การวิเคราะห์ระบบรับ–จ่ายหนังสือ (Circulation) ของห้องสมุดโดยใช้ Queueing Model **

ดร. เอื้อน ปิ่นเงิน*

การวิเคราะห์ระบบงานใดก็ตาม สิ่งแรกที่ผู้วิเคราะห์ระบบต้องทำคือการกำหนดวัตถุประสงค์ของระบบงานนั้น ๆ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์การประเมินวัตถุประสงค์ไว้ให้เด่นชัด ทั้งนี้ เพื่อสะดวกแก่การประเมินโครงการในภายหลัง ระบบการรับ–จ่ายหนังสือของห้องสมุด เป็นระบบงานที่มีความสลับซับซ้อนต้องเกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลหลายประเภท และยังใช้วัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนเครื่องมืออีกเป็นจำนวนมาก การลงมือกระทำโดยไม่มีวัตถุประสงค์ที่แน่นอน ย่อมเสี่ยงต่อความล้มเหลวอย่างยิ่ง

ในบทความนี้ ผู้เขียนได้เสนอวัตถุประสงค์ เกณฑ์การประเมินวัตถุประสงค์ พร้อมทั้งเสนอแนวความคิดในการใช้ Queueing Model มาช่วยในการวิเคราะห์ระบบงานรับ–จ่ายหนังสือของห้องสมุด ซึ่งคงจะช่วยในการวางแผนการนำคอมพิวเตอร์มาใช้กับงานรับ–จ่ายหนังสือของห้องสมุดต่าง ๆ ไม่มากก็น้อย

วัตถุประสงค์ของระบบรับ–จ่าย

1. เพื่อให้การรับ–จ่ายมีมากที่สุด ทั้งจำนวนหนังสือที่ยืมและจำนวนผู้ยืม
2. เพื่อให้ผู้ยืมใช้เวลาและความพยายามน้อยที่สุดในการยืมหนังสือแต่ละครั้ง
3. เพื่อจัดหาหนังสือให้สามารถสนองความต้องการของผู้ยืมได้ในทันที หรือให้ผู้ยืมรอคอยเป็นระยะเวลาสั้นที่สุด
4. เพื่อไม่ให้หนังสือสูญหาย

เกณฑ์การประเมินวัตถุประสงค์

1. จำนวนหนังสือที่รับ–จ่าย และจำนวนผู้ยืม
2. ระยะเวลาที่ผู้ยืมใช้ในการยืมหนังสือแต่ละเล่ม

---

* เอื้อน ปิ่นเงิน ผู้อำนวยการสถาบันบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

** เอกสารประกอบการอภิปรายทางวิชาการ เรื่อง "การใช้คอมพิวเตอร์กับบริการจ่าย–รับ หนังสือของห้องสมุดมหาวิทยาลัย" ณ สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยรามคำแหง วันพุธที่ 27 มกราคม 2531

3. ระดับความพอใจ (Satisfaction Level) หรือระยะเวลาเฉลี่ยของการตอบสนอง (Mean Response Time)

4. ระบบความปลอดภัย (Security Systems) และความถูกต้องของแฟ้มผู้ยืม

การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์ทั้งสี่ข้อนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิเคราะห์เพื่อหารูปแบบที่เหมาะสม ผู้เขียนขอเสนอการวิเคราะห์โดยใช้ Queueing Model เพื่อให้ได้รูปแบบที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่ต้องการ

Queueing Model

Queueing Model สามารถใช้จำลองแบบการกระทำซึ่งมีลักษณะที่ผู้มาขอใช้บริการเข้ามาถึงรอคอยเพื่อรับบริการ รับบริการ และเสร็จการให้บริการ ตัวอย่างของ Queue ที่เราพบอยู่เสมอได้แก่ แถวเบิกเงินที่ธนาคาร แถวจ่ายเงินที่ซุปเปอร์มาร์เกต แถวซื้อบัตรเข้าชมภาพยนตร์ เป็นต้น

Queueing Model ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ประการ คือ

1. Interarrival-time probability density function เป็นพารามิเตอร์ที่อธิบายลักษณะการกระจายของช่วงเวลาที่ผู้ใช้บริการเข้ามาถึง
2. Service-time probability density function เป็นพารามิเตอร์ที่อธิบายลักษณะการกระจายของระยะเวลาที่ผู้ใช้บริการแต่ละคนต้องการในการรับบริการ ในที่นี้ได้แก่ระยะเวลาที่ผู้ยืมแต่ละคนใช้ยืมหนังสือ
3. Number of servers หมายถึงจำนวนของผู้ให้บริการหรือจำนวนสถานีที่ให้บริการ ในที่นี้หมายถึงจำนวนเคาน์เตอร์ที่ให้ผู้ยืมเข้ายืมได้
4. Queueing discipline หมายถึงระบบการจัดรูปแบบของ queue เช่นมาก่อนให้บริการก่อน หรือให้บริการแก่คนที่ยืมหนังสือน้อยก่อน
5. Amount of buffer space in the queue หมายถึงจำนวนที่ว่างที่ queue สามารถจะรับได้ นั่นคือขนาดความยาวของ queue หรือความยาวของแถวที่ยืมหนังสือนั่นเอง

สัญลักษณ์ : โดยทั่วไปจะแทนรูปแบบของ queue ด้วย A/B/m เมื่อ

A = interarrival-time probability density

B = service-time probability density

m = number of servers

ซึ่ง A และ B อาจเลือกมาจาก

M = exponential probability density (M หมายถึง Markov)

D = all customers have the same value (D หมายถึง Deterministic)

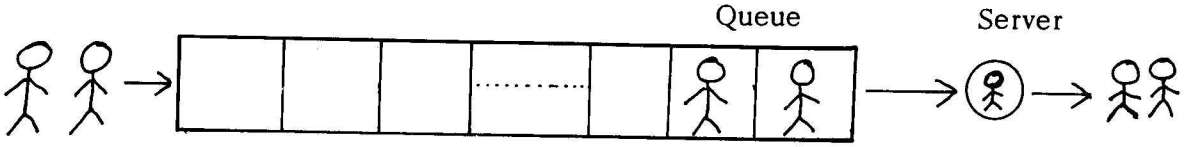
G = general (j.e. arbitrary probability density)

ในที่นี้จะวิเคราะห์ถึง M/M/1 model กับระบบงานรับ-จ่ายหนังสือของห้องสมุดโดยสมมติฐาน exponential interarrival probability ซึ่งเหมาะสมในกรณีที่จำนวนผู้ใช้บริการมีมากและเป็นอิสระต่อกัน (independent) ภายใต้เงื่อนไขนี้ probability ของผู้ใช้บริการจำนวน n คน เข้ามาถึงในช่วงเวลา t สามารถกำหนดได้โดย Poisson Law :

$$P_n(t) = (\lambda t)^n e^{-\lambda t}/n! \qquad \text{.....(1)}$$

ซึ่ง λ = mean arrival rate

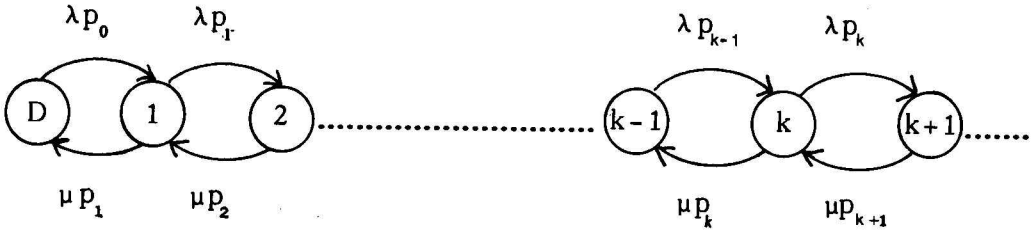
สภาพสมดุลย์ของ M/M/1 Queue



mean arrival rate
= λ customers/sec

mean service rate
= μ customers/sec

ให้ p_k เป็น equilibrium probability ซึ่งมีผู้ใช้บริการ k คนอยู่ในระบบ ถ้าเราสามารถหา probability นี้ได้เราจะสามารถหาจำนวนเฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่อยู่ในระบบ เวลาเฉลี่ยของการรอคอย (expected waiting time) และอื่น ๆ ได้ ถึงแม้ว่า queue จะอยู่ในสภาวะสมดุลย์ แต่การเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปอีกสถานะหนึ่งจะเกิดขึ้นอยู่เสมอ เช่นถ้าระบบอยู่ในสถานะ 4 (มีผู้ใช้บริการอยู่ 4 คนในระบบ) และมีผู้ใช้บริการคนใหม่เข้ามา ระบบจะเปลี่ยนไปเป็นสถานะ 5 ในทำนองเดียวกัน เมื่อผู้ใช้บริการได้รับบริการเสร็จก็จะออกไปจากระบบ ทำให้ระบบเปลี่ยนสถานะต่ำลงไป 1 สถานะ ระบบ queue ที่มีลักษณะเช่นนี้เรียกว่า birth-death-systems



รูปข้างบนนี้แสดงถึงสถานะของระบบ Queue ซึ่งมี server เพียงคนเดียว ในการวิเคราะห์นี้เราจะต้องรู้ว่าในแต่ละวินาทีนั้นจะมีการเปลี่ยนสถานะในแต่ละประเภทเป็นอย่างไร ถ้า mean arrival rate เป็น λ customers/sec แล้วจำนวนเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงต่อวินาทีจากสถานะ 0 ไปยังสถานะ 1 คือ λp_0 ตัวอย่างเช่น $\lambda = 40$ customers/sec โอกาสที่ระบบจะว่าง (สถานะ 0) เป็น 20% และโอกาสที่ระบบจะอยู่สถานะ 1 เป็น 15% ดังนั้น โดยเฉลี่ยจะมีการเปลี่ยนแปลงจากสถานะ 0 เป็นสถานะ 1 จะมีจำนวน 8 ครั้งใน 1 วินาที และเปลี่ยนจากสถานะ 1 เป็นสถานะ 2 จำนวน 6 ครั้งใน 1 วินาที โดยทั่วไปอัตราการเปลี่ยนแปลงจากสถานะ k ไปเป็นสถานะ $k+1$ จะเป็น λp_k

ในทำนองเดียวกัน ถ้า server สามารถให้บริการได้ด้วยอัตรา μ customers/sec การเปลี่ยนสถานะจาก $k+1$ เป็นสถานะ k จะเป็น $\mu \rho_{k+1}$

หมายเหตุ การเปลี่ยนแปลงจากสถานะ k เป็นสถานะ $k+1$ กับการเปลี่ยนสถานะจาก $k+1$ ไปเป็นสถานะ k จะเกิดในอัตราที่เท่ากัน

นั่นคือ

$$\lambda p_0 = \mu p_1$$
$$\lambda p_1 = \mu p_2$$
$$\cdot\ \cdot \qquad \text{.....(2)}$$
$$\lambda p_k = \mu p_{k+1}$$

เราสามารถแก้สมการได้เป็น

$$p_k = \rho^k p_0 \cdot \qquad \text{.....(3)}$$

ซึ่ง $\rho = \lambda/\mu$

หมายเหตุ 1) ρ เรียกกว่า traffic density และจะต้องมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ

2) ถ้าเปรียบเทียบกับระบบรับจ่ายหนังสือของห้องสมุด ρ จะหมายถึงอัตราส่วนระหว่างจำนวนผู้เข้ามาใช้บริการกับจำนวนที่ผู้ให้บริการสามารถให้บริการได้ ถ้า ρ มีค่าใกล้ 1 แสดงว่างานจะมีอยู่เกือบตลอดเวลา

การกำจัด p_0 จากสมการ (3) นั้น อาศัยหลักที่ว่าผลรวมของ probabilities ย่อมเท่ากับ 1 เสมอ นั่นคือ

$$\sum_{k=0}^{\infty} \rho^k p_0 = 1 \qquad \text{.....(4)}$$

เนื่องจาก

$$\sum_{k=0}^{\infty} \rho = 1/(1-\rho) \qquad \text{.....(5)}$$

เราจะได้ว่า

$$p_0 = 1-\rho \qquad \text{.....(6)}$$

และในที่สุดจะได้

$$p_k = (1-\rho)\,\rho^k \qquad \text{.....(7)}$$

หมายเหตุ 1) $\rho = 1 - p_0$ หมายถึง probability ที่ระบบจะไม่ว่าง (server is busy)

2) ตามนัยแห่งระบบรับจ่ายหนังสือ ρ อาจหมายถึง probability ที่เคาน์เตอร์ให้ยืมหนังสือจะไม่ว่าง

จากนี้เราสามารถหาจำนวนเฉลี่ยของผู้ใช้บริการ N ที่อยู่ในระบบจากสมการที่ (7) ได้ดังนี้

$$N = \sum_{k=0}^{\infty} kp_k = (1-p) \sum_{k=0}^{\infty} k\rho^k \qquad \text{.....(8)}$$

ถ้าเรา differentiate สมการที่ (5) with respect to ρ ทั้งสองข้าง แล้วคูณตลอดด้วย ρ จะได้จำนวนผู้ใช้บริการทั้งระบบเป็นดังนี้

$$\boxed{N = \frac{\rho}{1-\rho}} \qquad \text{.....(9)}$$

ข้อสังเกต 1) ถ้า ρ --- 1 ความยาวของ queue จะเพิ่มขึ้นเร็วมาก

2) N ในที่นี้อาจแปลความหมายได้เป็นจำนวนเฉลี่ยของผู้ยืมที่อยู่ในระบบ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ถ้า N มีค่ามาก เราอาจพิจารณาเพิ่มเคาน์เตอร์ยืมให้มากขึ้น

ประโยชน์อีกประการหนึ่งของสมการที่ (5) คือเราสามารถใช้หาระยะเวลาเฉลี่ยของการรอคอยเพื่อรับบริการ T (total waiting time) ค่านี้สามารถหาได้โดยใช้ Little's Result :

$$N = \lambda T \qquad \text{.....(10)}$$

ดังนั้น

$$T = N/\lambda = \frac{\rho/\lambda}{1-\rho} = \frac{1/\mu}{1-\rho} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

นั่นคือ

$$\boxed{T = 1/(\mu - \lambda)} \qquad \text{.....(11)}$$

ค่าของ T เป็นค่าพารามิเตอร์อีกค่าหนึ่งที่เราสามารถนำมาวางแผนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามข้อ 2 ที่กล่าวข้างต้น

ตัวอย่าง ณ โต๊ะรับจ่ายหนังสือของห้องสมุดแห่งหนึ่ง ถ้าผู้ใช้บริการเข้ามายืมหนังสือมีการกระจายแบบ Poisson ซึ่งมีอัตราเฉลี่ยของการเข้ามายืม 3 คนต่อนาที ระยะเวลาของการยืมของแต่ละคนมีการกระจายแบบ exponential ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยเป็น 10 วินาทีต่อคน จงหาว่าผู้ยืมคนหนึ่ง ๆ จะต้องรออยู่ใน queue โดยเฉลี่ยเป็นเวลานานเท่าไร

วิธีทำ จากเงื่อนไขที่กำหนด เราได้

$$\lambda = 0.05 \quad \text{customers/sec}$$

$$\mu = 0.10 \quad \text{customers/sec}$$

ดังนั้น $T = \frac{1}{0.10 - 0.05} = 20$ วินาที (เวลาที่รอคอย + เวลาที่ใช้บริการ)

เนื่องจากระยะเวลาเฉลี่ยของการให้บริการ = 10 วินาที ดังนั้น เวลาของการรอคอยใน queue จึงเป็น 20 – 10 = 10 วินาที

สรุป

การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้กับระบบงานรับจ่ายหนังสือของห้องสมุดนั้น วิธีการที่ถูกต้องควรจะได้ทำการวิเคราะห์ระบบในเชิงคณิตศาสตร์ก่อนเพื่อจะได้ทราบค่าของตัวแปรที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจวางแผนในแง่มุมต่าง ๆ บทความนี้ได้เสนอวัตถุประสงค์ของระบบรับ–จ่ายหนังสือ เกณฑ์การประเมินผลและอภิปรายถึงการใช้ Queueing Model เพื่อการวางแผนให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่กล่าวถึง การนำ Queueing Model ไปปฏิบัติใช้จริง จะมีขั้นตอนการปฏิบัติที่สำคัญ 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1 เก็บรวบรวมสถิติการรับ–จ่ายและสถิติความเร็วในการให้บริการเพื่อนำไปใช้หาค่า λ และ μ ตามลำดับ

ขั้นที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากข้อ 1 ไปแทนในสูตรที่ 9 และ 11 เพื่อคำนวณหาค่า N และค่า T ตามลำดับ

ขั้นที่ 3 นำค่าที่ได้จาก 2 ไปประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม

บรรณานุกรม

1. Kleinrock. L. *Queueing Systems : Vol.2, Computer Applications*. New York: John Wiley, 1976.

2. Salton, G. *Dynamic Information and Library Processing*. New York: Prentice-Hall, 1975.

3. Salton, G. and McGill, M. *Introduction to Modern Information Retrieval*. New York: McGraw-Hill, 1983.

4. Tanenbaum, A. *Computer Networks*. New York: Prentice-Hall, 1981.