บทที่ 3

ทฤษฎีและการออกแบบแถวคอยของการสวิตช์กลุ่มข้อมูล

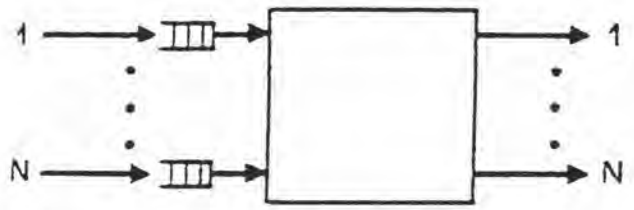
ในบทนี้จะกล่าวแนะนำการออกแบบแถวคอยของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลที่ใช้ในเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมในปัจจุบัน

3.1 วิธีของการจัดแถวคอย [18]

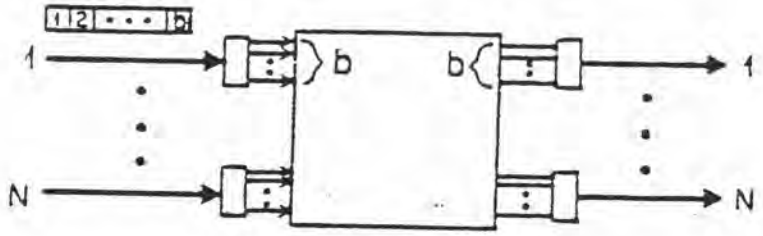
องค์ประกอบของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลทำหน้าที่เหมือนกับอุปกรณ์มัลติเพลกซ์ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้เกิดแถวคอยขึ้น ถ้ากลุ่มข้อมูลด้านขาเข้ามากกว่าสองเส้นทางต้องการออกเส้นทางเดียวกันสามารถที่จะออกได้หนึ่งกลุ่มข้อมูลเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะต้องอยู่ในบัฟเฟอร์ก่อนและส่งในช่วงเวลาต่อไป ในองค์ประกอบของสวิตช์มีการจัดบัฟเฟอร์สำหรับพักรอของกลุ่มข้อมูลอยู่ 4 วิธีการดังต่อไปนี้

3.1.1 แถวคอยด้านเข้า การจัดแถวคอยด้านเข้าแสดงดังรูปที่ 3.1 จัดให้มีบัฟเฟอร์ไว้ที่ด้านขาเข้าทุกเส้นทางเพื่อให้กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาหยุดพักรอก่อนที่จะส่งเข้าไปยังสวิตช์ และบัฟเฟอร์จะจัดให้กลุ่มข้อมูลออกจากสวิตช์แบบเข้าก่อนออกก่อน ดังนั้นแต่ละช่วงเวลาจะมีกลุ่มข้อมูลเพียงหนึ่งกลุ่มที่หัวแถวคอยส่งไปยังด้านออก ถ้าทุกกลุ่มข้อมูลมีที่อยู่ (Address) ด้านขาออกต่างกัน สวิตช์แบบไม่มีการติดขัดนี้จะยอมให้กลุ่มข้อมูลจำนวนหนึ่งกลุ่มจากจำนวน k กลุ่มข้อมูลที่หัวแถวคอยด้านขาเข้าผ่านเส้นทางสวิตช์ออกไปได้ตามลำดับ กลุ่มข้อมูลที่เหลือจำนวน k-1 ต้องรออยู่ในบัฟเฟอร์จนกว่าจะถึงช่วงร่องเวลาต่อไป การจัดแถวคอยแบบนี้ได้อัตราปริมาณงานสูงสุดเท่ากับ 0.586 สำหรับ N มีขนาดใหญ่

3.1.2 อินพุตสมูททิง (Input Smoothing) วิธีการของอินพุตสมูททิง รูปที่ 3.2 เมื่อมีกลุ่มข้อมูลเข้ามารออยู่ที่ทางเข้าแต่ละด้านมีจำนวนไม่มาก สามารถกำหนดให้กลุ่มข้อมูลในช่องเวลา b ของเฟรมกลุ่มข้อมูลถูกนำมาเก็บไว้ที่แต่ละด้านของ N ขาเข้าเมื่อทำการดีมัลติเพลกซ์แล้วจึงนำส่งไปยังสวิตช์ขนาด Nb x Nb จำนวน Nb กลุ่มข้อมูลที่เข้ามายังอุปกรณ์สวิตช์ และจำนวน b สามารถออกไปที่แต่ละด้านออกได้ทันที ขณะได้ทำการมัลติเพลกซ์ทางด้านออก เรียบร้อยแล้ว และจำนวนกลุ่มข้อมูลที่มากกว่าจำนวน b ที่จะไปยังปลายทางเดียวกันจะถูกตัดทิ้ง



รูปที่ 3.1 การจัดแถวคอยทางด้านเข้า



รูปที่ 3.2 การจัดแถวคอยแบบ อินพุตสมูททิง

3.1.3 แถวคอยด้านออก การจัดรูปแบบของแถวคอยด้านออก รูปที่ 3.3 แถวคอยจะถูกจัดไว้ที่ด้านออกของสวิตช์ซึ่งแบ่งเป็นจำนวน b กลุ่มข้อมูลอยู่ที่แต่ละด้านออก สามารถกำหนดให้สวิตช์ทำงานด้วยความเร็ว N เท่าของด้านเข้า ดังนั้นถ้าจำนวน k กลุ่มข้อมูล โดยที่ k เริ่มจาก 1, 2, 3..... N ในร่องเวลาของด้านเข้าที่ต่างกันมีที่อยู่ไปยังด้านออกเดียวกัน

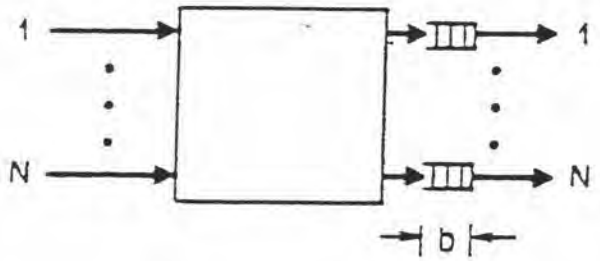
จำนวน k กลุ่มข้อมูลสามารถที่จะผ่านเส้นทางสวิตช์ไปยังด้านออกได้หมดในหนึ่งร่องเวลาและจะมีเพียงกลุ่มข้อมูลเดียวจาก จำนวน k กลุ่มข้อมูลสามารถที่จะผ่านเส้นทางสวิตช์ไปยังด้านออกได้หมดในหนึ่งร่องเวลาเท่านั้น ส่วนที่เหลือ k-1 กลุ่มข้อมูลต้องรออยู่ที่ด้านออกแล้วเตรียมที่จะส่งแบบเข้าก่อนออกก่อนในช่วงร่องเวลาต่อไป

3.1.4 บัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบ โครงสร้างทางด้านสถาปัตยกรรม รูปที่ 3.4 จะยังคงจัดแถวคอยอยู่ทางด้านออก แต่ว่าต่างกัน กล่าวคือการจัดแถวคอยแบบบัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบจัดให้บัฟเฟอร์ร่วมเป็นส่วนกลาง บัฟเฟอร์ที่ใช้ร่วมกันจะแยกข้อมูลทั้งทางด้านเข้าและด้านออกของแต่ละด้านจนถึง Nb กลุ่มข้อมูล และสวิตช์ก็ขยายจาก N x N เป็น N (b+1) x N (b+1) เมื่อมี N กลุ่มข้อมูลใหม่เข้ามาในสวิตช์ และมี Nb กลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์เข้าไปยังสวิตช์ ณ เวลาเริ่มต้นแต่ละร่องเวลาถ้ามี k กลุ่มข้อมูล โดยที่ k เริ่มจาก 1 , 2 ,..... ถึง N (b - 1) มีที่อยู่ไปยังด้านออกเดียวกัน สวิตช์ก็สามารถที่จะส่งเพียงหนึ่งกลุ่มข้อมูลออกได้ ส่วนที่เหลือ k - 1 จะส่งไปยัง k - 1ของด้าน Nb ในบัฟเฟอร์ร่วม จำนวน k - 1 กลุ่มข้อมูลจะรอส่งในช่วงร่องเวลาถัดไปก่อนที่กลุ่มข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์อื่นส่งไปเข้าในสวิตช์ใหม่และก่อนที่กลุ่มข้อมูลใหม่จะเข้ามาที่ด้านขาเข้า กลุ่มข้อมูลจะเดินทางผ่านสวิตช์และบัฟเฟอร์ร่วมเพื่อดึงเอากลุ่มข้อมูลแต่ละร่องเวลาออกไป

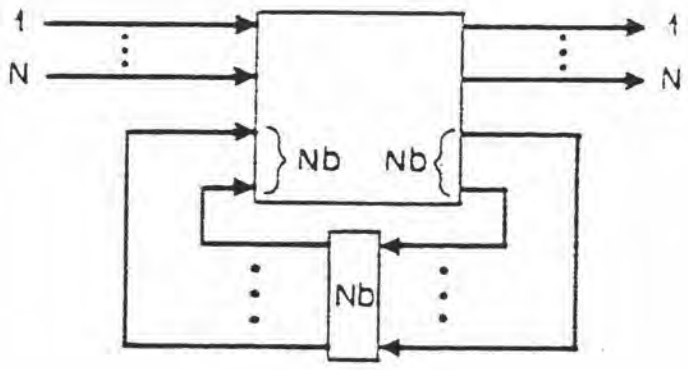
3.2 <u>วิเคราะห์แบบจำลองของการจัดแถวคอย</u>

ในการวิเคราะห์แบบจำลองของการจัดแถวคอยด้วยการสมมุติแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับกลุ่มข้อมูลเข้ามายัง N ด้านขาเข้า โดยวิธีการแบบอิสระต่อกัน และเป็นวิธีการของแบร์นูลลี หมายถึงว่าร่องเวลาใดๆ ที่กำหนดให้ความน่าจะเป็นที่กลุ่มข้อมูลจะเข้ามายังด้านเข้าคือ P แต่ละกลุ่มข้อมูลมีค่าของความน่าจะเป็นเท่ากับ 1/N ที่จะออกไปในด้านออกใดๆ ดังนั้นความน่าจะเป็นของกลุ่มข้อมูลที่ด้านเข้าหนึ่งสามารถที่จะไปยังด้านออกที่กำหนดเท่ากับ P/N ซึ่งจะทำการวิเคราะห์การจัดแถวคอยแต่ละแบบต่อไปนี้

3.2.1 วิเคราะห์แถวคอยด้านเข้า พิจารณาแบบจำลองของสวิตช์ที่จัดให้มีแถวคอยด้านเข้าด้วยการสมมุติให้ส่งข้อมูลที่เข้ามาแบบวิธีการของแบร์นูลลี กลุ่มข้อมูลเข้ามาด้านขาเข้าจะมีการพักรอที่แถวคอยด้านเข้า ซึ่งจะทำหน้าที่ส่งกลุ่มข้อมูลออกด้วยหลักการเข้าก่อนออกก่อนเมื่อแถวคอยด้านเข้าทุกด้านถึงจุดอิ่มตัวคือ กลุ่มข้อมูลจะต้องรอที่ทุกๆบัฟเฟอร์ทางด้านขาเข้าหลังจากที่กลุ่มข้อมูลถูกส่งผ่านสวิตช์ไปแล้ว ถ้าสมมุติว่ามีจำนวน k กลุ่มข้อมูลรออยู่ที่หัวแถวคอย (HOL) ของแถวคอยด้านขาเข้ามีที่อยู่ไปยังทางออกเดียวกันก็จะเลือกส่งกลุ่มข้อมูลใดผ่านสวิตช์เป็นแบบสุ่ม (Random) ค่าความน่าจะเป็นในการเลือกเท่ากันคือ 1 / k



รูปที่ 3.3 การจัดแถวคอยทางด้านขาออก



รูปที่ 3.4 การจัดแถวคอยแบบบัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบ

การวิเคราะห์ใน [18] กำหนดให้ B_m^i เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่หัวแถวคอยของแถวคอยด้านเข้าต้องการออก i ในขณะร่องเวลาที่ m แต่ไม่ได้รับการเลือกให้ส่งผ่านสวิตช์ และ A_m^i เป็นจำนวนของกลุ่มข้อมูลที่เคลื่อนเข้าไปที่หัวแถวคอยของแถวคอยด้านเข้าในขณะร่องเวลาที่ m ต้องการทางด้านออก i เพราะว่ากลุ่มข้อมูลสามารถเคลื่อนที่เข้าไปยังหัวแถวคอย ของแถวคอยด้านเข้าได้เพียงหนึ่งกลุ่มข้อมูลเท่านั้น จำนวนกลุ่มข้อมูลใหม่ทุกกลุ่มข้อมูลที่ตามมาถูกปิดกั้นที่หัวแถวคอย ซึ่งเท่ากับจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ถูกปิดกั้นก่อนหน้าคือ B_{m-1}^i ลบ 1 บวกกับกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาใหม่ A_m^i แสดงเป็นสมการได้

$$B_m^i = \max (B_{m-1}^i - 1 + A_m^i, 0) \qquad 3.1$$

กลุ่มข้อมูลใหม่ทุกจำนวนที่เข้ามาที่หัวแถวคอยในหัวแถวคอยด้านเข้าด้วยความน่าจะเป็นเท่ากันหมดคือ 1/N ที่ต้องการส่งจำนวนกลุ่มข้อมูล A_{tm}^i จะมีความน่าจะเป็นแบบไบโนเมียลซึ่งเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้

$$P_r\left[A_m^i = \mathrm{k}\right] = \binom{F_{m-1}}{\mathrm{k}} (1/\mathrm{N})^{\mathrm{k}} (1-1/N)^{F_{m-1}-k}$$

$$\mathrm{k} = 0,1.....F_{\mathrm{m-1}} \qquad 3.2$$

เมื่อ F_{m-1} เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ส่งผ่านสวิตช์ระหว่างช่วงเวลาที่ (m - 1) ร่องเวลาหาได้จาก

$$F_{m-1} = \mathrm{N} - \sum_{i=1}^{N} \mathrm{B}_{\mathrm{m-1}}^{\mathrm{i}} \qquad 3.3$$

ในสมการที่ (3.3) จำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดที่ผ่านสวิตช์ไปได้จะต้องเท่ากับจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดของแถวคอยด้านเข้าที่ส่งกลุ่มข้อมูลใหม่ไปที่หัวแถวคอยที่ m ร่องเวลา คือ

$$F_{m-1} = \sum_{i=1}^{N} A_m^i \qquad 3.4$$

กำหนดให้ F/N $=\rho_0$ เมื่อ F เป็นค่าเฉลี่ยจำนวนกลุ่มข้อมูลในขณะสภาวะที่ผ่านสวิตช์ไปได้ ρ_0 เป็นค่าใช้ประโยชน์ (Utilization) ของเส้นทางออก เมื่อ A^i เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลมีที่อยู่ด้านออก i ซึ่งจะเคลื่อนเข้าไปยังหัวแถวคอยของแถวคอยด้านขาเข้าแต่ละร่องเวลาถ้าขนาด N เข้าหาจำนวนค่าอนันต์ (Infinity) กลุ่มข้อมูลที่เข้ามาจะมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (POISSON) ด้วยอัตราส่วน ρ_0 ค่าเฉลี่ยของ $\overline{B^i}$ พิจารณาได้ตามกระบวนการของมาร์คอฟ(Markov)ของการจัดแถวคอยด้วยแบบจำลอง M/D/1 สำหรับ N=∞ จะได้

$$\overline{B^i} = \frac{\rho^2_0}{2(1-\rho_0)} \qquad 3.5$$

ใช้สมการ (3.3) และ F/N = ρ_0 มาพิจารณาจะได้

$$\overline{B}^{1} = 1-\rho_0 \qquad 3.6$$

รวมสมการที่ (3.5) และ (3.6) หาค่าอัตราปริมาณงานได้สูงสุด คือ

$$P_{max} = 2-\sqrt{2}$$
$$= 0.586 \qquad 3.7$$

3.2.2 วิเคราะห์อินพุตสมุททิง การจัดแถวคอยวิธีนี้กลุ่มข้อมูลในร่องเวลา b ของเฟรมข้อมูลถูกเก็บไว้แต่ละด้านเข้าแล้วจึงส่งผ่านสวิตช์ไปยังเส้นทางออก แต่ละทางออกจะต่อตรงกับ b พอร์ตด้านออก ถ้า k > b กลุ่มข้อมูลส่งผ่านสวิตช์ไปยังด้านออกที่ต้องการได้จำนวนหนึ่ง ส่วน k-b กลุ่มข้อมูลจะถูกตัดทิ้ง ให้ A เป็นตัวแปรสุ่ม ขณะมีจำนวนกลุ่มข้อมูลเข้ามายังสวิตช์ผ่านไปยังด้านออกที่ต้องการค่าความน่าจะเป็นของ k กลุ่มข้อมูลที่ผ่านสวิตช์จะได้

$$P_r[A=k] = \binom{Nb}{k}(\frac{P}{N})^k(1-\frac{P}{N})^{Nb-k} \qquad 3.8$$
$$k = 0,1.....N_b$$

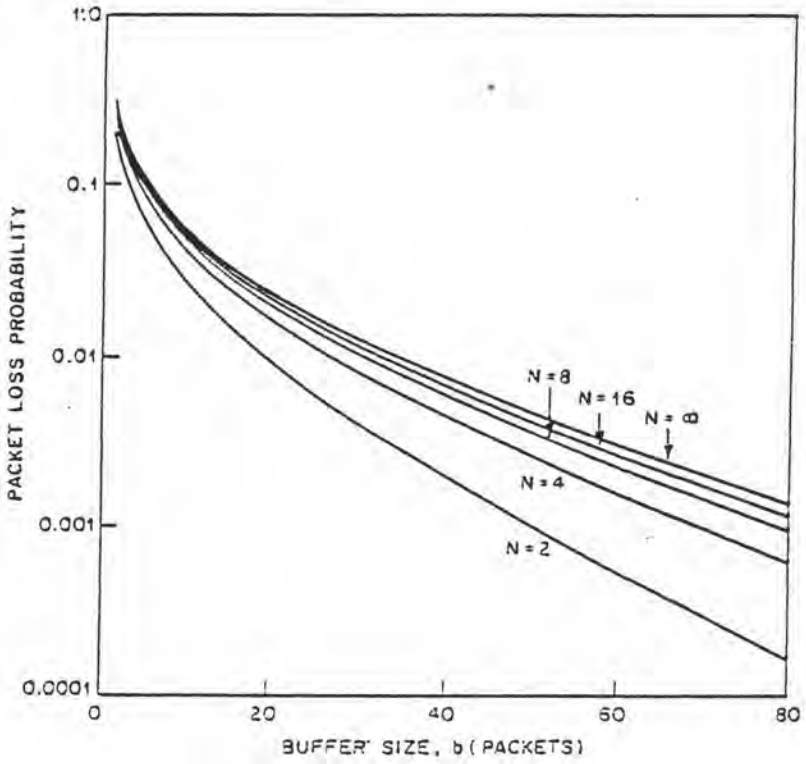
เพราะฉะนั้นค่าความน่าจะเป็นที่ทำให้กลุ่มข้อมูลสูญหายในขณะผ่านสวิตช์ได้

$$\Pr[packet\ \text{loss}] = \frac{1}{bp}\sum_{k=b+1}^{Nb}(k-b)\binom{Nb}{k}(\frac{P}{N})^k(1-\frac{P}{N})^{Nb-k}$$
$$= 1-\frac{1}{P}+\frac{1}{bp}\sum_{k=0}^{b-1}(b-k)\binom{Nb}{k}(\frac{P}{N})(1-\frac{P}{N})^{Nb-k} \qquad 3.9$$

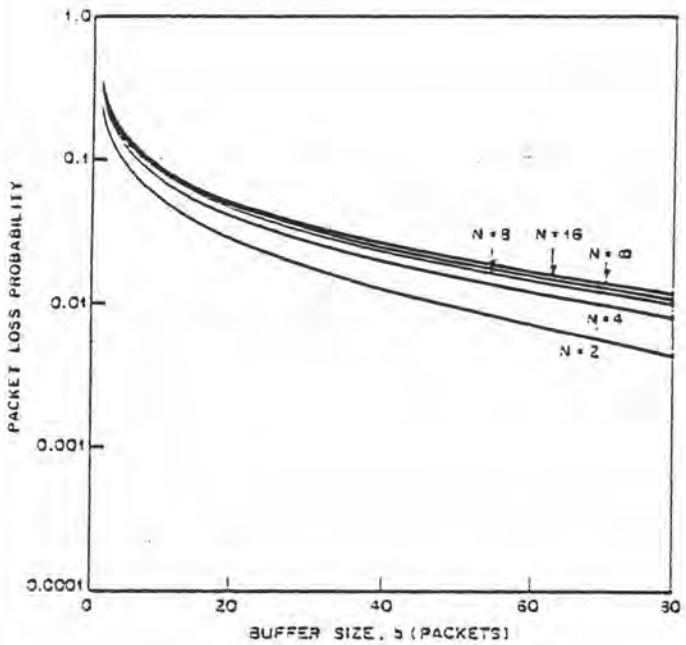
ถ้าให้ N เข้าหาจำนวนอนันต์ (N-->∞) จะได้

$$\Pr[Packet\ \text{loss}] = 1-\frac{1}{P}+\frac{e^{-bp}}{bp}\sum_{k=0}^{b-1}(b-k)\frac{(bp)^k}{k!} \qquad 3.10$$

ความน่าจะเป็นของการสูญหายกลุ่มข้อมูลจะเพิ่มขึ้นอีกเมื่อ N เพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นได้ตามรูปที่ 3.5 เมื่อ N > 16 รูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นว่าสามารถลดความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลโดยการเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์



รูปที่ 3.5 ค่าความน่าจะเป็นของการสูญหายกลุ่มข้อมูลเพิ่มขึ้นตามจำนวน N สำหรับอินพุตสมุททิง เมื่อ P=0.8



รูปที่ 3.6 ค่าความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสามารถลดลงได้ด้วยการเพิ่มขนาดของบัฟเฟอร์ เมื่อ P = 0.9 สำหรับอินพุตสมุททิง

3.2.3 วิเคราะห์แถวคอยด้านออก การจัดแถวคอยทางด้านขาออกจำนวนแถวคอยทั้งหมดจะอยู่ที่ด้านขาออก โดยจะอยู่ในบัฟเฟอร์ขนาด b กลุ่มข้อมูลที่แต่ละด้านขาออก ในการวิเคราะห์กำหนดให้ A เป็นตัวแปรสุ่มของจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาต้องการออกไปยังด้านออกเพื่อรอออกที่ด้านออกในช่วงเวลาร่องเวลาที่กำหนดให้ จะได้ว่า

$$a_k = \Pr[A = k] = \binom{N}{k}\left(\frac{p}{N}\right)^k\left(1-\frac{p}{N}\right)^{N-k}$$

$$k = 0,1,\ldots\ldots\ldots,N \qquad 3.11$$

ถ้า $N = \infty$ สมการ (3.11) เขียนใหม่ได้

$$a_k = \Pr[A = k] = \frac{P^k e^{-p}}{k!} \qquad 3.12$$

$$k = 0,1,2,\ldots\ldots\ldots,N = \infty$$

กำหนดให้ Q_m เป็นจำนวนของกลุ่มข้อมูลในแถวคอยที่ขณะช่วงเวลาสิ้นสุดของ ร่องเวลาที่ m และ A_m เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่เข้ามาขณะช่วงเวลาร่องเวลา m เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้

$$Q_m = \min\{\max(0, Q_{m-1} + A_m - 1), b\} \qquad 3.13$$

เมื่อ $Q_{m-1} = 0$ และ $A_m > 0$ กลุ่มข้อมูลจำนวนหนึ่งกลุ่มถูกส่งออกทันทีระหว่างช่วงเวลา m ร่องเวลาโดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยอย่างใด เมื่อ $N=\infty$ และ $b=\infty$ ขนาดของแถวคอย Q_m สามารถจัดอยู่ในแบบจำลองของแถวคอย M/D/1 ในกรณีที่ N และ b มีจำนวนจำกัด (Finite) สามารถจัดแบบจำลองของ Q_m โดยเป็นแบบสถานะจำกัด (Finite-State) และเวลาไม่ต่อเนื่องของเครือข่ายมาร์คอฟ (Discrete-time Markov Chain) ซึ่งหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงสถานะได้โดยกำหนดให้

$$P_{ij} = \begin{cases} a_0 + a_1 & i = 0, j = 0 \\ a_0 & 1 \le i \le b, j = i-1 \\ a_{j-i+1} & 1 \le j \le b-1, 0 \le i \le j \\ \sum_{m=j-j+1}^{N} a_m & j = b, 0 \le i \le j \\ 0 & \text{ค่าอื่น ๆ} \end{cases}$$

3.14

เมื่อ a_k ได้จาก (3.11) และ (3.12) สำหรับ $N < \infty$ และ $N = \infty$ ตามลำดับ ขนาดของแถวคอยในสถานะคงที่หาได้จากสมการสมดุลของเครือข่ายมาร์คอฟ

$$q_1 = \Pr[Q=1] = \frac{(1-a_0-a_1)}{a_0} \cdot q_0 \qquad 3.15$$

จนถึง

$$q_n = \Pr[Q=n] = \frac{(1-a_1)}{a_0} \cdot q_{n-1} - \sum_{k=2}^{n} \frac{ak}{a_0} \cdot q_{n-k}$$

เมื่อ $2 \le n \le b$ 3.16

$$q_o = \Pr[Q=0] = \frac{1}{1+\sum_{n=1}^{b} \frac{q_n}{q_0}} \qquad 3.17$$

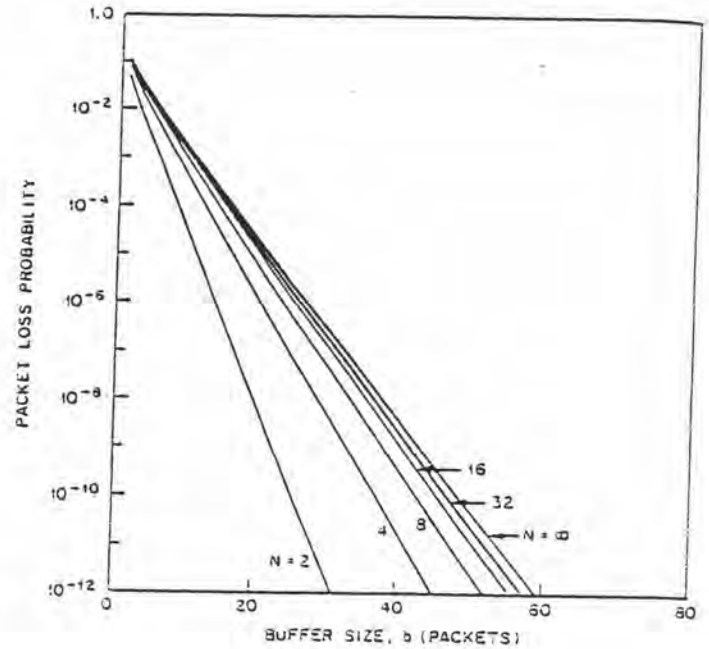
กลุ่มข้อมูลจะไม่ส่งเข้าไปต่อแถวคอยด้านออกระหว่างช่วงเวลาที่ m ร่องเวลาถ้า $Q_{m-1} = 0$ และ $A_m=0$ เมื่อกำหนดให้ ρ_0 เป็นค่าอัตราปริมาณงานปกติของสวิตช์จะได้สมการ

$$\rho_0 = 1-q_0 a_0 \qquad 3.18$$

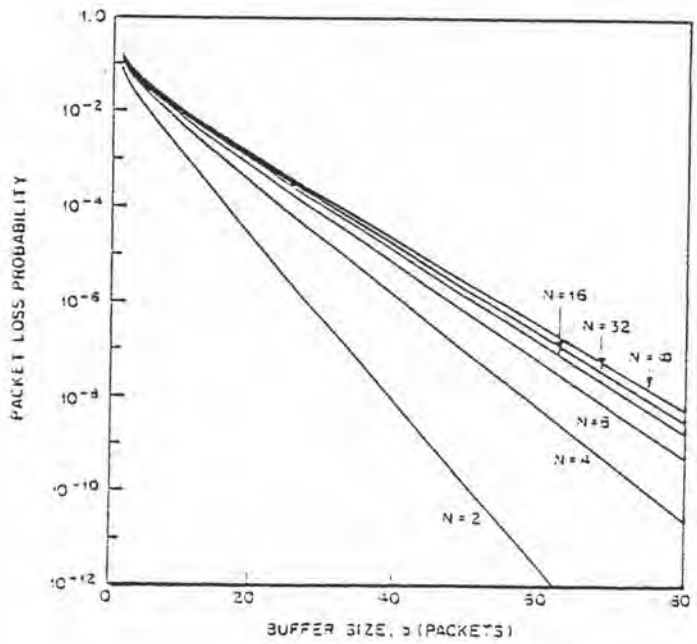
กลุ่มข้อมูลจะเกิดการสูญเสียถ้าเข้าไปในสวิตช์ขณะที่แถวคอยด้านออกมีจำนวนกลุ่มข้อมูลเต็มจำนวน b แล้ว สามารถคำนวณหาค่าการสูญหายของกลุ่มข้อมูลได้จากนำค่าใช้ประโยชน์ของเส้นทางด้านออก ρ_0 หารด้วยอัตราการเข้ามา P ลบออกจาก 1 ดังนั้น

$$P_r[\text{Packet loss}] = 1 - \frac{\rho_0}{p} \qquad 3.19$$

รูปที่ 3.7 และ 3.8 แสดงการสูญหายของกลุ่มข้อมูลในการจัดแถวคอยทางด้านออกโดยมีขนาดของบัฟเฟอร์ b เมื่อ N มีขนาดต่างๆกัน และให้จุดทำงานของภาระงาน P = 0.8 และ 0.9 ตามลำดับ พบว่าที่ 80 เปอร์เซ็นต์ของภาระงาน เมื่อ b = 28 ความน่าจะเป็นของการสูญหายกลุ่มข้อมูลอยู่ต่ำกว่า 10^{-6} เมื่อ N มีขนาดใหญ่



รูปที่ 3.7 ค่าความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสำหรับแถวคอยด้านออกเมื่อ P=0.8

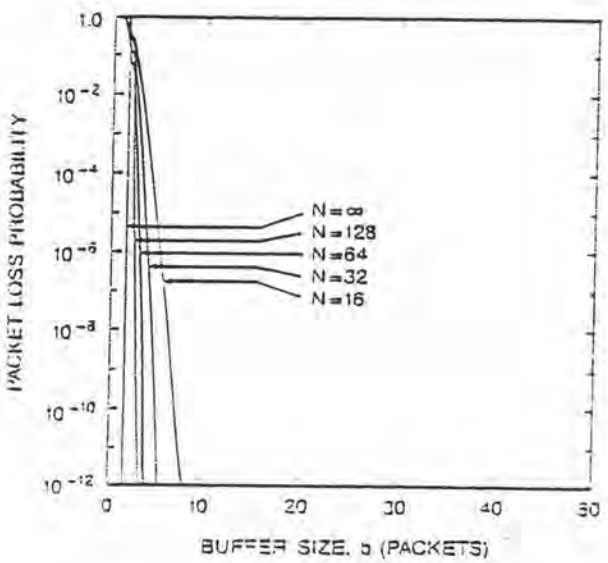


รูปที่ 3.8 ค่าความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสำหรับแถวคอยด้านออกเมื่อ P=0.9

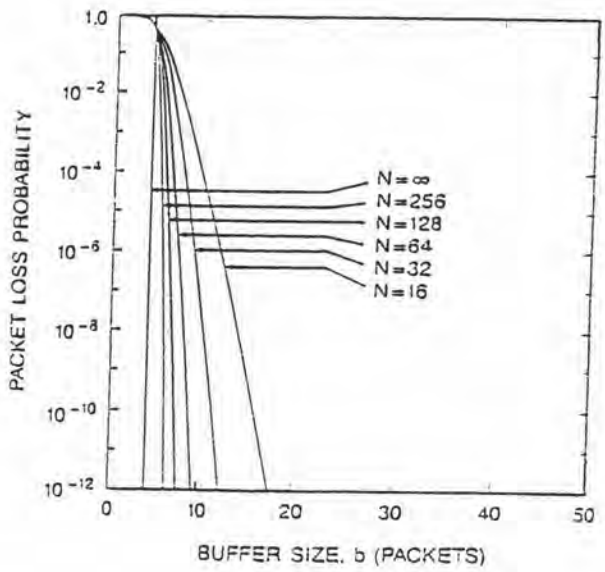
3.2.4 วิเคราะห์บัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบในการจัดแถวคอยของการสวิตช์กลุ่มข้อมูล แบบนี้เป็นการเพิ่มขนาดของสวิตช์ NxN เป็น N(b+1) x N(b-1) และจัดให้มีหน่วยเก็บความจำร่วมอยู่ที่ส่วนกลาง กลุ่มข้อมูลที่เข้าไปในบัฟเฟอร์จะหมุนเวียนผ่านสวิตช์และบัฟเฟอร์ร่วมตลอดจนกว่าจะส่งออกไปยังเส้นทางที่ต้องการได้ การวิเคราะห์พิจารณาว่ากลุ่มข้อมูลที่เข้ามาต้องการออกไปยังด้านออกที่ต่างๆ กัน ถ้าให้ Q_m^i เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ต้องการออกที่ i ขณะเวลาสิ้นสุดที่ m ร่องเวลาแล้วจะได้ $\sum_i^n Q_m^i$ เป็นจำนวนกลุ่มข้อมูลทั้งหมดในบัฟเฟอร์ร่วมที่ขณะเวลาสิ้นสุด m ร่องเวลาถ้าขนาดของบัฟเฟอร์ไม่จำกัดจำนวนจะได้ว่า

$$Q_m^i = \max[0, Q_{m-1}^i + A_m^i - 1]$$

เมื่อ A_m^i เป็นจำนวนของกลุ่มข้อมูลมีที่อยู่ด้านออก i เข้ามาในช่วง m ร่องเวลาเมื่อบัฟเฟอร์มีขนาดจำกัด กลุ่มข้อมูลที่ไปยังด้านออกบางเส้นทางอาจจะต้องเข้าไปในบัฟเฟอร์ร่วมก่อน เมื่อกลุ่มข้อมูลอื่นใช้อยู่ในช่วงร่องเวลาเดียวกัน กรณีที่ N, A^i มีจำนวนจำกัดในสถานะคงที่ จำนวนของกลุ่มข้อมูลที่ต้องการออกที่ด้าน i อาจจะเป็น A^j ($j \neq I$) ส่วนมาก N กลุ่มข้อมูลที่เข้ามายังสวิตช์มีจำนวนมากที่จะไปยังด้านออกด้านเดียว ถ้าให้ N เพิ่มขึ้นทำให้ A^i เป็นตัวแปรสุ่มแบบปัวส์ซอง และขณะสภาวะคงที่จำนวนของกลุ่มข้อมูลในบัฟเฟอร์ที่จะออกไปยังด้านออก i ทำให้ Q^i เป็น Q^j ($j \neq i$) กรณีนี้อาจจะใช้ปัวส์ซองและสมมุติให้ N เป็นจำนวนจำกัดก็ได้ รูปที่ 3.9 และ 3.10 แสดงถึงความน่าจะเป็นการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสำหรับบัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบขณะที่กำหนดให้ภาระงาน P=0.8 และ 0.9 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 ค่าความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสำหรับบัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบ เมื่อ P = 0.8



รูปที่ 3.10 ค่าความน่าจะเป็นในการสูญหายของกลุ่มข้อมูลสำหรับบัฟเฟอร์ร่วมชนิดสมบูรณ์แบบ เมื่อ P = 0.9

จากการวิเคราะห์แถวคอยของการสวิตช์กลุ่มข้อมูลแบบต่างๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ในวิทยานิพนธ์นี้จะได้นำทฤษฎีแถวคอยแบบ M/M/C มาประยุกต์ใช้เป็นเส้นทางสวิตช์ เพื่อแก้ปัญหาการติดขัดภายในอุปกรณ์สวิตช์ ซึ่งจะกล่าวในบทต่อไป

I 16894819