บทที่ 3

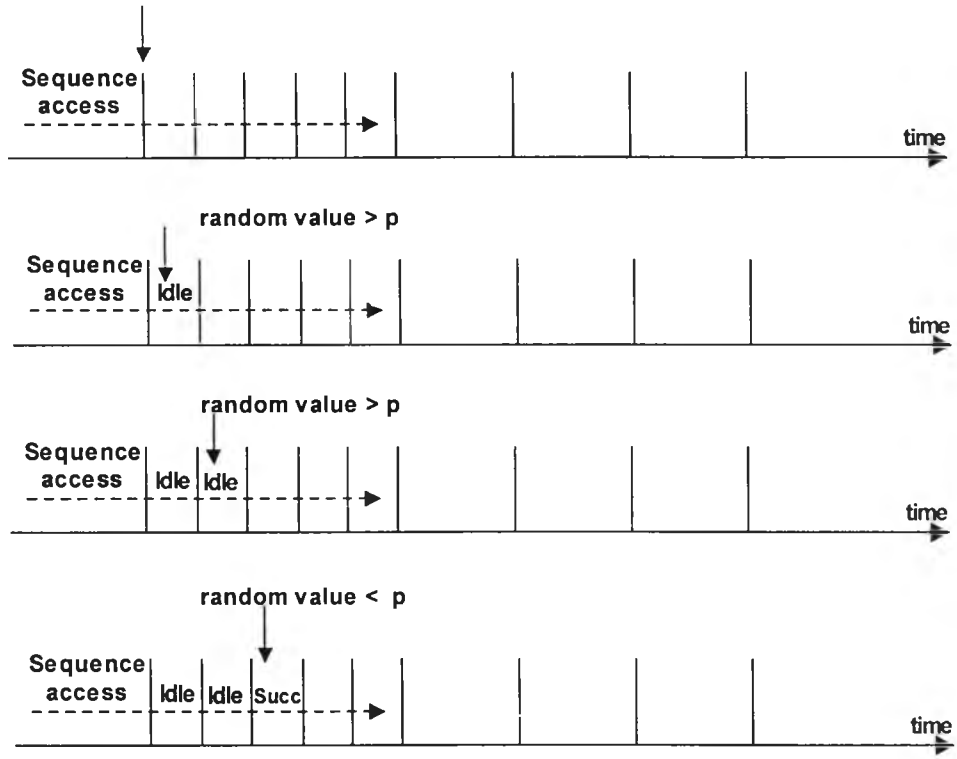
เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

บทนี้กล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP และผลการทดสอบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ซึ่งการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นจะกำหนดจากจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจอง โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม

3.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Fixed Probability (CFP)

การทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมที่ต้นเฟรม ซึ่งพิจารณาจากจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมและจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้นเฟรม โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าคงที่ตลอดเฟรม และการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการจะเป็นไปทีละช่องเริ่มจากช่องสัญญาณจองต้นเฟรมไปยังช่องสัญญาณจองท้ายเฟรม (Cascade Fixed Probability) โดยผู้ใช้บริการจะต้องสุ่มค่าระหว่าง 0-1 โดยถ้าค่าที่สุ่มได้ต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนด ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ แต่หากค่าที่สุ่มได้สูงกว่า ผู้ใช้บริการก็จะต้องทำการสุ่มค่าใหม่ในช่องสัญญาณจองถัดไปดังตัวอย่างในรูปที่ 3.1 ซึ่งหากในช่องสัญญาณจองช่องสัญญาณใดมีผู้ใช้บริการเกินกว่าหนึ่งรายผ่านเข้าไปทำการจองพร้อมกัน จะเกิดการชนและไม่มีผู้ใช้บริการรายใดประสบความสำเร็จในการจอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

จากหลักการของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบที่นำเสนอ เมื่อพิจารณาระบบที่มีผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณจำนวน M รายและช่องสัญญาณจองจำนวน N ช่อง กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p พบว่าเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นเมื่อพิจารณาช่องสัญญาณจองช่องใด ๆ เป็นไปได้ 3 กรณีคือ

- การว่าง เกิดเนื่องจากไม่มีผู้ใช้บริการรายใดในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการว่าง $= b[M,0,p]$
- การสำเร็จ เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวในระบบเข้าจองช่องสัญญาณ โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการสำเร็จ $= b[M,1,p]$
- การชน เกิดเนื่องจากมีผู้ใช้บริการตั้งแต่ 2 รายขึ้นไปเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกัน โดยความน่าจะเป็นที่ช่องสัญญาณจะเกิดการชน $= \sum_{i=2}^{M} b[M,i,p]$

โดยที่ $b[m,i,x] = \binom{m}{i} x^i (1-x)^{m-i}$

จากค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นในช่องสัญญาณจองช่องใด ๆ จะสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจำนวน k รายสามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จ โดยอาศัยหลักการรีเคอร์ซีฟดังนี้

$$\begin{aligned} P_{CFP}[k \mid M,N] = {} & b[M,0,p]\,P_{CFP}[k \mid M,N-1] \\ & + b[M,1,p]\,P_{CFP}[k-1 \mid M-1,N-1] \\ & + \sum_{i=2}^{M} b[M,i,p]\,P_{CFP}[k \mid M-i,N-1] \end{aligned} \qquad (3.1)$$

โดยที่ $P_{CFP}[k \mid M,N]$ คือค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการ k รายสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ จากระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน M ราย ช่องสัญญาณจองจำนวน N ช่อง และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ p

และกำหนดค่าเริ่มต้นของสมการ (3.1) ไว้ดังนี้

$$P_{CFP}[k \mid M,N] = \begin{cases} 0 & if\ k<0, M\geq 0, N\geq 0 \\ 1 & if\ k=0, M\geq 0, N=0 \\ 0 & if\ k>0, M\geq 0, N=0 \\ 1 & if\ k=0, M=0, N\geq 0 \\ 0 & if\ k>0, M=0, N\geq 0 \end{cases}$$

นอกจากนี้จะสามารถนำค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณสำเร็จกรณีต่าง ๆ มาคำนวณหาค่าวิสัยสามารถของระบบ ($T_{CFP}[M,N]$) ซึ่งนิยามว่าเป็นจำนวนผู้ใช้บริการที่จองช่องสัญญาณได้สำเร็จได้จากสมการ

$$T_{CFP}[M,N] = \sum_{j=0}^{M} \left(j \times P_{CFP}[j \mid M,N] \right) \qquad (3.2)$$

สำหรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้บริการ คือค่า p ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (3.2) เทียบกับ p เป็นศูนย์และทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด

3.2 ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP

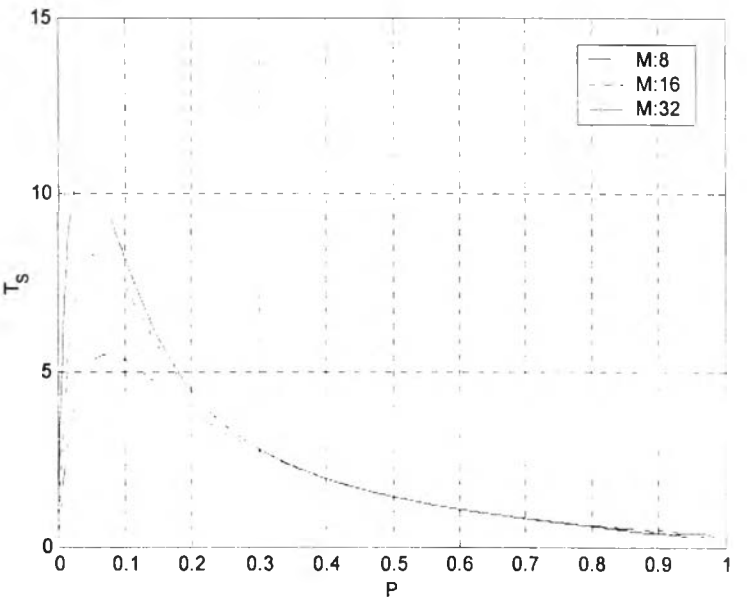
รูปที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและค่าวิสัยสามารถของระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 16 ช่อง และจำนวนผู้ใช้บริการจำนวน 8 16 และ 32 ราย จากรูปจะเห็นได้ว่าในช่วงแรกค่าวิสัยสามารถของทุกระบบจะเพิ่มขึ้นตามค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในช่วงแรกมีค่าต่ำ ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้มีจำนวนน้อย ช่องสัญญาณจองส่วนมากจึงเกิดการว่าง ดังนั้นการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจึงช่วยลดโอกาสที่ช่องสัญญาณจะเกิดการว่างและส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถของระบบเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดีเมื่อเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจนถึงค่าหนึ่ง ค่าวิสัยสามารถของระบบจะเพิ่มจนถึงจุดสูงสุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดจะมีค่าแตกต่างกันโดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวนมากกว่าจะมีค่าต่ำกว่า หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณขึ้นไปอีกจะทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบลดลง โดยสาเหตุที่ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าลดลงนั้นเป็นผลมาจากการชนกันของผู้ใช้บริการ

รูปที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบเมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเป็น 8 16 และ 32 ช่อง จากรูปพบว่าในช่วงแรกเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเพิ่มขึ้น ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของทุกระบบจะเพิ่มสูงขึ้น แต่จะพบว่าอัตราส่วนของค่าวิสัยสามารถที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าลดลง และถึงแม้จะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการจนสูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าวิสัยสามารถของระบบจะยังค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้เนื่องจากระบบสามารถจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่จะเข้าจองช่องสัญญาณได้ผ่านทางการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่า จะมีค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่สูงกว่าเพราะระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากย่อมจะสามารถลดโอกาสที่จะเกิดการชนกันของผู้ใช้บริการได้

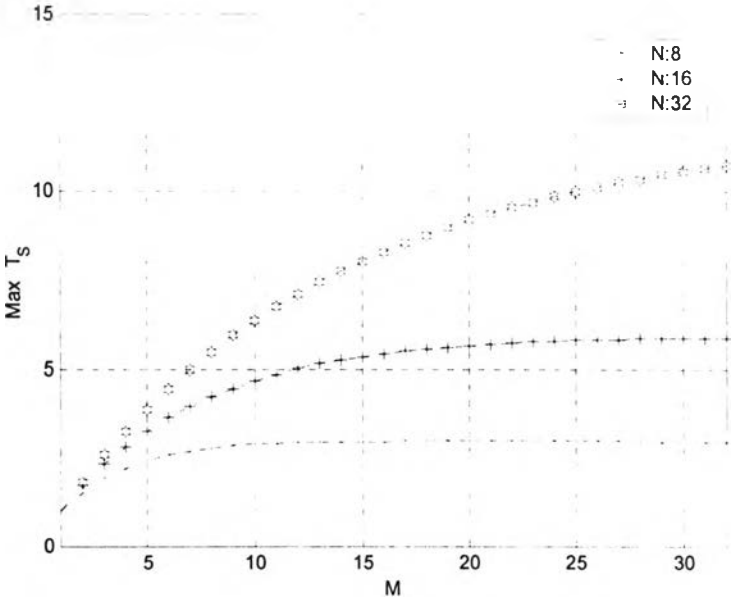
รูปที่ 3.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองจำนวน 8 16 และ 32 ช่อง จากรูปจะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวน 1 ราย ค่าโอกาสในการเข้าจอง

ช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าสูงสุดจะเท่ากับ 1 ในทุกระบบที่ทำการทดสอบ แต่เมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเพิ่มขึ้น พบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดจะมีค่าลดต่ำลง นอกจากนี้จะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนเท่ากัน ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดของระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองมากกว่าจะมีค่าต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่มีจำนวนช่องสัญญาณจองน้อยกว่า เนื่องจากการที่จำนวนช่องสัญญาณจองมีจำนวนมาก ทำให้ผู้ใช้บริการไม่ต้องรีบทำการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองต้นเฟรม เพราะผู้ใช้บริการยังมีโอกาสในการเข้าจองในช่องสัญญาณจองส่วนท้ายของเฟรม นอกจากนี้การที่ผู้ใช้บริการไม่ต้องรีบเข้าจองช่องสัญญาณนั้นจะช่วยหลีกเลี่ยงโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเกิดการชนกันได้อีกด้วย

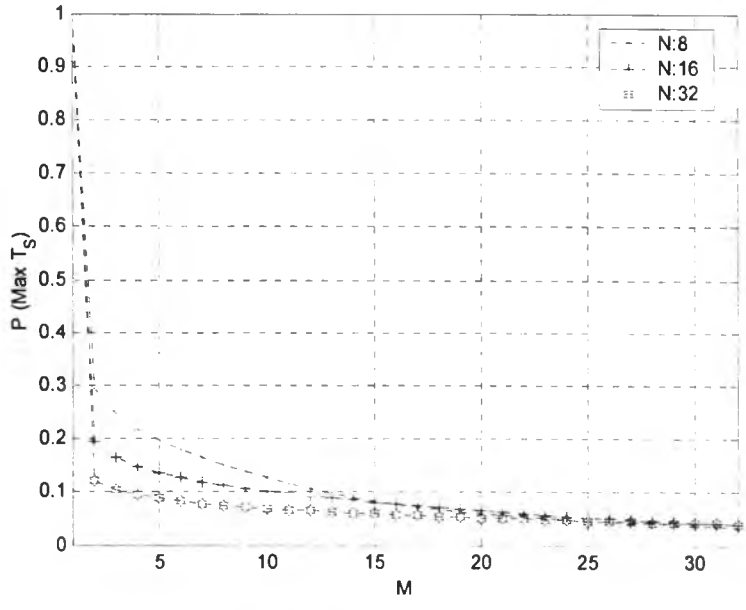
จากผลการทดสอบที่ได้จะเห็นได้ว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP นั้นจะทำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณโดยคำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณและจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม จึงช่วยให้การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบมีความเหมาะสมยิ่งขึ้นมากกว่าการพิจารณาเพียงปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ อย่างไรก็ดีการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการนั้นยังคงต้องกระทำไปทีละช่องเริ่มจากช่องสัญญาณจองต้นเฟรมไปยังช่องสัญญาณจองท้ายเฟรม ดังนั้นในสภาวะที่ปริมาณโหลดที่ระบบรองรับมีค่ามาก ประสิทธิภาพที่ได้ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบนี้จะมีค่าต่ำเช่นเดียวกับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Slotted Aloha คือถ้าหากมีผู้ใช้บริการที่ผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณในครั้งหนึ่ง ๆ เกินกว่าหนึ่งราย จะทำให้เกิดการชนและไม่มีผู้ใช้บริการที่จองช่องสัญญาณสำเร็จ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าลดลง



รูปที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและค่าวิสัยสามารถของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP