โครงการวิจัยย่อยลำดับที่ 18

เรื่อง การพัฒนาสื่อสำหรับการเรียนรู้ระบบสื่อสาร ปีที่ 4

1. **ผู้รับผิดชอบโครงการ** รองศาสตราจารย์ ดร. ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ

2. **วัตถุประสงค์ของโครงการ**

เพื่อพัฒนาสื่อการสอนที่ประกอบด้วยโปรแกรมซอฟต์แวร์จำลองการทำงานของระบบสื่อสารไร้สายและเอกสารประกอบเพื่อใช้ในการเรียนรู้ก้าวทันเทคโนโลยีการสื่อสารยุคใหม่

3. **ขอบเขตหรือเป้าหมายของโครงการ**

3.1) พัฒนาระบบเข้าจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง

3.2) พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองระบบที่สำรวจและพัฒนาเพื่อใช้เป็นสื่อการสอนประกอบการเรียนรู้

4. **ส่วนงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว**

ผู้ร่วมโครงการได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอนอย่างต่อเนื่อง โดยส่วนงานที่ได้ดำเนินการไปแล้วมีดังนี้

4.1) ศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายแบบต่างๆ ที่ได้มีการพัฒนาและนำเสนอมาในปัจจุบัน ทั้งในแบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ, แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ และแบบผสมเทคนิคการแข่งขันและไม่แข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เพื่อให้ทราบข้อดีและข้อด้อยต่างๆ ที่มีในโพรโทคอลแต่ละประเภท

4.2) ศึกษาเทคนิคการจองช่องสัญญาณ ซึ่งได้มีผู้นำเสนอไว้ พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของเทคนิคดังกล่าว เพื่อทราบแนวโน้มและผลกระทบของตัวแปรต่างๆ

4.3) พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบใหม่ ซึ่งเป็นระบบที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละระดับได้ และวิเคราะห์หาสมการทางคณิตศาสตร์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ

4.4) เขียนโปรแกรมจำลองการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเทคนิคดังกล่าว

4.5) วิเคราะห์และประเมินผล โดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการก่อนหน้า และวิธีการที่นำเสนอ

5. แนวเหตุผล

การเรียนการสอนทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสารในปัจจุบัน จะเน้นทฤษฎีหรือหลักการเป็นหัวใจสำคัญ อย่างไรก็ตามหากนิสิตได้มีโอกาสทดสอบแนวคิดทฤษฎีเหล่านี้ในรูปแบบของสื่อการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้ดีขึ้นได้ แต่เนื่องจากสื่อการสอนที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่มาจากต่างประเทศ มีราคาแพง จึงทำให้ประเทศต้องเสียงบประมาณไปกับสื่อการสอนของต่างชาติเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนขึ้นเองภายในประเทศ จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก อีกทั้งเป็นการกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาองค์ความรู้ได้เองในประเทศ ลดการพึ่งพิงทางเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการพัฒนาจะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติและเพิ่มศักยภาพในการประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมให้ดียิ่งขึ้น

ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาระบบการเข้าจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง ด้วยเหตุที่ว่า ในปัจจุบันจำนวนผู้ใช้บริการในระบบสื่อสารไร้สายได้มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากประโยชน์ และความสะดวกที่ผู้ใช้บริการได้รับ ทั้งยังมีความยืดหยุ่น มีความสามารถในการจัดการกับบริการข้อมูลมัลติมีเดีย (Multimedia) และประยุกต์ใช้งานแบบเวลาจริง (Real Time Applications) เมื่อผู้วิจัยพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในรูปเอกสารและโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับระบบดังกล่าวสำเร็จ สื่อดังกล่าวนี้จะมีส่วนช่วยให้นักศึกษาหรือผู้เรียนได้เข้าใจและเห็นภาพขั้นตอนการจองช่องสัญญาณซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการส่งข้อมูลข่าวสาร

6. ระบบที่ได้พัฒนาสื่อการเรียนการสอน

ผู้ร่วมโครงการได้ดำเนินการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนในหัวข้อระบบการเข้าจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง

เนื้อหาต่อไปจักเป็นการกล่าวถึงเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และเนื้อหาระบบที่พัฒนา

6.1 ระบบการเข้าจองช่องสัญญาณ

6.1.1 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

ในช่วงเริ่มต้นนั้นโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีการนำเสนอจะอาศัยพื้นฐานการจัดสรรแบนด์วิดท์แบบที่ไม่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [1,2] เช่น TDMA และ FDMA หรือแบบที่มีการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการ [1,2] เช่น Pure-ALOHA และ Slotted-ALOHA เป็นต้น โดย

โพรโทคอลประเภทที่ไม่มีการแข่งขันนั้น ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะมีช่องสัญญาณสำหรับการจองหรือส่งข้อมูลของตน ดังนั้นคุณภาพของการบริการที่ผู้ใช้แต่ละรายได้รับจึงมีค่าสูง แต่มีข้อด้อยคือเมื่อผู้ใช้บริการไม่มีข้อมูลจะทำการส่งออกไป จะทำให้แบนด์วิดท์ที่จองไว้ไม่ได้ใช้ประโยชน์ กล่าวคือระบบจะมีสมรรถนะที่ต่ำเมื่อรองรับโหลดที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ในทางตรงกันข้ามในประเภทที่มีการแข่งขันจะให้ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลต้องทำการแข่งขันกันเพื่อแย่งชิงช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงทำให้ระบบดังกล่าวมีความยืดหยุ่นในการรองรับจำนวนผู้ใช้บริการเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าหากขณะเวลาหนึ่งๆ มีผู้ใช้บริการมากกว่าหนึ่งรายในระบบทำการส่งข้อมูลออกมาพร้อมกันก็จะทำให้เกิดปัญหาการชนและการสูญเสียช่องสัญญาณตามมา ดังนั้นระบบจึงขาดเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกสูง ต่อมาได้มีการพัฒนาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสม [3,4] ที่รวมเอาข้อดีและข้อด้อยของโพรโทคอลทั้งสองประเภทข้างต้นเข้าไว้ด้วยกัน โดยก่อนที่ผู้ใช้บริการจะสามารถทำการส่งข้อมูลได้ ผู้ใช้บริการจะต้องทำการแข่งขันกันเพื่อจองช่องสัญญาณก่อน โดยเมื่อผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณสำเร็จแล้ว สถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้กับผู้ใช้บริการต่อไป

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าการแข่งขันของผู้ใช้บริการในส่วนการจองช่องสัญญาณสำหรับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสมนั้นเป็นส่วนสำคัญที่จะส่งผลต่อไปยังจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งข้อมูลได้ ซึ่งเทคนิคที่ใช้ในส่วนการจองช่องสัญญาณจะอาศัยการทำงานของเทคนิค Slotted-ALOHA เพราะเป็นเทคนิคที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง อย่างไรก็ดี การทำงานของเทคนิค Slotted Aloha นี้จะเกิดปัญหาถ้าหากขณะเวลาหนึ่งๆ มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเข้าทำการจองช่องสัญญาณพร้อมกัน ดังนั้นจึงมีการนำการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมาใช้เพื่อจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณในขณะหนึ่งๆ เช่น การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian [1,5] ซึ่งกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสัมพันธ์กับปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (ซึ่งได้จากการประมาณ) ในขณะนั้น โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณของตนได้ก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไปและสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่ถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจอง

นอกจากนี้จะพบว่าประเภทของบริการที่ระบบรองรับในอดีตจะมีเพียงบริการประเภทเสียงเท่านั้น แต่ในปัจจุบันบริการของระบบที่ผู้ใช้บริการต้องการยังมีแนวโน้มเปลี่ยนไปจากในอดีต กล่าวคือ นอกจากบริการเสียงแล้วผู้ใช้บริการยังต้องการบริการประเภทต่างๆ เพิ่มขึ้น เช่น E-mail, Computer Data, File Transfer Protocol (FTP) และ World Wide Web (WWW) ซึ่งบริการแต่ละประเภทต่างก็มีคุณลักษณะและคุณภาพการบริการที่ต้องการแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงได้มีผู้เสนอเทคนิคการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการแต่ละประเภทแตกต่าง

กัน เช่น การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ [6,7] อย่างไรก็ดีจะพบว่าเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอดังกล่าวออกแบบขึ้นมาสำหรับระบบที่ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้มากกว่าหนึ่งครั้งต่อเฟรม

ดังนั้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจึงอาจไม่เหมาะสมสำหรับระบบสื่อสารบางประเภทที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว ยกตัวอย่างเช่น ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม และระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง [8-10] ซึ่งผู้ใช้บริการอาจทราบผลการจองช่องสัญญาณภายหลังจากสิ้นสุดส่วนการจองไปแล้ว ดังนั้นผู้ใช้บริการจึงสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม

6.1.2 เนื้อหาระบบที่พัฒนา

จากการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในข้างต้น พบว่ายังมีปัญหาดังนี้

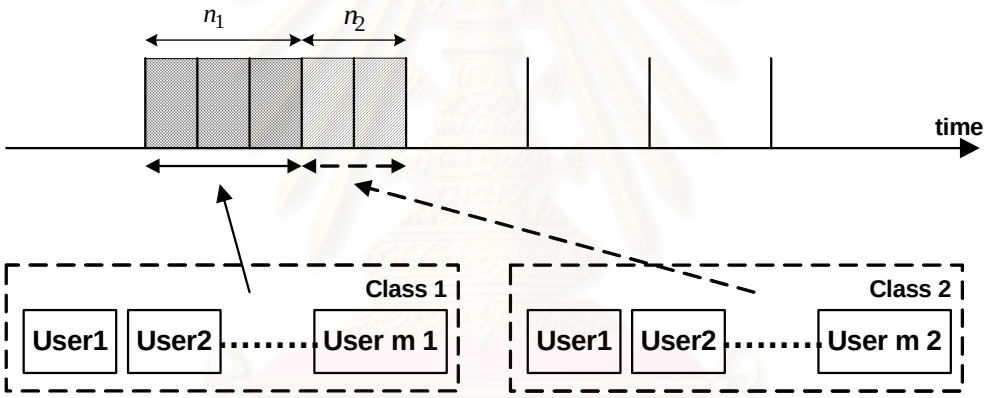
1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีตนั้นต่างออกแบบมาโดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันที และสามารถเข้าจองช่องสัญญาณใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานก็สามารถปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไป ซึ่งเมื่อพิจารณาในระบบที่กำหนดในวิทยานิพนธ์พบว่าเป็นไปได้ยาก
2. การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นส่วนมากจะทำการกำหนดโดยคำนึงถึงเพียงปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (จำนวนผู้ใช้บริการ) โดยเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนมาก ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าต่ำลง แต่หากจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนน้อย ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่าการพิจารณาเพียงปริมาณโหลดที่ระบบรองรับอาจทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ได้เป็นค่าที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ไม่ได้คำนึงถึงคือจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม เช่น ในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมมีมาก ผู้ใช้บริการอาจจะลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณลง เพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเกิดการชนกัน เพราะผู้ใช้บริการยังมีโอกาสอีกมากในการเข้าจองช่องสัญญาณ

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัย [11] ได้เสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว 12 วิธี ได้แก่ *CFP*, *CAP*, *COP*, *COP+SPL*, *CFP+SPL*, *UNI*, *UNI+LA*, *MT-CFP*, *MT-CFP+SPL*, *MT-UNI*, *MT-UNI+LUA* และ *MT-UNI+LUT* ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวได้วิเคราะห์ค่าวิสัยสามารถของทั้ง 12 เทคนิค แต่เทคนิคทั้งหมดไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อรองรับบริการประเภทมัลติมีเดีย (Multimedia) ซึ่งรองรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญแตกต่าง

กัน ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการและเหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว โดยเทคนิคการเข้าจองช่องสัญญาณดังกล่าวเป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม ทั้งนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+DS* (*Uniform + Divided Slot*)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้จะทำการแบ่งส่วนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสหลังจากนั้นผู้ใช้บริการในแต่ละคลาสจะสุ่มเลือกช่องสัญญาณจองในกลุ่มของตน รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง

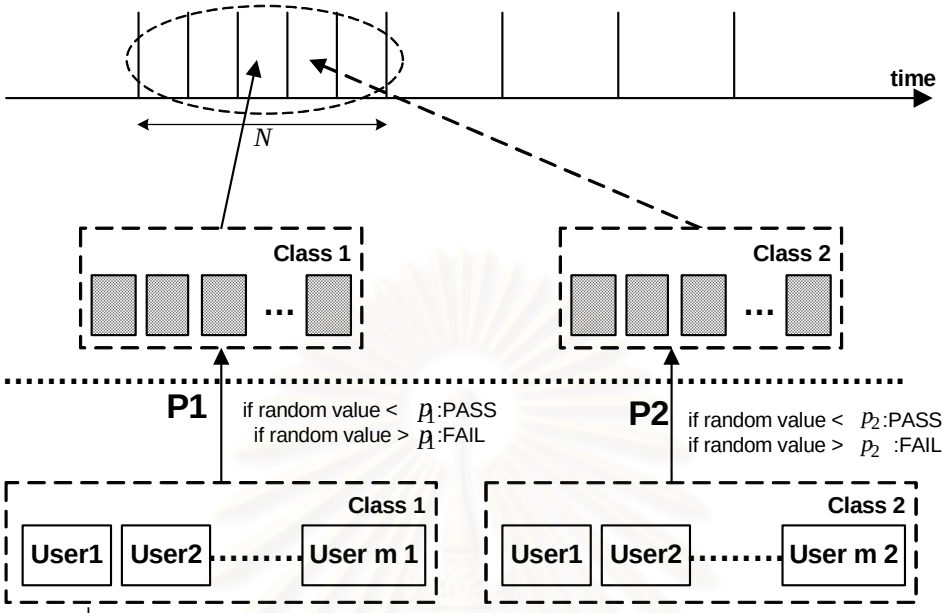


รูปที่ 1 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+MLA* (*Uniform + Multiple Limited Access*)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณวิธีนี้มีพื้นฐานมาจากการที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสมีคุณภาพการบริการที่ต้องการที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดในการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสให้มีค่าต่างกัน โดยจะพบว่าการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณมากกว่าให้มีค่าสูงกว่าจะช่วยเพิ่มโอกาสที่ผู้ใช้บริการคลาสนั้นจะจองช่องสัญญาณสำเร็จ รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+MLA* ในกรณีที่มีผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจอง N ช่องและ

กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2

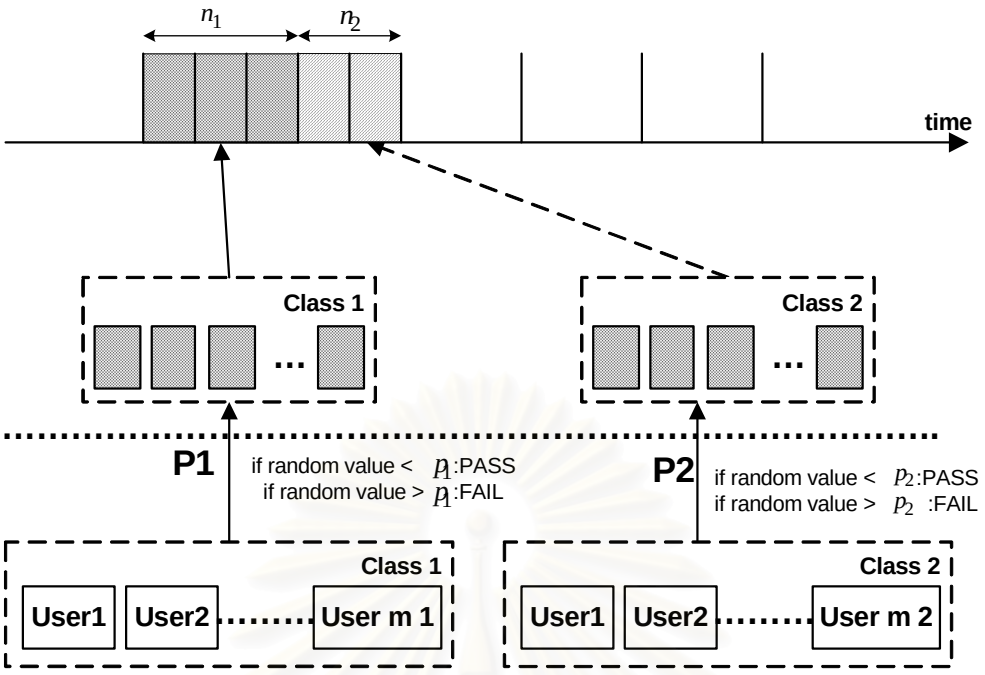


รูปที่ 2 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA

3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+DS+MLA* (*Uniform + Divided Slot + Multiple Limited Access*)

เทคนิคการจองช่องสัญญาณนี้จะมีการแบ่งส่วนของช่องสัญญาณจองร่วมกับการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แตกต่างกันให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาส รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+DS+MLA* ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน n_1 และ n_2 ช่อง และกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

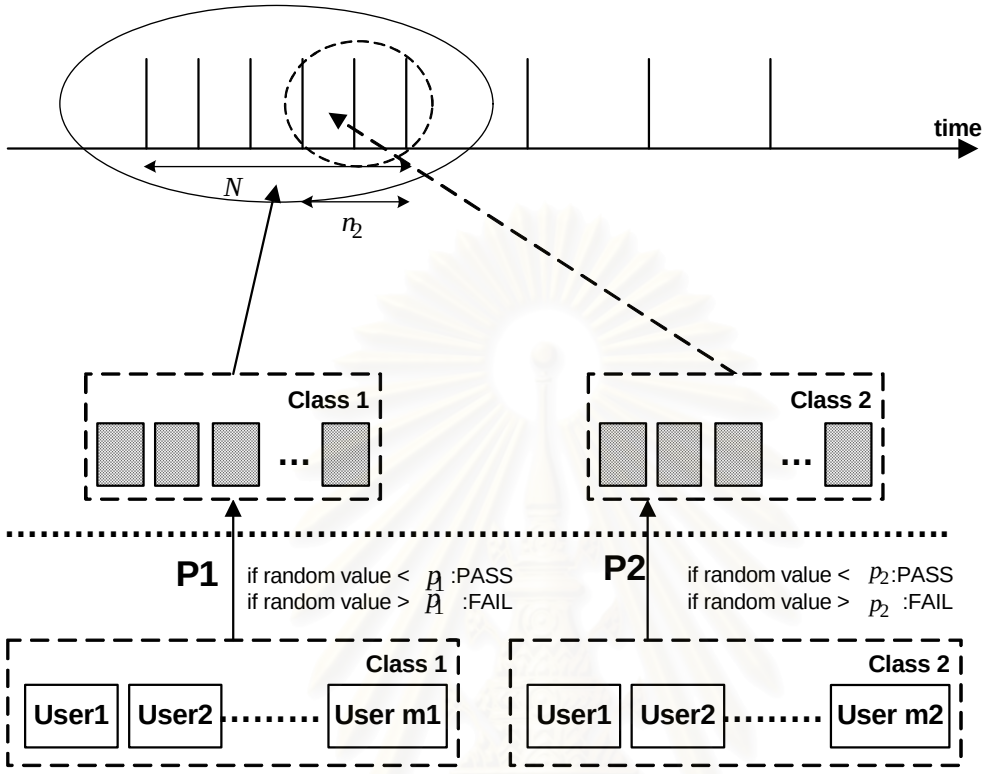


รูปที่ 3 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA

4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *Partial UNI+MLA* (*Partial Uniform + Multiple Limited Access*)

เทคนิคนี้จะเป็นการปรับปรุงจากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+MLA* ในด้านของการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถเข้าจองได้ โดยค่าพารามิเตอร์ที่สามารถกำหนดได้ในวิธีนี้จะเหมือนกับในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+DS+MLA* แต่จะแตกต่างกันในแง่ของวิธีการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจอง กล่าวคือในเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *UNI+DS+MLA* นั้น จะทำการแบ่งจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสอย่างชัดเจน ในขณะที่เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *Partial UNI+MLA* นั้น จะทำการจำกัดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการแต่ละคลาสจะสามารถเข้าจองได้ อย่างไรก็ดีช่องสัญญาณจองดังกล่าวนั้นจะยังคงถูกใช้ร่วมกับผู้ใช้บริการคลาสอื่นๆ ด้วย โดยผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณต่ำที่สุดจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ในจำนวนต่ำที่สุดและผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณสูงกว่าจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ในจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และผู้ใช้บริการคลาสที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ทั้งหมด รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ *Partial UNI+MLA* ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน m_1 และ m_2 ราย ช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้เท่ากับ N และ n_2 ช่อง

กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 เท่ากับ p_1 และ p_2



รูปที่ 4 ตัวอย่างการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA

งานวิจัยนี้ ได้พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการตามคุณภาพการบริการที่ต้องการ ในกรณีที่ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 2 คลาส พารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดและบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพการบริการระหว่างผู้ใช้บริการสองคลาสในงานวิจัยดังกล่าวได้แก่ค่า γ_s ซึ่งนิยามเป็นอัตราส่วนความน่าเป็นของการจองช่องสัญญาณสำเร็จระหว่างผู้ใช้บริการระหว่างผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2

ค่า γ_s สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\gamma_s = (S_1 / M_1)/(S_2 / M_2) \qquad (7)$$

โดย

S_1 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

S_2 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 โดยเฉลี่ยที่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ

M_1 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 1 ทั้งหมดที่เข้าจองช่องสัญญาณ

M_2 คือจำนวนผู้ใช้บริการคลาสที่ 2 ทั้งหมดที่เข้าจองช่องสัญญาณ

6.1.3 สมรรถนะของการจองช่องสัญญาณที่เสนอ

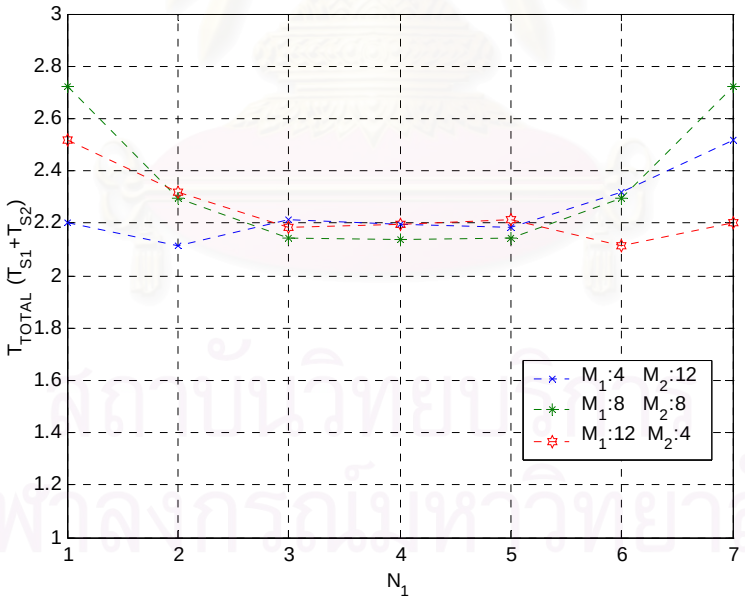
1) ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่าวิสัยสามารถของระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่า เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีจำนวนเท่ากับ 1 ช่อง ค่าวิสัยสามารถของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 รายจะมีค่าต่ำสุดและค่าวิสัยสามารถของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายจะสูงสุด เพราะค่าวิสัยสามารถของระบบทั้งหมดนั้นมาจากค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 เพียงประเภทเดียว เนื่องจากค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบจะมีค่าเป็นศูนย์เพราะผู้ใช้บริการเกิดการชนกันทั้งหมด ในทางตรงกันข้ามเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เป็น 7 ช่อง ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นค่าวิสัยสามารถของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายจะยังคงสูงสุดแต่ค่าวิสัยสามารถของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 รายจะกลับมีค่าต่ำสุด

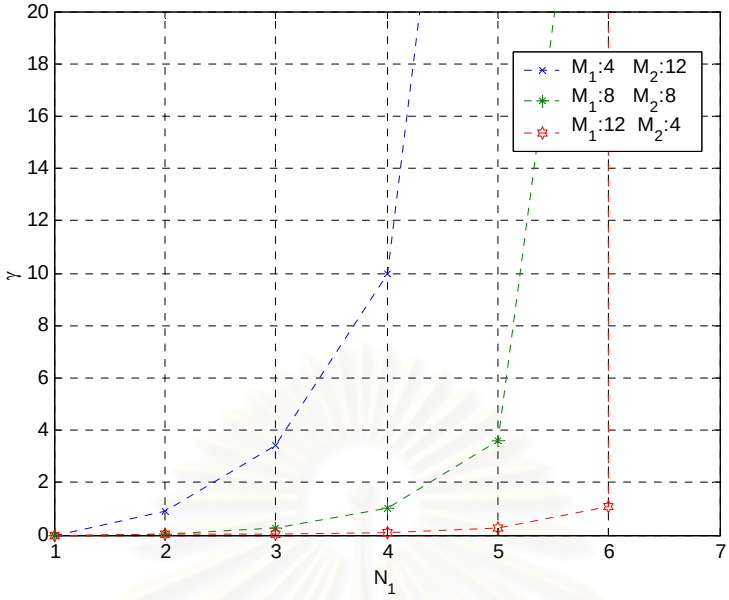
เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จะพบว่าเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เพิ่มสูงขึ้น ค่าวิสัยสามารถของระบบจะเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการที่จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบมีจำนวนน้อย และจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบมีจำนวนมาก ดังนั้นการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ทำให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 เพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่ลดต่ำลง ส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถของระบบเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งผลที่ได้จะตรงข้ามกับกรณีที่ระบบประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการแบ่งกลุ่มของจำนวนช่องสัญญาณจองอย่างเหมาะสมให้กับผู้ใช้บริการแต่ละกลุ่มในกรณีนี้จะเหมือนกับเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ทางหนึ่ง เนื่องจากจะสามารถจำกัดการชนของผู้ใช้บริการให้เกิดขึ้นในช่องสัญญาณจองเพียงบางช่องได้ ทำให้ผู้ใช้บริการที่เหลืออยู่มีโอกาสในการจองช่องสัญญาณสำเร็จ และทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง ในรูปที่ 6 พบว่าค่า γ จะสัมพันธ์กับจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 โดยเมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าเท่ากับ 1 ช่อง ค่า γ ของทุกระบบจะมีค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 คงที่ค่าหนึ่ง พบว่าค่า γ ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่าจะมีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ดีจะสังเกตได้ว่าค่า γ จะไม่เป็นจำนวนเต็มตามที่ต้องการ นอกจากนี้เมื่อจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 มีจำนวนเพิ่มขึ้น ค่า γ จะเพิ่มสูงขึ้น โดยค่า γ ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่าจะเพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่า อย่างไรก็ดีค่า γ ที่เพิ่มขึ้นนั้นจะเป็นลำดับขั้นอย่างไม่ต่อเนื่อง เพราะการเพิ่มของจำนวนช่องสัญญาณจองกระทำได้เป็นขั้น ๆ และการเพิ่มหรือลดจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการแต่ละคลาสส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสเปลี่ยนแปลงไปโดยที่ไม่สามารถกำหนดได้ สำหรับกรณีที่พิจารณาระบบที่ค่า γ ที่ต้องการค่าเดียวกัน พบว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนมากกว่าจะต้องการช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนมากกว่า



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่าวิสัยสามารถของระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



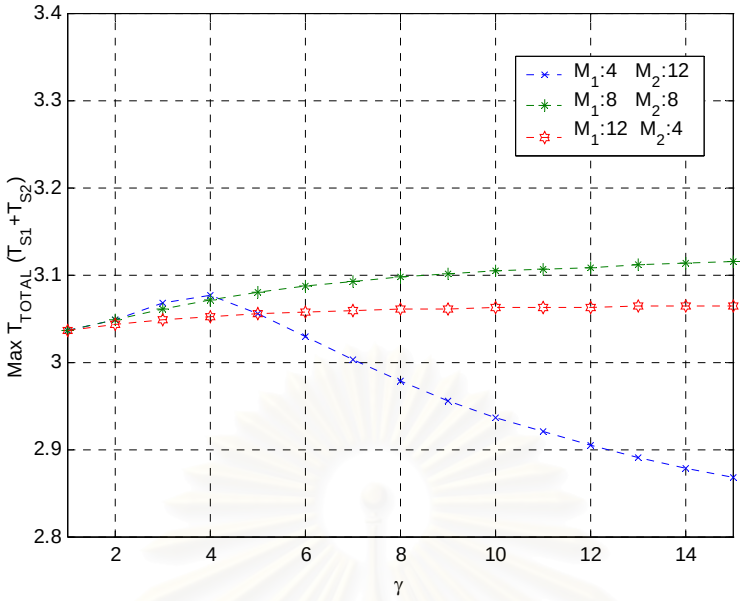
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่า γ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

2) ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA

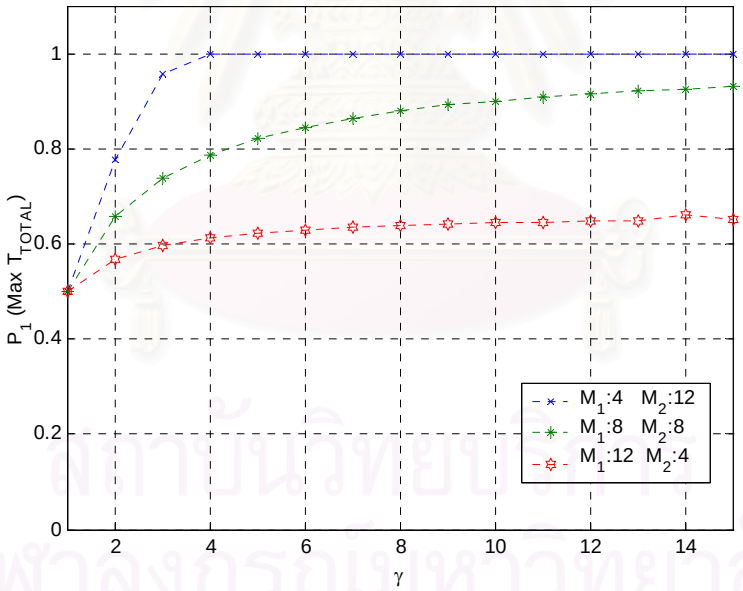
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากรูปพบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 คือไม่มีความแตกต่างระหว่างผู้ใช้บริการทั้ง 2 กลุ่ม ทุกระบบจะมีการทำงานเช่นเดียวกับเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA ที่มีจำนวนผู้ใช้บริการ 16 ราย ดังนั้นค่าวิสัยสามารถสูงสุดของทุกระบบจึงมีค่าเท่ากัน หลังจากนั้นเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้น จะพบว่าค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรก หลังจากนั้นเมื่อเพิ่มค่า γ ที่ต้องการจนถึงค่าหนึ่ง จะทำให้ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบลดลง สำหรับสาเหตุที่ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบในช่วงแรกเพิ่มสูงขึ้นนี้เป็นผลมาจากการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ส่งผลให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 มีโอกาสในการจองช่องสัญญาณเพิ่มขึ้น และทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบเพิ่มสูงขึ้นตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้นได้ แต่เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มจนถึงค่าหนึ่ง ค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบจะลดลงนั้นเป็นผลมาจากการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 2 ที่จะเข้าจองช่องสัญญาณ เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการในขณะนี้ ทำให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 ลดลงอย่างมาก ในขณะที่ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 เพิ่มขึ้นได้เพียงเล็กน้อย ดังนั้นค่าวิสัยสามารถของระบบจึงลดต่ำลง โดยจะสังเกตได้ว่าการลดลงของค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบนั้นจะแตกต่างกันขึ้นกับอัตราส่วนจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 และผู้ใช้บริการคลาส 2 ในระบบ โดยพบว่าค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่า

จะลดลงก่อน ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับกลุ่มที่มีจำนวนผู้ใช้บริการต่ำกว่าจะเป็นการจำกัดการเข้าใช้ช่องสัญญาณของกลุ่มที่มีจำนวนผู้ใช้บริการสูงกว่า

จากเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA จะพบว่าเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดจะมีค่าเป็น 1 แต่หากจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนสูงกว่าจำนวนช่องสัญญาณจอง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดจะมีค่าต่ำกว่า 1 ดังนั้นเมื่อพิจารณารูปที่ 8 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จะพบว่าที่ค่า γ เท่ากับ1 ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบจะมีค่าเท่ากันและเท่ากับ 0.5 ซึ่งเป็นค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน 16 ราย และช่องสัญญาณจองจำนวน 8 ช่อง มีค่าสูงสุด สำหรับระบบที่ค่า $\gamma > 1$ จะสังเกตได้ว่าที่ค่า γ ที่ต้องการค่าเดียวกัน ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่าจะมีค่าสูงกว่า และเมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้น จะพบว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบจะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มค่า γ คือการเพิ่มลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการคลาส 1 สามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพิ่มขึ้น โดยการเพิ่มขึ้นของค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 นั้นจะแตกต่างกันขึ้นกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบและค่า γ ที่ต้องการ เช่น ในช่วงแรกค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย จะยังมีค่าไม่เท่ากับ 1 ถึงแม้ระบบจะมีจำนวนช่องสัญญาณจองเพียงพอที่จะรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ทั้งนี้เนื่องจากลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ยังมีค่าไม่สูงพอ แต่เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มสูงขึ้นถึงค่าหนึ่ง ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเท่ากับ 1 ได้ สำหรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 รายและระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จะยังคงต่ำกว่า 1 เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองมีไม่เพียงพอรองรับกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

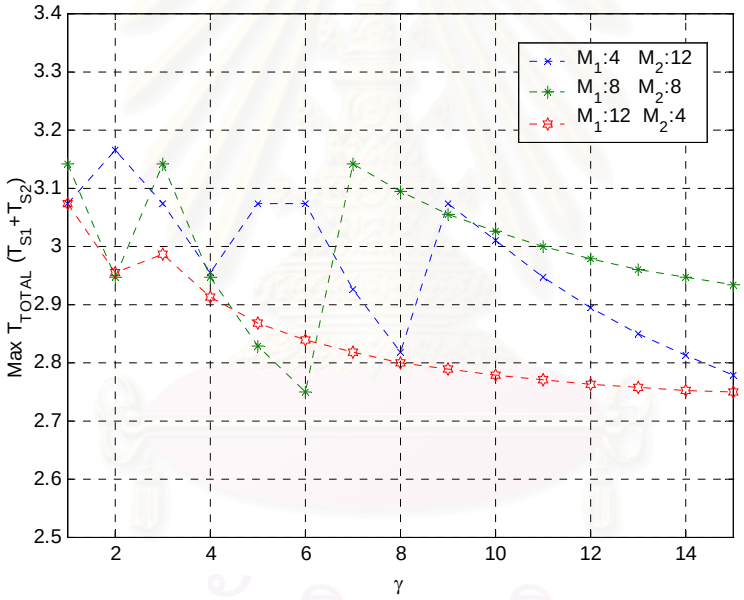
3) ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบ เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่อง จากผลที่ได้พบว่าที่ค่า γ เท่ากับ 1 ค่าวิสัย

สามารถสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 รายจะมีค่าเท่ากันเนื่องจากความสมมาตรของระบบ แต่จะมีค่าต่ำกว่าค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย เพราะเมื่อเปรียบเทียบกันอย่างยุติธรรม ระหว่างระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการ 2 กลุ่มซึ่งมีจำนวนผู้ใช้บริการในกลุ่มไม่เท่ากัน ค่าวิสัยสามารถต่อผู้ใช้บริการของกลุ่มที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวนน้อยกว่าจะมีค่าสูงกว่า ซึ่งจะส่งผลให้ต้องไปจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองช่องสัญญาณของกลุ่มที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวนน้อยกว่าเพื่อทำให้ค่าวิสัยสามารถต่อผู้ใช้บริการของทั้ง 2 กลุ่มมีค่าเท่ากัน จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มค่า γ จะพบว่าโดยรวมนั้นค่าวิสัยสามารถสูงสุดของทุกระบบจะลดต่ำลง โดยเมื่อพิจารณาที่ค่า γ ที่ต้องการค่าหนึ่ง พบว่าค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย มักจะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากจำนวนช่องสัญญาณจองไม่เพียงพอที่จะรองรับผู้ใช้บริการคลาส 1 ส่งผลให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 มีค่าต่ำและทำให้ต้องไปจำกัดค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 เพื่อทำให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ นอกจากนี้จะสังเกตได้ว่าค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบที่ค่า γ ที่ต้องการบางค่าจะกลับเพิ่มขึ้น โดยจะเห็นว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนสูงกว่าจะมีการกระโดดของค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบจำนวนน้อยครั้งกว่า ซึ่งการกระโดดของค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบนี้มักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ดังจะเห็นได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุดดังแสดงในรูปที่ 10

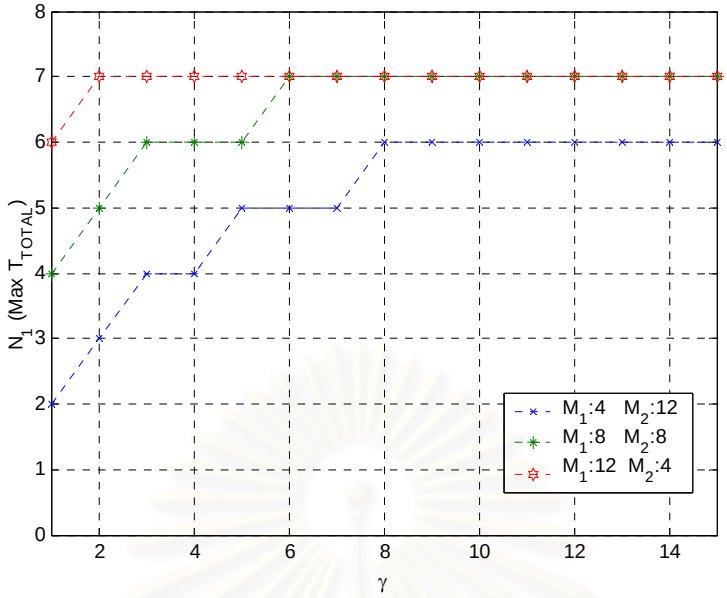
เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าสูงสุด เมื่อกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองเท่ากับ 8 ช่องดังแสดงในรูปที่ 10 พบว่าที่ค่า γ ที่ต้องการค่าเดียวกัน ระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนสูงกว่าจะต้องการช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนมากกว่า นอกจากนี้เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้น จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มค่า γ ซึ่งรับประกันว่าค่าวิสัยสามารถต่อผู้ใช้บริการของผู้ใช้บริการคลาส 1 จะมีค่าเป็น γ เท่าของค่าวิสัยสามารถต่อผู้ใช้บริการของผู้ใช้บริการคลาส 2 โดยการทำให้ได้ค่า γ ที่ต้องการนั้นจะสามารถทำได้ทางหนึ่งโดยการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจองให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 เพื่อเพิ่มโอกาสในการจองช่องสัญญาณสำเร็จโดยจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะค่อย ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงจะขึ้นกับจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ในระบบ

และค่า γ ที่ต้องการ โดยจะพบว่าระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวนต่ำกว่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 บ่อยกว่า อย่างไรก็ดี เมื่อค่า γ ที่ต้องการเพิ่มขึ้นถึงค่าหนึ่ง จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดที่จะกำหนดได้ ดังจะเห็นได้ว่าในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 12 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 4 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดคือเท่ากับ 7 ช่องที่ค่า γ ตั้งแต่ 2 ขึ้นไป แต่ในระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 จะเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดที่ค่า γ เท่ากับ 6 ซึ่งถ้าทำการเพิ่มค่าของ γ มากกว่าที่ทำการทดสอบ จำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ในทุกระบบที่ทำการทดสอบจะมีค่าสูงสุดเท่าที่จะกำหนดได้



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบ เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

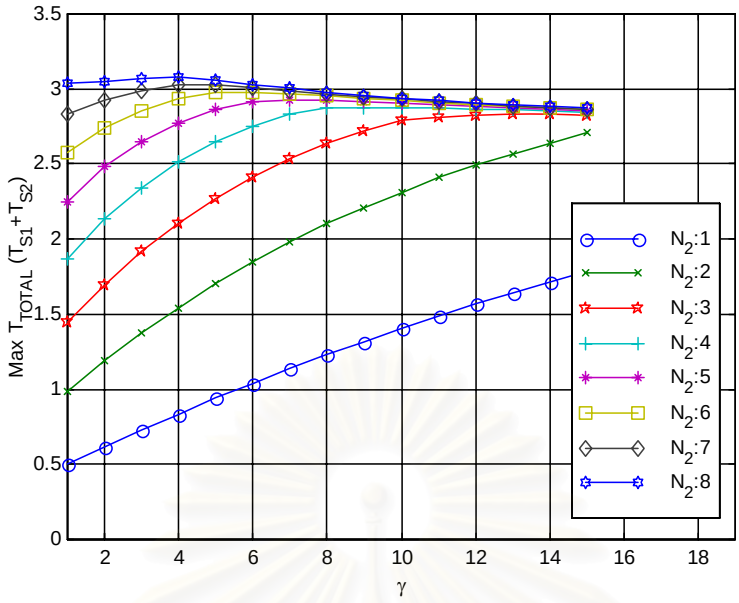
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



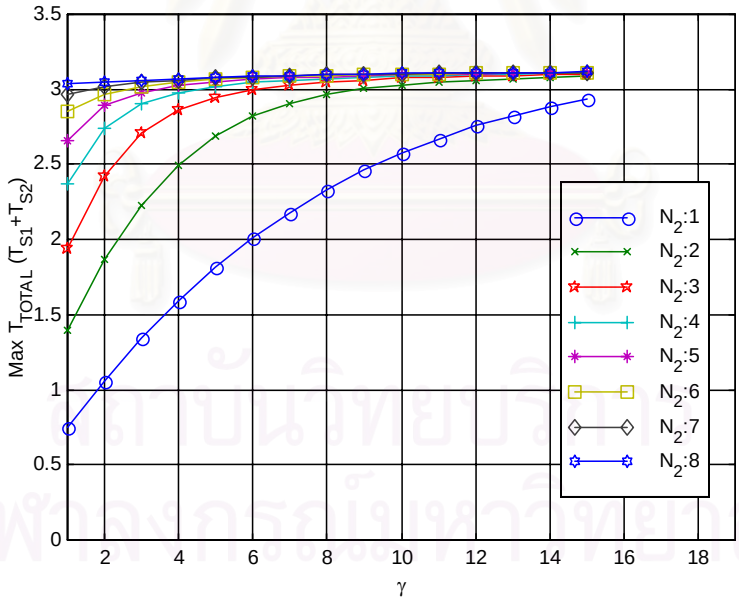
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่กำหนดให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ที่ทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบสูงสุด เมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง

4) ผลของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูปที่ 11 ถึงรูปที่ 12 พบว่าระบบที่กำหนดจำนวนช่องสัญญาณจอง N_2 สูงกว่าจะทำให้ค่าวิสัยสามารถของระบบมีค่าสูงกว่า ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเงื่อนไขของค่า γ ที่กำหนดทำให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 และค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้มีจำนวนน้อย อาจทำให้ค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 2 มีค่าต่ำ และส่งผลกลับมายังการจำกัดค่าวิสัยสามารถของผู้ใช้บริการคลาส 1 เพื่อให้ได้ค่า γ ที่ต้องการ อย่างไรก็ดีผลดังกล่าวนี้จะค่อย ๆ ลดลงตามค่า γ ที่เพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้ในกรณีที่ค่า γ สูง ๆ นั้นการกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้จำนวนมากหรือน้อยจะให้ผลที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะการเพิ่มค่า γ นั้นจะทำให้ผลการจำกัดค่าวิสัยสามารถระหว่างผู้ใช้บริการ 2 คลาสลดลง



รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA เมื่อกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 4 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 12 ราย และช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้ไว้คงที่แตกต่างกัน



รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า γ ที่ต้องการและค่าวิสัยสามารถสูงสุดของระบบเมื่อใช้เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA เมื่อกำหนดจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 จำนวน 8 ราย ผู้ใช้บริการคลาส 2 จำนวน 8 ราย และช่องสัญญาณจอง 8 ช่อง และกำหนดจำนวนช่องสัญญาณจองที่ผู้ใช้บริการคลาส 2 จะสามารถเข้าจองได้ไว้คงที่แตกต่างกัน

7. ผลผลิตและหรือความสัมฤทธิ์ผลของงานที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

7.1) ระบบการเข้าจองช่องสัญญาณในระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูงที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการได้

7.2) เข้าใจและทราบถึงวิธีการจำลองการจองช่องสัญญาณ

7.3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์และรวมถึงความรู้และความเข้าใจในการจำลองการทำงานของระบบที่เสนอ

7.4) หนังสือชื่อ “วิธีการแปลงลาปลาซเบื้องต้น” สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2550

7.5) บทความในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ J. Chusing, L. Wuttisittikulkij and S. Segkhoontod, “Achieving Rate Two Space-Time-Frequency Codes for Multiband UWB-MIMO Communication Systems Using Rotated Multidimensional Modulation” *CNSR 2007*, New Brunswick, Canada, May 2007, pp.294-301.

7.6) บทความในที่ประชุมวิชาการ S. Nakpeerayuth, W. Srichavengsup and L. Wuttisittikulkij, “ Performance study of CFP contention resolution algorithm for wireless communication system, ” *ECTI 2007*, Chiang Rai, May. 2007, in press.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. รายการอ้างอิง

[1] A. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, 3rd ed. New Jersey : Prentice Hall, Inc., 1996.

[2] D. Bertsekas and R. Gallager*, Data Network,* 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

[3] T. Nguyen and T. Suda, "Survey and Evaluation of Multiple Access Protocols in Multimedia Satellite Networks," *IEEE Proceedings of Southeastcon*, 1990, pp.408-413.

[4] H. Peyravi, "Medium Access Control Protocols Performance in Satellite Communications," *IEEE Communication Magazine,* Vol. 37, No. 3, March 1999, pp.62-71.

[5] Brand, A.; and Aghvami, A. Multidimensional PRMA with prioritized Bayesian broadcast-a MAC strategy for multiservice traffic over UMTS. *IEEE Transaction on Selected Area*s Issue.4 (November 1998): 1148-1161.

[6] Frigon, J.F.; and Leung, V.C.M. A Pseudo-Bayesian Aloha Algorithm with Mixed Priorities for Wireless ATM. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications* Vol. 1 (1998): 45-49.

[7] Salles, R.M.; and de Lira Gondim, P.R. Performance of priority-based multiple access with dynamic permission (PBMA DP) for multimedia wireless networks. *IEEE Proceedings of ICC* Vol. 1 (1998): 161-165.

[8] Raychaudhuri, D. Wireless ATM Networks: Technology Status and Future Directions. *Proceedings of the IEEE*. Vol.87, No. 10 (October 1999): 1790-1806.

[9] Anastasi, G.; and Lenzini, L. HIPERLAN/1 MAC Protocol: Stability and Performance Analysis. *IEEE Journal on Selected Area in Communications* Vol. 18, No. 9 (September 2000): 1787-1798.

[10]Bolcskei, H.; Pauiraj, A.J.; Hari, K.V.S.; and Nabar, R.U. Fixed Broadband Wireless Access: State of the Art, Challenges, and Future Directions. *IEEE Communications Magazine* Vol. 39, Issue. 1 (January 2001): 100-108.

[11] W. Srichavengsup, N. Sivamok, A. Suriya and L. Wuttisittikulkij, "A Design and Performance Evaluation of a Class of Channel Reservation Techniques for Medium Access Control Protocols in High Bit-Rate Wireless Communications", IEICE Trans. Fund., vol. E88-A, July. 2005.