างเบื้องต้น (BASIC STRUCTURE)



ก. ข.

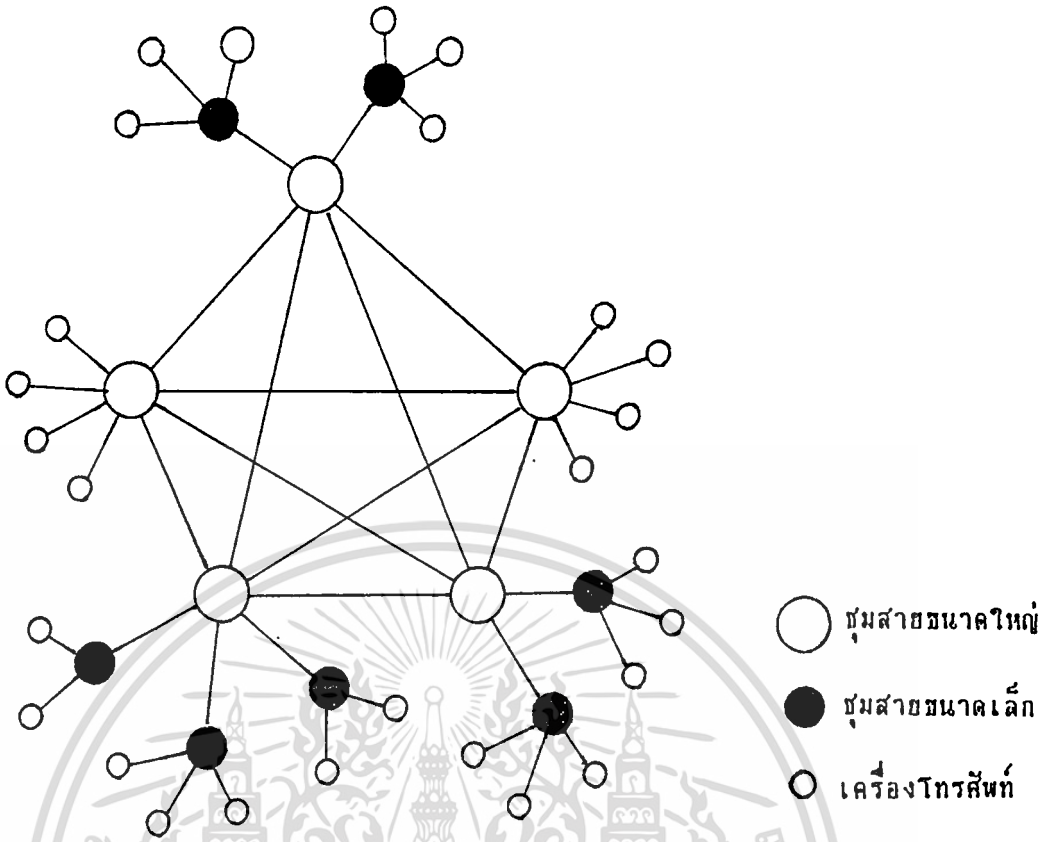
รูปที่ 2.4 ก.โครงข่ายรูปดาว ข.โครงข่ายรูปใยแมงมุม

โครงข่ายรูปดาว (STAR-SHAPED NETWORK) เป็นโครงข่ายที่ใช้จุดกึ่งกลางเป็นตัวเชื่อมโยงการติดต่อระหว่างเครื่องโทรศัพท์ หรือชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่รอบ ๆ การติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์หรือชุมสายโทรศัพท์ที่อยู่ในโครงข่ายรูปดาวนี้จะกระทำได้โดยการต่อผ่านชุมสายโทรศัพท์ศูนย์กลางเท่านั้น ทำให้มีข้อดีคือ ลดจำนวนคู่สายที่ใช้ติดต่อกันระหว่างเครื่องโทรศัพท์หรือระหว่างชุมสายโทรศัพท์

โครงข่ายรูปใยแมงมุม (MESH-SHAPED NETWORK) เป็นโครงข่ายที่ใช้เชื่อมต่อชุมสายโทรศัพท์ถึงกันทั้งหมด แต่จะไม่ใช้กับเครื่องโทรศัพท์ เหมาะสำหรับโครงข่ายที่มีการใช้โทรศัพท์อย่างคับคั่ง เพราะจะทำให้การเรียกกระจายกันออกไปยังชุมสายต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว แต่ข้อเสียคือต้องใช้คู่สายจำนวนมาก

ในโครงข่ายท้องถิ่นและโครงข่ายทางไกลจะใช้โครงข่ายทั้งสองประเภทร่วมกันเป็นแบบผสมดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

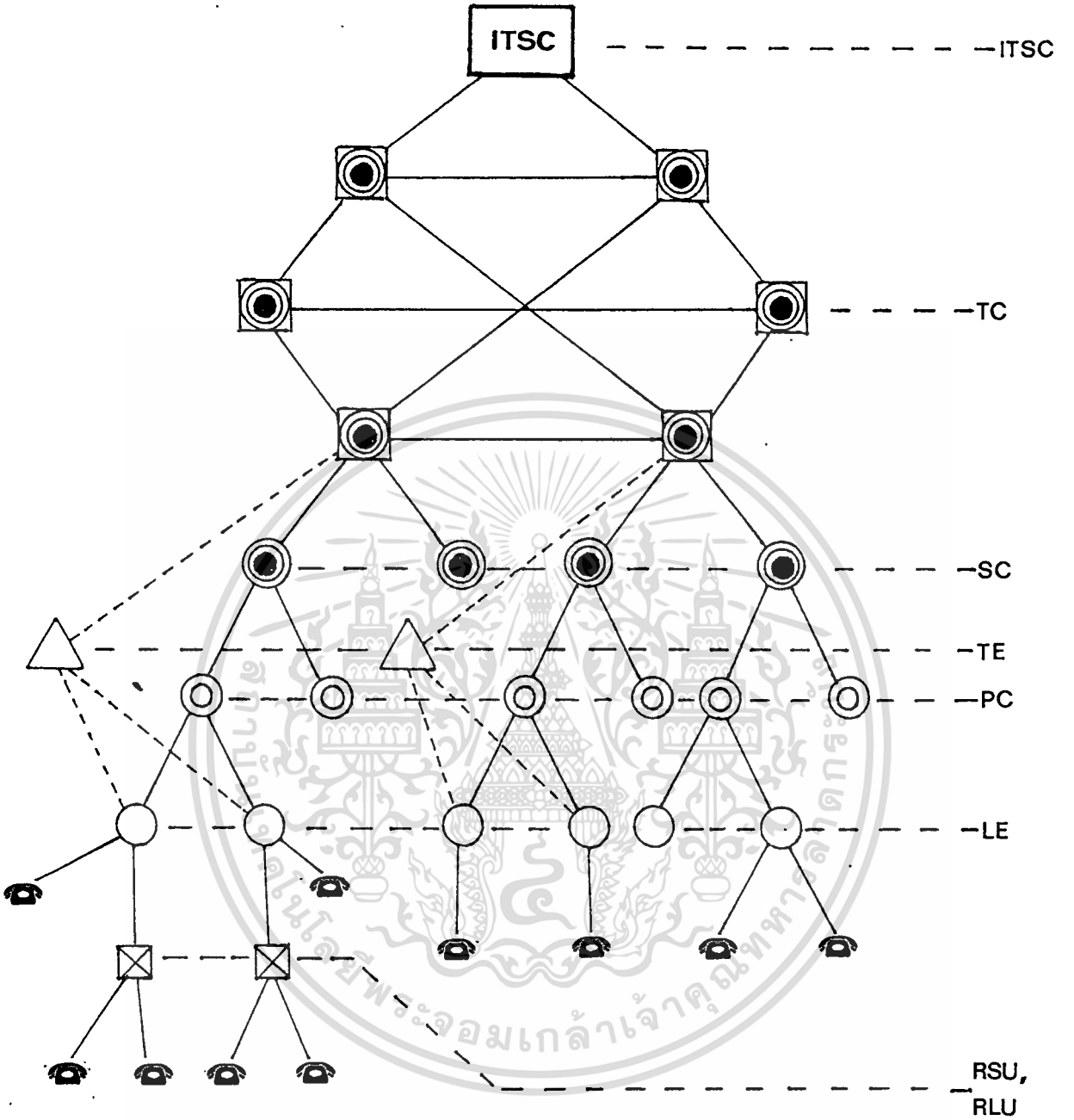


รูปที่ 2.5 โครงข่ายแบบผสม

2.2.2 โครงข่ายตามลำดับชั้น (HIERACHY NETWORK)

ในโครงข่ายโทรศัพท์นั้นได้มีการจัดลำดับชั้นจากสูงมาต่ำ โครงข่ายระหว่างประเทศเป็นชั้นสูงที่สุด ถัดลงมาเป็นโครงข่ายทางไกล และโครงข่ายท้องถิ่น ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ชุมสายในโครงข่ายตามลำดับชั้น

สัญลักษณ์	หมายถึง
	ชุมสายต่อทางไกลระหว่างประเทศ ITSC
	ชุมสายต่อทางไกล TC (TERTIARY CENTER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายต่อทางไกล SC (SECONDARY CENTER)

ชุมสายต่อผ่านทางไกล PC (PRIMARY CENTER)

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น TE (TANDEM EXCHANGE)

ชุมสายท้องถิ่น LE (LOCAL EXCHANGE)

ชุมสาย RSU (REMOTE SWITCHING UNIT), RLU (REMOTE LINE UNIT)

1. ชุมสายท้องถิ่น เป็นชุมสายที่อยู่ระดับต่ำสุด ทั้งนี้ไม่ได้รวมชุมสาย RSU, RLU ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุมสายท้องถิ่นที่แยกไปติดตั้งไว้ที่ระยะไกล และต่อกับเครื่องโทรศัพท์โดยตรงแบบรูปดาว

2. ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่าชุมสาย TANDEM จะไม่มีเครื่องโทรศัพท์ มีแต่วงจรต่อเข้าและวงจรต่อออก ทำหน้าที่ต่อผ่านการเรียกระหว่างชุมสายท้องถิ่นต่าง ๆ ในโครงข่ายท้องถิ่น ดังนั้นจึงมีการเรียกผ่านเพียงอย่างเดียว

ในโครงข่ายท้องถิ่นมีชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเฉพาะในนครหลวงเท่านั้น ซึ่งมี 6 TANDEM อันได้แก่ TANDEM1 กรุงเกษม, TANDEM2 พหลโยธิน, TANDEM3 เพลินจิต, TANDEM4 หลักสี่, TANDEM6 พระโขนง และ TANDEM8 ลาดหญ้า เพราะเป็นโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ และมีการเรียกใช้โทรศัพท์สูง ดังนั้นต้องใช้โครงข่ายรูปใยแมงมุม แต่เนื่องจากพื้นที่ของนครหลวงนั้นกว้างมาก การที่จะทำการโยงชุมสายท้องถิ่นถึงกันหมดทุกชุมสายจะเป็นการไม่ประหยัด จึงตั้งชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นกระจายไว้ตามพื้นที่ต่าง ๆ โดยที่โครงข่ายระหว่างชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเหล่านั้นจะเป็นรูปใยแมงมุม และโครงข่ายระหว่างชุมสายท้องถิ่นจะเป็นรูปดาว นั่นคือโครงข่ายท้องถิ่นของนครหลวงเป็นแบบโครงข่ายผสม

สำหรับภูมิภาคนั้นไม่มีชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น ซึ่งจะใช้ชุมสายต่อผ่านทางไกลทำหน้าที่ต่อระหว่างท้องถิ่นแทน โดยการใช้เป็นโครงข่ายรูปดาว

3. ชุมสายต่อผ่านทางไกล PC ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างโครงข่ายท้องถิ่นกับโครงข่ายทางไกลในกรณีการเรียกทางไกลระหว่างจังหวัดต่าง ๆ สำหรับในภูมิภาคชุมสายต่อผ่านทางไกลจะทำหน้าที่เป็นชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น ในกรณีการเรียกภายในท้องถิ่นด้วย ในนครหลวงไม่ใช้ชุมสายต่อผ่านทางไกล ดังนั้นการเรียกทางไกลสามารถกระทำโดยตรงระหว่างโครงข่ายท้องถิ่นกับโครงข่ายทางไกล

4. ชุมสายต่อทางไกล SC ทำหน้าที่ต่อทางไกลระหว่างจังหวัดที่อยู่ในเขตทางไกลเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกัน ชุมสายนี้ไม่มีเครื่องโทรศัพท์ มีแต่เฉพาะวงจรต่อเข้าและวงจรต่อออกเช่นเดียวกับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านทางไกล ดังนั้นนอกจากจะทำการต่อการเรียกผ่านแล้ว ยังทำการคิดเงินการเรียกทางไกลอีกด้วย

ในนครหลวงไม่มีชุมสายต่อทางไกล SC ดังนั้นการเรียกทางไกลจึงกระทำการต่อโดยชุมสายต่อทางไกล TC เลย

5. ชุมสายต่อทางไกล TC ทำหน้าที่ต่อทางไกลระหว่างจังหวัดที่อยู่คนละเขตทางไกล มีเฉพาะวงจรต่อเข้าและวงจรต่อออกเช่นเดียวกับชุมสายต่อทางไกล SC และทำการต่อการเรียกผ่านเท่านั้น

ชุมสายต่อทางไกล TC ในโครงข่ายทางไกลขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 3 แห่ง ในภูมิภาคคือ

พิษณุโลก รหัสทางไกล 05

พูนพิน (สุราษฎร์ธานี) รหัสทางไกล 07

นครราชสีมา รหัสทางไกล 04

และ 4 แห่งในนครหลวงคือ

กรุงเกษม ควบคุมภาคกลางทั้งหมด รหัสทางไกล 03

หลักสี่ รหัสทางไกล 02 (จะควบคุม TANDEM 1 และ 4)

พระโขนง รหัสทางไกล 02 (จะควบคุม TANDEM 2 และ 6)

ลาดหญ้า รหัสทางไกล 02 (จะควบคุม TANDEM 3 และ 8)

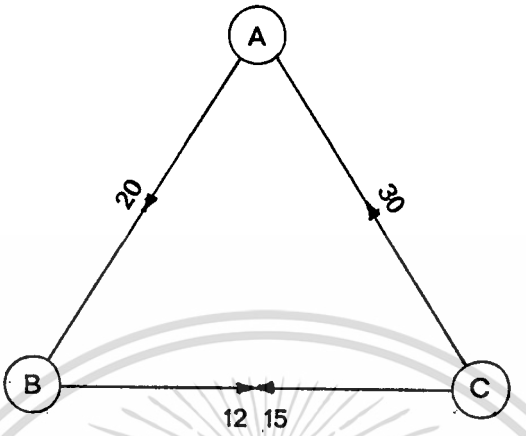
ชุมสายต่อทางไกล TC จะเชื่อมโยงกันด้วยโครงข่ายรูปใยแมงมุม และแต่ละชุมสายต่อทางไกล TC จะเชื่อมโยงกับชุมสายต่อทางไกล SC ต่าง ๆ ด้วยโครงข่ายรูปดาว

2.3 เส้นทางติดต่อ

เส้นต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกันในโครงข่าย ทั้งโครงข่ายภายใน และโครงข่ายระหว่างประเทศจะเป็นเส้นที่ต่างก็เข้าและออกจากชุมสายต่าง ๆ ที่อยู่ในโครงข่ายเหล่านั้น ที่ชุมสายแต่ละแห่งเส้นใดเส้นหนึ่ง ก็คือ จำนวนวงจรหรือจำนวนคู่สายจำนวนหนึ่งที่ต่อเข้าหรือต่อออกจากชุมสายนั้น ๆ ไปยังชุมสายอื่น ๆ ในโครงข่าย เส้นเหล่านี้เรียกว่า เส้นทางติดต่อ (ROUTE) เส้นที่ต่อออกไปยังชุมสายอื่นเรียกว่า เส้นทางติดต่อขาออก (OUTGOING ROUTE) เส้นที่ต่อเข้ามาจากชุมสายอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกว่า เส้นทางติดต่อขาเข้า (INCOMING ROUTE) ซึ่งในแผนที่โครงข่ายจะแสดงทิศทางของเส้นทางติดต่อด้วยหัวลูกศร



รูปที่ 2.7 แสดงเส้นทางติดต่อระหว่างชุมสาย

2.3.1 ชนิดของเส้นทางติดต่อ

เส้นทางติดต่อของชุมสายต่าง ๆ สามารถแบ่งได้หลายชนิดตามลักษณะการทำงาน

1. DIRECT ROUTE คือ เส้นทางติดต่อจากชุมสายหนึ่งไปยังอีกชุมสายหนึ่งโดยตรง โดยไม่มีตัวกลางต่อผ่านให้ อาจเป็นทั้งเส้นทางติดต่อขาเข้าและ/หรือขาออกก็ได้

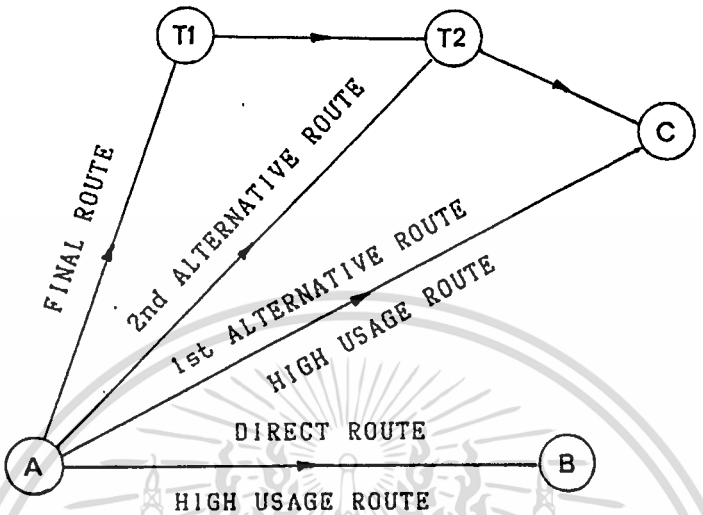
2. HIGH USAGE ROUTE เป็นเส้นทางติดต่อที่จะถูกเลือกใช้งานก่อน ดังนั้น DIRECT ROUTE ก็ถือว่าเป็น HIGH USAGE ROUTE ด้วย ในกรณีที่มีเส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายอยู่หลายเส้นทาง

3. ALTERNATIVE ROUTE คือ การติดต่อระหว่างชุมสายแห่งหนึ่งกับชุมสายอีกแห่งหนึ่งนั้น มีเส้นทางติดต่ออยู่หลายเส้นทาง แต่ละเส้นทางเรียกว่า ALTERNATIVE ROUTE การเลือกใช้เส้นทางติดต่อจะกระทำตามลำดับที่กำหนดไว้

4. FINAL ROUTE คือ เส้นทางติดต่อเส้นทางสุดท้ายของเส้นทางติดต่อทั้งหมดของการติดต่อระหว่างชุมสายแห่งหนึ่งกับชุมสายอีกแห่งหนึ่ง ถ้ามีเส้นทางติดต่อเพียงเส้นทางเดียว ดังนั้น DIRECT ROUTE ก็คือ FINAL ROUTE นั่นเอง และในขณะเดียวกันก็เป็น HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USAGE ROUTE ด้วย

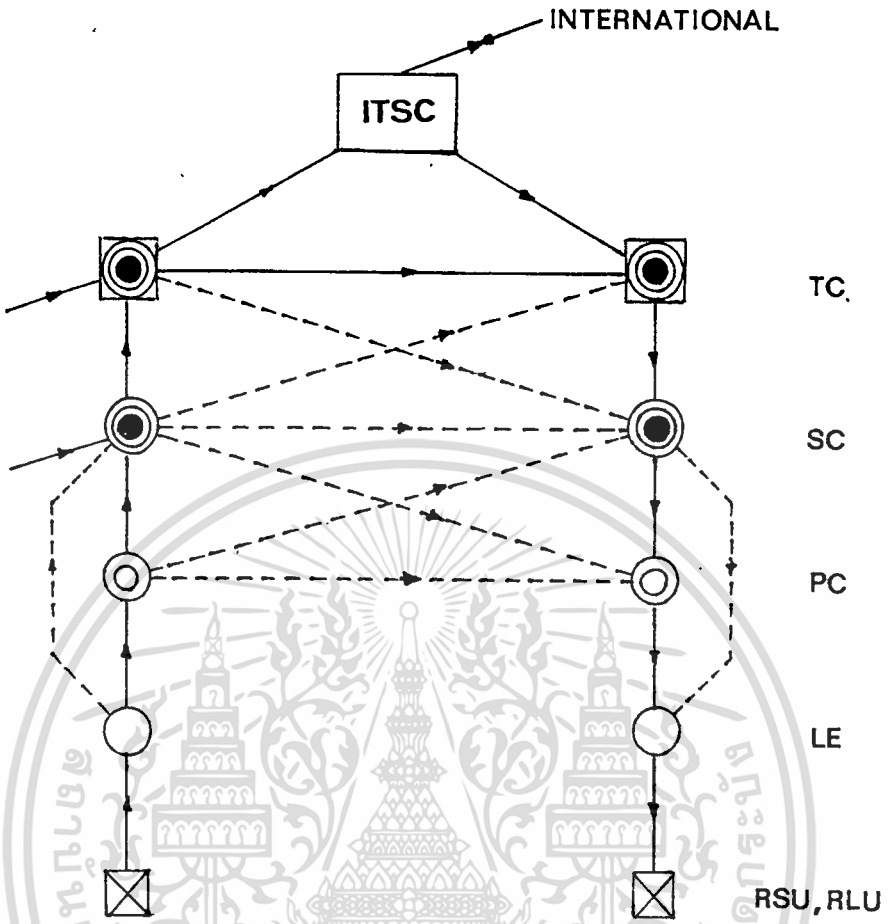


รูปที่ 2.8 แสดงถึงเส้นทางชนิดต่าง ๆ

2.3.2 เส้นทางติดต่อในโครงข่ายทางไกล

โดยหลักการพื้นฐานแล้ว การเรียกทางไกลในโครงข่ายจะต้องกระทำผ่านชุมสายต่าง ๆ ตามลำดับขั้น ในทางปฏิบัติแล้ว ถ้าการเรียกระหว่างเขตรหัสทางไกลใดมีจำนวนมาก ก็จะทำให้เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายต่อทางไกล SC กับชุมสายต่อทางไกล TC มีการคับคั่งสูง ทำให้การเรียกทางไกลไปยังเขตรหัสทางไกลอื่น ๆ ติดขัด ดังนั้นเราจึงเปลี่ยน HIGH USAGE ROUTING ของการเรียกทางไกลต่างเขตรหัสทางไกลกันมาอยู่ระหว่างชุมสายต่อทางไกล SC ต้นทางและปลายทาง และให้เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายต่อทางไกล SC กับ TC เป็น ALTERNATIVE ROUTE แทน ทำให้การใช้เส้นทางติดต่อมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และเป็นในทำนองเดียวกันในการเรียกภายในโครงข่ายลักษณะอื่น ๆ ดังรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

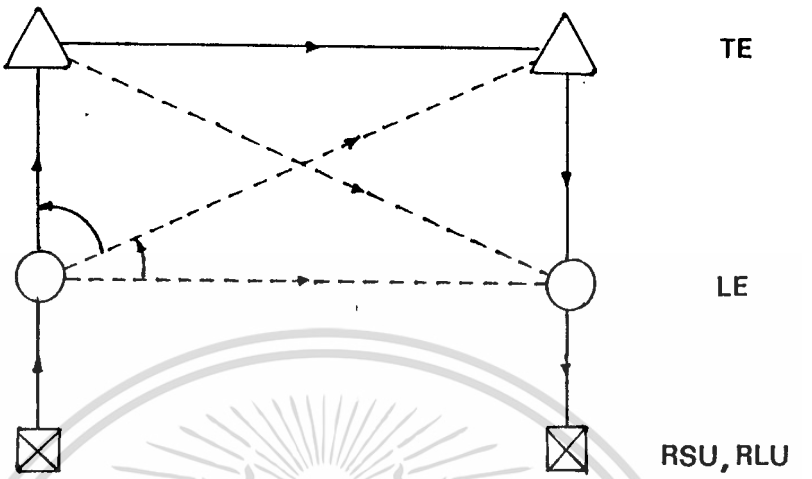


รูปที่ 2.9 แสดงเส้นทางติดต่อต่าง ๆ ในการเรียกทางไกล

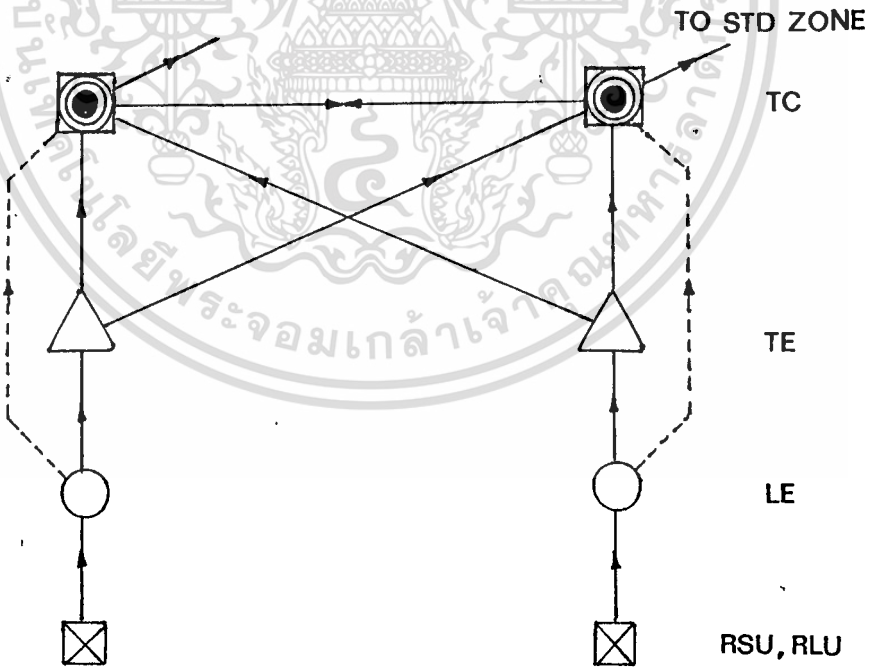
2.3.3 เส้นทางติดต่อของโครงข่ายในนครหลวง

โครงข่ายในนครหลวงนั้นประกอบด้วยทั้งโครงข่ายท้องถิ่น และโครงข่ายทางไกลสำหรับโครงข่ายทางไกลนั้น นครหลวงประกอบด้วยชุมสายต่อทางไกล TC เพียงอย่างเดียว โครงข่ายท้องถิ่น นครหลวงประกอบด้วยชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น ชุมสายท้องถิ่น และชุมสาย RSU เส้นทางติดต่อในการเรียกภายในท้องถิ่นจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.10 และเส้นทางติดต่อในการเรียกทางไกล ดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงเส้นทางติดต่อของโครงข่ายท้องถิ่นในนครหลวง



รูปที่ 2.11 แสดงเส้นทางติดต่อของโครงข่ายทางไกลของนครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 ระบบการสูญเสียการเรียก (LOSS SYSTEM)

3.1 แนวความคิดเกี่ยวกับแทรฟฟิค (TRAFFIC CONCEPT)

ในการออกแบบขนาดจำนวนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโครงข่ายโทรศัพท์นั้น จะต้องสามารถรองรับปริมาณการเรียกของผู้เช่าทั้งหมดได้ (ยกเว้นการเรียกที่เกิดขึ้นในช่วงที่มีวิกฤตการณ์ซึ่งมิได้คาดคิดอุบัติขึ้น) แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าออกแบบให้มีจำนวนอุปกรณ์มาก ๆ เผื่อไว้ ในช่วงเวลาที่มีปริมาณการเรียกปกติหรือค่อนข้างน้อย อุปกรณ์เหล่านั้นก็จะถูกใช้งานไม่คุ้มค่า ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์แทรฟฟิคหรือปริมาณการเรียกของผู้เช่า เพื่อนำมาพิจารณาหาค่าที่เหมาะสมเพื่อความประหยัดและการใช้อุปกรณ์อย่างคุ้มค่า

ปริมาณแทรฟฟิคที่ไหลเข้าสู่โครงข่ายนั้น เป็นผลรวมของความต้องการใช้โทรศัพท์ของผู้เช่าทั้งหมด ซึ่งความต้องการใช้โทรศัพท์หรือการเรียกเหล่านั้นเป็นแบบสุ่ม (RANDOM) ที่ไม่สามารถคาดการณ์จำนวนการเรียกและช่วงเวลาใช้งาน (SERVICE TIME) ของการเรียกแต่ละครั้งได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์แทรฟฟิค (TRAFFIC ANALYSIS) โดยพิจารณาจากลักษณะการเรียกและช่วงเวลาในรูปของความน่าจะเป็นไปได้ เพื่อนำไปออกแบบโครงข่ายให้สามารถรับแทรฟฟิคในสภาพปกติ หรือแทรฟฟิคเฉลี่ย (AVERAGE LOAD) และพิจารณาว่าโอกาสที่อาจจะเกิดสภาวะที่ปริมาณแทรฟฟิคมีค่าเกินกว่าความสามารถที่โครงข่ายจะรองรับได้ว่ามีบ่อยครั้งแค่ไหน

เทคนิคของการวิเคราะห์แทรฟฟิค มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ ระบบสูญเสียการเรียกและระบบหน่วงเพื่อรอให้บริการ (DELAY SYTEM) ซึ่งในการออกแบบโครงข่ายประเภทต่าง ๆ สามารถเลือกเอาวิธีการใดวิธีการหนึ่งก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสม หรือการใช้งานของโครงข่ายนั้น หรือจะเลือกใช้ทั้งสองวิธีก็ได้ ในระบบสูญเสียการเรียกนั้น ช่วงที่มีปริมาณการเรียกหรือแทรฟฟิคสูงเกินกว่าความสามารถของโครงข่ายจะรองรับได้ ปริมาณแทรฟฟิคที่เกิน (OVERLOAD TRAFFIC) จะถูกตัดออกหรือสูญเสียไป ส่วนในระบบหน่วงเพื่อรอให้บริการนั้น เมื่อปริมาณการเรียกที่สูงไหลเข้าโครงข่าย แทรฟฟิคส่วนที่เกินจะไม่ถูกตัดออกแต่จะถูกเข้าคิวไว้เพื่อรอการบริการของโครงข่ายต่อไป

สำหรับในโครงข่ายโทรศัพท์นั้นมีลักษณะการทำงานทั้งสองแบบ คือ ในช่วงที่ผู้เช่ายกหูเครื่องชุมสายจะให้บริการต่อไปยังวงจรรับเลขหมาย (REGISTER หรือ RECEIVER) ด้วยบริการแบบระบบหน่วงเพื่อรอให้บริการ ซึ่งจะรอจนกระทั่งมีวงจรว่างจึงจะต่อให้ หลังจากที่ผู้เช่าได้ยินเสียงไดอัลโทน (DIAL TONE) และหมุนเลขหมายแล้วเครื่องชุมสายจะเลือกจับวงจรทรังค์ (TRUNK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเส้นทางตามรหัสเลขหมายที่หมุนซึ่งการทำงานในช่วงนี้จะเป็นแบบระบบสูญเสียการเรียก ถ้าวงจรไม่ว่าง การเรียกนั้นจะถูกตัดออกไปและได้ยินเสียงสัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)

การวัดสมรรถนะ (PERFORMANCE) ของระบบสูญเสียการเรียก เราวัดด้วยค่าความเป็นไปได้ หรือโอกาสที่จะเกิดการสูญเสีย (BLOCKING PROBABILITY) อันเนื่องมาจากการเรียกมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ ส่วนการวัดสมรรถนะของระบบหน่วงเพื่อรอให้บริการนั้น เราวัดด้วยค่าเวลาหน่วงเฉลี่ย (AVERAGE DELAY) ซึ่งเป็นเวลาที่กำหนดว่ายอมให้มีความล่าช้าในการบริการนานเท่าไร ยกตัวอย่างเช่น องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย (ทศท.) ได้กำหนดค่าไดอัลโทนดีเลย์ (DIAL TONE DELAY) ไว้ว่าไม่ควรเกิน 3 วินาที ถ้าเกินกว่านี้ให้เกิดขึ้นได้เพียง 1.5% ของการเรียกทั้งหมด

สำหรับโครงข่ายที่เราศึกษาเป็นการออกแบบวงจรทรังค์ในเส้นทางต่าง ๆ ของโครงข่าย โดยจะใช้วิธีระบบสูญเสียการเรียกในการวิเคราะห์แทรฟฟิค ในหัวข้อ 3.3 เราจะอธิบายถึงการหาค่าโอกาสที่จะเกิดการสูญเสีย และจะกล่าวเฉพาะระบบสูญเสียการเรียกอย่างละเอียดต่อไปในหัวข้อ 3.4

3.2 ค่าความหนาแน่นแทรฟฟิค (TRAFFIC INTENSITY)

ในการวิเคราะห์แทรฟฟิคนั้น เราจำเป็นต้องมีการวัดค่าความหนาแน่นของแทรฟฟิค ซึ่งมีหน่วยวัดที่เรียกว่า เออแลงค์ (ERLANG) ตั้งตามชื่อของ MR. A.K.ERLANG ชาวเดนมาร์ก ผู้คิดค้นทฤษฎีทางแทรฟฟิคคนแรก

ความหมายของ 1 เออแลงค์ หมายถึง หน่วยวัดที่แสดงการจับใช้งานอุปกรณ์ 1 ชิ้น หรือวงจร 1 วงจร ตลอดเวลา 1 ชั่วโมง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าแทรฟฟิค มีดังนี้

$$A = 1/T \left[\sum_{i=1}^{x} h_i \right] \qquad \text{-----(3.1)}$$

$$\sum_{i=1}^{x} h_i = h_1 + h_2 + h_3 + \ldots + h_x \qquad \text{-----(3.2)}$$

$$\bar{h} = \left[\sum_{i=1}^{x} h_i \right]/x \qquad \text{-----(3.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \frac{x * \bar{h}}{T} \qquad \text{-----(3.4)}$$

A คือ ค่าความหนาแน่นแทรฟฟิค หรือ ปริมาณแทรฟฟิค (เออแลงค์)

T คือ 1 คาบเวลาที่ทำการวัดแทรฟฟิค (ปกติเท่ากับ 1 ชั่วโมง)

x

Σh_i คือ ผลรวมของเวลาที่ถูกจับใช้งาน (HOLDING TIME) ของการเรียกทั้งหมด

$i=1$

$h_1 + h_2 + h_3 + \ldots + h_x$ คือ เวลาที่ถูกจับใช้งานของการเรียกแต่ละครั้ง

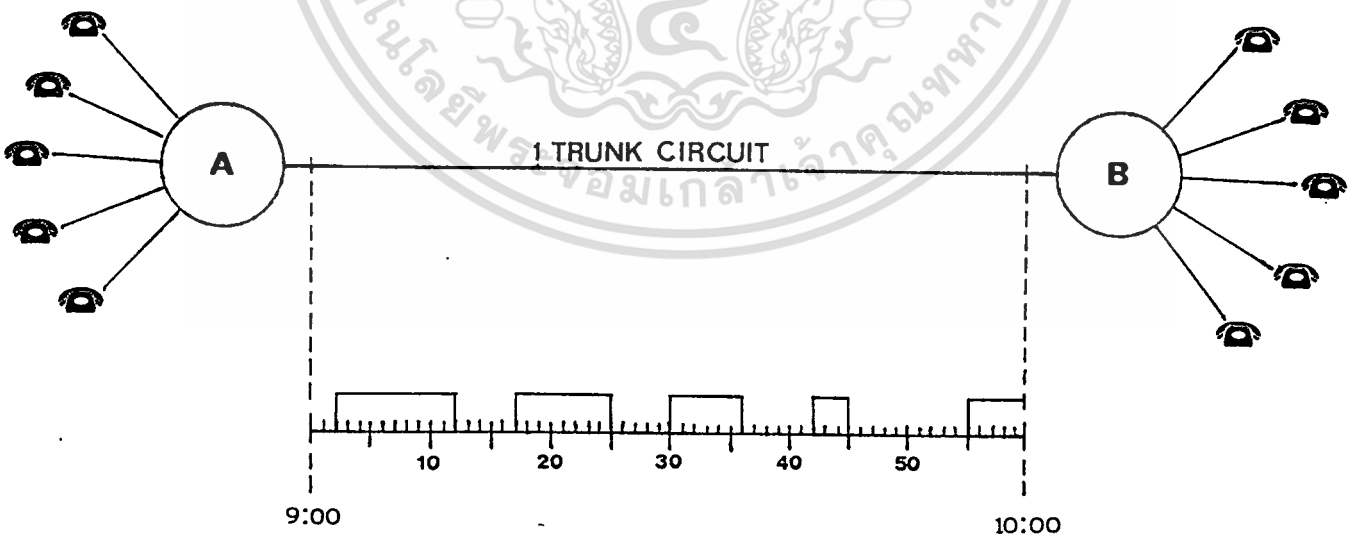
$\bar{h}$ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกจับใช้งาน (AVERAGE HOLDING TIME)

x คือ จำนวนครั้งของการเรียกใน 1 คาบ (1 ชั่วโมง)

<u>ตัวอย่างที่ 3.1</u> ได้ทำการเฝ้าดูการใช้งานของวงจรทรังค์ 1วงจร ที่เชื่อมระหว่างชุมสาย A และชุมสาย B ระหว่างเวลา 09.00-10.00 น. ปรากฏว่ามีการเรียกใช้งานทั้งหมด 5 ครั้ง ดังแสดงในรูปข้างล่าง

ให้คำนวณหา (1) ปริมาณการครอบครองวงจรทรังค์ (TRUNK OCCUPANCY)

(2) ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ถูกจับใช้งาน



รูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียกครั้งที่	เวลาเริ่ม-สิ้นสุดของการจับใช้งาน	ระยะเวลาที่ถูกจับใช้งาน
1	09.02-09.12 น.	10 นาที
2	09.17-09.25 น.	8 นาที
3	09.30-09.36 น.	6 นาที
4	09.42-09.45 น.	3 นาที
5	09.55-10.00 น.	5 นาที

วิธีทำ

(1) จากโจทย์ให้หาค่าปริมาณการครอบครองวงจร ก็คือ ให้หาค่าความหนาแน่นแทรฟฟิคนั่นเอง ใช้สมการ (3.1)

$$A = 1/T \left[\sum_{i=1}^{x} h_i \right]$$

จากสมการ (3.2) จะได้

$$\sum_{i=1}^{x} h_i = 10 + 8 + 6 + 3 + 5 = 32 \text{ นาที}$$

ดังนั้น $A = 1/60 * 32 = 0.533$ เออแลงค์ **ตอบ**

(2) หาค่า $\bar{h}$ จากสมการ (3.3)

$$\bar{h} = \left[\sum_{i=1}^{x} h_i \right]/x$$

$$= 32/5$$

$$= 6.4 \text{ นาที}$$ **ตอบ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลองหาค่า A จากสมการ (3.4)

$$A = \frac{x * \bar{h}}{T}$$

จะได้ $A = (5 * 6.4)/60$

$= 0.533$ เออแลงค์

3.3 การวัดสภาพคับคั่งของโครงข่าย (NETWORK CONGESTION MEASUREMENT)

สภาพคับคั่ง (CONGESTION) หมายถึงสภาพที่อุปกรณ์ถูกจับใช้งานจนหมด ไม่สามารถให้บริการการเรียก (CALL) ที่ติดต่อเข้ามาได้

ยกตัวอย่างเช่น จากตัวอย่างที่ 3.1 ถ้าวงจรทรังค์ที่เชื่อมระหว่างชุมสาย A และ B ถูกจับใช้งานตลอดเวลา 09.00-10.00 น. (ปริมาณแทรฟฟิค = 1 เออแลงค์) ในช่วงเวลานี้เมื่อมีการเรียกเข้ามาก็จะพบกับสภาพคับคั่ง หรือเรียกว่า มีโอกาสที่จะพบกับสภาพคับคั่งเท่ากับ 100%

แต่ถ้าวงจรทรังค์นี้ว่างไม่ถูกใช้งานเลยตลอดเวลา 09.00-10.00 น. (ปริมาณแทรฟฟิค = 0 เออแลงค์) ในช่วงเวลานี้เมื่อมีการเรียกเข้าก็จะไม่พบกับสภาพคับคั่งเลย ดังนั้นค่าของปริมาณแทรฟฟิคในโครงข่าย (NETWORK TRAFFIC INTENSITY หรือ NETWORK OCCUPANCY) จึงเป็นค่าหนึ่งที่ใช้ชี้ให้รู้ถึงระดับของสภาพคับคั่งของโครงข่าย

ในระบบสูญเสียการเรียก เมื่อมีการเรียกเข้ามาพบกับสภาพคับคั่ง การเรียกนั้นจะสูญเสียไป ซึ่งเราจะใช้ค่าโอกาสที่จะเกิดความสูญเสีย (LOSS PROBABILITY หรือ BLOCKING PROBABILITY) สำหรับวัดสภาพคับคั่งของโครงข่าย มีสูตรดังนี้

$$B = \frac{x_L}{x_o} = \frac{x_L}{x_c + x_L} \qquad \text{-----(3.5)}$$

B คือ ค่าโอกาสที่เกิดความสูญเสีย

x_o คือ การเรียกที่เข้ามาในโครงข่ายทั้งหมด (OFFERED CALLS)

x_L คือ การเรียกที่สูญเสีย (LOST CALLS)

x_c คือ การเรียกที่ได้รับการบริการ (CARRIED CALLS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3.2 ในการเฝ้าดูการใช้งานของวงจรทรังค์ จำนวน 3 วงจรที่เชื่อมระหว่างชุมสาย C และชุมสาย D ระหว่าง 10.00-11.00 น. ปรากฏว่ามีการเรียกใช้งานทั้งหมด 15 ครั้ง และเรียกไม่ได้ 3 ครั้ง ในช่วงที่เกิดสภาพคับคั่งทั้ง 3 วงจร ดังแสดงในรูป ซึ่งการเรียกทั้ง 3 ครั้งนี้จะสูญเสียไป จงหาค่าโอกาสที่เกิดความสูญเสีย

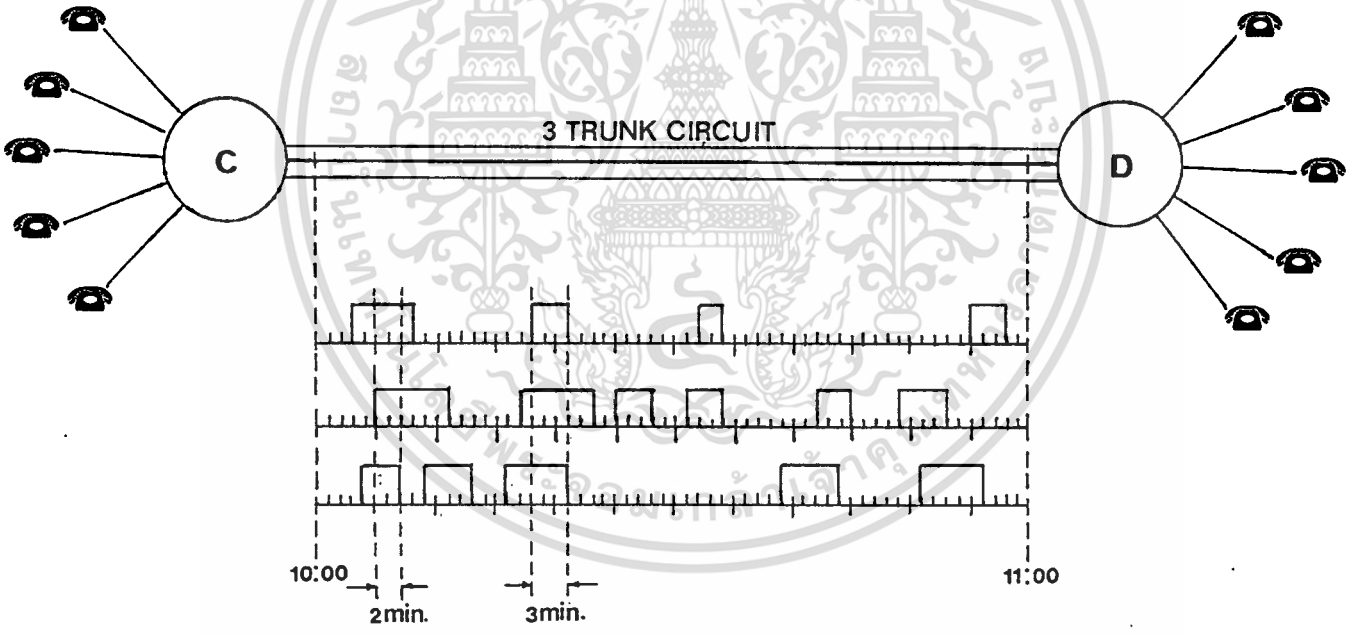
วิธีทำ จากสมการ (3.5)

$$B = \frac{x_L}{x_c+x_L}$$

$$= \frac{3}{15+3} = \frac{3}{18}$$

$$= 0.167$$

ตอบ



รูปที่ 3.2

ค่าโอกาสที่จะเกิดความสูญเสียที่คำนวณได้นี้เป็นลักษณะของจำนวนการเรียกไม่ได้ (เรียกว่า CALL CONGESTION BLOCKING PROBABILITY) ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วจำนวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียกที่สูญเสียหรือเรียกไม่ได้นี้เป็นปริมาณที่วัดยาก เนื่องจากจะมีการเรียกเข้ามาซ้ำ ๆ (REPEATED ATTEMPTS) ดังนั้นการวัดค่าโอกาสที่เกิดความสูญเสีย จึงนิยมวัดในรูปของช่วงเวลาที่เกิดสภาพคับคั่ง (เรียกว่า TIME CONGESTION BLOCKING PROBABILITY) มีสมการ คือ

$$E = \frac{T_B}{T} \qquad \text{-----(3.6)}$$

E คือ ค่าโอกาสที่จะเกิดความสูญเสีย

T_B คือ ช่วงเวลาที่วงจรทรั้งค์ถูกจับใช้งานทั้งหมด (BUSY)

T คือ ช่วงเวลาที่ทำการวัดแทรฟฟิค (1 ชั่วโมง)

จากตัวอย่างที่ 3.2 สามารถคำนวณหาค่าโอกาสเกิดความสูญเสีย ในรูปของ E ด้วยสมการ (3.6) จากรูปที่ 3.2 จะเห็นว่าช่วงเวลาที่วงจรทรั้งค์ระหว่างชุมสาย C และ D ถูกใช้งานเต็ม มี 2 ช่วง เป็นเวลา 2 นาที และ 3 นาที ตามลำดับ ดังนั้น

$$E = \frac{5 \text{ นาที}}{60 \text{ นาที}} = 0.083$$

ในกรณีที่เป็นการเรียกมาจากผู้เช่าที่เป็นอิสระต่อกัน (INDEPENDENT SOURCES) จำนวนมาก และอัตราการเรียกคงที่ตลอด ไม่ว่าจะอยู่ในสภาพคับคั่งหรือไม่ก็ตาม ค่าโอกาสเกิดความสูญเสียทั้งสองจะเท่ากัน นั่นคือ B = E

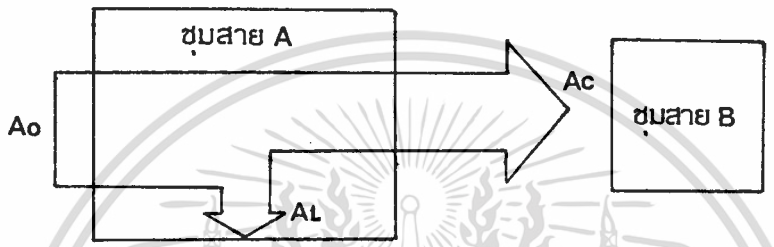
3.4 การวิเคราะห์แบบระบบสูญเสียการเรียก

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า การวิเคราะห์หาจำนวนวงจรที่เชื่อมระหว่างชุมสาย จะใช้การวิเคราะห์แบบระบบสูญเสียการเรียก เนื่องจากจำนวนวงจรเหล่านี้ไม่ได้มีมากเท่ากับจำนวนของผู้เช่า (SOURCE หรือ SUBSCRIBER) ที่ต่ออยู่กับชุมสาย ดังนั้นผู้เช่าจะต้องใช้วงจรเหล่านี้ร่วมกัน (เรียกว่า FULL AVAILABILITY คือ วงจรหรือ SERVER ทุกตัวสามารถถูกใช้งานได้จากผู้เช่าทุกคน) ถ้ามีวงจรว่างก็จะให้ผู้เช่าใช้ได้ แต่ถ้ากรณีที่ไม่มีวงจรใด ๆ ว่างเลย และในขณะนั้นมีผู้เช่าทำการเรียกเข้ามาอีก เครื่องชุมสายจะไม่สามารถดำเนินการต่อให้ได้ จึงจำเป็นต้องยกเลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียกนี้ไป และให้ผู้เช่าทำการหมุนใหม่อีกครั้ง นั่นคือ เครื่องชุมสายจะไม่มีการรอจนกว่าจะมีวงจรว่างแล้วจึงทำการต่อให้

การที่ผู้เช่าทำการเรียกเข้ามายังเครื่องชุมสาย ถ้ามองในรูปของปริมาณแทรฟฟิคจะเรียกว่า แทรฟฟิคไหลเข้า (OFFERED TRAFFIC) การเรียกที่สูญเสียก็คือ ปริมาณแทรฟฟิคที่สูญเสีย (LOST TRAFFIC) และการเรียกที่ได้รับบริการ เรียกว่า ปริมาณแทรฟฟิคผ่าน (CARRIED TRAFFIC) ปริมาณทั้งสามมีความสัมพันธ์กัน ดังนี้



รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแทรฟฟิคต่าง ๆ

$$A_L = A_o * B \qquad \text{-----(3.7)}$$

$$A_c = A_o(1-B) \qquad \text{-----(3.8)}$$

A_o คือ ปริมาณแทรฟฟิคไหลเข้าชุมสาย

A_L คือ ปริมาณแทรฟฟิคที่สูญเสียหรือไม่ได้รับบริการ

A_c คือ ปริมาณแทรฟฟิคที่ได้รับบริการ

ในการวิเคราะห์แบบระบบสูญเสียการเรียกนี้ เราสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบดังนี้

1. LOST CALL CLEARED
2. LOST CALL RETURNING

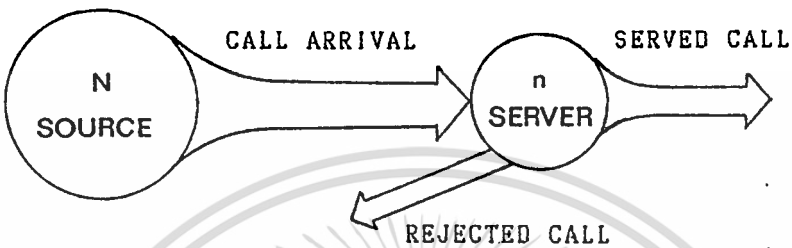
ในระบบ LOST CALL CLEARED เป็นการทำงานในลักษณะที่ว่าเมื่อมีการเรียกเข้ามาสู่ระบบ และในขณะนั้นวงจรเต็มหมด การเรียกนั้นจะถูกกำจัด (REJECT) ออกจากระบบ และผู้เช่าที่ทำการเรียกนี้จะไม่ทำการเรียกซ้ำอีก ส่วนในระบบ LOST CALL RETURNING จะถือว่าเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียกนั้นไม่ได้รับบริการ ผู้เช่าจะทำการเรียกเข้ามาอีก

การวิเคราะห์โครงข่ายโทรศัพท์นั้น จะพิจารณาในระบบแรก คือ ให้ถือว่าผู้เช่าจะไม่ทำการเรียกซ้ำ เมื่อเกิดการสูญเสียการเรียกนั้น

3.4.1 LOST CALL CLEARED



N-SOURCE แหล่งกำเนิดการเรียก (ผู้เช่า)

n-SERVER อุปกรณ์ให้บริการ (วงจร)

รูปที่ 3.4 แสดงระบบ LOST CALL CLEARED

จากรูปที่ 3.4 เราสามารถอธิบายการทำงานในระบบ LOST CALL CLEARED อย่างละเอียด โดยเริ่มจากกำหนดให้ระบบมี n วงจรทรังค์ (n-SERVER) และมี N ผู้เช่า (N-SOURCE) ซึ่ง N>n และวงจรทุกตัวสามารถถูกใช้งานได้จากผู้เช่าทุกคน เมื่อมีการเรียกเข้ามาสู่ระบบ 1 ครั้ง (1 CALL) แล้วมีวงจรว่างอยู่ 1 วงจร (1 SERVER) การเรียกนั้นก็จะได้รับบริการ แต่ถ้าจำนวนวงจรทั้งหมดไม่ว่างการเรียก 1 ครั้งนี้ จะไม่ได้รับบริการและผู้เช่าที่เรียกเข้ามาครั้งนี้จะไม่ทำการเรียกซ้ำอีก นั่นคือ ผู้เช่านี้จะออกจากระบบ

นอกจากนี้ ในช่วงเวลาตั้งแต่การเรียกนี้เกิดขึ้นจนถึงเวลาที่สิ้นสุดการเรียกหรือเลิกใช้บริการ จะได้กล่าวว่าการเรียกนี้อยู่ในระบบ และผู้เช่าที่เรียกเข้ามาครั้งนี้จะไม่ว่างไม่สามารถกำเนิดการเรียกใด ๆ ได้อีก

โดยการตั้งสมมติฐาน (ASSUMPTION) ที่แตกต่างกัน เราสามารถแบ่งการวิเคราะห์ในระบบ LOST CALL CLEARED ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. LOST CALL CLEARED ที่มี N-SOURCE เป็นจำนวนมาก ๆ (INFINITE) เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1,000, 2,000 หรือมาก ๆ

2. LOST CALL CLEARED ที่มี N-SOURCE จำนวนจำกัด เช่น จำนวนน้อยเป็น 10, 20 หรือ 100 เป็นต้น

การวิเคราะห์ทั้งสองลักษณะนี้ จะได้สูตรการหาค่าโอกาสเกิดการสูญเสียต่างกัน สำหรับชุมสายท้องถิ่นในเขตนครหลวงที่เราจะทำการศึกษาออกแบบในโครงงานนี้ จะประกอบด้วยผู้เช่าเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ 1,000 หมายเลขขึ้นไป ดังนั้นในการวิเคราะห์โครงข่ายไม่ว่าจะเป็นสภาพคับคั่งหรือโอกาสที่เกิดการสูญเสียการเรียกระหว่างผู้เช่าที่อยู่คนละชุมสาย เราจะใช้แบบที่ 1 ซึ่งจะอธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.4.2 LOST CALL CLEARED-INFINITE SOURCE

ในการวิเคราะห์การทำงานในลักษณะนี้ เราจะตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1. จำนวนวงจรมีน้อยกว่าจำนวนผู้เช่า (n<N)

2. จำนวนผู้เช่ามีจำนวนมาก ($N = \infty$) ในกรณีที่มีมากพอ เช่น 1,000, 5,000 หรือ 10,000 ก็ถือว่ามากพอที่จะเป็น ∞ แล้ว

3. การเรียกที่เข้ามาเป็นแบบสุ่ม (RANDOM) คือมีการแจกแจง (DISTRIBUTION) เป็นแบบพอยส์ซั่น (POISSON) โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราเรียก (MEAN ARRIVAL RATE) เท่ากับ X ซึ่งมีหน่วยเป็น จำนวนครั้งต่อหนึ่งหน่วยเวลา (CALL/UNIT TIME)

4. การแจกแจงเวลาที่อุปกรณ์หรือวงจรถูกจับใช้งาน(SERVICE TIME DISTRIBUTION) เป็นแบบเอกโปเนนเชียล (EXPONENTIAL) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ h ซึ่งมีหน่วยเป็นหน่วยของเวลา

5. ระบบที่วิเคราะห์ต้องอยู่ในสภาวะสมดุลทางสถิติ (STATISTICAL EQUILIBIUM) คือค่าทางสถิติจะไม่ขึ้นกับเวลาที่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ค่าของปริมาณแทรฟฟิคที่เข้ามา $A_o = Xh$

จากสมมติฐานทั้งหมดนี้ เราสามารถที่จะหาโอกาสที่การเรียกนั้นจะไม่ได้รับบริการหรือค่าโอกาสเกิดการสูญเสียของระบบ โดยใช้สูตรที่เรียกว่า ERLANG B

$$B_n(A_o) = \frac{A_o^n/n!}{\sum_{i=0}^{n} A_o^i/i!} = E_n(A_o) \qquad \text{-----(3.9)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$B_n(A_o)$ หรือ $E_n(A_o)$ คือ โอกาสเกิดการสูญเสียที่จำนวนของวงจรเท่ากับ n และมีแทรฟฟิคไหลเข้าเท่ากับ A_o

n คือ จำนวนวงจร (n-SERVER)

A_o คือ ปริมาณแทรฟฟิคไหลเข้า (OFFERED TRAFFIC)

เนื่องมาจากจำนวนผู้เช่ามีจำนวนมากตามการสมมติฐานของการวิเคราะห์ในลักษณะนี้ ดังนั้น ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียทั้ง 2 แบบ คือ CALL CONGESTION PROBABILITY (B) และ TIME CONGESTION PROBABILITY (E) จะเท่ากัน (B = E) ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3 นั่นเอง

<u>ตัวอย่างที่ 3.3</u> ชุมสายแห่งหนึ่งมีจำนวนผู้เช่าต่ออยู่มาก และมีวงจรทรังค์จำนวน 3 วงจร เชื่อมต่อกับอีกชุมสายหนึ่ง ให้หาว่า โอกาสที่ผู้เช่าในชุมสายแห่งนี้ไม่สามารถเรียกออกไปยังอีกชุมสายหนึ่ง อันเนื่องมาจากขณะนั้นวงจรถูกใช้งานหมด โดยกำหนดปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดจากผู้เช่าทั้งหมดเท่ากับ 2 เออแลงค์

<u>วิธีทำ</u> จากสมการ (3.9)

$$B_n(A_o) = \frac{A_o^n/n!}{\sum_{i=0}^{n} A_o^i/i!}$$

จากโจทย์ n = 3 และ A_o = 2 จะได้

$$B_3(2) = \frac{2^3/3!}{\frac{2^0}{0!}+\frac{2^1}{1!}+\frac{2^2}{2!}+\frac{2^3}{3!}}$$

$$= \frac{8/6}{1+2+2+8/6}$$

$$= 0.210526$$ <u>ตอบ</u>

นั่นคือ โอกาสที่ผู้เช่าจะเรียกออกไม่ได้ มีค่าเท่ากับ 21.0526%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหาค่าโอกาสเกิดการสูญเสียจากสูตร ERLANG B นี้ จะเห็นว่าถ้าค่า n มีจำนวนมากขึ้น จะทำให้การคำนวณจากสูตรโดยตรงไม่ง่ายนัก โอกาสผิดพลาดสูง ดังนั้นเราจึงมีวิธีที่ง่ายกว่าการคำนวณจากสูตรโดยตรง ซึ่งมี 2 วิธี คือ

1. ใช้อัลกอริทึมแบบเวียนเกิด (RECURSIVE ALGORITHM)

2. ใช้ตาราง ERLANG B

1. ใช้อัลกอริทึมแบบเวียนเกิด

วิธีการนี้จะหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ B หรือ E ที่ n ต่าง ๆ คือ

$$B_{n=0} = 1$$

$$B_n = \frac{[A_o * B_{n-1}]}{n+[A_o * B_{n-1}]}$$

ตัวอย่างที่ 3.4 จากตัวอย่างที่ 3.3 ให้ใช้วิธีแบบเวียนเกิด

วิธีทำ

$$E_{n=0} = 1$$

$$E_{n=1} = \frac{2}{1+2}$$

$$= 2/3$$

$$E_{n=2} = \frac{2(2/3)}{2+2(2/3)}$$

$$= 2/5$$

$$E_{n=3} = \frac{2(2/5)}{3+2(2/5)}$$

$$= 0.210526$$

ตอบ

2. ใช้ตารางสำเร็จรูปของ ERLANG B

วิธีการนี้ง่ายมาก โดยดูค่าโดยตรงจากตาราง ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งโดยทั่วไปมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 กำหนดค่า A_o และ n และหาค่า B ส่วนแบบที่ 2 กำหนดค่า n และ B แล้วหาค่าของ A_o

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n-SERVER

OFFERED TRAFFIC (Ao)

a \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	090 909	004 525	000 151	000 004						
0.2	166 667	016.393	001 092	000 055	000 002					
0.3	230 769	033 457	003 335	000 250	000 015	000 001				
0.4	285 714	054 054	007 156	000 715	000 057	000 004				
0.5	333 333	076 923	012 656	001 580	000 158	000 013	000 001			
0.6	375 000	101 124	019 524	002 965	000 356	000 036	000 003			
0.7	411 765	125 964	026 552	004 972	000 696	000 081	000 008	000 001		
0.8	444 444	150 943	038 694	007 679	001 227	000 164	000 019	000 002		
0.9	473 684	175 705	050 072	011 141	002 001	000 300	000 039	000 004		
1.0	500 000	200 000	062 500	015 385	003 067	000 511	000 073	000 009	000 001	
1.1	523 810	223 660	075 733	020 417	004 472	000 819	000 129	000 018	000 002	
1.2	545 455	246 575	089 776	026 226	006 255	001 249	000 214	000 032	000 004	000 001
1.3	565 217	268 680	104 286	032 782	008 451	001 828	000 339	000 055	000 008	000 001
1.4	583 333	289 941	119 180	040 043	011 088	002 580	000 516	000 090	000 014	000 002
1.5	600 000	310 345	134 328	047 957	014 183	003 533	000 757	000 142	000 024	000 004
1.6	615 385	329 897	149 620	056 469	017 749	004 711	001 076	000 215	000 038	000 006
1.7	629 630	348 613	164 960	065 515	021 790	006 136	001 488	000 316	000 060	000 010
1.8	642 857	366 516	180 267	075 033	026 302	007 829	002 009	000 452	000 090	000 016
1.9	655 172	383 634	195 474	084 962	031 276	009 807	002 655	000 630	000 133	000 025
2.0	666 667	400 000	210 526	095 238	036 697	012 085	003 441	000 859	000 191	000 038

BLOCKING PROBABILITY, PROBABILITY (B) X10^{-6}

แบบที่ 1

BLOCKING PROBABILITY (erl)

n-SERVER

n \ B	0 001	0.002	0 01	0 02	0 03	0.05	0 1
1	0 001	0 002	0 010	0 020	0 031	0 053	0 111
2	0 046	0 065	0 153	0 224	0 282	0.381	0 595
3	0 194	0.249	0 456	0 602	0 715	0 899	1 271
4	0 439	0 535	0 870	1 092	1 259	1 525	2.045
5	0.762	0 900	1 361	1 657	1 875	2 219	2 881
6	1.146	1.325	1 909	2 276	2 543	2 960	3 755
7	1.579	1.794	2 501	2 935	3 250	3 738	4 666
8	2.051	2 311	3 128	3 627	3 987	4 543	5 597
9	2 558	2 855	3 783	4.345	4 748	5.370	6 546
10	3 092	3 427	4 461	5 084	5 529	6 216	7 511
11	3 651	4 022	5 160	5.842	6 328	7 076	8 487
12	4.231	4 637	5 876	6.615	7.141	7.950	9.474
13	4 831	5 270	6 607	7 402	7 967	8 835	10 470
14	5 446	5 919	7 352	8.200	8 804	9 730	11 474
15	6.077	6 582	8 108	9.010	9 650	10 633	12 484
16	6.722	7.258	8 875	9 828	10.505	11.544	13 500
17	7.378	7.946	9 652	10 656	11 368	12 461	14 522
18	8.046	8 644	10 437	11.491	12 238	13.385	15.548
19	8.724	9 351	11.230	12 333	13 115	14.315	16 579
20	9.412	10 068	12 031	13 182	13 997	15.249	17.613

OFFERED TRAFFIC (Ao)

แบบที่ 2

รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างตาราง ERLANG B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 3.5 จากตัวอย่างที่ 3.3 ให้ใช้ตาราง ERLANG B

วิธีทำ ในกรณีนี้จะใช้ตารางแบบที่ 1 เนื่องจากโจทย์กำหนดค่า A_o และ n มาให้แล้ว

n ↓

a \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	090 909	004 525	000 151	000 004						
0.2	166 667	016 393	001 092	000 055	000 002					
0.3	230 769	033 457	003 335	000 250	000 015	000 001				
0.4	285 714	054 054	007 156	000 715	000 057	000 004				
0.5	333 333	076 923	012 658	001 580	000 158	000 013	000 001			
0.6	375 000	101 124	019 524	002 965	000 356	000 036	000 003			
0.7	411 765	125 964	028 552	004 972	000 696	000 081	000 008	000 001		
0.8	444 444	150 943	038 694	007 679	001 227	000 164	000 019	000 002		
0.9	473 684	175 705	050 072	011 141	002 001	000 300	000 039	000 004		
1.0	500 000	200 000	062 500	015 385	003 067	000 511	000 073	000 009	000 001	
1.1	523 810	223 660	075 793	020 417	004 472	000 819	000 129	000 018	000 002	
1.2	545 455	246 575	089 776	026 226	006 255	001 249	000 214	000 032	000 004	000 001
1.3	565 217	268 680	104 286	032 782	008 451	001 828	000 339	000 055	000 008	000 001
1.4	583 333	289 941	119 180	040 043	011 088	002 580	000 516	000 090	000 014	000 002
1.5	600 000	310 345	134 328	047 957	014 183	003 533	000 757	000 142	000 024	000 004
1.6	615 385	329 897	149 620	056 469	017 749	004 711	001 076	000 215	000 038	000 006
1.7	629 630	348 613	164 960	065 515	021 790	006 136	001 468	000 316	000 060	000 010
1.8	642 857	366 518	180 267	075 033	026 302	007 829	002 009	000 452	000 090	000 016
1.9	655 172	383 634	195 474	084 962	031 276	009 807	002 655	000 630	000 133	000 025
Ao → 2.0	666 667	400 000	210 526	095 238	036 697	012 085	003 441	000 859	000 191	000 038
2.1	677 419	415 646	225 378	105 804	042 547	014 673	004 383	001 149	000 268	000 056
2.2	687 500	430 605	239 993	116 605	048 832	017 580	005 495	001 509	000 369	000 081
2.3	696 970	444 912	254 343	127 588	055 437	020 809	006 791	001 949	000 498	000 114
2.4	705 882	458 599	268 406	138 706	062 423	024 361	008 283	002 479	000 660	000 159
2.5	714 286	471 698	282 167	149 916	069 731	028 234	009 983	003 110	000 863	000 216

$B_3(2.0) = 0.210526$

รูปที่ 3.6 แสดงวิธีการใช้ตาราง ERLANG B สำหรับตัวอย่างที่ 3.5

ตัวอย่างที่ 3.6 ชุมสายแห่งหนึ่งมีวงจรทรังค์เท่ากับ 5 วงจร และได้กำหนดค่าโอกาสเกิดการสูญเสียไว้ไม่เกิน 0.01 (1%) ให้หาว่าชุมสายนี้จะรับปริมาณทราฟฟิคที่ไหลเข้ามาได้เท่าไร

วิธีทำ กรณีนี้จะใช้ตารางแบบที่ 2 เนื่องจากโจทย์กำหนดค่า n และ B มาแล้ว

B ↓ (erl)

n \ B	0.001	0.002	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1
1	0.001	0.002	0.010	0.020	0.031	0.053	0.111
2	0.046	0.065	0.153	0.224	0.282	0.381	0.595
3	0.194	0.249	0.456	0.602	0.715	0.899	1.271
4	0.439	0.535	0.870	1.092	1.259	1.525	2.045
n → 5	0.762	0.900	1.361	1.657	1.875	2.219	2.881
6	1.146	1.325	1.909	2.276	2.543	2.960	3.758
7	1.579	1.794	2.501	2.935	3.250	3.738	4.666
8	2.051	2.311	3.128	3.627	3.987	4.543	5.597
9	2.558	2.855	3.783	4.345	4.748	5.370	6.546
10	3.092	3.427	4.461	5.084	5.529	6.216	7.511

$Ao(n=5, B=0.01) = 1.361$ erlang

รูปที่ 3.7 แสดงวิธีการใช้ตาราง ERLANG B สำหรับตัวอย่างที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นชุมสายนี้จะรับแทรฟฟิคที่เรียกเข้ามาได้สูงสุด 1.361 เออแลงค์ โดยมีโอกาสเกิดการสูญเสียไม่เกิน 1%

สำหรับการใช้ตารางจะมีข้อเสียคือ ถ้าเรากำหนดหรือต้องการหาค่าซึ่งไม่มีโดยตรงจากตาราง โดยเฉพาะค่า A_o และ B เราจะหาได้โดยใช้วิธีการที่เรียกว่า LINEAR INTERPOLATION

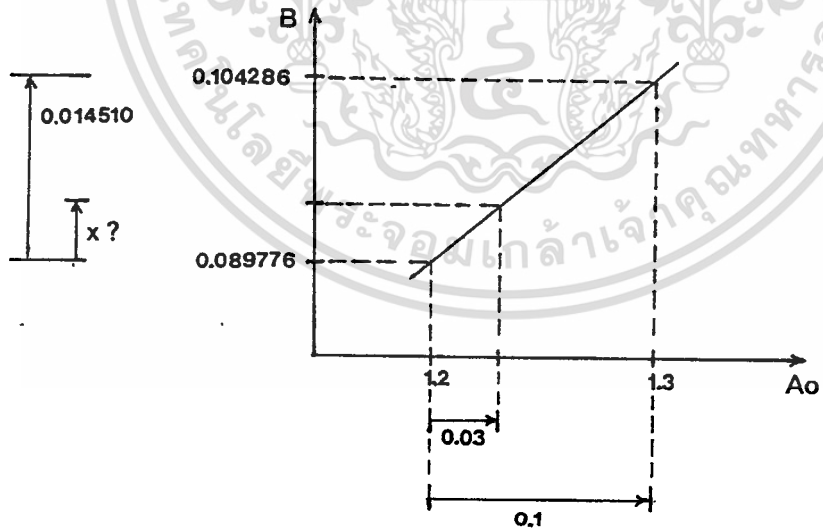
<u>ตัวอย่างที่ 3.7</u> ชุมสายหนึ่งมี n = 3 วงจร และ A_o = 1.23 เออแลงค์ ให้หาว่าชุมสายนี้มีค่าโอกาสเกิดการสูญเสีย (B) เท่าไร โดยให้ใช้ตารางและคำนวณโดยตรงจากสูตร ERLANG B แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน

<u>วิธีทำ</u> จากตารางแบบที่ 1 ในรูปที่ 3.6 เราไม่สามารถหาค่า B จาก n = 3, A_o = 1.23 ได้โดยตรง จึงต้องใช้วิธี LINEAR INTERPOLATION

ที่ n = 3, A_o = 1.2 จะได้ B = 0.089776

A_o = 1.3 จะได้ B = 0.104286

ที่ต้องการคือ n = 3, A_o = 1.23 ดังนั้นค่าของ B ควรที่จะอยู่ระหว่าง 0.089776 กับ 0.104286



ค่าของ B ที่ n = 3, A_o = 1.23 เป็นดังนี้

B = 0.089776 + X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 0.089776 + \frac{0.01451*0.03}{0.1}$$

$$= 0.094129$$ ตอบ

ใช้วิธีคำนวณแบบ RECURSIVE ALGORITHM

$B_{n=0} = 1$

$$B_{n=1} = \frac{1.23}{1+1.23}$$

$$= 0.534782$$

$$B_{n=2} = \frac{1.23(0.534782)}{2+1.23(0.534782)}$$

$$= 0.247493$$

$$B_{n=3} = \frac{1.23(0.247493)}{3+1.23(0.247493)}$$

$$= 0.092124$$

จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการเปิดตารางแล้วใช้วิธี LINEAR INTERPOLATION จะผิดพลาดจากที่คำนวณ หรือค่าที่ได้จะประมาณ +2.176%

จากตัวอย่างที่ 3.7 เราพบว่าการใช้ตารางหาค่าที่ไม่มีโดยตรงจะได้ผลออกมาผิดพลาดไปบ้าง แต่อย่างไรก็ตาม เรายังถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ ในการคำนวณหาค่าโอกาสเกิดการสูญเสียที่จำนวน n และ A_o มีค่ามาก ๆ การใช้ตารางจะเร็วกว่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยใช้สูตรโดยตรง แต่ถ้าเราต้องการผลออกมาตรงและถูกต้องก็ควรจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณให้ ซึ่งเราจะเขียนโปรแกรมโดยใช้ RECURSIVE ALGORITHM จะดีกว่าสูตร ERLANG B โดยตรง ทั้งนี้เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีขีดจำกัดในการคำนวณค่าของแฟกทอเรียล (FACTORIAL)ซึ่งมีค่าสูง ๆ เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์จะเกิดการ OVERFLOW ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ระดับการบริการ (GRADE OF SERVICE : GOS)

สภาพการไหลของแทรฟฟิค(TRAFFIC FLOW) ในโครงข่ายโทรศัพท์นั้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นระดับของความคับคั่งก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

ในการกำหนดระดับของการบริการของโครงข่าย จะเป็นการกำหนดว่า โอกาสเกิดการสูญเสียจะเกิดขึ้นได้สูงสุดเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน เพื่อเป็นการชี้ชัดและสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ สำหรับการออกแบบโครงข่ายและควบคุมคุณภาพการให้บริการของโครงข่าย

ช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอนดังกล่าวนี้โดยปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมง และมีชื่อเรียกว่า ชั่วโมงเร่งด่วน (BUSY HOUR) จากผลการวัดได้ค้นพบว่าในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนนี้จะมีสภาพสมดุลทางสถิติ คือ สภาพที่อัตราการยกหูและอัตราการวางหูมีค่าเท่ากัน ทำให้สะดวกในการคิดสูตรทางคณิตศาสตร์

3.5.1 แนวความคิดในการหาชั่วโมงเร่งด่วน (BUSY HOUR CONCEPT)

ในการเลือกว่าชั่วโมงใดเป็นชั่วโมงเร่งด่วนนั้น จะต้องกระทำให้เหมาะสม เพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้ว่า ระดับการบริการที่กำหนดในชั่วโมงเร่งด่วนนั้นเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ได้กับชั่วโมงอื่น ๆ ทั้งหมด

สำหรับวิธีการวัดปริมาณแทรฟฟิค เพื่อหาชั่วโมงเร่งด่วนมีด้วยกันหลายวิธี แต่ในที่นี้จะขออธิบายถึงวิธีที่ใช้กันทั่วไปเพียงวิธีเดียว คือ TCBH-METHOD (TIME-CONSISTENT BUSY HOUR) ซึ่งเป็นวิธีการหาชั่วโมงเร่งด่วน โดยการวัดปริมาณแทรฟฟิคติดต่อกันทุกวัน (DAILY CONTINUOUS MEASUREMENTS)

TCBH-METHOD จะทำโดยการวัดปริมาณแทรฟฟิคในช่วงเวลา 60 นาทีติดต่อกัน ในวันทำงานตามปกติ (ยกเว้นวันหยุดและวันที่มีแทรฟฟิคผิดปกติ) โดยช่วงเวลา 60 นาทีนี้ไม่จำเป็นต้องลงล็อคตามชั่วโมงของนาฬิกา เช่น อาจจะเป็น 09.45-10.45 น.ก็ได้ ค่าแทรฟฟิคของชั่วโมงใดที่มีค่าสูงสุดก็ถือว่าชั่วโมงนั้นเป็นชั่วโมงเร่งด่วน

วิธีการหาชั่วโมงเร่งด่วนแบบ TCBH ที่นิยมที่สุด ได้แก่ การหาจากข้อมูล TCBH DATA YEAR (12 CONSECUTIVE MONTHS) โดยเลือกเอาข้อมูล 3 เดือนที่มีแทรฟฟิคสูงสุด (3 เดือนนี้ไม่จำเป็นต้องเป็นเดือนที่อยู่ติดกัน) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย แล้วจึงเลือกชั่วโมงที่มีค่าแทรฟฟิคสูงสุดเป็น

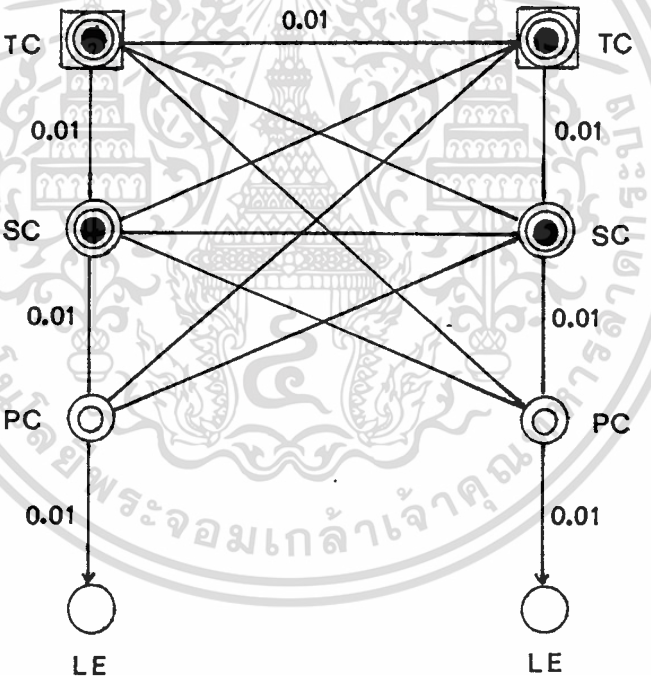
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งจะเรียกชั่วโมงเร่งด่วนนี้ว่า ABSBH (AVERAGE BUSY SEASON BUSY HOUR)

3.5.2 ข้อกำหนดของ CCITT เกี่ยวกับระดับการบริการ

CCITT ได้เสนอแนะการกำหนดระดับการบริการ นั่นคือ การกำหนดค่าโอกาสเกิดการสูญเสียในชั่วโมงเร่งด่วน (BLOCKING PROBABILITY FOR BUSY HOUR) ไว้ดังนี้

- โอกาสเกิดการสูญเสียจากอุปกรณ์สวิทชิ่งในชุมสาย (SWITCHING LOSS) = 0.005
- โอกาสเกิดการสูญเสียสำหรับเส้นทางเลือกสุดท้าย = 0.01 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8
- โอกาสเกิดการสูญเสียการเรียกภายในชุมสายเดียวกัน (INTRA OFFICE TRUNK) = 0.002



รูปที่ 3.8 แสดงโอกาสเกิดการสูญเสียในเส้นทางเลือกสุดท้ายของโครงข่ายตามลำดับชั้น

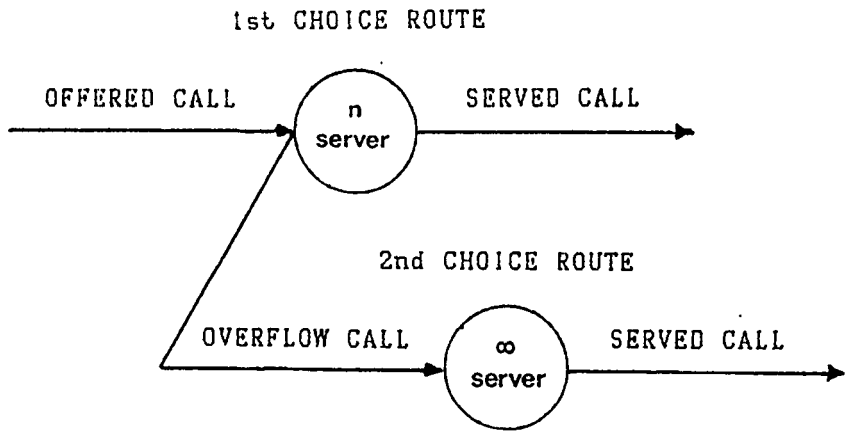
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ระบบล้น (OVERFLOW SYTEM)

การเรียกของผู้เช่าที่อยู่ในชุมสายหนึ่งไปยังผู้เช่าในอีกชุมสายหนึ่ง การเรียกครั้งนี้อาจจะเลือกใช้ได้หลายเส้นทาง โดยเส้นทางแรกที่เลือก (FIRST CHOICE ROUTE) เราเรียกว่า HIGH USAGE ROUTE ถ้าเส้นทางแรกไม่ว่าง การเรียกก็จะไปเลือกใช้ในเส้นทางที่สอง (SECOND CHOICE ROUTE) ถ้าเส้นทางที่สองไม่ว่างอีก การเรียกก็จะไปเลือกใช้ในเส้นทางที่สาม (THRID CHOICE ROUTE) และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงเส้นทางเลือกสุดท้าย (LAST CHOICE ROUTE) ซึ่งเราเรียกว่า FINAL ROUTE สำหรับเส้นทางเลือกอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เส้นทางแรกและเส้นทางเลือกสุดท้ายนั้น จะเรียกว่า INTERMEDIATE ALTERNATE ROUTE โครงข่ายที่จัดระบบการเลือกเส้นทางดังที่กล่าวมานี้เรียกว่า ระบบล้น

ตัวอย่างระบบล้นที่จะพิจารณาต่อไปนี้จะมีอยู่ 2 เส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยการเรียกที่เข้ามาจะใช้เส้นทางแรกก่อน ซึ่งมีวงจรทรังค์อยู่ n วงจรเป็นไปตามสมมติฐานในหัวข้อ 3.4.2 สำหรับเส้นทางที่สองซึ่งจะเป็นเส้นทางเลือกสุดท้ายนั้น จะมีวงจรทรังค์ไม่จำกัด และการแจกแจงของเวลาที่วงจรถูกจับใช้งานจะเหมือนกับเส้นทางแรก การเรียกที่เข้ามายังเส้นทางที่สองก็คือ การเรียกที่เข้ามายังเส้นทางแรกแบบสุ่ม และพบว่า วงจรทรังค์ทั้งหมดในเส้นทางแรกไม่ว่างนั่นคือ การเรียกที่เข้ามายังเส้นทางที่สองก็จะเป็น การเรียกที่สูญเสียมาจากเส้นทางแรก หรือเรียกว่า เป็นการเรียกล้น (OVERFLOW CALL) มาจากเส้นทางแรก ซึ่งจะยังไม่ถูกกำจัดออกจากระบบทีเดียวเลย เหมือนกับระบบสูญเสียการเรียก แต่จะเป็นการเรียกเข้ามาในเส้นทางที่สอง และจะได้รับบริการทั้งหมด เนื่องจากว่าเรากำหนดให้เส้นทางที่สองมีจำนวนวงจรทรังค์ไม่จำกัด แต่สำหรับโครงข่ายที่ใช้งานจริงย่อมมีจำนวนวงจรจำกัดไม่ว่าเส้นทางเลือกใดก็ตาม แต่จะมีการกำหนดระดับการบริการไว้ในเส้นทางเลือกสุดท้าย ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.5.2 ดังนั้นการเรียกที่สูญเสียในเส้นทางเลือกสุดท้าย จะถูกกำจัดออกจากระบบในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงระบบล้นซึ่งมี n วงจรทรั้งค์ในเส้นทางแรก และ ∞ วงจรทรั้งค์ในเส้นทางที่สอง

ตามรูปที่ 4.1 ถ้ากำหนดค่าของปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกมาใช้ในเส้นทางแรกเท่ากับ A_o ภายใต้เงื่อนไขสมดุลทางสถิติ จะสามารถหาค่าปริมาณแทรฟฟิคที่ล้น (OVERFLOW TRAFFIC) จากเส้นทางแรก ได้ดังนี้

$$\alpha = A_o B_n(A_o) \qquad \text{-----(4.1)}$$

$$V = \alpha\left(1-\alpha+\frac{A_o}{n+1+\alpha-A_o}\right) \qquad \text{-----(4.2)}$$

α คือ ค่า MEAN มีหน่วยเป็นเออแลงค์

V คือ ค่า VARIANCE มีหน่วยเป็นเออแลงค์^{2} (SQUARE ERLANG)

A_o คือ ปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกเข้ามาในเส้นทางแรก

$B_n(A_o)$ คือ ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียที่ n วงจร และ A_o เออแลงค์

นั่นคือ แทรฟฟิคที่เข้ามาในเส้นทางที่สอง จะมีค่า MEAN และ VARIANCE ตามสมการที่ (4.1) และ (4.2) ตามลำดับ และเมื่อกำหนดค่า PEAKEDNESS FACTOR (PF) จาก

$$PF = \frac{V}{\alpha} \qquad \text{-----(4.3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถพิจารณาแทรฟฟิคที่เข้ามาในเส้นทางที่สองได้ดังนี้

- ถ้าค่า PF = 1 แล้วแทรฟฟิคที่เข้ามาในเส้นทางที่สองจะเป็นแบบสุ่มด้วย
- ถ้าค่า PF $\neq$ 1 นั่นคือ แทรฟฟิคที่เข้ามาในเส้นทางที่สองจะไม่เป็นแบบสุ่ม

<u>ตัวอย่างที่ 4.1</u> ในชั่วโมงเร่งด่วนมีปริมาณแทรฟฟิค 9.1 เออแลงค์ ที่เรียกเข้ามายังกลุ่มของวงจรทรังค์ซึ่งมี 12 วงจร ให้หาค่า MEAN, VARIANCE และ PF ของแทรฟฟิคที่ล้นมาจากกลุ่มวงจรดังกล่าว

<u>วิธีทำ</u> จากโจทย์ A_o = 9.1 เออแลงค์, n = 12 วงจร เปิดตาราง ERLANG B จะได้

$$B_{12}(9.1) = 0.086571$$

ค่า MEAN ของแทรฟฟิคล้น หาได้จากสมการ (4.1) ดังนี้

$$\alpha = A_o B_n(A_o)$$

$$= 9.1(0.086571)$$

$$= 0.7878 \text{ เออแลงค์}$$ <u>ตอบ</u>

ค่า VARIANCE ของแทรฟฟิคล้น หาได้จากสมการ (4.2) ดังนี้

$$V = \alpha\left(1-\alpha+\frac{A_o}{n+1+\alpha-A_o}\right)$$

$$= 0.7878\left(1-0.7878+\frac{9.1}{12+1+0.7878-9.1}\right)$$

$$= 1.6965 \text{ เออแลงค์}^2$$ <u>ตอบ</u>

ค่า PF หาได้จากสมการ (4.3) ดังนี้

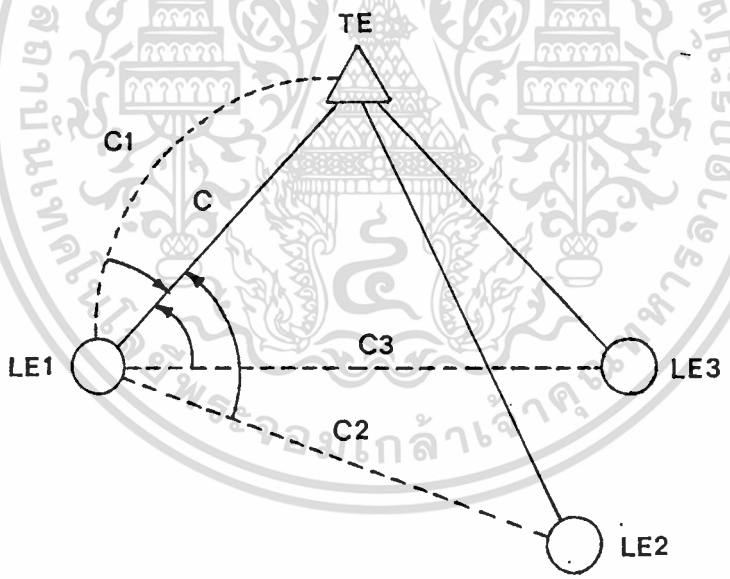
$$PF = \frac{V}{\alpha} = \frac{1.6965}{0.7878} = 2.153$$ <u>ตอบ</u>

ดังนั้นแทรฟฟิคที่ล้นจากกลุ่มวงจรดังกล่าวไม่เป็นแบบสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

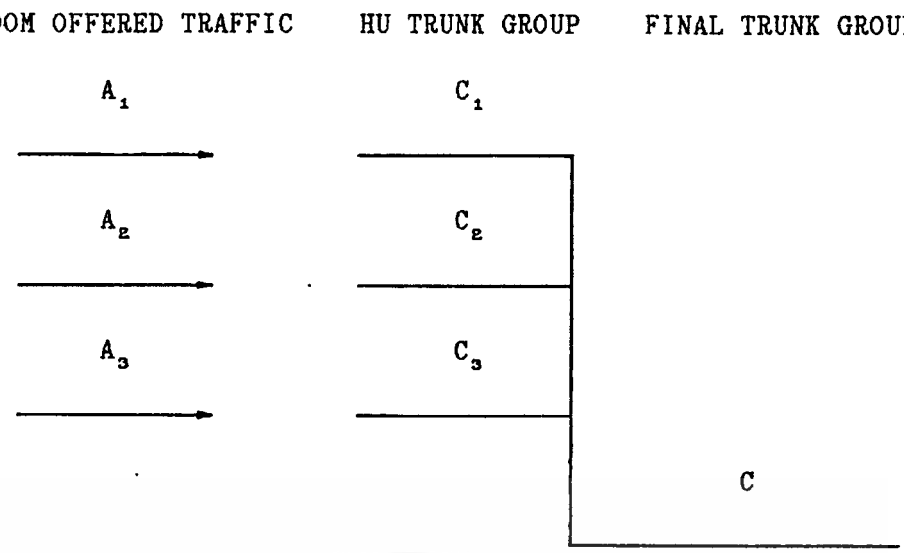
4.1 การประยุกต์ใช้กับโครงข่ายตามลำดับชั้น

ระบบลันที่กล่าวถึงนี้สามารถใช้เป็นแบบจำลอง (MODEL) ทางคณิตศาสตร์ สำหรับการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้น (HIERACHICAL ROUTING) โดยใช้วิเคราะห์หาค่าโอกาสเกิดการสูญเสียในเส้นทางเลือกสุดท้าย ในที่นี้จะยกตัวอย่างระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้นอย่างง่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ก. โดยมีชุมสายท้องถิ่น 3 แห่ง และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น 1 แห่ง C_2 เป็นจำนวนวงจรทรังค์ในเส้นทางแรกจากชุมสายท้องถิ่น 1 ไปยังชุมสายท้องถิ่น 2 ในทำนองเดียวกัน C_3 เป็นจำนวนวงจรทรังค์ ไปยังชุมสายท้องถิ่น 3 และ C_1 เป็นจำนวนวงจรทรังค์ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น เส้นทางแรกทั้งหมดนี้จะเรียกว่า กลุ่มวงจรในเส้นทางแรก (HIGH USAGE TRUNK GROUP) ซึ่งแสดงด้วยเส้นประ และ C เป็นจำนวนวงจรทรังค์ในเส้นทางเลือกสุดท้ายจากชุมสายท้องถิ่น 1 ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น เรียกว่า กลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย (FINAL TRUNK GROUP)



ก. ระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข. แสดงแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรูป ก.

รูปที่ 4.2

พิจารณาที่ชุมสายท้องถิ่น 1 มี A_2 เป็นปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น 2 แบบสุ่ม ผ่านกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกจำนวน C_2 วงจร ในทำนองเดียวกัน A_3 เป็นปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น 3 แบบสุ่ม ผ่านกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกจำนวน C_3 วงจร และ A_1 เป็นปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นแบบสุ่มผ่านกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกจำนวน C_1 วงจร ปริมาณแทรฟฟิคที่ต้องการจะเรียกนี้ ถ้าพบว่า กลุ่มวงจรในเส้นทางแรกไม่ว่างจะเกิดแทรฟฟิคล้นซึ่งเรียกว่า แทรฟฟิคที่ล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางแรก (HU TRUNK GROUP OVERFLOW TRAFFIC) โดยแทรฟฟิคล้นทั้งหมดนี้จะมาใช้กลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย ซึ่งมีจำนวน C วงจร เชื่อมต่ออยู่ระหว่างชุมสายท้องถิ่น 1 กับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น

เราสามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบล้น สำหรับการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้นนี้ได้ดังรูปที่ 4.2 ข. เนื่องจากกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกนี้สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นอิสระต่อกัน หรือแทรฟฟิคล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกเหล่านี้จะเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นเราสามารถหาค่า MEAN (α) และ VARIANCE (V) ของแทรฟฟิคล้นนี้ได้ดังนี้ คือ

$$\alpha = \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \qquad \text{-----(4.4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\alpha_i = A_i B_{c_i}(A_i) \quad ; i = 1, 2, 3 \qquad \text{-----(4.5)}$$

$$V = \sum_{i=1}^{3} V_i \qquad \text{-----(4.6)}$$

$$V_i = \alpha_i\left(1-\alpha_i+\frac{A_i}{C_i+1+\alpha_i-A_i}\right) \quad ; i = 1, 2, 3 \qquad \text{-----(4.7)}$$

และค่า PEAKEDNESS FACTOR (PF) หาได้จาก

$$PF = \frac{V}{\alpha} \qquad \text{-----(4.8)}$$

ถ้าค่าของ PF = 1 ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียในกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย (BLOCKING PROBABILITY IN FINAL TRUNK GROUP : B_f) จะสามารถประมาณได้โดยใช้สูตรของ ERLANG B นั่นคือ

$$B_f = B_c(\alpha) \qquad \text{-----(4.9)}$$

แต่เนื่องจากแทรฟฟิคล้นส่วนใหญ่ไม่เป็นแบบสุ่ม (นั่นคือ PF $\neq$ 1) ดังนั้นเราไม่สามารถหาค่า B_f ได้จากสมการที่ (4.9) เราจะใช้วิธีของ ER (EQUIVALENT RANDOM METHOD) ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ 4.2 และวิธีของ ET (EQUIVALENT TRUNK METHOD) ที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.3

4.2 วิธีของ ER

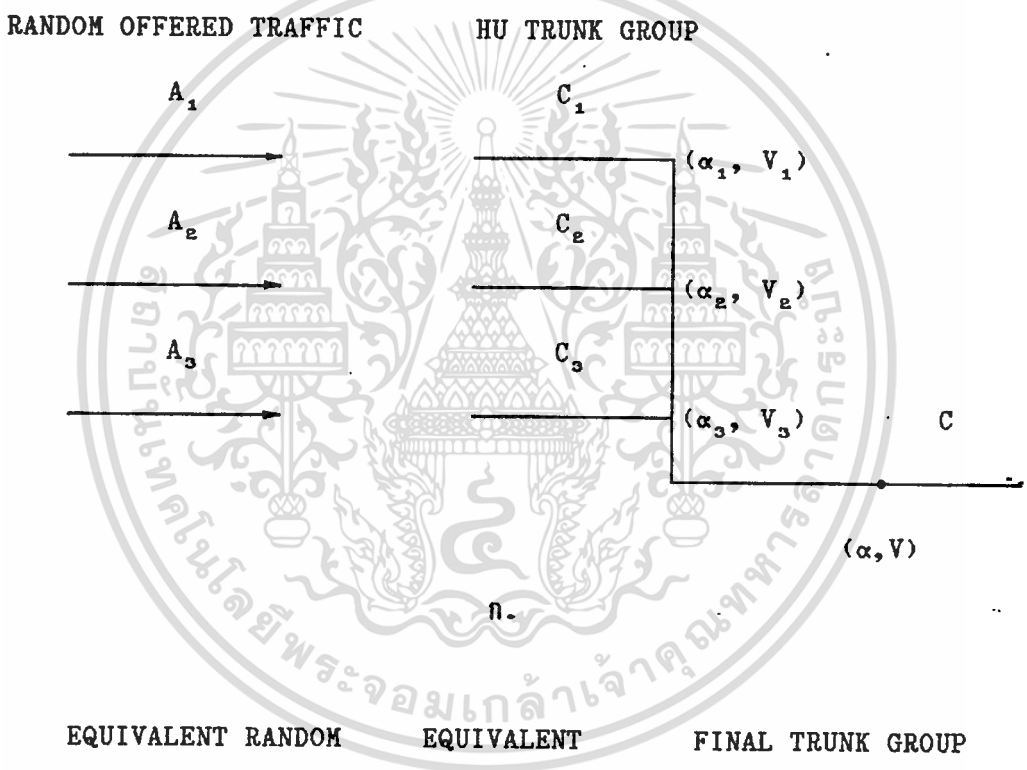
เป็นวิธีที่ใช้กับการวัดแทรฟฟิคแบบเลือกชั่วโมงเร่งด่วนเพียงค่าเดียว (SINGLE BUSY HOUR) เสนอโดย MR.R.I WILKINSON ในปี คศ.1956 สำหรับการวิเคราะห์หาค่า B_f ตามวิธีของ ER นี้จะใช้ค่า MEAN และ VARIANCE ของแทรฟฟิคล้น นั่นคือคู่ของ (α,V) จะใช้หาค่าของปริมาณแทรฟฟิคสมมูลย์ (EQUIVALENT RANDOM OFFERED TRAFFIC : A_e) และกลุ่มวงจรสมมูลย์ (EQUIVALENT HU TRUNK GROUP : C_e) โดยที่ค่าของ C_e อาจจะไม่เป็นเลขจำนวนเต็ม จึงกล่าวได้ว่า A_e คือ ปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนให้กับ C_e แล้วให้แทรฟฟิคล้นที่มีค่า α และ V เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกับค่าที่ได้จากสมการที่ (4.4) และ (4.6)

$$(\alpha, V) \longleftrightarrow (C_e, A_e)$$

การนำวิธีของ ER ไปประยุกต์ใช้กับกลุ่มวงจรในเส้นทางแรกของการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้น ในรูปที่ 4.2 ก. คู่ของ (α_i, V_i) สามารถหาได้จากคู่ของ (C_i, A_i) ตามสมการที่ (4.5) และ (4.7) และหาผลรวมจะได้คู่ของ (α, V) จากสมการที่ (4.4) และ (4.6) ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ก.



รูปที่ 4.3 การประยุกต์ใช้วิธีของ ER กับการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้นในรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงข่ายในรูปที่ 4.2 นั้นสามารถเขียนแทนด้วยกลุ่มวงจรทรังค์เดี่ยว (SINGLE TRUNK GROUP) ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ข. โดยมีจำนวนวงจรเท่ากับ C_e+C และมีปริมาณแทรฟฟิคไหลเข้าระบบเท่ากับ A_e โดยการใช้วิธีของ ER อีกครั้งกับกลุ่มวงจรทรังค์เดี่ยวนี้ จะได้ว่าคู่ของ (C_e+C, A_e) ใช้หาคู่ของ (α_f, V_f) ที่เป็นแทรฟฟิคล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้ายตามสมการ (4.1) และ (4.2) ดังนี้

$$\alpha_f = A_e B_{C_e+C}(A_e) \qquad \text{-----(4.10)}$$

$$V_f = \alpha_f\left(1-\alpha_f+\frac{A_e}{C_e+C+1+\alpha_f-A_e}\right) \qquad \text{-----(4.11)}$$

ดังนั้นค่าโอกาสเกิดการสูญเสียในกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย (B_f) หาได้จาก

$$B_f = \frac{\alpha_f}{\alpha} \qquad \text{-----(4.12)}$$

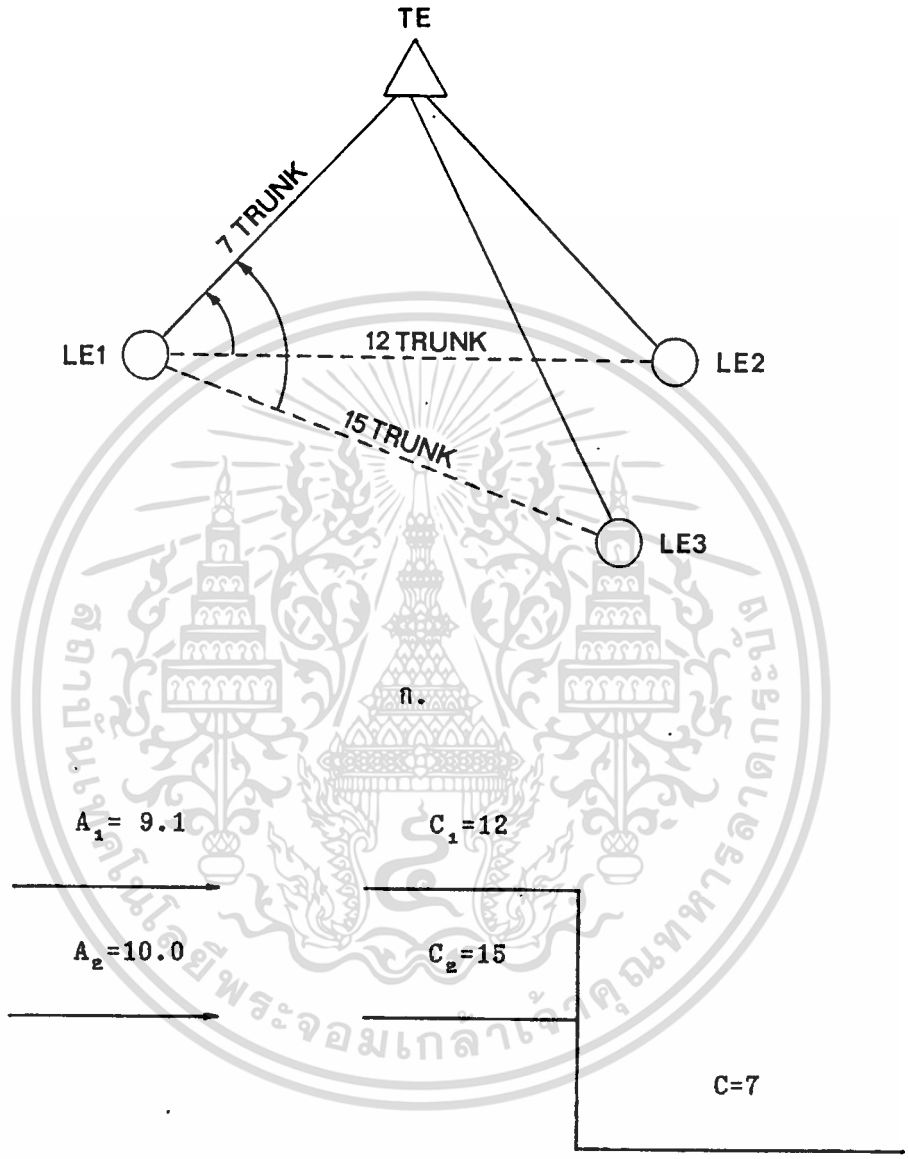
ในการหาคู่ของ (C_e, A_e) เมื่อเราทราบค่าคู่ของ (α, V) ไม่ง่ายเหมือนการหาคู่ของ (α, V) เมื่อเราทราบค่าคู่ของ (C_e, A_e) ซึ่งสามารถใช้สมการ (4.1) และ (4.2) ตามปกติได้ จากการเสนอแนะของ Y.RAPP และ J.RIORDAN สำหรับการหาคู่ของ (C_e, A_e) เมื่อเรารู้ค่าของ α และ V แล้ว จะใช้การประมาณ (APPROXIMATE) ได้ด้วย สมการที่ (4.13) และ (4.14)

$$A_e = V+3\frac{V}{\alpha}\left(\frac{V}{\alpha}-1\right) \qquad \text{-----(4.13)}$$

$$C_e = \frac{A_e\,(\alpha+V/\alpha)}{\alpha+(V/\alpha)-1} - \alpha - 1 \qquad \text{-----(4.14)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 4.2 กำหนดให้การจัดแทรฟฟิคแบบ SINGLE BUSY HOUR ของระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้นเป็นไปตามรูปที่ 4.4 ให้หาค่า B_p



รูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ จากตาราง ERLANG B

$B_{12}(9.1) = 0.086571$

$B_{15}(10.0) = 0.036497$

ก. หาค่า MEAN ของแทรฟฟิคล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางแรก

$\alpha_1 = A_1 B_{C1}(A_1)$

$= 9.1(0.086571) = 0.7878$ เออแลงค์

$\alpha_2 = A_2 B_{C2}(A_2)$

$= 10.0(0.036497) = 0.365$ เออแลงค์

ข. หาค่า VARIANCE ของแทรฟฟิคล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางแรก

$$V_1 = \alpha_1\left(1-\alpha_1+\frac{A_1}{C_1+1+\alpha_1-A_1}\right)$$

$$= 0.7878\left(1-0.7878+\frac{9.1}{12+1+0.7878-9.1}\right)$$

$= 1.6965$ เออแลงค์^{2}

$$V_2 = \alpha_2\left(1-\alpha_2+\frac{A_2}{C_2+1+\alpha_2-A_2}\right)$$

$$= 0.3650\left(1-0.3650+\frac{10.0}{15+1+0.3650-10.0}\right)$$

$= 0.8052$ เออแลงค์^{2}

ค. หาปริมาณแทรฟฟิคที่ไหลเข้าในกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย ซึ่งมีค่า

$\alpha = \alpha_1+\alpha_2$

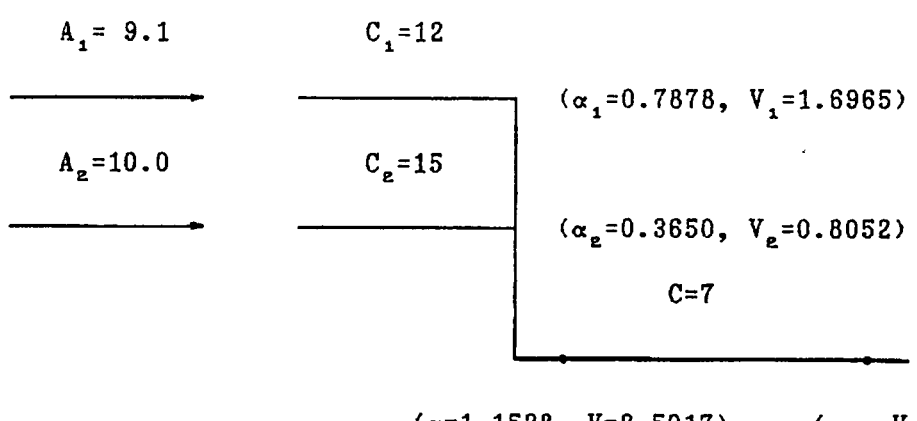
$= 0.7878+0.3650 = 1.1528$ เออแลงค์

$V = V_1+V_2$

$= 1.6965+0.8052 = 2.5017$ เออแลงค์^{2}

ค่า α และ V สามารถแสดงในรูปในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ง. หาปริมาณแทรฟฟิคสมมูลย์ (A_e) และหากลุ่มวงจรสมมูลย์ (C_e)

$$A_e = V+3\underline{V}\ (\underline{V}-1)$$
$$\alpha\quad\alpha$$

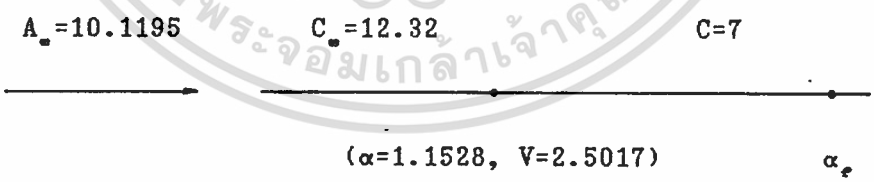
$$= 2.5017+3*\underline{2.5017}\ (\underline{2.5017}-1)$$
$$1.1528\quad 1.1528$$

= 10.1195 เออแลงค์

$$C_e = \underline{A_e(\alpha+V/\alpha)}\ -\alpha-1$$
$$\alpha+V/\alpha-1$$

$$= \underline{10.1195\ (1.1528+2.5017/1.1528)}\ -1.1528-1$$
$$1.1528+\ (2.5017/1.1528)\ -1$$

= 12.32 วงจร



จ. หา B_f

$$\alpha_f = A_e B_{C_e+C}(A_e)$$

$$= 10.1195\ B_{12.32+7}(10.1195)$$

$$= 10.1195(0.0034)$$

= 0.0344 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B_e = \frac{\alpha_e}{\alpha}$$

$$= \frac{0.0344}{1.1528}$$

$$= 0.0298$$ ตอบ

4.3 วิธีของ ET

ในกรณีที่การวัดแทรฟฟิคเป็นแบบ ABSBH (ดูในหัวข้อ 3.5.1) ถ้านำเอาวิธีของ ER ไปใช้ในการประมาณค่า B_e จะพบว่าค่านี้จะน้อยกว่าค่าที่ได้จากการวัดอยู่มาก ทางเลือกอีกอันหนึ่งที่จะทำให้ค่า B_e นี้มีค่าสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัด โดยการใช้วิธีของ ET สำหรับวิธีของ ET นี้จะใช้ค่า MEAN ($\bar{\alpha}$) ของแทรฟฟิคล้นเท่านั้น ถ้าให้ $\bar{A}_o$ เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนให้กับกลุ่มวงจรสมมูลย์จำนวน C_e วงจร แล้วมีปริมาณแทรฟฟิคล้นเกิดขึ้นเท่ากับ $\bar{\alpha}$ ดังนั้นตามสมการที่ (4.1) ถ้าทราบ 2 ค่าใด ๆ ของ (C_e, $\bar{A}_o$, $\bar{\alpha}$) ก็จะสามารถหาค่าที่เหลือได้ ซึ่งวิธีของ ET จะใช้หลักการอันนี้

ในการนำเอาวิธีของ ET ไปใช้กับระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้นที่แสดงไว้ตามรูปที่ 4.2 ก.นั้น ปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนให้กับกลุ่มวงจรในเส้นทางแรก จะต้องเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณแทรฟฟิคที่ได้จากการวัดแบบ ABSBH ดังแสดงในรูป 4.5 ก. สำหรับ 3 ค่าใด ๆ ของ (C_i,$\bar{A}_i$,$\bar{\alpha}_i$) ในแต่ละกลุ่มวงจร i เราจะทราบค่าจำนวนวงจรทั้งค์ (C_i) และปริมาณแทรฟฟิคไหลเข้า ($\bar{A}_i$) ดังนั้น ค่าที่เหลือคือ ปริมาณแทรฟฟิคล้น ($\bar{\alpha}_i$) จะสามารถหาได้ดังนี้

$$\bar{\alpha}_i = \bar{A}_i B_{ci}(\bar{A}_i) \quad \text{เมื่อ } i = 1, 2, 3 \qquad \text{-----(4.15)}$$

ผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนให้กับกลุ่มวงจรสมมูลย์ ($\bar{A}_o$) ก็คือ

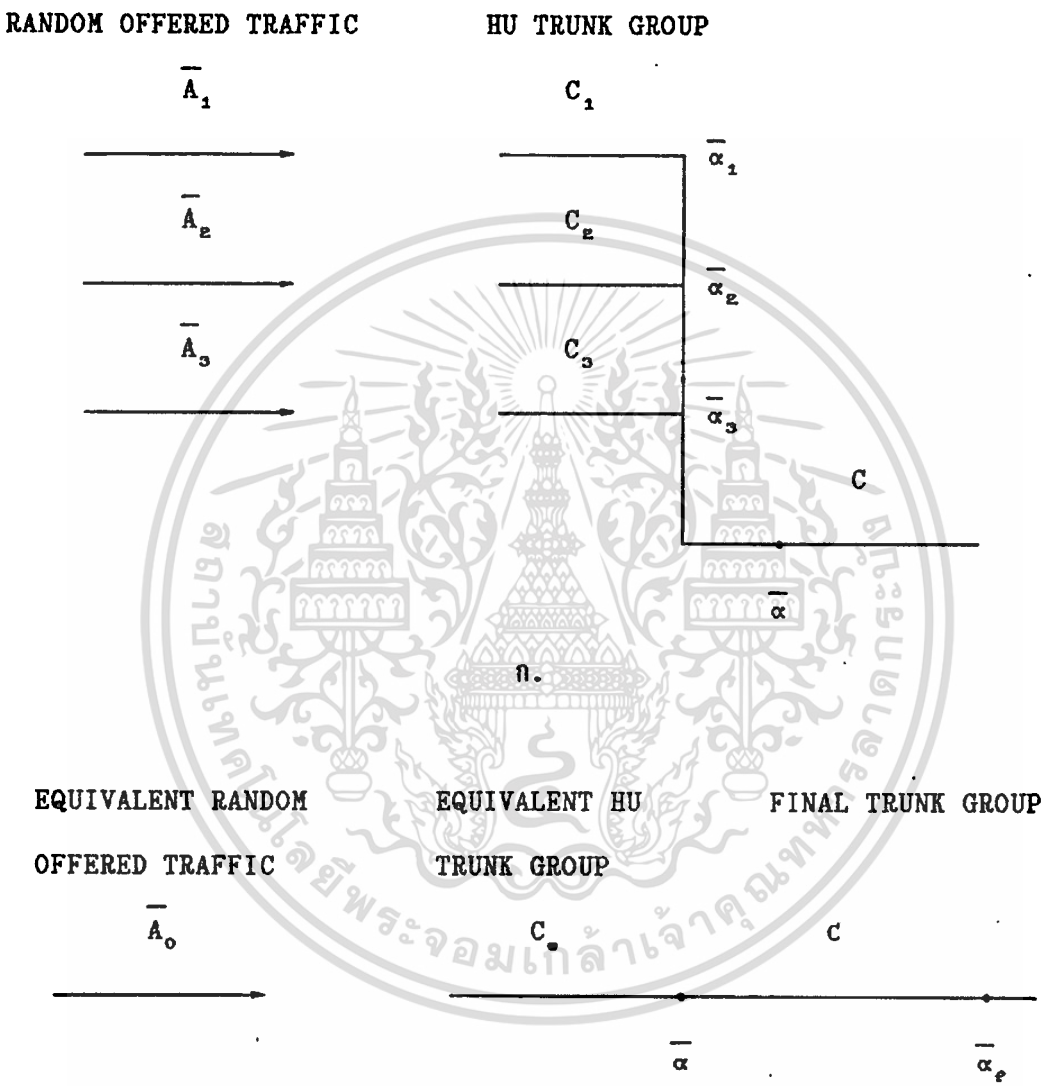
$$\bar{A}_o = \sum_{i=1}^{3} \bar{A}_i \qquad \text{-----(4.16)}$$

และผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคล้น ($\bar{\alpha}$) ซึ่งจะเป็นปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนให้กับกลุ่มวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเส้นทางเลือกสุดท้าย จะได้จาก

$$\bar{\alpha} = \sum_{i=1}^{3} \bar{\alpha}_i \qquad \text{-----(4.17)}$$



รูปที่ 4.5 การประยุกต์ใช้วิธีของ ET กับการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้นในรูปที่ 4.2

จะเห็นว่ากลุ่มวงจรในรูปที่ 4.5 ก. สามารถเขียนแทนได้ด้วย กลุ่มวงจรทรั้งค์เดี่ยว ในรูปที่ 4.5 ข. คล้าย ๆ กับวิธีของ ER นั่นคือ มีจำนวนวงจรเท่ากับ C_e+C และมีปริมาณแทรฟฟิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ยที่ไหลเข้าระบบเท่ากับ A_o แต่ในวิธีของ ET การหากลุ่มวงจรสมมูลย์ (C_e) จะไม่มีสูตรยุ่งยากเหมือนวิธีของ ER คือ หาโดยการเปิดตาราง ERLANG B และใช้วิธีการ LINEAR INTERPOLATION ดังที่กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 3.4.2

$$C_e = TABLE(B, \overline{A}_e) = TABLE(\underline{\overline{\alpha}, \overline{A}_o}) \qquad \text{-----(4.18)}$$
$$\overline{A}_o$$

และโดยวิธีของ ET จะหาค่า $\overline{\alpha}_f$ ซึ่งเป็นปริมาณแทรฟฟิคล้นจากกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย ตามสมการ (4.1) ดังนี้

$$\overline{\alpha}_f = \overline{A}_o B_{c_e+c}\ (\overline{A}_o) \qquad \text{-----(4.19)}$$

และค่าโอกาสเกิดการสูญเสียในกลุ่มวงจรในเส้นทางเลือกสุดท้าย (B_f) หาได้จาก

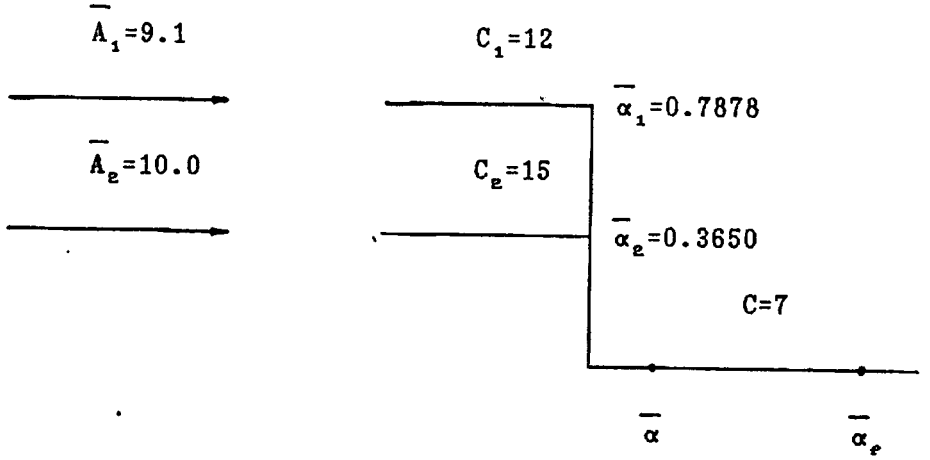
$$B_f = \frac{\overline{\alpha}_f}{\alpha + \overline{\alpha}_f} \qquad \text{-----(4.20)}$$

<u>ตัวอย่างที่ 4.3</u> จากตัวอย่างที่ 4.2 ถ้ากำหนดให้การวัดแทรฟฟิคของระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้นในรูปที่ 4.4 เป็นแบบ ABSBH ให้หาค่า B_f

<u>วิธีทำ</u> เนื่องจากเป็นการวัดแทรฟฟิคแบบ ABSBH ดังนั้นค่า B_f จึงควรประมาณด้วยวิธีของ ET ดังนี้

ก. หาผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคเฉลี่ยที่ป้อนให้กลุ่มวงจรในเส้นทางแรก ($\overline{A}_o$) และหาผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคล้น ($\overline{\alpha}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$\bar{\alpha}_1 = \bar{A}_1 B_{c1}(\bar{A}_1)$

$= 9.1(0.086571)$

$= 0.7878$ เออแลงค์

$\bar{\alpha}_2 = \bar{A}_2 B_{c2}(\bar{A}_2)$

$= 10.0(0.036497)$

$= 0.3650$ เออแลงค์

$\bar{\alpha} = \bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2$

$= 0.7878+0.3650$

$= 1.1528$ เออแลงค์

$\bar{A}_o = \bar{A}_1 + \bar{A}_2$

$= 9.1+10.0$

$= 19.1$ เออแลงค์

ข.หากลุ่มวงจรสมมูลย์ (C_e)

$C_e = \text{TABLE}\ (\underline{\bar{\alpha}}, \bar{A}_o)$

$\bar{A}_o$

$= \text{TABLE}\ (\underline{1.1528}, 19.1) = 23.44$ วงจร

19.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\bar{A}_o$=19.1 C_e=23.44 C=7

$\bar{\alpha}$=1.1528 $\bar{\alpha}_e$

ค. หา B_e

$\bar{\alpha}_e = \bar{A}_o B_{C_e+C}(\bar{A}_o)$

$= 19.1\ B_{23.44+7}(19.1)$

$= 19.1(0.004313)$

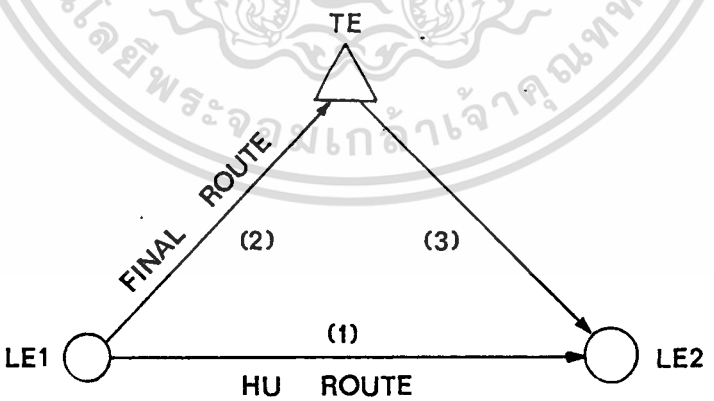
$= 0.08238$ เอลแลงค์

$B_e = \frac{\bar{\alpha}_e}{\bar{\alpha}}$

$= \frac{0.08238}{1.1528}$

$= 0.0715$ ตอบ

4.4 การหาจำนวนวงจรทรั้งค์บนเส้นทางแรก



รูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับขั้น ตามปกติเมื่อเริ่มต้นออกแบบโครงข่ายในขณะที่ปริมาณการเรียกหรือปริมาณแทรฟฟิคจากชุมสายท้องถิ่นแห่งหนึ่งไปยังชุมสายท้องถิ่นอีกแห่ง ซึ่งเรียกว่าปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุด (POINT TO POINT OFFERED TRAFFIC) ยังมีค่าน้อยอยู่ จะไม่มีการสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรง (DIRECT ROUTE หรือ HU ROUTE) ระหว่างชุมสายทั้งสองนี้ โดยปริมาณแทรฟฟิคทั้งหมดที่เกิดขึ้นนี้จะเป็นแทรฟฟิคที่ป้อนให้ในเส้นทางเลือกที่สอง ซึ่งจะเป็นเส้นทางเลือกสุดท้ายหรือไม่ก็ได้ สำหรับปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดค่าอย่างต่ำที่ ทศท. กำหนดให้เริ่มสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรงได้ คือ 15 เออแลงค์

จากรูปที่ 4.6 ถ้าสมมติว่าปริมาณแทรฟฟิคจากชุมสายท้องถิ่น 1 (LE1) ไปยังชุมสายท้องถิ่น 2 (LE2) มากพอที่จะต้องสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรง (มากกว่าหรือเท่ากับ 15 เออแลงค์) ดังนั้นการเรียกจาก LE1 ไปยัง LE2 จะมีเส้นทางติดต่อ 2 เส้นทาง เส้นทางแรก คือ HU ROUTE และเส้นทางที่ 2 คือ FINAL ROUTE การเรียกจะเข้ามายังเส้นทางแรกก่อน ถ้าพบว่าวงจรทรังค์ในเส้นทางแรกไม่ว่าว่างทั้งหมด จึงจะไปใช้ในเส้นทางที่ 2 ดังที่กล่าวไปแล้วในระบบล้น

ในการคำนวณหาจำนวนวงจรบน HU ROUTE จะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายในการสร้าง HU ROUTE (เส้นทาง (1)) กับค่าใช้จ่ายในการสร้าง FINAL ROUTE ผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (เส้นทาง (2)+(3)) อัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสอง (COST RATIO : CR) หาได้ดังนี้

$$CR = \frac{C_T}{C_D} \qquad \text{-----(4.21)}$$

C_T คือ ราคาค่าใช้จ่ายในการสร้างเส้นทางผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (TANDEM ROUTE COST)

C_D คือ ราคาค่าใช้จ่ายในการสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรง (DIRECT ROUTE COST)

เงื่อนไขที่ทำให้จำนวนวงจรบน HU ROUTE พอดีที่จะรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก LE1 ไปยัง LE2 อย่างคุ้มค่า ก็คือ

$$A_{HU} = \frac{E_m}{CR} \qquad \text{-----(4.22)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_m คือ ค่า MARGINAL EFFICIENCY หรือ MARGINAL LOAD เป็นค่าคงที่ มีหน่วยเป็นเออแลงค์ ทางทศท.ใช้ค่า $E_m = 0.8$ เออแลงค์

A_{HU} คือ ปริมาณแทรฟฟิคบนวงจรที่ n ใน HU ROUTE โดยค่า A_{HU} หาได้จาก การที่เราเพิ่มจำนวนวงจรใน HU ROUTE เข้าไปทีละวงจร และคำนวณหาค่าปริมาณแทรฟฟิคบนวงจรที่เพิ่ม โดยกำหนดให้เลือกแบบ SEQUENCIAL และกำหนดให้ปริมาณแทรฟฟิคที่เข้าสู่กลุ่มวงจรมีค่าคงที่

$$A_{HU} = A_{12} [B(n-1,A_{12})-B(n,A_{12})] \qquad \text{-----(4.23)}$$

A_{12} คือ ปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดจาก LE1 ไปยัง LE2

$B(n-1,A_{12})$ คือ ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียที่ n-1 วงจร และ A_{12} เออแลงค์

$B(n,A_{12})$ คือ ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียที่ n วงจร และ A_{12} เออแลงค์

ดังนั้นจากสมการที่ (4.22) และ (4.23) เมื่อเราทราบค่า CR และ A_{12} เราก็จะสามารถหาจำนวนวงจรบน HU ROUTE ได้เท่ากับ n วงจร ที่ทำให้โครงข่ายมีความประหยัดคุ้มค่า (ECONOMICAL NETWORK)

<u>ตัวอย่างที่ 4.4</u> จากระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ถ้าเราวัดปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดจาก LE1 ไปยัง LE2 ได้เท่ากับ 19.2 เออแลงค์ และจากการประมาณค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในโครงข่าย ทำให้ทราบอัตราส่วนระหว่างค่าใช้จ่ายในการสร้างเส้นทางผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (C_T) กับค่าใช้จ่ายในการสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรงจาก LE1 ไปยัง LE2 (C_D) เท่ากับ 1.8 จงคำนวณหาจำนวนวงจรบน HU ROUTE ที่จะสร้างขึ้นระหว่าง LE1 กับ LE2

<u>วิธีทำ</u> โจทย์กำหนดให้ $A_{12} = 19.2$ เออแลงค์ และ CR = 1.8 จากสมการที่ (4.22)

$$A_{HU} = \frac{E_m}{CR}$$

$$= \frac{0.8}{1.8}$$

$$= 0.444$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (4.23)

$A_{HU} = A_{12}[B(n-1,A_{12}) - B(n,A_{12})]$

$0.444 = 19.2[B(n-1,19.2) - B(n,19.2)]$

$B(n-1,19.2) - B(n,19.2) = \frac{0.444}{19.2} = 0.023125$

จากตาราง ERLANG B

n	B(n,19.2)	B(n-1,19.2)-B(n,19.2)
21	0.112582	--------
22	0.089463	0.023119
23	0.069493	0.019970

ดังนั้น n = 22 วงจร

จากที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้น เป็นการหาจำนวนวงจรบน HU ROUTE เฉพาะวงจรขาออก(OUTGOING TRUNK) จาก LE1 ไปยัง LE2 ดังนั้นเราจะต้องหาจำนวนวงจรขาเข้า (INCOMING TRUNK) ด้วย ซึ่งจะมีค่าเท่ากับจำนวนวงจรขาออกจาก LE2 มายัง LE1 นั่นเอง

ในทางปฏิบัติ เมื่อคำนวณหาจำนวนวงจรขาออกและจำนวนวงจรขาเข้าได้แล้ว จะต้องนำจำนวนวงจรทั้งสองนี้มารวมกัน และพิจารณาจัดซื้อเป็นยูนิท (UNIT สำหรับชุมสาย SPC ในปัจจุบันจะใช้ระบบ 1 ยูนิต ซึ่งเรียกว่า 1 DTI'S(DIGITAL TRUNK INTERFACE) มี 30 วงจร โดยใน 30 วงจร สามารถจัดให้เป็นวงจรขาออกหรือวงจรขาเข้าอย่างละกี่วงจรก็ได้ตามสัดส่วนของจำนวนที่คำนวณได้ในครั้งแรก ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าคำนวณวงจรขาออกได้ 22 วงจร และวงจรขาเข้าได้ 34 วงจร รวมแล้วจะเป็น 56 วงจร ดังนั้นจะต้องใช้ 2 DTI'S ซึ่งเท่ากับ 60 วงจร จัดให้เป็นวงจรขาออกประมาณ 22*60/56 เท่ากับ 24 วงจร และวงจรขาเข้าประมาณ 34*60/56 เท่ากับ 36 วงจร

ทั้งนี้ย่อมหมายความว่า หลังจากที่ปัดจำนวนวงจรทั้งสองด้านนี้ให้รวมกันแล้วได้เท่ากับจำนวนวงจรในหน่วย DTI'S ปริมาณแทรฟฟิคที่ HU ROUTE รองรับได้จริง ๆ (ถ้าทำการสร้าง HU ROUTE) จะมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณแทรฟฟิคที่วัดได้ในตอนแรกเสมอ ("จะเท่ากับ" ในกรณีที่จำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรที่คำนวณได้ในครั้งแรกรวมแล้วเท่ากับจำนวนวงจรในหน่วย DTI'S พอดี) ดังนั้นจะต้องมีการพิจารณาถึงความคุ้มค่าอีกครั้งหนึ่งว่า สมควรจะสร้าง HU ROUTE หรือไม่ โดยพิจารณาประสิทธิภาพการครอบครองวงจร (OCCUPANCY : β)

$$\beta = \frac{\text{ผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคผ่านทั้งสองด้าน}}{\text{จำนวนวงจรในหน่วย}} \qquad \text{-----(4.24)}$$

สำหรับปริมาณแทรฟฟิคผ่านหาได้จากสมการที่ 3.8 (ในหัวข้อ 3.4) $A_c = A_o(1-B)$ และจำนวนวงจรในหน่วย DTI'S มีค่าเป็นจำนวนเท่าของ 30 (30, 60, 90,...) ทางทศท. กำหนดไว้ว่าค่า β จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 เออแลงค์ต่อวงจร จึงจะตัดสินใจสร้าง HU ROUTE

<u>ตัวอย่างที่ 4.5</u> จากตัวอย่างที่ 4.4 ถ้ากำหนดต่อไปว่า วัดปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดจาก LE2 มายัง LE1 ได้เท่ากับ 27.0 เออแลงค์ CR = 1.8 เช่นเดียวกัน จงพิจารณาว่าสมควรสร้าง HU ROUTE ระหว่าง LE1 กับ LE2 หรือไม่ ถ้าสร้างจะมีวงจรขาออกและวงจรขาเข้าอย่างละเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> โจทย์กำหนดให้ $A_{21} = 27.0$ เออแลงค์ และ CR = 1.8 จากสมการที่ (4.22) และ (4.23) จะได้

$$A_{HU} = \frac{E_m}{CR} = A_{21}[B(n-1,A_{21})-B(n,A_{21})]$$

$$= \frac{0.8}{1.8} = 27.0[B(n-1,27.0)-B(n,27.0)]$$

$$B(n-1,27.0)-B(n,27.0) = \frac{0.444}{27.0} = 0.016461$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง ERLANG B

n	B(n,27.0)	B(n-1,27.0)-B(n,27.0)
29	0.099091	--------
30	0.081880	0.017211
31	0.065459	0.016421

ดังนั้น n = 31 วงจร

นั่นคือ จำนวนวงจรขาออกจาก LE2 มายัง LE1 เท่ากับ 31 วงจร ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนวงจรขาเข้าของ LE1 ดังนั้นเมื่อพิจารณาทางด้าน LE1 จะมีวงจรขาออกเท่ากับ 22 วงจร (จากตัวอย่างที่ 4.4) และวงจรขาเข้าเท่ากับ 31 วงจร รวมเป็น 53 วงจร ซึ่งจะต้องใช้ทั้งหมด 2 DTI'S พิจารณาค่า จากสมการที่ (4.24)

$$= \frac{A_{12}[1-B(n_{12},A_{12})] + A_{21}[1-B(n_{21},A_{21})]}{2(30)}$$

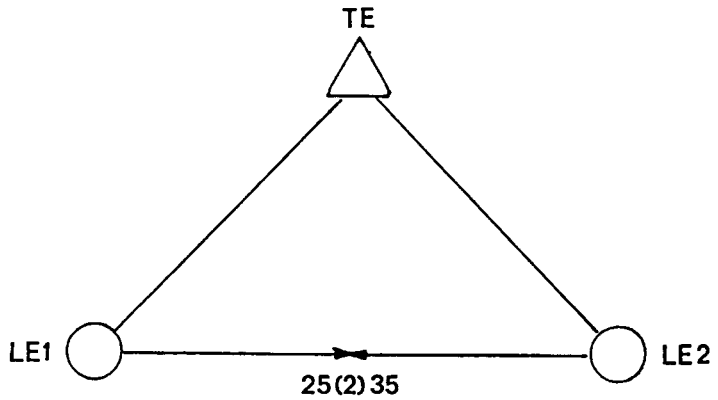
$$= \frac{19.2[1-B(22.0,19.2)] + 27.0[1-B(31.0,27.0)]}{60}$$

$$= \frac{19.2(1-0.089463) + 27.0(1-0.065459)}{60}$$

$$= 0.71 \text{ เออแลงค์/วงจร}$$

เนื่องจากค่า β มากกว่า 0.6 ดังนั้นจึงสมควรสร้าง HU ROUTE ระหว่าง LE1 กับ LE2 โดยที่ LE1 จะมีวงจรขาออกเท่ากับ 22*60/53 = 25 วงจร และวงจรขาเข้าเท่ากับ 31*60/53 = 35 วงจร ในทางตรงกันข้ามที่ LE2 จะมีวงจรขาออกเท่ากับ 35 วงจร และวงจรขาเข้าเท่ากับ 25 วงจร ดังแสดงในรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดง HU ROUTE ระหว่าง LE1 กับ LE2 ที่คำนวณได้จากตัวอย่างที่ 4.5 ตัวเลขในวงเล็บ (2) หมายถึงจำนวน DTI'S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

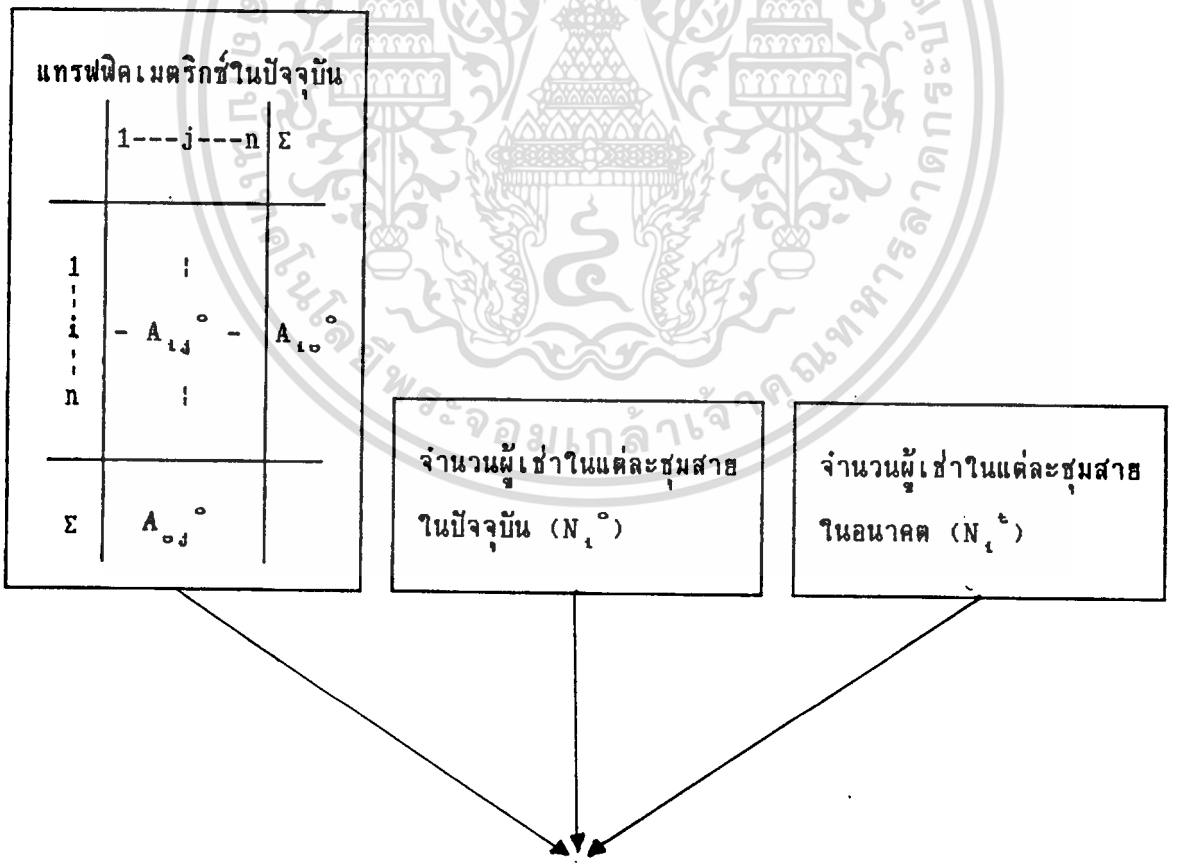
บทที่ 5 การคาดคะเนแทรฟฟิค

การคาดคะเนแทรฟฟิคเป็นการประมาณปริมาณแทรฟฟิค ณ เวลาที่กำหนดในอนาคตซึ่งได้มีการคาดคะเนความต้องการโทรศัพท์ไว้เรียบร้อยแล้ว ผลของการคาดคะเนแทรฟฟิคนี้จะถูกใช้ในการจัดการการวางแผน รวมทั้งถูกใช้ในการคำนวณจำนวนอุปกรณ์ต่างๆ เช่น จำนวนวงจรทรังค์ เป็นต้น

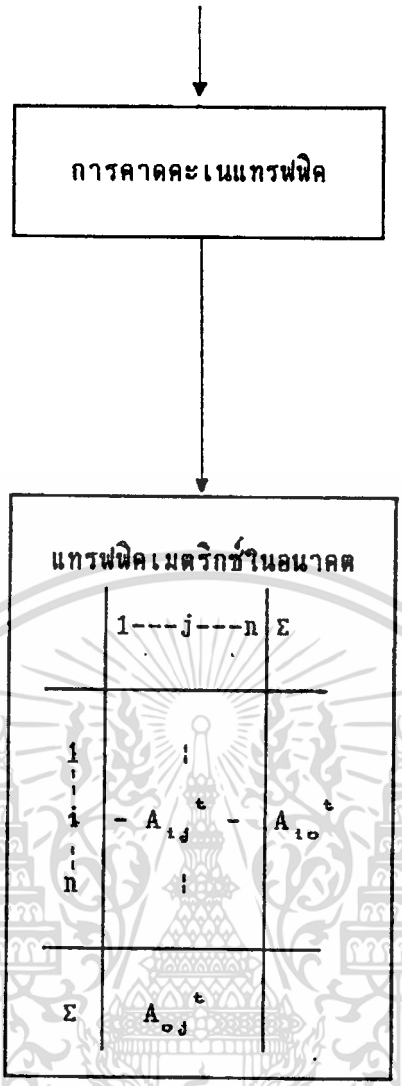
5.1 สิ่งที่จำเป็นในการคาดคะเนแทรฟฟิค

1. แทรฟฟิคเมตริกซ์ในปัจจุบัน
2. จำนวนผู้เช่าในแต่ละชุมสายในปัจจุบัน
3. จำนวนผู้เช่าในแต่ละชุมสายในอนาคต

สามารถแสดงได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่

A_{ij}^{o} : ปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดจากชุมสาย i ไปชุมสาย j ในปัจจุบัน

A_{ij}^{t} : ปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดจากชุมสาย i ไปชุมสาย j ในอนาคต

A_{io}^{o} : ปริมาณแทรฟฟิครวมของการเรียกออกจากชุมสาย i ในปัจจุบัน

A_{io}^{t} : ปริมาณแทรฟฟิครวมของการเรียกออกจากชุมสาย i ในอนาคต

A_{oj}^{o} : ปริมาณแทรฟฟิครวมที่เรียกเข้ามาที่ชุมสาย j ในปัจจุบัน

A_{oj}^{t} : ปริมาณแทรฟฟิครวมที่เรียกเข้ามาที่ชุมสาย j ในอนาคต

5.2 ขั้นตอนการคาดคะเนแทรฟฟิค

1. คาดคะเนปริมาณแทรฟฟิครวม $A_{i\bullet}^{t}$ และ $A_{\bullet j}^{t}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุด A_{ij}^{t} ซึ่งจะพบว่า

$$\Sigma_j A_{ij}^{t} = A_{io}^{t}$$
$$\Sigma_i A_{ij}^{t} = A_{oj}^{t}$$

3. กระจายค่าแทรฟฟิคเพื่อทำให้

$$\Sigma_j A_{ij}^{t} = A_{io}^{t}$$
$$\Sigma_i A_{ij}^{t} = A_{oj}^{t}$$

5.2.1 การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิครวม

สมมติว่าปริมาณแทรฟฟิคต่อผู้เช่า (traffic per subscriber) มีค่าคงที่ ดังนั้น สามารถคาดคะเนปริมาณรวมได้ดังนี้

$$A_{io}^{t} = A_{io}^{o} * N_i^{t} / N_i^{o}$$
$$A_{oj}^{t} = A_{oj}^{o} * N_j^{t} / N_j^{o}$$

5.2.2 การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุด

สมการพื้นฐานของการคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดเป็นดังนี้

$$A_{ij}^{t} = A_{ij}^{o} * (W_i * G_j + W_j * G_i) / (W_i + W_j)$$

โดยที่

$$G_i = N_i^{t} / N_i^{o} \quad , \quad G_j = N_j^{t} / N_j^{o}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ W_i และ W_j มีค่าต่างๆ กันดังนี้

1. แรปส์สูตรที่ 1 (Rapp's formular 1)

$$W_i = N_i^t \ , \quad W_j = N_j^t$$

2. แรปส์สูตรที่ 2 (Rapp's formular 2)

$$W_i = (N_i^t)^2 \ , \quad W_j = (N_j^t)^2$$

3. APO

$$W_i = (N_i^o + N_i^t)/2 \ , \quad W_j = (N_j^o + N_j^t)/2$$

5.2.3 การกระจายค่าแทรฟฟิค

วิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปคือ วิธีตัวประกอบกำลังสองของครุทอฟ(Kruithof's Double Factor Method) วิธีนี้อาศัยการทำซ้ำหลายครั้งจนได้คำตอบเป็นที่ยอมรับ ซึ่งบางครั้งต้องทำซ้ำหลายครั้งมาก กว่าจะได้คำตอบ สามารถแสดงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

<u>ตัวอย่างที่ 5.1</u> กำหนดให้

1) แทรฟฟิคเมตริกซ์ในปัจจุบัน

i\j	1	2	sum
1	10	20	30
2	30	40	70
sum	40	60	100

2) ปริมาณแทรฟฟิครวมในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i\j	1	2	sum
1	?	?	45
2	?	?	105
sum	50	100	150

ให้หาปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุด (A_{ij}^{t}) โดยใช้วิธีตัวประกอบกำลังสองของครุทอฟ

วิธีทำ

การทำซ้ำครั้งที่ 1 ทำการคูณแถว (row) โดย A_{i0}^{t} จะถูกกระจายออกไปตามปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน

i\j	1	2	sum
1	15	30	45
2	45	60	105
sum	60	90	150

$$A_{ij}^{(1)} = (A_{ij}^{o}/A_{i0}^{o})*A_{i0}^{t}$$

หลังจากการคูณแถวแล้ว ผลรวมในแต่ละหลัก (column) แตกต่างไปจากค่าที่คาดคะเนไว้ ดังนั้นต้องทำซ้ำครั้งที่ 2

การทำซ้ำครั้งที่ 2 ทำการคูณหลักโดย A_{0j}^{t} จะถูกกระจายออกไป ตามปริมาณแทรฟฟิคที่ได้จากการทำซ้ำครั้งที่ 1

i\j	1	2	sum
1	12.5	33.33	45.83
2	37.5	66.67	104.17
sum	50	100	150

$$A_{ij}^{(2)} = (A_{ij}^{(1)}/A_{0j}^{(1)})*A_{0j}^{t}$$

หลังจากการคูณหลักแล้ว ผลรวมในแต่ละแถวแตกต่างไปจากค่าที่ได้คาดคะเนไว้ ดังนั้นจึงต้องทำซ้ำครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำซ้ำครั้งที่ 3

ทำการคูณแถวโดย A_{i0}^{t} จะถูกกระจายออกไป ตามปริมาณแทรฟฟิคที่ได้จากการทำซ้ำครั้งที่ 2

i\j	1	2	sum
1	12.27	32.73	45
2	37.80	67.20	105
sum	50.07	99.93	150

$$A_{ij}^{(3)} = (A_{ij}^{(2)}/A_{i0}^{(2)})*A_{i0}^{t}$$

หลังจากการคูณแถวแล้ว ผลรวมในแต่ละหลักแตกต่างไปจากค่าที่ได้คาดคะเนไว้ ดังนั้นจึงต้องทำซ้ำครั้งที่ 4

การทำซ้ำครั้งที่ 4

ทำการคูณหลักโดย A_{0j}^{t} จะถูกกระจายออกไป ตามปริมาณแทรฟฟิคที่ได้จากการทำซ้ำครั้งที่ 3

i/j	1	2	sum
1	12.25	32.75	45
2	37.75	67.25	105
sum	50	100	150

$$A_{ij}^{(4)} = (A_{ij}^{(3)}/A_{0j}^{(3)})*A_{0j}^{t}$$

หลังจากการคูณหลักแล้ว ผลรวมในแต่ละแถวมีค่าเท่ากับค่าที่ได้คาดคะเนไว้ ดังนั้น

$$A_{ij}^{t} = A_{ij}^{(4)}$$

ตัวอย่างที่ 5.2 กำหนดให้แทรฟฟิคเมตริกซ์ในปัจจุบันเป็นดังนี้

i/j	1	2	3	sum
1	25	30	45	100
2	35	55	110	200
3	60	85	155	300
sum	120	170	310	600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผู้เช่าในปัจจุบันและในอนาคตเป็นดังนี้

หมายเลขชุมสาย	N_i^o	N_i^t
1	2000	3000
2	3500	3500
3	6800	7500

ให้หาแทรฟฟิคเมตริกซ์ในอนาคต

วิธีทำ

- ขั้นแรกคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิครวม โดยสมมติว่าปริมาณแทรฟฟิคต่อผู้เช่าคงที่ ดังนั้น

$$A_{io}^t = N_i^t * (A_{io}^o / N_i^o)$$

$$A_{oj}^t = N_j^t * (A_{oj}^t / N_j^t)$$

หมายเลขชุมสาย	A_{io}^t	A_{oj}^t
1	150.0	180.0
2	200.0	170.0
3	331.9	341.9
sum	681.9	691.9

จะเห็นว่าผลบวกของ A_{io}^t และ A_{oj}^tไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยของผลบวกทั้งสองนี้เป็นผลบวกของ A_{io}^t และ A_{oj}^t แล้วทำการปรับค่า A_{io}^t, A_{oj}^t แต่ละค่าให้เหมาะสม จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลขชุมสาย	A_{i0}^{t}	A_{0j}^{t}
1	150.1	178.7
2	201.5	168.8
3	334.3	339.4
sum	686.9	686.9

- ขั้นที่สอง คำนวณหาค่าแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดได้จาก

$$A_{ij}^{t} = A_{ij}^{o} * (W_i * G_j + W_j * G_i) / (W_i + W_j)$$

โดย $G_1 = N_1^{t} / N_1^{o} = 1.5$, $G_2 = 1.0$, $G_3 = 1.1$ และสำหรับค่า W_i, W_j จะแตกต่างกันไปแล้วแต่ว่าใช้สูตรไหนในการคำนวณ

1) คำนวณโดยใช้แรปส์สูตรที่ 1

i/j	1	2	3	sum
1	37.5	38.1	62.4	138.0
2	44.4	55.0	113.5	212.9
3	83.1	87.7	170.5	341.3
sum	165.0	180.8	346.4	692.2

2) คำนวณโดยใช้แรปส์สูตรที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i/j	1	2	3	sum
1	37.5	38.6	65.0	141.1
2	45.1	55.0	112.0	212.1
3	86.7	92.6	170.5	349.8
sum	169.3	186.2	347.5	703.0

3) คำนวณโดยใช้สูตร APO

i/j	1	2	3	sum
1	37.5	38.8	62.8	139.1
2	45.2	55.0	113.6	213.8
3	83.8	87.8	170.5	342.1
sum	166.5	181.9	346.9	695.0

ค่า $A_{i\circ}, A_{\circ j}$ ที่ได้จากการคำนวณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดแตกต่างไปจากค่า $A_{i\circ}^{*}, A_{\circ j}^{*}$ ที่คาดคะเนไว้ ดังนั้นจึงต้องทำการกระจายค่าแทรฟฟิคโดยใช้วิธีตัวประกอบกำลังสองของครุทอฟ ซึ่งจะได้ผลดังนี้

- ขั้นที่สาม กระจายค่าแทรฟฟิคโดยใช้วิธีตัวประกอบกำลังสองของครุทอฟ ซึ่งจะได้ผลดังนี้

1) แรปส์สูตรที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i/j	1	2	3	sum
1	44.5	39.1	67.5	151.1
2	45.8	49.0	106.7	201.5
3	88.4	80.7	165.3	334.3
sum	178.7	168.8	339.4	686.9

2) แรปส์สูตรที่ 2

i/j	1	2	3	sum
1	43.6	38.3	69.6	151.1
2	46.2	48.5	106.7	201.5
3	89.2	82.0	163.1	334.3
sum	178.7	168.8	339.4	686.9

3) APO

i/j	1	2	3	sum
1	44.0	39.5	67.6	151.1
2	46.2	48.8	106.5	201.5
3	88.5	80.5	165.3	334.3
sum	178.7	168.8	339.4	686.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 กรณีศึกษา (CASE STUDY)

6.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการวางแผนและออกแบบโครงข่ายโทรศัพท์ท้องถิ่นในเขตนครหลวง เพื่อเพิ่มปริมาณการให้บริการ ได้แก่ การเพิ่มจำนวนวงจร และปรับปรุงเส้นทางการติดต่อ (ROUTING) ให้เหมาะสมสำหรับรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเนได้ในระยะสั้น 5 ปี

6.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. พิจารณาลักษณะโครงข่ายโทรศัพท์ท้องถิ่นในนครหลวง และทำการกำหนดขอบเขตพื้นที่ชุมสายที่จะศึกษา

2. ศึกษาและหาข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการวางแผนและการออกแบบ ได้แก่ ลักษณะของเส้นทางการติดต่อที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน และจำนวนผู้เช่าในปัจจุบัน

3. คาดคะเนความต้องการในอนาคต และคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดขึ้นในอนาคต

4. คำนวณจำนวนวงจรเพื่อรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเนได้ และออกแบบเส้นทางการติดต่อใหม่ที่เหมาะสม

ในภาคเรียนที่ 1 ได้ทำการศึกษาและหาข้อมูลต่าง ๆ จนสามารถจัดทำปริมาณทราฟฟิคที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งอยู่ในรูปของแทรฟฟิคเมตริกซ์ (TRAFFIC MATRIX) รายละเอียดของขั้นตอนการจัดทำอธิบายไว้ในบทที่ 7

ส่วนภาคเรียนที่ 2 เป็นการคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดขึ้นในอนาคต และคำนวณจำนวนวงจรเพื่อรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเนได้ในเส้นทางต่าง ๆ ซึ่งจัดทำออกมาในลักษณะของแผนเส้นทางติดต่อ รายละเอียดอธิบายไว้ในบทที่ 8 และบทที่ 9 ตามลำดับ

6.3 ข้อกำหนดและขอบเขตการศึกษา

เนื่องจากจำนวนชุมสายท้องถิ่นในเขตนครหลวงมีมากมายหลายแห่งและหลายระบบ หากจะทำการศึกษาทั้งหมดจะต้องใช้เวลามากและมีความยุ่งยากพอสมควร จึงจำเป็นต้องกำหนดขอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตต่าง ๆ ขึ้นมาดังนี้

1. เลือกชุมสายท้องถิ่น (LOCAL EXCHANGE) ต้นทางเฉพาะที่เชื่อมต่ออยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (TANDEM EXCHANGE) 2 แห่ง คือ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต (TANDEM 3 : T3) และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า (TANDEM 8 : T8) โดยที่ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นทั้งสองแห่งนี้เชื่อมต่อกับชุมสายต่อทางไกล TC (TERTIARY CENTER) ที่เดียวกัน คือ ที่ชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้า

2. พิจารณาเฉพาะการเรียกออก (OUTGOING) จากชุมสายท้องถิ่นต้นทางในข้อ 1 ไปยังชุมสายท้องถิ่นภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นทั้งสองแห่งด้วยกันเอง และไปยังชุมสายท้องถิ่นภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ อีก 4 แห่ง ได้แก่ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นกรุงเกษม (TANDEM 1 : T1) ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพหลโยธิน (TANDEM 2 : T2) ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นหลักสี่ (TANDEM 4 : T4) และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพระโขนง (TANDEM 6 : T6)

3. สำหรับชุมสายท้องถิ่นในนครหลวง จะพิจารณาชุมสายระบบดิจิตอลหรือชุมสาย SPC เฉพาะที่เป็นระบบ NEAX ของ NEC เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วยระบบเก่าคือ NEAX-61 และระบบใหม่คือ NEAX-LSI ทั้งนี้เพราะเป็นระบบที่มีการเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ค่อนข้างสมบูรณ์สะดวกแก่การศึกษาและพัฒนาโครงข่าย

4. ในการศึกษาครั้งนี้จะตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า จำนวนชุมสายท้องถิ่นต้นทางที่ศึกษาอยู่มีจำนวนพอเพียงต่อการขยายบริการ เพื่อรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเนไว้ในระยะเวลาที่กำหนดโดยไม่ต้องตั้งชุมสายใหม่ เพียงแต่คำนวณจำนวนวงจรและปรับปรุงเส้นทางการติดต่อให้เหมาะสมกับขอบเขตการติดต่อที่กำหนดไว้ใน 3 ข้อแรกดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 การจัดทำปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน

ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นที่สุดสำหรับเรื่องการวางแผนและออกแบบโครงข่าย ก็คือปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์ของผู้เช่า จากปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบันนี้ เมื่อเราทราบจำนวนผู้เช่าในปัจจุบัน และรู้แนวโน้มการเพิ่มของจำนวนผู้เช่า เราก็จะสามารถคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในอนาคตได้ ซึ่งนำไปใช้วางแผนส่วนต่าง ๆ ของโครงข่ายได้

ในบทนี้จะอธิบายถึงการจัดทำปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต (T3) และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า (T8) ไปยังขอบเขตต่าง ๆ กำหนดไว้ในบทที่ 6 โดยใช้ข้อมูลดิบที่ได้จากกองวิศวกรรมแทรฟฟิค ทศท.

7.1 ที่มาของข้อมูลดิบ

สำหรับหน่วยงานที่ทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากชุมสาย SPC ระบบ NEAX ทั้งหมดในนครหลวงคือ หน่วยบริการคอมพิวเตอร์ หรือ ศูนย์ NCOM ที่ชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้า ซึ่งมีข้อมูลที่ติดต่อกับศูนย์ย่อยอื่น ๆ คือ ข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อ ข้อมูลสัญญาณเตือนเมื่อเกิดเหตุขัดข้อง และข้อมูลคำสั่ง โดยข้อมูลเหล่านี้จะส่งมาจากศูนย์ NCOM ย่อย 4 แห่ง คือ อยู่ที่ชุมสายโทรศัพท์กรุงเกษม ชุมสายโทรศัพท์หลักสี่ ชุมสายโทรศัพท์พระโขนง และชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้าเอง ศูนย์ NCOM ย่อยเหล่านี้จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากชุมสายท้องถิ่นที่เชื่อมต่ออยู่กับศูนย์ และส่งให้กับศูนย์ NCOM ที่ลาดหญ้าเท่านั้น ไม่มีการเก็บบันทึกข้อมูลไว้

นอกจากนี้ในส่วนภูมิภาคจะมีศูนย์ NCOM ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ ในส่วนภูมิภาคอีก 4 แห่ง อยู่ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยศูนย์ NCOM เหล่านี้จะทำการเก็บข้อมูลในภูมิภาคของตนเอง และมีการเชื่อมต่อกับศูนย์ NCOM ที่ลาดหญ้าด้วย

7.2 รูปแบบของข้อมูลดิบ

ข้อมูลที่กองวิศวกรรมแทรฟฟิคไปเก็บมาจากศูนย์ NCOM ที่ลาดหญ้า เพื่อใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวางแผนและออกแบบโครงข่าย เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการติดต่อประเภท ROUTE ANALYSIS โดยจะเลือกวันและเวลาที่เก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนข้อมูลในแต่ละเดือน ตามความเหมาะสมและถูกต้องที่สุด ซึ่งทศท. ได้เลือกใช้ชั่วโมงเร่งด่วน คือ ตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึง 11.00 น. ในวันอังคารที่สองของแต่ละเดือน (ต้องเป็นวันที่มีการทำงานตามปกติไม่ใช่วันหยุด) ซึ่งถือว่าเป็นช่วงเวลาที่มีการใช้โทรศัพท์อย่างหนาแน่นเป็นปกติ

สำหรับรูปแบบของข้อมูลดิบที่ได้มานี้เป็นรูปแบบที่ทางกองวิศวกรรมแทรฟฟิคเพิ่งจะทำการจัดเก็บใหม่ เริ่มใช้ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2535 เป็นต้นมา โดยเรานำข้อมูลมาทั้งหมด 9 ครั้ง จนถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2536 ซึ่งเป็นเดือนที่เริ่มศึกษาโครงงานนี้ (เดือนเมษายนไม่มีการเก็บข้อมูล) ตามหลักการแล้วยิ่งสามารถเก็บข้อมูลได้มากเท่าไร ก็จะสามารถหาค่าเฉลี่ยของปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดขึ้นในปัจจุบันได้ถูกต้องมากขึ้นเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึงเวลาและค่าใช้จ่ายรวมทั้งความสะดวกในการจัดเก็บด้วย ตัวอย่างของข้อมูลดิบดังแสดงในรูปที่ 7.1

```
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000250    0000017500000068000000062
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000251    0000096000000070000000335
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000252    0000107300000069000000363
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000253    0000071500000083000000359
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000257    0000006500000056000000016
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000258    0000051400000084000000227
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000259    0000036500000085000000187
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000271    0000057300000077000000233
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000276    0000054300000069000000224
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000277    0000098300000070000000359
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000278    0000055500000057000000177
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000279    0000137800000051000000320
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000270    0000027000000055000000080
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000281    0000087800000066000000317
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000282    0000091700000070000000382
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000284    0000006500000124000000037
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000286    0000033400000091000000131
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000287    0000020700000099000000109
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000289    0000016000000073000000054
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000280    0000038900000092000000236
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000291    0000013800000105000000076
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000294    0000030100000105000000210
LTYAKKMASD2K 199305181000HRD0000311    0000020100000087000000099
```

รูปที่ 7.1 แสดงตัวอย่างของข้อมูลดิบที่เก็บบันทึกไว้ในแผ่นดิสก์เกตต์ (DISKETTE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LTYAKKM	ASD2	K	19930518	1000HRD	00	00	250	00000175	00000068	00000062
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

รูปที่ 7.2 แสดงส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลใน 1 บรรทัด (หรือ 1 เรคคอร์ด (RECORD))

ส่วนที่ 1 อักษร 4 ตัวแรก (LTYA) เป็นอักษรย่อของชื่อชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้า ซึ่งเป็นศูนย์ NCOM ในนครหลวง อักษร 3 ตัวหลัง เป็นอักษรย่อของชื่อชุมสายที่เป็นศูนย์ NCOM ย่อย มี 4 แห่งได้แก่

KKM คือ ชุมสายโทรศัพท์กรุงเกษม

LKS คือ ชุมสายโทรศัพท์หลักสี่

PKG คือ ชุมสายโทรศัพท์พระโขนง

LTY คือ ชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้า

ส่วนที่ 2 อักษร 3 ตัว และตัวเลข 1 ตัว (ถ้าชุมสายใดมีแห่งเดียวหรือมีระบบเดียวก็จะไม่มีตัวเลขกำกับ เว้นช่องว่างไว้) เป็นอักษรย่อของชื่อชุมสายท้องถิ่นต้นทางในระบบ NEAX เรียงตามอักษร ตั้งแต่ ชุมสายโทรศัพท์อโศก-ดินแดง 2 (ASD2) ไปถึงชุมสายโทรศัพท์ธัญบุรี (TYB) มีประมาณ 57 แห่ง (สำหรับชื่อและอักษรย่อของชุมสายท้องถิ่นระบบ NEAX ทั้งหมดที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในบทแทรก ก.)

ส่วนที่ 3 ตัวอักษร 1 ตัวแสดงระบบ

K หมายถึง ระบบ NEAX-61

E หมายถึง ระบบ NEAX-LSI

ส่วนที่ 4 ตัวเลขแสดงวัน เดือน ปี ที่เก็บข้อมูล เช่น 19930518 หมายถึง วันที่ 18 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2536 ส่วนใหญ่จะเป็นวันอังคารที่ 2 ของเดือน ในบางเดือนถ้าไม่สะดวกเก็บข้อมูลในวันนี้ ก็อาจจะเลือกเก็บข้อมูลในวันอังคารของสัปดาห์ใดสัปดาห์หนึ่งของเดือนนั้นแทน

ส่วนที่ 5 1000HRD แสดงเวลาที่เริ่มต้นเก็บข้อมูล คือ 10.00 น. HRD จะหมายถึง เป็นการเก็บข้อมูลใน 1 ชั่วโมง (10.00 น. ถึง 11.00 น.)

ส่วนที่ 6 ถึงส่วนที่ 8 มีการพิจารณาร่วมกันดังนี้

ส่วนที่ 6 คือ OI ประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัว

ส่วนที่ 7 คือ CI ประกอบด้วยตัวเลข 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 8 คือ N ประกอบด้วยตัวเลข 1 ถึง 3 ตัว

สำหรับข้อกำหนดของ OI, CI และ N เพื่อใช้ในการคิดปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกมีดังนี้

OI (K-TYPE) NEAX-61	OI (E-TYPE) NEAX-LSI	CI	N	MEANING
00,12	00,16	00	XXX	รหัส 3 ตัวของชุมสายท้องถิ่นในนครหลวง
		03	1XX	รหัสของชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MTX)
		03	3X~7X	รหัสของชุมสายต่อทางไกล SC
		03	9	มาเลเซีย
		00	001	ต่างประเทศอัตโนมัติ
		00	100	ต่างประเทศผ่านโอเปอเรเตอร์
		00	15X,16X	โทรศัพท์ติดตามตัว (PAGER)
		00	13,1XX	หมายเลขพิเศษอื่น ๆ เช่น 191,199

ส่วนที่ 9 ตัวเลข 8 ตัว แสดงจำนวนครั้งของการเริ่มต้นการเรียกภายใน 1 ชั่วโมง (ATTEMPT CALL)

ส่วนที่ 10 ตัวเลข 8 ตัว แสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเรียก 1 ครั้ง (HOLDING TIME) หน่วยเป็นวินาที เป็นเวลาที่เริ่มนับตั้งแต่ชุมสายโทรศัพท์เริ่มต่อวงจรการเรียก จนกระทั่งสิ้นสุดการสนทนา

ส่วนที่ 11 ตัวเลข 8 ตัว แสดงจำนวนครั้งของการเรียกที่สำเร็จภายใน 1 ชั่วโมง (COMPLETE CALL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การประมวลผลข้อมูลดิบ

ส่วนต่าง ๆ ของข้อมูลดิบที่จำเป็นในการพิจารณาเพื่อประมวลผลหาปริมาณแทรฟฟิค ได้แก่ ส่วนที่ 2 และส่วนที่ 6 ถึง ส่วนที่ 10 เพื่อความสะดวกในการเขียนโฟลว์ชาร์ท (FLOWCHART) และเขียนโปรแกรม เราจะเรียกชื่อของส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 2 เรียกว่า MSU

ส่วนที่ 6 เรียกว่า OI

ส่วนที่ 7 เรียกว่า CI

ส่วนที่ 8 เรียกว่า N

ส่วนที่ 9 เรียกว่า ATTEMPT_CALL

ส่วนที่ 10 เรียกว่า HOLDING_TIME

MSU ที่เป็นชุมสายท้องถิ่นต้นทางที่เราจะพิจารณามี 19 แห่ง ประกอบด้วย ชุมสายท้องถิ่นภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต (T3) 7 แห่ง และชุมสายท้องถิ่นภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า (T8) 12 แห่ง

ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นต้นทางแห่งหนึ่งไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางแห่งหนึ่งสามารถหาได้ดังนี้

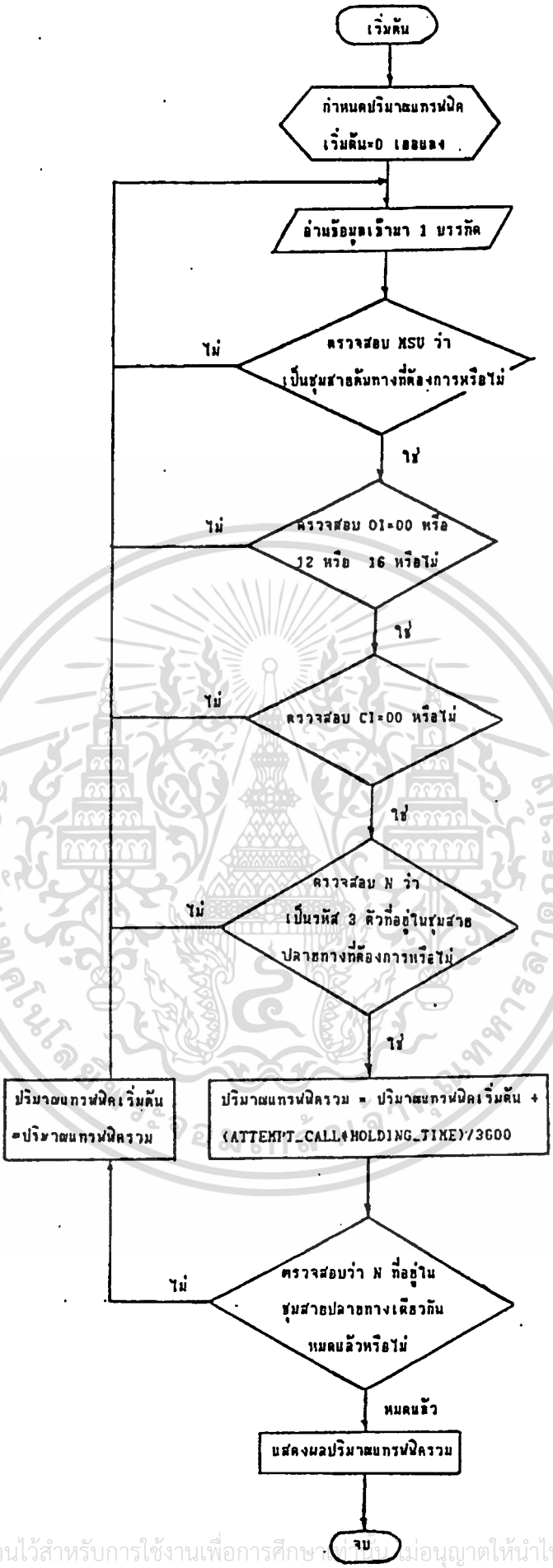
-เมื่อพิจารณา MSU ว่าเป็นชุมสายต้นทางแห่งใดแห่งหนึ่งที่ต้องการแล้ว ให้พิจารณา OI, CI และ N ว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ นั่นคือ OI = 00 หรือ 12 หรือ 16 CI = 00 และ N เป็นรหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสายปลายทางแห่งใดแห่งหนึ่งที่ต้องการ

-ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกไปยัง N หนึ่ง ๆ หาได้โดย นำเอาค่า ATTEMPT_CALL คูณกับ HOLDING_TIME หารด้วย 3600 (วินาที) หน่วยออกมาเป็นเออแลงค์

-ดังนั้นปริมาณแทรฟฟิคทั้งหมดที่เรียกไปยังชุมสายปลายทางแห่งหนึ่ง ก็คือ ผลรวมปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกไปยัง N ต่าง ๆ ที่อยู่ในชุมสายปลายทางแห่งเดียวกัน

จากหลักการทั้งหมดนี้นำไปเขียนโฟลว์ชาร์ทได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.3 แสดงโฟลว์ชาร์ทการประมวลผลหาปริมาณแทรฟฟิค
จากชุมสายท้องถิ่นต้นทางหนึ่งๆ ไปยังชุมสายปลายทางหนึ่งๆ

จากรูปที่ 7.3 เป็นโฟลว์ชาร์ทที่ใช้อธิบายเพียงการหาปริมาณแทรฟฟิคการเรียกออกจากชุมสายต้นทางแห่งใดแห่งหนึ่งเพียงแห่งเดียว ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางแห่งใดแห่งหนึ่งเพียงแห่งเดียวเช่นกัน

สำหรับโปรแกรมที่เขียนขึ้น เพื่อใช้ประมวลผลข้อมูลดิบและคำนวณหาปริมาณแทรฟฟิคการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นต้นทางทั้งหมด 19 แห่ง ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางทั้งหมด 57 แห่ง จะเป็นการประมวลผลข้อมูลที่เก็บได้ในครั้งหนึ่งหรือข้อมูลในเดือนหนึ่งรวดเดียว ซึ่งหมายความว่าจะต้องพิจารณาตรวจสอบ MSU, OI, CI และ N ของข้อมูลในแต่ละบรรทัดไปพร้อม ๆ กับการคำนวณปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากต้นทางหนึ่ง ๆ ไปยังปลายทางหนึ่ง ๆ แล้วจึงค่อยแสดงผลออกมาในรูปแทรฟฟิคเมตริกซ์ ซึ่งเป็นตารางแสดงปริมาณแทรฟฟิคการเรียกออกทั้งหมด

เนื่องจากเรานำข้อมูลมาประมวลผลทั้งหมด 9 เดือน ดังนั้นจะได้แทรฟฟิคเมตริกซ์ออกมาทั้งหมด 9 ตาราง (แสดงไว้ในบทแทรก ข.) ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2535 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2536

7.4 แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐาน (TRAFFIC MATRIX BASE)

หลังจากได้แทรฟฟิคเมตริกซ์ของแต่ละเดือนมาแล้ว จะต้องนำเอาแทรฟฟิคเมตริกซ์เหล่านี้มาหาแทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐานเพียง 1 ตาราง สำหรับใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในปัจจุบัน เพื่อการคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในอนาคตต่อไป หลักการหาแทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐานมีอยู่ 2 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1

ถ้าแทรฟฟิคเมตริกซ์ในแต่ละเดือนที่จัดทำขึ้นมามีความสมบูรณ์ทุกตาราง คือ มีค่าปริมาณแทรฟฟิคอยู่ครบทุกช่อง เราจะทำการหาค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางแห่งใดแห่งหนึ่ง ไปยังชุมสายปลายทางแห่งใดแห่งหนึ่ง ต่อผู้เช่าของชุมสายต้นทางแห่งนั้น (เรียกว่า ค่าเฉลี่ยของ TRAFFIC PER SUBSCRIBER) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยนี้ไปคูณกับจำนวนผู้เช่าของชุมสายต้นทางแห่งนั้นในเดือนที่ต้องการใช้อ้างอิงสภาพแทรฟฟิคปัจจุบัน ผลที่ได้จะเป็นปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากหนึ่งชุมสายต้นทาง ไปยังหนึ่งชุมสายปลายทางในปัจจุบัน ดังนั้นเมื่อหาปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางไปยังชุมสายปลายทางคู่อื่น ๆ ในทำนองเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันนี้จนครบ ก็จะได้แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐานที่สมบูรณ์

ยกตัวอย่าง การหาปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกในปัจจุบัน ของชุมสายต้นทางและชุมสายปลายทางคู่หนึ่ง ได้ดังนี้ สมมติว่า มีแทรฟฟิคเมตริกซ์ที่สมบูรณ์อยู่ 3 ตารางคือ ในเดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายเพลินจิต 3 (PNC3) ไปยังชุมสายสุรวงศ์ 4 (SRR4) ใน 3 เดือนนี้มีค่าเท่ากับ 41.9, 39.5 และ 44.0 เออแลงค์ตามลำดับ และจำนวนผู้เช่าของชุมสายเพลินจิต 3 ใน 3 เดือนนี้เท่ากับ 32254, 32273 และ 32286 รายตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจาก PNC3 ไปยัง SRR4 ต่อผู้เช่าของ PNC3 = $\frac{(41.9+39.5+44.0)}{(32254+32273+32286)}$

= 0.0013 เออแลงค์/จำนวนผู้เช่า

ถ้าต้องการใช้เดือนมีนาคมเป็นเดือนอ้างอิงสภาพแทรฟฟิคปัจจุบัน เพราะฉะนั้นเราจะได้ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจาก PNC3 ไปยัง SRR4 ในปัจจุบัน

= 0.0013*32286

= 41.8 เออแลงค์

วิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยาก ถ้าหากมีแทรฟฟิคเมตริกซ์ที่สมบูรณ์หลายตาราง และมีจำนวนชุมสายต้นทางและจำนวนชุมสายปลายทางมากมาย แต่จะได้แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐาน ที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในปัจจุบันค่อนข้างถูกต้องเหมาะสม

กรณีที่ 2

แทรฟฟิคเมตริกซ์ที่ได้ในแต่ละเดือนไม่สมบูรณ์ มีชุมสายต้นทางบางแห่งไม่ได้ถูกเก็บข้อมูลในบางเดือน หรือชุมสายต้นทางบางแห่งเพิ่งตั้งขึ้นไม่นาน ดังนั้นในช่วงเดือนต้น ๆ ที่เราเริ่มเก็บข้อมูล จะไม่มีข้อมูลของชุมสายนั้น หรืออาจจะไม่มีข้อมูลเลยทุกเดือน ซึ่งกรณีนี้เกิดขึ้นกับแทรฟฟิคเมตริกซ์ที่เราจัดทำได้ จึงขออธิบายขั้นตอนการพิจารณาต่าง ๆ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ เพื่อให้ได้แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐานที่สมบูรณ์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. จากตารางแทรฟฟิคเมตริกซ์ทั้ง 9 เดือนที่ได้ จะสังเกตเห็นว่า ชุมสายต้นทางบางแห่ง เช่น ชุมสายต้นทางสุขุมวิท 1 (SKW1) บางเดือนก็มีข้อมูล บางเดือนก็ขาดหายไป ส่วนชุมสายต้นทางภาษีเจริญ 2 (PSN2) เพิ่งแยกตัวออกมาเป็นชุมสายใหม่ ยังไม่มีการเก็บข้อมูลเลย และชุมสายต้นทางถนนตก 2 (TNT2) ข้อมูลที่เก็บได้ไม่ครบสักเดือน ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกไปยังปลายทางหลายแห่งขาดหายไป โดยเฉพาะปลายทางที่เป็นชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น T2, T3 และ T6

2. เราจะเลือกแทรฟฟิคเมตริกซ์ที่มีความสมบูรณ์มากที่สุด คือ แทรฟฟิคเมตริกซ์ของเดือนมีนาคม ปี 2536

3. สำหรับปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางภาษีเจริญ 2 และชุมสายต้นทางถนนตก 2 ไปยังชุมสายปลายทางต่าง ๆ ที่ขาดหายไป มีวิธีการหาตามคำแนะนำของกองวิศวกรรมแทรฟฟิคดังนี้

3.1 การหาปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางภาษีเจริญ 2 จะอ้างอิงกับชุมสายต้นทางดาวคนอง 2 (DKN2) เนื่องจากชุมสายทั้งสองมีลักษณะของผู้เช่า และพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์ใกล้เคียงกัน โดยถือว่าอัตราส่วนปริมาณแทรฟฟิคต่อผู้เช่าของชุมสายทั้งสองมีค่าเท่ากัน ดังนั้นในขั้นแรกจะต้องหาอัตราส่วนปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางดาวคนอง 2 ไปยังชุมสายปลายทางต่าง ๆ ต่อผู้เช่าของชุมสายต้นทางดาวคนอง 2 แล้วนำค่าที่คำนวณได้ในแต่ละครั้งไปคูณกับจำนวนผู้เช่าของชุมสายต้นทางภาษีเจริญ 2 ก็จะได้ปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางภาษีเจริญ 2 ไปยังชุมสายปลายทางต่าง ๆ

3.2 การหาปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางถนนตก 2 จะอ้างอิงกับชุมสายต้นทางสาธุประดิษฐ์ 2 (STD2) สำหรับขั้นตอนการหาปริมาณแทรฟฟิคของการเรียกออกจากชุมสายต้นทางถนนตก 2 ไปยังปลายทางที่ขาดหาย ก็ทำในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวไปแล้วในข้อ 3.1

ทั้งนี้จำนวนผู้เช่าของชุมสายท้องถิ่นระบบ NEAX ทั้งหมดในนครหลวง (NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA) ตั้งแต่เดือนสิงหาคม ปี 2533 ถึงเดือนพฤษภาคม ปี 2536 แสดงไว้ในบทแทรก ค.

(ในเดือนมีนาคม ปี 2536 จำนวนผู้เช่าของชุมสายท้องถิ่นดาวคนอง 2 เท่ากับ 11256 ราย
จำนวนผู้เช่าของชุมสายท้องถิ่นภาษีเจริญ 2 เท่ากับ 9866 ราย
จำนวนผู้เช่าของชุมสายท้องถิ่นสาธุประดิษฐ์ 2 เท่ากับ 12738 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนผู้เช่าของชุมสายท้องถิ่นถนนตก 2 เท่ากับ 11507 ราย)

ตารางที่ 7.1 ก.— ค. จะแสดงแทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐาน เดือนมีนาคม ปี 2536 อักษรย่อในแนวตั้งของแต่ละตารางเป็นชุมสายท้องถิ่นต้นทางที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น T3 และ T8 ส่วนอักษรย่อในแนวนอนเป็นชุมสายท้องถิ่นปลายทาง ตาราง ก.ปลายทางอยู่ใน T3 และ T8 ตาราง ข. ปลายทางอยู่ใน T1 และ T4 และตาราง ค. ปลายทางอยู่ใน T2 และ T6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	T3							T8										
	PNC3	SRW4	SKW1	TMM2	STD2	TNT2	KTI1	TNB2	BKK2	DKN2	BGT2	MSK	EKC	NGK	PSN2	LTY	CSW2	RBN	PPG2
PNC3	245.0	143.6	100.6	32.9	18.7	11.4	39.1	1.7	9.3	10.4	36.7	6.6	17.8	13.6	4.4	31.3	10.4	13.6	18.6
SRW4	131.4	184.7	72.3	17.1	25.2	19.1	50.4	2.2	11.8	9.7	29.9	8.3	23.0	17.1	3.9	42.4	10.6	18.2	21.6
SKW1	107.3	71.8	182.8	20.9	13.4	8.5	38.2	0.4	4.8	6.4	17.2	5.1	13.4	7.0	3.2	15.1	8.1	9.0	9.9
TMM2	29.4	32.5	19.2	7.4	11.5	6.8	21.1	0.0	2.9	4.2	7.1	2.7	6.1	4.1	4.5	8.2	2.9	6.2	5.6
STD2	15.0	20.5	12.7	4.7	48.2	16.0	16.9	0.7	3.2	5.3	7.7	3.4	11.7	6.1	0.9	11.3	2.7	7.3	9.9
TNT2	13.6	18.5	11.5	4.2	43.5	14.5	15.3	1.8	5.8	7.6	23.6	7.4	15.9	6.4	5.6	21.0	14.1	6.8	9.9
KTI1	39.7	37.6	36.8	16.6	17.9	8.1	72.4	0.3	2.7	3.7	10.4	2.4	8.3	5.1	2.0	8.6	3.2	6.3	7.5
TNB2	2.5	3.1	2.1	0.2	0.7	1.2	0.7	0.0	2.6	0.0	4.3	1.0	4.0	1.9	0.4	7.0	4.9	2.8	2.7
BKK2	5.9	31.5	4.8	1.8	3.5	4.5	2.5	2.5	23.2	7.0	13.5	8.6	10.8	10.4	5.7	13.3	10.2	6.9	4.0
DKN2	9.3	10.3	5.6	1.2	6.5	3.3	4.8	0.0	7.9	27.1	5.5	2.2	21.0	6.6	1.6	18.3	6.3	17.6	9.1
BGT2	31.5	29.8	18.2	4.1	7.3	5.6	10.7	3.1	13.9	11.3	153.2	10.9	15.6	21.4	6.1	25.6	35.1	12.0	9.3
MSK	6.5	7.2	5.7	1.4	2.5	3.1	3.1	0.7	8.6	2.1	12.7	29.8	9.5	16.2	8.2	8.5	8.9	2.8	1.9
EKC	12.5	19.6	9.2	5.7	10.3	9.0	7.3	3.4	7.0	14.2	16.0	10.5	100.5	17.7	8.8	25.8	10.1	30.0	15.7
NGK	12.6	12.1	9.5	1.1	3.6	4.1	6.8	1.2	11.1	3.9	20.2	18.3	18.1	76.4	8.6	15.0	6.8	6.9	5.2
PSN2	8.2	9.0	4.9	1.1	5.7	2.9	4.2	0.0	6.9	23.8	4.8	1.9	18.4	5.8	1.4	16.0	5.5	15.4	8.0
LTY	31.0	44.2	17.1	4.2	14.4	11.5	13.9	0.0	16.9	0.0	21.8	10.8	41.8	15.3	5.7	143.6	20.7	29.7	3.0
CSW2	11.6	10.3	5.2	2.2	4.5	2.5	5.0	2.4	11.6	6.7	31.5	5.8	12.5	4.4	2.5	15.0	50.8	59.0	6.5
RBN	14.7	17.7	7.9	6.0	8.7	5.8	7.6	2.2	4.2	14.7	11.3	4.2	27.7	7.7	4.8	19.7	6.0	83.4	34.5
PPG2	12.6	13.6	10.0	4.7	8.4	5.7	7.3	1.0	4.9	7.3	8.5	3.0	16.7	5.2	2.9	16.3	2.4	25.9	104.1

ตารางที่ 7.1 ก.-

	T1					T4															
	SRR4	KKM1	SMS2	PTW2	TKC2	BGC1	BBT1	BGK2	RIT1	LTP1	LTP2	CWT1	BAK	NTB2	KWW2	BGS2	DNM2	LKS2	PKK1	PTT	RST	TYB	KWK
PKC3	44.0	39.1	11.1	45.8	18.4	16.1	2.5	13.0	12.9	45.8	31.6	25.1	1.4	6.0	21.2	16.1	27.3	23.4	23.7	4.1	6.3	0.8	11.0
SRW4	45.8	29.7	8.8	41.3	27.5	15.6	2.2	4.8	10.8	35.5	20.9	18.7	0.9	4.7	15.8	11.9	21.7	21.9	6.6	4.7	5.8	1.9	8.7
SKW1	20.4	15.7	4.9	21.9	10.4	7.9	1.4	7.6	7.9	22.6	20.4	12.8	0.4	2.6	12.8	10.0	19.2	13.9	9.1	3.4	5.8	0.6	6.7
TNM2	11.6	5.8	2.2	11.7	10.7	3.7	0.4	2.5	2.9	7.2	5.6	4.5	0.6	3.2	2.1	2.2	6.1	4.4	1.8	0.7	2.2	2.7	1.8
STD2	13.0	4.5	1.1	8.7	15.5	3.9	0.3	1.1	2.4	6.7	4.4	2.1	0.2	0.7	3.8	2.3	7.6	4.6	0.9	1.5	1.1	0.1	1.7
TNT2	11.7	4.1	1.0	8.4	8.5	12.0	2.0	0.6	18.5	10.0	6.8	2.5	1.3	3.9	4.8	6.3	13.1	4.0	1.3	1.6	3.4	3.2	2.2
KTI1	12.9	9.5	3.9	12.2	8.3	5.8	1.0	4.6	3.7	14.2	9.0	5.2	0.2	1.9	6.8	3.6	9.9	10.3	7.3	2.0	2.7	0.1	1.7
TKB2	4.0	1.8	0.5	2.0	0.9	1.0	0.0	0.3	0.6	0.8	1.3	1.0	0.0	0.2	0.6	0.7	0.5	0.6	0.4	0.2	0.5	0.0	0.3
BKE2	8.1	3.4	2.1	4.1	2.5	0.9	0.6	1.4	1.5	2.2	2.8	1.9	0.1	0.6	1.9	1.9	2.4	1.9	0.9	0.5	0.6	0.1	0.8
DKK2	10.1	3.9	1.4	8.4	4.3	2.0	0.2	0.4	1.1	3.7	3.5	2.5	0.0	1.1	2.0	1.7	3.2	14.9	2.1	0.3	1.0	0.0	0.2
BGT2	36.3	29.2	12.4	23.7	5.3	6.4	8.7	3.5	8.5	16.9	13.9	9.4	1.6	11.5	18.8	14.7	16.6	8.8	10.6	4.3	1.8	0.6	2.4
MSK	6.6	3.8	1.7	4.4	2.1	0.4	0.6	0.4	1.2	2.7	2.9	1.6	0.4	0.6	1.9	2.2	3.0	1.2	1.5	0.2	0.3	0.1	0.4
EKC	13.7	6.0	2.2	10.5	5.7	3.7	0.6	1.5	2.4	5.0	5.6	3.1	0.5	1.9	4.3	3.5	4.4	2.0	3.2	1.5	1.4	0.1	1.3
KGK	18.5	6.7	2.5	6.9	3.0	4.1	1.2	0.5	1.7	5.1	3.1	4.9	0.3	1.2	3.3	2.8	5.0	1.4	1.8	1.5	0.9	0.2	0.7
PSK2	8.9	3.4	1.2	7.4	3.8	1.8	0.2	0.4	1.0	3.2	3.1	2.2	0.0	1.0	1.8	1.5	2.8	13.1	1.8	0.3	0.9	0.0	0.2
LTY	31.6	16.2	5.0	18.5	9.6	0.9	2.1	2.7	0.0	2.1	12.0	0.0	0.6	1.5	2.3	0.0	8.3	4.4	0.0	0.3	0.0	0.1	1.5
CSW2	14.2	12.0	5.5	8.0	3.5	1.5	2.0	1.1	1.8	6.1	5.5	6.8	0.4	2.0	4.8	4.2	7.8	4.6	4.2	2.5	1.3	0.3	0.7
RBK	12.9	5.4	1.1	7.3	7.5	3.4	1.9	2.4	1.7	5.0	3.5	4.5	0.1	1.9	5.9	2.7	4.9	2.3	3.5	1.3	1.2	0.1	1.4
PPG2	11.1	3.5	1.3	6.0	4.0	1.7	0.5	1.3	3.1	5.8	4.1	2.1	0.4	1.1	2.9	3.4	2.4	1.9	1.8	1.1	1.4	0.1	2.3

ตารางที่ 7.1 ข.-

	T2			T6											
	ASD2	PYT3	ITM2	CYP1	BKA2	ONT1	REH	SPK2	PSP2	KGC2	PKG2	HAM2	LKG	BPL1	BGU	sum
PKC3	65.8	31.2	29.7	67.3	17.0	24.0	7.1	2.0	17.9	34.0	23.3	46.8	7.4	33.7	7.2	1626.8
SRW4	44.3	33.5	7.7	36.0	14.4	19.4	5.1	3.5	11.9	19.7	18.2	30.1	6.9	25.1	4.9	1348.5
SKW1	39.0	17.7	21.4	49.1	15.4	17.6	3.8	2.9	14.8	23.4	24.9	30.7	5.8	18.0	10.1	1075.5
TNM2	14.6	7.8	5.1	8.8	2.5	5.9	1.0	2.4	4.1	5.8	5.1	7.3	2.4	9.1	2.0	363.4
STD2	8.7	4.7	0.9	6.6	4.4	4.5	0.7	1.5	3.5	5.2	6.5	8.6	1.6	7.7	1.2	358.7
TNT2	7.9	4.2	0.8	6.0	5.9	4.1	0.6	1.4	3.2	4.7	5.9	7.8	1.4	7.0	1.1	440.2
KTI1	17.2	8.4	7.7	22.1	9.6	10.2	1.9	2.6	9.2	10.6	14.3	16.1	3.7	13.3	6.1	579.4
TNB2	2.9	0.8	0.7	0.6	0.2	1.0	0.1	0.1	0.2	0.7	0.5	0.8	0.2	1.0	0.2	70.3
BKE2	4.9	2.5	0.6	2.4	1.1	2.7	0.4	0.4	0.6	2.7	1.8	2.5	1.0	1.2	0.4	239.0
DKN2	6.2	2.2	1.1	4.4	1.5	2.4	0.6	1.7	2.2	6.8	2.6	9.6	1.3	2.3	0.3	278.0
BGT2	27.0	16.1	4.4	12.8	5.4	8.4	1.8	1.0	3.2	4.8	5.2	15.1	2.6	7.5	1.2	807.1
MSK	7.9	1.3	1.8	0.7	1.9	2.7	0.1	0.2	3.1	2.9	1.5	3.0	0.3	1.7	0.9	209.6
EKC	9.5	3.8	5.1	7.9	3.7	4.9	0.8	0.8	5.2	6.5	5.9	5.4	1.6	6.4	2.2	496.1
KGK	7.8	4.6	1.6	5.4	2.6	2.5	0.2	0.5	2.4	5.3	3.5	7.4	1.5	2.4	1.0	365.9
PSK2	5.4	1.9	1.0	3.9	1.3	2.1	0.5	1.5	1.9	6.0	2.3	8.4	1.1	2.0	0.3	234.5
LTY	20.3	7.0	4.5	10.4	7.1	9.8	2.7	1.7	3.6	10.2	8.3	15.0	4.9	7.8	1.6	680.2
CSW2	12.7	6.9	0.8	4.2	1.7	3.9	0.7	0.7	1.9	4.4	3.9	5.5	0.7	3.0	0.6	402.4
RBK	8.8	3.9	5.3	8.3	4.2	4.3	0.5	1.1	5.3	5.8	4.7	5.1	2.8	4.6	2.2	437.6
PPG2	6.6	4.0	3.3	3.5	2.8	3.7	0.8	1.9	8.5	3.6	4.3	8.1	1.6	7.6	3.3	387.5

ตารางที่ 7.1 ต.-

บทที่ 8 การคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในช่วงที่ศึกษา

เนื่องจากจำนวนชุมสายท้องถิ่นต้นทาง และจำนวนชุมสายท้องถิ่นปลายทางมีจำนวนมาก ถ้าใช้วิธีการคาดคะเนแทรฟฟิคดังที่ได้กล่าวในบทที่ 5 จะทำให้เสียเวลามาก ดังนั้นจึงใช้การคาดคะเนโดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นแทน ซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1) หาผลบวก A_{io}^{o} เทียบเป็น 100% แล้วคำนวณว่าปริมาณแทรฟฟิคแบบจุดต่อจุดในปัจจุบัน A_{ij}^{o} เทียบเป็นกี่เปอร์เซ็น

$$\%ptp = 100*A_{ij}^{o}/A_{io}^{o}$$

2) คาดคะเน A_{io}^{t} โดยสมมติว่าปริมาณแทรฟฟิคต่อผู้เช่าคงที่

$$A_{io}^{t} = (A_{io}^{o}/N_{i}^{o})*N_{i}^{t}$$

3) คาดคะเน A_{ij}^{t} จาก

$$A_{ij}^{t} = \%ptp*A_{io}^{t}/100$$

เช่น จากตารางที่ 7.1 ก. พบว่า

A_{io}^{o} ของ SRW4 = 1348.5 เออแลงค์

A_{ij}^{o} จาก SRW4 ไป BGT2 = 29.9 เออแลงค์

N_{i}^{o}, N_{i}^{t} ของ SRW4 = 79155 และ 100186 ตามลำดับ

ดังนั้น

$\%ptp = 100*29.9/1348.5$

$A_{io}^{t} = (1348.5/79155)*100186$

A_{ij}^{t} จาก SRW4 ไป BGT2 = 37.8 เออแลงค์

ตารางที่ 8.1 แสดงปริมาณแทรฟฟิคเมตริกซ์ที่คาดคะเน และกราฟที่ 8.1 แสดงการเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบันกับปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเน ของชุมสายท้องถิ่นในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิตไปยัง SRR4 (T1) และ EKC (T8) ,ชุมสายท้องถิ่นในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้าไปยัง HAM (T6) และ SRW4 (T3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	T3							T8										
	PNC3	SRW4	SKW1	TNM2	STD2	TNT2	KTI1	TNB2	BKE2	DKN2	BGT2	MSK	EKC	KGK	PSN2	LTY	CSW2	RBN	PPG2
PNC3	335.4	196.6	137.7	45.0	25.6	15.6	53.5	2.3	12.7	14.2	50.2	9.0	24.4	18.6	6.0	42.8	14.2	18.6	25.5
SRW4	166.3	233.8	91.5	21.6	31.9	24.2	63.8	2.8	14.9	12.3	37.8	10.5	29.1	21.6	4.9	53.7	13.4	23.0	27.3
SKW1	144.9	97.0	246.9	28.2	18.1	11.5	51.6	0.5	6.5	8.6	23.2	6.9	18.1	9.5	4.3	20.4	10.9	12.2	13.4
TNM2	40.2	44.6	27.0	10.1	15.7	9.3	28.9	0.1	4.0	5.7	9.7	3.7	8.4	5.6	6.2	11.2	4.0	8.5	7.7
STD2	23.9	32.7	20.3	7.5	76.9	25.5	27.0	1.1	5.1	8.5	12.3	5.4	18.7	9.7	1.4	18.0	4.3	11.6	15.8
TNT2	48.4	65.9	41.0	15.0	155.0	51.7	54.5	6.4	20.7	27.1	84.1	26.4	56.6	22.8	19.9	74.8	50.2	24.2	35.3
KTI1	156.3	148.0	144.9	65.4	70.5	31.9	285.0	1.2	10.6	14.6	40.9	9.4	32.7	20.1	7.9	33.9	12.6	24.8	29.5
TNB2	3.1	3.9	2.6	0.2	0.9	1.5	0.8	0.1	3.2	0.1	5.4	1.2	5.0	2.4	0.5	8.7	6.1	3.5	3.4
BKE2	8.5	45.2	6.9	2.6	5.0	6.5	3.6	3.6	33.3	10.0	19.4	12.3	15.5	14.9	8.2	19.1	14.6	9.9	5.7
DKN2	9.8	10.8	5.9	1.3	6.8	3.5	5.0	0.1	8.3	28.5	5.8	2.3	22.1	6.9	1.7	19.2	6.6	18.5	9.6
BGT2	47.8	45.2	27.6	6.2	11.1	8.5	16.2	4.7	21.1	17.2	232.6	16.6	23.7	32.5	9.3	38.9	53.3	18.2	14.1
MSK	11.2	12.4	9.8	2.4	4.3	5.3	5.3	1.2	14.8	3.6	21.8	51.1	16.3	27.8	14.1	14.6	15.3	4.8	3.3
EKC	17.9	28.0	13.1	8.1	14.7	12.9	10.4	4.9	10.0	20.3	22.9	15.0	156.5	25.3	12.6	36.9	14.4	42.9	22.4
KGK	24.2	23.2	18.2	2.1	6.9	7.9	13.0	2.3	21.3	7.5	38.8	35.1	34.7	146.6	12.7	28.8	13.0	13.2	10.0
PSN2	12.4	13.7	7.4	1.7	8.6	4.4	6.4	0.1	10.5	36.1	7.3	2.9	27.9	8.8	2.1	24.3	8.3	23.4	12.1
LTY	39.2	55.9	21.6	5.3	18.2	14.5	17.6	0.1	21.4	0.1	27.6	13.7	52.8	19.3	7.2	181.5	26.2	37.5	3.8
CSW2	15.1	13.4	6.8	2.9	5.8	3.2	6.5	3.1	15.1	8.7	40.9	7.5	16.2	5.7	3.2	19.5	66.0	76.6	8.4
RBN	21.0	25.3	11.3	8.6	12.4	8.3	10.9	3.1	6.0	21.0	16.1	6.0	39.6	11.0	6.9	28.1	8.6	119.2	49.3
PPG2	21.0	22.7	16.7	7.8	14.0	9.5	12.2	1.7	8.2	12.2	14.2	5.0	27.9	8.7	4.8	27.2	4.0	43.2	173.6

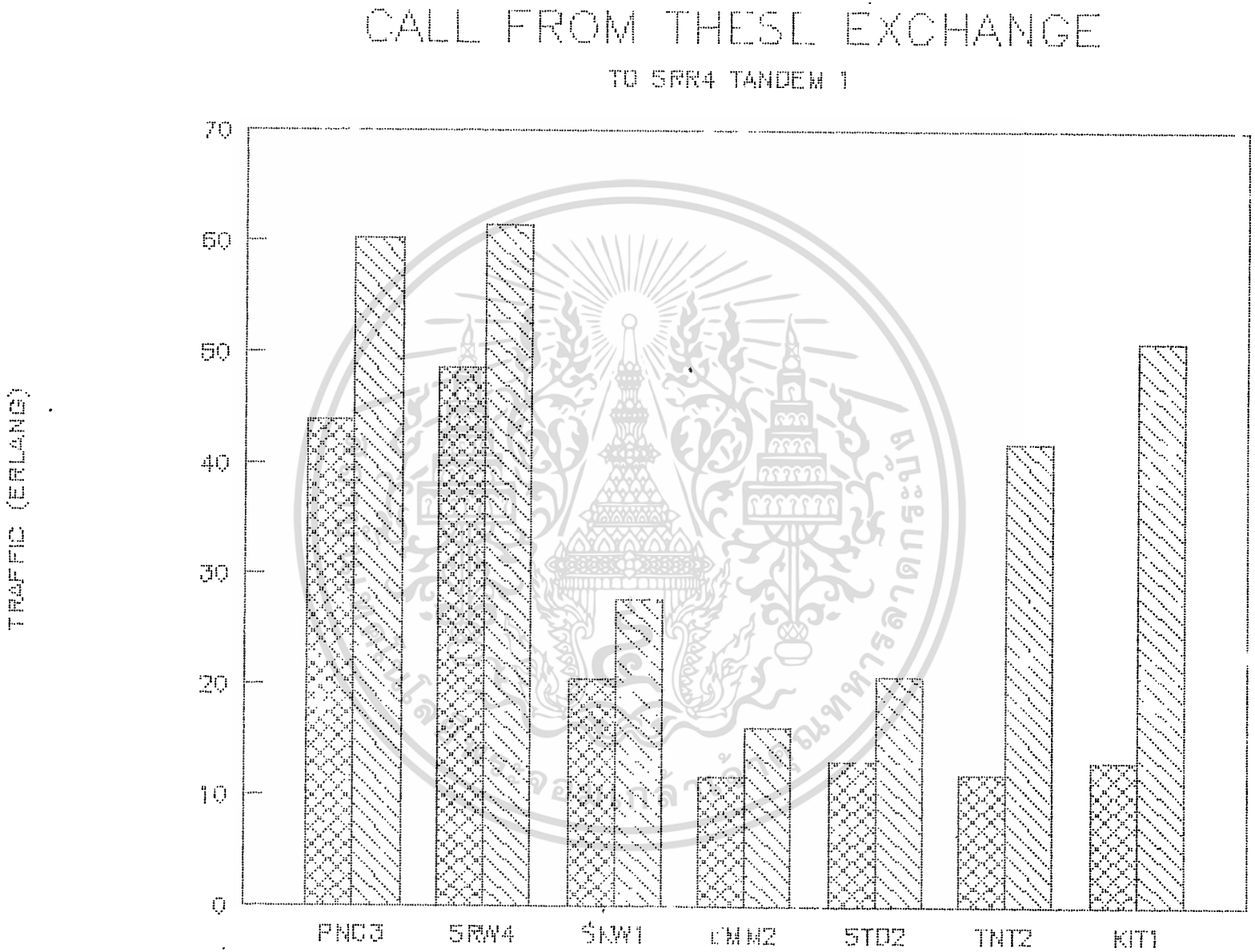
ตารางที่ 8.1 ก.-

	T1					T4															
	SRR4	KKM1	SMS2	PTW2	TKC2	BGC1	BBT1	BGK2	RIT1	LTP1	LTP2	CWT1	BAK	NTB2	NWW2	BGS2	DNM2	LKS2	PKK1	PTT	RST	TYB	KWK
PKC3	60.2	53.5	15.2	62.7	25.2	22.0	3.4	17.8	17.7	62.7	43.3	34.4	1.9	8.2	29.0	22.0	37.4	32.0	32.4	5.6	8.6	1.1	15.1
SRW4	61.4	37.6	11.1	52.3	34.8	19.7	2.8	6.1	13.7	44.9	26.5	23.7	1.1	5.9	20.0	15.1	27.5	27.7	8.4	5.9	7.3	2.4	11.0
SKW1	27.6	21.2	6.6	29.6	14.0	10.7	1.9	10.3	10.7	30.5	27.6	17.3	0.5	3.5	17.3	13.5	25.9	18.8	12.3	4.6	7.8	0.8	9.1
TMM2	15.9	7.9	3.0	16.0	14.6	5.1	0.5	3.4	4.0	9.9	7.7	6.2	0.8	4.4	2.9	3.0	8.4	6.0	2.5	1.0	3.0	3.7	2.5
STD2	20.7	7.2	1.8	13.9	24.7	6.2	0.5	1.8	3.8	10.7	7.0	3.4	0.3	1.1	6.1	3.7	12.1	7.3	1.4	2.4	1.8	0.2	2.7
TNT2	41.7	14.6	3.6	29.9	30.3	42.7	7.1	2.1	65.9	35.6	24.2	8.9	4.6	13.9	17.1	22.4	46.7	14.2	4.6	5.7	12.1	11.4	7.8
KTI1	50.8	37.4	15.4	48.0	32.7	22.8	3.9	18.1	14.6	55.9	35.4	20.5	0.8	7.5	26.8	14.2	39.0	40.5	28.7	7.9	10.6	0.4	6.7
TKB2	5.0	2.2	0.6	2.5	1.1	1.2	0.1	0.4	0.7	1.0	1.6	1.2	0.1	0.2	0.7	0.9	0.6	0.7	0.5	0.2	0.6	0.1	0.4
BKE2	11.6	4.9	3.0	5.9	3.6	1.3	0.9	2.0	2.2	3.2	4.0	2.7	0.1	0.9	2.7	2.7	3.4	2.7	1.3	0.7	0.9	0.1	1.1
DKK2	10.6	4.1	1.5	8.8	4.5	2.1	0.2	0.4	1.2	3.9	3.7	2.6	0.1	1.2	2.1	1.8	3.4	15.7	2.2	0.3	1.1	0.1	0.2
BGT2	55.1	44.3	18.8	36.0	8.0	9.7	13.2	5.3	12.9	25.7	21.1	14.3	2.4	17.5	28.5	22.3	25.2	13.4	16.1	6.5	2.7	0.9	3.6
MSK	11.3	6.5	2.9	7.5	3.6	0.7	1.0	0.7	2.1	4.6	5.0	2.7	0.7	1.0	3.3	3.8	5.1	2.1	2.6	0.3	0.5	0.2	0.7
EKC	19.6	8.6	3.1	15.0	8.1	5.3	0.9	2.1	3.4	7.1	8.0	4.4	0.7	2.7	6.1	5.0	6.3	2.9	4.6	2.1	2.0	0.1	1.9
KGK	35.5	12.9	4.8	13.2	5.8	7.9	2.3	1.0	3.3	9.8	5.9	9.4	0.6	2.3	6.3	5.4	9.6	2.7	3.5	2.9	1.7	0.4	1.3
PSK2	13.5	5.2	1.8	11.2	5.8	2.7	0.3	0.6	1.5	4.9	4.7	3.3	0.1	1.5	2.7	2.3	4.2	19.9	2.7	0.5	1.4	0.1	0.3
LTY	39.9	20.5	6.3	23.4	12.1	1.1	2.7	3.4	0.1	2.7	15.2	0.1	0.8	1.9	2.9	0.1	10.5	5.6	0.1	0.4	0.1	0.1	1.9
CSW2	18.4	15.6	7.1	10.4	4.5	1.9	2.6	1.4	2.3	7.9	7.1	8.8	0.5	2.6	6.2	5.5	10.1	6.0	5.5	3.2	1.7	0.4	0.9
RBK	18.4	7.7	1.6	10.4	10.7	4.9	2.7	3.4	2.4	7.1	5.0	6.4	0.1	2.7	8.4	3.9	7.0	3.3	5.0	1.9	1.7	0.1	2.0
PPG2	18.5	5.8	2.2	10.0	6.7	2.8	0.8	2.2	5.2	9.7	6.8	3.5	0.7	1.8	4.8	5.7	4.0	3.2	3.2	1.8	2.3	0.2	3.8

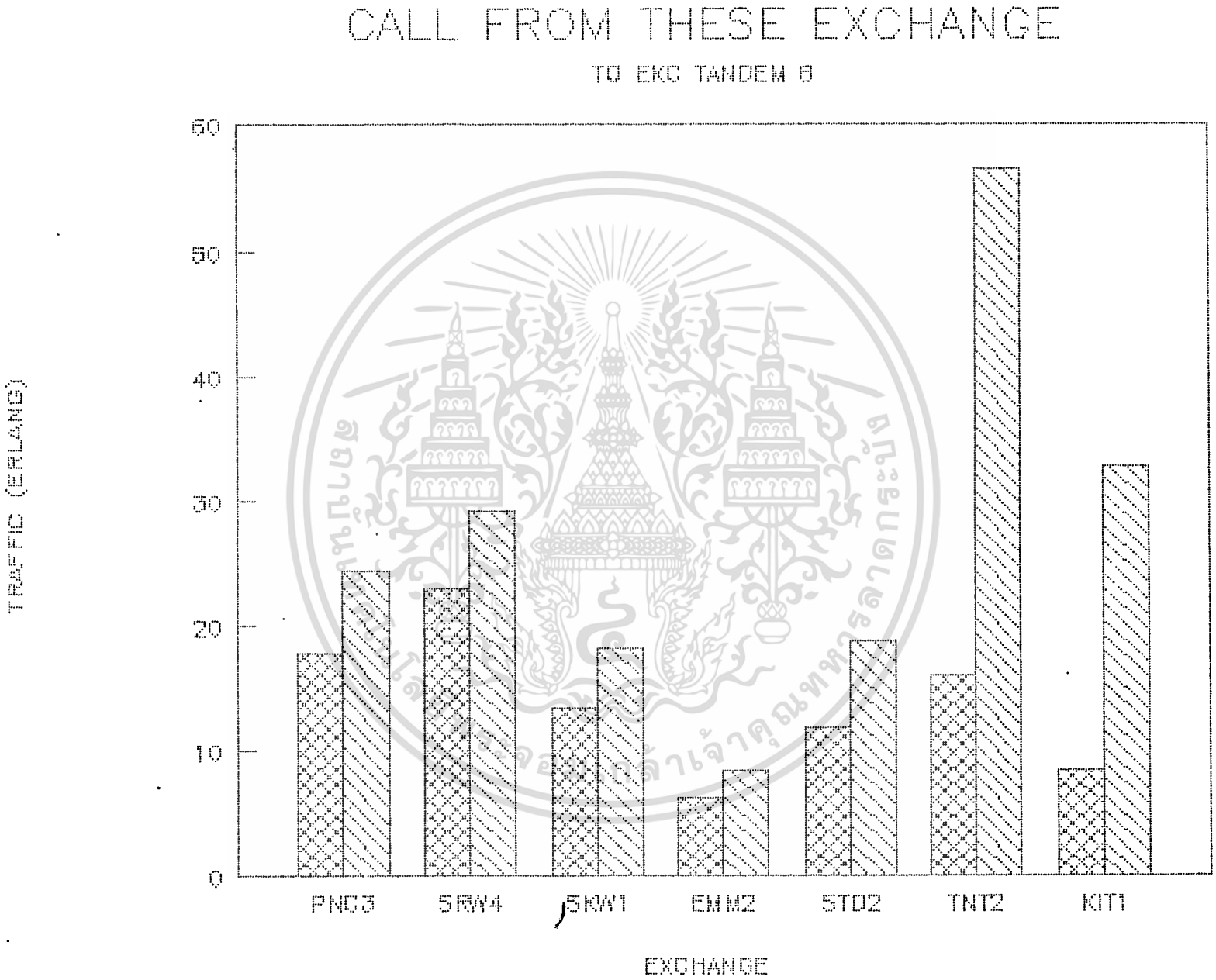
ตารางที่ 8.1 ข.-

	T2			T6										
	ASD2	PYT3	ITM2	CYP1	BNA2	ONT1	RKH	SPK2	PSP2	KGC2	PKG2	HAM2	LKG	BPL1	BGU
PKC3	90.1	42.7	40.7	92.1	23.3	32.9	9.7	2.7	24.5	46.5	31.9	64.1	10.1	46.1	9.9
SRW4	56.1	42.4	9.7	45.6	18.2	24.6	6.5	4.4	15.1	24.9	23.0	38.1	8.7	31.8	6.2
SKW1	52.7	23.9	28.9	66.3	20.8	23.8	5.1	3.9	20.0	31.6	33.6	41.5	7.8	24.3	13.6
TMM2	20.0	10.7	7.0	12.0	3.4	8.1	1.4	3.3	5.6	7.9	7.0	10.0	3.3	12.5	2.7
STD2	13.9	7.5	1.4	10.5	7.0	7.2	1.1	2.4	5.6	8.3	10.4	13.7	2.6	12.3	1.9
TNT2	28.1	15.0	2.8	21.4	21.0	14.6	2.1	5.0	11.4	16.7	21.0	27.8	5.0	24.9	3.9
KTI1	67.7	33.1	30.3	87.0	37.8	40.2	7.5	10.2	36.2	41.7	56.3	63.4	14.6	52.4	24.0
TNB2	3.6	1.0	0.9	0.7	0.2	1.2	0.1	0.1	0.2	0.9	0.6	1.0	0.2	1.2	0.2
BKE2	7.0	3.6	0.9	3.4	1.6	3.9	0.6	0.6	0.9	3.9	2.6	3.6	1.4	1.7	0.6
DKN2	6.5	2.3	1.2	4.6	1.6	2.5	0.6	1.8	2.3	7.1	2.7	10.1	1.4	2.4	0.3
BGT2	41.0	24.4	6.7	19.4	8.2	12.8	2.7	1.5	4.9	7.3	7.9	22.9	3.9	11.4	1.8
MSK	13.6	2.2	3.1	1.2	3.3	4.6	0.2	0.3	5.3	5.0	2.6	5.1	0.5	2.9	1.5
EKC	13.6	5.4	7.3	11.3	5.3	7.0	1.1	1.1	7.4	9.3	8.4	7.7	2.3	9.1	3.1
KGK	15.0	8.8	3.1	10.4	5.0	4.8	0.4	1.0	4.6	10.2	6.7	14.2	2.9	4.6	1.9
PSK2	8.2	2.9	1.5	5.9	2.0	3.2	0.8	2.3	2.9	9.1	3.5	12.7	1.7	3.0	0.5
LTY	25.7	8.8	5.7	13.1	9.0	12.4	3.4	2.1	4.6	12.9	10.5	19.0	6.2	9.9	2.0
CSW2	16.5	9.0	1.0	5.5	2.2	5.1	0.9	0.9	2.5	5.7	5.1	7.1	0.9	3.9	0.8
RBK	12.6	5.6	7.6	11.9	6.0	6.1	0.7	1.6	7.6	8.3	6.7	7.3	4.0	6.6	3.1
PPG2	11.0	6.7	5.5	5.8	4.7	6.2	1.3	3.2	14.2	6.0	7.2	13.5	2.7	12.7	5.5

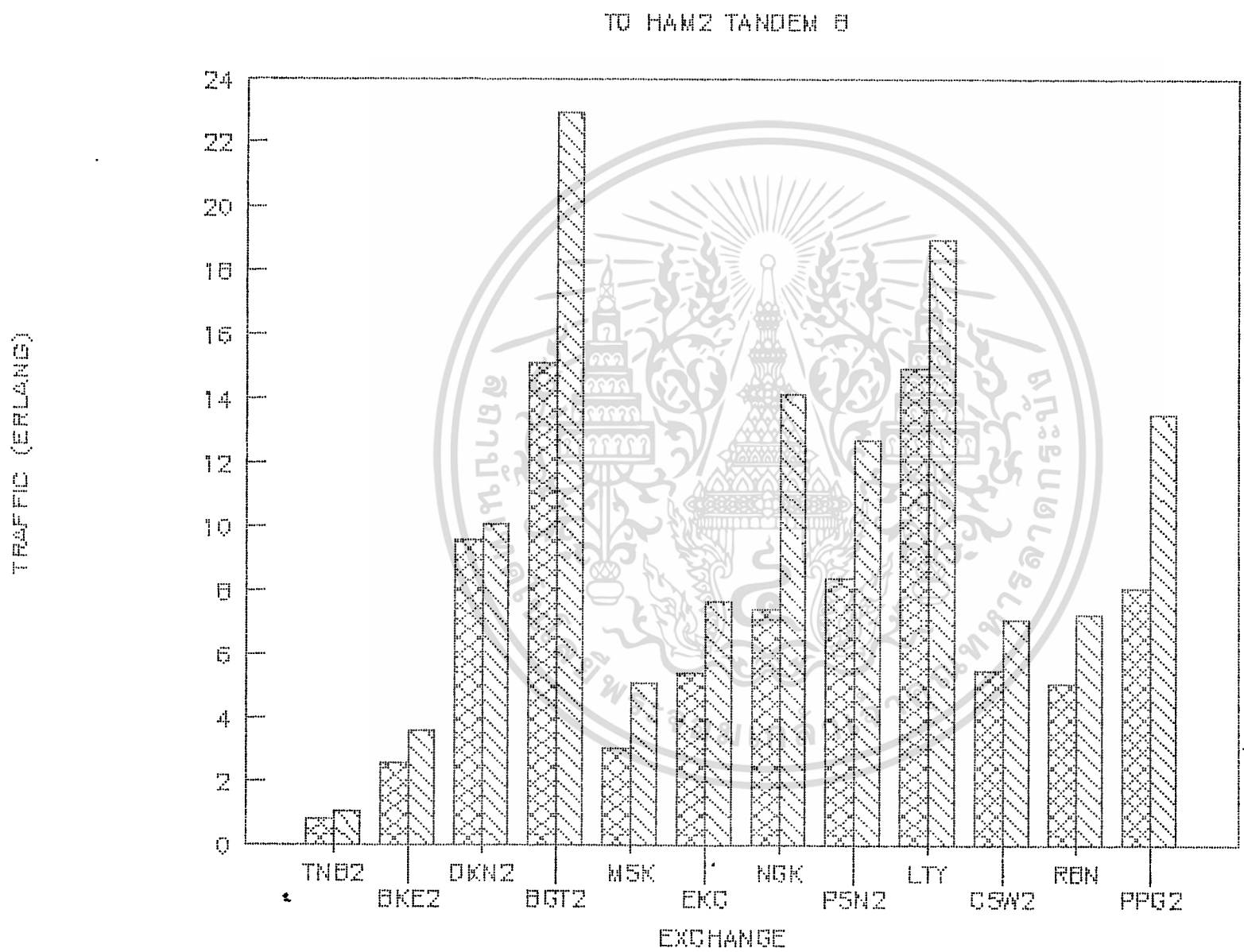
ตารางที่ 8.1 ค.


CALL FROM THESL EXCHANGE
TO SRR4 TANDEM 1
TRAFFIC (ERLANG)
70
60
50
40
30
20
10
0
PNC3
SRW4
SNW1
CMM2
STD2
TNT2
KIT1
EXCHANGE

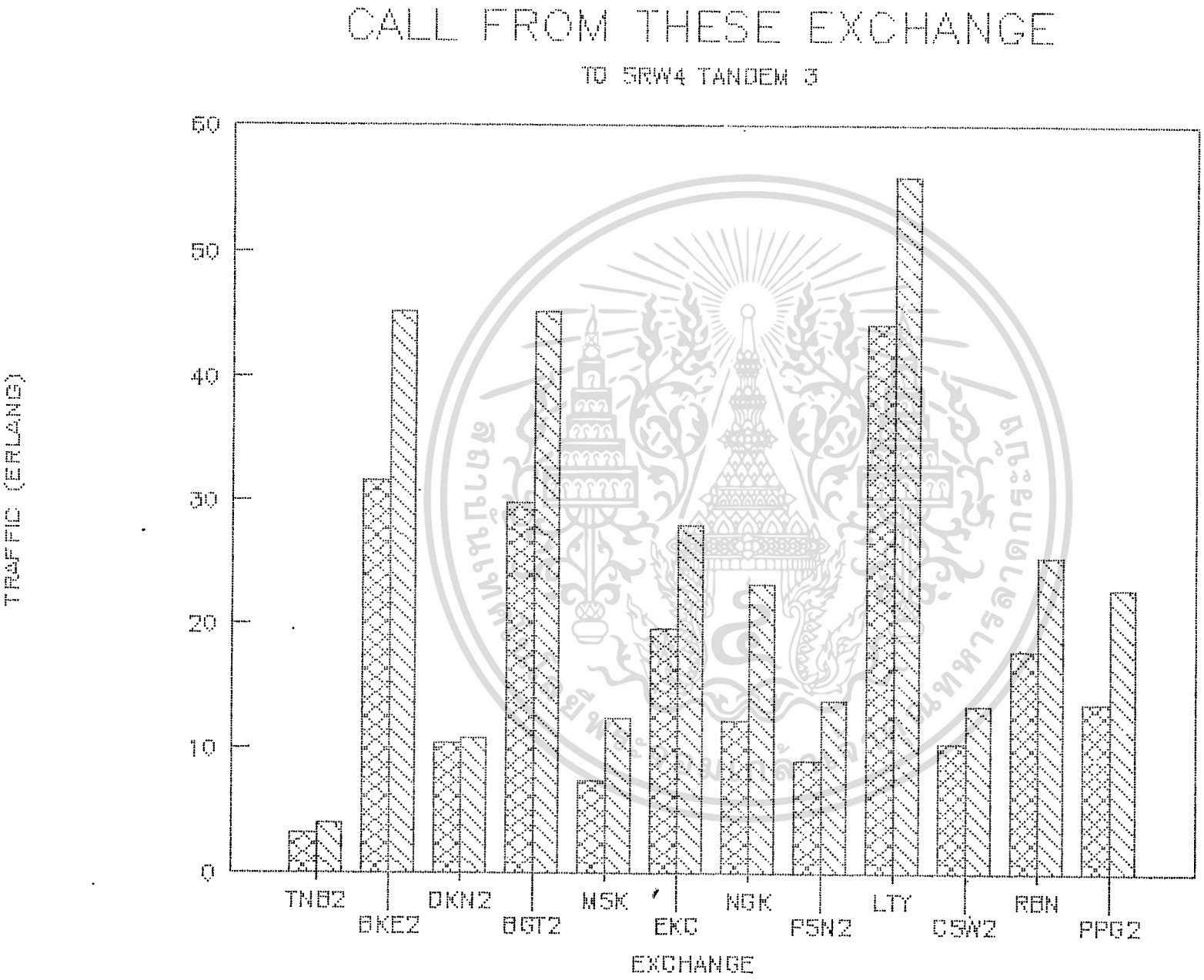
กราฟที่ 8.1 ก.


CALL FROM THESE EXCHANGE
TO EKC TANDEM 8
TRAFFIC (ERLANG)
60
50
40
30
20
10
0
PNG3
SRW4
SKW1
EMM2
STD2
TNT2
KIT1
EXCHANGE

กราฟที่ 8.1 ข.


CALL FROM THESE EXCHANGE
TO HAM2 TANDEM 8
TRAFFIC (ERLANG)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
TNB2
BKE2
DKN2
BGT2
MSK
EKC
NGK
PSN2
LTY
CSW2
RBN
PPG2
EXCHANGE

กราฟที่ 8.1 ค.


CALL FROM THESE EXCHANGE
TO SRW4 TANDEM 3
TRAFFIC (ERLANG)
60
50
40
30
20
10
0
TNB2
BKE2
DKN2
BGT2
MSK
EKC
NGK
PSN2
LTY
CSW2
RBN
PPG2
EXCHANGE

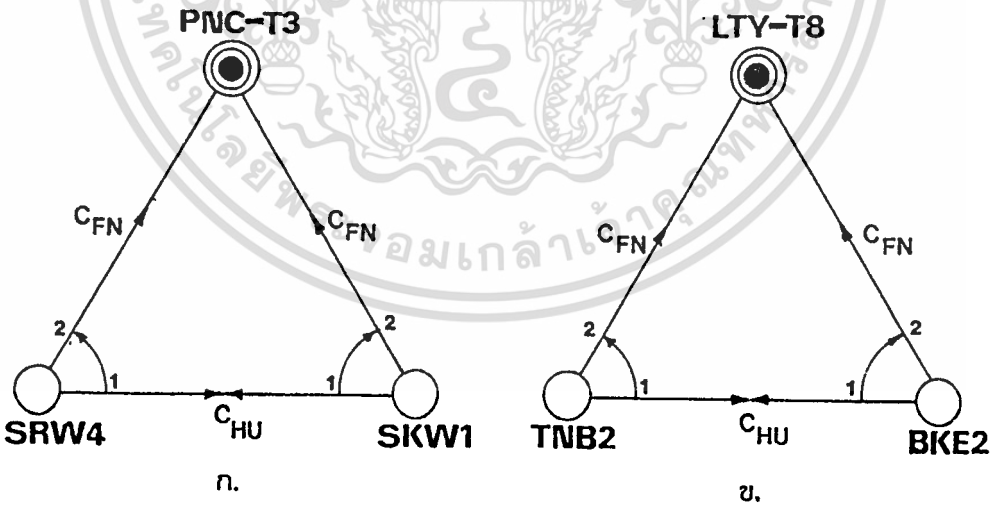
กราฟที่ 8.1 ง.

บทที่ 9 การคำนวณจำนวนวงจรทรั้งค์

หลังจากที่เราคาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในอนาคตได้แล้ว เราจะนำเอาปริมาณแทรฟฟิคที่ได้ในตารางที่ 8.1 ทั้งหมดนี้มาคำนวณหาจำนวนวงจรทรั้งค์ในเส้นทางต่าง ๆ ตามขอบเขตที่เรากำหนดไว้ ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของโครงงานนี้ นั่นคือจะได้แผนเส้นทางติดต่อ (ROUTING PLAN) ในระบบการจัดเส้นทางแบบมีลำดับชั้น โดยแยกพิจารณาผลที่จะได้เป็น 3 กรณีดังนี้

กรณีที่ 1

เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต (PNC-T3) หรือ เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า (LTY-T8) ยกตัวอย่างเช่น เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายสุรวงศ์ 4 (SRW4) กับชุมสายสุขุมวิท 1 (SKW1) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.1 ก. และเส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายธนบุรี 2 (TNB2) กับชุมสายบางแค 2 (BKE2) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 9.1 ข.



ก. ข.

รูปที่ 9.1 ก.แสดงเส้นทางติดต่อระหว่าง SRW4 กับ SKW1

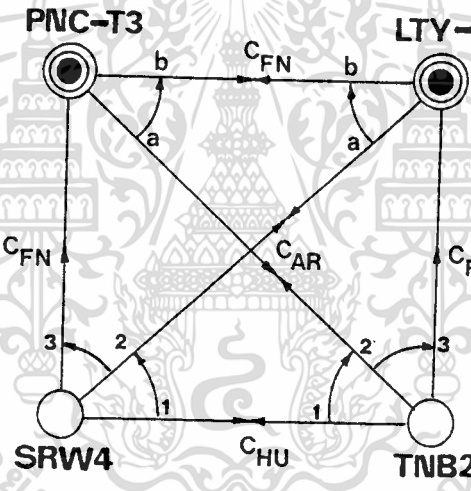
ข.แสดงเส้นทางติดต่อระหว่าง TNB2 กับ BKE2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีนี้ใน HU ROUTE จะหาได้ทั้งวงจรขาออกและวงจรขาเข้า ดังนั้นจะต้องพิจารณาค่า ρ (OCCUPANCY) ดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.4 ด้วย ปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจาก HU ROUTE จะมาใช้ในเส้นทางเลือกสุดท้าย (FN ROUTE) ซึ่งหาได้เฉพาะวงจรขาออกเท่านั้น

กรณีที่ 2

เส้นทางติดต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายใน PNC-T3 กับชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายใน LTY-T8 ยกตัวอย่างเช่น เส้นทางติดต่อระหว่าง SRW4 กับ TNB2 ดังแสดงในรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 แสดงเส้นทางติดต่อระหว่าง SRW4 กับ TNB2

กรณีนี้ใน HU ROUTE จะหาได้ทั้งวงจรขาออกและวงจรขาเข้าเช่นเดียวกับแบบที่ 1 ปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจาก HU ROUTE จะมาใช้ในเส้นทางที่สอง (AR ROUTE) ซึ่งเป็นเส้นทางที่ต้องผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นของชุมสายปลายทาง (เรียกชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นนี้ว่า DESTINATION HOMING) เส้นทางนี้หาได้ทั้งวงจรขาออกและวงจรขาเข้า โดยวงจรขาเข้าจะได้จากการคำนวณวงจรขาออกจากชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะอธิบายต่อไป (ปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจาก AR ROUTE จะมาใช้ใน FN ROUTE เส้นทางเดียวกับกรณีที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

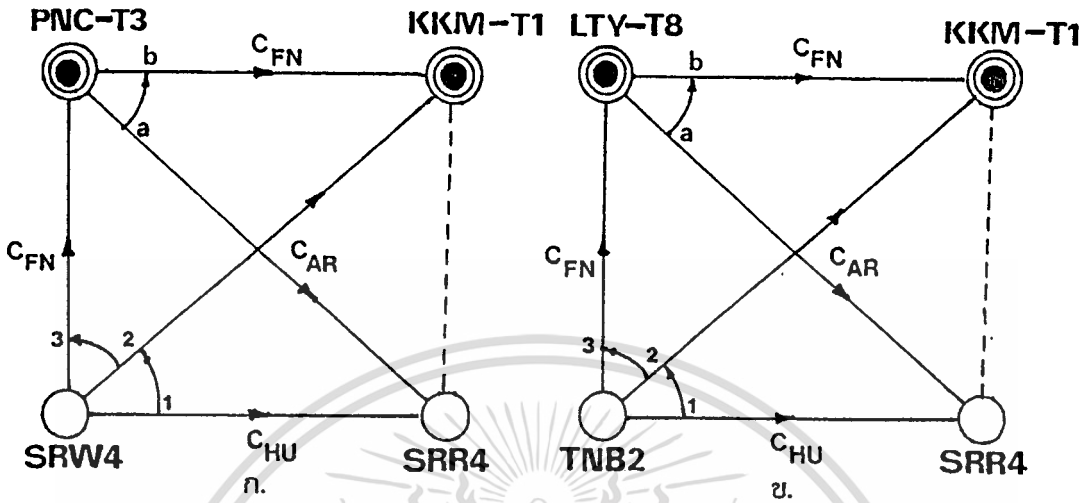
เมื่อการเรียกผ่านมาถึงชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นของชุมสายต้นทาง (เรียกชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นนี้ว่า ORIGINATING HOMING) การเรียกจากจุดนี้ไปจะมี 2 เส้นทาง เส้นทางแรกเปรียบเสมือนเป็น HU ROUTE จากชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นต้นทางไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทาง วงจรขาออกที่ได้นี้ก็คือวงจรขาเข้าใน AR ROUTE ของชุมสายท้องถิ่นปลายทางดังที่เกริ่นไว้ในตอนต้น ดังนั้นตามความเป็นจริงแล้วจะต้องพิจารณาค่า β เช่นเดียวกับใน HU ROUTE แต่การคำนวณจะยุ่งยากซับซ้อนกว่ามาก เพราะจะต้องมีการรอผลที่ได้ในด้านตรงข้าม ซึ่งอยู่ในขั้นตอนการคำนวณคนละขั้นตอน ในการคำนวณวงจรและการพิจารณาค่า β แต่ละครั้งจึงมีผลกระทบต่อ FN ROUTE ด้วย ทำให้เกิดการกระทำซ้ำหลายครั้งจนกว่าโครงข่ายจะประหยัดและคุ้มค่าที่สุด นั่นคือ จำเป็นที่จะต้องใช้คอมพิวเตอร์คำนวณ (RESOLUTION BY COMPUTER) แต่เนื่องจากขอบเขตของเส้นทางติดต่อที่เรากำหนดไว้ในโครงงานนี้มีลักษณะไม่เป็นจัตุรัส (คือ มีชุมสายต้นทางน้อยกว่าชุมสายปลายทาง) ไม่เหมาะที่จะใช้คอมพิวเตอร์คำนวณ จึงใช้การคำนวณด้วยมือ (MANUAL RESOLUTION) สรุป สำหรับจำนวนวงจรขาออกและวงจรขาเข้าในเส้นทางนี้ก็จะเป็นจำนวนวงจรที่คำนวณได้ในครั้งแรก โดยไม่คิดค่า β ปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจากเส้นทางแรกนี้จะเข้ามาใน FN ROUTE จากชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นต้นทางไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นปลายทาง ซึ่งหาได้ทั้งวงจรขาออกและวงจรขาเข้า (โดยไม่พิจารณาค่า β เช่นกัน)

กรณีที่ 3

เส้นทางติดต่อจากชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายใน PNC-T3 หรือภายใน LTY-T8 ไปยังชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ ได้แก่ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นกรุงเกษม (KKM-T1), ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพหลโยธิน (PYT-T2), ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นหลักสี่ (LKS-T4) และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพระโขนง (PKG-T6) ยกตัวอย่างเช่น เส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยังชุมสายท้องถิ่นสำราญราษฎร์ 4 (SRR4) ดังแสดงในรูปที่ 9.3 ก. และเส้นทางติดต่อจาก TNB2 ไปยัง SRR4 ดังแสดงในรูปที่ 9.3 ข..

สำหรับกรณีนี้จะมีเส้นทางติดต่อคล้ายกับเส้นทางติดต่อในกรณีที่ 2 คือ เส้นทางติดต่อจากชุมสายท้องถิ่นต้นทาง (ขาขึ้น) จะผ่าน HU ROUTE(1), AR ROUTE(2) หรือ FN ROUTE(3) และเส้นทางติดต่อจากชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นต้นทาง (ขาลง) จะผ่าน HU ROUTE(a) หรือ FN ROUTE(b) แต่ในกรณีนี้จะหาได้เฉพาะวงจรขาออกเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.3 ก.แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง SRR4

ข.แสดงเส้นทางติดต่อจาก TNB2 ไปยัง SRR4

9.1 ขั้นตอนการคำนวณ

ต่อไปจะขออธิบายขั้นตอนการคำนวณหาจำนวนวงจรในเส้นทางต่าง ๆ ให้พอเข้าใจโดยจะยกตัวอย่างเพียงเส้นทางติดต่อเฉพาะต้นทางที่เป็นชุมสายท้องถิ่นที่ต่ออยู่กับ PNC-T3 เท่านั้น ส่วนต้นทางที่ต่ออยู่กับ LTY-T8 นั้น ก็จะมีลักษณะการคำนวณที่คล้าย ๆ กัน

(ข้อสังเกต : ชุมสายโทรศัพท์บางแห่งนั้นภายในตัวอาคารหรือสถานที่ตั้งจะเป็นทั้งชุมสายท้องถิ่นและชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น เช่น ชุมสายโทรศัพท์เพลินจิตจะเป็นทั้ง PNC-T3(TE) และ PNC3(LE) ดังนั้นแทรฟฟิคที่เรียกออกจาก PNC3 ก็เปรียบเสมือนเรียกออกจาก PNC-T3 เลย แทรฟฟิคที่เรียกมาจากที่อื่น ๆ เข้า PNC3 ก็เปรียบเสมือนเรียกเข้า PNC-T3 เลย เช่นกัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1

คำนวณหาจำนวนวงจรใน HU ROUTE (C_{HU}) โดยมีหลักการเช่นเดียวกับที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.4 แต่ในการหาจะเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณ เพื่อจะได้ค่าที่ถูกต้องกว่าการเปิดตาราง ERLANG B โดยใช้อัลกอริทึมแบบเวียนเกิด (ดูในหัวข้อ 3.4.2) ข้อมูลที่ป้อนเข้า (INPUT) ได้แก่ ปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุด (A_{AB}) และ COST RATIO (CR) และผลที่ได้ (OUTPUT) คือ จำนวนวงจรใน HU ROUTE ตัวอย่างเช่น การเรียกจาก SRW4 ไปหา SKW1 จะได้ผลดังนี้

FROM : SRW4 TO : SKW1

A_{AB} = 91.5 CR = 1.0204 A_{HU}/A_{AB} = 0.004714

n	$B(n,A_{AB})$	$B(n-1,A_{AB})-B(n,A_{AB})$
154	0.1115830	0.0047250

ในขั้นตอนนี้สามารถหา C_{HU} ให้กับชุมสายต้นทางทั้งที่ต่ออยู่กับ PNC-T3 และที่ต่ออยู่กับ LTY-T8 ด้วย จำนวน C_{HU} ทั้งหมดทุกเส้นทางที่สามารถสร้างได้ แสดงในตารางที่ 9.1 ก.-ค. โดยในกรณีใดที่พิจารณาค่า β ได้ ก็ทำการพิจารณาพร้อมทั้งปัดจำนวนวงจรให้ตามสัดส่วนในหน่วย DTI'S

สำหรับค่า CR ได้ข้อมูลจากกองวิศวกรรมแทรฟฟิค ทศท. มีอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกเรียกว่า ORIGINATING HOMING COST RATIO ในชนิดนี้ C_T จะเป็นค่าใช้จ่ายในเส้นทางเลือกที่ผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นของชุมสายต้นทาง และชนิดที่สองคือ DESTINATION HOMING COST RATIO ชนิดนี้ C_T จะเป็นค่าใช้จ่ายในเส้นทางเลือกที่ผ่านชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นของชุมสายปลายทาง ในที่นี้จะต้องใช้ชนิดที่สอง สำหรับตัวอย่างค่า CR ชนิดนี้แสดงไว้ในบทแทรก ง.

ขั้นที่ 2

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ภายใน PNC-T3 ด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	T3							T8											
	PKC3	SRW4	SKW1	TMM2	STD2	TKT2	KTI1	TKB2	BKE2	DKK2	BGT2	MSK	EKC	KGK	PSK2	LTY	CSW2	RBK	PPG2
PKC3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SRW4	-	-	87	31	44	34	74	-	-	-	42	-	26	-	-	-	-	23	27
SKW1	-	93	-	-	-	-	66	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-
TMM2	-	59	-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD2	-	46	-	-	-	34	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TKT2	-	86	60	-	176	-	75	-	-	30	90	30	60	-	-	-	60	-	30
KTI1	-	166	174	81	85	45	-	-	-	-	48	-	30	-	-	-	-	-	30
TKB2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BKE2	-	60	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DKK2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	29	-
BGT2	-	48	27	-	-	-	12	-	16	-	-	13	31	27	-	-	84	-	-
MSK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	41	-	-	-	-	-
EKC	-	34	-	-	-	-	-	-	-	29	29	-	-	24	-	-	-	47	22
KGK	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	33	48	36	-	-	-	-	-	-
PSK2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	30	-	-	-	-	30	-
LTY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CSW2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-	-	-	90	-
RBK	-	37	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	43	-	-	-	-	-	64
PPG2	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	56	-

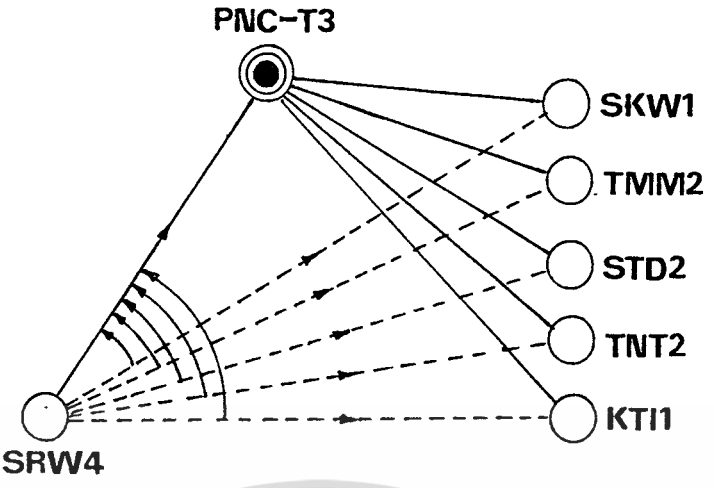
ตารางที่ 9.1 ก.-

	T1					T4																
	SRR4	KKM1	SMS2	PTW2	TKC2	BGC1	BBT1	BGK2	RIT1	LTP1	LTP2	CWT1	BAK	KTB2	KWW2	BGS2	DKM2	LKS2	PKK1	PTT	RST	TYB	NWN
PKC3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SRW4	53	-	-	59	43	22	-	-	-	50	29	18	-	-	21	20	21	-	-	-	-	-	-
SKW1	22	-	-	33	-	-	-	-	-	36	32	12	-	-	18	-	20	-	-	-	-	-	-
TNM2	11	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD2	15	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TNT2	35	-	-	30	41	45	-	-	61	38	25	-	-	-	17	27	39	-	-	-	-	-	-
KTI1	43	-	11	51	41	26	-	19	-	62	39	15	-	-	28	-	32	-	22	-	-	-	-
TNB2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DKN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BGT2	48	-	25	30	-	-	-	-	-	29	23	-	-	23	33	31	19	-	14	-	-	-	-
MSK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EKC	19	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NGK	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LTY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CSW2	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBN	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PPG2	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 9.1 ข.

	T2			T6											
	ASD2	PYT3	ITM2	CYP1	BKA2	ONT1	RKH	SPK2	PSP2	KGC2	PKG2	HAM2	LKG	BPL1	BGC
PNC3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SRW4	62	-	-	46	13	19	-	-	10	23	-	36	-	25	-
SKW1	63	-	29	75	16	18	-	-	15	25	-	35	-	19	-
TNM2	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STD2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TNT2	29	-	-	21	16	-	-	-	-	12	-	22	-	19	-
KTI1	77	-	30	93	31	33	-	-	30	35	-	55	-	44	18
TNB2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BKE2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DKN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BGT2	42	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-
MSK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EKC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KGK	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PSN2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LTY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CSW2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RBN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PPG2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 9.1 ค.



รูปที่ 9.4 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ที่อยู่ใน PNC-T3

(หมายเหตุ : ชื่อเต็มของชุมสายต่าง ๆ ดูได้จากตารางในบทแทรก ก.)

ใช้หลักการของระบบลิ้นในบทที่ 4 หาปริมาณแทรฟฟิคที่ลิ้นจาก HU ROUTE ไปยัง FN ROUTE (α_{FN})

SRW4--->SKW1 A_1=91.5 C_1=87 ——→ —— α_1=91.5*0.111250

SRW4--->TMM2 A_2=21.6 C_2=31 ——→ —— α_2=21.6*0.012069

SRW4--->STD2 A_3=31.9 C_3=44 ——→ —— α_3=31.9*0.007860

SRW4--->TNT2 A_4=24.2 C_4=34 ——→ —— α_4=24.2*0.012013

SRW4--->KTI1 A_5=63.8 C_5=74 ——→ —— α_5=63.8*0.023518

---> C_{FN}

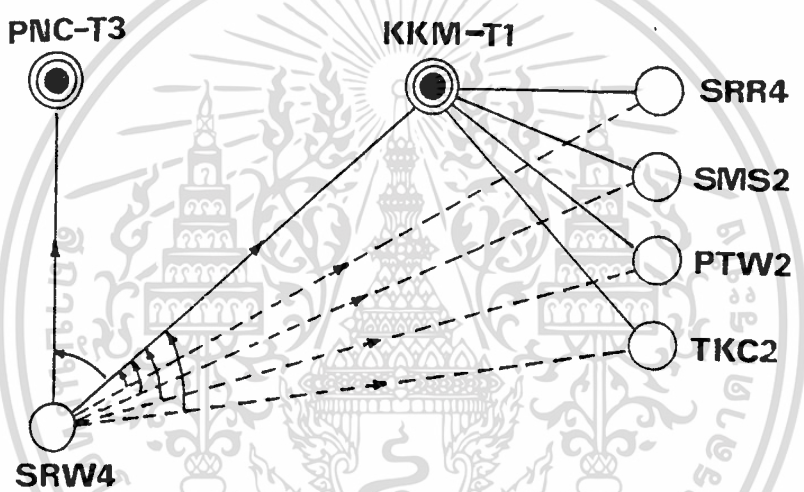
α_{FN}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\alpha_{FW} = \sum_{i=1}^{5} \alpha_i = 12.5 \text{ เออแลงค์}$$

ขั้นที่ 3

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน KKM-T1



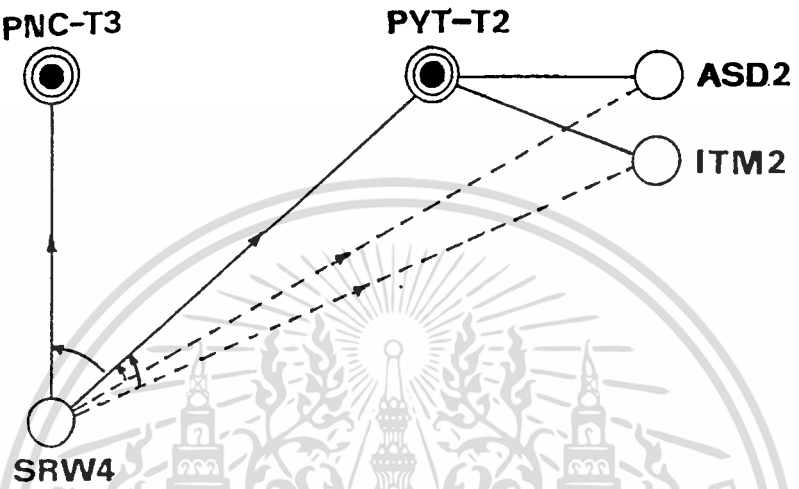
รูปที่ 9.5 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน KKM-T1

ใช้หลักการของระบบลัน หาปริมาณแทรฟฟิคที่ลันจาก HU ROUTE ไปยัง AR ROUTE (α_{AR})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน PYT-T2



รูปที่ 9.6 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน PYT-T2

ในทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 3 เราสามารถหา α_{AR}, C_{AR} และ α_{FN} ได้ดังนี้

$$\alpha_{AR} = \sum_{i=1}^{3} \alpha_i = 54.7 \text{ เออแลงค์}$$

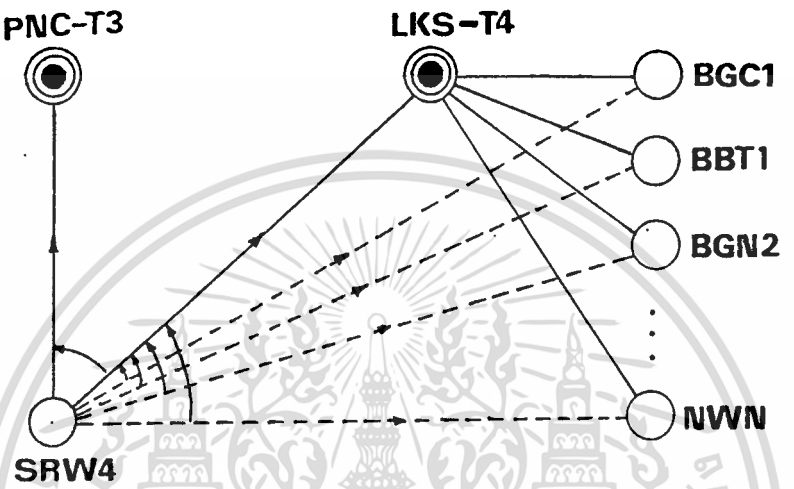
C_{AR} = TABLE (0.01,54.7) = 72 วงจร

α_{FN} = 0.01*54.7 = 0.5 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 5

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน LKS-T4



รูปที่ 9.7 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน LKS-T4

ในทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 3 เราสามารถหา α_{AR}, C_{AR} และ α_{FN} ได้ดังนี้

$$\alpha_{AR} = \sum_{i=1}^{18} \alpha_i = 118.2 \text{ เออแลงค์}$$

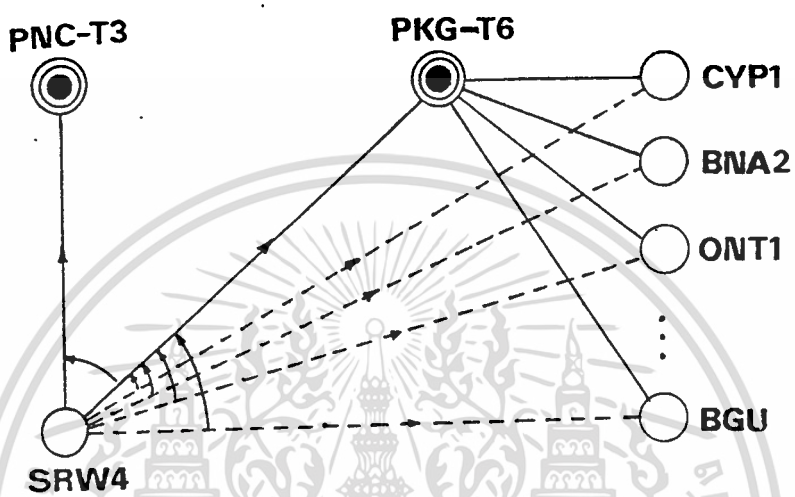
C_{AR} = TABLE (0.01,118.2) = 141 วงจร

α_{FN} = 0.01*118.2 = 1.2 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 6

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน PKG-T6



รูปที่ 9.8 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน PKG-T6

ในทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 3 เราสามารถหา α_{AR}, C_{AR} และ α_{FN} ได้ดังนี้

$$\alpha_{AR} = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i = 93.3 \text{ เออแลงค์}$$

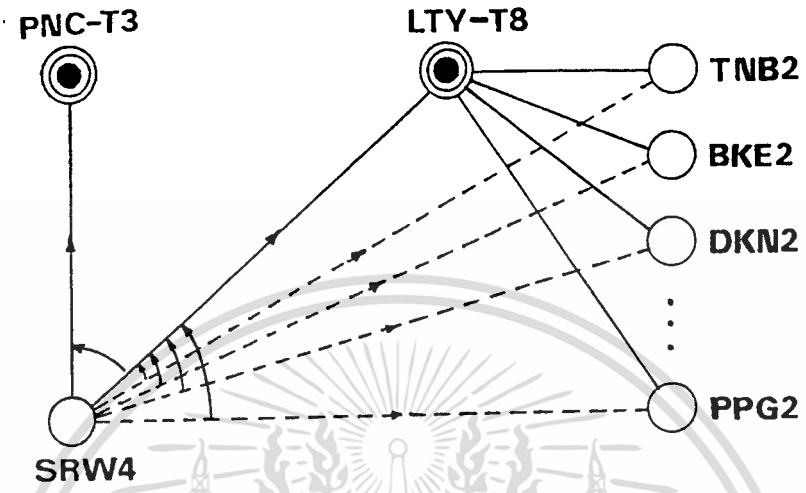
C_{AR} = TABLE (0.01,93.3) = 114 วงจร

α_{FN} = 0.01*93.3 = 0.9 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 7

พิจารณาเส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทาง SRW4 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน LTY-T8



รูปที่ 9.9 แสดงเส้นทางติดต่อจาก SRW4 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน LTY-T8

ในทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 3 เราสามารถหา α_{AR}, C_{AR} และ α_{FN} ได้ดังนี้

$$\alpha_{AR} = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i = 149.8 \text{ เออแลงค์}$$

C_{AR} = TABLE (0.01,149.8) = 174 วงจร

α_{FN} = 0.01*149.8 = 1.5 เออแลงค์

ขั้นที่ 8

คำนวณหาจำนวนวงจรใน FN ROUTE(C_{FN}) โดยมีปริมาณแทรฟฟิคที่ป้อนกับ FN ROUTE (α) มาจากผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นมาจากขั้นตอนที่ 7 (α_{FN})ทั้งหมด บวกกับปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก SRW4 ไปยัง PNC3 (ซึ่งเป็นการเรียกไปยัง PNC3-T3 โดยตรง) ดังนั้น

α = 12.5+0.6+0.5+1.2+0.9+1.5+166.3 = 183.5 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียใน FN ROUTE(B_f) มีค่าเท่ากับ 0.01 เช่นเดียวกับใน AR ROUTE จากตาราง ERLANG B

C_{FN} = TABLE (0.01,183.5) = 210 วงจร

หาปริมาณแทรฟฟิคที่ FN ROUTE รองรับได้ (A_c)

$A_c = \alpha(1-B_f)$

= 183.5*0.99 = 181.7 เออแลงค์

ขั้นที่ 9

เปลี่ยนชุมสายต้นทางเป็น SKW1, TMM2, STD2, TNT2 และ KTI1 ตามลำดับ แล้วทำการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 8 จะได้จำนวนวงจร C_{AR} และ C_{FN} จากชุมสายต้นทางต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 9.2

	C_{AR}					C_{FN}
	KKM-T1	PYT-T2	LKS-T4	PKG-T6	LTY-T8	PNC-T3
SRW4	81	72	141	114	174	210
SKW1	68	42	148	134	134	246
TMM2	48	31	94	97	94	116
STD2	44	35	91	102	134	74
TNT2	45	33	150	115	216	88
KTI1	76	55	169	186	171	191

ตารางที่ 9.2 แสดงจำนวนวงจรใน AR ROUTE และ FN ROUTE

หาผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคที่ FN ROUTE ในแต่ละต้นทางรองรับได้ (SUM OF A_c : ΣA_c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ΣA_c = 181.7+215.3+94.7+55.6+68.9+163.6

= 779.8 เออแลงค์

ปริมาณแทรฟฟิคค่านี้ถือว่าเป็นการเรียกที่ได้รับบริการจาก FN ROUTE แล้วจะมารออยู่ที่ PNC-T3 เพื่อเรียกไปยังชุมสายปลายทางที่ต้องการต่อไป

ปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC-T3 ไปยังชุมสายปลายทางหนึ่ง ๆ ประกอบด้วย 2 ค่า ค่าหนึ่งเป็นปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC3 (ถือว่าเป็นการเรียกออกจาก PNC-T3 โดยตรง) ไปยังชุมสายปลายทางนั้น และอีกค่าหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่อยู่ใน A_c นี้ โดยมีวิธีหาที่ง่ายและสะดวกที่สุด คือ การเทียบสัดส่วน

ยกตัวอย่างเช่นการหาปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC-T3 ไปยัง TNB2 (ดูตารางที่ 8.1 ก.ประกอบ)

ค่าแรกเป็นปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC3 ไปยัง TNB2 เท่ากับ 2.3 เออแลงค์

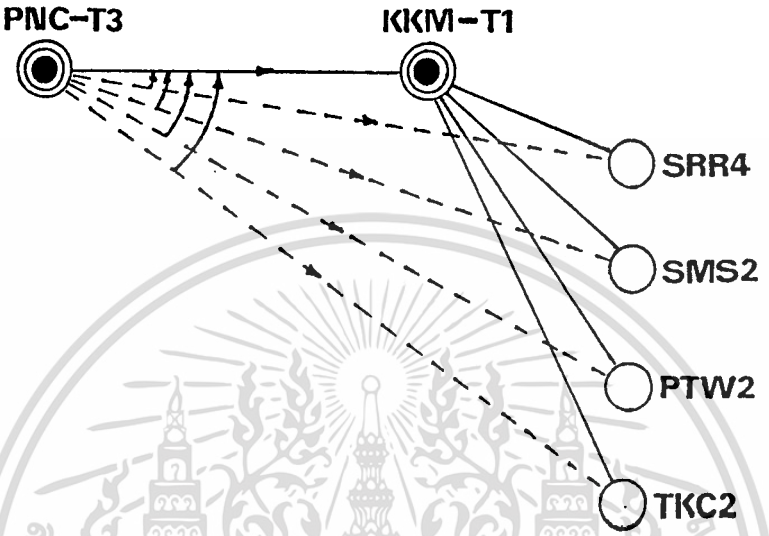
ค่าที่สองเกิดจากการเทียบสัดส่วน ก่อนอื่นต้องหาปริมาณแทรฟฟิครวมทั้งหมดของการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นต้นทางใน PNC-T3 (ยกเว้น PNC3) ไปยังปลายทางต่าง ๆ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7173.9 เออแลงค์ และหาปริมาณแทรฟฟิครวมของการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นต้นทางใน PNC-T3 (ยกเว้น PNC3) ไปยัง TNB2 ได้เท่ากับ 12.1 เออแลงค์ ดังนั้นปริมาณแทรฟฟิคค่าที่สองนี้เท่ากับ (12.1*779.8)/7173.9 = 1.3 เออแลงค์

เพราะฉะนั้น ปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC-T3 ไปยัง TNB2 เท่ากับ 2.3+1.3=3.6 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 10

พิจารณาเส้นทางติดต่อจาก PNC-T3 ไปยังชุมสายปลายทางที่อยู่ใน KKM-T1

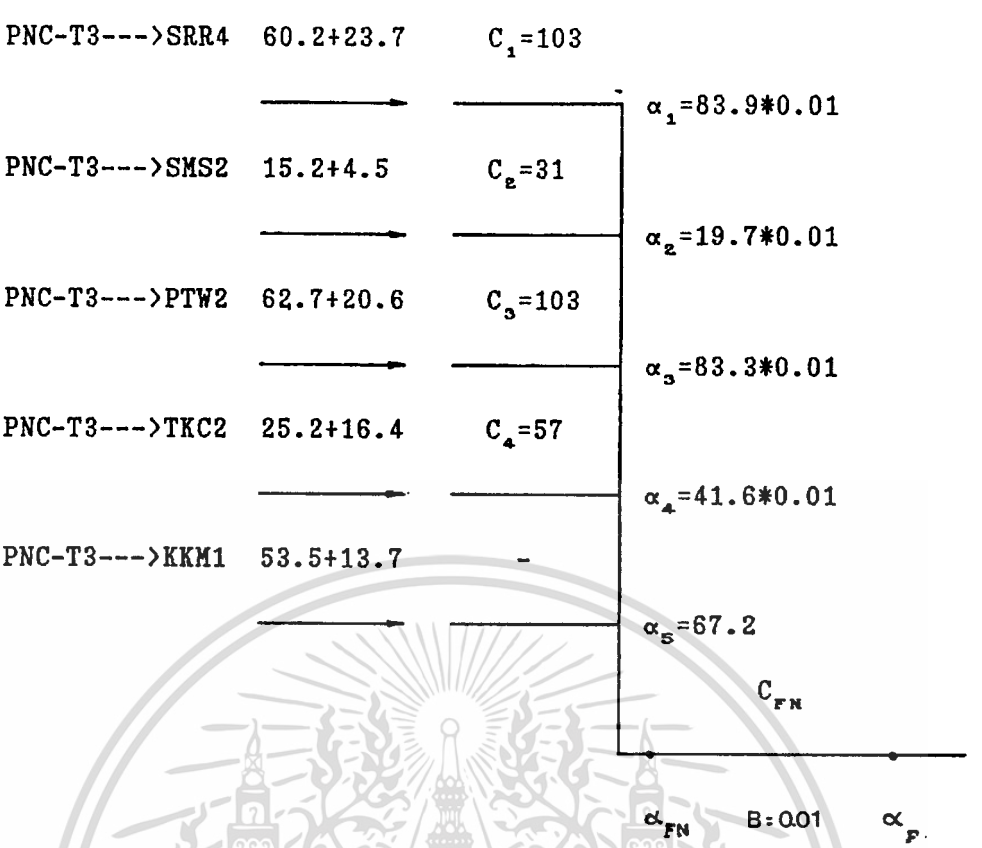


รูปที่ 9.10 แสดงเส้นทางติดต่อจาก PNC-T3 ไปยัง LE ต่าง ๆ ใน KKM-T1

หลักการคำนวณหาจำนวนวงจรใน HU ROUTE ขาลง (C_1) จะพิจารณาสร้างเฉพาะเส้นทางที่มีปริมาณแทรฟฟิคมากกว่าหรือเท่ากับ 15 เออแลงค์ และใช้ค่าโอกาสเกิดการสูญเสียเท่ากับ 0.01

จากนั้นใช้หลักการของระบบล้นหาปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจาก HU ROUTE นี้ไปยัง FN ROUTE(α_{FN})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



α_{FN} จะเกิดจากผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคล้จาก HU ROUTE ทั้งหมดบวกกับปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก PNC-T3 และ PNC3 ไปยัง KKM1 (ซึ่งถือว่าเป็นการติดต่อระหว่าง PNC-T3 กับ KKM-T1) ดังนั้น

$$\alpha_{FN} = \sum_{i=1}^{5} \alpha_i = 69.5 \text{ เออแลงค์}$$

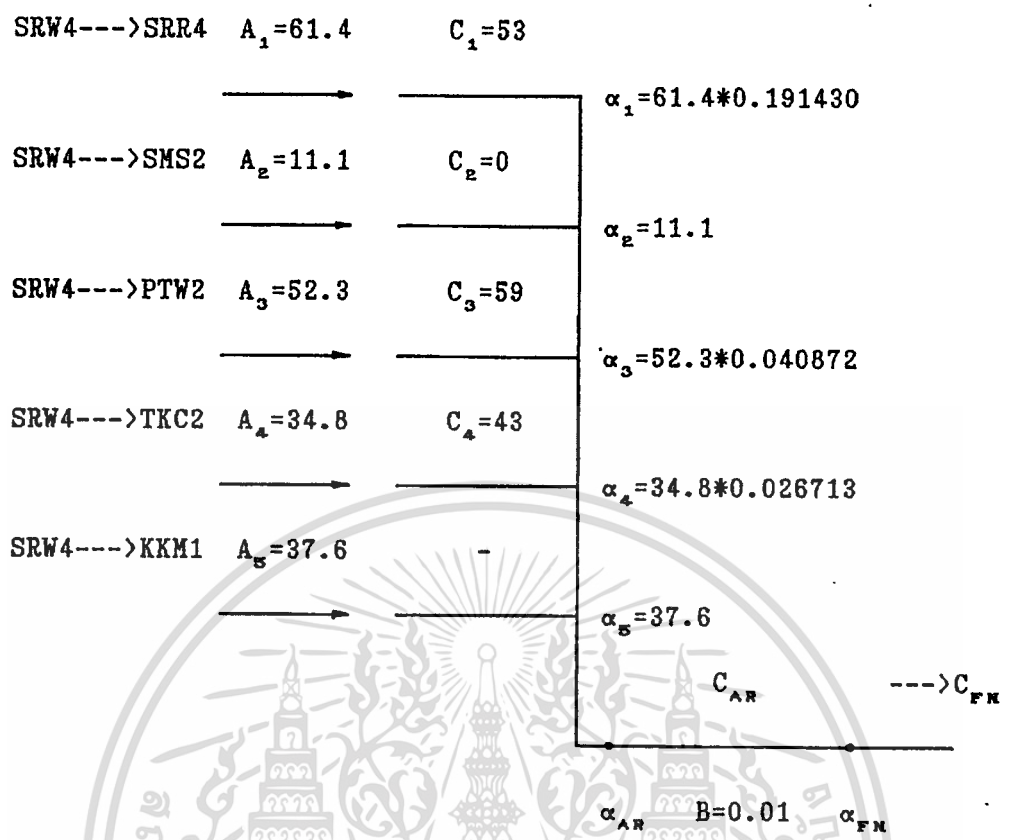
คำนวณหาจำนวนวงจรใน FN ROUTE (C_{FN}) โดยกำหนดค่าโอกาสเกิดการสูญเสียเท่ากับ 0.01 จากตาราง ERLANG B

$$C_{FN} = \text{TABLE } (0.01, 69.5) = 88 \text{ วงจร}$$

ขั้นที่ 11

ในทำนองเดียวกับขั้นตอนที่ 10 ให้พิจารณาเส้นทางติดต่อจาก PNC-T3 ไปยังชุมสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



α_{AR} จะเกิดจากผลรวมของปริมาณแทรฟฟิคล้นจาก HU ROUTE ทั้งหมดบวกกับปริมาณแทรฟฟิคที่เรียกจาก SRW4 ไปยัง KKM1 (ซึ่งเป็นการเรียกไปยัง KKM-T1 โดยตรง) ดังนั้น

$$\alpha_{AR} = \sum_{i=1}^{5} \alpha_i = 63.5 \text{ เออแลงค์}$$

คำนวณหาจำนวนวงจรใน AR ROUTE (C_{AR}) โดยกำหนดให้มีค่าโอกาสเกิดการสูญเสีย (B) เท่ากับ 0.01 จากตาราง ERLANG B

C_{AR} = TABLE (0.01,63.5) = 81 วงจร

หาปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นจาก AR ROUTE ไปยัง FN ROUTE (α_{FN})

α_{FN} = 0.01*63.5 = 0.6 เออแลงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลายทางที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นที่เหลือ จะได้จำนวนวงจรขาออกจาก PNC-T3 ไปยังชุมสายปลายทางต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 9.3

	SRR4	SMS2	PTW2	TKC2	KKM-T1
PNC-T3	103	31	103	57	88

	ASD2	ITM2	PYT-T2
PNC-T3	138	66	76

	BGC1	BBT1	BGN2	RIT1	LTP1	LTP2	CWT1	BAN	NTB2
PNC-T3	48	-	35	43	103	75	59	-	-

	NWW2	BGS2	BNM2	PKK1	PIT	RST	TYB	NWN	LKS-T4
PNC-T3	54	43	72	54	-	-	-	31	114

	CYP1	BNA2	ONT1	RKH	SPK2	PSP2	KGC2	HAM2	LKG	BPL1	BGU	PKG-T6
PNC-T3	141	50	61	-	-	49	78	106	-	81	26	106

	TNB2	BKE2	DKN2	BGT2	MSK	EKC	NGK	PSN2	CSW2	RBN	PPG2	LTY-Y8
PNC-T3	-	31	35	91	26	58	42	-	37	43	55	103

ตารางที่ 9.3 แสดงจำนวนวงจรในเส้นทางติดต่อจาก PNC-T3 ไปยังชุมสายปลายทางต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2 แผนภาพเส้นทางติดต่อ (ROUTING CHART)

หลังจากที่เราคำนวณจำนวนวงจรทริ้งค์เพื่อรองรับเส้นทางติดต่อต่าง ๆ ตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่แล้ว เราจะนำผลที่ได้ทั้งหมดนี้มาจัดทำให้อยู่ในรูปของแผนภาพเส้นทางติดต่อเพื่อสะดวกในการนำไปใช้ออกแบบติดตั้ง หรือวิเคราะห์เพื่อการวางแผนโครงข่ายแผนอื่น ๆ ต่อไป ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 ถึงแผนภาพที่ 19

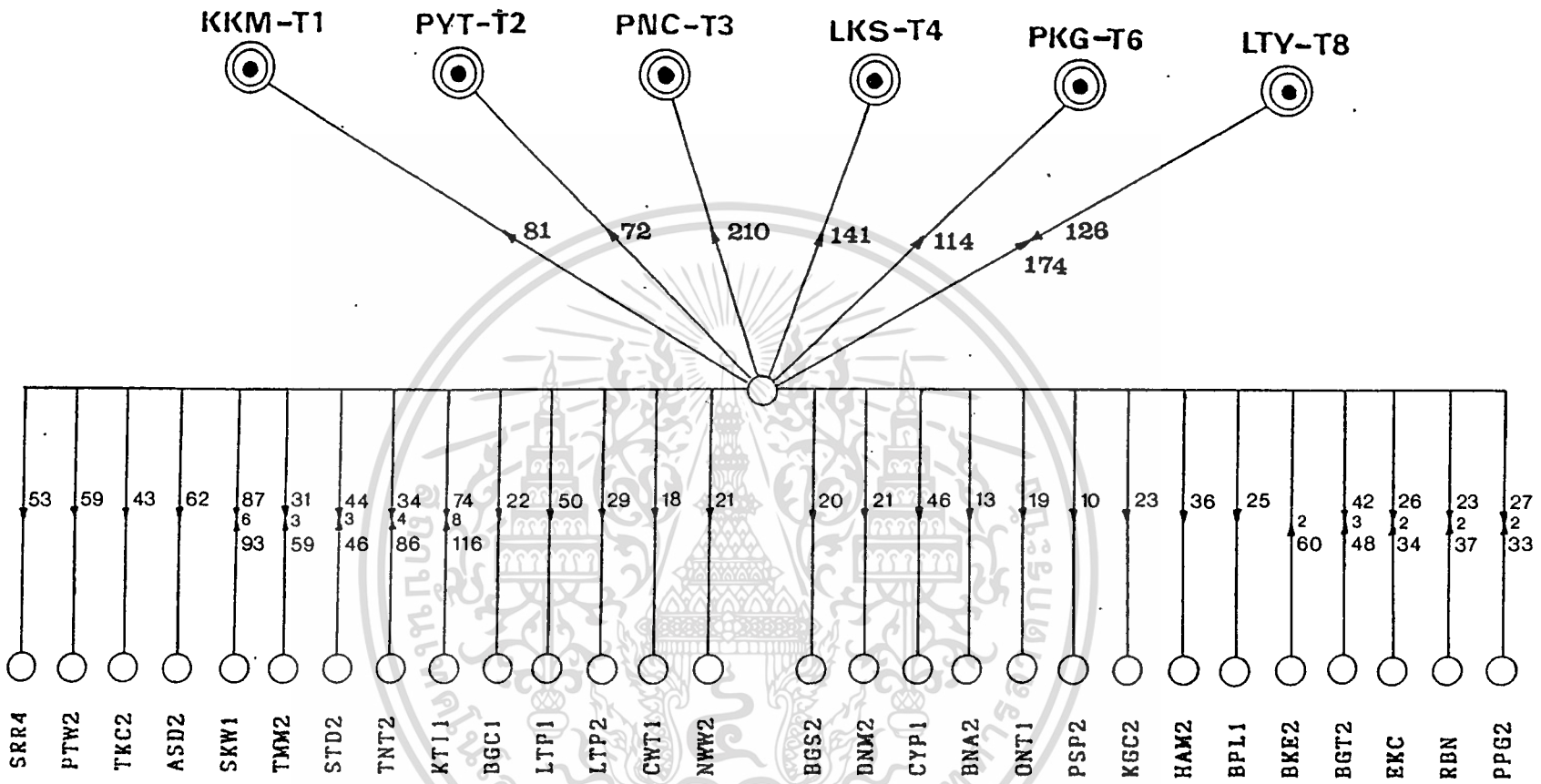
-แผนภาพที่ 1 ถึงแผนภาพที่ 6 ชุมสายต้นทาง เป็นชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต เส้นทางติดต่อประกอบด้วย (1) HU ROUTE ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางต่าง ๆ (2) AR ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ และ (3) FN ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต

-แผนภาพที่ 7 พิจารณาที่ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต เส้นทางติดต่อประกอบด้วย (1) FN ROUTE ที่มาจากชุมสายท้องถิ่นภายใน (2) HU ROUTE ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ และ (3) FN ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ

-แผนภาพที่ 8 ถึงแผนภาพที่ 18 ชุมสายต้นทางเป็นชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า เส้นทางติดต่อประกอบด้วย (1) HU ROUTE ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางต่าง ๆ (2) AR ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น และ (3) FN ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า

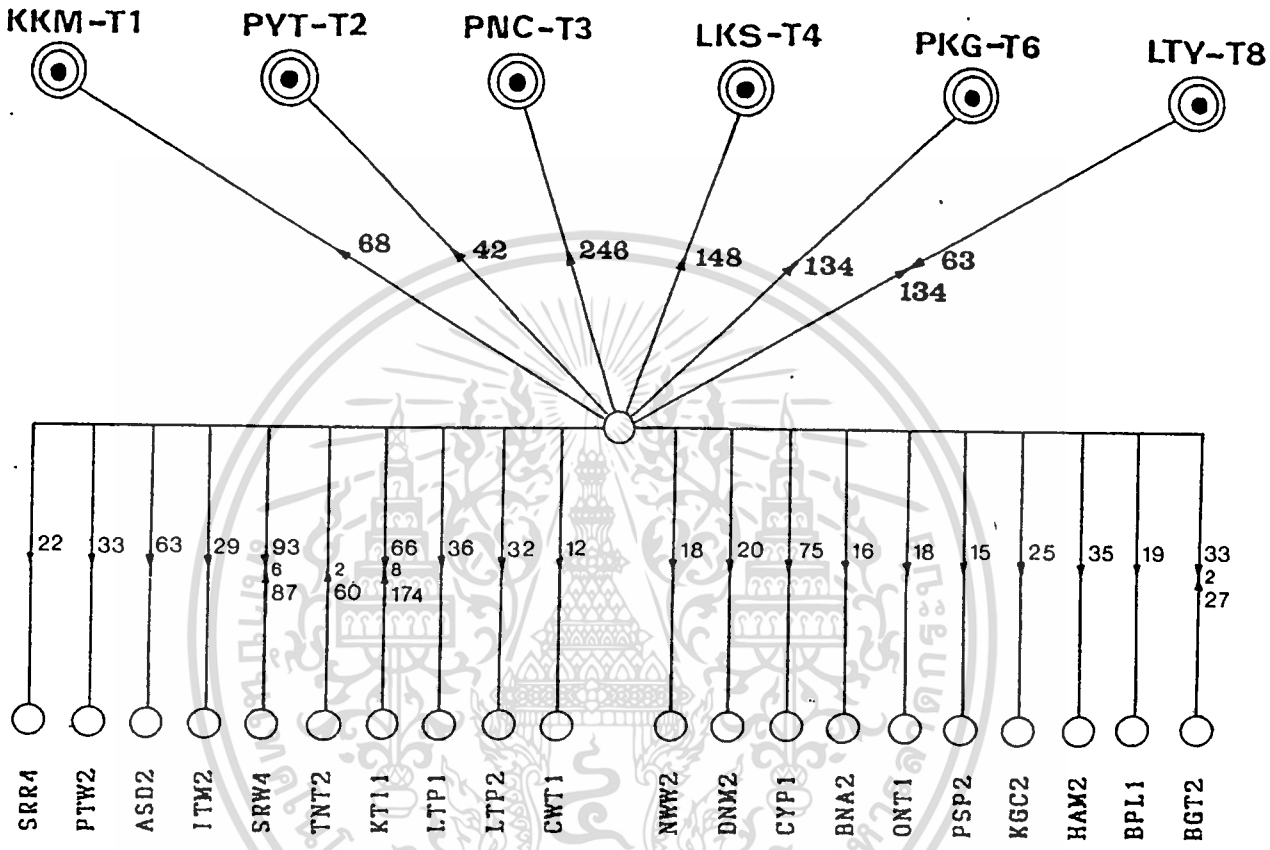
-แผนภาพที่ 19 พิจารณาที่ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า เส้นทางติดต่อประกอบด้วย (1) FN ROUTE ที่มาจากชุมสายท้องถิ่นภายใน (2) HU ROUTE ไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางที่อยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ และ (3) FN ROUTE ไปยังชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



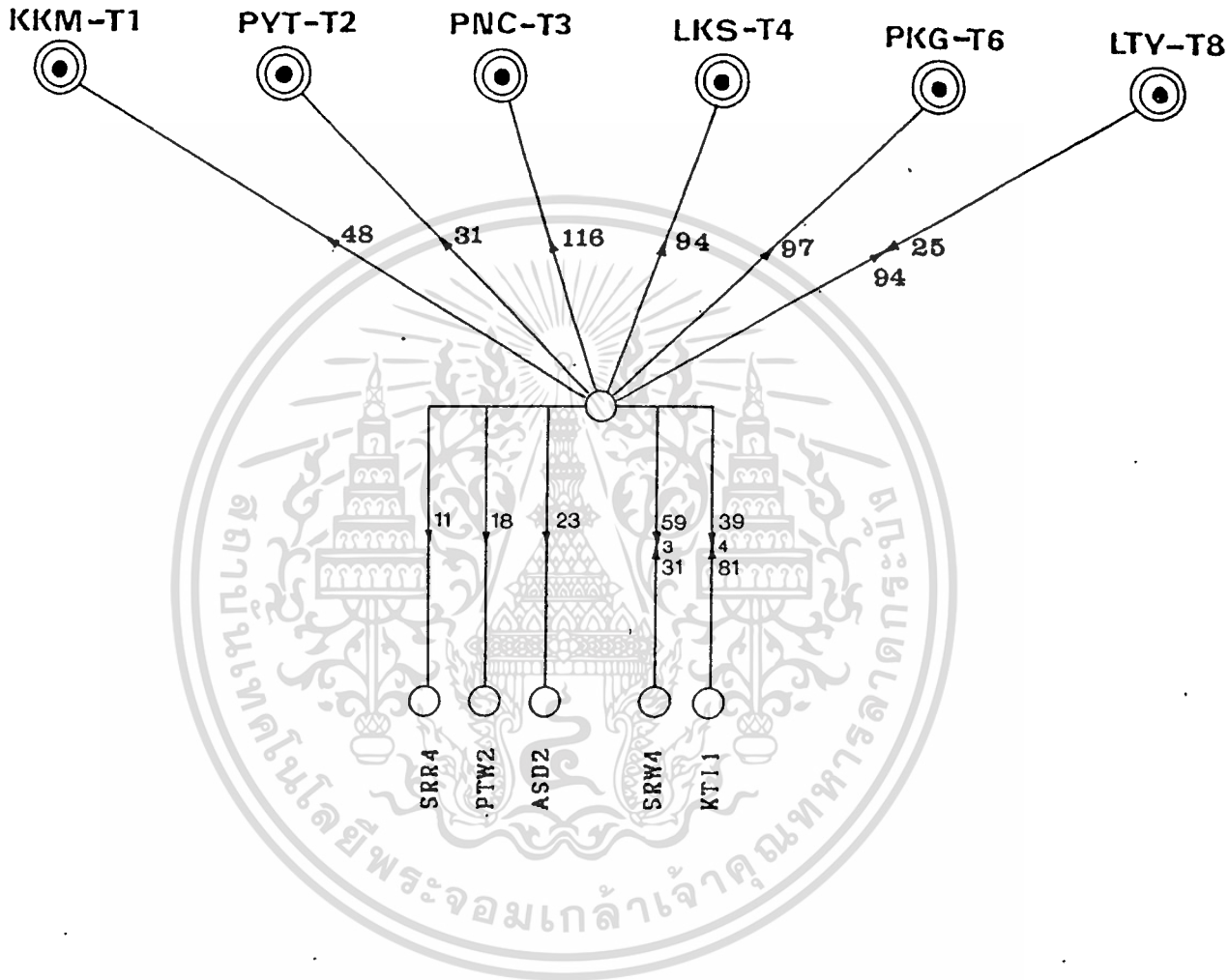
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 1

ชุมสายต้นทาง SRW4



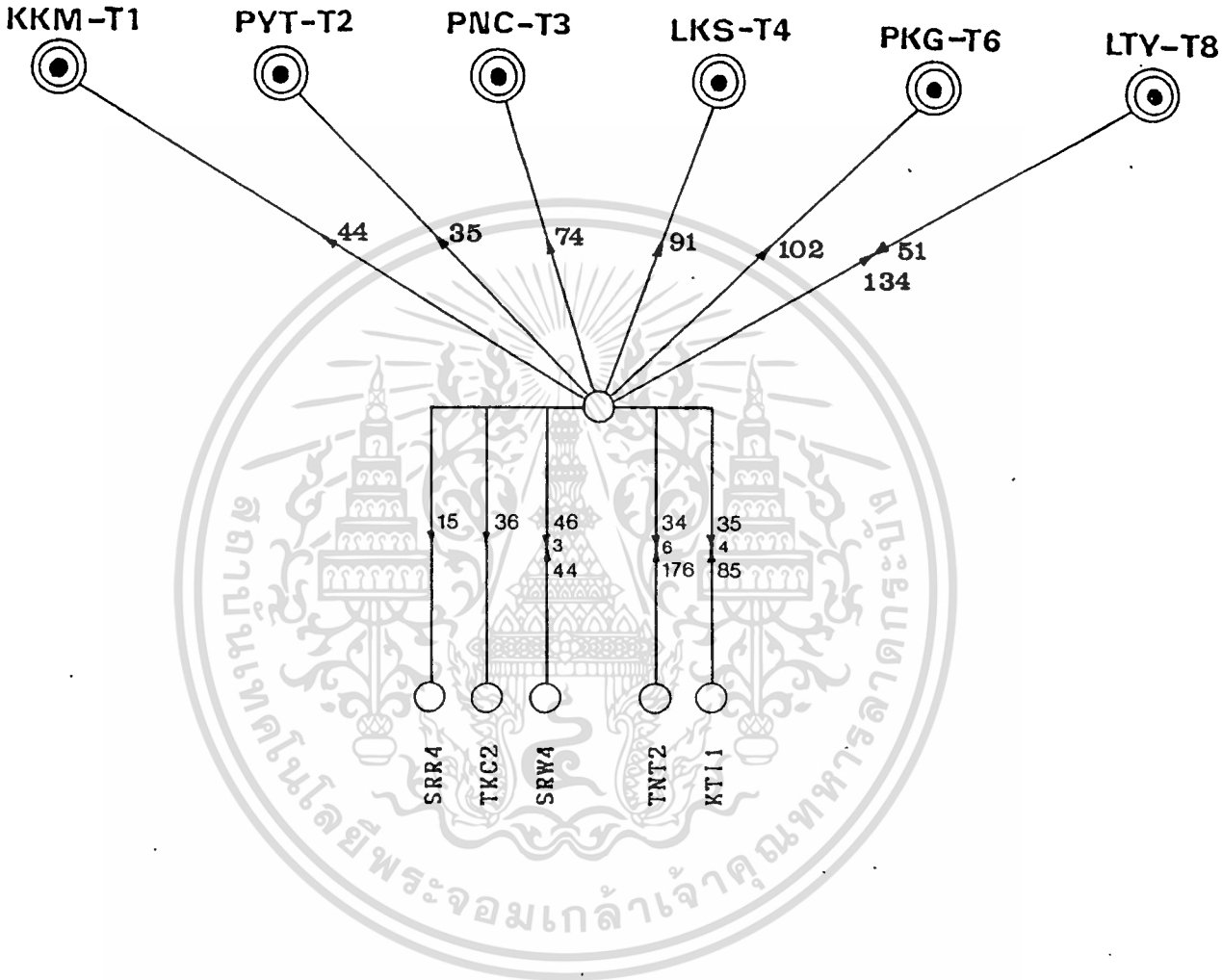
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 2

ชุมสายต้นทาง SKW1



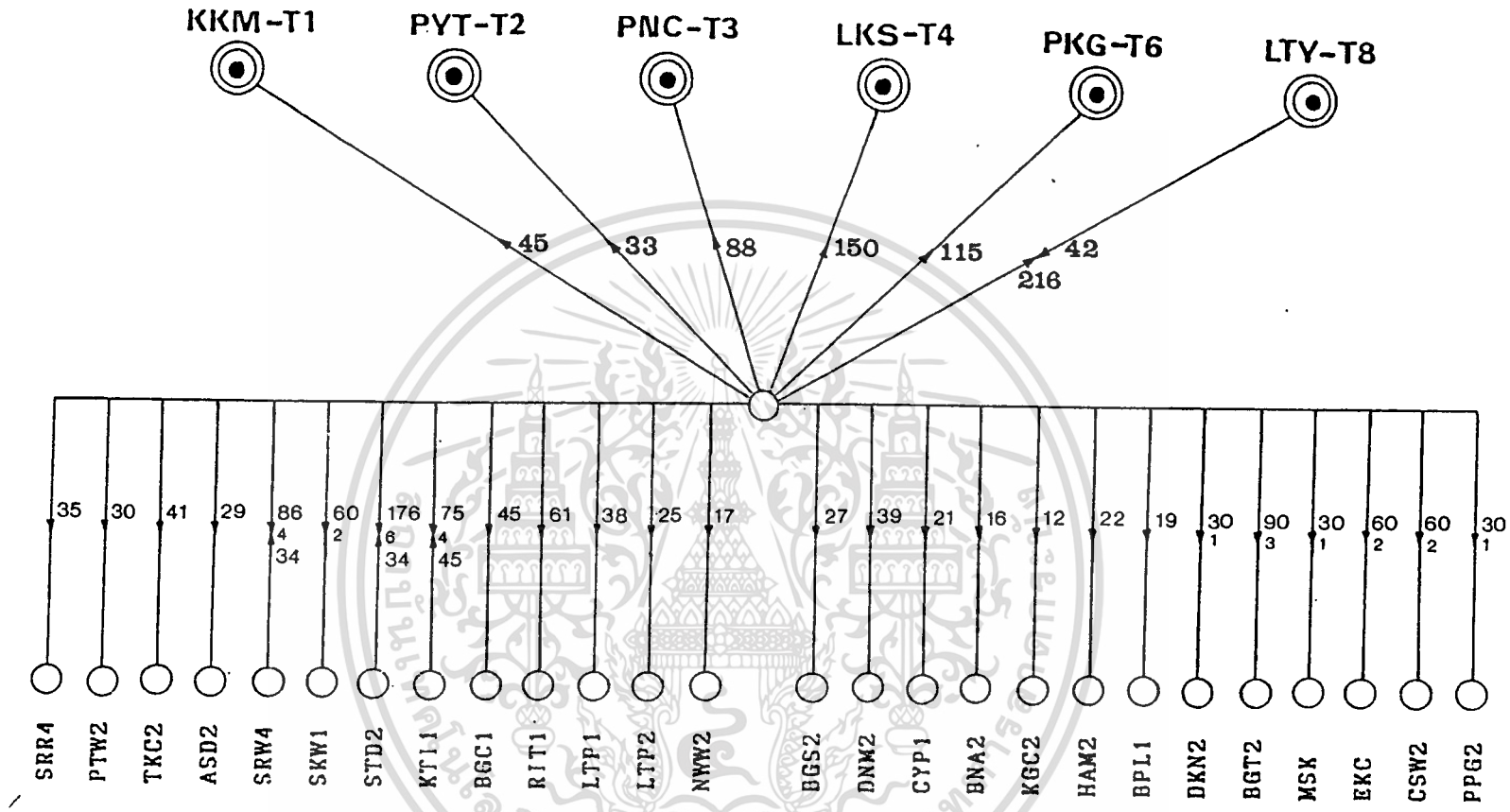
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 3

ชุมสายต้นทาง TMM2



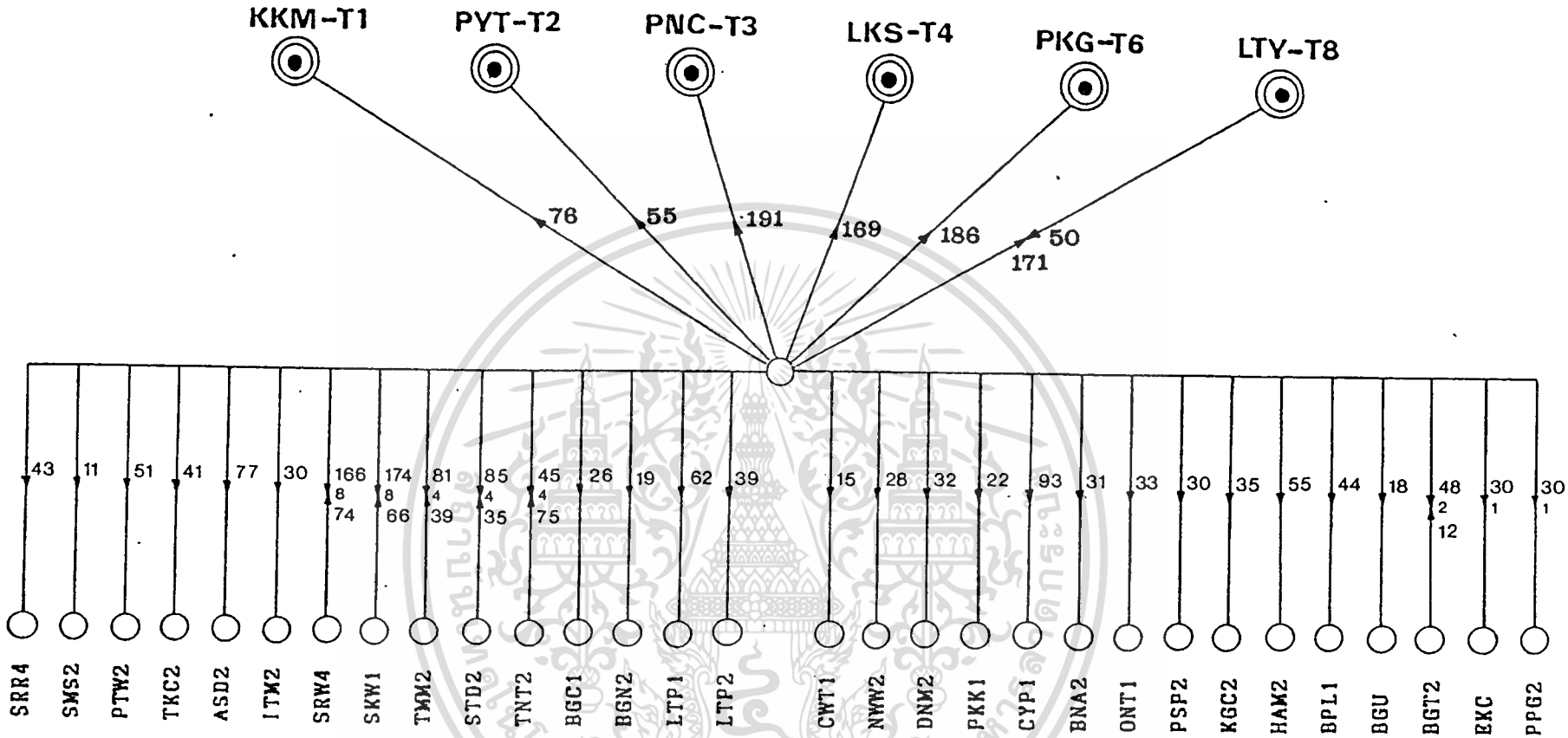
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 4

ชุมสายต้นทาง STD2



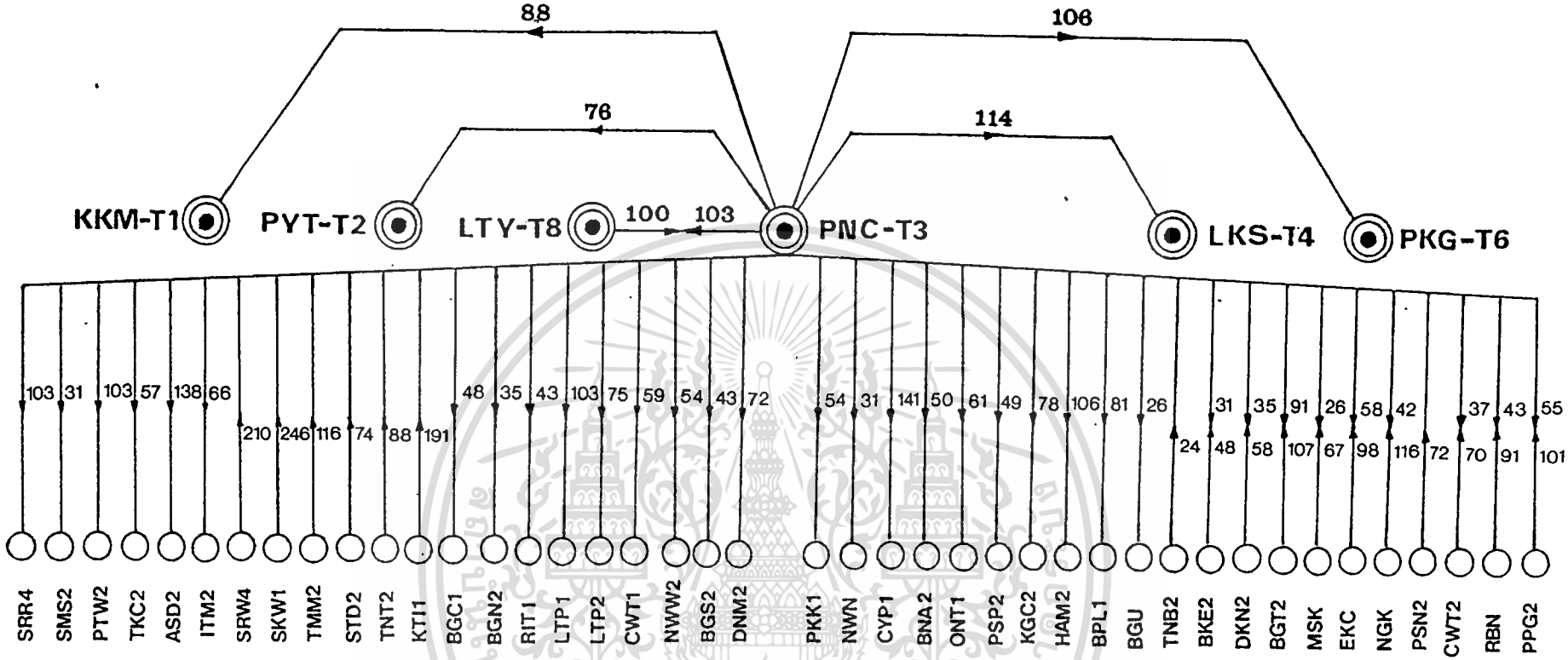
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 5

ชุมสายต้นทาง TNT2



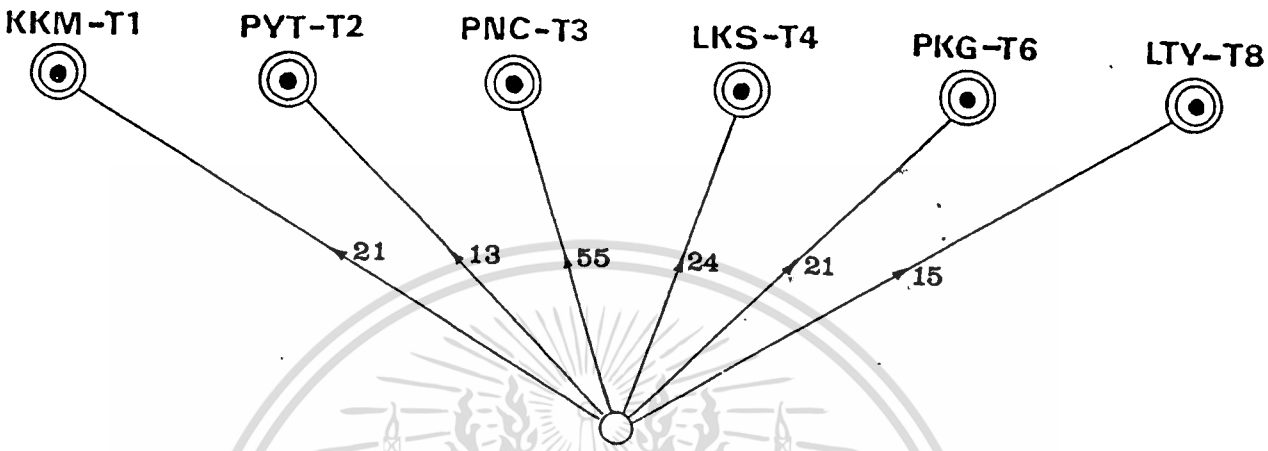
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 6

ชุมสายต้นทาง KTI1



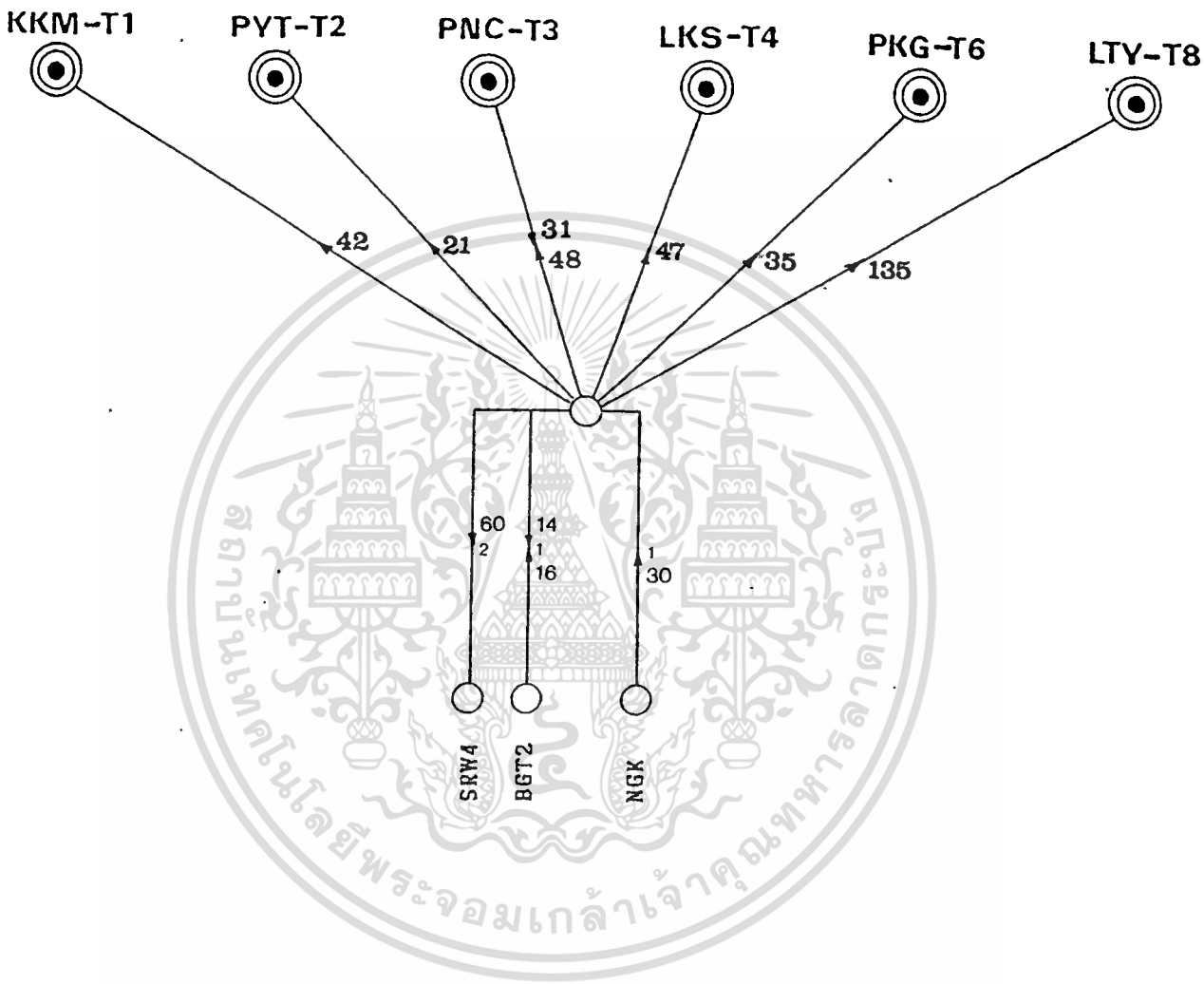
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 7

ชุมสายต้นทาง PNC-T3



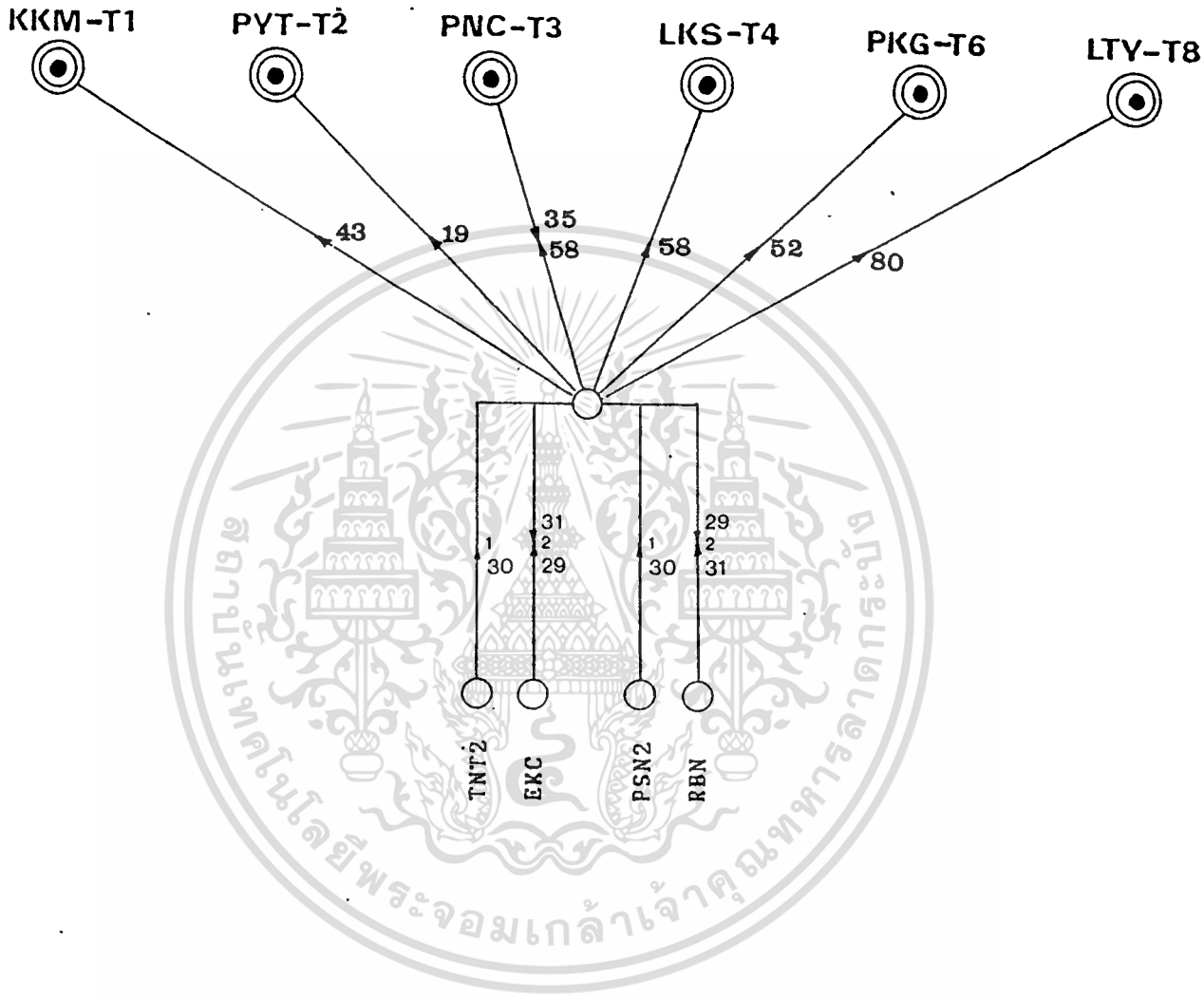
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 8

ชุมสายต้นทาง TNB2



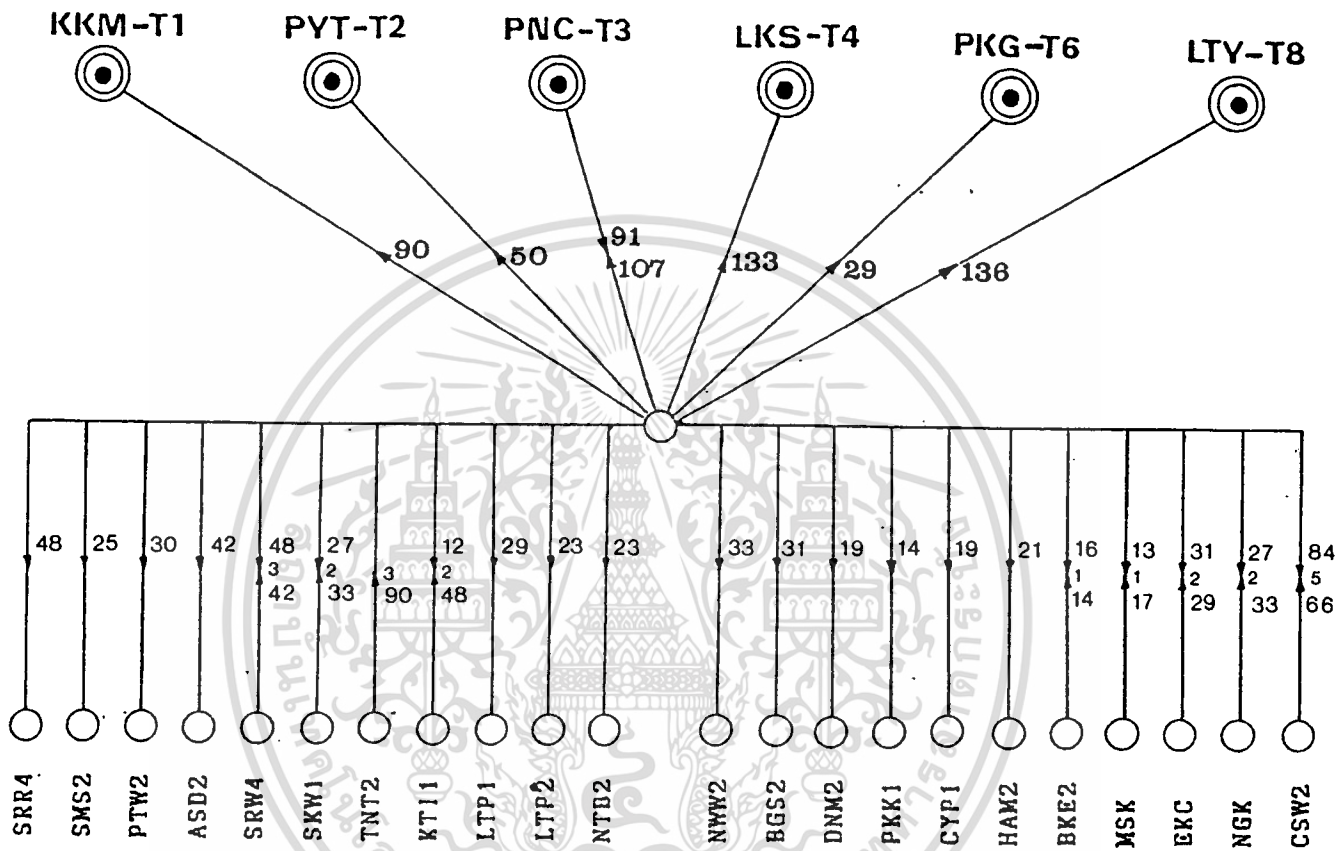
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 9

ชุมสายต้นทาง BKE2



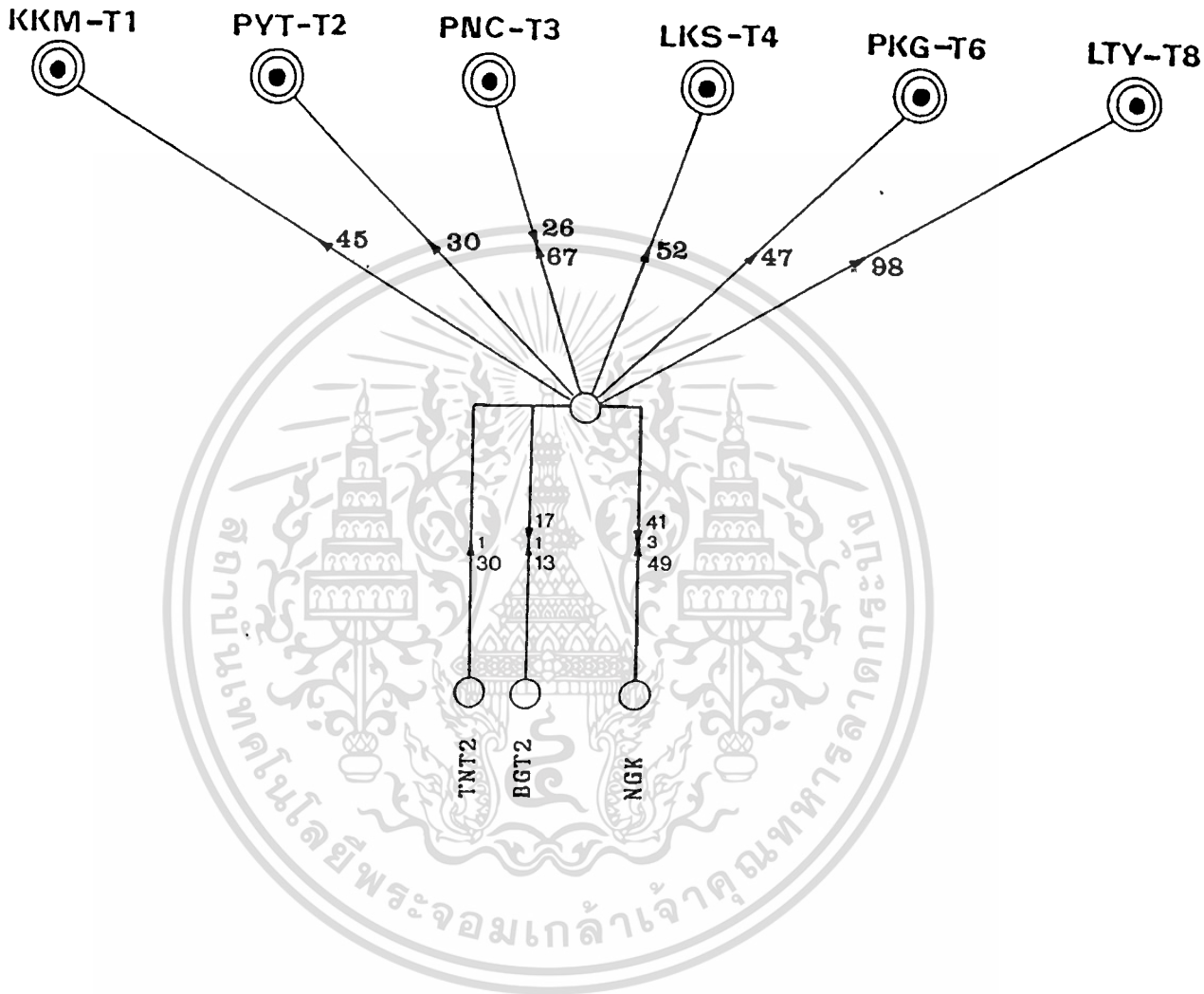
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 10

ชุมสายต้นทาง DKN2



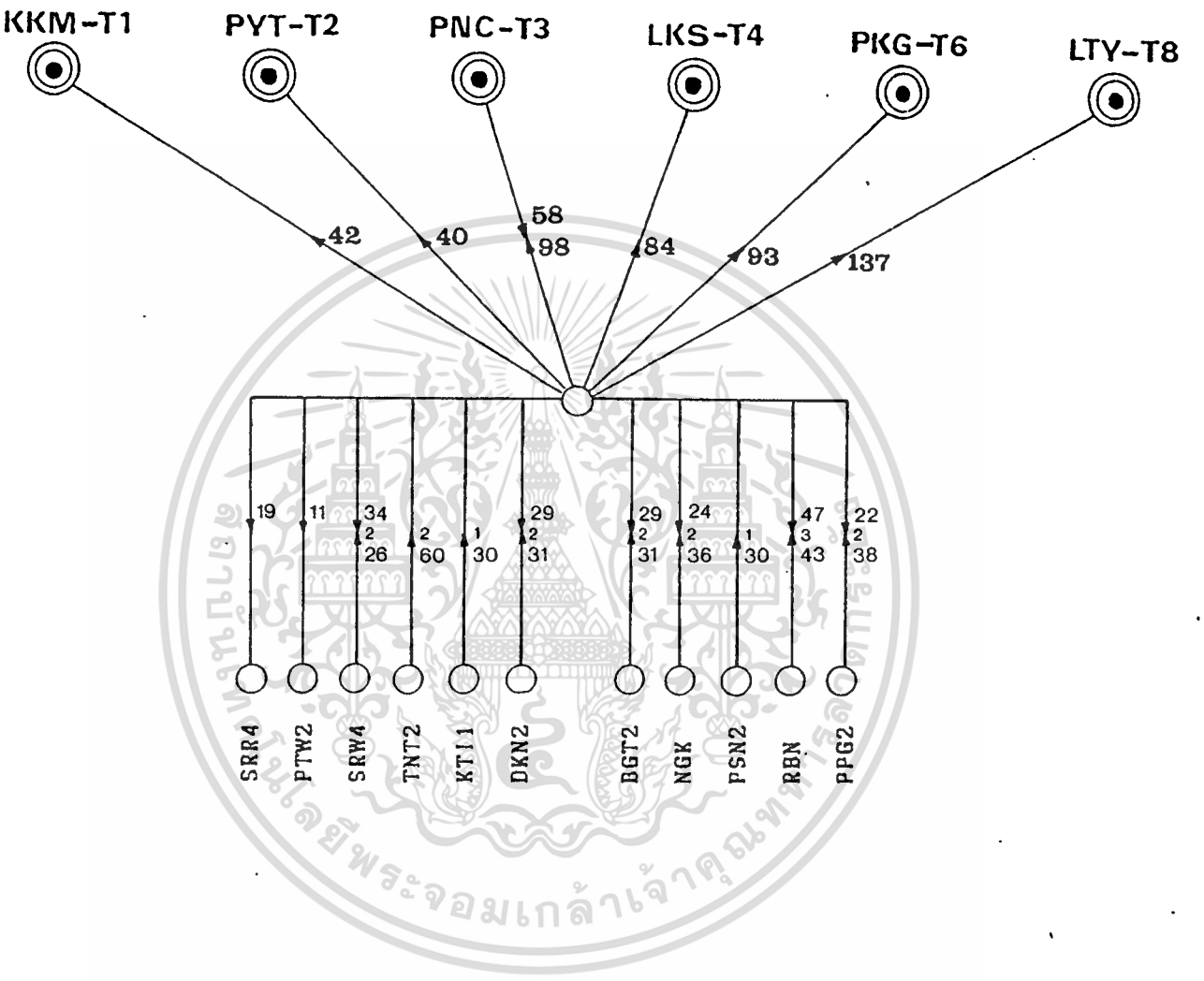
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 11

ชุมสายต้นทาง BGT2



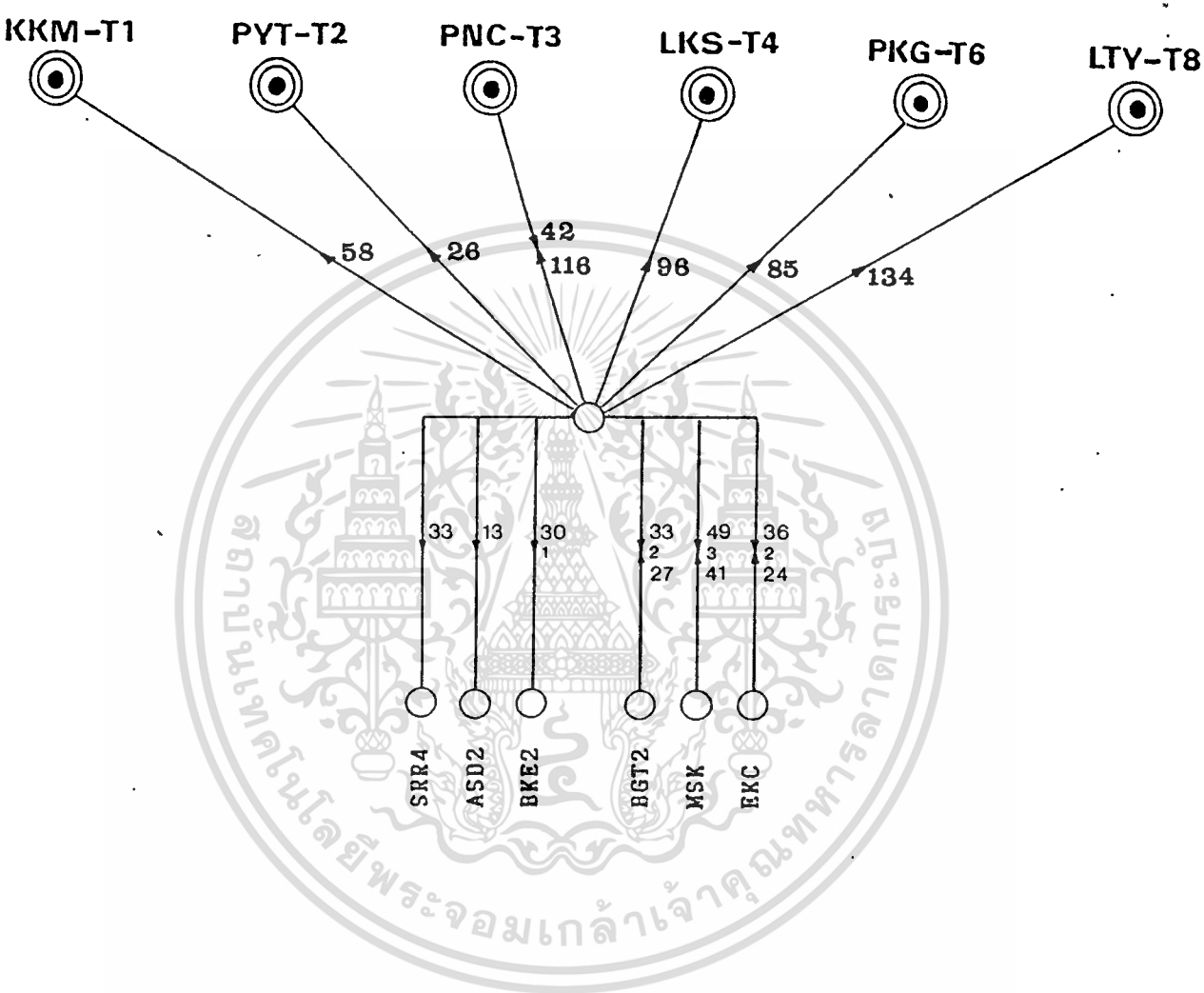
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 12

ชุมสายต้นทาง MSK



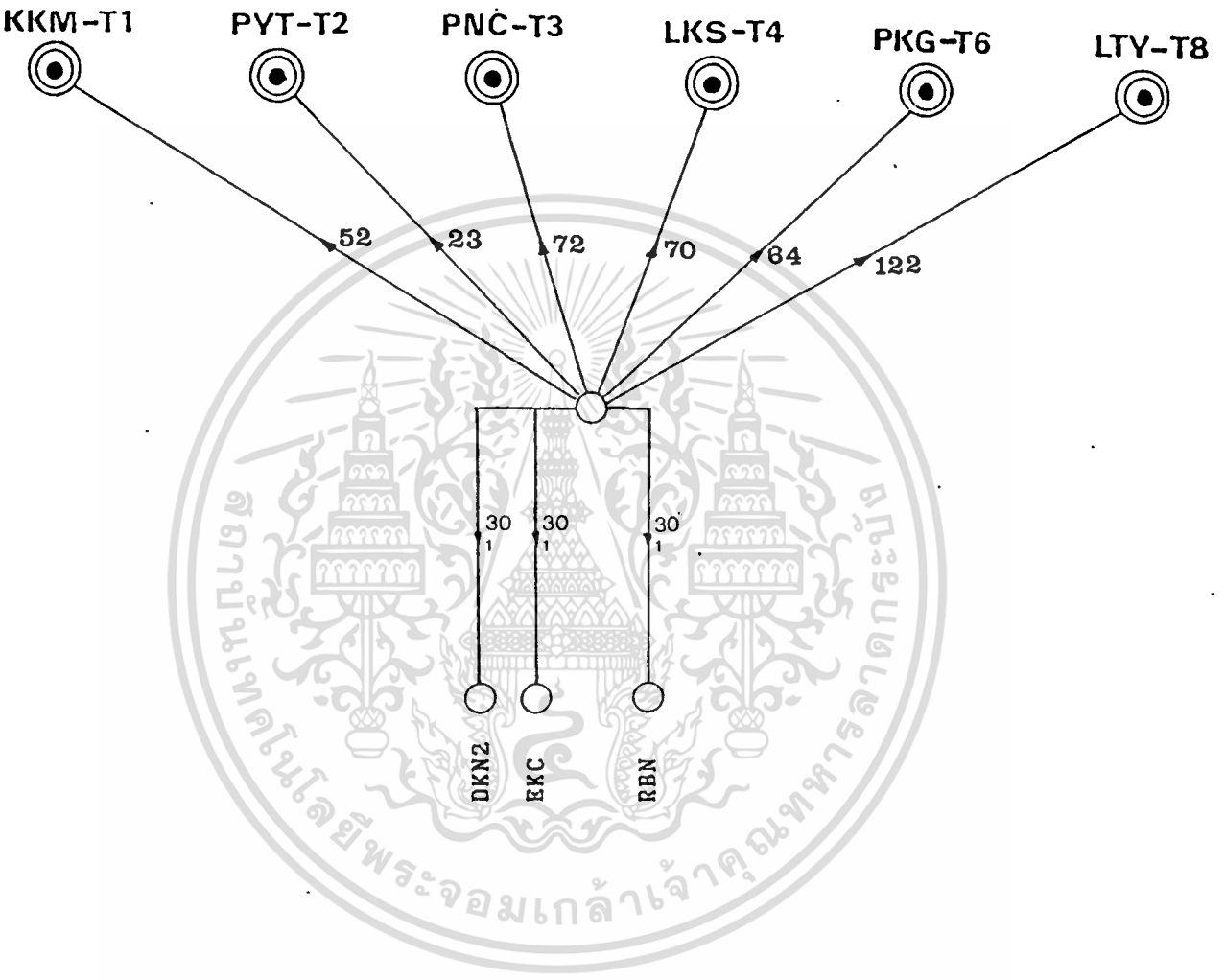
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 13

ชุมสายต้นทาง EKC



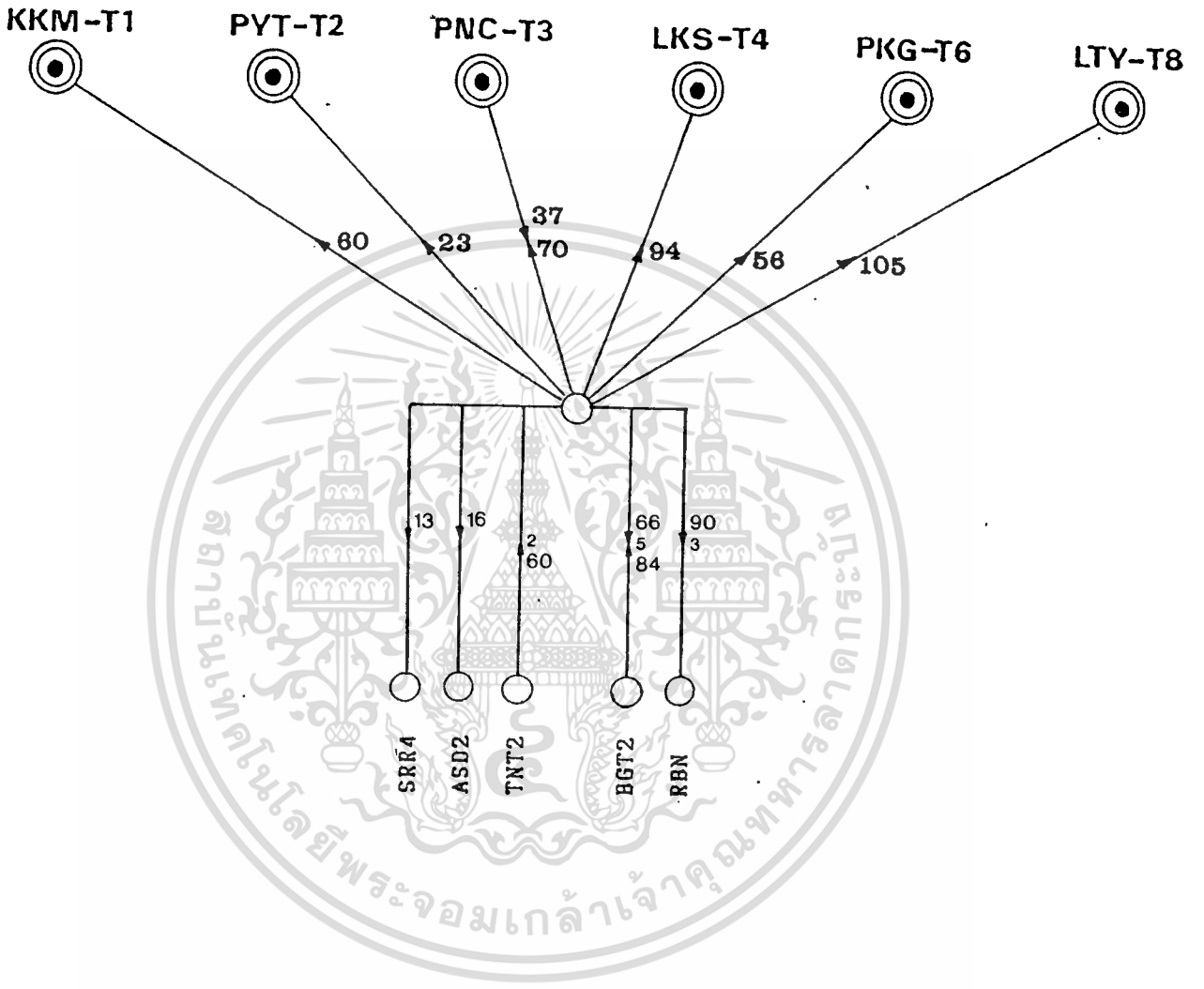
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 14

ชุมสายต้นทาง NGK



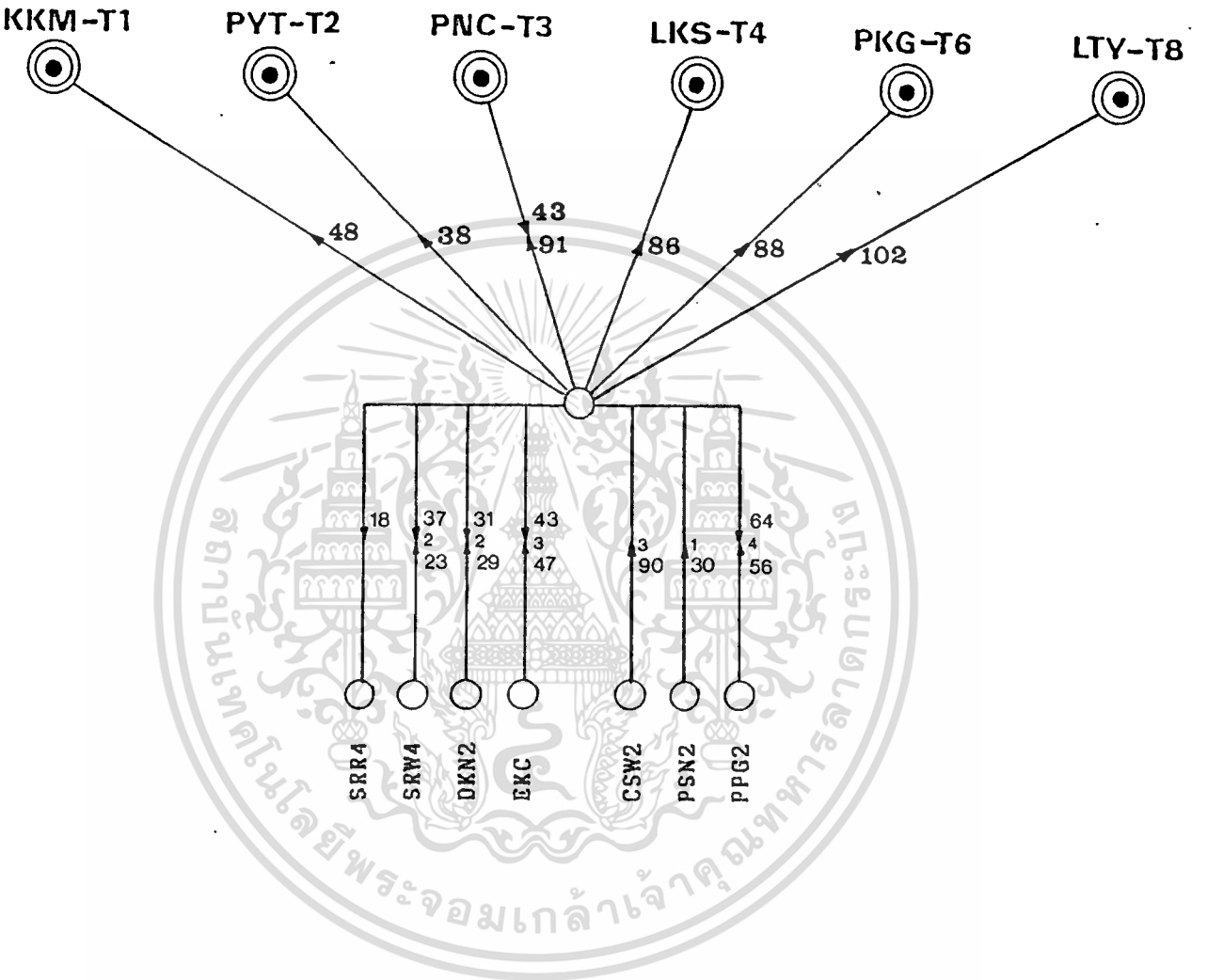
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 15

ชุมสายต้นทาง PSN2



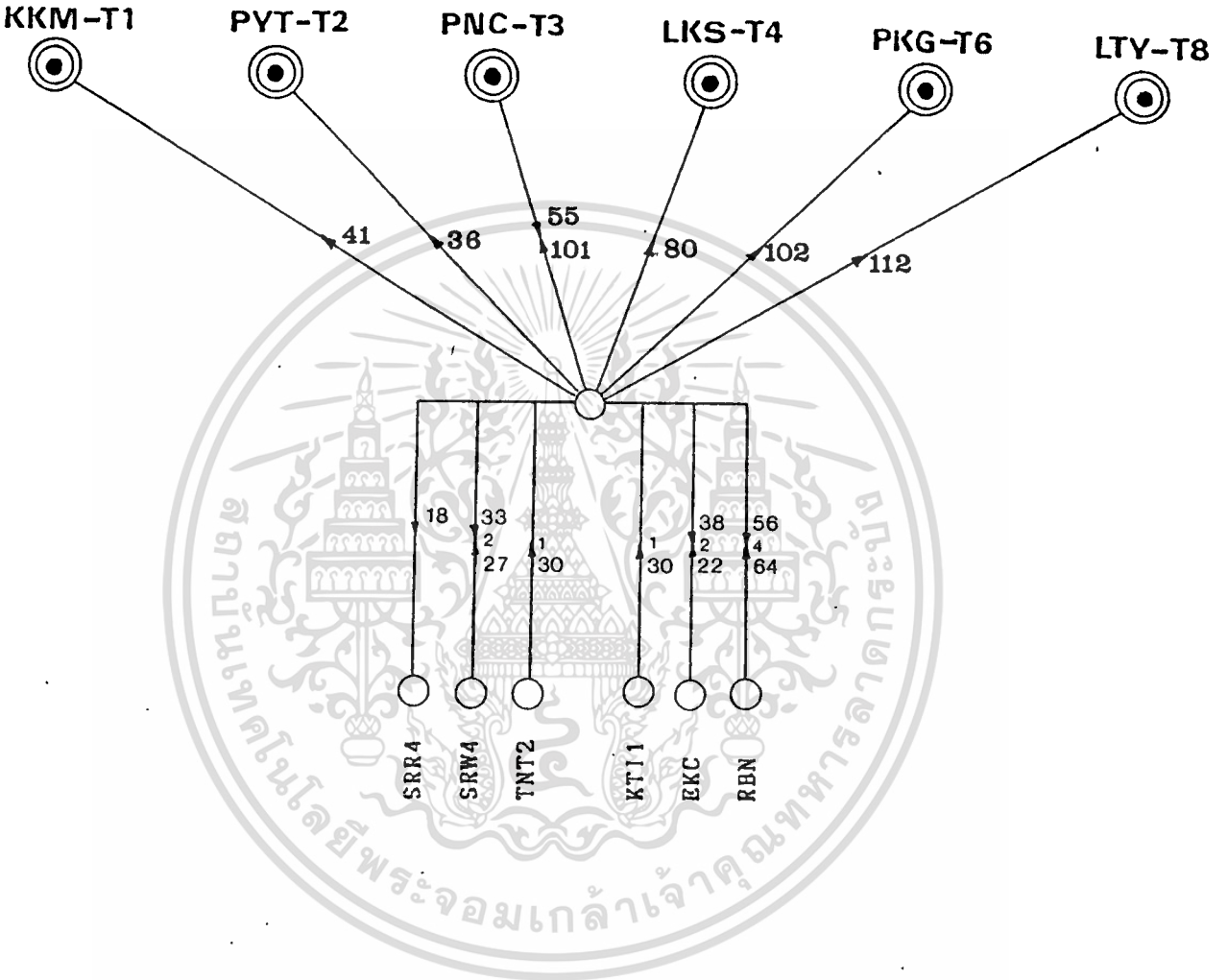
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 16

ชุมสายต้นทาง CSW2



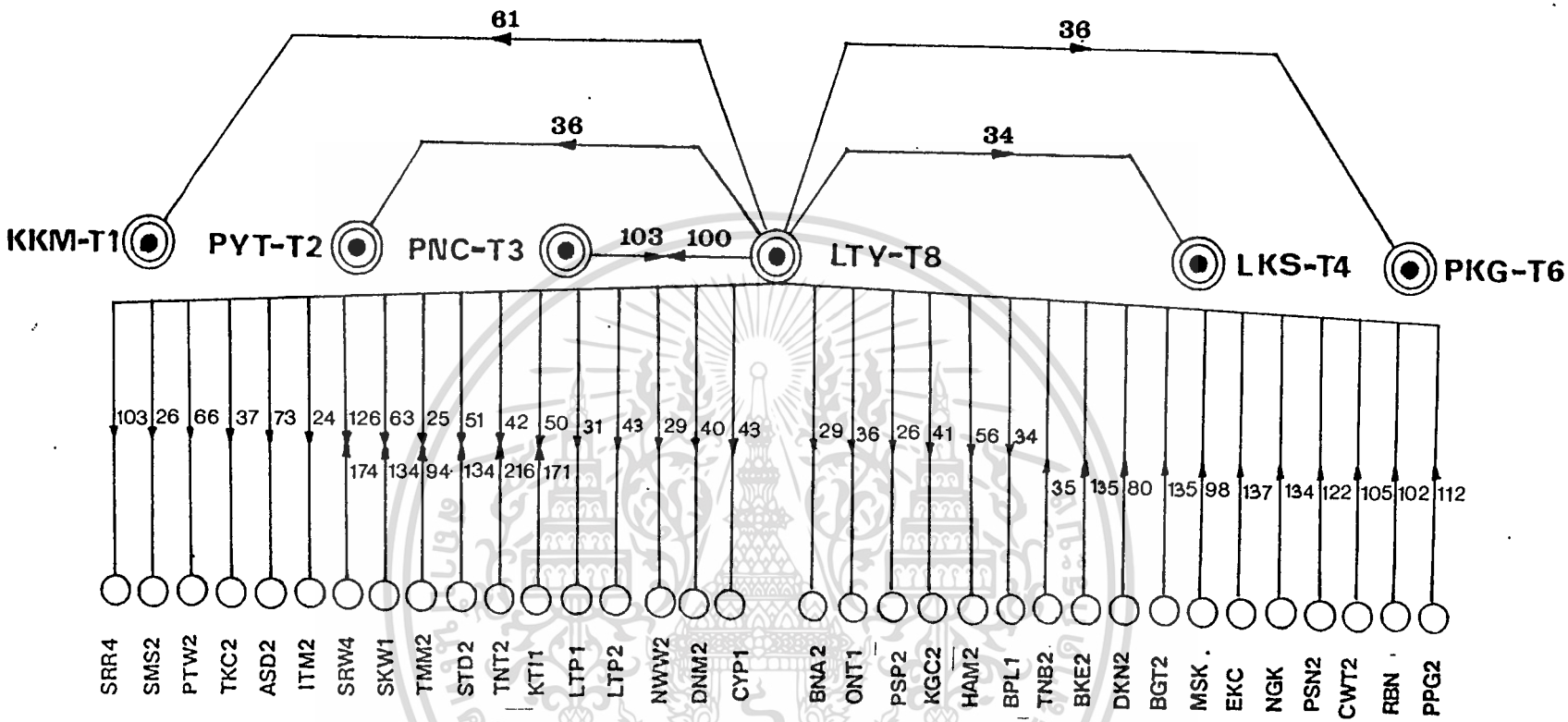
แผนภาพเส้นทางติดต่อ 17

ชุมสายต้นทาง RBN



แผนภาพเส้นทางติดต่อ 18

ชุมสายต้นทาง PPG2



แผนภาพเส้นทางติดต่อ 19

ชุมสายต้นทาง LTY-T8

บทที่ 10 สรุปและวิเคราะห์ผลกรณีศึกษา

10.1 สรุปกรณีศึกษา

จากการศึกษาเรื่องการวางแผนโครงข่ายโทรศัพท์ และเราได้กำหนดขอบเขตพื้นที่บางส่วนของเขตนครหลวง เพื่อมาเป็นกรณีศึกษาในส่วนของการวางแผนเส้นทางติดต่อ นั่นคือ พิจารณาเฉพาะการเรียกออกจากชุมสายท้องถิ่นในระบบ NEAX ที่อยู่ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า ตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 6 โดยเรานำหลักการและคำแนะนำต่าง ๆ จากกองวิศวกรรมแทรฟฟิค ทศท. มาปรับใช้ให้เข้ากับขอบเขตที่เรากำหนดไว้ เราสามารถสรุปขั้นตอนการทำงานทั้งหมดตามที่อธิบายไว้ในบทที่ 7, 8, และ 9 ตามลำดับ ได้ดังนี้

ขั้นแรก เมื่อเราเก็บรวบรวมข้อมูลดิบเกี่ยวกับการโทรเรียกออกในแต่ละเดือนได้พอสมควร ก็นำมาประมวลผลหาปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุด (POINT TO POINT TRAFFIC) จากชุมสายท้องถิ่นต้นทางต่าง ๆ ที่เราต้องการไปยังชุมสายท้องถิ่นปลายทางระบบ ทั้งหมดในเขตนครหลวง และจัดทำผลที่ได้ออกมาในรูปแทรฟฟิคเมตริกซ์ของแต่ละเดือน

ขั้นที่สอง ทำการเฉลี่ยปริมาณแทรฟฟิคในแต่ละเดือน เพื่อหาแทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน ในกรณีที่แทรฟฟิคเมตริกซ์ที่ได้ในแต่ละเดือนส่วนใหญ่ไม่สมบูรณ์ ก็ใช้หลักการต่าง ๆ ตามที่อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 7.4 เพื่อทำให้ได้แทรฟฟิคเมตริกซ์พื้นฐานที่สมบูรณ์ที่สุด

ขั้นที่สาม พิจารณาปริมาณผู้เช่าในปัจจุบัน และคาดคะเนปริมาณผู้เช่าในอนาคตคือ 5 ปีข้างหน้า สำหรับขั้นตอนนี้เราได้ข้อมูลที่ทางกองวิศวกรรมแทรฟฟิคทำไว้แล้ว ทั้งนี้เนื่องจากการคาดคะเนปริมาณผู้เช่าในอนาคต ต้องอาศัยปัจจัยหลายประการประกอบกัน รวมทั้งข้อมูลทางเศรษฐ-ศาสตร์บางอย่างด้วย

ขั้นที่สี่ คาดคะเนปริมาณแทรฟฟิคในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลที่ได้ในขั้นที่สองและขั้นที่สาม ได้แก่ ปริมาณแทรฟฟิคในปัจจุบัน และปริมาณผู้เช่าในอนาคต

ขั้นสุดท้าย คำนวณหาจำนวนวงจรเพื่อรองรับเส้นทางติดต่อต่าง ๆ โดยใช้หลักการของระบบสูญเสียการเรียกและระบบการเรียกล้น จัดทำผลที่ได้ในรูปแผนภาพเส้นทางติดต่อดังแสดงในหัวข้อที่ 9.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2 วิเคราะห์ผลกรณีศึกษา

เนื่องจากเรากำหนดขอบเขตที่ศึกษาจากพื้นที่ชุมสายที่มีอยู่จริง ทำให้สามารถใช้ข้อมูลปริมาณแทรฟฟิคที่ได้จากการวัดจริง ๆ ได้ ขอบเขตที่เรากำหนดนั้นไม่ได้ครอบคลุมการเรียกทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะครอบคลุมเฉพาะการเรียกที่มีชุมสายต้นทางอยู่ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้าเท่านั้น แต่ในการเรียกจริง ๆ จะมีทั้งที่เป็นการเรียกภายใน และการเรียกระหว่างชุมสายท้องถิ่น ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นด้วยกัน, การเรียกระหว่างชุมสายในนครหลวง และชุมสายในภูมิภาค ตลอดจนการเรียกไปต่างประเทศด้วย เห็นได้ว่ากรณีศึกษานั้นจะไม่ได้ใช้ข้อมูลอย่างสมบูรณ์ ดังนั้น จะทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์กรณีศึกษากับสภาพความเป็นจริงดังนี้

1. เส้นทางติดต่อโดยตรงระหว่างชุมสายท้องถิ่นต่าง ๆ (HU ROUTE) เราใช้ปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดที่คาดคะเนได้มาคำนวณหาวงจรโดยตรง โดยพิจารณาค่า COST RATIO และกำหนดเงื่อนไขตามคำแนะนำของกองวิศวกรรมแทรฟฟิคว่า จะต้องมีแทรฟฟิคอย่างน้อย 15 เออแลงค์ จึงจะทำการสร้างเส้นทางติดต่อโดยตรง แต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาค่าความคุ้มค่าประกอบด้วย บางครั้งแม้ว่าปริมาณแทรฟฟิคระหว่างจุดต่อจุดจะเกิน 15 เออแลงค์ แต่ไม่คุ้มค่าที่จะสร้าง ก็ไม่สร้าง ในกรณีศึกษา เราสามารถพิจารณาการสร้าง HU ROUTE ได้สมบูรณ์เฉพาะการเรียกภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต, ภายในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า และระหว่างชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิตกับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า เท่านั้น ส่วนการติดต่อจากชุมสายท้องถิ่นในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิตและ ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้าไปยังชุมสายท้องถิ่นอื่น ๆ (HU ROUTE ที่แสดงในรูปที่ 9.3) จะมีเฉพาะวงจรขาออกเท่านั้น เพราะว่าขอบเขตที่ศึกษาทำให้ไม่สามารถหาจำนวนวงจรขาเข้าในเส้นทางนั้น ๆ ได้

2. เส้นทางติดต่อจากชุมสายต้นทางไปยังชุมสายปลายทางโดยผ่านเส้นทางที่สอง (ALTERNATIVE ROUTE) ตามหลักของระบบล้น เราใช้ปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นมาจาก HU ROUTE เป็นปริมาณแทรฟฟิคเข้า (OFFERED TRAFFIC) แล้วมาคำนวณหาจำนวนวงจร ในกรณีศึกษาเราไม่สามารถสร้างเส้นทางที่สองได้สมบูรณ์ เพราะไม่ได้พิจารณาถึงความคุ้มค่า เนื่องจากจะทำให้การคำนวณยุ่งยากมาก ดังนั้น จำนวนวงจรที่คำนวณได้จะถูกต้องระดับหนึ่ง คือ สามารถรองรับปริมาณแทรฟฟิค ที่เกิดขึ้นในเส้นทางนี้ โดยมีโอกาสสูญเสียเท่ากับ 1 % ซึ่งถ้าเป็นการเรียกติดต่อจากชุมสายท้องถิ่น ในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า โดยผ่านเส้นทางที่สองจะสามารถหาวงจรในเส้นทางนี้ได้ทั้งขาเข้าและขาออก ส่วนกรณีอื่น ๆ หาได้เฉพาะขาออกอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เส้นทางติดต่อในทางเลือกสุดท้าย (FINAL ROUTE) จะรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่ล้นมาจากเส้นทางที่สองทั้งหมด ในกรณีศึกษานั้นปริมาณแทรฟฟิคที่เส้นทางสุดท้าย จะมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับสภาพความเป็นจริง เพราะว่าจริง ๆ แล้ว เส้นทางนี้จะต้องรองรับปริมาณแทรฟฟิคทั้งหมดที่เกิดจากการเรียกติดต่อไปยังชุมสายท้องถิ่นในชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเพลินจิต และชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นลาดหญ้า, ไปยังส่วนภูมิภาค ตลอดจนไปยังต่างประเทศและการติดต่อพิเศษอื่น ๆ ด้วย

4. จำนวนชุมสายท้องถิ่น ในกรณีศึกษา เราสมมติว่าไม่ได้มีการเพิ่มจำนวนชุมสายท้องถิ่น เพราะว่า จากขอบเขตที่ศึกษา ทำให้ปริมาณแทรฟฟิคที่คาดคะเนไม่ได้เพิ่มขึ้นมากมายจนกระทั่งต้องตั้งชุมสายขึ้นใหม่ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว ในการวางแผนโครงข่ายอาจมีการตั้งชุมสายท้องถิ่นเพิ่มก็ได้ เพื่อช่วยแบ่งปันและรองรับปริมาณแทรฟฟิคที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทแทรก

ก. ตารางแสดงชื่อ-อักษรย่อของชุมสายท้องถิ่นระบบ NEAX ทั้งหมดในนครหลวง และรหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย 1ก - 5ก

ข. ตารางแสดงปริมาณแทรฟฟิคการเรียกออกที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลดิบใน แต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2535 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2536 (ยกเว้นเดือนเมษายน) 1ข - 9ข

ค. NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA (AUG.1990-MAY.1993) 1ค - 4ค

ง. ตารางแสดงความต้องการของผู้เช่าใน ปี 2536 และปี 2541 1ง

จ. ตารางตัวอย่าง DESTINATION HOMING COST RATIO 1จ - 2จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง แสดงชื่อ-อักษรย่อของชุมสายท้องถิ่นระบบ NEAX ทั้งหมดในนครหลวง และรหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นกรุงเกษม (KKM-T1)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
สำราญราษฎร์ 4	SRR 4	220,224,225,226
กรุงเกษม 1	KKM 1	280,281,283
สามเสน 2	SMS 2	243,244
ปทุมวัน 2	PTW 2	215,216,217
ตรอกจันทร์ 2	TKC 2	210,212,213
ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพหลโยธิน (PYT-T2)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
อโศกดินแดง 2	ASD 2	201,202,246,247,248
พหลโยธิน 3	PYT 3	271,272,273,299
อินทมระ 2	ITM 2	203,274,275,276,290,298,559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นสุรวงศ์-เพลินจิต (PNC-T3)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
เพลินจิต 3	PNC 3	208,218,253,254,255,256,257
สุรวงศ์ 4	SRW 4	230,231,236,237,238
สุขุมวิท 1	SKW 1	258,259,260,261,262
ทุ่งมหาเมฆ 2	TMM 2	263,285,287
สาธุประดิษฐ์ 2	STD 2	294,295
ถนนตก 2	TNT 2	291,292
คลองเตย 1	KTI 1	240,249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นหลักสี่ (LKS-T4)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
บางชัน 1	BGC 1	517,518,543
บางบัวทอง 1	BBT 1	571,594,595,597
บางเขน 2	BGN 2	507,550,561,570,578
รามอินทรา 1	RIT 1	510,519
ลาดพร้าว 1	LTP 1	512,513,537,541
ลาดพร้าว 2	LTP 2	530,538,539
แจ้งวัฒนะ 1	CWT 1	505,506,573,574,576
บางปูน	BAN	567
นนทบุรี 2	NTB 2	526,527
งามวงศ์วาน 2	NWW 2	580,589,590,591
บางซื่อ 2	BGS 2	586,587
ดอนเมือง 2	DNM 2	531,532,533,534,563,566,569
หลักสี่ 2	LKS 2	535,551,552,562
ปากเกร็ด 1	PKK 1	501,502,583,584
ปทุมธานี	PTT	581,593,598,599
รังสิต	RST	516,524,564,565
ชัญบุรี	TYB	546,549,577
นวนคร	NWN	529

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

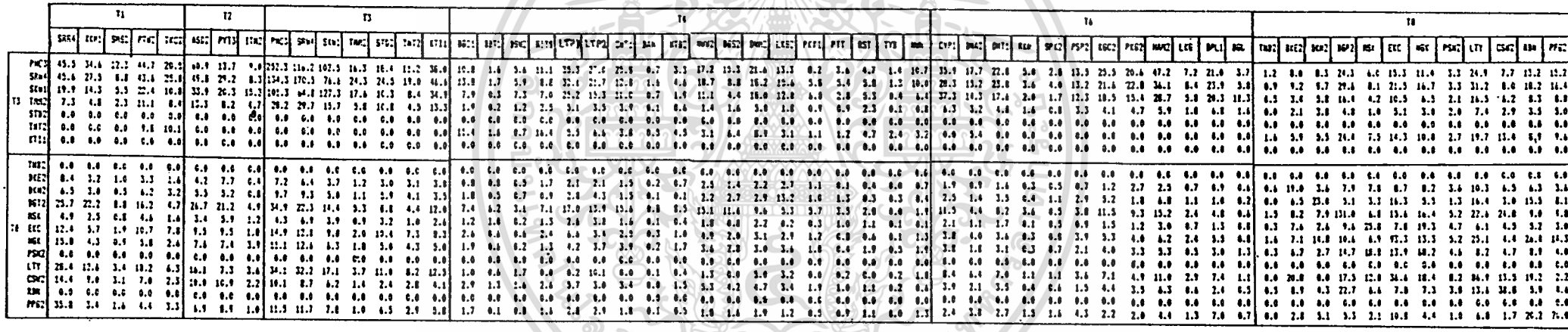
ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นพระโขนง (PKG-T6)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
ชัยพฤกษ์ 1	CYP 1	207,264,308,336,366,367,368,381,382,391
บางนา 2	BNA 2	301,398,
อ่อนนุช 1	ONP 1	320,321,322,328
รามคำแหง	RKH	372,373
สมุทรปราการ 2	SPK 2	387
ปู่เจ้าสมิงพราย 2	PSP 2	384,385,386
คลองจั่น 2	KGC 2	351,368,374,375,376
พระโขนง 2	PKG 2	331,332,333
หัวหมาก 2	HAM 2	300,310,318
ลาดกระบัง	LKG	326
บางพลี 1	BPL 1	312,313,315,315,316,317,330,338
บางปู	BGU	323,324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นธนบุรี–ลาดหญ้า (LTY-T8)		
ชื่อชุมสายท้องถิ่น	อักษรย่อ	รหัส 3 ตัวที่อยู่ภายในชุมสาย
ธนบุรี 2	TNB 2	472
บางแค 2	BKE 2	457,458
ดาวคนอง 2	DKN 2	476,477
บางพลัด 2	BGT 2	422,433,434,435,436,447,448
หมู่บ้านเศรษฐกิจ	MSK	421,444,445
เอกชัย	EKC	415,416,417
หนองแขม	NGK	420,429,431,441
ภาษีเจริญ 2	PSN 2	454,455,456
ลาดหญ้า	LTY	437,438,439,440,442
จรัลสนิทวงศ์ 2	CSW 2	412,418,419
ราษฎร์บูรณะ	RBN	426,427,428,470
พระประแดง 2	PPG 2	425,461,463,464

ที่มา : METROPOLITAN TENTATIVE PLAN [UPDATE : MAR.11,1993]

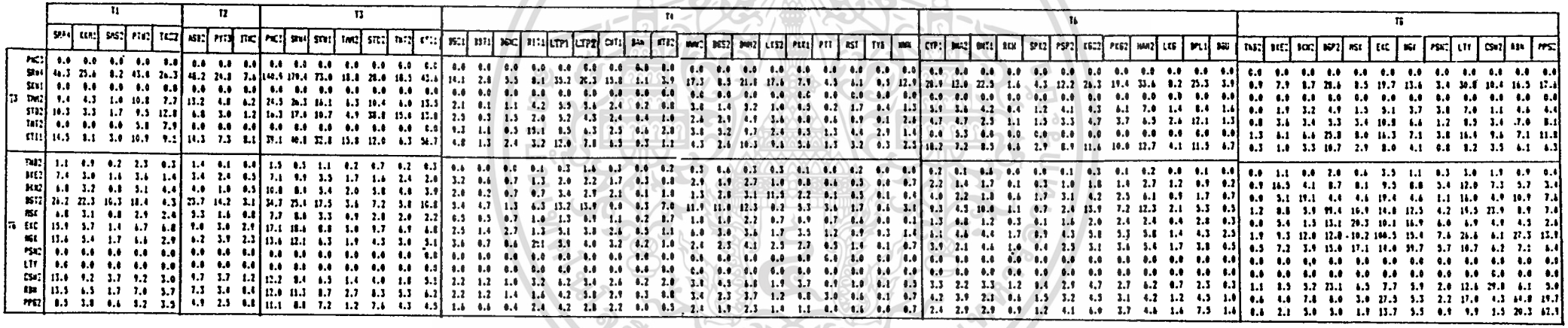
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

13-10-1992



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

17-11-1992

		T1					T2			T3						
		SRR4	ECN1	SPS2	PTN2	TKC2	ASB2	PYT3	ITNC	PKC3	SPW4	SCN1	TAM2	STB2	TWT2	CTI1
T3	PKC3	40.0	37.1	13.3	47.3	25.8	33.3	13.5	9.0	233.6	119.4	90.4	15.0	18.7	10.5	38.4
	SPW4	48.9	24.7	8.6	43.7	26.2	45.7	25.3	9.2	136.4	171.5	73.1	19.2	27.6	15.6	48.9
	SCN1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TAM2	8.9	4.7	2.7	9.5	7.4	12.4	4.9	4.9	23.6	29.6	13.6	5.7	11.3	5.9	17.3
	STB2	10.0	3.6	1.3	8.2	20.0	8.1	3.8	1.0	17.0	17.7	12.6	4.7	40.8	11.7	12.7
	TWT2	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CTI1	13.9	16.5	4.0	9.9	8.1	17.1	7.6	6.0	64.0	44.2	30.0	13.2	16.3	7.1	64.5
T8	TKB2	2.1	0.2	0.4	1.0	0.5	1.0	0.6	0.4	1.4	1.9	1.2	0.1	1.0	0.5	0.5
	BKE2	7.5	2.2	0.9	4.6	2.5	4.9	2.5	0.5	7.8	7.1	3.9	1.1	3.6	1.4	2.7
	BCN2	8.4	3.0	1.7	5.2	3.0	4.6	0.6	1.2	11.6	6.4	4.1	0.9	3.6	4.3	2.9
	BGT2	30.4	24.0	10.0	18.6	6.9	26.1	15.4	3.7	28.2	27.3	18.0	3.3	8.0	5.6	11.4
	NSK	3.7	2.7	1.4	3.6	1.9	3.4	1.6	2.3	4.6	1.5	3.6	2.3	2.9	1.8	2.5
	EKC	16.5	5.9	1.4	7.7	8.3	6.3	4.8	4.9	16.4	17.0	10.6	5.9	10.8	8.9	7.6
	NGK	13.2	3.8	0.8	5.7	4.4	9.1	4.7	2.4	12.8	14.8	8.8	7.7	5.1	4.6	4.9
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CSK2	11.8	7.5	2.4	6.4	3.1	9.8	5.7	1.6	11.6	9.4	6.9	1.0	2.8	2.5	4.9
	RBN	10.4	4.3	1.3	6.0	4.0	7.7	5.2	3.7	13.5	15.5	8.5	2.1	7.0	7.6	9.2
	PPG2	10.3	3.3	1.6	4.9	3.0	8.0	2.6	1.0	9.9	12.4	6.0	2.0	7.4	2.8	7.7

		T4																	
		BGC1	BBT1	BGN2	RIT1	LTP1	LTP2	CPT1	BAN	STB2	NWW2	BGS2	BMN2	LKS2	PKK1	PTT	RST	TYB	BNN
T3	PKC3	15.9	2.1	5.9	11.7	34.9	28.0	22.7	0.7	4.6	19.1	16.5	23.7	11.0	11.0	4.5	5.1	1.4	10.0
	SPW4	13.2	2.5	3.9	9.5	28.8	19.1	19.8	1.0	3.3	16.4	9.1	19.4	10.9	7.8	4.5	7.3	0.7	11.2
	SCN1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TAM2	2.3	0.3	1.6	3.1	7.0	5.9	3.1	0.2	0.7	2.4	2.2	5.0	3.9	1.3	0.6	1.5	3.0	0.9
	STB2	2.6	0.2	0.6	2.6	4.4	3.7	3.2	0.1	0.3	4.0	2.3	5.0	3.5	1.1	1.9	1.3	0.2	1.6
	TWT2	9.3	1.5	0.4	14.4	5.2	6.5	2.4	1.3	4.6	4.0	9.8	9.8	3.5	1.3	1.4	3.6	3.9	2.3
	CTI1	5.3	0.6	3.7	4.8	12.8	8.2	4.3	0.2	0.9	6.7	4.1	6.4	6.4	4.2	2.2	3.2	-0.2	3.0
T8	TKB2	0.4	0.0	0.1	0.5	0.4	0.8	0.3	0.0	1.0	1.1	0.6	6.8	0.0	1.1	0.0	0.1	0.2	0.1
	BKE2	1.2	0.7	0.7	1.4	2.4	2.2	1.3	0.6	1.2	2.9	0.9	2.3	1.1	2.4	0.6	0.7	0.2	0.6
	BCN2	0.6	0.3	0.4	0.7	3.0	4.0	1.7	0.1	0.6	2.5	2.0	2.0	12.0	1.1	0.4	0.0	0.2	0.3
	BGT2	6.2	5.4	2.7	4.3	14.3	15.5	11.4	1.6	6.3	15.2	9.2	13.8	4.7	5.2	3.3	2.4	0.5	2.4
	NSK	0.7	0.2	0.2	0.4	1.8	3.0	1.6	0.3	0.4	1.8	2.0	2.0	1.3	1.2	1.5	1.0	0.0	0.1
	EKC	3.7	1.4	3.9	1.3	5.7	3.7	2.9	0.0	2.4	2.7	2.3	4.3	2.0	2.2	1.6	0.6	0.1	1.0
	NGK	2.0	0.9	0.3	1.8	3.7	2.6	2.4	0.3	0.8	5.2	2.1	3.2	3.5	2.9	0.6	0.7	0.2	1.2
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CSK2	3.1	1.3	0.8	2.3	4.4	5.5	3.8	0.8	1.6	5.5	3.5	5.4	3.2	2.3	0.0	0.0	0.1	0.1
	RBN	2.5	0.9	2.6	2.1	3.5	3.7	3.7	0.8	0.7	3.2	1.5	3.1	2.0	2.4	1.3	0.9	0.1	0.5
	PPG2	1.8	0.2	0.3	1.8	2.9	3.7	2.8	0.2	6.9	4.9	2.2	3.2	1.9	0.8	0.9	0.4	0.3	0.0

		T6											
		CYP1	BNA2	BKT1	BCN	SPK2	PSP2	EGC2	PKS2	NWC	LCG	BPL1	BBS
T3	PKC3	31.6	14.3	20.1	6.1	2.2	13.0	31.9	24.2	49.2	8.2	19.5	3.6
	SPW4	28.4	11.3	19.5	3.5	4.6	10.6	24.5	18.0	35.5	9.4	22.9	6.6
	SCN1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TAM2	7.8	3.1	4.2	1.6	1.3	4.6	4.5	5.6	6.0	1.5	6.3	1.8
	STB2	6.3	5.7	3.2	0.4	1.1	4.0	4.8	5.3	7.6	3.5	8.5	1.0
	TWT2	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CTI1	20.7	7.7	9.1	1.0	1.3	9.5	10.2	-10.7	12.9	5.0	10.0	6.7
T8	TKB2	0.6	0.3	0.3	0.0	0.0	0.6	6.4	0.8	1.2	0.1	0.2	0.0
	BKE2	1.0	1.1	1.5	0.4	0.3	0.7	1.8	2.0	3.8	1.7	1.8	0.7
	BCN2	4.7	2.0	2.4	0.7	1.2	3.0	4.5	1.5	5.0	0.5	2.0	0.7
	BGT2	9.4	3.7	8.1	1.6	1.0	2.0	12.1	7.5	17.2	2.3	6.1	0.6
	NSK	2.2	1.6	2.0	0.7	0.5	1.4	3.4	0.9	2.4	0.3	2.4	0.2
	EKC	4.8	4.5	5.5	1.6	1.2	4.3	6.9	4.0	8.6	1.8	5.1	1.4
	NGK	4.0	2.7	3.4	0.4	0.3	2.7	3.3	4.8	6.6	1.3	1.9	1.2
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CSK2	4.7	2.4	3.8	0.6	0.4	1.3	3.1	3.4	7.8	0.9	2.7	0.3
	RBN	5.6	2.8	4.0	0.3	0.0	3.4	3.4	2.4	5.8	0.9	6.3	2.1
	PPG2	3.2	2.4	4.4	0.9	0.9	3.1	3.1	2.2	3.6	2.1	5.9	1.0

		T8											
		TKB2	BKE2	BCN2	BGP2	NSK	EKC	NGK	PSK2	LTY	CSK2	RBN	PPG2
T3	PKC3	1.4	7.1	7.8	21.9	5.4	13.9	11.3	2.8	25.7	8.3	11.2	30.4
	SPW4	1.5	8.4	7.3	29.8	7.6	18.6	12.4	3.0	31.1	11.1	16.3	17.3
	SCN1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TAM2	0.0	1.9	3.0	4.3	1.4	9.1	2.2	4.1	5.7	2.7	4.8	4.9
	STB2	0.1	2.4	3.2	6.2	2.3	11.0	6.5	1.2	11.4	1.8	7.2	8.7
	TWT2	1.1	6.0	6.4	27.4	7.4	15.1	8.1	5.4	16.5	10.5	10.5	11.1
	CTI1	0.1	2.0	2.9	10.0	3.3	9.2	4.6	1.0	7.2	4.0	6.3	7.5
T8	TKB2	0.0	1.1	0.0	2.8	0.3	2.7	1.3	0.3	3.3	2.0	1.2	0.5
	BKE2	0.9	17.0	5.4	8.5	5.3	8.3	5.8	3.9	11.1	7.7	5.7	3.4
	BCN2	0.0	29.6	22.9	6.7	2.8	16.4	3.6	1.8	18.0	3.8	12.3	7.7
	BGT2	0.7	10.2	7.2	116.9	7.9	16.2	17.2	5.0	19.9	19.9	10.2	5.8
	NSK	0.3	5.9	3.7	11.3	25.7	8.7	15.1	5.7	7.8	6.0	4.6	1.9
	EKC	1.7	8.1	13.3	12.5	9.6	95.9	17.8	7.7	24.4	3.8	24.9	15.1
	NGK	0.4	7.7	3.0	11.1	17.5	15.3	65.8	5.1	10.7	4.8	6.9	3.8
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CSK2	0.7	8.4	5.1	22.5	5.0	9.6	6.9	1.8	13.8	38.0	5.3	4.1
	RBN	0.4	3.9	7.5	11.7	3.7	29.2	6.6	2.3	16.3	5.5	61.1	20.1
	PPG2	0.7	2.4	5.5	7.0	1.6	12.8	3.7	0.5	8.9	3.1	24.0	64.7

TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

15-12-1992

		T1					T2			T3						
		SRB4	KKN1	SNS2	PTN2	TKC2	ASC2	PYT3	STR2	PNC3	SRW4	SKW1	TMM2	STG2	THT2	CTI1
T3	PNC3	41.9	32.5	14.8	48.9	16.9	45.2	12.2	11.6	253.3	127.1	99.0	12.7	17.0	12.8	42.4
	SRW4	51.0	24.7	8.6	46.6	25.6	44.0	24.4	8.7	137.7	178.1	79.5	21.0	27.6	14.8	33.0
	SKW1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TMM2	10.4	8.4	1.9	9.8	9.2	14.7	6.2	4.6	30.7	33.5	17.1	9.0	12.8	4.7	17.2
	STG2	8.8	3.8	2.0	6.0	21.9	7.7	3.2	1.2	13.6	22.7	10.4	5.1	38.3	13.0	12.8
	THT2	0.0	0.0	0.0	4.3	8.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CTI1	14.7	11.3	3.3	12.0	8.3	16.3	7.6	7.4	38.8	45.8	33.9	18.2	12.9	6.3	66.8
T8	TKB2	2.0	0.6	0.1	1.6	0.8	1.2	0.4	0.3	2.0	2.2	1.4	0.2	0.6	0.4	0.7
	BKE2	7.6	3.6	1.0	4.4	1.3	3.4	2.0	0.3	6.6	5.5	2.4	0.7	2.0	1.5	2.6
	BKN2	8.1	2.6	1.4	5.3	3.3	5.1	1.1	1.4	9.8	7.4	5.2	1.1	5.4	4.0	3.3
	BST2	29.9	24.8	10.6	10.3	5.0	23.1	11.0	3.3	26.1	26.3	19.0	4.3	8.7	3.8	12.9
	NSK	5.3	3.9	1.1	2.9	2.0	3.9	1.7	1.3	5.9	6.1	3.2	1.4	2.4	2.0	1.8
	EKC	13.2	4.9	2.5	9.1	3.8	8.1	4.5	4.6	15.0	14.4	9.4	6.3	9.2	8.7	9.2
	BGK	13.4	5.4	2.5	4.6	3.2	7.3	3.3	3.1	11.6	12.0	6.1	1.0	3.8	5.5	3.9
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	20.3	9.5	3.9	12.1	4.6	10.0	3.0	2.1	25.3	28.8	14.6	2.9	8.8	6.2	9.2
	CSN2	10.1	7.6	3.2	7.5	3.3	8.9	3.6	1.4	10.6	10.2	4.7	0.5	2.3	2.6	6.9
	RBA	11.0	4.7	1.5	7.7	5.1	8.3	4.3	3.7	13.1	14.0	8.1	3.3	3.6	4.8	7.3
	PPG2	8.0	2.7	0.8	5.7	2.2	4.9	2.0	0.8	11.0	5.5	7.5	2.0	3.0	2.0	3.2

		T4																	
		DGC1	BRT1	BGN2	NIT1	LYP1	LYP2	CNT1	BAn	KTB2	BMC	BGS2	BME2	LKS2	PCK1	PTT	RST	TYB	MMN
T3	PNC3	13.1	3.3	6.3	12.7	34.9	29.5	20.7	0.4	5.2	23.8	17.8	23.2	9.9	7.0	0.4	5.9	1.3	9.6
	SRW4	15.3	2.0	4.5	11.4	32.5	16.7	20.2	1.0	4.5	18.6	11.8	21.8	17.0	6.9	6.0	8.0	1.0	9.6
	SKW1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TMM2	2.9	0.6	2.1	4.6	7.0	4.8	3.5	0.2	0.7	1.8	1.2	5.2	5.2	1.3	0.5	1.9	3.1	1.7
	STG2	4.2	0.2	1.1	2.0	4.8	3.5	2.2	0.5	0.8	2.4	2.3	3.2	4.5	1.6	0.0	0.9	0.2	2.4
	THT2	10.4	1.7	1.0	14.6	6.5	3.1	2.7	0.4	3.4	3.7	5.0	11.0	2.3	0.7	1.5	3.3	1.8	2.4
	CTI1	6.0	0.4	4.5	3.9	19.8	0.3	4.7	0.3	1.9	3.7	3.3	11.2	7.8	4.1	2.9	3.3	0.3	4.3
T8	TKB2	0.2	0.0	0.1	0.4	6.8	0.5	0.2	0.0	0.2	0.7	0.4	0.6	0.2	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1
	BKE2	1.3	0.4	1.0	1.6	2.1	2.1	1.4	0.6	1.1	2.7	1.4	2.3	0.9	0.6	0.0	0.5	0.1	0.5
	BKN2	1.0	0.4	0.6	1.0	2.9	3.6	0.8	0.3	0.7	3.1	2.1	1.7	12.2	1.4	0.7	0.7	0.2	0.7
	BST2	6.7	4.6	3.1	7.5	13.0	13.4	9.9	0.0	7.2	16.2	10.5	12.2	4.4	7.6	4.2	1.6	0.9	2.3
	NSK	0.8	0.2	1.0	0.5	2.2	1.9	0.9	0.1	0.3	2.5	1.0	2.6	0.7	0.3	0.7	0.3	0.1	0.5
	EKC	1.8	0.9	4.0	2.2	5.3	4.8	3.9	1.0	1.4	4.3	2.8	4.2	2.5	2.9	6.7	1.1	0.6	2.3
	BGK	2.4	0.9	1.0	0.9	4.4	2.6	2.6	0.4	2.0	4.3	1.0	2.9	3.2	1.7	0.8	0.5	0.0	0.6
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.5	0.6	2.0	0.0	0.9	6.7	0.0	0.1	0.3	1.0	0.0	3.9	1.0	0.0	0.3	0.0	0.0	1.5
	CSN2	2.5	1.4	0.4	2.5	4.7	6.7	2.4	0.1	2.3	5.4	3.4	4.7	2.9	2.4	0.7	0.7	0.3	0.9
	RBA	2.5	0.4	2.3	1.5	5.5	3.7	4.0	0.3	0.7	3.2	1.8	3.3	3.3	2.1	1.5	0.9	0.1	0.3
	PPG2	1.2	0.5	0.4	1.6	2.2	2.7	1.4	0.3	0.9	2.6	2.0	2.2	1.0	1.8	1.2	1.3	0.0	1.4

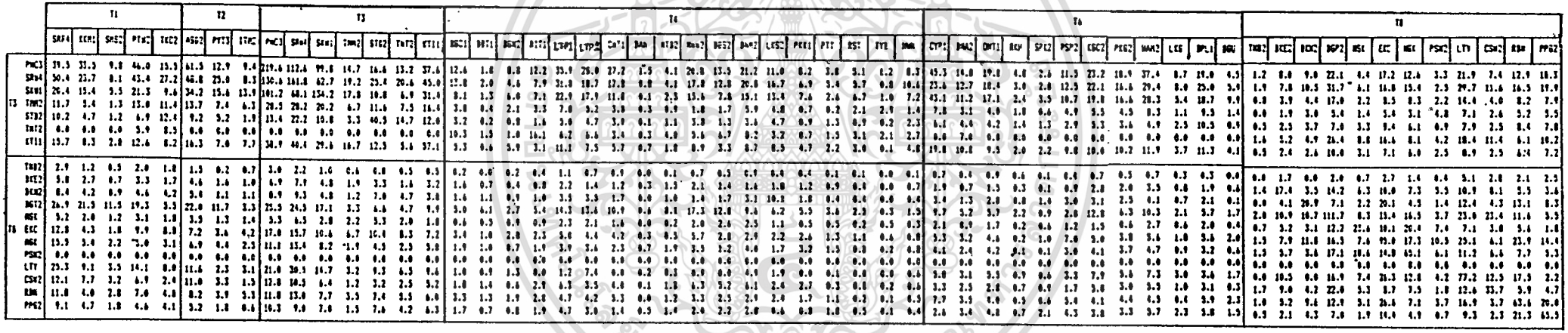
		T6											
		CYP1	BNA2	ONT1	BKN	SPK2	PSP2	OSC2	PCG2	MAM2	LKG	BPL1	BRU
T3	PNC3	35.0	15.3	22.9	4.6	1.4	11.3	23.0	23.2	42.7	7.5	19.2	4.1
	SRW4	23.1	14.8	23.6	4.0	3.4	13.7	24.0	15.7	33.1	9.3	26.0	3.6
	SKW1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TMM2	7.3	4.2	4.3	0.4	1.3	5.3	6.8	5.7	7.3	2.0	6.5	2.3
	STG2	5.7	4.6	4.3	0.8	1.2	3.0	3.3	5.1	5.7	3.0	7.1	1.1
	THT2	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	CTI1	20.0	0.6	11.2	1.9	1.6	10.1	11.7	14.2	16.1	3.1	11.4	6.3
T8	TKB2	6.4	0.2	0.8	0.1	0.2	0.3	0.6	0.9	0.9	0.4	0.6	0.2
	BKE2	1.6	1.0	1.9	0.6	0.1	1.2	2.1	1.4	1.8	0.9	1.2	0.3
	BKN2	3.6	1.7	2.1	0.0	1.3	1.8	3.0	2.6	4.6	0.7	1.2	0.1
	BST2	9.5	5.3	7.0	2.0	1.7	2.8	13.3	7.0	13.2	2.7	5.7	0.7
	NSK	1.3	1.1	0.0	1.0	0.9	1.7	2.6	1.1	2.4	0.5	3.2	0.3
	EKC	4.3	3.8	3.6	0.3	0.6	5.0	5.8	4.9	5.6	1.7	6.6	1.5
	BGK	2.0	2.3	3.6	0.1	0.4	3.1	4.5	3.2	6.7	0.6	2.7	0.5
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	6.7	5.9	4.9	1.0	0.5	1.9	6.5	6.7	8.5	1.4	5.3	1.4
	CSN2	4.1	2.4	3.6	1.2	0.6	0.9	5.2	2.3	4.5	0.0	1.9	0.5
	RBA	3.0	3.9	4.0	0.4	0.6	4.0	3.3	3.0	5.3	1.1	3.7	2.3
	PPG2	2.9	2.7	4.0	0.3	0.9	3.0	2.3	1.7	6.1	1.6	6.2	1.5

		T8											
		TKB2	BKE2	BKN2	BGP2	NSK	EKC	BGK	PSK2	LTY	CSN2	RBA	PPG2
T3	PNC3	1.6	6.6	10.4	25.2	4.7	16.3	11.0	2.4	31.5	9.1	14.5	12.5
	SRW4	1.4	9.4	9.4	20.7	5.7	20.5	13.3	3.3	34.4	8.6	16.4	17.7
	SKW1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	TMM2	0.0	2.0	3.5	4.6	2.7	6.1	2.8	5.0	6.0	2.4	4.0	5.1
	STG2	0.3	2.6	3.5	5.3	2.6	8.7	4.8	0.9	10.2	2.6	4.9	8.3
	THT2	1.5	5.2	4.9	19.5	6.5	15.1	7.1	3.0	19.3	12.2	7.2	8.9
	CTI1	0.4	2.0	2.3	9.0	2.3	7.0	5.6	1.1	8.7	2.8	6.6	7.2
T8	TKB2	0.0	1.8	0.0	2.4	1.0	3.3	1.2	0.2	4.3	1.5	2.2	1.2
	BKE2	1.3	17.0	5.0	8.5	6.1	9.9	4.3	2.7	10.3	7.3	4.6	2.5
	BKN2	0.0	4.6	22.7	6.3	2.7	15.3	3.3	0.6	13.0	3.7	12.0	5.4
	BST2	2.0	10.4	6.0	117.6	8.1	12.9	12.4	4.0	21.1	25.3	9.9	8.2
	NSK	0.6	6.0	3.4	8.8	20.1	6.5	12.8	0.0	8.1	6.4	3.7	2.4
	EKC	1.3	7.1	13.0	13.0	7.8	82.5	13.3	6.5	17.6	6.1	16.9	12.1
	BGK	1.0	5.7	4.4	16.6	19.2	10.7	64.2	4.6	10.9	4.0	5.7	6.3
	PSK2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	LTY	0.0	6.9	0.0	17.3	7.2	21.6	7.8	1.7	78.3	9.3	15.6	2.4
	CSN2	1.5	6.7	7.1	23.2	6.0	6.2	5.5	2.7	11.6	31.9	5.1	3.9
	RBA	3.0	3.5	9.1	9.9	3.9	22.5	4.7	3.4	14.0	5.5	35.0	20.6
	PPG2	1.0	3.0	3.9	5.4	2.6	11.2	3.1	0.9	7.9	2.0	18.2	59.1

TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

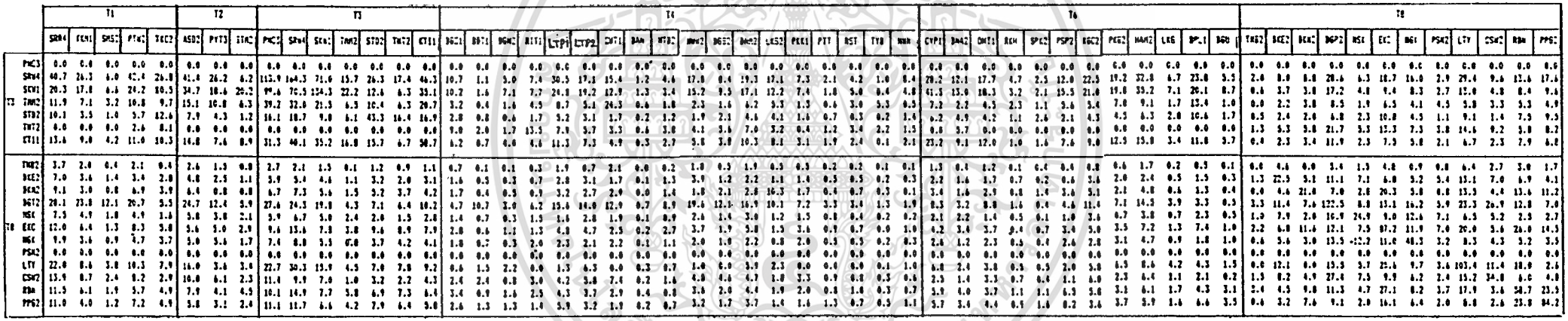
26-01-1993



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

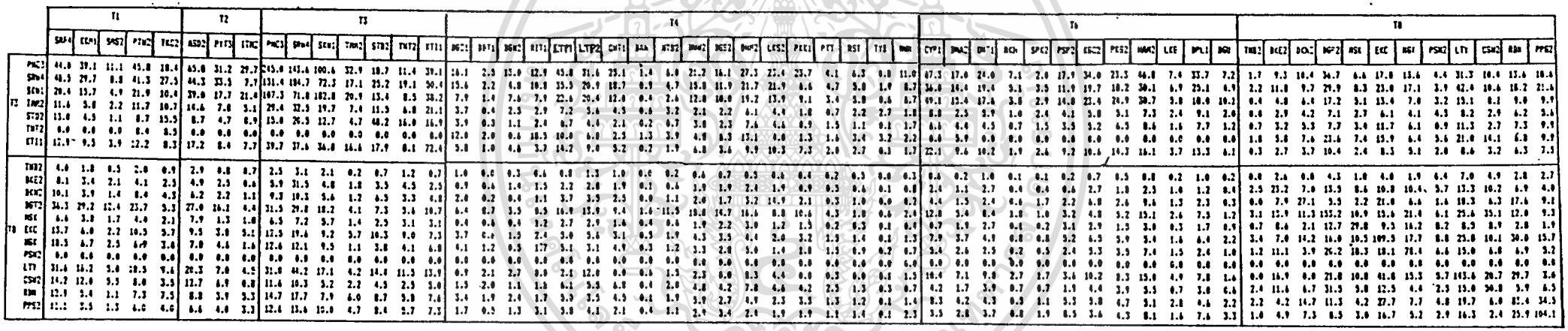
09-02-1993



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

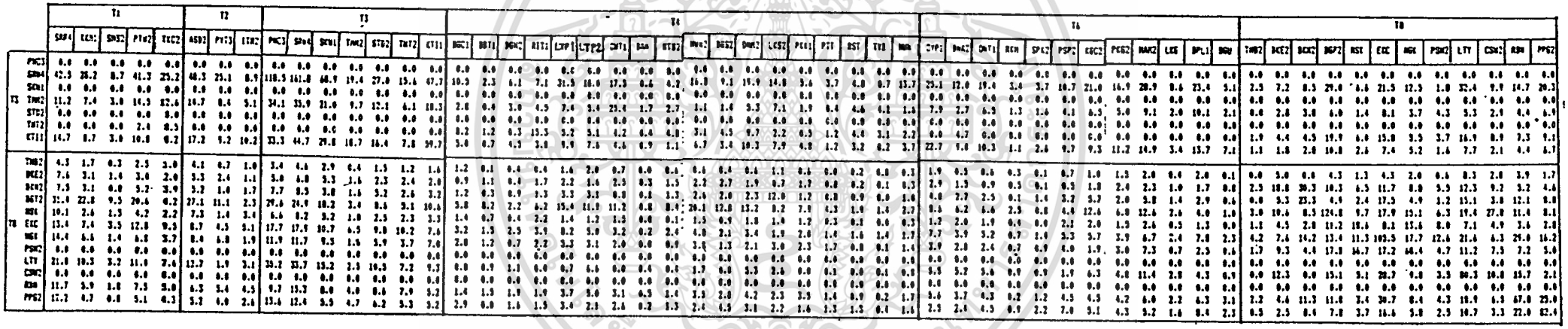
16-03-1993



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

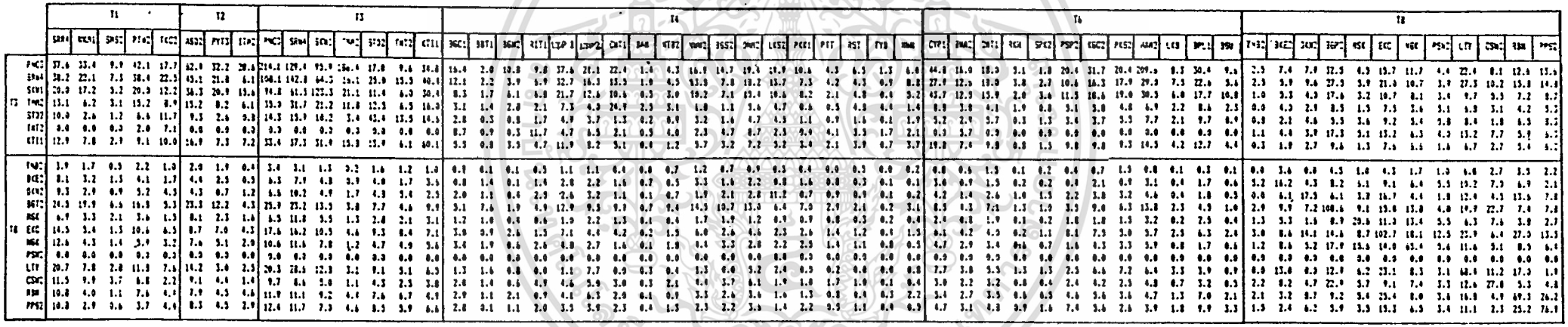
18-05-1993



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

08-06-1993



TRAFFIC MATRIX FROM TANDEM 3 AND TANDEM 8

TO OTHER TANDEMS

13-07-1993

NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	DATE	ASD2	BAN	BBB	BBT	BGC	BGN2	BGS2	BGT2	BGU	BKE2	BNA2	BNA3	BPL	CSW2	CWT	CYP1(LSI)	DKN2(LSI)
44	AUG'90	20907		601		10787		14744	25831	1097	8296	14052		4092	13353	15456	11168	896
45	SEP'90	21095		601		10841		15024	25991	1097	8361	14066		4092	13366	15459	11183	939
46	OCT'90	21774		608		11077		15918	26204	1098	8430	14242		4095	13418	15469	11223	1370
47	NOV'90	22114		610		11153		16234	26298	1101	8658	11311		4112	13462	15494	11300	1664
48	DEC'90	22529		773		11297		16836	26368	1106	8891	14491		4183	13508	15543	11375	2459
49	JAN'91	22862		813		11323		16924	26536	1111	9005	14536		4218	13547	15558	11407	2815
50	FEB'91	23168		849		11333		16972	27374	1117	9111	14655		4219	13562	15575	11415	2810
51	MAR'91	23274		885		11341		16988	28387	1156	9233	14693		4246	13580	15592	11434	3626
52	APR'91	23515		907		11357		17007	28790	1275	9303	14734		4610	13606	15610	11436	4400
53	MAY'91	23749		919		11382	7580	17066	28930	1642	9392	14752		4862	13644	15654	11477	4968
54	JUN'91	24319		941		11563	8483	17124	29777	1859	9464	14761		5327	13689	15770	11489	5615
55	JUL.91	24608		975		11867	9070	17231	30548	2377	9635	14810		5584	13715	15893	11556	6042
56	AUG.91	25329		978		12244	9436	17384	30809	2558	9856	15068		5849	13837	17921	11653	6954
57	SEP.91	25938		1258		12898	10139	17480	31440	3067	10116	15506		6769	13870	18097	11772	7439
58	OCT.91	26052		1291		13210	10417	17501	31797	3166	10201	15557		6863	13919	18125	11784	7711
59	NOV.91	26233		1330		13346	10571	17545	32081	3221	10270	15603		7030	13945	18186	11783	8011
60	DEC.91	26534		1351		13419	10988	17586	32342	3293	10395	15667		7243	13985	18228	11861	8212
61	JAN'92	26659		600	977	14726	12169	17612	33026	3332	10643	15240		8776	14010	18270	12029	10026
62	FEB'92	26730		600	1001	14844	12287	17637	33444	3335	10662	15240		9082	14050	18305	12165	10078
63	MAR'92	26780		600	1002	14936	12419	17669	33818	3422	10749	15239		9484	14193	18346	12855	10125
64	APR'92	26866		600	1002	15031	12547	17913	34078	3472	10820	15240		9682	14233	18350	12954	10186
65	MAY'92	26885	22	600	1003	15105	12828	18338	34236	3503	10889	15240		10100	14263	18369	13524	10393
66	JUN'92	27024	424	600	1298	15256	13623	18616	34375	3529	10988	15240		10217	14295	18391	13651	10462
67	JUL.92	27055	1392	600	1597	15387	13796	13045	33594	3542	11077	15240		10363	14348	18400	14034	10552
68	AUG.92	27128	2075	600	2545	15507	13971	13052	33594	3548	11077	15240		10834	14486	18465	14377	10552
69	SEP.92	27152	2486	600	3463	15801	14284	13054	33740	3599	11135	15240		11286	14504	18500	16033	10690
70	OCT.92	27182	2926	600	4152	15939	14773	13067	33781	3641	11197	15240		11548	14512	18593	16906	10880
71	NOV.92	27185	3198	600	4434	16091	14836	13068	33851	3672	11257	15240		11905	14530	18668	17357	11031
72	DEC.92	27231	3326	600	4750	16186	14905	13085	33943	3725	11287	15240		12173	14543	18620	17784	11057
73	JAN'93	27252	3446	600	5577	16283	15123	13084	38227	3769	11325	15240	3168	12410	14561	18889	18496	11119
74	FEB'93	27242	3556	600	5721	16369	15296	13089	38619	3779	11379	15231	3393	12754	14578	18905	18947	11117
75	MAR'93	27301	3652	600	5842	16413	15324	13099	38787	3787	11393	15229	4097	13051	14597	18942	19446	11256
76	APR'93	27323	3688	0	5965	16500	15392	13100	38964	3787	11389	15239	4284	13979	14622	19009	19683	11280
77	MAY'93	27337	3718	0	6000	16738	15552	13105	39051	3807	11416	15218	5773	14335	14661	19036	20179	11382

NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA

		18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	31	32	33	34	35	36
	DATE	DNM2	EKC	HAM2	ITM2	KGC2	KGC3	KHR(M)	KKM1	KTI	LKG	LKS	LTP1_2	LTP2_2	LTY	MSK	NCC	NGK
44	AUG'90	17288	16387	14831	3757	21964			12362	10175	2994	8932	13000	21814	24976	6839		8696
45	SEP'90	17385	16404	14929	4113	21973			12414	10174	2998	8934	13242	21878	25013	6738		7062
46	OCT'90	17851	16440	15066	4714	22012			12460	10174	3040	8938	13624	22033	25111	6938		7352
47	NOV'90	17930	16476	15164	6385	22040			12582	10180	3059	8959	13842	22158	25229	6997		8315
48	DEC'90	18022	16543	15521	7142	22068			12661	10315	3095	9270	13988	22191	25305	7033		8861
49	JAN'91	18107	16596	15653	7725	22096			12793	10318	3174	11402	14145	22240	25343	7039		9351
50	FEB'91	18128	16624	15732	7972	22392		0	12952	10319	3216	7960	14308	22240	25350	7049		9635
51	MAR'91	18158	16628	15839	8403	22458		0	13048	10325	3264	7973	14482	22240	25353	7071		9989
52	APR'91	18215	16650	15898	9109	22619		0	13196	10335	3288	7973	14578	22240	25369	7082		10422
53	MAY'91	18784	16669	16139	10000	22589		11	13242	10339	3331	8108	14684	22240	25383	7117		10484
54	JUN'91	19186	16686	16591	10948	22893		12	13493	10404	3397	8530	14781	22240	25952	7133		10824
55	JUL.91	19399	16746	16773	11394	22896		265	13602	10712	3434	9010	14936	22240	26079	7226		11063
56	AUG.91	19537	16766	17039	11611	22912		564	13775	10929	3479	9607	14978	22364	26236	7293		11171
57	SEP.91	19693	17030	17438	12999	23134		784	14090	11583	3586	10618	15147	23026	26390	7479		11697
58	OCT.91	19265	17130	17712	13151	23191		818	14509	11672	3609	10677	15201	23742	26417	7499		11841
59	NOV.91	20949	17216	17929	13195	23217		825	14598	11792	3643	10720	15284	24087	26456	8189		11892
60	DEC.91	21625	17277	18035	13222	23347		829	14682	11827	3645	10847	15354	24219	26480	8744		11926
61	JAN'92	22196	17274	18150	14203	23217			14849	11392	3675	10858	16393	24240	24858	9385		12213
62	FEB'92	22491	17303	18312	15661	23406			14972	11426	3692	10877	16418	24240	24863	9952		12297
63	MAR'92	22701	17313	18620	16757	21683			15063	11436	3698	10887	16720	24240	24880	10175		12583
64	APR'92	22868	17331	18835	17368	21689			15158	11560	3755	10893	16744	24240	24889	10325		12695
65	MAY'92	22932	17335	19018	17625	21707			15196	11632	3784	10916	16775	24240	24893	10390		13025
66	JUN'92	23071	17402	19137	18094	22278			15322	15196	3787	10953	17191	24240	24868	10683		13190
67	JUL.92	22803	17499	19185	18671	22445			15450	12559	3795	10959	17207	24240	24871	10793	258	13262
68	AUG.92	23167	17499	19253	19391	22595			15470	12916	3822	10960	17211	24240	24871	10793	258	13262
69	SEP.92	24418	17730	19259	20463	22658			15636	13074	3986	10962	17630	24240	25005	10890	258	13349
70	OCT.92	25013	17787	19385	20961	23183			16208	13174	4349	10965	17721	24240	25052	11005	258	13523
71	NOV.92	25255	17856	19555	21339	23336			16294	13228	4369	10973	17898	24240	25360	11046	258	13581
72	DEC.92	25382	18065	19744	21835	23361			16336	13257	4369	10975	17954	24240	25360	11069	258	13713
73	JAN'93	25531	18445	19873	22055	23379	268		16400	13280	4369	10984	18010	24279	25360	11153	258	13983
74	FEB'93	25598	18621	20178	19316	23369	333		16411	13300	4371	10982	18317	24405	25543	11259	258	14029
75	MAR'93	25617	18632	20481	19637	23383	364		16411	13686	4371	10982	18414	24726	25596	11409	266	14052
76	APR'93	25652	18649	20727	19776	23560	401		16411	13699	4379	10984	18708	24825	25621	11632	266	14044
77	MAY'93	25670	18631	20893	23088	23837	955		16411	13695	4382	10978	19283	25007	25678	11901	286	14219

NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA

		37	38	39	40	41	42	43	45	46	48	49	50	51	52	53	54	55
	DATE	NTB2	NTB(M)	NWN	NWW2	ONT(M)	ONT	PKG	PKK	PNC	PPG2	PRS(M)	PSN2	PSP2	PTT	PTW2	PYT3	RBN
44	AUG'90		974	2596	14924		17103	12461	16151	29634	7101	572	2592	3833		10894	7098	12740
45	SEP'90		977	2597	14948		17120	12531	16296	29638	7116	572	2591	4013		10905	7104	12739
46	OCT'90		981	2621	15103		17414	12831	16596	29727	7123	574	2592	4313		10904	7165	12744
47	NOV'90		984	2628	16695		16660	13238	16890	29923	7160	515	2600	4918		11018	7220	12759
48	DEC'90		985	2656	17819		17901	13645	16965	30065	7198	575	2611	5711		11240	7231	12812
49	JAN'91		915	2917	18552		18079	13853	17380	30169	7210	575	2627	6138		12160	7306	12832
50	FEB'91		985	2942	19659		18153	14046	17640	30180	7222	575	2643	6250		12449	7323	12863
51	MAR'91		985	2959	20415		18240	14219	18428	30666	7268	577	2648	6313		12845	7312	12921
52	APR'91		985	3082	21179		18474	14439	18845	30699	7279	577	2662	6431		14515	7344	12932
53	MAY'91		985	3329	21582		18573	14630	18993	30729	7294	578	2670	6551		14734	7343	12943
54	JUN'91		985	3511	21870		18691	14838	19151	31029	7309	579	2686	6586		14965	7343	12978
55	JUL.91		991	3596	22018		18764	15139	19269	31259	7424	579	2697	6870		15336	7374	13003
56	AUG.91		991	3661	22181		19001	15377	19541	31564	7518	579	2708	6887		15546	7451	13036
57	SEP.91		991	3741	23315		19432	16811	20881	31920	7840	579	2733	7038		16654	7449	13068
58	OCT.91		992	3740	23734		19595	16978	21273	32054	8158	580	2735	7175		16901	7449	13080
59	NOV.91		996	3767	23890		19649	17091	21470	32054	8343	579	2740	7213		16993	7466	13097
60	DEC.91		996	3798	24031		19724	17207	21629	32054	8410	579	2753	7230		17088	7469	13123
61	JAN'92		997	3802	24123		19920	17384	15565	32054	8723		2763	7254	5419	17179	6499	13104
62	FEB'92		999	4043	24384		20055	17588	15736	32054	9431		2768	7263	5537	17286	6502	13121
63	MAR'92		1000	4271	24749		20296	17827	15782	32059	10036		2801	7279	5699	17365	6519	13135
64	APR'92		1000	4420	24857		20399	18081	15884	32070	10605		2810	7286	5801	17464	6549	13143
65	MAY'92		1000	4506	24959		20431	18333	15928	32070	11278		2830	7292	6086	17490	6548	13161
66	JUN'92		1000	4548	24997	15	20435	18508	15964	32057	12009		2843	7311	6333	17684	6569	13187
67	JUL.92	6239	1000	4674	25042	302	20435	18693	16053	31821	12267		2849	7690	6440	17713	6610	13213
68	AUG.92	6438	1000	4763	25191	353	20786	18961	16092	32138	12267		2849	8659	6581	17853	6769	13213
69	SEP.92	6515	1000	4789	25289	353	20952	19069	16191	32139	12559		5918	9347	6708	18143	6754	14228
70	OCT.92	7722	0	4876	25317	413	20961	19213	16494	32204	12939		6602	10261	6753	18297	6765	14818
71	NOV.92	8738	0	4950	25340	430	20961	19324	16940	32243	13204		7615	10869	7079	18355	6809	15148
72	DEC.92	10652	0	4969	25449	873	20950	19507	17050	32253	13280		8858	11495	7176	18391	6816	15394
73	JAN'93	12196	0	4967	25461	1000	20961	19610	17056	32254	13314		9307	11805	7198	18388	6806	15749
74	FEB'93	12694	0	4987	25487	1000	20959	19628	17056	32273	13818		9690	11917	7220	18382	7313	16048
75	MAR'93	13171	0	5000	25544	1000	20947	19633	17056	32286	14379		9866	12068	7238	18399	6027	16371
76	APR'93	13460	0	5000	25551	1000	20933	19698	17056	32302	15068		10528	12203	7300	18442	6028	16438
77	MAY'93	13674	0	5000	25549	971	20957	19781	17035	32331	15279		11091	12982	7363	18468	7643	16810

NEAX SUBSCRIBERS IN METROPOLITAN AREA

		56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
	DATE	RIT	RIT2	RKH	RST(LSI)	SKW	SMS2	SPK(M)	SPK2	SRR4	SRW4	SRW5	STD2	TKC2	TMM(LSI)	TNB2	TNT	TYB	TOT.SUB
44	AUG'90	11816			2551	20703	6075		2700	19394	16912		6461	11076	2111		9052		570618
45	SEP'90	11813			2615	20716	6067		2700	19494	17013		6576	11097	2127		9070		573805
46	OCT'90	11815			2634	20853	6082		2701	19733	18004		6746	11100	2175		9232		582661
47	NOV'90	11937			3289	21199	6091		2703	20251	18724		6793	11136	2249		9388		589815
48	DEC'90	12458			3421	21481	6090		2706	20491	19296		6813	11146	2296		9558		604544
49	JAN'91	13603			3574	21741	6091		2706	20758	19699		6864	11144	2524		9605		616349
50	FEB'91	14034			3627	22236	6093		2714	20947	19859		7113	11152	2643		9692		619077
51	MAR'91	14444			3700	22558	6106		2716	21168	20206		7393	11160	2772		9750		627335
52	APR'91	14733			3706	22853	6106		2718	21406	20399		7734	11163	2910		9801		636456
53	MAY'91	14821			3731	23523	6114		2731	21578	20675		8127	11161	3226		9856		651616
54	JUN'91	14872			3767	23886	6113		2736	21789	21058		8673	11172	3432		9926		663196
55	JUL.91	15106			3860	24336	6113		2737	22037	21800		9118	11187	3523		10007		673463
56	AUG.91	15663			4189	24713	6111		2756	22261	21904		9622	11188	3734		10071		686390
57	SEP.91	16003			4439	26001	6113		2760	22764	22822		10355	11266	3852		10340		709672
58	OCT.91	16053			4580	27494	6113		2769	23074	23120		10718	11406	4009		10373		718181
59	NOV.91	16108			4805	27732	6117		2823	23190	23469		10948	11414	4185		10446		725722
60	DEC.91	16137			4905	29091	6111	99	2778	23280	23534		11049	11473	4316		10487		732514
61	JAN'92	16186			4994	29682	6114	301	2783	23429	24072		11200	11484	27304		10643		763883
62	FEB'92	16223		1914	5035	31298	6114	458	2807	23625	24359		11359	11579	27653		10874		775445
63	MAR'92	16247		1978	5092	31482	6115	589	2811	23736	24942		11541	11582	28436		10937		782699
64	APR'92	16277		2429	5183	32986	6113	723	2820	23960	25024		11656	11650	28629		10998		790301
65	MAY'92	16300		3129	5282	32964	6114	768	2818	24232	25311		11745	11661	28954		11058		797034
66	JUN'92	16301		4324	5318	33460	6107	794	2819	24405	25493		11801	11672	29357		11107		809819
67	JUL.92	16315		6003	5338	33617	6109	804	2819	24551	25576		11840	11672	6387		11163	1334	792588
68	AUG.92	16346		6689	5344	33759	6106	806	2829	24597	25765		12018	11696	6441		11191	1525	801786
69	SEP.92	16388		7521	5340	33939	6226	811	2829	24609	26116		12250	11705	6568		11242	2100	819125
70	OCT.92	16596		7822	5404	34391	6242	813	2830	24606	26261		12348	11773	7009		11273	2277	831041
71	NOV.92	16654		8008	5452	35528	6242	813	2830	24617	26359		12377	11865	7418		11380	2499	841556
72	DEC.92	16680		8110	5482	35722	6242	814	2831	24699	26362		12451	12079	8198		11420	2786	851562
73	JAN'93	16696		8204	5525	35806	6242	816	2831	24717	26408		12503	12189	8481	3194	11455	2917	870255
74	FEB'93	16694	208	8321	5562	36024	6242	816	2832	24785	27349		12549	12321	9170	4083	11478	3066	876333
75	MAR'93	16693	1122	8400	5657	36222	6242	816	2834	24834	27382		12738	12346	9400	4467	11507	3072	883560
76	APR'93	16696	2429	8589	5683	36385	6242	816	2834	24850	27385	200	12889	12394	9635	4627	11563	3155	890917
77	MAY'93	16697	3299	8634	5838	36754	6242	821	2835	24960	27487	200	13190	12403	9773	4903	11649	3205	905965

	ชุมสายท้องถิ่น	จำนวนผู้เช่าในปี 2536	จำนวนผู้เช่าในปี 2541
T3	PNC3	75436	103272
	SRW4	79155	100186
	SKW1	39105	52826
	TMM2	26860	36772
	STD2	21882	34915
	TNT2	23285	82949
	KTI1	20832	82013
T8	TNB2	28938	36096
	BKE2	20970	30070
	DKN2	26472	27825
	BGT2	74631	113318
	MSK	20231	34707
	EKC	47776	68266
	NGK	37931	72783
	PSN2	26727	40559
	LTY	32816	41476
	CSW2	28141	36547
	RBN	28434	40629
	PPG2	25326	42238

ตารางแสดงความต้องการของผู้เช่าในปี 2536 และปี 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางตัวอย่างค่า COST RATIO ที่มีชุมสายท้องถิ่นสุรวงศ์ 4 (SRW4) เป็นต้นทาง

DESTINATION HOMING

-10 SRW4-

	TO	TANDEM	COST RATIO		TO	TANDEM	COST RATIO
1	SRR4	KKM-T1	1.0157	2	KKM1	KKM-T1	1.0212
3	SMS2	KKM-T1	1.0144	4	PTW2	KKM-T1	2.2351
5	TKC2	KKM-T1	3.0656	6	ASD2	PYT-T2	2.0086
7	PYT3	PYT-T2	1.0108	8	ITM2	PYT-T2	1.0085
9	PNC3	PNC-T3	1.0204	10	SRW4	PNC-T3	0.0000
11	SKW1	PNC-T3	1.0138	12	TMM2	PNC-T3	5.0556
13	STD2	PNC-T3	2.4230	14	TNT2	PNC-T3	2.2558
15	KTI1	PNC-T3	1.7479	16	BGC1	LKS-T4	1.5984
17	BBT1	LKS-T4	1.2338	18	BGN2	LKS-T4	1.4880
19	RIT1	LKS-T4	1.0530	20	LTP1	LKS-T4	1.8241
21	LTP2	LKS-T4	1.6441	22	CWT1	LKS-T4	1.0046
23	BAN	LKS-T4	1.0033	24	NTB2	LKS-T4	2.0161
25	NWW2	LKS-T4	1.4861	26	BGS2	LKS-T4	3.1466
27	DNM2	LKS-T4	1.0041	28	LKS2	LKS-T4	1.0054
29	PKK1	LKS-T4	1.0037	30	PTT	LKS-T4	1.0026
31	RST	LKS-T4	1.0031	32	TYB	LKS-T4	1.0026
33	NWN	LKS-T4	1.0025	34	CYP1	PKG-T6	1.3513
35	BNA2	PKG-T6	1.0067	36	ONT1	PKG-T6	1.0058
37	RKH	PKG-T6	1.1228	38	SPK2	PKG-T6	1.0044
39	PSP2	PKG-T6	1.0056	40	KGC2	PKG-T6	1.1490

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TO	TANDEM	COST RATIO	TO	TANDEM	COST RATIO
41 PKG2	PKG-T6	1.0087	42 HAM2	PKG-T6	1.2054
43 LKG	PKG-T6	1.0039	44 BPL1	PKG-T6	1.0045
45 BGU	PKG-T6	1.0035	46 TNB2	LTY-T8	1.0180
47 BKE2	LTY-T8	1.0123	48 DKN2	LTY-T8	1.0132
49 BGT2	LTY-T8	1.6126	50 MSK	LTY-T8	1.0064
51 EKC	LTY-T8	1.0072	52 NGK	LTY-T8	1.0046
53 PSN2	LTY-T8	1.0038	54 LTY	LTY-T8	1.0222
55 CSW2	LTY-T8	1.4326	56 RBN	LTY-T8	1.0096
57 PPG2	LTY-T8	1.0074			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. คู่มือช่าง เรื่อง "การวางแผนโครงข่ายระบบดิจิตอล" (DIGITAL NETWORK PLANNING) กองฝึกอบรมวิชาชีพ ศูนย์การฝึกอบรม องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย, 2535
2. ธวัชชัย คงแสงไชย และคณะ "คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตร BASIC TRAFFIC" กองฝึกอบรมวิชาชีพ ศูนย์การฝึกอบรม องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย, 2536
3. มนูญ สุขเกษม "การวางแผนโครงข่ายโทรคมนาคมดิจิตอล" กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็ด้วยความเอื้อเฟื้อจากบุคคลหลายท่านซึ่งต้องกล่าวขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ดร.กอบชัย	เดชหาญ	อาจารย์ที่ปรึกษา
คุณอดิศักดิ์	ธรรมเกษร	หัวหน้ากองวิศวกรรมแทรฟฟิค องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

เจ้าหน้าที่กองวิศวกรรมแทรฟฟิคทุกท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และให้ข้อมูลต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์แก่การศึกษาโครงงานนี้

คุณวีระชาติ เจ้าหน้าที่หน่วยบริการคอมพิวเตอร์ ศูนย์ NCOM ชุมสายโทรศัพท์ลาดหญ้า ที่ให้ความรู้เรื่องการเก็บข้อมูลจากชุมสายต่าง ๆ ในระบบ NEAX ในเขตนครหลวง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้