บทที่ ๒

ทฤษฎีเบื้องต้นทางทราฟฟิค

๒.๑ ความรู้พื้นฐานทางทราฟฟิค

ธุรกิจบริการใด ๆ จะประสบความสำเร็จได้ต้องยึดถือผลประโยชน์ของลูกค้าเป็นหลัก ความสำเร็จของบริษัทที่ทำธุรกิจด้านโทรคมนาคมก็เช่นเดียวกัน ย่อมขึ้นอยู่กับการบรรลุเป้าหมายของผู้ใช้บริการ ที่ต้องการเรียกติดต่อได้ทันทีโดยเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก บริษัทที่ทำธุรกิจบริการด้านโทรคมนาคมต้องคำนึงถึงเหตุผลดังกล่าวควบคู่ไปกับความพยายามที่จะลดต้นทุนทางด้านอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ใช้บริการและปริมาณการใช้บริการ ค่าดอกเบี้ยของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ย่อมเป็นปัญหาใหญ่ที่กระทบกระเทือนต่อผลกำไรของบริษัท ด้วยเหตุนี้ขีดจำกัดของการขยายตัวทางด้านการให้บริการจะถูกกำหนดด้วยนโยบายเกี่ยวกับผลกำไรของบริษัท แต่อย่างไรก็ตามถ้าการขยายตัวของการให้บริการมีน้อยกว่าการขยายตัวด้านปริมาณการใช้บริการแล้วจะมีผลเสียต่อผู้ให้บริการ นั่นคือ เมื่อจำนวนคู่สายมีน้อยเกินไป จำนวนผู้เช่าคู่สายก็มีน้อยอยู่ในขีดจำกัด ทำให้การบริการไม่แพร่หลายเท่าที่ควร ในทางตรงกันข้าม ถ้าเตรียมจำนวนคู่สายไว้มากเกินไปจะทำให้ผลกำไรของบริษัทลดน้อยลง ดังนั้นจะต้องหาจุดที่คุ้มค่ามากที่สุดของการลงทุนทางด้านการสื่อสาร

หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีทางด้านการสื่อสารระยะไกล จะถูกกำหนดขึ้นเพื่อหาจุดคุ้มค่ามากที่สุดดังกล่าว ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการในการคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของชุมสาย เราควรพิจารณาทางด้านพฤติกรรมทางทราฟฟิค

ทราฟฟิคทางโทรคมนาคม (Telecommunication traffic) ในที่นี้จะเรียกว่าทราฟฟิค (traffic) หมายถึงปริมาณการเรียกติดต่อทางโทรคมนาคมผ่านกลุ่มคู่สาย โดยพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารและจำนวนครั้งของการเรียกติดต่อ ปริมาณทราฟฟิคผ่านกลุ่มคู่สายถูกกำหนดโดยผลคูณของจำนวนครั้งที่เรียกติดต่อในช่วงเวลาที่กำหนดให้กับค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการติดต่อซึ่งเรียกว่าระยะเวลาใช้งาน (holding time) ในทฤษฎีทางทราฟฟิคหน่วยของเวลาจะถูกกำหนดเป็นหนึ่งชั่วโมง ดังนั้นปริมาณทราฟฟิค (Traffic flow) จะสามารถเขียนเป็น

รูปสมการได้ว่า

$$A = a \times T$$

เมื่อ a คือจำนวนครั้งของการเรียกติดต่อในรอบเวลา ๑ ชั่วโมง

T คือค่าเฉลี่ยของระยะเวลาใช้งาน

A คือปริมาณทราฟฟิค

ตัวอย่างเช่นในรอบหนึ่งชั่วโมง มีผู้ใช้บริการจำนวน ๒๐๐ ครั้ง โดยแต่ละครั้งมีระยะเวลาใช้งานเฉลี่ย ๒ นาที ดังนั้นปริมาณทราฟฟิค (Traffic flow) จะเท่ากับ 200 x 2 = 400 นาที-ครั้ง (minute-calls) ค่าของปริมาณทราฟฟิค (Traffic flow) ในหน่วยของชั่วโมง-ครั้ง (hour-calls) เรียกว่าความหนาแน่นทราฟฟิค (Traffic intensity) ตามตัวอย่างจะเท่ากับ $\frac{400}{60}$ = 6.67 ชั่วโมง-ครั้ง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าความหนาแน่นทราฟฟิค (Traffic intensity) แสดงถึงจำนวนครั้งเฉลี่ยที่ใช้งานพร้อมกันในรอบหนึ่งชั่วโมง

ข้อแตกต่างระหว่างความหนาแน่นทราฟฟิคที่เรียกว่า Traffic density กับ Traffic intensity อธิบายได้ดังนี้ Traffic density หมายถึงจำนวนครั้งที่ใช้งานพร้อมกันในช่วงเวลาที่กำหนดไว้สั้น ๆ ส่วน Traffic intensity หมายถึงค่าเฉลี่ยของ Traffic density ในรอบเวลาหนึ่งชั่วโมง ปริมาณทราฟฟิค (Quantity of traffic) ที่ใช้คำนวณหาจำนวนคู่สายหรืออุปกรณ์ของวงจรได้แก่ค่าของ traffic intensity มีคำอีกคู่หนึ่งที่ต้องอธิบายถึงความแตกต่างกันคือทราฟฟิคที่เรียกติดต่อได้ (carried traffic) กับทราฟฟิคที่ต้องการเรียกติดต่อ (offered traffic) carried traffic หมายถึงปริมาณทราฟฟิคจริง ๆ ที่เรียกติดต่อได้สำเร็จ ตามปกติจะวัดได้จากเครื่องวัดปริมาณทราฟฟิค (Traffic measurement) ส่วน offered traffic เป็นปริมาณทราฟฟิคที่วัดไม่ได้ตามปกติจะมีค่ามากกว่า carried traffic อยู่เท่ากับจำนวนครั้งที่เรียกติดต่อกับปลายทางไม่ได้เนื่องจากคู่สายไม่ว่างหรือสายหลุดไปในระหว่างการติดต่อ

๒.๒ ลักษณะการกระจายของทราฟฟิค

การทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้กับธรรมชาติของทราฟฟิคและการกระจายตัวของการใช้งาน

ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาและจุดหมายปลายทางนั้น เป็นสิ่งจำเป็นในการคำนวณหาจำนวนคู่สายที่เหมาะสมเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้บริการ (subscribers) ค่าของทราฟฟิคจะเปลี่ยนแปลงอย่างมหาศาลจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่ง โดยไม่มีกฎเกณฑ์ที่กำหนดแน่นอน เพียงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้บริการ ปริมาณทราฟฟิคจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เช่น เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ตามเดือน ตามวัน และตามชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงจะยังคงมีอยู่แม้กระทั่งเมื่อเวลาเปลี่ยนไปจากนาทีหนึ่งไปยังอีกนาทีหนึ่งในชั่วโมงเดียวกัน ในทำนองเดียวกันปริมาณทราฟฟิคจะเปลี่ยนแปลงไปตามผู้ใช้บริการแต่ละคน

แผนภูมิที่ ๒.๑ แสดงการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลของทราฟฟิคของชุมสายขนาด ๒๐๐๐ คู่สายประจำเมือง ๆ หนึ่งในรอบปี แกนนอนแสดงช่วงเวลาซึ่งแบ่งออกเป็น ๕๒ สัปดาห์ในรอบหนึ่งปีแกนตั้งแสดงจำนวนครั้งสูงสุดของการเรียกติดต่อในแต่ละชั่วโมงในรอบสัปดาห์ ถ้าสมมุติให้ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการติดต่อมีค่าเกือบเท่ากันตลอด ๕๒ สัปดาห์ แผนภูมิดังกล่าวจะแสดงการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลของชั่วโมงใช้งานสูงสุดของสัปดาห์ จากแผนภูมิจะแสดงให้เห็นว่าระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมเป็นช่วงฤดูกาลของการใช้งานสูงสุด (busiest season) ฤดูกาลใช้งานสูง (busy season) จะเปลี่ยนไปตามเมืองแต่ละเมืองโดยมีการเปลี่ยนแปลงทั้งจำนวนครั้งสูงสุดของการใช้งานและระยะเวลาใช้งาน การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง อาทิเช่นเมืองดังกล่าวอาจเป็นเมืองตากอากาศหรือเป็นเมืองอุตสาหกรรมตามฤดูกาล หรือเป็นเมืองเกษตรกรรมเป็นต้น

ความหนาแน่นทราฟฟิค (Traffic intensity) ที่จะนำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดของชุมสายจะต้องเป็นค่าความหนาแน่นทราฟฟิคของฤดูกาลใช้งานสูงปกติ (normal busy season) อย่างไรก็ตามมีบ่อยครั้งที่ปริมาณทราฟฟิคอาจสูงกว่าเกณฑ์ดังกล่าว ช่วงเวลาที่มีค่าปริมาณทราฟฟิคสูงผิดปกติ (unusual peaks) บางครั้งอาจคาดคะเนล่วงหน้าได้ เช่น เทศกาลคริสต์มาสหรือวันแม่ (Mother's Day) ในขณะที่บางครั้งไม่สามารถคาดคะเนได้เลย ซึ่งได้แก่การที่มีเหตุการณ์พิเศษบางอย่างเกิดขึ้นในชุมชนนั้น ๆ หรือมีการประกอบการทางธุรกิจบางอย่างที่ไม่อาจทำนายได้จากกลุ่มผู้เช่าใช้บริการบางกลุ่ม หรือมีเหตุฉุกเฉินบางอย่างเป็นต้น ในเชิงวิศวกรรมการเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมที่จะรับทุกสถานะภาพของการใช้งานย่อมเสียค่าใช้จ่ายสูง นอกจากนั้นแล้วเราไม่สามารถ

คาดคะเนขนาดของปริมาณทราฟฟิคในช่วงเวลาพิเศษดังกล่าวได้ ดังนั้นเราจะไม่คำนึงถึงค่าที่สูงผิดปกติดังกล่าวนี้ตามปกติแล้วการผันแปรตามฤดูกาลของทราฟฟิคในขุมสายหรือหน่วยงานเดียวกันจะมีรูปแบบที่เหมือนกันทุก ๆ ปี

ในฤดูกาลใช้งานสูงปริมาณทราฟฟิคในแต่ละขุมสายยังมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสัปดาห์และตามวัน แผนภูมิที่ ๒.๒ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของทราฟฟิคไปตามวันต่าง ๆ ตามปกติปริมาณทราฟฟิคในรอบสัปดาห์จะมีรูปแบบง่าย ๆ คือปริมาณทราฟฟิคจะมีค่าสูงในวันจันทร์และวันศุกร์ และมีค่าต่ำในวันพุธ แต่อย่างไรก็ดีการที่มีวันหยุดในช่วงกลางของสัปดาห์จะมีผลกระทบกระเทือนอย่างมากต่อรูปแบบการกระจายของทราฟฟิค (traffic distribution pattern) นอกจากนี้แล้วยังมีตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อรูปแบบของทราฟฟิคเช่นดินฟ้าอากาศเป็นต้น ในขณะเดียวกันก็มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทราฟฟิคระหว่างชั่วโมงในหนึ่งวัน การเปลี่ยนแปลงปริมาณของทราฟฟิคในรอบชั่วโมงจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณทราฟฟิคในรอบวันหรือรอบสัปดาห์หรือรอบเวลาอื่น ๆ นั่นคือค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณทราฟฟิคในช่วงเวลาใช้งานสูงสุด (busiest hour) ต่อปริมาณทราฟฟิคในช่วงเวลาใช้งานสูงต่ำสุด (least busy hour) อาจมีค่าได้สูงถึง ๑๐๐ ต่อ ๑ สำหรับขุมสายที่บริการทางด้านธุระกิจการค้าปริมาณทราฟฟิคจะมีค่าสูงในช่วงเวลาตอนสาย ๆ ในภาคเช้า ในทำนองกลับกันสำหรับขุมสายที่บริการทางด้านที่อยู่อาศัยหรือมหาวิทยาลัยปริมาณทราฟฟิคจะมีค่าสูงในช่วงเย็น

แผนภูมิที่ ๒.๓ แสดงถึงการกระจายของจำนวนครั้งของการใช้งานในรอบ ๒๔ ชั่วโมง การแปรผันของปริมาณทราฟฟิคนี้จะเป็นไปตามรูปแบบที่ได้กำหนดไว้แล้วในแต่ละขุมสาย แม้ว่าปริมาณทราฟฟิคของชั่วโมงใช้งานทั้งหมดมีค่าแน่นอนแต่ชั่วโมงใช้งานสูงสุดจะเป็นจุดสนใจอันดับแรกของวิศวกรทางทราฟฟิค ที่จะกล่าวต่อไปในบทนี้จะเป็นการแปรผันทางทราฟฟิคที่มีรูปแบบอย่างเป็นระบบเท่านั้น ด้วยเหตุผลที่ว่าเราสามารถคาดคะเนการเกิดของมันได้ล่วงหน้า จากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงทราฟฟิค การเลือกประวัติของข้อมูลในอดีต ประสบการณ์และการตัดสินใจที่ดีเราสามารถสร้างระบบข้อมูลเพื่อช่วยในการตัดสินใจทางวิศวกรรมได้

นอกจากนี้แล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงทางทราฟฟิคอื่น ๆ ที่ไม่มีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นระบบเช่น การเปลี่ยนแปลงทางทราฟฟิคที่เกิดขึ้นในรอบหนึ่งชั่วโมง แผนภูมิที่ ๒.๔ แสดง

การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นทราฟฟิคของทางสายขนาด ๓๐ คู่สายที่เกิดขึ้นทุก ๆ นาที ในหนึ่งชั่วโมง แผนภูมิในลักษณะเดียวกันของชั่วโมงอื่น ๆ จะแตกต่างกันโดยสิ้นเชิงกับชั่วโมงดังกล่าว เราไม่สามารถคาดคะเนค่าความหนาแน่นทราฟฟิคในขณะใดขณะหนึ่ง หรือค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นทราฟฟิคในช่วงเวลาสั้น ๆ เช่น ๕ นาทีหรือ ๑๐ นาที ได้เลย ลักษณะการกระจายอย่างไม่เป็นระเบียบของทราฟฟิคที่เกิดขึ้นในระหว่างชั่วโมงนี้เนื่องมาจากสมมุติฐานที่ว่าการเรียกติดต่อของผู้ใช้บริการแต่ละคนไม่ได้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้บริการคนอื่น ๆ

สาเหตุที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการแปรผันทางทราฟฟิคได้แก่การที่ผู้ใช้บริการบางคนใช้บริการมากกว่าผู้ใช้บริการอื่น ๆ โดยทั่วไปแล้วลูกค้าที่ประกอบการทางธุรกิจจะใช้บริการมากกว่าลูกค้าประเภทอาคารที่พัก สำหรับลูกค้าประเภทเดียวกันแล้วการเปลี่ยนแปลงทางทราฟฟิคเกือบเหมือนกันทั้งทางด้านจำนวน การเรียกใช้งานและช่วงเวลาใช้งาน แผนภูมิที่ ๒.๕ แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเรียกใช้งานในหนึ่งชั่วโมงของลูกค้าประเภทธุรกิจจำนวน ๔๐ ราย กราฟดังกล่าวจะเรียงลำดับของปริมาณการเรียกใช้จากมากไปหาน้อย ซึ่งจะเห็นได้ว่าลูกค้าที่ใช้บริการสูงสุดจะมีปริมาณการเรียกใช้งานสูงถึง ๗๐ เท่าของลูกค้าที่ใช้บริการต่ำสุด สำหรับกลุ่มลูกค้าประเภทที่พักอาศัยจะมีการเปลี่ยนแปลงทางทราฟฟิคสูงเกินกว่าที่จะคาดคะเนได้

การเปลี่ยนแปลงท้ายสุดที่จะกล่าวถึงได้แก่การเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาใช้งาน (holding time) แม้ว่าค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาใช้งานจะเปลี่ยนไปตามแต่ละชุมสาย แต่ละหน่วยงาน หรือแต่ละฤดูกาล แต่เราก็สามารถวัดหาค่าดังกล่าวได้ ดังแสดงไว้ในแผนภูมิที่ ๒.๖ ซึ่งเป็นรูปแบบการกระจายของช่วงเวลาใช้งานตามจำนวนครั้งของการเรียกใช้ จากแผนภูมิดังกล่าวจะเห็นได้ว่าช่วงเวลาใช้งานระหว่าง ๑ ถึง ๓ นาทีจะมีจำนวนครั้งมากที่สุดตามลำดับ ในขณะที่ช่วงเวลาใช้งานที่นานออกไปเช่น ๑๐ นาที หรือมากกว่าจะมีจำนวนน้อยครั้ง

BUSY HOUR (ชั่วโมงใช้งานสูง)

BUSY HOUR หมายถึงช่วงเวลาที่มีปริมาณทราฟฟิคหนาแน่น โดยแสดงอยู่ในรูปสัดส่วนของช่วงเวลาที่ใช้ในการพิจารณา

ในการให้บริการลูกค้าแต่เดิมนี้ทางวิศวกรรมทางทราฟฟิคจะสมมติให้ปริมาณทราฟฟิคมีค่าเท่ากันทุก ๆ ชั่วโมงในหนึ่งวัน โดยไม่ได้คิดค่าเฉลี่ยในรอบวันหรือรอบสัปดาห์

007295

แต่เป็นการให้บริการชั่วโมงต่อชั่วโมง ดังนั้นปริมาณทราฟิคที่จะนำไปพิจารณาขนาดของชุมสาย จึงเป็นค่าที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้การบริการค่อนข้างแย่หรือล่าช้าในชั่วโมงเร่งรีบ และให้บริการดีเยี่ยมเป็นพิเศษในช่วงเวลาที่เหลือของวัน ในทำนองเดียวกันก็ให้บริการที่เลวในช่วงฤดูกาลใช้งานสูงและบริการดีเลิศเกินไปในช่วงเวลาที่เหลือในรอบปี โดยทั่วไแล้วจะพิจารณาถึงความหนาแน่นของทราฟฟิคในระหว่างชั่วโมงที่มีการใช้งานสูงของฤดูกาลใช้งานสูง

ชั่วโมงใช้งานสูงสามารถกำหนดได้หลายแบบ เช่นอาจหมายถึงชั่วโมงใช้งานสูงสุดของฤดูกาลใช้งานสูง หรือของเดือนที่ใช้งานสูง หรือของสัปดาห์ที่ใช้งานสูง หรืออาจกำหนดได้ว่าเป็นชั่วโมงสูงสุดของวันที่ใช้งานสูงสุดของฤดูกาลหรือเดือนหรือสัปดาห์ที่มีการใช้งานสูงก็ได้ ซึ่งค่าชั่วโมงใช้งานสูงที่คิดได้จากวิธีการทั้งสองนี้ไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน หรืออีกวิธีหนึ่งคือกำหนดชั่วโมงใช้งานสูงจากค่าเฉลี่ยของชั่วโมงใช้งานสูงสุดของช่วงนาฬิกาเดียวกัน เช่น ช่วงเวลา ๑๐ - ๑๑ นาฬิกาในฤดูกาล หรือเดือน หรือสัปดาห์ หรือรอบ ๑๐ วันที่มีการใช้งานสูง ค่าชั่วโมงใช้งานสูงตามแนวความคิดข้างต้นนี้ไม่สามารถนำมาใช้ในการกำหนดขนาดของชุมสาย เพื่อให้ความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนและการบริการเป็นไปอย่างเหมาะสมได้ เนื่องจากชั่วโมงใช้งานสูงสุดเพียงชั่วโมงเดียวในรอบฤดูกาลใช้งานสูงจะมีผลให้ต้องมีคู่สายเหลือเฟือในช่วงเวลาอื่น ๆ ที่เหลือ

ในทางทฤษฎีค่าชั่วโมงใช้งานสูงจะกำหนดที่ช่วงเวลา ๖๐ นาที ต่อเนื่องที่มีปริมาณทราฟฟิคสูงสุด ในทางปฏิบัติเพื่อให้ง่ายต่อการวัดปริมาณของทราฟฟิคจึงกำหนดค่าชั่วโมงใช้งานสูงในหน่วยของชั่วโมงเช่น $\frac{๑}{๒}$ ชั่วโมง หรือ $\frac{๑}{๔}$ ชั่วโมงและเป็นค่าสูงสุดของชั่วโมงดังกล่าว คำจำกัดความของชั่วโมงใช้งานสูงเกี่ยวโยงไปถึงว่าเราจะหาค่าความหนาแน่นทราฟฟิคจากจำนวนของทราฟฟิคที่มีอยู่ได้อย่างไร ในทางปฏิบัติจะมีปัญหาที่ว่าไม่มีรอบเวลาใด ๆ ที่มีค่าชั่วโมงใช้งานสูงตรงตามทฤษฎี

ในหัวข้อที่ ๒.๔ จะเห็นได้ว่าค่าของชั่วโมงใช้งานสูง จะถูกนำมาพิจารณาในการคำนวณหาจำนวนคู่สาย ค่าความหนาแน่นทราฟฟิคของชั่วโมงใช้งานสูงที่นำมาใช้ในสูตรดังกล่าวจะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของจำนวนชั่วโมงใช้งานสูงที่มีค่าอนันต์

ค่าทราฟฟิคของชั่วโมงใช้งานสูงที่นำมาใช้ในการกำหนดขนาดแบตเตอรี่ของชุมสายบางครั้งจะหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของทราฟฟิคที่เกิดขึ้นในรอบ ๒๔ ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง

๑๐-๑๔ เปอร์เซ็นต์ ค่าทราฟฟิคของรอบปีที่ใช้ในการคำนวณหาความมั่นคงของระบบ (system reliability) จะคิดที่ ๓๐๐ วันทำงาน และให้แต่ละวันทำงานมีชั่วโมงใช้งานสูง ๑๐ ชั่วโมง ดังนั้นในหนึ่งปีจะมีชั่วโมงใช้งานสูงอยู่ ๓๐๐๐ ชั่วโมง

GRADE OF SERVICE (คุณภาพของการให้บริการ)

GRADE OF SERVICE หมายถึงคุณภาพของการให้บริการ ซึ่งจะแสดงอยู่ในรูปของโอกาสที่เรียกติดต่อไม่ได้ในการพยายามเรียกติดต่อทั้งหมด ตัวอย่าง เช่นกำหนดว่า GRADE OF SERVICE เท่ากับ ๑:๕๐ หมายความว่าในการเรียกติดต่อ ๕๐ ครั้งจะมีโอกาสที่เรียกติดต่อไม่ได้อยู่ ๑ ครั้ง

ถ้าต้องการให้คุณภาพของการให้บริการดีเลิศ โดยทุกครั้งที่มีการเรียกติดต่อจะไม่มีการรอคอยหรือเรียกติดต่อไม่ได้ จำเป็นต้องมีชุมสายขนาดใหญ่ที่มีคู่สายจำนวนมากเท่ากับจำนวนผู้ใช้บริการ ถ้าสมมุติว่าทุกครั้งที่เรียกติดต่อเป็นการเรียกติดต่อระหว่างลูกค้าที่อยู่ในชุมสายเดียวกัน จำนวนคู่สายจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนผู้เช่าใช้บริการ ซึ่งแนวความคิดดังกล่าวเป็นเพียงแนวความคิดในอุดมคติเท่านั้นไม่สามารถเป็นจริงในทางปฏิบัติได้ เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงมาก

เพื่อที่จะลดจำนวนคู่สายให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม จำเป็นต้องล้มเลิกความคิดเพ้อฝันที่จะไม่ให้มีการจำกัดขีดความสามารถของการให้บริการ ผู้เช่าใช้บริการควรจะตระหนักถึงข้อเท็จจริงที่ว่าการเรียกติดต่อในบางครั้งไม่อาจทำได้ในทันทีทันใดในขณะที่คู่สายนั้นกำลังถูกใช้งานอยู่โดยผู้เช่าใช้บริการอื่น การเรียกติดต่อดังกล่าวจำเป็นต้องมีการรอคอยหรือเรียกติดต่อไปใหม่ คุณภาพของการให้บริการจะแสดงอยู่ในรูปของอัตราส่วนระหว่างจำนวนครั้งที่เรียกติดต่อไม่ได้ต่อจำนวนครั้งของความพยายามในการเรียกติดต่อทั้งหมด GRADE OF SERVICE ถูกกำหนดให้เป็นเครื่องมือวัดคุณภาพการให้บริการของชุมสายในแง่ที่อุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการให้บริการ ในทางปฏิบัติแล้วคุณภาพของการให้บริการจะถูกกำหนดให้เป็นสัดส่วนของจำนวนครั้งของการเรียกติดต่อที่ยอมให้ล้มเหลวในช่วงเวลาที่มีทราฟฟิคหนาแน่นต่อจำนวนครั้งของการเรียกติดต่อทั้งหมด โดยให้สัดส่วนดังกล่าวอยู่ในขีดจำกัดที่ต้องการ เพื่อให้การลงทุนด้านอุปกรณ์คู่สายอยู่ในวงเงินที่เหมาะสม

สำหรับชุมสายศูนย์ประกอบด้วยจำนวนคู่สายหลาย ๆ ช่วง (stages) ซึ่งแต่ละช่วงของคู่สายจะมีค่าความล้มเหลวที่ยอมให้มีได้กำหนดไว้แล้วนั้น ค่าคุณภาพของการให้บริการจะแปรผันอยู่ระหว่าง ๑ ต่อ ๑๐๐ หรือ ๑ ต่อ ๑๐๐๐ ค่าคุณภาพของการให้บริการรวมจะมีค่าเท่ากับผลบวกของคุณภาพของการให้บริการของแต่ละช่วงสายที่นับออกจากต้นทางการเรียกติดต่อ

ความหนาแน่นทราฟฟิคและจำนวนคู่สาย (Traffic density and switches)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าไม่มีรูปแบบที่แน่นอนทางด้านทราฟฟิค จึงเป็นที่น่าสงสัยว่าจะคำนวณหาจำนวนคู่สายและอุปกรณ์ได้อย่างไร อย่างไรก็ดีเราสามารถหารายละเอียดจากการวัดปริมาณทราฟฟิคที่เรียกติดต่อได้ในแต่ละทางสาย แทนที่จะวัดจากผู้ใช้บริการแต่ละรายซึ่งเราสามารถหาค่าเฉลี่ยของการแปรผันทางทราฟฟิคในช่วงเวลาใด ๆ ได้ แล้วใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นทราฟฟิคในช่วงเวลาใช้งานสูง และค่าเฉลี่ยของจำนวนคู่สายที่เหมาะสมโดยกำหนดคุณภาพของการให้บริการตามต้องการ

๒.๓ หน่วยวัดปริมาณทางทราฟฟิค

ปริมาณทางทราฟฟิค (Traffic intensity) ในทางทฤษฎี มีหน่วยวัดเป็นค่าเออร์แลง (Erlang) ซึ่งเป็นชื่อของนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ A.K.ERLANG ผู้ค้นพบทฤษฎีทางทราฟฟิค Erlang จะเป็นตัวบอกรายละเอียดปลีกย่อยของทราฟฟิค ค่าหนึ่งหน่วยเออร์แลงจะแสดงถึงสถานะภาพการใช้งานของคู่สาย ๑ คู่สาย (circuit) ในช่วงเวลา ๑ ชั่วโมง การวัดปริมาณทราฟฟิคในค่าของ ERLANG นั้นหาได้จากสูตรดังนี้

$$A = a \times h \qquad \text{---------- (2.1)}$$

เมื่อ A = ปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของ Erlang

a = ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่เรียกติดต่อ (calls) ใน ๑ ชั่วโมง

h = ค่าเฉลี่ยในหน่วยชั่วโมงของช่วงเวลาการใช้งาน (holding time) ในรอบหนึ่งชั่วโมง

จากสมการ (๒.๑) จะเห็นได้ว่าปริมาณทราฟฟิค (Traffic intensity) ในหน่วยของ Erlang อาจมีความหมายได้ดังนี้

(๑) หมายถึงค่าเฉลี่ยของการเรียกพร้อมกัน (number of simultaneous calls) ในรอบเวลาหนึ่งชั่วโมง

จากหลักการนี้เองที่นำไปสร้างอุปกรณ์ในการวัดปริมาณทราฟฟิคโดยวิธีสุ่มจำนวนการใช้วงจร แล้วนับจำนวนครั้งที่สุ่มพร้อมทั้งจำนวนวงจรที่ถูกใช้งานพร้อมกันในแต่ละครั้งออกมาหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยที่ได้จะมีหน่วยเป็น Erlang

(๒) หมายถึงค่าเฉลี่ยของจำนวนวงจรที่ถูกใช้งานในช่วงเวลาที่มีค่าเท่ากับช่วงเวลาใช้งานเฉลี่ยเช่น

<u>ตัวอย่าง</u> ถ้าค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาใช้งาน (holding time) = ๓ นาที และจำนวนการเรียกใช้งาน (Calls) ในหนึ่งชั่วโมง = ๑๒ ครั้ง จะหาค่า Erlang ได้ดังนี้

$$A = 3 \times \frac{12}{60} = 0.6 \text{ Erlang}$$

หรือกล่าวได้ว่าในช่วงเวลาใช้งาน ๓ นาที จะมีจำนวนการใช้วงจรโดยเฉลี่ยเท่ากับ ๐.๖ ครั้ง

(๓) หมายถึงจำนวนชั่วโมงของการใช้วงจรทั้งหมดในรอบเวลาหนึ่งชั่วโมง เช่นจากตัวอย่างในข้อ (๒) อาจกล่าวได้ว่าในชั่วโมงหนึ่ง ๆ วงจรจะถูกใช้งาน ๐.๖ ชั่วโมงหรือ ๖๐% เท่านั้น

ในสหรัฐอเมริกาจะมีหน่วยวัดปริมาณทราฟฟิคเรียกว่าหน่วย "unit call" หรือย่อว่า UC หรือหน่วยเป็น "hundred call second" ย่อว่า CCS หน่วยดังกล่าวนี้ จะแสดงถึงผลรวมของจำนวนคู่สายที่กำลังถูกใช้งาน โดยวัดในรอบเวลาทุก ๆ ๑๐๐ วินาที หรือจะมีการวัด ๓๖ ครั้งในรอบ ๑ ชั่วโมง

แต่อย่างไรก็ดีหน่วยของ Erlang จะให้ความหมายกว้างกว่าหน่วยของ UC หรือ CCS ค่าของ Erlang ในแต่ละทางสาย (Channel) หมายถึงประสิทธิภาพการใช้งานของทางสายนั้น ๆ

๑ หน่วยของ Erlang แบ่งย่อยเป็น ๑๐๐๐ มิลลิเออร์แลง (Millierlang) หน่วยของ Millierlang ส่วนใหญ่มักพูดเกี่ยวกับอัตราใช้งาน (Calling rate) ของผู้เช่าบริการ

ตัวอย่างได้แก่อัตราใช้งาน (Calling rate) ๐.๐๕ เออร์แลงต่อคู่สายจะมีค่าเท่ากับ ๕๐ มิลลิเออร์แลงต่อคู่สาย

ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของ Erlang UC และ CCS เขียนได้ดังนี้

1 Erlang = 36 UC = 36 CCS

ถ้าต้องการเปลี่ยนหน่วยจาก UC หรือ CCS เป็นหน่วยของ Erlang ให้หารค่านั้นด้วย ๓๖ แต่ถ้าต้องการเปลี่ยนค่าจาก Erlang เป็น UC หรือ CCS ให้นำ ๓๖ ไปคูณค่านั้น

๒.๔ สมมุติฐานของทฤษฎีทางทราฟฟิค

จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นถึงการวัดปริมาณทางทราฟฟิค ซึ่งสามารถวัดได้เป็นหน่วยของ Erlang ค่า Erlang ที่ได้จะนำไปใช้ในการพิจารณาวัดจำนวนอุปกรณ์ (เช่น วงจร) เพื่อให้พอเพียงต่อปริมาณทางทราฟฟิคดังกล่าว ปัญหาของการให้บริการทางโทรคมนาคม เช่น บริการเทเล็กซ์นั้นอยู่ที่ว่าจะกำหนดจำนวนอุปกรณ์ (วงจร) เท่าไรจึงพอเพียงต่อปริมาณทราฟฟิคที่มีอยู่ ในขณะเดียวกันก็ต้องพิจารณาให้เหมาะสมต่อสภาพการลงทุนให้มากที่สุดด้วย ดังนั้นในการจัดจำนวนอุปกรณ์ (วงจร) นอกจากจะทราบค่าปริมาณทางทราฟฟิคแล้วยังต้องกำหนดคุณภาพของการให้บริการ (Grade of service) ควบคู่ไปด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางทราฟฟิค จำนวนวงจรที่เหมาะสม และคุณภาพของการให้บริการ สามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ว่าด้วยทฤษฎีความน่าจะเป็น (Probability Theory) ซึ่งคิดขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ A.K. ERLANG

อย่างไรก็ตามโดยที่ค่าตัวแปรในการให้บริการทางด้านโทรคมนาคมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เช่นอาจมีการเรียกติดต่อในขณะหนึ่งขณะใดก็ได้ หรืออาจเลิกการติดต่อเมื่อใดก็ได้ อีกทั้งระยะเวลาในการใช้งานครั้งหนึ่ง ๆ ก็แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการใช้ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ในการหาความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงจำเป็นต้องกำหนดสมมุติฐานดังต่อไปนี้

(๑) สมมุติว่าจำนวนแหล่งที่มาของการเรียกติดต่อหรือจำนวนผู้เช่าใช้บริการ

(Subscribers) มีค่าเป็นอนันต์ (infinity) ซึ่งก่อให้เกิดการเรียกใช้งาน (Calls) ที่ไม่เป็นรูปแบบที่แน่นอน (Random)

(๒) สมมุติว่าช่วงเวลาในการใช้งาน (holding time) ครั้งหนึ่ง ๆ มีการกระจายแบบ Negative exponential curve ซึ่งสามารถเขียนเป็นรูปสมการได้ว่า

$$P(t) = \frac{1}{h} e^{\frac{-t}{h}} \qquad \text{--------} \quad (2.2)$$

โดย h = ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาใช้งาน

ที่ $t > to$ จะได้ว่า

$$P(t > to) = \int_{to}^{\infty} \frac{1}{h} \cdot e^{\frac{-t}{h}} dt = e^{\frac{-to}{h}} \qquad \text{--------} \quad (2.3)$$

จากสมการ (๒.๓) จะได้ว่าโอกาสที่ช่วงเวลาใช้งานนานกว่า to มีค่าเท่ากับ $e^{\frac{-to}{h}}$ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า โอกาสที่ช่วงเวลาใช้งานน้อยกว่าหรือเท่ากับ to จะมีค่าเท่ากับ $1-e^{\frac{-to}{h}}$

(๓) สมมุติว่าจำนวนวงจรที่ใช้ในการบริการมีขีดจำกัดเท่ากับ N วงจร และแต่ละวงจรอยู่ในสภาพพร้อมที่จะถูกเรียกใช้งานได้ตลอดเวลา (Full availability)

(๔) เมื่อมีการเรียกใช้งาน (Call) ใด ๆ เข้ามาในขณะที่ทุกวงจรกำลังถูกใช้งานอยู่ การเรียกใช้งาน (Call) ที่แทรกเข้ามานั้นจะถูกยกเลิกและถือว่าช่วงเวลาในการใช้งานครั้งนั้น ๆ มีค่าเป็นศูนย์ ($h = 0$)

จากสมมุติฐานดังกล่าวจะแสดงในรูปสมการได้ว่า

$$Pn = \frac{A^N/N!}{1 + A + A^2/2!+ \text{----} A^N/N!} \qquad \text{--------} \quad (2.4)$$

P_n = โอกาสที่ N วงจรจะถูกใช้งานพร้อม ๆ กันหรือโอกาสที่การเรียกใช้งานใหม่จะล้มเหลว

N = จำนวนวงจรในทางสายนั้น ๆ

A = ปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของ Erlang

จากสมการ (๒.๔) เขียนได้ว่า

$$P_n = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{i=o}^{N} \frac{A^i}{i!}} \text{ --------- } (2.5)$$

เมื่อ $\sum_{i=o}^{N} \frac{A^i}{i!} = 1 + A + \frac{A^2}{2!} + \text{--------} + \frac{A^N}{N!}$

สมการดังกล่าวเรียกว่า "Erlang Loss Formula" ซึ่งจะใช้ในการคำนวณหาคุณภาพของการให้บริการ (Grade of Service) เมื่อทราบปริมาณทราฟฟิคและจำนวนวงจรที่มีอยู่ในปัจจุบัน

๒.๕ การกำหนดจำนวนวงจร

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ปัญหาสำคัญสำหรับผู้ใช้บริการทางด้านโทรคมนาคมคือ ปัญหาในการกำหนดจำนวนวงจรของการบริการให้เหมาะสมกับปริมาณทราฟฟิคที่เป็นอยู่โดยต้องมีการกำหนดคุณภาพของการให้บริการ (Grade of Service) ควบคู่ไปด้วย คุณภาพของการให้บริการจะถูกกำหนดโดยยึดถือนโยบายของบริษัทผู้จัดบริการว่าต้องการให้บริการดีหรือเลวเพียงใด โดยกำหนดไว้ในลักษณะของโอกาสที่ยอมให้การเรียกติดต่อล้มเหลวได้ เป็นอัตราส่วนเท่าใดของการเรียกติดต่อทั้งหมด ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้มีค่า ๑ ต่อ ๓๐ หรือ ๑ ต่อ ๕๐ นั่นคือยอมให้การเรียกติดต่อมีโอกาสล้มเหลวได้ ๑ ครั้งต่อการเรียกติดต่อทั้งหมด ๓๐ หรือ ๕๐ ครั้งตามลำดับ แสดงว่าคุณภาพของการให้บริการที่ ๑ ต่อ ๕๐ ย่อมดีกว่า ๑ ต่อ ๓๐

จากสูตรของ Erlang Loss Formula ในสมการที่ (๒.๔) หรือ (๒.๕) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทราฟฟิค (ในหน่วยของ Erlang) จำนวนวงจร และ Grade of Service เราสามารถหาค่าหนึ่งค่าใดได้เมื่อทราบ ๒ ค่าที่เหลือ ตัวอย่างเช่น ต้องการหา Grade of Service เมื่อทราบว่าปริมาณทราฟฟิคมีค่า ๑.๒๗ เออร์แลง และมีวงจรอยู่ ๔ วงจร

นำค่าดังกล่าวไปแทนในสมการที่ (๒.๔) จะได้ว่า

$$Pn = \frac{\frac{.73^3}{3!}}{1+.73+\frac{.73^2}{2!}+\frac{.73^3}{31}}$$

$$= 0.03145$$

$\therefore$ Grade of Service = 1 : 30

จากสูตรดังกล่าวเราสามารถหาค่าปริมาณทราฟฟิคที่จำนวนวงจรต่าง ๆ กันและ Grade of Service ต่าง ๆ กันได้โดยจัดทำเป็นตารางสำเร็จรูป ดังแสดงไว้ในตารางที่ ๒.๑

ในการกำหนดวงจรทางเทเล็กซ์ต่างประเทศนั้น เราจะกำหนดค่า Grade of Service ไว้ก่อน และทราบค่าปริมาณทราฟฟิคจากสถิติเก่าของทางสายหนึ่ง ๆ ก็จะหาจำนวนวงจรของทางสายนั้น ๆ ได้ ปริมาณทราฟฟิคที่นำมาใช้พิจารณานี้จะเป็นค่าปริมาณทราฟฟิคในช่วง Busy hour สมมุติให้ทางสายหนึ่งมีค่าทราฟฟิคในช่วง Busy hour เท่ากับ ๒.๕ Erlang และกำหนดให้ใช้ Grade of Service ที่ ๑ ต่อ ๕๐ จากตาราง ๒.๑ จะได้ค่าของจำนวนวงจรอยู่ระหว่าง ๖ ถึง ๗ วงจร ดังนั้นเราจึงกำหนดได้ว่าทางสายนั้นควรมีจำนวนวงจรเท่ากับ ๗ วงจร

ค่าปริมาณทราฟฟิคนอกจากจะวัดในหน่วยของ Erlang แล้วยังสามารถวัดในรูปแบบอื่นได้อีก ในทางปฏิบัติเราจะเก็บข้อมูลทางด้านทราฟฟิคทางเทเล็กซ์ โดยวัดเป็นนาทีที่วงจรหรือทางสายถูกใช้งานในหนึ่งเดือน จากสมการที่ (๒.๑) เราสามารถหาค่าปริมาณทราฟฟิคเป็นจำนวนนาทีต่อเดือนได้ดังนี้

สมมุติให้ M คือปริมาณทราฟฟิคเป็นนาทีต่อเดือน

ใน ๑ เดือน มี ๒๕ วันทำการ

ใน ๑ วัน มีช่วงเวลาที่ทราฟฟิคหนาแน่น (Busy hour) อยู่เพียง $\frac{1}{K}$ ของวัน

h = ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาใช้งานในหน่วยชั่วโมง

a = ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่เรียกติดต่อในหนึ่งชั่วโมง

จะได้ว่า

$$M = a \times (\frac{24}{k}) \times 25 \times 60 \times h \quad \text{นาทีต่อเดือน}$$

$$M = \frac{36000ah}{k}$$

หรือ $$a = \frac{MK}{36000h} \quad \text{---------} \quad (2.6)$$

จากสมการ (๒.๑)

$$A = a \times h$$

ดังนั้น $$A = \frac{Mk}{36000h} h$$

$$\therefore \quad A = \frac{Mk}{36000} \quad \text{--------} \quad (2.7)$$

จากสมการ (๒.๗) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง A และ M กล่าวคือเมื่อทราบค่าปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของนาทีต่อเดือนก็สามารถหาค่าปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของ Erlang ได้ โดยต้องทราบค่าเฉลี่ยของชั่วโมงใช้งานสูง (Busy hour) ในแต่ละวันด้วย ในทางปฏิบัติแล้ว $\frac{1}{K}$ มักใช้ค่าระหว่าง $\frac{1}{6}$ หรือ $\frac{1}{8}$ ของวัน หรือกล่าวได้ว่าในรอบวันหนึ่ง ๆ มีช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูงเพียง ๔ หรือ ๓ ชั่วโมงตามลำดับ

จากสมการ (๒.๗) จะได้

$$M = \frac{36000A}{K} \quad \text{-------} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ (๒.๘) สามารถเปลี่ยนค่าปริมาณทราฟฟิคจากค่าของ Erlang มาเป็นจำนวนนาทีต่อเดือนได้เมื่อเราทราบค่า K อยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นจากตารางที่ ๒.๑ จะได้ตาราง

ที่ ๒.๒ ที่ค่า k เท่ากับ ๖ และ ๘ เช่น

ถ้า $K = 6$

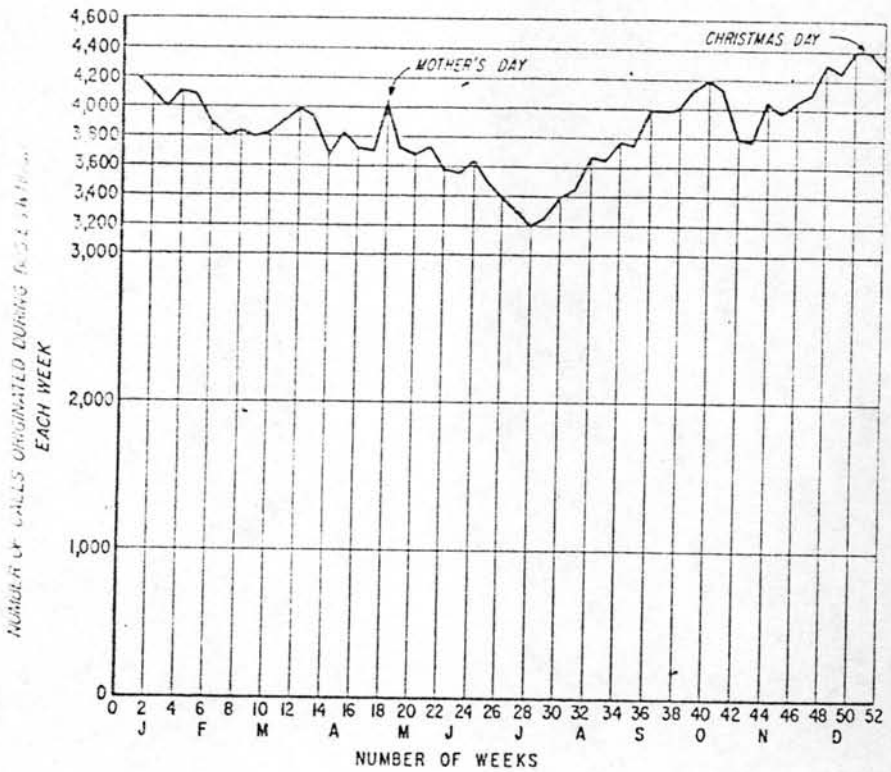
$A = 2.53$ Erlang

$$M = \frac{36000 \times 2.53}{6} = 15180 \text{ นาทีต่อเดือน}$$

กล่าวคือค่าปริมาณทราฟฟิค ๒.๕๓ Erlang จะมีค่าเท่ากับปริมาณทราฟฟิคจำนวน ๑๕๑๘๐ นาทีต่อเดือนที่ Busy hour เท่ากับ $\frac{1}{6}$ ของวัน

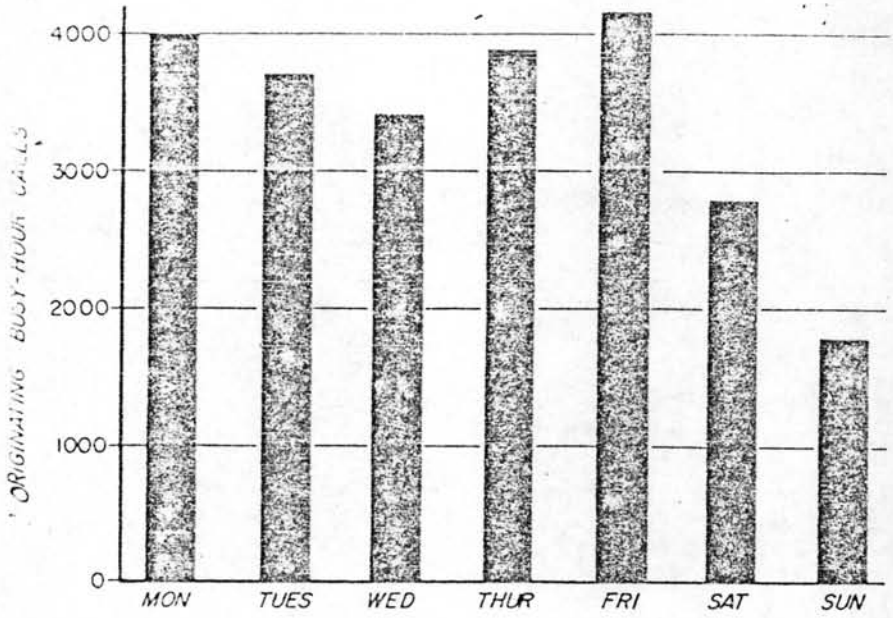
ตารางที่ ๒.๒ แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของนาทีต่อเดือนกับจำนวนวงจรที่เหมาะสมที่ค่า Grade of Service เท่ากับ ๑ ต่อ ๓๐ และ ๑ ต่อ ๕๐ และที่ Busy hour เท่ากับ $\frac{1}{6}$ และ $\frac{1}{8}$ ของวัน

โดยทั่วไปแล้วตามหลักการทำงานของชุมสายจะมีการบันทึกการเรียกติดต่อในแต่ละครั้งในหน่วยของนาที ดังนั้นการหาปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของนาทีต่อเดือนย่อมสะดวกกว่าและทำได้ง่ายกว่าการหาค่าของปริาณทราฟฟิคในหน่วยของ Erlang ในทางปฏิบัติเราจึงใช้ตารางที่ ๒.๒ มาช่วยในการพิจารณาจำนวนวงจรที่เหมาะสม

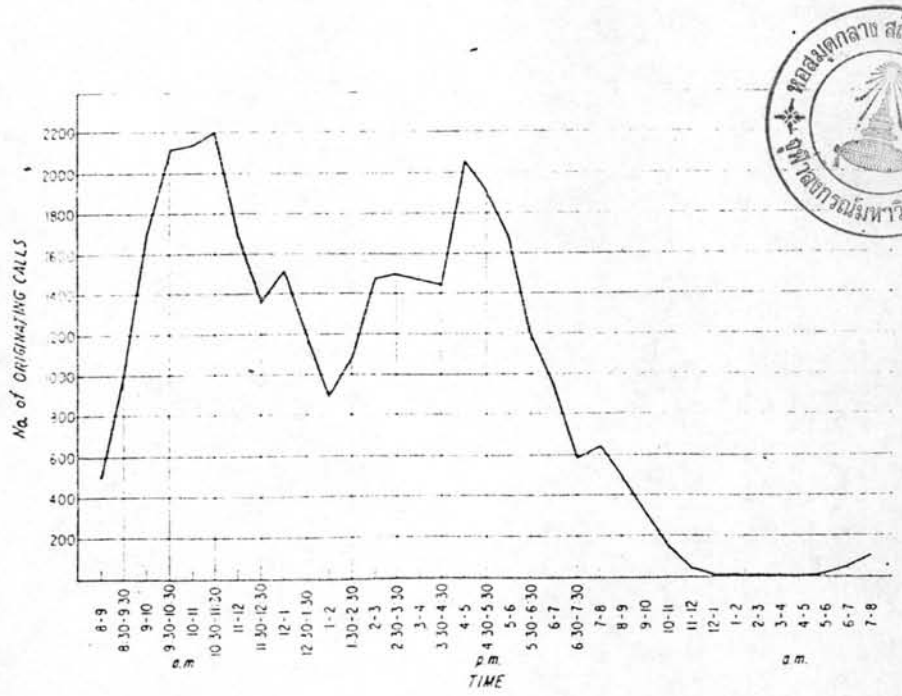


แผนภูมิที่ ๒.๑ แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั่วโมงใช้งานสูงสุดจากสัปดาห์หนึ่งไปยังอีกสัปดาห์หนึ่งในรอบปี ของปริมาณการเรียกติดต่อของชุมสายที่มีขนาด ๒๐๐๐ คู่สาย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

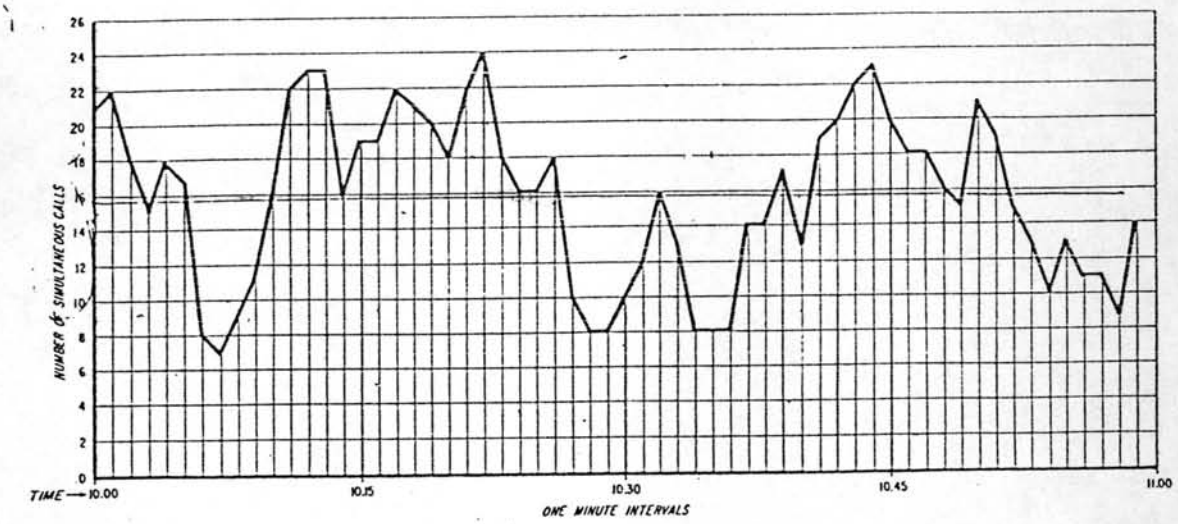


แผนภูมิที่ ๒.๒ แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั่วโมงใช้งานสูงสุดของปริมาณการเรียกติดต่อ จากวันหนึ่งไปยังอีกวันหนึ่งในรอบสัปดาห์



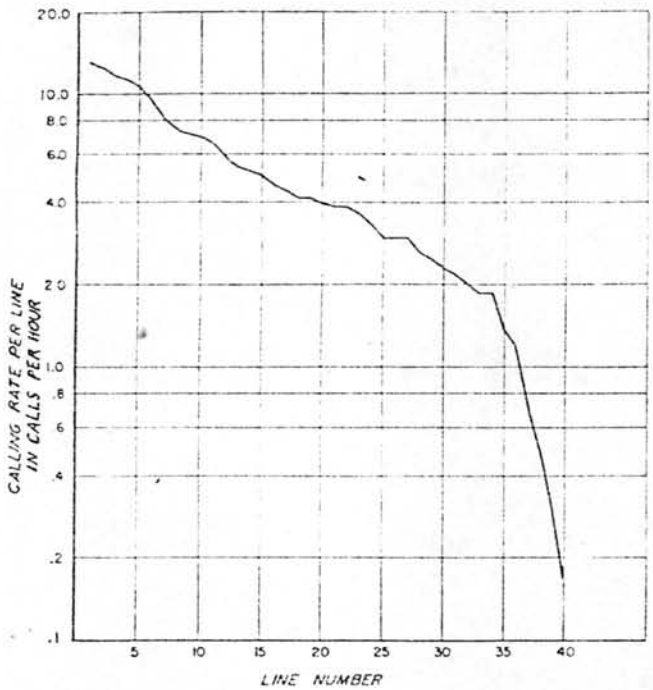
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ ๒.๓ แสดงการเปลี่ยนแปลงของชั่วโมงใช้งานสูงสุดในรอบ ๒๔ ชั่วโมง ของปริมาณการเรียกติดต่อ ของชุมสายที่มีขนาด ๒๐๐๐ คู่สาย



Fluctuation of calls during a one-hour period on a particular group of 30 lines.

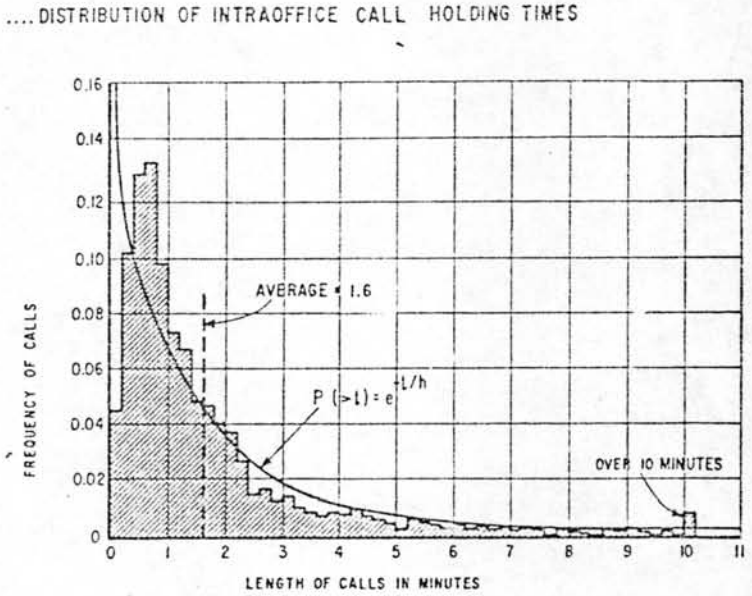
แผนภูมิที่ ๒.๔ แสดงการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นทราฟฟิคที่เกิดขึ้นทุก ๆ นาที ในรอบ ๑ ชั่วโมง ของทางสายที่มีขนาด ๓๐ วงจร



Variation of calling rates among 40 business subscribers.

แผนภูมิที่ ๒.๔ แสดงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเรียกใช้งาน
ของลูกค้าประเภทธุรกิจจำนวน ๔๐ ราย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Variation of call holding times.

แผนภูมิที่ ๒.๖ แสดงการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาใช้งาน

ตารางที่ ๒.๑ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทราฟฟิคในหน่วยของ Erlang กับจำนวนวงจรที่เหมาะสม ที่ค่า Grade of service เท่ากับ ๑ ต่อ ๓๐ และ ๑ ต่อ ๕๐

Number of circuits	Traffic intensity in erlangs for grade of survice of	
	1 in 30	1 in 50
1	0.034	0.020
2	0.289	0.22
3	0.73	0.59
4	1.27	1.07
5	1.88	1.63
6	2.53	2.33
7	3.23	2.87
8	3.95	3.56
9	4.70	4.26
10	5.47	4.98
11	6.25	5.72
12	7.05	6.48
13	7.86	7.25
14	8.68	8.04
15	9.51	8.83
16	10.34	9.63
17	11.18	10.44
18	12.04	11.25
19	12.89	12.07
20	13.75	12.91

Number of circuits	Traffic intensity in erlangs for grade of service of	
	1 in 30	1 in 50
21	14.62	13.75
22	15.50	14.60
23	16.38	15.46
24	17.27	16.31
25	18.15	17.16
26	19.05	18.02
27	19.95	18.89
28	20.85	19.75
29	21.75	20.62
30	22.65	21.49
31	23.55	22.36
32	24.46	23.25
33	25.37	24.13
34	26.27	25.01
35	27.18	25.90
36	28.09	26.79
37	29.0	27.69
38	29.92	28.58
39	30.84	29.48
40	31.76	30.38

ตารางที่ ๒.๒ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทราฟฟิคที่ในหน่วยนาทีต่อเดือน จำนวนวงจรที่เหมาะสม ที่ค่า Grade of Service เท่ากับ ๑ ต่อ ๓๐ และ ๑ ต่อ ๕๐ และที่ค่า Busy hour เท่ากับ $\frac{๑}{๖}$ และ $\frac{๑}{๘}$ ของวัน

No.of circuits	Grade of service 1 : 30		Grade of service 1 : 50	
	Busy hour $\frac{1}{6}$ day	Busy hour $\frac{1}{8}$ day	Busy hour $\frac{1}{6}$ day	Busy hour $\frac{1}{8}$ day
1	0 - 153	0 - 204	0 - 90	0 - 120
2	1301	1734	990	1320
3	3285	4380	2655	3540
4	5715	7620	4815	6420
5	8460	11280	7335	9780
6	11385	15180	10485	13980
7	14535	19380	12915	17220
8	17775	23700	16020	21360
9	21150	28200	19170	25560
10	24615	32820	22410	29880
11	28125	37500	25740	34320
12	31725	42300	29160	38880
13	35370	47160	32625	43500
14	39060	52080	36180	48240
15	42795	57060	39735	52980
16	46530	62040	43335	57780
17	50310	67080	46980	62640
18	54180	72240	50625	67500

No.of circuits	Grade of service 1 : 30		Grade of service 1 : 50	
	Busy hour $\frac{1}{6}$ day	Busy hour $\frac{1}{8}$ day	Busy hour $\frac{1}{6}$ day	Busy hour $\frac{1}{8}$ day
19	58005	77340	54315	72420
20	61875	82500	58095	77460
21	65790	87720	61875	82500
22	69750	93000	65700	87600
23	73710	98280	69570	92760
24	77715	103620	73395	97860
25	81675	108900	77220	102960
26	85726	114300	81090	108120
27	89775	119700	85005	113340
28	93825	125100	88875	118500
29	97875	130500	92790	123720
30	101926	135900	96705	128940
31	105976	141300	100620	134160
32	110071	146760	104625	139500
33	114166	152220	108585	144780
34	118216	157620	112545	150060
35	122311	163080	116550	155400
36	126406	168540	120555	160740
37	130501	174000	124605	166140
38	134641	179520	128610	171480
39	138781	185040	132660	176880
40	142921	190560	136710	182280

I16056206