บทที่3

ทฤษฎี

3.1 แนวคิดและทฤษฎี

3.1.1โครงสร้างของระบบโทรศัพท์

3.1.1.1 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set) ซึ่งแบ่งตามประเภทผู้ใช้งานได้ 2 ประเภท คือ

- เครื่องโทรศัพท์ฝ่ายผู้เรียก (Calling Subscriber)
- เครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียก (Called Subscriber)

3.1.1.2 อุปกรณ์ชุมสาย (Telephone Exchange) หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สลับสาย เพื่อให้ เครื่องโทรศัพท์ฝ่ายผู้เรียก ติดต่อพูดคุยกับ เครื่องโทรศัพท์ผู้ถูกเรียก ได้

3.1.1.3 ระบบโครงข่ายและระบบสื่อสัญญาณทางไกล (Network and Long Distance Transmission System) หมายถึงสายโทรศัพท์ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง ผู้ใช้บริการ (คือ ผู้เรียกและผู้ถูกเรียก) กับอุปกรณ์เครื่องชุมสาย และระหว่างเครื่องชุมสายด้วยกันเอง

3.1.2 ความหนาแน่นของทราฟฟิค (Traffic intensity)

ทราฟฟิค คือ ปริมาณการเรียกใช้โทรศัพท์ ในการวิเคราะห์ทราฟฟิคนั้น เราจำเป็นต้องมีการวัดค่าความหนาแน่นของ ทราฟฟิค ค่าความหนาแน่นทราฟฟิคมีหน่วยวัดเรียกว่า เออร์แลง (Erlang) ซึ่งตั้งตามชื่อของ ผู้คิดค้นทฤษฎีทางทราฟฟิคคนแรกชาวแดนมาร์ก

ความหมาย 1 เออร์แลง หมายถึง หน่วยวัดที่แสดงการจับใช้ง เนของอุปกรณ์ 1 ชิ้น หรือ 1 วงจร ตลอดเวลา 1 ชั่วโมง [3]

3.1.2.1 การคำนวณ ความหนาแน่นของทราฟฟิค

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่า ทราฟฟิค มีดังนี้

$$A = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{x} h_i \qquad (3.1)$$

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

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

$$A = \frac{X.\bar{h}}{T} \qquad (3.4)$$

A : ความหนาแน่นของทราฟฟิค (หน่วย เป็น เออร์แลง)

T : ช่วงเวลา (ปกติ ใช้ 1 ชั่วโมง)

$\sum_{i=1}^{x} hi$: ผลรวมของเวลาใช้งาน

$h_1 + h_1 + h_3 \ldots\ldots h_x$: แต่ละเวลาครอบครอง(holding time)

$\bar{h}$: ค่าเฉลี่ยของ เวลาครอบครอง

X : จำนวนของการเรียก

3.1.2.2 ลักษณะของปริมาณทราฟฟิค

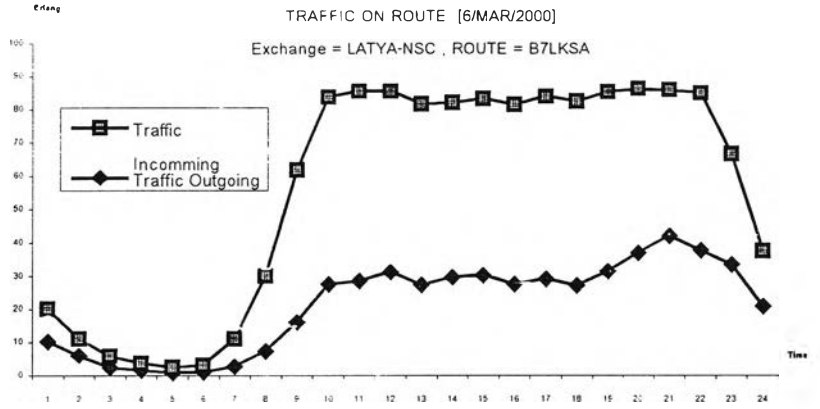
การใช้โทรศัพท์แต่ละครั้งไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าการเรียกแต่ละครั้งนั้นจะกินเวลานานเท่าไรและบ่อยครั้งหรือไม่ นอกจากนี้การเรียกของผู้ใช้โทรศัพท์แต่ละคนก็ยังไม่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน สรุปได้ว่าการเรียกแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับความตั้งใจหรือความปรารถนาของผู้ใช้โทรศัพท์แต่ละคนเอง [3]

แต่อย่างไรก็ตาม เราสามารถมองเห็นภาพรวมได้ว่า ลักษณะทราฟฟิครวมจะออกมาเป็นรูปใดสามารถแทนด้วยสูตรใด ความเปลี่ยนแปลงของทราฟิค (Traffic variation) ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ เช่น เวลา ฤดูกาล สภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจ ฯลฯ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสภาวะทางสังคมและเศรษฐกิจจะมีเหตุการณ์เกิดขึ้นคล้าย ๆ หรือ ซ้ำ ๆ กัน เราสามารถนำมาคาดคะเนสภาพของทราฟฟิคในช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ ทำให้เราสามารถเตรียมป้องกันหรือรองรับปริมาณทราฟฟิคที่จะเกิดขึ้นมาก ๆ ได้

ลักษณะของปริมาณการใช้โทรศัพท์(Telephone Traffic Characteristics) ของแต่ละประเทศจะมีลักษณะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศและสภาวะต่าง ๆ ที่กล่าวมา

3.1.2.2.1 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

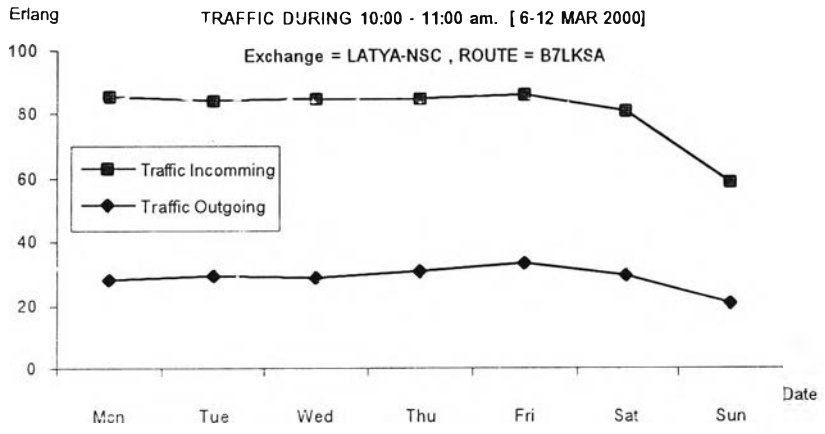
ในการวัดปริมาณทราฟฟิคตลอด 24 ชั่วโมงของวันทำงาน (ยกเว้นวันเสาร์-อาทิตย์ และวันหยุดราชการ) มาพล็อตกราฟ จะพบว่าทราฟฟิคมีสูงช่วงเวลา 10.00-11.00 น. ดังนั้นองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยจึงกำหนดให้ช่วงเวลา 10.00-11.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงสุด และในรูป 3.1 เป็นตัวอย่างข้อมูลทราฟฟิคของชุมสายลาดหญ้า เส้นทาง B7LKSA มีปริมาณทราฟฟิคสูง 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา 10.00 – 11.00 น และ ช่วงเวลา 20.00-21.00 น.



รูปที่ 3.1 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง

3.1.2.2.2 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 1 สัปดาห์

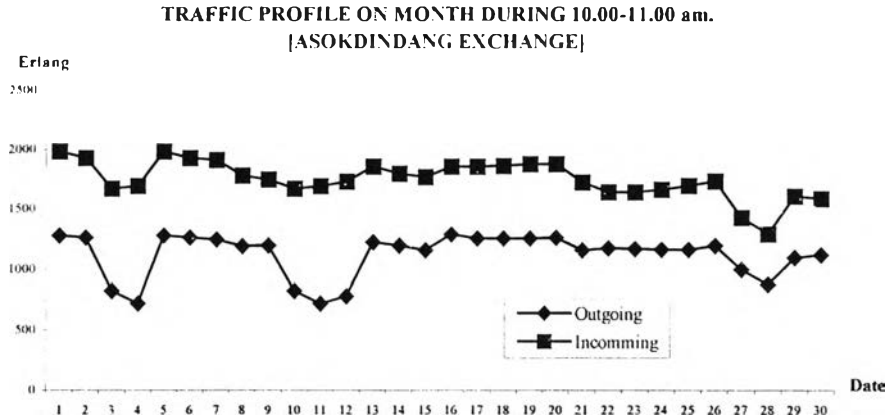
จากการวัดทราฟฟิคตลอดแต่ละสัปดาห์ พบว่าวันหยุดเสาร์ และ อาทิตย์ มีปริมาณทราฟฟิคน้อยกว่า วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ ซึ่งเป็นวันทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 1 สัปดาห์

3.1.2.2.3 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 1 เดือน

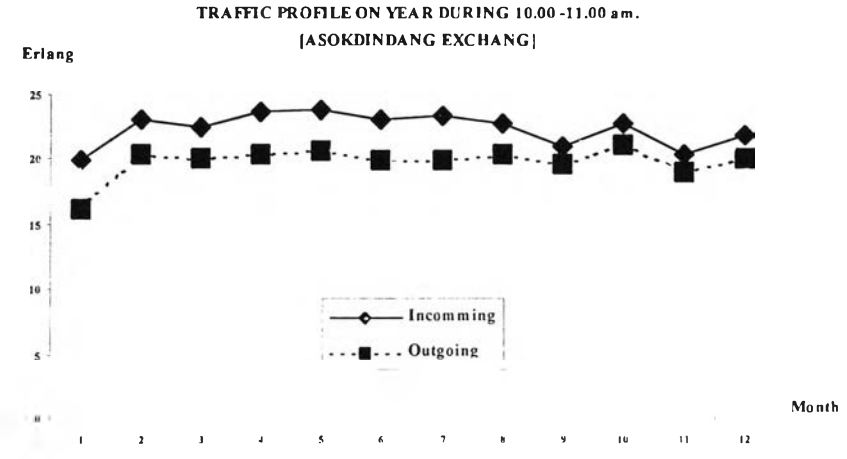
จากการวัดทราฟฟิคทุกวันในหนึ่งเดือน จะทำให้มองเห็นความแตกต่างของปริมาณ ทราฟฟิคแต่ละวันในเดือนหนึ่ง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคในช่วงเวลา 1 เดือน

3.1.2.2.4 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคตามฤดูกาล

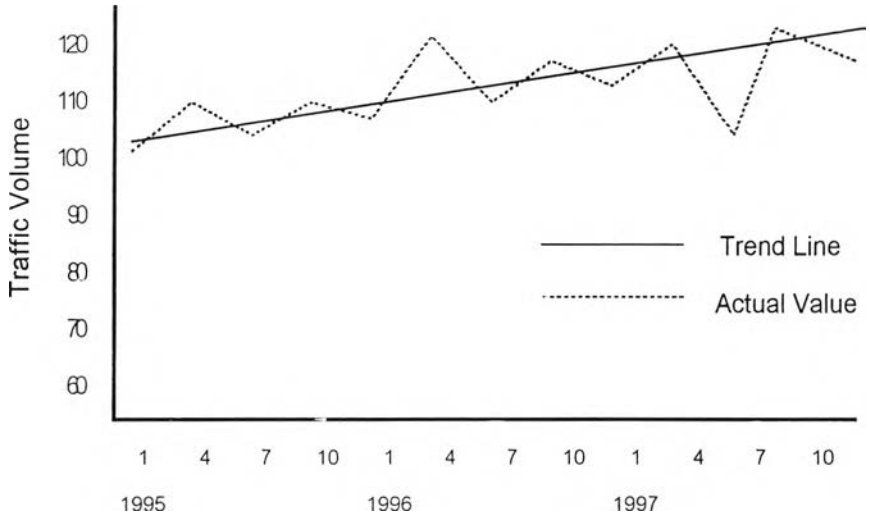
จากข้อมูลการวัดทราฟฟิคของแต่ละเดือน ให้นำมาหาค่าเฉลี่ยและนำไปวาดกราฟแสดงทราฟฟิคในรอบ 1 ปี จะทำให้มองเห็นสภาพทราฟฟิคในแต่ละฤดูกาลดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคตามฤดูกาล

3.1.2.2.5 แนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิค

จากข้อมูลทราฟฟิคของแต่ละเดือนในปีที่ผ่าน ๆ มา สามารถนำมาวาดรูปกราฟเพื่อแสดงแนวโน้มของทราฟฟิคที่จะเกิดในปีต่อ ๆ ไป โดยทั่วไปสภาพการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคจะมีลักษณะที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนเลขหมายโทรศัพท์เพิ่มขึ้นอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐศาสตร์สูงขึ้น และการเพิ่มจำนวนของประชากร ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แนวโน้มความเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิค

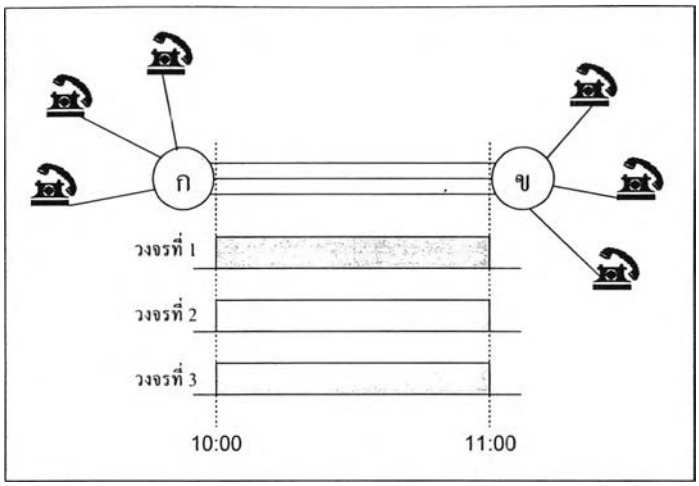
3.1.2.2.6 ความเปลี่ยนแปลงที่มิได้คาดคิด

ความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ของทราฟฟิคที่ได้กล่าวมาแล้วนี้ยังไม่ได้ครอบคลุมถึงทราฟฟิคที่เกิดขึ้นจริง ๆ ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง เช่น สภาพอากาศหรืออื่น ๆ เราเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน(Random fluctuation) [3]

3.1.3 การวัดสภาพคับคั่งของโครงข่าย (Network Congestion Measures)

สภาพคับคั่ง หมายถึง สภาพที่อุปกรณ์ถูกจับใช้งานจนหมดไม่สามารถบริการให้ที่เรียกติดต่อเข้ามาได้

ยกตัวอย่าง เช่น ถ้าวงจรทั้ง 3 วงจรที่เชื่อมระหว่างชุมสาย ก และ ข ถูกจับใช้งานทั้งสามวงจรตลอดเวลา 10.00 – 11.00 น. (Occupancy or Traffic Intensity = 3 Erlangs หรือมี



รูปที่ 3.6 วงจรเชื่อมโยงระหว่างชุมสาย ก และชุมสาย ข

แต่ถ้าวงจรทั้ง 3 วงจรเหล่านี้ว่างไม่ถูกใช้งานเลยตลอดเวลา 10.00 – 11.00 น. ในช่วงเวลานี้ เมื่อมี การเรียกเข้ามาก็จะไม่พบกับสภาพคับคั่ง ดังนั้น ค่าของการครอบครอง (Network occupancy)หรือ ความหนาแน่นของทราฟฟิคในโครงข่าย (Network traffic intensity) จึงเป็นค่าหนึ่งในการชี้ให้รู้ถึงระดับของ ความคับคั่งของโครงข่ายได้

ในระบบที่มีการสูญเสีย (Loss system) นั้น เมื่อมีการโทรเข้ามาพบกับสภาพคับคั่ง การโทรเหล่านี้สูญเสียไป ส่วนในระบบที่มีการหน่วงเวลา (Delay system) นั้น เมื่อมีการโทรเข้ามาพบกับสภาพคับคั่ง การโทรเหล่านั้น จะต้องรอคอยจนกว่าจะมีวงจรว่างจึงจะได้รับการบริการ

3.1.4 คุณภาพการให้บริการ (Grade of Service (G.O.S.))

สภาพการไหลของทราฟฟิค ในโครงข่ายโทรคมนาคมนั้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นระดับของความคับคั่ง (Level of congestion) ก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน

ในการกำหนดระดับการบริการของโครงข่ายซึ่งจะต้องระบุว่ามีค่าความน่าจะเป็นของการสูญเสีย เกิดขึ้นได้สูงสุดเท่าใดในช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอน (a specified period) เพื่อเป็นการชี้ชัด และสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ช่วงเวลาที่กำหนดแน่นอนดังกล่าวนี้โดยปกติใช้เวลา 1 ชั่วโมง และมีชื่อเรียกว่า ชั่วโมงธุรกิจ (Busy Hour) จากผลของการวัดได้ค้นพบว่าในช่วง ชั่วโมงธุรกิจนี้จะมี สภาพที่อัตราการยกหูและอัตราการวางหูมีค่าเท่ากัน(Statistical equilibrium) ทำให้สะดวกในการคิดสูตรทางคณิตศาสตร์

ในการเลือกว่าชั่วโมงใดเป็น ชั่วโมงธุรกิจ นั้นจะต้องกระทำให้เหมาะสมเพื่อให้เป็นที่ยอมรับได้ว่าคุณภาพการให้บริการ ที่กำหนดในช่วงชั่วโมงธุรกิจ (เวลาเท่าไร่ถึงเท่าไร่) นั้นเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้ได้กับชั่วโมงอื่น ๆ ทั้งหมด

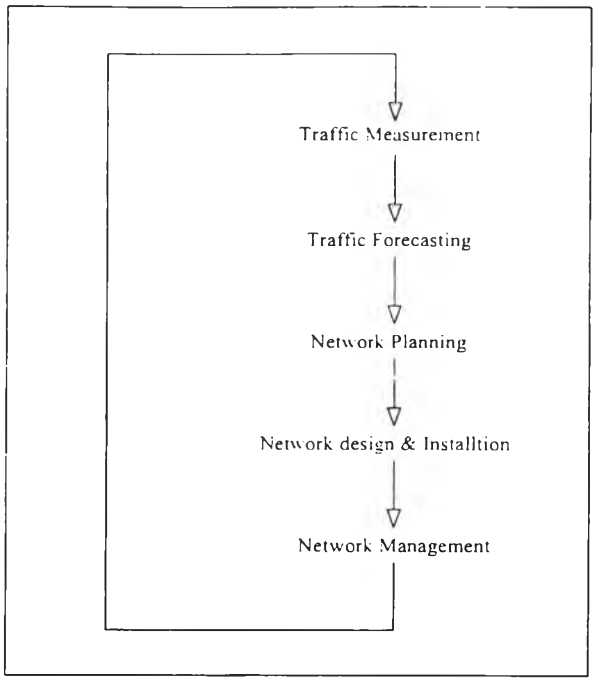
3.1.5 กระบวนการวิศวกรรมทราฟฟิค (Traffic Engineering Process)

เพื่อให้การลงทุนในโครงข่ายโทรคมนาคมเป็นไปอย่างประหยัด เราจึงมีความจำเป็นต้องรู้สภาพการไหลของทราฟฟิค เป็นอย่างดี สำหรับในโครงข่ายที่กำลังใช้งานอยู่เราสามารถวัดค่าทราฟฟิคต่างๆได้ และจากข้อมูลเหล่านี้ เราสามารถนำไปพยากรณ์ความต้องการใช้โทรศัพท์ของโครงข่ายในอนาคตได้ สำหรับในกรณีที่โครงข่ายกำลังจะถูกสร้างเป็นครั้งแรก เราพยากรณ์ความต้องการใช้โทรศัพท์ด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เนื่องด้วยยังไม่สามารถวัด ทราฟฟิคจริง ๆ ได้[1]

การพยากรณ์ทราฟฟิคที่แม่นยำจะทำให้การวางแผนโครงข่ายเป็นไปอย่างประหยัดและใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประเด็น ที่มีผลต่อลักษณะการไหลของทราฟฟิค (Traffic flow characteristics) ซึ่งจะต้องนำมาคิดคำนึงในการวางแผนโครงข่ายด้วย คือ การคิดอัตราค่าบริการและการบริการพิเศษ (Service features) ในการวางแผนโครงข่ายภายใต้ค่า คุณภาพการให้บริการ ที่กำหนด

จากข้อมูลที่ได้จากการวางแผนโครงข่ายจะถูกนำไปเขียนเป็นข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะต้องใช้ในโครงข่าย และคำนวณรายละเอียดเพิ่มเติมหลังจากการเลือกบริษัทผู้ผลิตได้แล้วก็ทำการตั้ง เมื่อติดตั้งเสร็จแล้วก็จะต้องมีการตรวจรับ(Acceptance Test) เพื่อตรวจสอบว่าตรงตามข้อกำหนดหรือไม่ เมื่อโครงข่ายถูกเปิดใช้งานแล้ว สภาพการไหลของทราฟฟิค จะต้องถูกเฝ้าจับตาดูอยู่ตลอดเวลา เพราะอาจจะเกิดสภาพผิดปกติขึ้นในโครงข่ายได้ทุก ๆ นาที การควบคุมหรือแก้ไขสถานการณ์ หรือที่เรียกว่า การบริหารโครงข่าย(Network Management) จะช่วยทำให้โครงข่ายอยู่ในสภาพปกติได้ และรักษา คุณภาพการให้บริการ ให้เป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับผู้ใช้บริการตลอดเวลา

ในขณะเดียวกันการวัดทราฟฟิค ก็จะต้องกระทำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการพยากรณ์ทราฟฟิค ในอนาคตต่อไปอีก วงรอบของการวัดทราฟฟิค (Traffic Measurement) การพยากรณ์ทราฟฟิค (Traffic Forecasting) การวางแผนโครงข่าย (Network Planning) การออกแบบและติดตั้ง (Network Design and Installation) และการควบคุมโครงข่าย (Network Management) เราเรียกขั้นตอนเหล่านี้ว่า กระบวนการวิศวกรรมทราฟฟิค ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 กระบวนการวิศวกรรมทราฟฟิค

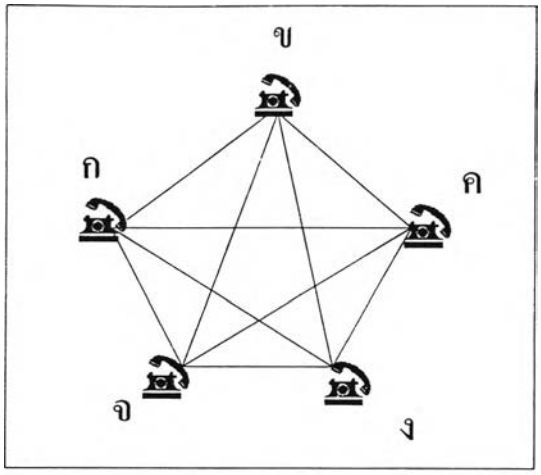
บทบาทของวิศวกรรมทราฟฟิค ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการวิศวกรรมทราฟฟิค นี้อาจจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของแต่ละสถานที่ แต่อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ยังคงเหมือนกัน คือ ทำให้ระดับบริการเป็นที่น่าพอใจ และลงทุนอย่างประหยัด

3.1.6 โครงข่ายโทรศัพท์ (Telephone Network)

หลังจากที่ ได้คิดค้นโทรศัพท์ขึ้นในสหรัฐอเมริกา เมื่อปี ค.ศ. 1876 ก็ได้เกิดโครงข่ายโทรศัพท์ขึ้น ในเวลาต่อมาเครื่องโทรศัพท์ทุกเครื่องในโครงข่ายจะถูกต่อถึงกันด้วยคู่สายโทรศัพท์ดังแสดงในรูปที่ 3.8 จึงทำให้เครื่องโทรศัพท์ทุกเครื่องสามารถติดต่อถึงกันได้ สมมติว่า เครื่อง ข จะติดต่อไปยังเครื่อง ง ก็สามารถกดคีย์ และส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่อง ง เมื่อ ง ยกหูรับก็สามารถสนทนากันได้ การต่อโครงข่ายแบบนี้เรียกว่า "โครงข่ายแบบรูปใยแมงมุม" (Mesh-shaped Network) โครงข่ายแบบนี้ต้องใช้จำนวนคู่สายมาก วิธีคำนวณคู่สายทำได้ดังนี้

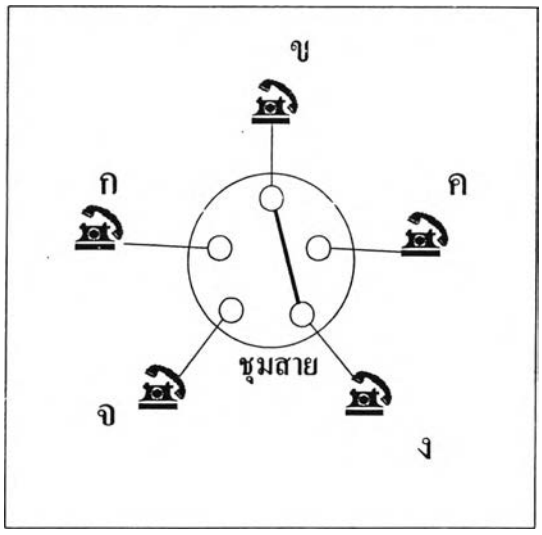
$$\text{จำนวนคู่สาย} = \frac{n(n-1)}{2} \qquad (3.5)$$

n = จำนวนเครื่องโทรศัพท์



รูปที่ 3.8 เครื่องโทรศัพท์ต่อถึงกันทุกเครื่อง

เมื่อเครื่องโทรศัพท์เพิ่มขึ้น จำนวนคู่สายก็เพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ เช่น มีเครื่องโทรศัพท์ทั้งหมด 100 เครื่อง ก็จะต้องใช้สายถึง 4950 คู่สาย เพื่อเป็นการประหยัดสาย ต่อมาจึงมีผู้คิดสร้างชุมสายโทรศัพท์ขึ้น



รูปที่ 3.9 เครื่องโทรศัพท์ต่อถึงกันโดยผ่านชุมสายโทรศัพท์

เครื่องโทรศัพท์ทุกเครื่องจะใช้สาย 1 คู่สาย ต่อเข้ามายังชุมสายโทรศัพท์ เครื่องโทรศัพท์ทุกเครื่องสามารถต่อถึงกันได้ด้วยการทำงานของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ สมมติว่าเครื่อง ข ต้องการติดต่อไปยังเครื่อง ง โดย ข จะยกหูโทรศัพท์ขึ้นและเมื่อได้ยินเสียง(dial tone) จากชุมสายแล้วก็จะหมุนเลขหมายปลายทางชุมสายก็จะต่อวงจร และส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่อง ง เมื่อ ง ยก

หูรับ ทั้ง ข และ ง ก็สามารถสนทนากันได้ การจัดโครงข่ายแบบนี้เรียกว่า โครงข่ายรูปดาว (Star-shaped network) เครื่องชุมสายโทรศัพท์แบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ชุมสายท้องถิ่น (Local Exchange หรือ End office)
- ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น (Tandem Exchange หรือ Tandem Switch)
- ชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange หรือ Transit Switch)

3.1.6.1 ชุมสายท้องถิ่น

ชุมสายท้องถิ่นเป็นชุมสายโทรศัพท์ที่ตั้งอยู่ในท้องถิ่นต่างๆ คู่สายโทรศัพท์จากบ้านผู้เช่า (Subscriber line) จะถูกเดินสายเข้ามายังชุมสายท้องถิ่นผู้เช่าที่อยู่ในชุมสายเดียวกันสามารถหมุนเลขหมายติดต่อถึงกันโดยผ่านชุมสายท้องถิ่นนี้ได้เลย ในกรณีที่ผู้เช่าในชุมสายท้องถิ่นนี้ต้องการติดต่อไปยังชุมสายท้องถิ่นอื่น ก็สามารถติดต่อไปได้โดยผ่านทางวงจรที่ต่อระหว่างชุมสาย (Trunk line หรือ Junction line)

3.1.6.2 ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น

ชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นเป็นชุมสายต่อผ่านที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นที่อยู่ในจังหวัด หรือในเขตท้องถิ่นเดียวกัน (Local area) โดยผ่านทางวงจรที่ต่อระหว่างชุมสาย โครงข่ายการต่อระหว่างชุมสายท้องถิ่นกับชุมสายต่อผ่านท้องถิ่น จะเป็นลักษณะโครงข่ายรูปดาว (Star – shaped network) ในพื้นที่บางแห่งอาจจะเป็นชุมสายขนาดใหญ่ มีชุมสายท้องถิ่นเป็นจำนวนมาก เช่น เขตนครหลวงจำเป็นต้องมีชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นจำนวนหลายชุมสาย เพื่อให้การติดต่อเป็นไปได้อย่างสะดวก โครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายต่อผ่านท้องถิ่นจะเป็นลักษณะโครงข่ายรูปใยแมงมุม (Mesh – shaped network)

3.1.6.3 ชุมสายต่อผ่านทางไกล (Transit Exchange)

ชุมสายต่อผ่านทางไกลเป็นชุมสายต่อผ่านสำหรับการเรียกโทรศัพท์ทางไกล โครงข่ายการเชื่อมต่อระหว่างชุมสายต่อผ่านทางไกลระดับภาค (Tertiary Center) จะเป็นลักษณะโครงข่ายรูปใยแมงมุม เพื่อทำให้มีความเชื่อถือได้สูงในการเลือกเส้นทางในกรณีที่เส้นทางเกิดถูกตัดขาด

3.1.6.4 โครงสร้าง (Network Structure)

การจัดโครงข่ายโทรศัพท์ของ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยจัดแบบลำดับชั้น(Hierachy Network) โดยจัดเป็นลำดับชั้นเริ่มตั้งแต่ ชุมสายท้องถิ่น ศูนย์ต่อผ่านประจำท้องถิ่น(Primary Center) ศูนย์ต่อผ่านประจำรหัสเขต (Secondary Center) เช่น 042 043 ฯลฯ ศูนย์ต่อผ่านประจำภาค เช่น ภาคอีสาน(04X) ภาคเหนือ(05X) เป็นต้น และ ชุมสายต่อผ่านทางไกลต่างประเทศ (International Transit Switching Center) [3]

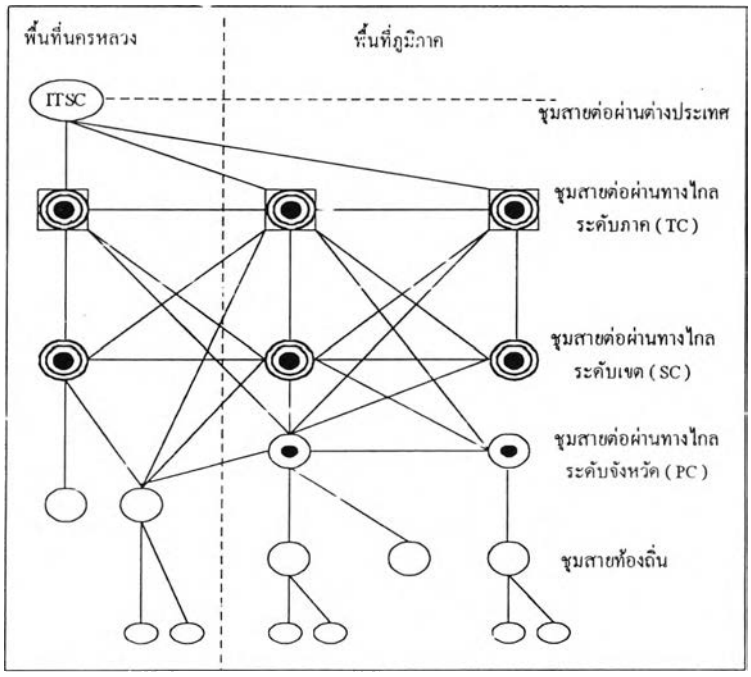
การเรียกภายในท้องถิ่นระหว่างชุมสายท้องถิ่น และ ชุมสายท้องถิ่นสามารถเรียกได้ทั้งทาง เส้นทางตรง(Direct Route) หรือ เส้นทางเลือก (Alternative) ผ่านชุมสายต่อผ่านประจำท้องถิ่น (LE , PC , LE)

การเรียกทางไกลต่างจังหวัดภายในเขตเดียวกัน สามารถเรียกได้ทั้งทางเส้นทางตรง (ถ้ามี) หรือทาง เส้นทางสุดท้าย (Final Route) (LE , PC , SC , PC , LE)

การเรียกทางไกลข้ามเขต สามารถเรียกได้ทั้งทางเส้นทางตรง (ถ้ามี) หรือเส้นทางสุดท้าย (LE , PC , TC , SC , PC , LE)

การเรียกทางไกลข้ามภาคสามารถเรียกได้ทั้งทางเส้นทางตรง (ถ้ามี) หรือทางเส้นทางสุดท้าย (LE , PC , TC , TC , SC , PC , LE)

การเรียกทางไกลต่างประเทศผ่านทาง เส้นทางสุดท้าย (LE , PC , SC , TC และ ITSC)



รูปที่ 3. 10 การจัดลำดับชั้นโครงข่ายโทรศัพท์ของ องค์การโทรศัพท์ ฯ

I 19160446

3.1.7 การกำหนดหมายเลขแสดงพื้นที่

เขตกรุงเทพจะมีโครงสร้างเป็น 02 + BCD + XXXX เช่น 02 255 1905

BCD แทน รหัสชุมสาย (Exchange Code)เช่น 255 หมายถึง ชุมสายเพลินจิต 3

XXXX แทน หมายเลขผู้รับ (Called Subscriber Number)

เขตต่างจังหวัดจะมีโครงสร้างเป็น 0AB + CD + XXXX เช่น 042 24 8789

AB แทน รหัสพื้นที่ (Area Code) เช่น 042 หมายถึง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

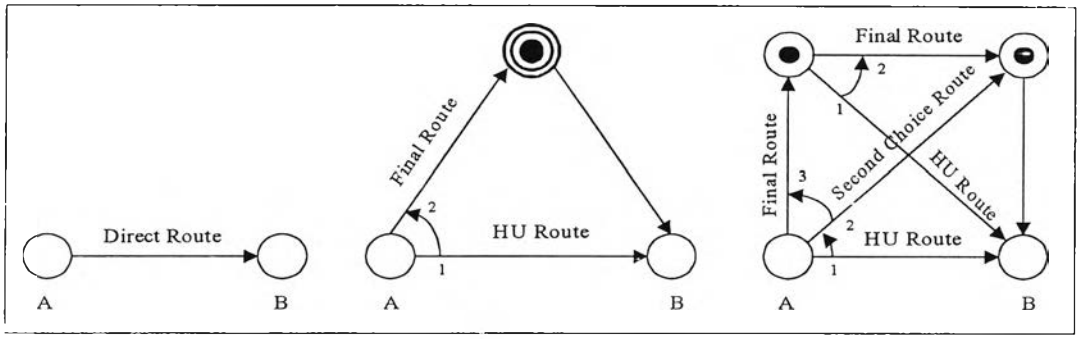
CD แทน รหัสชุมสาย เช่น 24 หมายถึง ชุมสายอุดรธานี 2

XXXX แทน หมายเลขผู้รับ

3.1.8 หลักเกณฑ์ในการจัดเส้นทาง

ในการเรียกโทรศัพท์ จากชุมสายต้นทางไปชุมสายปลายทาง

- ถ้ามีเส้นทางเดียวไม่มีเส้นทางเลือกอื่น เรียกว่า เส้นทางตรง
- ถ้ามีมากกว่า 1 เส้นทาง คือ เส้นทางที่หนึ่งมีชื่อเรียกว่า เส้นทางแรก (First Choice Route หรือ High Usage Route) ถ้าเส้นทางแรกไม่ว่างการเรียกก็จะไปเลือกใช้เส้นทางถัดไปซึ่ง เรียกว่า เส้นทางที่สอง (Second Choice Route) ถ้าทั้งสองเส้นทางดังกล่าวไม่ว่าง การเรียกก็จะไปเลือกใช้ในเส้นทางที่สาม (Third Choice Route) และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ เส้นทางเลือกสุดท้าย มีชื่อเรียกว่า เส้นทางเสุดท้าย (Final Route)

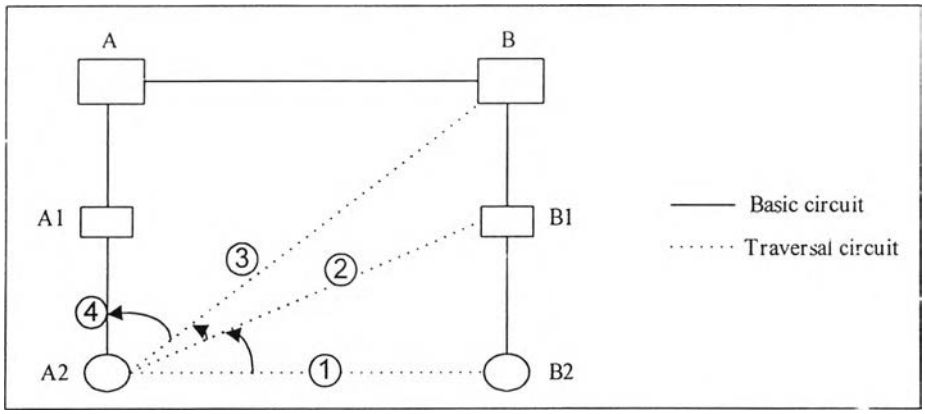


รูปที่ 3.11 หลักเกณฑ์การเรียกชื่อเส้นทางต่าง ๆ [3]

การวิเคราะห์ทราฟฟิคมีวิธีคิดได้ 2 แบบ คือ

1. คำนวณแบบเส้นทางตรง
2. คำนวณแบบเส้นทางอ้อม

ในรูปเป็นการแสดงถึงการจัดเส้นทางของโครงข่ายโทรศัพท์ที่มีโครงสร้างตามลำดับชั้น นั่นคือ ถ้าชุมสายต้นทาง (A2) ต้องการติดต่อกับชุมสาย (B2) การเลือก ครั้งแรกก็จะใช้เส้นทางจากชุมสายต้นทาง (A2) ไปยังชุมสายปลายทาง (B2) ในรูปคือเส้นทาง 1 (ถือว่า B2 เป็นชุมสายที่อยู่ใกล้ปลายทางมากที่สุด) ถ้าทุกวงจรในเส้นทางแรกไม่ว่าง การเรียกจะปรับไปใช้ในเส้นทาง 2 (ถือว่า B1 เป็นชุมสายที่อยู่ใกล้ชุมสายปลายทางเป็นอันดับรอง) การเรียกจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงเส้นทางเลือกสุดท้าย ก็คือเส้นทาง 4 ถ้าทุกวงจรในเส้นทาง 4 ไม่ว่าง การเรียกไปปลายทางก็จะไม่สำเร็จ (Loss Call) แต่ถ้ามีอย่างน้อย 1 วงจร ที่ว่างในเส้นทางใด ๆ ก็ตาม การเรียกก็จะสามารถจับวงจรในเส้นทาง นั้น ๆ ใช้งาน



รูปที่ 3.12 หลักเกณฑ์ในการจัดเส้นทาง

3.1.9 เวลาในการครองโทรศัพท์ (Holding time)

เวลาในการครองโทรศัพท์ หมายถึง ระยะเวลาที่ผู้เรียกใช้โทรศัพท์ว่านานเท่าไร ซึ่งผู้แรียกแต่ละคนจะใช้เวลาไม่เท่ากัน และแต่ละครั้งของการใช้ของผู้เรียกก็จะไม่เท่ากันอีก ดังนั้นจึงต้องมีการดำเนินกรรมวิธีที่จะหาการกระจาย (Distribution) ของเวลาในการครองโทรศัพท์ โดยอาศัยคณิตศาสตร์ช่วย รวมทั้งการสังเกตการณ์จากการใช้งานจริง และพบว่าการกระจายของ เวลาในการครองโทรศัพท์ นี้จะเป็นฟังชั่นส์ของ เอ็กโปแนนเชียล ซึ่งมีสมการดังนี้ [4]

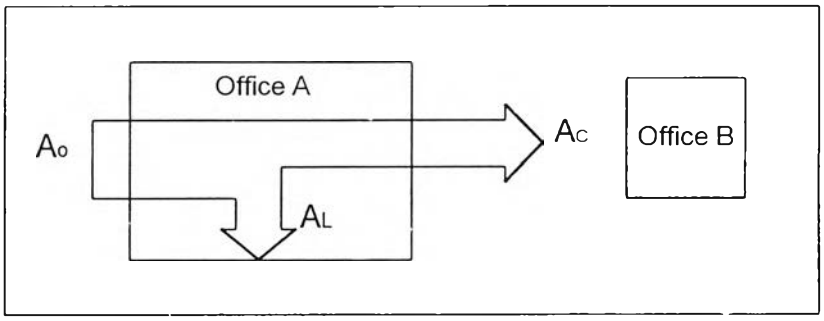
$$f(t) = (1/h)*e^{-t/h} \qquad (3.6)$$

h : เวลาในการครองเฉลี่ย

t : เวลาถือครอง

3.1.10 โอกาสสูญเสีย (Probability of loss)

โอกาสสูญเสียในระบบโทรคมนาคม หมายถึง โอกาสที่ผู้เรียกต้นทางอาจจะไม่ได้รับการบริการจากระบบอันเนื่องมาจากในขณะนั้นไม่มีอุปกรณ์ตัวใดว่าง เช่น วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ถ้าโครงข่ายโทรศัพท์หนึ่งกำหนดว่า โอกาสสูญเสียมีค่าเท่ากับ 0.01 หรือ 1% หมายความว่าโดยเฉลี่ยแล้วถ้าผู้เรียกต้นทาง 100 คน ทำการเรียก จะมีอย่างมากเพียง 1 คน ที่จะไม่ได้รับการบริการเนื่องมาจากไม่มีอุปกรณ์ใดว่าง (ไม่ครอบคลุมถึงกรณีที่ผู้ถูกเรียกอยู่ในสภาพไม่ว่าง) ดังนั้นถ้าคิดในกรณีของความหนาแน่นทราฟฟิคแล้ว กล่าวได้ว่ามีทราฟฟิคที่สูญเสียเกิดขึ้น ซึ่งมีสมการคือ



รูปที่ 3.13 ทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบ และ ทราฟฟิคที่ได้รับการบริการ

$$B = \frac{A_L}{A_O} = \frac{A_O - A_C}{A_O} \qquad (3.7)$$

$$B = 1 - \frac{A_C}{A_O}$$

$$\frac{A_C}{A_O} = 1 - B$$

$$A_C = A_O(1 - B)$$

B = ความน่าจะเป็นของการสูญเสีย

A_L = ทราฟฟิคที่สูญเสีย

A_O = ทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบ

A_C = ทราฟฟิคที่ได้รับการบริการ

3.1.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง โอกาสสูญเสีย กับ จำนวนอุปกรณ์

จากสมการ จะเห็นว่าเราสามารถคำนวณค่าโอกาสสูญเสียได้ ถ้าเรารู้ค่าของทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบและทราฟฟิคที่ได้รับการบริการ ซึ่งค่าของโอกาสสูญเสียจะสัมพันธ์กับจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น อุปกรณ์วงจรที่เชื่อมต่อระหว่างชุมสาย เราสามารถทำการคำนวณได้ว่าจะต้องใช้กี่วงจรถึงจะเพียงพอต่อปริมาณทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบในกลุ่มวงจรนั้น โดยกำหนดให้โอกาสสูญเสีย(B) มีค่าน้อยกว่า 0.01

สูตร เออร์แลง บี เป็นสูตรที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบ จำนวนอุปกรณ์ และ โอกาสสูญเสีย ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้กันแพร่หลายมากในระบบโทรคมนาคม

การใช้สูตร เออร์แลง บี จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้ [4]

(1) การเรียกที่เข้าสู่ระบบต้องเป็นแบบสุ่ม (Random) นั่นคือ

- โอกาสที่จะมีการเรียกเข้าสู่ระบบจะมีค่าคงที่
- การเรียกแต่ละครั้งที่เข้าสู่ระบบจะเป็นอิสระต่อกัน (Independence)
- ในช่วงเวลาสั้นมาก ๆ (Δt) จะมีเพียงการเรียกเพียงครั้งเดียวหรือไม่มีเลย

(2) ระบบการทำงานเป็นแบบสูญเสีย (Loss) นั้นคือ ถ้าอุปกรณ์ถูกใช้งานหมด การเรียกที่เข้าสู่ระบบในขณะนั้นจะไม่ได้รับการตอบสนอง และจะออกจากระบบไป และไม่กลับเข้าสู่ระบบอีก

(3) ค่าเฉลี่ยของ เวลาถือครอง ของแต่ละการเรียกมีการกระจายแบบเอ็กโปแนนเชียล

(4) จำนวนผู้เช่าที่ทำการเรียกเข้าสู่ระบบ มีจำนวนมากมายเป็นค่าอนันต์ อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกัน เช่น วงจรเชื่อมต่อระหว่างชุมสาย จะมีจำนวนจำกัด (finite)

สูตร เออร์แลง บี คือ

$$B = E_n(a) = \frac{\frac{a^n}{n!}}{1 + \frac{a}{1!} + \frac{a^2}{2!} + \text{---------} + \frac{a^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{a^n}{n!}} \qquad (3.8)$$

$$E_{n-1}(a) = \frac{\frac{a^{n-1}}{(n-1)!}}{1 + \frac{a}{1!} + \frac{a^2}{2!} + \text{---------} + \frac{a^{n-1}}{(n-1)!}} \qquad (3.9)$$

แทน(3.9) ใน (3.8) จะได้

$$E_n(a) = \frac{\frac{a^n}{n!}}{\frac{\frac{a^{n-1}}{(n-1)!}}{E_{n-1}(a)} + \frac{a^n}{n!}}$$

$$E_n(a) = \frac{\frac{a^n}{n!} E_{n-1}(a)}{\frac{a^{n-1}}{(n-1)!} + \frac{a^n}{n!} E_{n-1}(a)}$$

$$E_n(a) = \frac{aE_{n-1}(a)}{n + aE_{n-1}(a)} \qquad (3.10)$$

a : ทราฟฟิคที่เข้าสู่ระบบ

n : จำนวนของวงจร (จะต้องเป็นเลขจำนวนเต็มเท่านั้น)

<u>ตัวอย่าง</u> ชุมสายหนึ่งมีจำนวนผู้เช่าเป็นจำนวนมาก และมีจำนวนวงจร 3 วงจร ที่เชื่อมต่อกับอีกชุมสายหนึ่ง ให้หาวงจรที่ต้องการใช้งานเพื่อให้เพียงพอกับทราฟฟิคที่เกิดขึ้น 2 เออร์แลง โดยกำหนดให้โอกาสสูญเสีย(B) มีค่าน้อยกว่า 0.01

<u>วิธีทำ</u> เนื่องจาก $E_{n=0}(a)$ มีค่าเท่ากับ 1

เมื่อ n = 1

$$E_1(a) = \frac{aE_0(a)}{1 + aE_0(a)} = \frac{(a \times 1)}{1 + a} = \frac{(2 \times 1)}{1 + 2} = 0.666667$$

เมื่อ n = 2

$$E_2(a) = \frac{aE_1(a)}{2 + aE_1(a)} = \frac{2 \times 0.666667}{2 + (2 \times 0.666667)} = 0.400000$$

เมื่อ n = 3

$$E_3(a) = \frac{aE_2(a)}{3 + aE_2(a)} = \frac{2 \times 0.400000}{3 + (2*0.400000)} = 0.210526$$

เมื่อ n = 4

$$E_4(a) = \frac{aE_3(a)}{4 + aE_3(a)} = \frac{2 \times 0.210525}{4 + (2 \times 0.210525)} = 0.095238$$

เมื่อ n = 5

$$E_5(a) = \frac{aE_4(a)}{5 + aE_4(a)} = \frac{2 \times 0.095238}{5 + (2 \times 0.095238)} = 0.036697$$

เมื่อ n = 6

$$E_6(a) = \frac{aE_5(a)}{6 + aE_5(a)} = \frac{2 \times 0.036697}{6 + (2 \times 0.036697)} = 0.012085$$

เมื่อ n = 7

$$E_7(a) = \frac{aE_6(a)}{7 + aE_6(a)} = \frac{2 \times 0.012085}{7 + (2 \times 0.012085)} = 0.003441$$

เพราะฉะนั้น วงจรที่ต้องการใช้งานจะเท่ากับ 7 วงจร เพื่อให้ E หรือ B มีค่าน้อยกว่า 0.01