รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2546
โครงการวิจัยย่อยลำดับที่ 12 เรื่อง
การพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสาร

ผู้รับผิดชอบโครงการ ผศ.ดร.ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสารในระบบ CDMA

ขอบเขตหรือเป้าหมายของโครงการ

- พัฒนาโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารในระบบ CDMA ทั้ง 6 วิธี ดังนี้
  - เครื่องรับแบบเหมาะสมที่สุด (Optimal receiver)
  - เครื่องรับแบบแมตช์ (Match filter)
  - เครื่องรับแบบดีคอรีเลเตอร์ (Decorrelator)
  - เครื่องรับแบบหักล้างอย่างต่อเนื่อง (Successive Interference Cancellation : SIC)
  - เครื่องรับแบบหักล้างอย่างขนาน (Parallel Interference Cancellation : PIC)
  - เครื่องรับแบบมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับ (Decorralating Decision Feedback Multiuser Detection : DDFMD)

ส่วนงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

- ศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และเขียนโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารแบบ CDMA ในหัวข้อ
  - เครื่องรับแบบแมตช์
  - เครื่องรับแบบดีคอรีเลเตอร์
  - เครื่องรับแบบหักล้างอย่างขนาน

ส่วนงานที่จะดำเนินการต่อไป

- ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และเขียนโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารแบบ CDMA ในหัวข้อที่เหลือ คือ
  - เครื่องรับแบบเหมาะสมที่สุด
  - เครื่องรับแบบหักล้างอย่างต่อเนื่อง
  - เครื่องรับแบบมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับ
- ทดสอบสมรรถนะ และวิเคราะห์ผลของโปรแกรมจำลองระบบทั้งหมด พร้อมทั้งรวบรวมผลการวิเคราะห์ และทฤษฎีต่างๆ มาเขียนเป็นเอกสารเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสารต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนงานเรื่อง

การจองช่องสัญญาณในระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ

วัตถุประสงค์ของแผนงาน

เพื่อพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสารในส่วนของการจองช่องสัญญาณในระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ

ขอบเขตหรือเป้าหมายของแผนงาน

ศึกษาและพัฒนาโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารในส่วนของการจองช่องสัญญาณแบบต่างๆ ดังนี้

- Cascade Fixed Probability (CFP)
- Cascade Adaptive Probability (CAP)
- Cascade Optimum Probability (COP)
- Uniform (UNI)
- Cascade Fixed Probability with 2 Group (CFP+2G)
- Cascade Fixed Probability with 2 Group and Shift Reservation Time (CFP+2G+SRT)
- Cascade Fixed Probability with 2 Group and Multi-Access (CFP+2G+MA)

ส่วนงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

ศึกษาทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และเขียนโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารในส่วนของการจองช่องสัญญาณดังนี้

- Cascade Fixed Probability (CFP)
- Cascade Adaptive Probability (CAP)
- Cascade Optimum Probability (COP)
- Uniform (UNI)

ส่วนงานที่จะดำเนินการต่อไป

ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และเขียนโปรแกรมจำลองระบบสื่อสารในส่วนของการจองช่องสัญญาณแบบต่างๆ ที่เหลือ คือ

- Cascade Fixed Probability with 2 Group (CFP+2G)
- Cascade Fixed Probability with 2 Group and Shift Reservation Time (CFP+2G+SRT)
- Cascade Fixed Probability with 2 Group and Multi-Access (CFP+2G+MA)

ทดสอบสมรรถนะ และวิเคราะห์ผลของโปรแกรมจำลองระบบทั้งหมด พร้อมทั้งรวบรวมผลการวิเคราะห์ และทฤษฎีต่างๆ มาเขียนเป็นเอกสารเพื่อนำไปใช้ในการพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสารต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP (Cascade Fixed Probability)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP นี้ ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารแต่ละรายจะตัดสินใจเข้าจองช่องสัญญาณด้วยค่าความน่าจะเป็นค่าหนึ่งเท่ากันทุกราย ตั้งแต่สล็อตการจองแรกจนถึงสล็อตการจองสุดท้ายภายใน 1 เฟรม โดยก่อนจะตัดสินใจเข้าจองผู้ใช้บริการแต่ละรายจะทำการสุ่มค่าความน่าจะเป็นซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 เพื่อลดโอกาสการชนกันของแพ็กเกตการจอง หากค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มของผู้ใช้บริการรายใดมีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองที่กำหนดไว้ ผู้ใช้บริการรายนั้นก็จะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ ซึ่งผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม สามารถหาจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจอง (Average Number of Successful Users) ได้ดังนี้

ให้ $T\ [m,\ n,\ p]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองในระบบ ซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้บริการ m คน และจำนวนสล็อตการจอง n สล็อต

ให้ $P\ [k \mid m,\ n]$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่มีผู้ใช้บริการ k ราย สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองทั้งหมด m คน และใช้ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองเท่ากับ p

ให้ $b[m,\ i,\ p]$ แทนความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial Probability) ที่ผู้ใช้บริการ i คนจากทั้งหมด m คน ตัดสินใจเข้าจอง เมื่อผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น p

โดยที่ความน่าจะเป็นแบบทวินาม $b[m,\ i,\ p]$ กำหนดดังนี้

$$b\ [m,\ i,\ p\ ] = \binom{m}{i} p^{\,i} (1-p)^{m-i} \quad where \quad \binom{m}{i} = \frac{m!}{m!(m-i)!} \tag{1}$$

ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองของระบบ คือ

$$T\ [m,\ n,\ p\ ] = \sum_{k=0}^{m} k.P\ [k \mid m,\ n\ ] \tag{2}$$

โดยที่

$$P\ [k \mid m\ ,\ n\ ] = b[m\ ,0,p\ ]P[k \mid m\ ,n-1] + b[m\ ,1,p\ ]P[k-1 \mid m-1,n-1] \tag{3}$$

$$+ \sum_{i=2}^{m} b[m\ ,i\ ,p\ ]P[k \mid m-i\ ,n-1]$$

เมื่อค่าเริ่มต้นของสมการ (3) คือ

$$P[k \mid m\ ,n\ ] = \begin{cases} 0 & \text{if}\, k < 0, m \geq 0, n \geq 0 \\ 1 & \text{if}\, k = 0, m \geq 0, n = 0 \\ 0 & \text{if}\, k > 0, m \geq 0, n = 0 \\ 1 & \text{if}\, k = 0, m = 0, n \geq 0 \\ 0 & \text{if}\, k > 0, m = 0, n \geq 0 \end{cases} \tag{4}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากสมการที่ (2) สามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมที่ทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองของระบบสูงสุด คือค่า p ที่ทำให้อนุพันธ์ของสมการ (2) เทียบกับ p เป็นศูนย์

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CAP (Cascade Adaptive Probability)

ในเทคนิคนี้จะเหมือนกับเทคนิค CFP คือ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เท่ากันในแต่ละช่องการจอง แต่ค่าความน่าจะเป็นนี้จะเปลี่ยนไปทุก ๆ ช่องการจอง โดยค่าความน่าจะเป็นเหล่านี้นำมาจากแต่ละกรณีของ CFP ที่ทำให้จำนวนการร้องขอสำเร็จมีมากที่สุด โดยผู้ใช้บริการจะต้องสามารถรู้จำนวนผู้ร้องขอและช่องการจองที่เหลืออยู่ในเวลานั้น

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ COP (Cascade Optimal Probability)

ในเทคนิคนี้ก็จะคล้ายกับเทคนิค CAP จะต่างก็ตรงที่ค่าความน่าจะเป็นที่นำมาใช้ไม่ได้นำมาจากเทคนิค CFP แต่เป็นการสร้างตารางค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมตั้งแต่มีช่องการจอง 1 ช่องและมีผู้เข้าจองต่าง ๆ กัน หลังจากนั้นจึงเพิ่มช่องการจองเป็น 2 ช่องแล้วหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของช่องที่ 2 ในกรณีมีผู้เข้าจองต่าง ๆ กัน ซึ่งในขณะนี้เราจะมีตารางค่าความน่าจะเป็นของช่องการจองเรียบร้อยแล้ว ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ เราก็จะได้ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมทุก ๆ กรณี โดยค่าที่คำนวณขึ้นใหม่นี้จะดีกว่าเดิมเพราะเป็นการคำนวณโดยใช้ค่าความน่าจะเป็นที่เปลี่ยนไปทุกครั้งในแต่ละช่องการจอง

เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI (Uniform)

ในเทคนิคนี้ทุกช่องการจองจะมีโอกาสถูกใช้เท่า ๆ กัน คือ ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะทำการสุ่มเลือกว่าจะทำการจองในช่องการจองช่องไหน ซึ่งเทคนิคนี้ระบบไม่จำเป็นต้องรู้ว่ามีจำนวนผู้ใช้บริการเท่าไร และการจองจะกระจายไปบนช่องการจองช่องต่าง ๆได้ดีกว่า ทำให้ไม่เกิดปัญญาหาการชนในช่องการจองแรก ๆ

ในการศึกษาเทคนิคการจองแบบ CFP ที่ได้มีการนำเสนอมาแล้ว พบว่าสามารถหาค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการตัดสินใจในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยสูงสุดที่ประสบความสำเร็จในกรณีที่มีจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนสล็อตค่าต่าง ๆ กันได้ แต่อาจจะเกิดกรณีที่มีผู้ใช้บริการบางรายไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไข โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ตนเองมีโอกาสเข้าจองช่องสัญญาณได้มากกว่าผู้ใช้บริการรายอื่น หรืออาจเกิดจากความผิดพลาดของระบบ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

ระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G (Cascade Fixed Probability + 2 Group)

ระบบการจองนี้จะแบ่งผู้ใช้บริการออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกจะใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองที่ทำให้ได้จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยสูงสุดที่ประสบความสำเร็จจากวิธี CFP โดยค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองจะคิดจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารทั้งหมดในระบบสัมพันธ์กับจำนวนสล็อตการจองที่มีอยู่ภายในเฟรม ส่วนในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขนั้นจะใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองอีกค่าหนึ่งที่ทำให้ผู้ใช้บริการกลุ่มนี้มีโอกาสในการเข้าจองมากกว่ากลุ่มแรก ซึ่งทั้งสองกลุ่มก่อนที่จะเข้าจองก็จะมีการสุ่มค่าความน่าจะเป็นของผู้ใช้แต่ละรายทุกครั้ง เพื่อจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการซึ่งจะช่วยลดโอกาสในการชนกันได้อีกครั้งหนึ่ง หากค่าความน่าจะเป็นในการสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองก็จะสามารถทำการเข้าจองได้ และผู้ใช้แต่ละรายสามารถเข้าจองได้เพียงครั้งเดียวภายใน 1 เฟรม ในระบบการจองนี้สามารถหาจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจอง (Average Number of Successful Users) ได้ดังนี้

ให้ $T\ [m_1,\ m_2,\ n,\ p_1,\ p_2]$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองในระบบซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้บริการในกลุ่มแรก m_1 คน, ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 เท่ากับ m_2 คน และจำนวนสล็อตการจอง n สล็อต

ให้ $P\ [k_1,\ k_2|\ m_1,\ m_2,\ n,\ p_1,\ p_2]$ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่มีผู้ใช้บริการ k_1 รายและ k_2 ราย สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ โดยมีผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองทั้งหมด m_1 คนและ m_2 คนตามลำดับ

ให้ $b[m_1,\ i_1,\ p_1]$ แทนความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial Probability) ที่ผู้ใช้บริการ i_1 คนจากทั้งหมด m_1 คน ตัดสินใจเข้าจอง เมื่อผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น p_1

ให้ $b[m_2,\ i_2,\ p_2]$ แทนความน่าจะเป็นแบบทวินาม (Binomial Probability) ที่ผู้ใช้บริการ i_2 คนจากทั้งหมด m_2 คน ตัดสินใจเข้าจอง เมื่อผู้ใช้บริการตัดสินใจเข้าจองด้วยค่าความน่าจะเป็น p_2

ดังนั้นจำนวนผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในช่วงการจองสามารถแสดงด้วยในรูปค่าความน่าจะเป็นได้ดังนี้

$$T[m_1,m_2,n,p_1,p_2]=\sum_{k_1=0}^{m_1}\sum_{k_2=0}^{m_2}k_1.P[k_1,k_2\mid m_1,m_2,n]+\sum_{k_2=0}^{m_2}\sum_{k_1=0}^{m_1}k_2.P[k_1,k_2\mid m_1,m_2,n] \qquad (5)$$

โดยที่

$$P[k_1,k_2\mid m_1,m_2,n]=b[m_1,0,p_1]b[m_2,0,p_2]P[k_1,k_2\mid m_1,m_2,n-1]$$

$$+b[m_1,1,p_1]b[m_2,0,p_2]P[k_1-1,k_2\mid m_1-1,m_2,n-1]$$

$$+b[m_1,0,p_1]b[m_2,1,p_2]P[k_1,k_2-1\mid m_1,m_2-1,n-1]$$

$$+b[m_1,0,p_1]\sum_{i_1=2}^{m_2}b[m_2,i_2,p_2]P[k_1,k_2\mid m_1,m_2-i_2,n-1]$$

$$+b[m_2,0,p_2]\sum_{i_1=2}^{m_1}b[m_1,i_1,p_1]P[k_1,k_2\mid m_1-i_1,m_2,n-1]$$

ค่าเริ่มต้นของสมการ (5) คือ

$$+\sum_{i_1=1}^{m_1}\sum_{i_2=1}^{m_2}b[m_1,i_1,p_1]b[m_2,i_2,p_2]P[k_1,k_2\mid m_1-i_1,m_2-i_2,n-1] \qquad (6)$$

$$P[k_1,k_2\mid m_1,m_2,n]=\begin{cases}0 & \text{if } k_1<0 \text{ or } k_2<0, m_1+m_2\geq 0, n\geq 0\\ 0 & \text{if } k_1+k_2>n, m_1+m_2\geq 0, n\geq 0\\ 0 & \text{if } k_1>m_1 \text{ or } k_2>m_2, m_1+m_2\geq 0, n\geq 0\\ 1 & \text{if } k_1+k_2=0, m_1+m_2\geq 0, n=0\\ 1 & \text{if } k_1+k_2=0, m_1+m_2=0, n\geq 0\end{cases} \qquad (7)$$

ระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G+SRT (Cascade Fixed Probability + 2 Group + Shift Reservation Time)

จากระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G พบว่าผู้ใช้บริการส่วนใหญ่จะเข้าจองในสล็อตการจองช่วงแรก ๆ เป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขเพิ่มค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองมากกว่ากลุ่มแรกแล้ว การจองส่วนใหญ่ก็จะเกิดในสล็อตการจองแรก ๆ เช่นเดียวกัน ทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนของแพ็กเก็ตการจองก็มีเพิ่มขึ้นด้วย ด้วยเหตุผลนี้เองระบบการจองแบบ CFP+2G+SRT จึงได้มีแนวคิดโดยให้ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 ประวิงเวลาใน

การเข้าจอง เพื่อที่จะเข้าจองในสล็อตการจองท้าย ๆ ซึ่งเป็นช่วงที่มีผู้ใช้บริการเข้าจองน้อย ทำให้โอกาสที่ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 ประสบความสำเร็จในการจองมีมากขึ้น

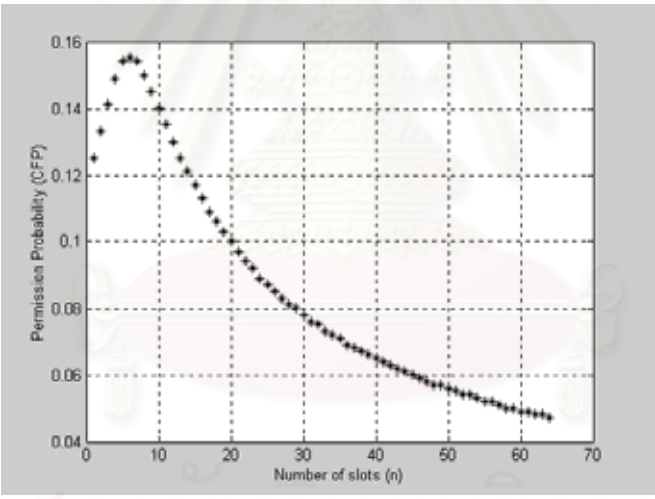
ระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G+MA (Cascade Fixed Probability + 2 Group + Multi-Access)

ระบบนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับระบบ CFP+2G แต่มีข้อแตกต่างกันคือ ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขสามารถเข้าจองได้มากกว่า 1 ครั้งภายในเฟรมเดียว เพื่อจะเพิ่มโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการในกลุ่มนี้ให้มากขึ้น โดยไม่สามารถที่จะทราบผลการจองในแต่ละครั้งได้จนกว่าจะหมดสล็อตในการจองภายในเฟรม ซึ่งผลการจองจะไม่สามารถแยกได้ว่าครั้งไหนที่จองแล้วจะประสบความสำเร็จในการจอง

ผลการทดลองและวิเคราะห์

ในส่วนนี้จะเป็นการนำเสนอประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการจำลองระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้ระบบการจองที่นำเสนอในหัวข้อที่แล้ว

พิจารณาผลการทดลองในรูปที่ 2 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผู้ใช้บริการ (ในที่นี้มี 8ราย) และจำนวนสล็อตการจอง กับค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองที่เหมาะสมของวิธี CFP ซึ่งจะนำไปใช้กับระบบการจองที่นำเสนอในหัวข้อที่แล้ว จะเห็นว่าค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมจะมีค่าแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ สล็อตการจอง โดยถ้าสล็อตการจองมากค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมจะมีค่าลดลง เนื่องจากผู้ใช้บริการไม่จำเป็นต้องรีบทำการจอง



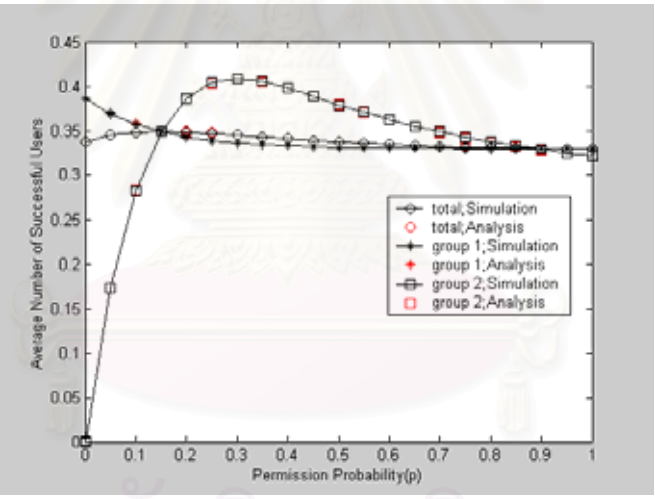
รูปที่ 1 ค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมของ CFP เมื่อมีผู้ใช้บริการ 8 รายและสล็อตการจองค่าต่างๆกัน

จากผลการทดลองที่ได้ในรูปที่ 1 จะนำค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมในการตัดสินใจเข้าจองไปใช้ในการทดลองระบบการจองที่ได้นำเสนอไปแล้วในหัวข้อที่แล้ว โดยกำหนดให้มีผู้ใช้บริการที่ต้องการจองช่องสัญญาณทั้งหมด 8 ราย และจะแบ่งผู้ใช้บริการออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นกลุ่มผู้ใช้บริการทั่วไปจะมีผู้ใช้บริการ 7 ราย ส่วนในกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขจะมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียว และให้ผู้ใช้บริการในกลุ่มแรกใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองเท่ากับ 0.15, 0.1 และ 0.05 ในกรณีที่มีสล็อตการจองเป็น 8, 16 และ 64 สล็อตตามลำดับ ส่วนในกลุ่มที่ 2 จะใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

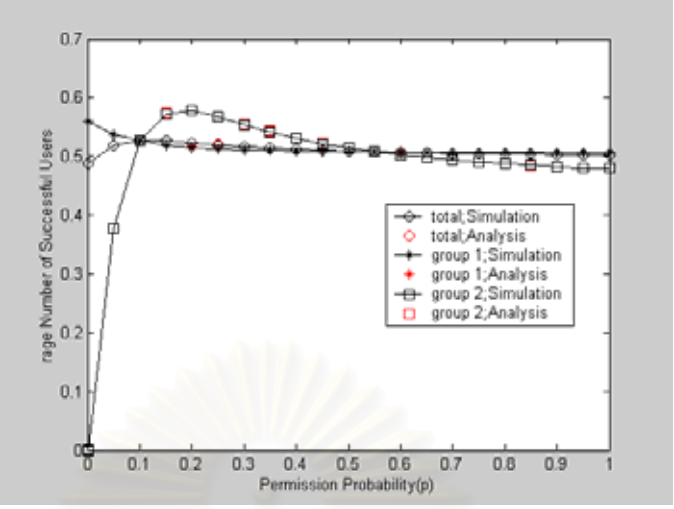
ผลของระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G

พิจารณาผลการทดลองในรูปที่ 2, 3 และ 4 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม (ค่าที่แสดงจะเป็นค่าที่หารด้วยจำนวนผู้ใช้บริการ) กับค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองของกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขในการจอง พบว่าในรูปที่ 3 และ 4 จะมีช่วงความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองที่กลุ่มที่ 2 ใช้แล้วทำให้จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 2 มีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 1 แต่เมื่อพิจารณารูปที่ 5 จะพบว่าไม่มีค่าความน่าจะเป็นค่าใดที่กลุ่มที่ 2 ใช้แล้วสามารถทำให้จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 2 มีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มแรก เพราะว่าในกรณีที่มีจำนวนสล็อตน้อย ๆ การเข้าจองของผู้ใช้บริการจะมีมากในทุกสล็อตและค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมก็มีค่ามากด้วย ดังนั้นเมื่อมีผู้ใช้บริการใช้ค่าความน่าจะเป็นมากกว่าผู้ใช้บริการรายอื่นก็จะสามารถประสบความสำเร็จได้มากกว่า แต่เมื่อมีสล็อตการจองมากการเข้าจองของผู้ใช้บริการจะกระจายไปในทุกสล็อตและค่าความน่าจะเป็นที่เหมาะสมมีค่าน้อย ดังนั้นเมื่อเมื่อมีผู้ใช้บริการใช้ค่าความน่าจะเป็นมากกว่าผู้ใช้บริการรายอื่นก็ไม่มีผล เมื่อมาพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบของทั้ง 3 รูป จะพบว่าไม่มีค่าความน่าจะเป็นใดที่กลุ่ม 2 ใช้แล้วทำให้จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบมากกว่ากรณีที่ทั้ง 2 กลุ่มใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองเท่ากัน

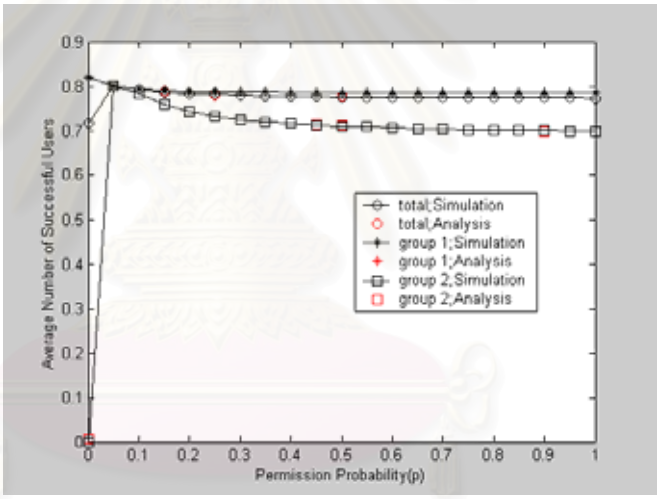


รูปที่ 2 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 8 สล็อต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 16 สล็อต



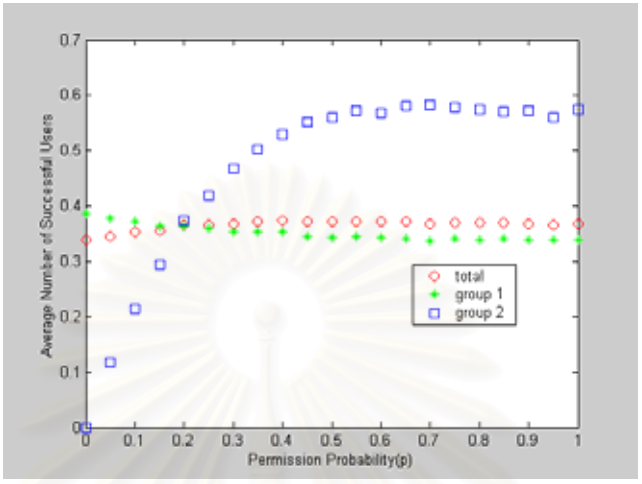
รูปที่ 4 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 64 สล็อต

ผลของระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G+SRT

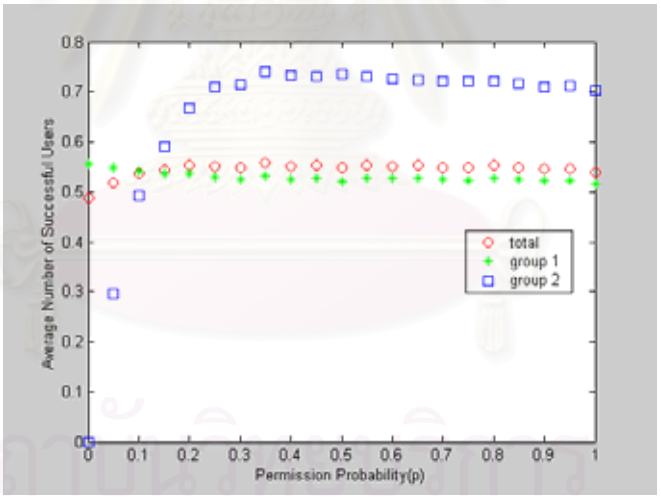
ในการทดลองจะกำหนดให้ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 เข้าจองเมื่อสล็อตการจองผ่านไปครึ่งหนึ่งของสล็อตการจองที่มีทั้งหมดภายในเฟรม

พิจารณาผลการทดลองในรูปที่ 5, 6 และ 7 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม (ค่าที่แสดงจะเป็นค่าที่หารด้วยจำนวนผู้ใช้บริการ) กับค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองของกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขในการจอง พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของกลุ่มที่ 2 จะมีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 1 หลังจากกลุ่มที่ 2 ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองมากกว่ากลุ่มแรก เพราะว่าสล็อตการจองท้าย ๆ จะมีผู้ใช้บริการเข้าจองน้อยกว่าสล็อตแรก ๆ ดังนั้น

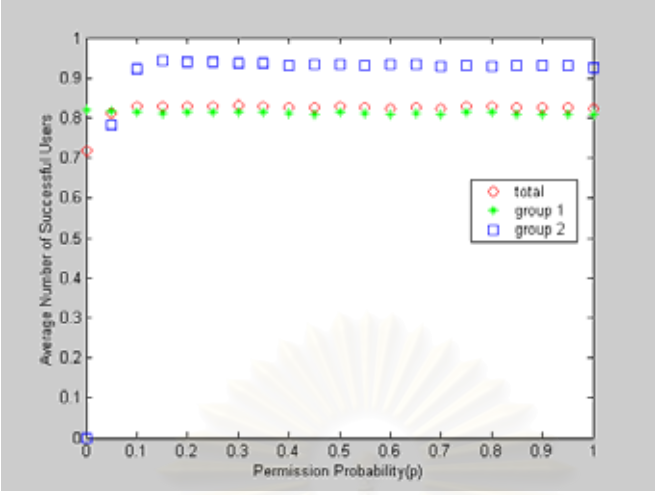
หากมีการเพิ่มค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองในกลุ่ม 2 ซึ่งเข้าจองในช่วงสล็อตท้าย ๆ แล้ว โอกาสที่จะประสบความสำเร็จก็จะเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จจะมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากสล็อตการจองท้าย ๆ ซึ่งแต่เดิมผู้ใช้บริการเข้าจองน้อยมีผู้ใช้บริการเข้าจองเพิ่มขึ้น



รูปที่ 5 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+SRT โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 8 สล็อต



รูปที่ 6 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+SRT โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 16 สล็อต



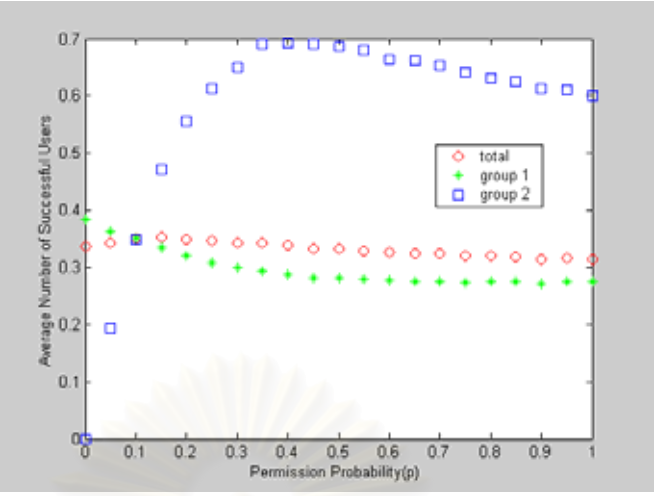
รูปที่ 7 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+SRT โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 64 สล็อต

ผลของระบบการจองช่องสัญญาณแบบ CFP+2G+MA

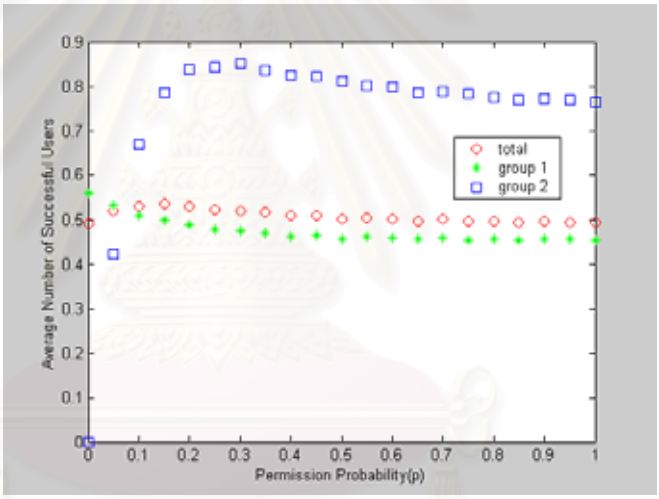
ในการทดลองจะกำหนดให้ผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 จะสามารถเข้าจองได้ 2 ครั้งต่อเฟรม แต่จะไม่สามารถรู้ได้ว่าการจองครั้งแรกจะประสบความสำเร็จหรือไม่

พิจารณาผลการทดลองในรูปที่ 8,9 และ 10 แสดงจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม (ค่าที่แสดงจะเป็นค่าที่หารด้วยจำนวนผู้ใช้บริการ) กับค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองของกลุ่มที่ 2 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขในการจอง พบว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของกลุ่มที่ 2 จะมีค่ามากกว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 1 ตั้งแต่กลุ่มที่ 2 ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเข้าจองเท่ากับกลุ่มแรก เพราะว่ากลุ่มที่ 2 มีโอกาสในการเข้าจองมากกว่ากลุ่มแรก ทำให้โอกาสในการประสบความสำเร็จมีมากขึ้น และเมื่อพิจารณาจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบพบว่าจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จมีค่าลดลงเล็กน้อย เป็นเพราะว่าผู้ใช้บริการในกลุ่มที่ 2 สามารถจองได้หลายครั้ง ทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเกตการจองกับกลุ่มแรกมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มแรกสามารถจองได้เพียงครั้งเดียวเป็นผลให้จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในกลุ่มที่ 1 ลดลง ส่งผลให้จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบลดลงด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

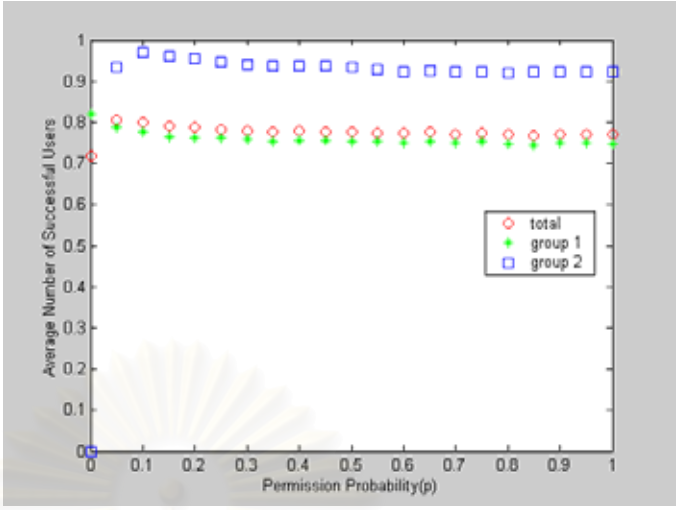


รูปที่ 8 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+MA โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 8 สล็อต



รูปที่ 9 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+MA โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 16 สล็อต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 10 จำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จทั้งระบบและจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จของแต่ละกลุ่ม เมื่อใช้ระบบการจองแบบ CFP+2G+MA โดยมีจำนวนสล็อตการจอง 64 สล็อต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย