บทที่ 5

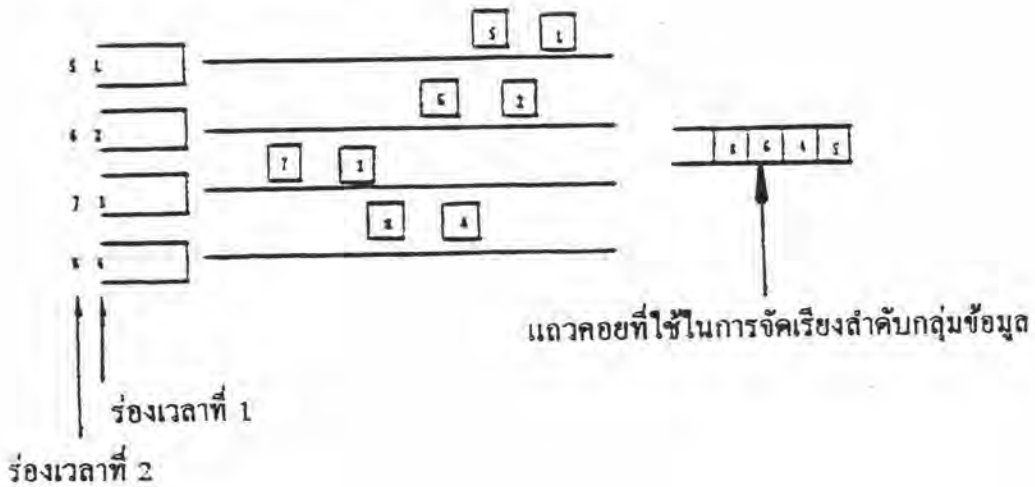
การจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล

ในการส่งข้อมูลหรือข่าวสารจากต้นทางไปยังปลายทางโดยผ่านเครือข่ายโทรคมนาคม กลุ่มข้อมูลหรือข่าวสารที่ไปถึงปลายทางปกติแล้วต้องการให้มีการเรียงลำดับเหมือนกับกลุ่มข้อมูลที่ส่งมาจากต้นทาง แต่บางครั้งอาจจะมาถึงปลายทางอย่างไม่เรียงลำดับเนื่องจากว่ากลุ่มข้อมูลมีความยาวไม่เท่ากัน, มีเส้นทางเชื่อมโยงระหว่างต้นทางและปลายทางจำนวนหลายเส้นทางซึ่งมีความสามารถในการส่งกลุ่มข้อมูลด้วยความเร็วที่ต่างกัน และกลุ่มข้อมูลบางกลุ่มอาจเกิดการสูญหายระหว่างทาง จำเป็นต้องส่งใหม่ เหตุการณ์เหล่านี้ทำให้กลุ่มข้อมูลที่ผ่านตามเส้นทางต่างๆ ไม่เรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่เข้ามา เมื่อมาถึงปลายทาง ดังนั้นจึงต้องจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่ปลายทางใหม่ก่อนที่จะส่งต่อไป

5.1 เวลาในการจัดเรียงลำดับข้อมูล

เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูล หมายถึงว่าเวลาที่ข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลที่ส่งผ่านได้เร็วกว่ามาถึงปลายทางก่อนกลุ่มข้อมูลอื่นที่มีลำดับมาก่อนจะต้องรอคอยที่ปลายทางจนกว่าข่าวสารหรือกลุ่มข้อมูลที่ถูกผ่านข้ามลำดับมาถึงปลายทางครบทุกจำนวน ในรูปที่ 5.1 จะเห็นว่ากลุ่มข้อมูลถูกส่งผ่านเส้นทางที่มีจำนวนมากกว่าหนึ่งกลุ่มข้อมูลที่อยู่ในแต่ละเส้นทาง และกลุ่มข้อมูลเหล่านี้อาจส่งผ่านเส้นทางด้วยความเร็วสูงกว่ากลุ่มข้อมูลใด ๆ ในเส้นทางอื่นได้เป็นสาเหตุให้ไปถึงปลายทางอย่างไม่เรียงลำดับกลุ่มข้อมูล ในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล อุปกรณ์จัดเรียงลำดับจะต้องทำการบันทึกกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ ก่อนที่จะส่งไปทางปลายทาง โดยสมมุติว่ามีจำนวนกลุ่มข้อมูลส่งผ่านข้อมูลออกไปถึงปลายทางอย่างไม่เรียงลำดับและการจัดเรียงตามลำดับนี้ก็สามารถที่จะนำจำนวนกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาเรียงลำดับใหม่อีกครั้ง เมื่อกลุ่มข้อมูลมาถึงบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับแล้วก็ทำการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลใหม่ในแถวคอยในการเรียงลำดับนั้นถ้ากลุ่มข้อมูลส่งผ่านด้วยความเร็วกว่ากลุ่มข้อมูลอื่นมาถึง เป็นจำนวน m ก็จะต้องรอคอยจนกว่าแต่ละกลุ่มข้อมูลในจำนวน m เข้ามาถึงที่บัฟเฟอร์ การเรียงลำดับจนครบจำนวนสมมุติว่าเส้นทาง i มีการใช้งานคับคั่งมากแล้วกลุ่มข้อมูลอื่นในเส้นทาง j ($j \neq i$) [21, 22, 23] ก็สามารถส่งผ่านข้ามกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ ในเส้นทาง i ได้ สามารถสมมุติได้ว่ากลุ่มข้อมูลที่เรียงลำดับในช่องสื่อสารของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลชนิดมีช่องสื่อสารเดียว เวลาที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลก็คือเวลาที่รอคอยของกลุ่มข้อมูลใด ๆ ในแถวคอยของการจัดเรียงลำดับนั้น จากรูปที่ 5.1 ถ้ากลุ่มข้อมูลที่ 8 ในเส้น

ทางที่ 4 ส่งได้เร็วกว่ากลุ่มข้อมูล 3 และ 7 ในเส้นทางที่ 3 มาถึงแถวคอยของการจัดเรียงลำดับก่อน ช่วงเวลาที่รอคอย ก็คือเวลาที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลนั่นเอง



รูปที่ 5.1 การจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลของเส้นทางผ่าน

5.2 การวิเคราะห์เวลาในการจัดเรียงกลุ่มข้อมูล [24]

การหาเวลาในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์สมมุติว่ามีทราฟฟิกเข้ามาจำนวนต่างกัน พิจารณาให้กลุ่มข้อมูลในแถวคอยที่จะส่งออกได้โดยไม่มีการสูญหายเกิดขึ้นและสมมุติว่าส่งออกเป็น n คอลัมน์ (Column) ความน่าจะเป็นที่กลุ่มข้อมูลส่งออกจำนวน m กลุ่มข้อมูล คิดความน่าจะเป็นกลุ่มข้อมูลที่ออกไปได้ก็คือ

$$P\{m\} = qP^{m-1}, \quad m \geq 1 \text{ เมื่อ } q = 1 - P \qquad 5.1$$

ถ้ามีกลุ่มข้อมูลใดๆ ติดขัดในแถวคอยของบัฟเฟอร์ขณะที่จะส่งออก เวลาที่ใช้ส่งกลุ่มข้อมูลออกได้คือช่วงระหว่างเวลาที่กลุ่มข้อมูลอยู่ในแถวคอยนั้นถูกส่งออกครั้งแรกและออกได้ไม่หมด ความน่าจะเป็นที่กลุ่มข้อมูลในคอลัมน์ j เมื่อ $1 \leq j \leq N - 1$ ของกลุ่มข้อมูลติดขัดในแถวคอยถ้ากำหนดว่าต้องการส่ง m กลุ่มข้อมูลจะเป็น P^m และความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นเป็นเงื่อนไขกันคือ ช่วงเวลาขณะหนึ่งของการส่งกลุ่มข้อมูลในแถวคอยออกได้ซึ่งมีจำนวน l กลุ่มข้อมูลที่ไม่ได้รับการส่งออกไปคือ

$$P\{l / m\} = \binom{N-1}{l} P^{ml}(1 - P^m)^{N-1-l} \quad 0 \leq l \leq N - 1 \qquad 5.2$$

กลุ่มข้อมูลเหล่านี้เป็นกลุ่มข้อมูลที่ติดขัดในแถวคอยบัฟเฟอร์กำหนดให้ l เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ติดขัดอยู่ ความน่าจะเป็นที่มีจำนวน k กลุ่มข้อมูลที่ต้องการส่งมากกว่า n จนกระทั่งส่งออกได้ขณะที่กลุ่มข้อมูลที่ต้องการส่งออกน้อยกว่าจำนวน n จะได้ความน่าจะเป็น

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$P\{k, n/l\} = \binom{l}{k} P^{n-1} q)^{k} (1-P^{n-1})^{l-k} \quad 5.3$$

กำหนดให้ (l , k , n) เป็นเวลาที่รอคอยของกลุ่มข้อมูลในแถวคอยที่จะส่งออก $H_{l,k,n}$ จะได้ :

$$H_{l,k,n} = (n-1)N + U_k \quad 5.4$$

เมื่อ U_k คือคอลัมน์ของจำนวนที่ k กลุ่มข้อมูลสุดท้ายที่ติดขัดถูกส่งออกไป

จำนวน k กลุ่มข้อมูลสุดท้ายที่ติดขัดเป็นการกระจายในรูปของเซต(set) {1,2,....N-1} ตามสมการคือ

$$P_r\{U_k = u\} = \frac{\binom{u-1}{k-1}}{\binom{N-1}{k}}, \quad k \le u \le N-1 \quad 5.5$$

เวลาที่รอคอยของกลุ่มข้อมูลในแถวคอยที่ส่งออกไปคือ H ถูกสมมุติว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0, (n-1)N+u , $n \ge 1$, $1 \le u \le N-1$ จากสมการ (5.1) - (5.5) เขียนจัดรูปสมการใหม่ได้

$$P_r\{H = (n-1)N+u\} = \sum_{m=1}^{\infty} P\{m\} \sum_{l=1}^{N-1} P\{l/m\} . \sum_{k=1}^{l} P\{k,n/l\} P_r\{U_k = u\} \quad 5.6$$

และ

$$P_r\{H=0\} = \sum_{m=1}^{\infty} P\{m\} P\{l/m\}, l = 0 \quad 5.7$$

จากสมการ (5.6) - (5.7) เขียนใหม่ได้

$$P_r\{H = (n-1)N-u\} = \frac{q}{p} \sum_{l=1}^{N-1} \binom{N-1}{l} \alpha(l)\, \beta(l,n,u) \quad 5.8$$

และ

$$P_r\{H=0\} = \frac{q}{p} . \alpha(0) \quad 5.9$$

เมื่อ

$$\alpha(l) = \sum_{i=0}^{N-1-l} \binom{N-1-l}{i} (-1)^{N-1-l-i} \frac{P^{N-i}}{1-P^{N-i}} \quad 5.10$$

$$\beta(l,n,u) = \sum_{k=1}^{l} P\{k,n/l\} P_r\{U_k = u\} \quad 5.11$$

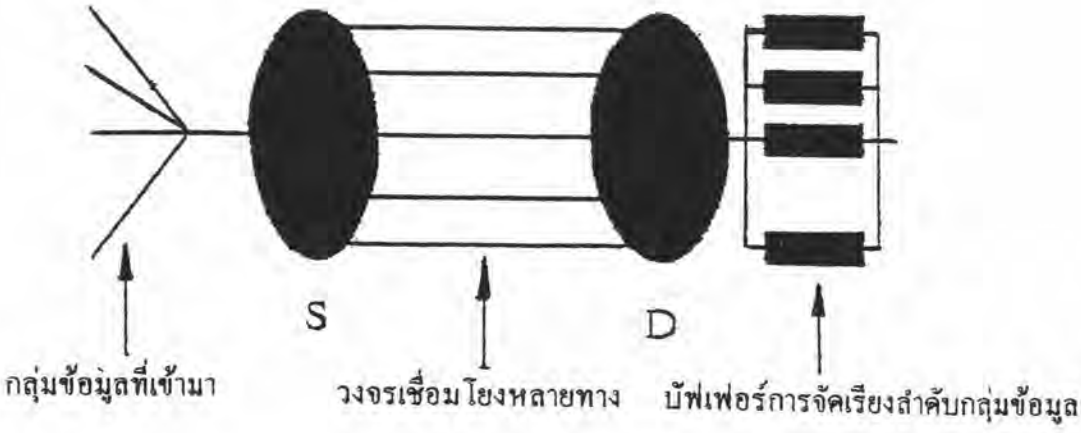
เวลาเฉลี่ยที่รอคอยสามารถเขียนในฟังก์ชันของ E[B] โดยใช้ทฤษฎีของลิตเติล คือ

$$E[B] = E[H]\, \zeta \quad 5.12$$

เมื่อ ζ เป็นอัตราความเร็วของกลุ่มข้อมูลต่อร่องที่เข้ามาในบัฟเฟอร์

5.3 เวลาเฉลี่ยของการส่งข้อมูลผ่านเส้นทางสวิตช์แบบ M/M/C [25, 26]

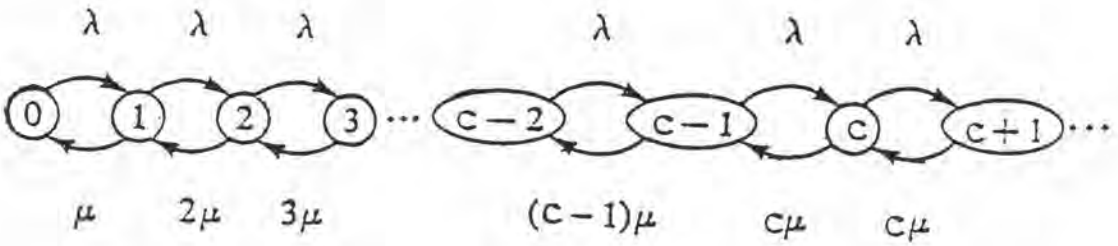
ในระบบเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้ติดต่อระหว่างจุดต่อจุด (Point to Point) ส่วนมากวงจรเชื่อมโยงระหว่างจุดมีหลายเส้นทางเพื่อให้สามารถส่งกลุ่มข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้คราวละหลายจำนวนกลุ่มข้อมูลในเวลาเดียวกัน รูปที่ 5.2 กลุ่มข้อมูลที่มาถึงจุด S จะต้องหยุดรอ กรณีที่เส้นทางผ่านทุกเส้นทางถูกใช้งานเต็มหมด ช่วงที่หยุดรอคอยนี้เรียกว่าเวลาที่รอคอยในการส่งกลุ่มข้อมูล ภายหลังจากที่เส้นทางผ่านว่างกลุ่มข้อมูลจะถูกส่งจากจุด S ไปยังจุด D เวลาที่ใช้ช่วงนี้คือ เวลาที่ใช้ในการส่งกลุ่มข้อมูล จากจุด S ไปยังจุด D และช่วงสุดท้ายเป็นเวลาที่ใช้ในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่ D ถ้ากลุ่มข้อมูลมาถึง D อย่างไม่เรียงลำดับ



รูปที่ 5.2 วงจรเชื่อมโยงระหว่างจุด 2 จุดด้วยหลายเส้นทางผ่าน

การเชื่อมโยงระหว่างจุด S กับ D ด้วยเส้นทางขนานหลายเส้นทางสามารถนำทฤษฎีแถวคอยแบบ M/M/C มาประยุกต์ใช้เป็นเส้นทางสวิตช์ให้กับกลุ่มข้อมูลที่หัวแถวคอยที่ต้องการผ่านไปยังปลายทางเดียวกันสามารถส่งออกได้ครั้งละ C จำนวน ในเวลาเดียวกัน การวิเคราะห์เวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลในหัวข้อนี้เน้นในเฉพาะเวลาการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลของ M/M/C เท่านั้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

5.3.1 วิเคราะห์แบบจำลอง M/M/C [26, 27, 28] แถวคอยแบบ M/M/C เป็นแถวคอยที่มีหน่วยบริการจำนวน C ในที่นี้ประยุกต์ให้ C เป็นเส้นทางสวิตช์สำหรับให้ส่งข้อมูลผ่านจากด้านขาเข้าไปยังด้านขาออกได้ C จำนวนในเวลาเดียวกัน ให้อัตราการเข้ามาของกลุ่มข้อมูลมีอัตราคงที่ λ ต่อหน่วยเวลาและอัตราการทำงานของเส้นทางเป็น μ_n เมื่อ n =1 , 2 ,...., C ถ้าจำนวนกลุ่มข้อมูลเข้ามาในระบบมากกว่าจำนวน C เส้นทางสวิตช์จะไม่ว่างและค่าเฉลี่ยของอัตราการทำงานรวมของระบบ $\mu_1+\mu_2+....\mu_c$ เมื่อมีจำนวนกลุ่มข้อมูลเข้ามาจำนวนน้อยกว่า C เส้นทางสวิตช์, n < c จะมีเส้นทางสวิตช์เพียงจำนวน n จาก C ไม่ว่างดังนั้นค่าอัตราเฉลี่ยอัตราการทำงานเท่ากับ $n\mu/\sum_{n=1}^{c}(1/\mu_n)$ รูปที่ 5.3 แสดงแผนภาพสถานะการทำงานของเส้นทางสวิตช์จำนวน C เส้นทางเมื่อกำหนดให้ $\mu_1=\mu_2=\mu_3=....\mu_c$



รูปที่ 5.3 แผนภาพการทำงานตามสถานะของเส้นทางสวิตช์

จากรูปที่ 5.3 นำมาเขียนสมการสมดุลสำหรับสถานะต่าง ๆ ได้

$$\mu_1 P_1 = \lambda P_0 \quad 5.12$$

$$\lambda P_0 + 2\mu P_2 = \lambda P_1 + \mu P_1 \quad 5.13$$

$$\lambda P_1 + 3\mu P_3 = \lambda P_2 + 2\mu P_2 \quad 5.14$$

$$\vdots$$

$$\vdots$$

$$\lambda P_{C-2} + C\mu P_C = \lambda P_{C-1} + (C-1)\mu P_{C-1} \quad 5.15$$

$$\lambda P_{C-1} + C\mu P_{C+1} = \lambda P_C + C\mu P_C \quad 5.16$$

$$\lambda P_C + C\mu P_C = \lambda P_{C+1} + C\mu P_{C+1} \quad 5.17$$

จากสมการสมดุลสำหรับสถานะต่าง ๆ สามารถนำมาคำนวณความน่าจะเป็นของ P_n ได้

$$P_n = \begin{cases} \dfrac{1}{n!}(c\rho)^n P_0 & 0 \le n < c \\ \dfrac{(c\rho)^n}{c!\,c^{n-c}} P_0 & n > c \end{cases} \quad 5.18$$

เมื่อ $\rho = \lambda / c\mu$ 5.19

ผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของทุกสถานะเท่ากับ 1 ดังนั้น

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = \sum_{n=0}^{c-1} P_n + \sum_{n=c}^{\infty} P_n = 1$$

$$\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} P_0 + \sum_{n=c}^{\infty} \frac{(c\rho)^n}{c!c^{n-c}} P_0 = 1$$

$$\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} P_0 + \frac{(c\rho)^c}{c!} \sum_{n=c}^{\infty} \frac{(c\rho)^{n-c}}{c^{n-c}} P_0 = 1$$

$$P_0 \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^n}{c!} \sum_{i=0}^{\infty} (\rho)^i = 1 \right.$$

เมื่อ

$$\sum_{i=0}^{\infty} \rho^i = \frac{1}{1-\rho} \quad 5.20$$

$$P_0 = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^c}{c!} \frac{1}{1-\rho} \right]^{-1} \quad 5.21$$

จำนวนเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลในระบบสามารถหาได้จาก

$$E[N] = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n \qquad 5.22$$

$$E[N] = \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{n(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^c}{c!} \sum_{i=0}^{\infty} n(\rho)^i \right] P_0 \qquad 5.23$$

เพราะว่า

$$\sum_{i=0}^{\infty} n\rho^i = n\frac{1}{1-\rho}$$

$$E[N] = \left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{n}{n!}(c\rho)^n + \frac{(c\rho)^c}{c!} n\frac{1}{1-\rho}\right)P_0$$

นำไปหาเวลาเฉลี่ยการทำงานของระบบได้จากทฤษฎีของลิตเติล

$$E[R] = \frac{E[N]}{\lambda}$$

$$E[R] = \frac{1}{\lambda}\left[\sum_{n=0}^{c-1} \left\{ \frac{n(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^c}{c!}\frac{n}{1-\rho} \right\} \right] \left[\sum_{n=0}^{c-1} \frac{(c\rho)^n}{n!} + \frac{(c\rho)^c}{c!}\frac{1}{1-\rho} \right]^{-1} \qquad 5.24$$

การวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดให้เส้นทางสวิตช์มีความสามารถการทำงานเท่ากันทุกเส้นทาง ให้ C=3 สามารถสรุปเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบได้คือ

$$E[R] = \frac{1}{\lambda}\left[\sum_{n=0}^{2} \frac{n(3\rho)^n}{n!} + \frac{n(9\rho)^3}{2(1-\rho)} \right] \left[\sum_{n=0}^{2} \frac{(3\rho)^n}{n!} + \frac{9\rho^3}{2(1-\rho)} \right]^{-1} \qquad 5.25$$

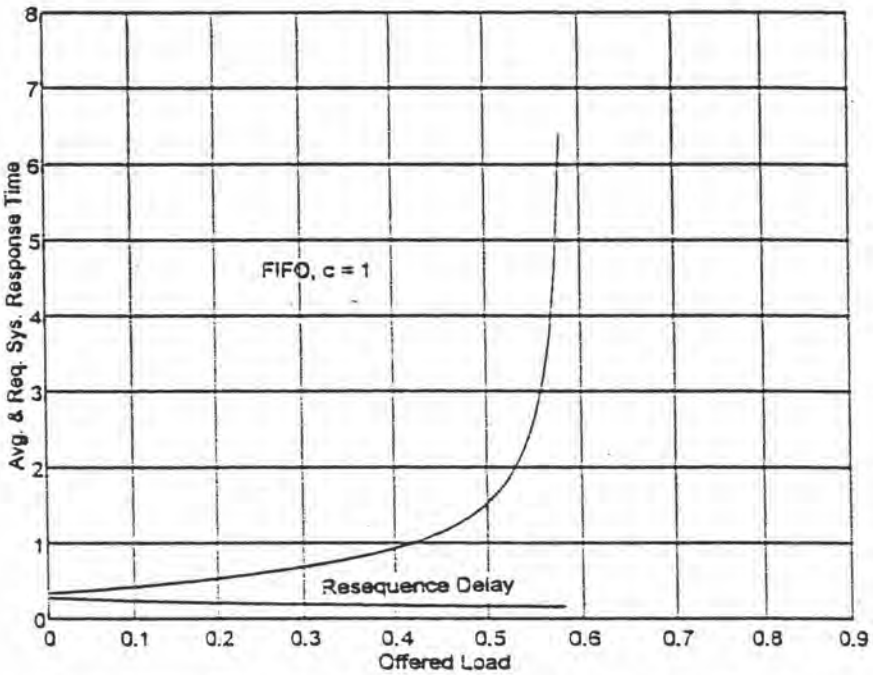
จากสมการ (5.25) เป็นเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในระบบซึ่งนับจากเริ่มส่งกลุ่มข้อมูลจากต้นทางผ่านเส้นทางสวิตช์ไปยังปลายทางโดยยังไม่คิดเวลาในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลจึงต้องจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่มาถึงปลายทางอย่างไม่เรียงลำดับให้เรียงลำดับเหมือนกับกลุ่มข้อมูลที่ด้านเข้าก่อนที่จะส่งไปยังส่วนถัดไป เวลาในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลหาได้จาก (โปรดดูรายละเอียดในภาคผนวก)

$$E[RD] = \frac{1}{\mu}\left\{ \sum_{n=0}^{c-1} P_n(H_{n+1} - 1) + \frac{1}{1-\rho} P_0(H_c - 1) \right\} \qquad 5.26$$

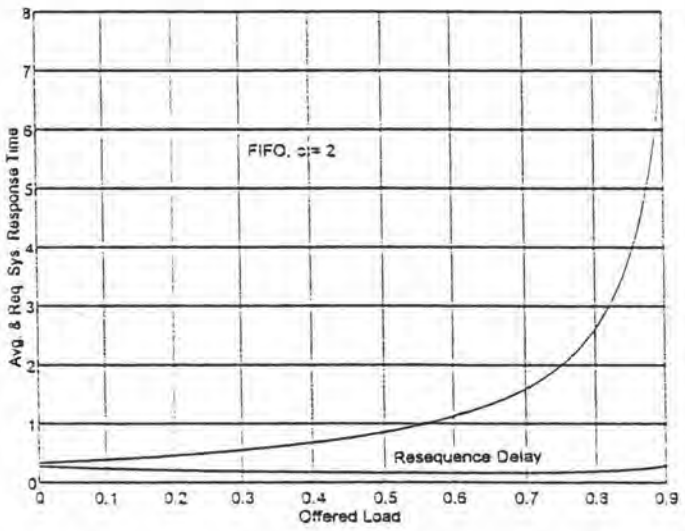
5.3.2 เวลารวมที่ใช้ในระบบ เวลารวมทั้งหมดนับตั้งแต่กลุ่มข้อมูลเข้ามาด้านขาเข้าแล้วส่งผ่านเส้นทางสวิตช์ออกไปยังปลายทางซึ่งรวมเวลาในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลที่ปลายทาง เวลาที่ใช้ทั้งหมดหาได้คือ

$$E[T] = E[R] + E[RD] \qquad 5.27$$

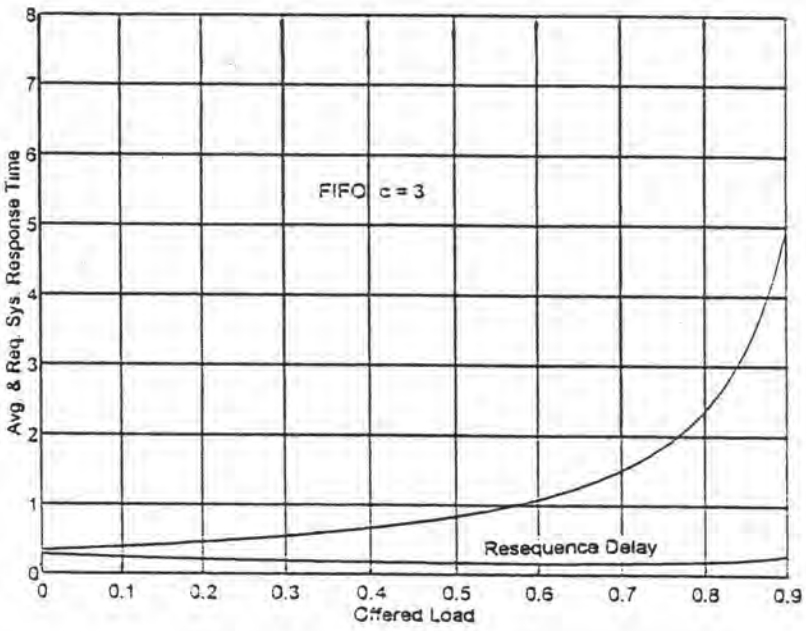
เมื่อเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบ E[R] หาได้จากสมการ (5.24) เวลาการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลหาได้จากสมการ (5.26) นำผลลัพธ์มาเขียนรูปแสดงเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อ C = 1, 2 และ 3 เทียบกับภาระงานที่จ่ายให้กับระบบตามรูปที่ 5.4 รูป 5.5 และรูป 5.6 เมื่อการจัดเส้นทางสวิตช์แบบเข้าก่อนออกก่อน



รูปที่ 5.4 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อเส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน, C = 1

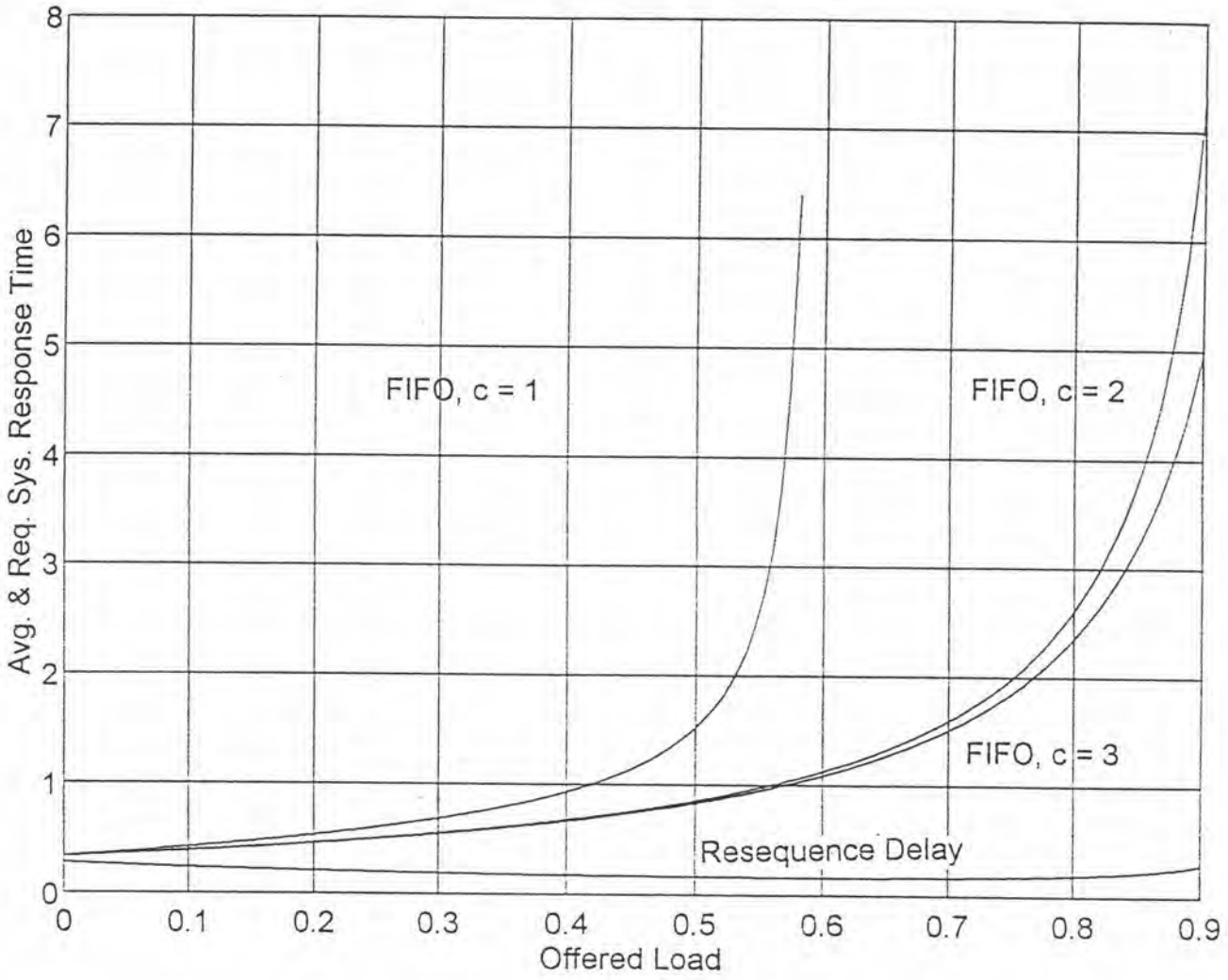


รูปที่ 5.5 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อเส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน, C = 2

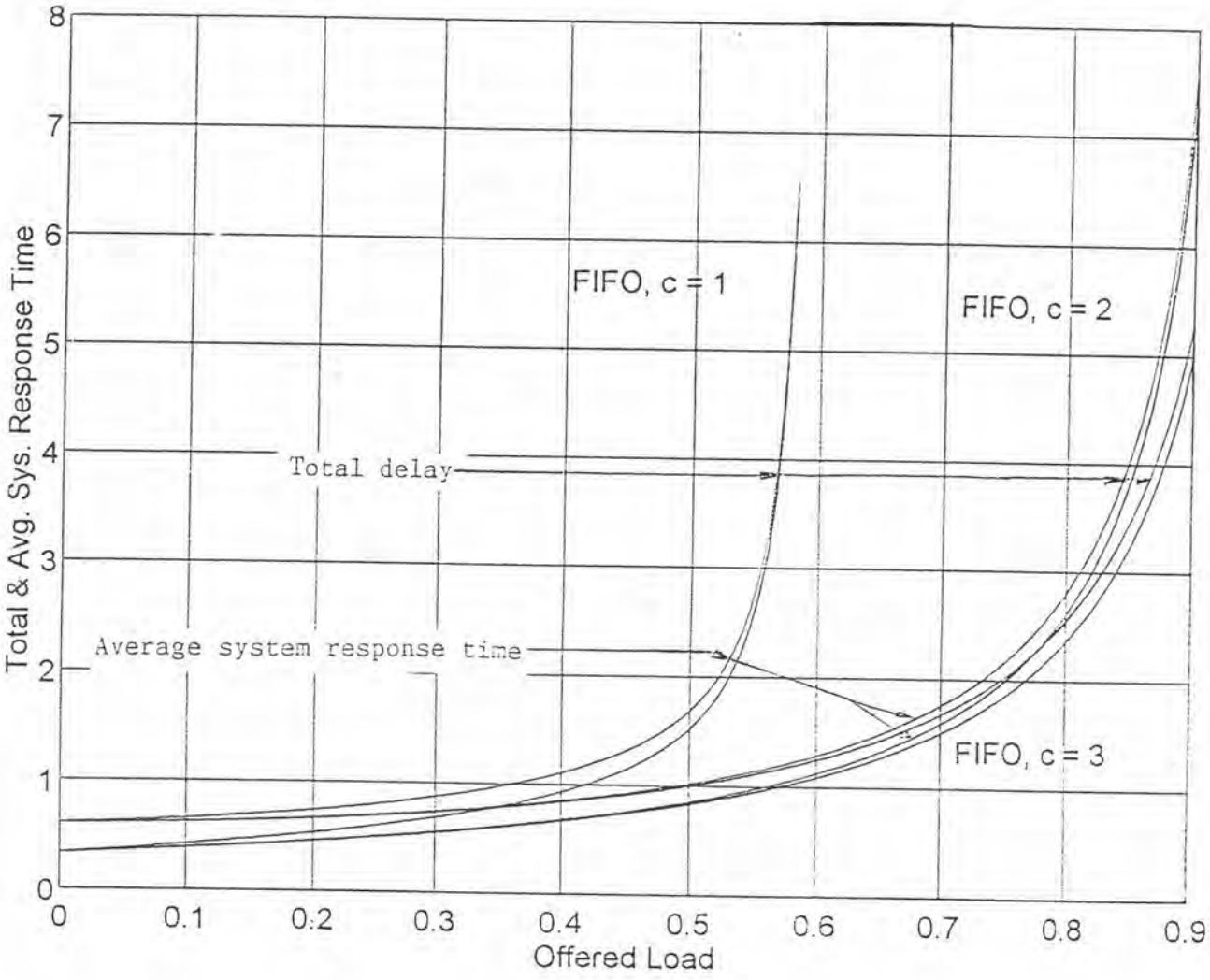


รูปที่ 5.6 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงกลุ่มข้อมูลเมื่อเส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน, C = 3

รูปที่ 5.4, รูปที่ 5.5 และ รูปที่ 5.6 เป็นการนำมาเขียนแยกส่วนให้เห็นอย่างชัดเจนของเวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อ C = 1, 2 และ 3 รูปที่ 5.7 สามารถนำมาเขียนรูปรวมแสดงเวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล เมื่อ C=1,2 และ 3 เส้นทางกรณีสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน รูปที่ 5.8 แสดงเวลารวมและเวลาเฉลี่ยของระบบ เมื่อ C =1, 2, 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อนจะเห็นว่าเมื่อ C = 1 ที่ภาระงานทำงาน 50 เปอร์เซ็นต์เวลารวมของระบบมากกว่าเวลาเฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.5 ส่วนที่ C = 2, 3 เวลารวมและเวลาเฉลี่ยของระบบจะเท่ากันตลอดเริ่มจากภาระงานจาก 10 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 55 เปอร์เซ็นต์

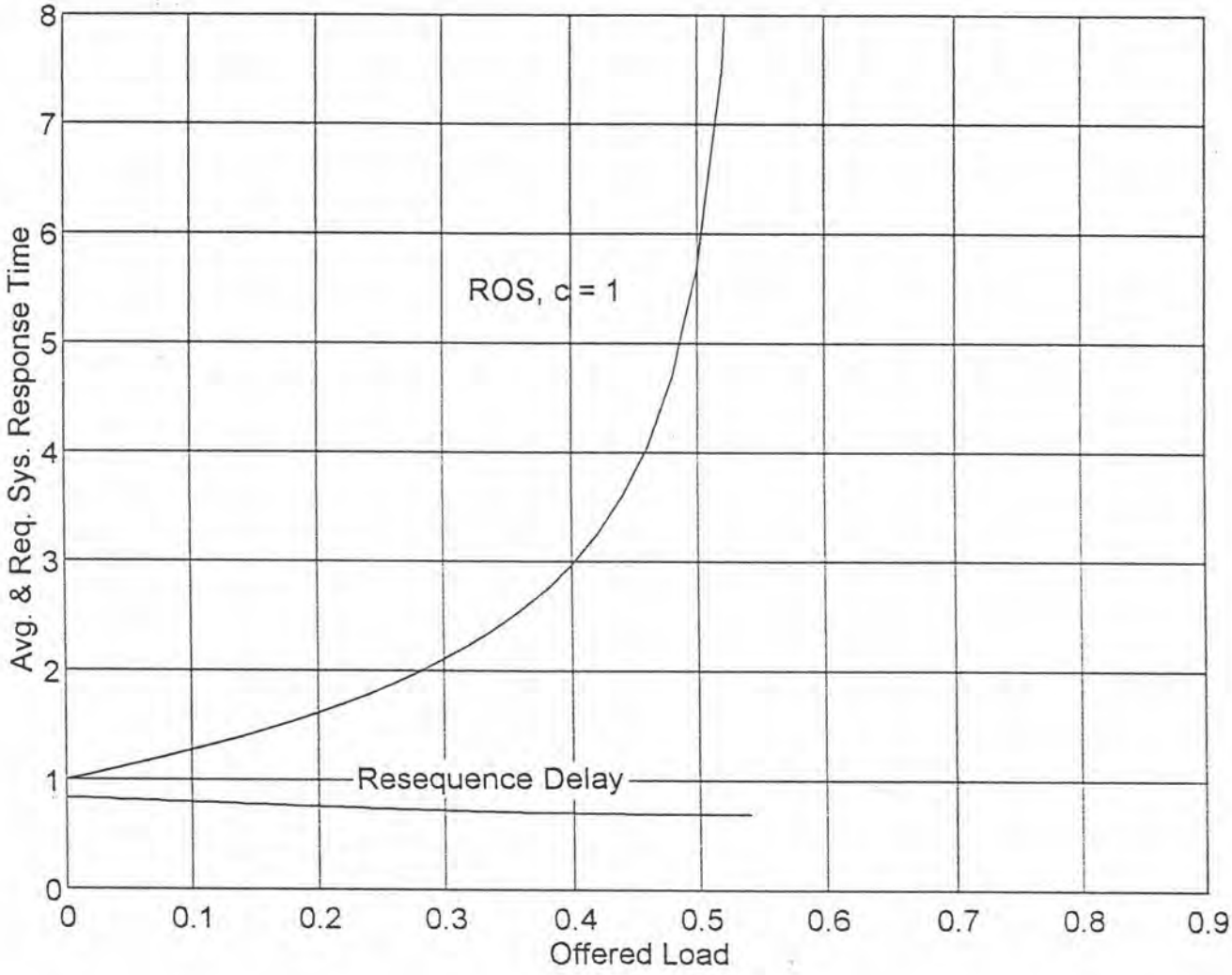


รูปที่ 5.7 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อ C =1, 2 และ 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน

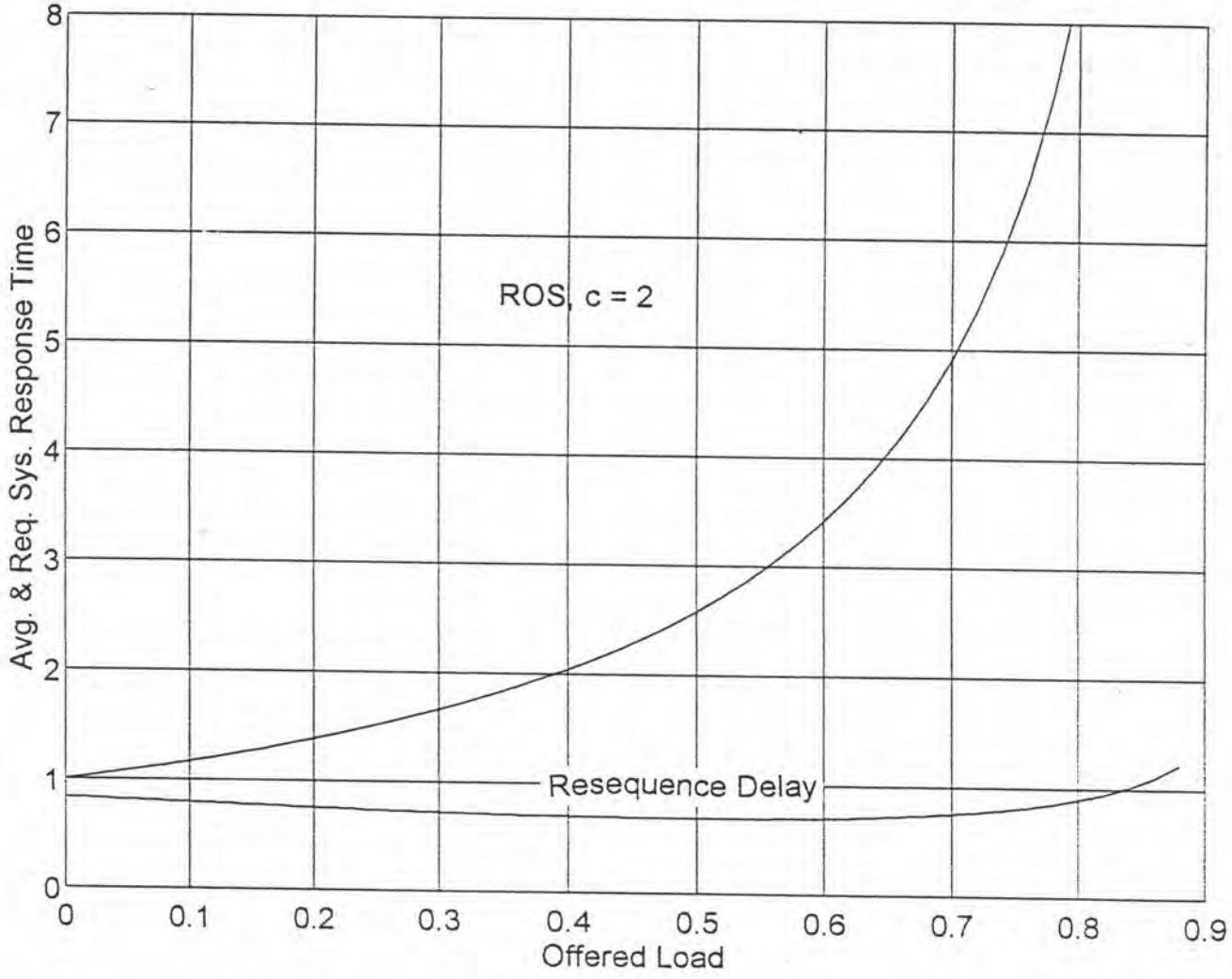


รูปที่ 5.8 เวลารวมและเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบเมื่อ C = 1, 2 และ 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบเข้าก่อนออกก่อน

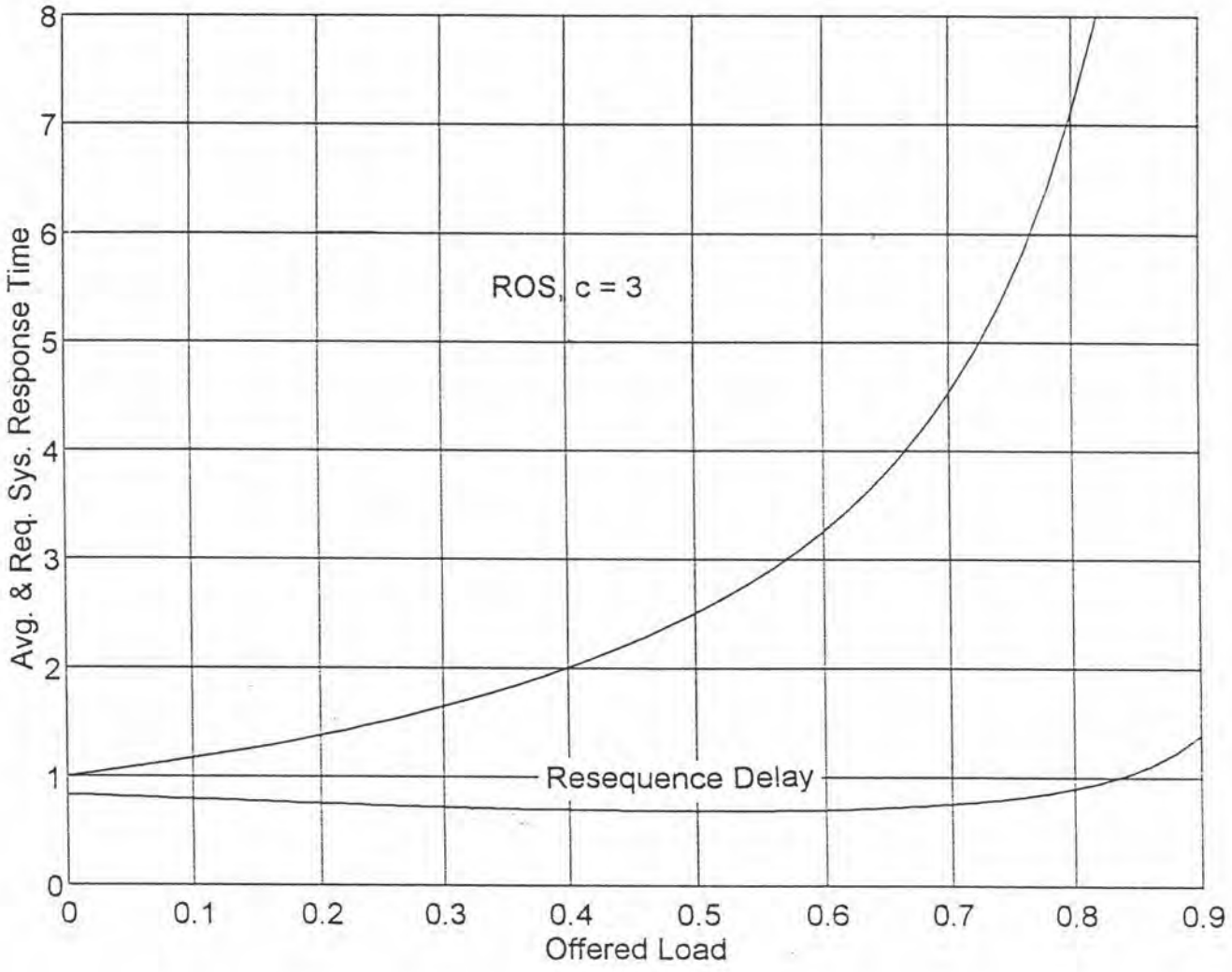
สำหรับกรณีที่ให้เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบกลุ่มนั้นสามารถนำมาเขียนเวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลแยกส่วนกันเมื่อ C = 1, 2 และ 3 เพื่อให้เห็นได้ชัดเจนตามรูปที่ 5.9, รูปที่ 5.10 และ รูปที่ 5.11 ตามลำดับ



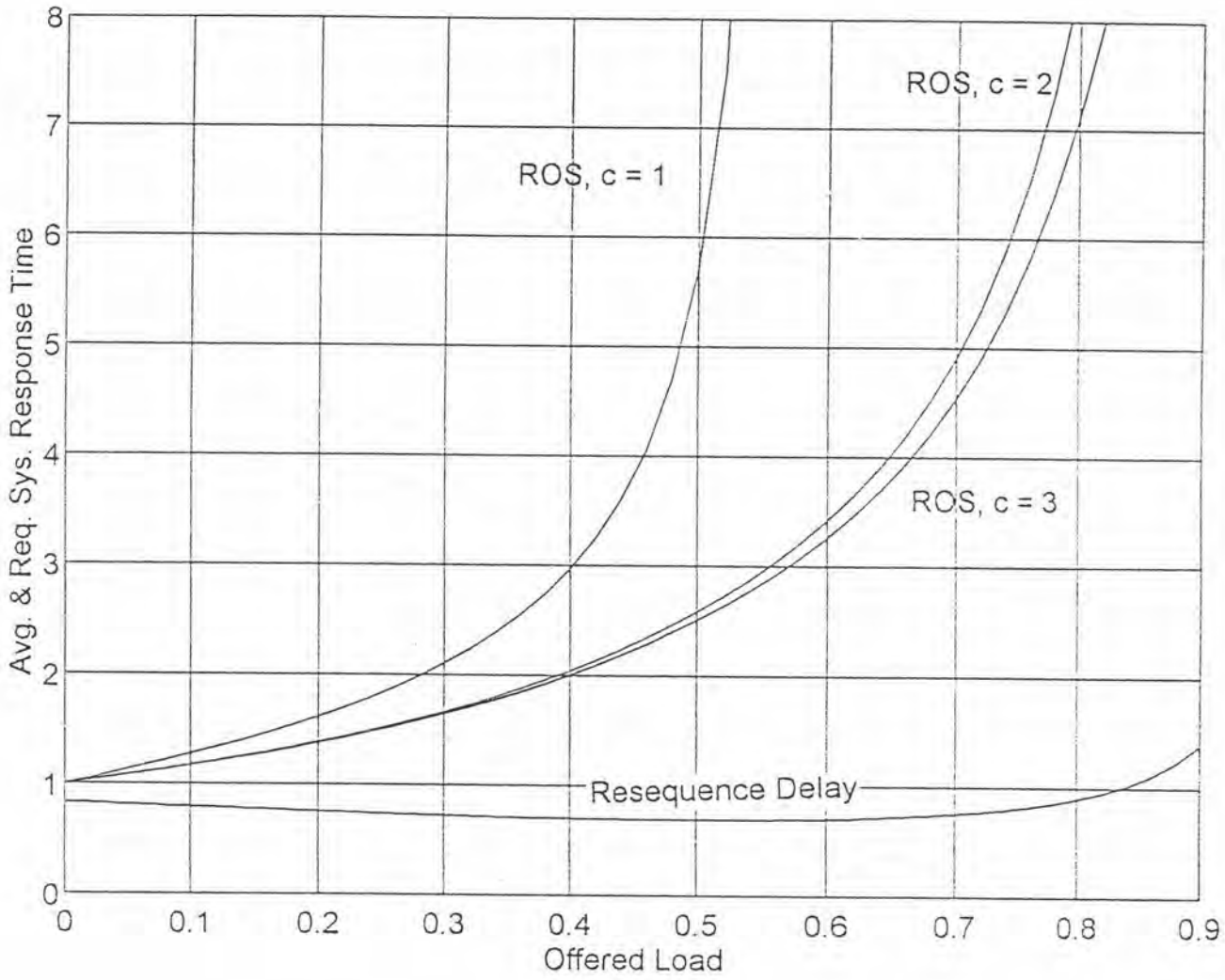
รูปที่ 5.9 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อ C = 1 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม



รูปที่ 5.10 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล เมื่อ C = 2 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม

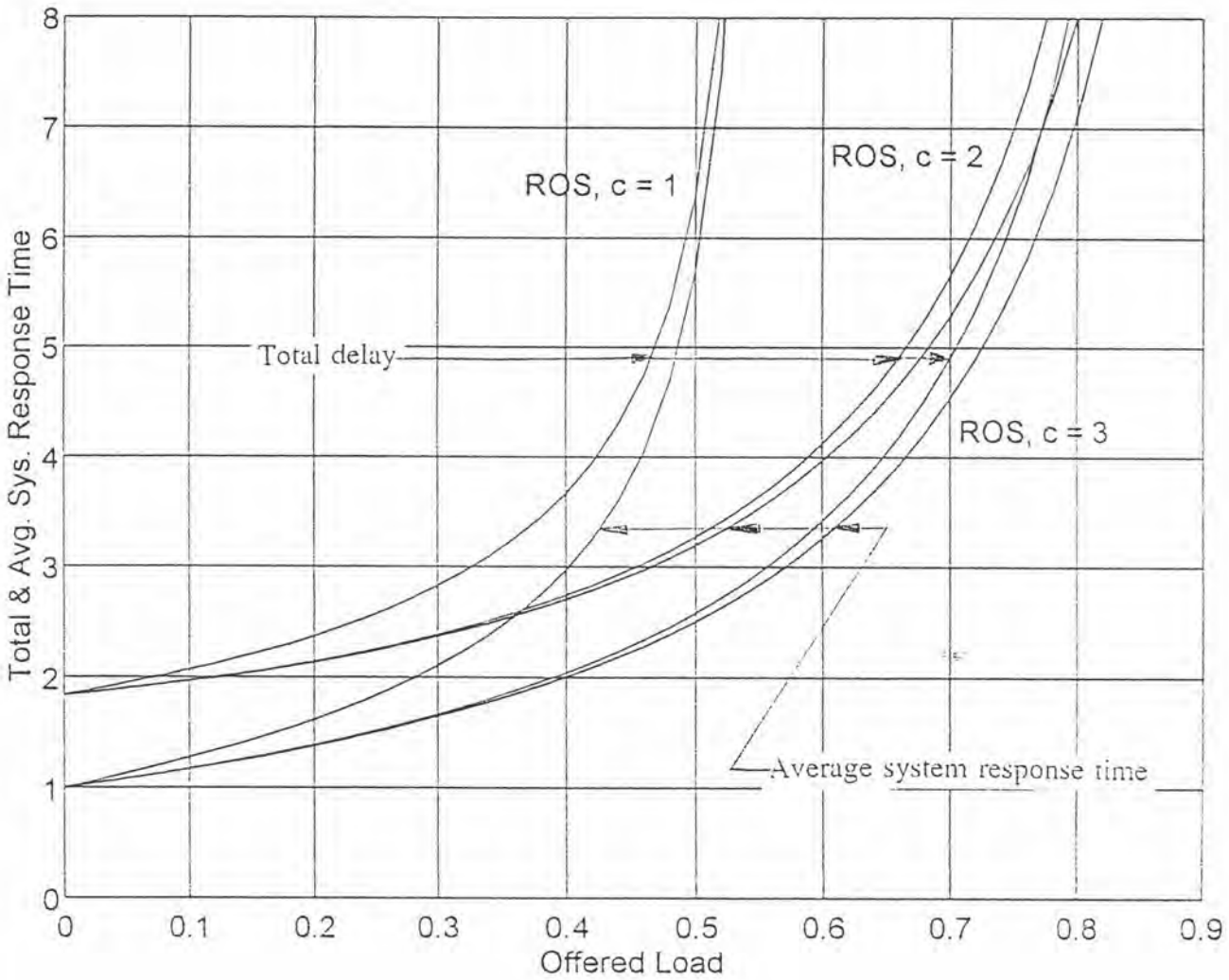


รูปที่ 5.11 เวลาเฉลี่ยและเวลาของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลเมื่อ C = 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม



รูปที่ 5.12 เวลาเฉลี่ยและเวลาการทำงานของการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูล เมื่อ C = 1, 2, 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม

เวลารวมและเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบเมื่อ C = 1, 2, 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม แสดงตามรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 เวลารวมและเวลาเฉลี่ยในการทำงานของระบบเมื่อ C = 1, 2, 3 เส้นทางสวิตช์ทำงานแบบสุ่ม

จากรูปที่ 5.13 จะเห็นว่าเมื่อ C =1 ที่ภาระงาน 50 เปอร์เซ็นต์เวลารวมที่ใช้ของระบบมากกว่าเวลาเฉลี่ยที่ใช้ของระบบประมาณร้อยละ 8.5 เมื่อ C = 2, 3 เวลารวมที่ใช้ของระบบมากกว่าเวลาเฉลี่ยประมาณร้อยละ 1.1

เครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมที่ใช้ระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลเป็นวงจรเชื่อมโยงระหว่างจุดต่อจุดในกรณีที่มีจำนวนเส้นทางของช่องสื่อสารมากกว่าจำนวน 2 เส้นทางขึ้นไป กลุ่มข้อมูลที่ผ่านมาถึงปลายทางอาจไม่เรียงลำดับจึงต้องทำการจัดเรียงลำดับที่ปลายทางใหม่อีกครั้งเพื่อให้กลุ่มข้อมูลอยู่ในลักษณะเดิมที่ส่งมาจากแหล่งกำเนิด และได้ทำการศึกษาและวิจัยจัดเส้นทางสวิตช์ของระบบการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดเรียงลำดับกลุ่มข้อมูลแบบเข้าก่อนออกก่อนจะทำงานได้สมรรถนะของระบบดีกว่าจัดแบบสุ่ม เมื่อจัดให้ภาระงานไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์