บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน

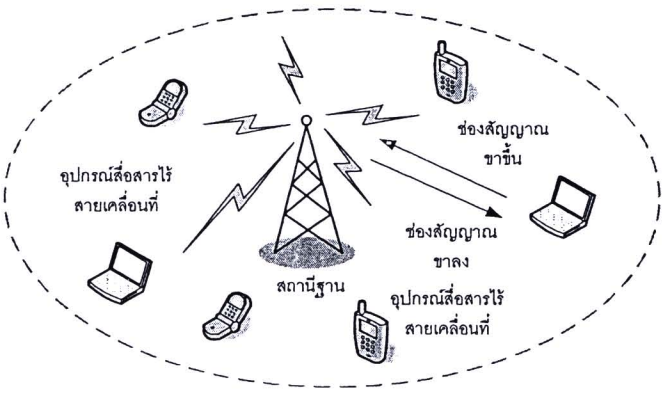
บทนี้จะนำเสนอความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยจะกล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง คุณภาพของการให้บริการ พารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง กลไกการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน เทคนิคการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ถูกนำเสนอในอดีต และสุดท้ายจะกล่าวถึงเทคนิคที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง หรือ Medium Access Control Protocol (MAC Protocol) มีหน้าที่ควบคุมและจัดสรรการเข้าถึงช่องสัญญาณเพื่อใช้ส่งข้อมูลที่มีการร้องขอจากผู้ใช้บริการหลายราย โดยทำงานอยู่ในชั้น MAC ซึ่งเป็นชั้นย่อยที่อยู่ด้านล่าง (ด้านบนเป็น Logical Link Control: LLC) ในส่วนของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data link layer) ตามมาตรฐานการจัดระบบการเชื่อมต่อสื่อสารระหว่างระบบเปิด (Open Systems Interconnection: OSI) ระบบนี้จะแบ่งการทำงานของเครือข่ายออกเป็น 7 ชั้น ซึ่งเป็นต้นแบบในการสร้างเครือข่ายเพื่อจัดแบ่งการทำงานพื้นฐานของเครือข่ายออกเป็นงานย่อยทำให้การออกแบบและใช้งานเครือข่าย รวมทั้งการติดต่อเชื่อมโยงเป็นไปด้วยความสะดวกโดยมีวิธีการปฏิบัติเป็นแบบเดียวกัน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาเครือข่ายไร้สายแบบควบคุมจากศูนย์กลางหรือระบบรวมศูนย์ (centralize system) เนื่องจากเครือข่ายในลักษณะนี้ สถานีฐานสามารถทำการควบคุมการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้บริการได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งไม่เกิดปัญหาด้านการซิงโครไนซ์ของช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลงเพื่อให้สามารถใช้งานได้ในเวลาเดียวกันด้วยโมดการทำงานแบบ Frequency Division Duplex (FDD) ดังนั้นการติดต่อสื่อสารระหว่างสถานีฐานกับสถานีผู้ใช้บริการจึงมีความสะดวกรวดเร็ว สำหรับพื้นที่ให้บริการหนึ่งๆ จะประกอบด้วยสถานีฐาน 1 สถานี (base station) สถานีผู้ใช้บริการเคลื่อนที่อีกจำนวนหนึ่ง (mobile stations) และช่องสัญญาณสื่อสาร (channel) ดังรูปที่ 2.1 โดยสถานีฐานจะติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณซึ่งถูกแบ่งออกเป็นช่องสัญญาณขาขึ้น (downlink channel) และช่องสัญญาณขาลง (uplink channel) สถานีฐานจะใช้ช่องสัญญาณขาลงเพื่อควบคุมและจัดสรรช่องสัญญาณโดยทำการ

กระจายข้อมูลข่าวสาร (broadcast control traffic) ไปยังผู้ใช้บริการทั้งหมดในพื้นที่ ในขณะที่ผู้ใช้บริการจะส่งข่าวสารของตนไปยังสถานีฐานผ่านทางช่องสัญญาณขาขึ้น [4,5]



รูปที่ 2.1 ระบบสื่อสารไร้สายในพื้นที่ให้บริการหนึ่ง

ประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายที่มีการนำเสนอมานั้นสามารถจำแนกออกตามลักษณะการเข้าใช้ช่องสัญญาณได้ 3 ประเภทหลักๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1 โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

โพรโทคอลที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-free) ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณโดยที่สถานีฐานจัดสรรมาให้ล่วงหน้าแน่นอนแล้วโดยไม่ต้องทำการแข่งขันอีก (fixed assignment method) [4,5] โพรโทคอลประเภทนี้ได้แก่ โพรโทคอล Frequency Division Multiple Access (FDMA) โพรโทคอล Time Division Multiple Access (TDMA) และโพรโทคอล Code Division Multiple Access (CDMA) ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือระบบจะมีเสถียรภาพในการรับส่งข้อมูลสูงเพราะจะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเกตข้อมูล เนื่องจากผู้ใช้บริการแต่ละรายจะมีช่องสัญญาณสื่อสารเป็นของตนเอง แต่มีข้อเสียคือหากมีผู้ใช้บริการรายใดไม่ได้ใช้งานช่องสัญญาณเพื่อส่งข้อมูล จะทำให้สูญเสียแบนด์วิดท์ในส่วนนั้นไปโดยไม่เกิดประโยชน์ เนื่องจากผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ ไม่สามารถเข้าไปใช้งานได้

2.1.2 โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

โพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-based) ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะเข้าใช้ช่องสัญญาณด้วยวิธีการสุ่ม (random access method) ผู้ใช้บริการรายใดที่มีข้อมูลที่ต้องการส่งจะต้องทำการแข่งขันกับผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ ตัวอย่างของโพรโทคอลที่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ เช่น ALOHA [4,5] Slotted-ALOHA [4,5] และ Carrier Sense

Multiple Access (CSMA) [2,6] เป็นต้น ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือ สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมากและการเข้ามาของผู้ใช้บริการมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามโพรโทคอลประเภทนี้ก็มีข้อเสียคือ ในสภาวะที่มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเกินไประบบจะขาดเสถียรภาพในการทำงานเนื่องจากเกิดการชนกันของแพ็กเกตข้อมูลมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากธรรมชาติของการสุ่มที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ จึงทำให้สมรรถนะของระบบลดลงอย่างมาก นอกจากนั้นแล้วยังไม่สามารถคาดเดาเวลาประวิงเนื่องจากการส่งแพ็กเกตข้อมูลได้ เนื่องจากโพรโทคอล ALOHA และ slotted-ALOHA ไม่ได้ใช้ประโยชน์จากการป้อนกลับของข้อมูลซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพของโพรโทคอลมีค่าต่ำ ดังนั้นเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของโพรโทคอลให้สูงขึ้นจึงกำหนดให้มีการตรวจสอบสถานะของช่องสัญญาณในขณะนั้นก่อนทำการส่งข้อมูลออกไปซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงการชน และเรียกโพรโทคอลชนิดนี้ว่า CSMA โดยถูกนำเสนอเป็น 3 กลไกที่แตกต่างกันคือ 1-persistent Non-persistent และ p-persistent

2.1.3 โพรโทคอลประเภทที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ

โพรโทคอลที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณ (Contention-free and Contention-based) ซึ่งเป็นการนำเอาข้อดีของโพรโทคอลจากทั้งสองกลุ่มมาทำงานร่วมกัน โดยผู้ใช้บริการแต่ละรายที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องทำการแข่งขันเพื่อเข้าจองช่องสัญญาณก่อน หากผู้ใช้บริการรายใดสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ สถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้กับผู้ใช้รายนั้นโดยไม่ต้องมีการแข่งขันซึ่งจะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเกตในระหว่างที่ทำการส่งข้อมูล อีกทั้งช่วงการจองมักมีขนาดเล็กกว่าช่วงของการส่งข้อมูลจึงส่งผลให้สมรรถนะของระบบเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้โพรโทคอลประเภทนี้ได้รับความสนใจอย่างมากโดยมีการนำไปออกแบบและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากในขั้นตอนของการจองช่องสัญญาณใช้วิธีการสุ่มจึงยังคงต้องเผชิญกับปัญหาการชนเช่นเดิม ตัวอย่างของโพรโทคอลประเภทนี้ได้แก่ slotted ALOHA-Reservation [7,8] PRMA [9,10] D-TDMA [11,12] DRMA [13] และโพรโทคอลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง [14]–[20]

2.2 คุณภาพของการให้บริการ

คุณภาพของการให้บริการหรือ Quality of Service (QoS) [21–23] เป็นการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในระดับการประยุกต์ใช้งานโดยที่การทำงานของเทคโนโลยี QoS นั้น จะเป็นการจัดแบ่งประเภทของข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่ และมีการจัดลำดับความสำคัญของข้อมูลในแต่ละหมวดหมู่นั้นๆ ซึ่งจะทำให้ผู้ให้บริการสามารถที่จะควบคุมแบนด์วิดท์ในระบบเครือข่ายให้ใช้ประโยชน์ได้สูงสุดตามรูปแบบที่ต้องการ

การออกแบบเครือข่ายสื่อสารในยุคแรกนั้นจะเน้นในการให้บริการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นหลักโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพและคุณภาพของการให้บริการ แต่อาจจะเหมาะกับการให้บริการบางประเภทที่ไม่ต้องการความรวดเร็วในการติดต่อสื่อสารซึ่งอาจจะใช้เวลาในการส่งล่าช้าไปบ้างไม่เป็นไร เช่นการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิคส์ (E-mail) แต่ในปัจจุบันการให้บริการบางประเภทที่เน้นในเรื่องคุณภาพในการติดต่อสื่อสารสำหรับการส่งข้อมูลเสียง (voice) ข้อมูลวิดีโอ (video) เช่น การใช้งานระบบ VoIP (Voice over IP) การใช้งานวิดีโอคอนเฟอเรนซ์ เกมส์ออนไลน์ และ IP-TV เป็นต้น ซึ่งการให้บริการต่าง ๆ เหล่านี้ต้องเน้นที่คุณภาพของบริการเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์และผู้ใช้บริการเกิดความพึงพอใจ ดังนั้นในการให้บริการระบบงานดังกล่าวจึงมีการจัดการคุณภาพในการให้บริการหรือที่เรียกว่า QoS เข้ามาช่วยเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพของการรับส่งข้อมูลและการยอมรับในเรื่องคุณภาพของการให้บริการต่าง ๆ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ยากแก่การกำหนดว่ามาตรฐานคุณภาพในเครือข่ายสื่อสารเป็นอย่างไร โดยในเชิงเทคนิคของ QoS สามารถนิยามได้ด้วยพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

1. การมีให้ใช้งานได้ (Availability) ในทางอุดมคติต้องได้ 100 เปอร์เซ็นต์ของเวลาการใช้งาน หรือเวลาที่เครือข่ายขัดข้องมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในความเป็นจริงแล้วไม่มีเครือข่ายใดที่สามารถให้บริการได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ระยะเวลาที่เกิดการขัดข้องควรมีค่าน้อยมากๆ
2. วิสัยสามารถ (Throughput) ในประเด็นนี้จะหมายถึงการรับส่งข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทางได้ด้วยอัตราเท่าใดในหน่วยบิตต่อวินาที ค่าวิสัยสามารถนี้อาจเป็นค่าที่ผู้ให้บริการรับประกันว่าจะต้องใช้งานได้ไม่ต่ำกว่าอัตราการส่งสัญญาณที่แจ้งไว้กับผู้ใช้บริการ เช่นเมื่อใช้สายวงจรเช่าขนาด 512 kbps แต่มีการรับประกันว่าจะใช้ได้ไม่ต่ำกว่า 256 kbps ค่า 256 นี้จึงเป็นค่าวิสัยสามารถ
3. การสูญหายของแพ็กเกต (Packet loss) เมื่อพิจารณาที่สวิตช์หรือเราเตอร์ที่ต้องรองรับแพ็กเกตไว้เป็นจำนวนมากโดยไม่สามารถให้บริการได้ทันทีจึงมีความจำเป็นต้องนำแพ็กเกตบางส่วนทิ้งไป แพ็กเกตที่สูญหายไปโดยไม่สามารถนำส่งไปยังผู้รับได้เรียกว่า "ค่าการสูญหายของแพ็กเกต" เมื่อแพ็กเกตใดหายไปก็จะต้องส่งแพ็กเกตนั้นใหม่จึงทำให้ปริมาณของแพ็กเกตที่จะต้องทำการส่งเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยปริมาณที่เพิ่มขึ้นนี้ส่งผลให้โอกาสที่แพ็กเกตข้อมูลจะสูญหายมีมากขึ้นตามไปด้วย
4. เวลาลาเทนซี่ (Latency) หมายถึงค่าเวลาที่เกิดจากการเดินทางของแพ็กเกตข้อมูลจากต้นทางไปยังปลายทาง เช่นทำการส่งข้อมูลทางอินเทอร์เนตจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งที่อยู่ห่างออกไป 200 กิโลเมตร ต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 65 มิลลิวินาที ค่า 65 มิลลิวินาทีที่วัดได้เป็นค่าเวลาลาเทนซี่ ซึ่งค่าเวลาลาเทนซี่จะขึ้นกับวิธีการและเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้งาน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 23 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247006
เลขเรียกหนังสือ

ในเครือข่าย รวมถึงการสูญเสียเวลาจากการหน่วงในอุปกรณ์เราเตอร์และสวิตชิ่งด้วย เช่น การส่งสัญญาณผ่านดาวเทียมจะต้องเสียเวลาเพิ่มขึ้นเพราะดาวเทียมอยู่ห่างไกล

5. เวลาจิตเตอร์ (Jitter) หมายถึงค่าการปรวนแปรของค่าเวลาลาเทนซี่ เมื่อแพ็กเกตข้อมูลถูกส่งจากต้นทางไปยังปลายทางหลาย ๆ แพ็กเกตต่อเนื่องกัน ปรากฏว่าการไปถึงปลายทางใช้ระยะเวลาต่างกันทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ข้อมูลบางส่วนที่ถูกส่งไปก่อนแต่อาจถึงทีหลังหรือมีเวลาเหลื่อมกันทำให้ภาครับต้องทำการตรวจสอบลำดับของแพ็กเกตให้ถูกต้องด้วย

2.3 พารามิเตอร์ที่ใช้วัดสมรรถนะโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

พารามิเตอร์ที่นิยมใช้วัดสมรรถนะโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในระบบสื่อสารไร้สายเพื่อใช้เปรียบเทียบสมรรถนะ [1] ได้แก่

1. วิสัยสามารถ (Throughput) คือ ค่าของจำนวนข้อมูลที่ทำการส่งสำเร็จเทียบกับจำนวนข้อมูลที่ทำการส่งทั้งหมด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้องการให้ได้ค่าวิสัยสามารถสูงที่สุด
2. การประวิงเวลาการเข้าถึงช่องสัญญาณเฉลี่ย (Mean delay) คือเวลาเฉลี่ยที่ใช้ไปตั้งแต่เริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการจองจนกระทั่งประสบความสำเร็จในการจอง นอกจากนั้นแล้วค่าเวลาประวิงการเข้าถึงช่องสัญญาณยังเป็นผลมาจากลักษณะการเข้ามาของทราฟฟิก ดังนั้นในการทดสอบต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ของทราฟฟิกที่เข้ามาให้เป็นค่าเดียวกัน โดยทั่วไปแล้วจะให้ผลตรงข้ามกับค่าวิสัยสามารถคือต้องการให้มีค่าการประวิงเวลาเข้าถึงช่องสัญญาณเฉลี่ยต่ำ ๆ
3. ความยุติธรรมของการให้บริการ (Fairness) เป็นพารามิเตอร์ที่บ่งบอกถึงความเท่าเทียมหรือความเสมอภาคในกระบวนการจองสำหรับผู้ใช้บริการทุก ๆ ราย
4. ความมีเสถียรภาพ (Stability) ระบบที่ดีต้องสามารถรักษาเสถียรภาพได้ในทุก ๆ สภาวะที่ปริมาณทราฟฟิกมีการเปลี่ยนแปลง โดยยังให้ประสิทธิภาพในระดับที่สามารถยอมรับได้
5. ความทนทาน (Robustness) ต่อการจางหายของช่องสัญญาณซึ่งพารามิเตอร์ตัวนี้จะมีผลนำไปสู่การขาดเสถียรภาพของระบบ
6. การใช้พลังงาน (Power consumption) โพรโทคอลที่ดีควรมีการใช้พลังงานอย่างประหยัดและคุ้มค่าที่สุดเพื่อให้สามารถใช้อุปกรณ์สื่อสารได้นานขึ้น เนื่องจากในปัจจุบันอุปกรณ์สื่อสารไร้สายเคลื่อนที่มักถูกออกแบบมาให้มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้ ใช้พลังงานในการทำงานต่ำ ซึ่งรวมไปถึงประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงานด้วย

ในการออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลหนึ่ง ๆ จะไม่สามารถได้ค่าสมรรถนะเหล่านี้สูงทั้งหมด เนื่องจากเป็นลักษณะของการชดเชยข้อดีข้อเสีย (Tradeoff) ที่สามารถเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ กล่าวคือเมื่อได้สมรรถนะบางอย่างสูงอาจทำให้สมรรถนะอีกอย่างลดลง เช่นหากต้องการให้

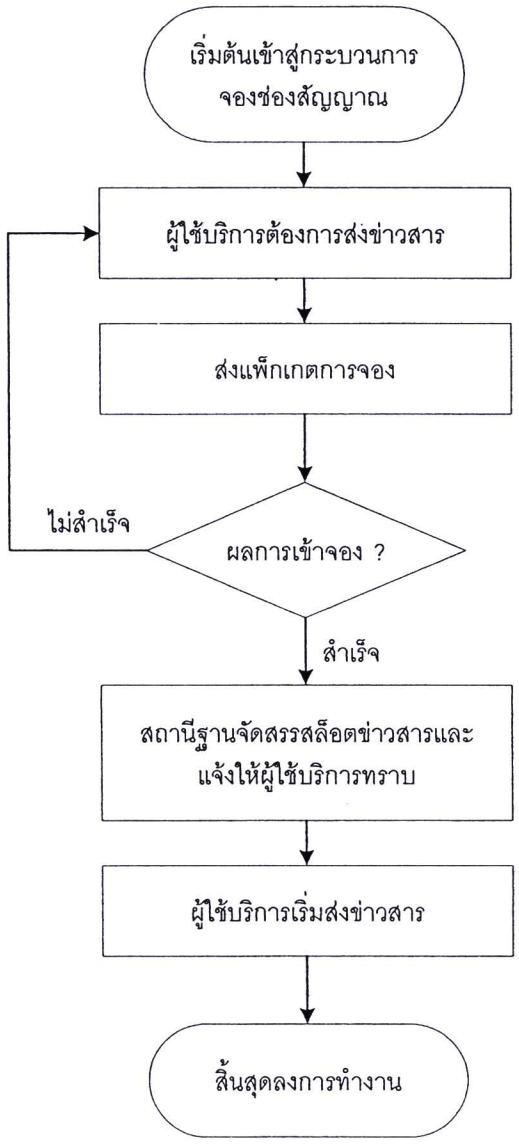
ระบบสามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมาก จะทำให้ระบบขาดเสถียรภาพซึ่งส่งผลให้สมรรถนะของระบบลดต่ำลง ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบและพัฒนาโพรโทคอลต้องทราบและหาจุดเด่นของโพรโทคอลที่ตนต้องการนำเสนอโดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันออกไป

2.4 กลไกการจองช่องสัญญาณของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขัน

จากหัวข้อที่ 2.1 ทำให้ทราบว่าโพรโทคอลประเภทที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันในการเข้าใช้ช่องสัญญาณมีข้อดีหลายประการ ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสนใจที่จะพัฒนาโพรโทคอลประเภทนี้โดยมุ่งเน้นเฉพาะในส่วนที่มีการแข่งขันเพื่อทำการจองช่องสัญญาณเท่านั้น โดยทั่วไปแล้วโพรโทคอลที่มีขั้นตอนการจองช่องสัญญาณก่อนการส่งข่าวสารมักจะพิจารณาลักษณะการจัดโครงสร้างของช่องสัญญาณที่ถูกแบ่งออกเป็นสล็อตย่อย ๆ เพื่อให้สามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้โดยมีพื้นฐานมาจากโพรโทคอล slotted ALOHA ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขนาดของสล็อตที่ใช้สำหรับทำการจองช่องสัญญาณจะมีขนาดเล็กกว่าสล็อตที่ใช้สำหรับส่งข่าวสารเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ เนื่องจากหากมีการชนกันของแพ็กเกตการจองขึ้นจะสูญเสียเฉพาะในส่วนการจองที่มีขนาดเล็กเท่านั้น

สำหรับกลไกการเข้าจองช่องสัญญาณประเภทที่มีทั้งการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันที่ใช้มีกลไกการจองพื้นฐานมาจากโพรโทคอล slotted ALOHA สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.2 ดังนี้ เริ่มต้นจากเมื่อผู้ใช้บริการมีข่าวสารที่ต้องการส่ง ผู้ใช้บริการจะต้องรอจนกระทั่งถึงช่วงการจองหรือสล็อตที่สามารถเข้าจองได้ (available) จึงจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการจองช่องสัญญาณ โดยสถานีฐานจะทำหน้าที่ตรวจสอบผลการจองที่มีผู้ใช้บริการร้องขอมาแต่หากไม่มีผู้ใช้บริการรายใดเลยเข้าจองสล็อตการจองนั้นจะอยู่ในสถานะว่างเปล่า (idle) ผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจอง (success) ได้ก็ต่อเมื่อมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวเข้าทำการจอง แต่หากสล็อตใดมีผู้ใช้ บริการตั้งแต่สองรายขึ้นไปทำการจองพร้อม ๆ กันจะเกิดการชนกัน (collision) ของแพ็กเกตการจองทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการรายใดเลยประสบความสำเร็จในการจอง ในกรณีที่ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจองสถานีฐานจะตรวจสอบตำแหน่งของสล็อตที่ว่างอยู่เพื่อจัดสรรให้กับผู้ใช้บริการรายนั้นใช้ส่งข่าวสารแล้วแจ้งตำแหน่งของสล็อตดังกล่าวให้ผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ ได้ทราบด้วย หลังจากนั้นผู้ใช้บริการจะรอเวลาจนกระทั่งถึงตำแหน่งของสล็อตที่ได้รับการจัดสรรจึงเริ่มทำการส่งแพ็กเกตข่าวสาร (information packet) หากผู้ใช้บริการส่งข่าวสารไม่หมดภายเฟรมเดียวผู้ใช้บริการอาจได้สิทธิ์ในการส่งข่าวสารต่อไปอีกในสล็อตตำแหน่งเดิมของเฟรมถัดไปจนกว่าจะส่งข่าวสารหมดซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณในลักษณะเช่นนี้มักเกิดกับการส่งทราฟฟิกเสียงซึ่งมีแพ็กเกตจำนวนมากและต้องการความต่อเนื่องในการส่งสัญญาณ แต่ในทางตรงกันข้ามหากเป็นทราฟฟิกข้อมูลมักจะ

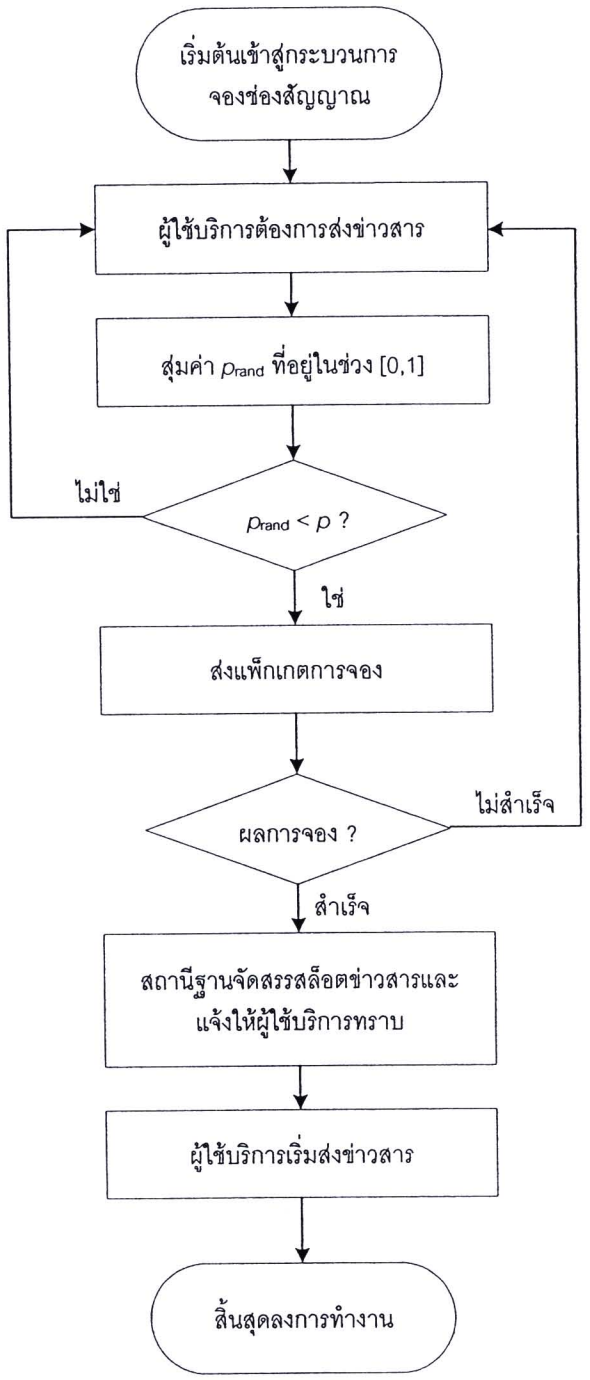
อนุญาตให้ส่งได้เพียงครั้งเดียวแล้วต้องทำการจองใหม่เพื่อส่งข่าวสารอีกครั้ง สำหรับผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะต้องเริ่มเข้าจองใหม่ซึ่งอาจจะสามารถเข้าจองได้ในสล็อตการจองถัดไป หรืออาจต้องเข้าจองในเฟรมถัดไป โดยขึ้นอยู่กับเครือข่ายที่กำลังพิจารณาและการทำงานของโพรโทคอลที่นำมาใช้งาน



รูปที่ 2.2 กลไกการเข้าจองช่องสัญญาณประเภทที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันที่มีพื้นฐานการจองแบบ slotted-ALOHA

อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาวะแวดล้อมของเครือข่ายจริงในปัจจุบัน ผู้ใช้บริการมีความต้องการใช้งานช่องสัญญาณจำนวนมากเพื่อส่งข่าวสารซึ่งหากปล่อยให้ผู้ใช้บริการเหล่านี้ทำการจองช่องสัญญาณพร้อม ๆ กัน จะเกิดการชนกันของแพ็กเกตการจองส่งผลให้สมรรถนะของระบบลดต่ำลงอย่างมาก เพื่อลดปัญหาการชนจึงได้มีการเสนอเทคนิคที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง (transmission probability) หรือค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจอง (permission probability) เพื่อเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการที่มีจำนวนมากที่ต้องการเข้าใช้ช่องสัญญาณในเวลาใกล้เคียงกัน โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองนี้) p (และจะแจ้งค่าความน่าจะเป็นนี้ไปยังผู้ใช้บริการทุกรายที่อยู่ภายในพื้นที่ของตนเองได้รับทราบ สำหรับขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารจะต้องสุ่มตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (p_{rand}) หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่า p ผู้ใช้บริการจะได้รับอนุญาตให้สามารถส่งแพ็กเกตการจองในช่องสัญญาณจองนั้นได้ แต่หากตัวเลขที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่า p, ผู้ใช้บริการจะไม่รับการอนุญาตให้ส่งแพ็กเกตการจองและจะต้องรอจนกระทั่งถึงช่องสัญญาณจองถัดไปจึงจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการจองได้อีกครั้ง (ดังแสดงในรูป 2.3) โดยหลังจากที่สามารถส่งแพ็กเกตการจองในช่องสัญญาณจองนั้นได้จะต้องพิจารณาต่อไปอีกว่าสามารถทำการจองได้สำเร็จหรือไม่ ในสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองไว้สูงจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนกันของแพ็กเกตการจองมีค่าสูงส่งผลให้ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการจอง และในทางกลับกันสำหรับสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนน้อยถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองไว้ต่ำจะทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่มีสิทธิ์เข้าจองน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นการกำหนดค่าความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองจึงถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญในการจองช่องสัญญาณเนื่องจากค่าความน่าจะเป็นมีผลโดยตรงต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ

นอกจากนั้นแล้วเมื่อเราพิจารณาลึกลงในรายละเอียดของโครงสร้างเฟรมโดยเฉพาะในส่วนการจองช่องสัญญาณจะพบว่ามีความแตกต่างกันซึ่งส่งผลให้กลไกการเข้าจองช่องสัญญาณมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งแยกโพรโทคอลประเภทที่มีการจองช่องสัญญาณก่อนทำการส่งแพ็กเกตข้อมูลอย่างกว้างๆ ออกได้เป็น 2 ประเภทคือ โพรโทคอลที่ไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะและโพรโทคอลที่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะซึ่งจะได้อธิบายโครงสร้างการทำงานของโพรโทคอลแต่ละประเภทในลำดับถัดไป



รูปที่ 2.3 กลไกการเข้าจองช่องสัญญาณของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบสุ่ม

2.4.1 โพรโทคอลประเภทที่ไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะ

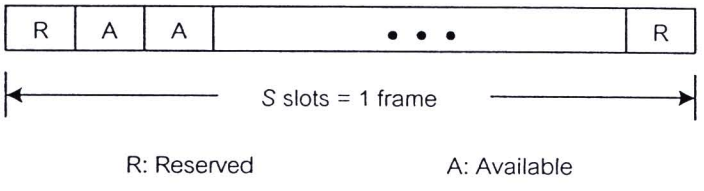
โพรโทคอลการจองประเภทที่ไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะ ซึ่งแต่ละสล็อตในเฟรม ๆ หนึ่งสามารถใช้เพื่อทำการจองหรือไม่ก็ใช้ส่งข่าวสารได้ นอกจากนั้นแล้วแต่ละสล็อตยังมีขนาดเท่ากันหมด ตัวอย่างโพรโทคอลประเภทนี้ที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดี เช่นโพรโทคอล PRMA และโพรโทคอล DRMA เป็นต้น ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับได้ทั้งทราฟิกเสียงและทราฟฟิกข้อมูล

1. โพรโทคอล PRMA

Goodman [9] ได้นำเสนอโพรโทคอลการจองช่องสัญญาณที่เรียกว่า PRMA (Packet Reservation Multiple Access) ซึ่งเป็นโพรโทคอลการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบสุ่ม โพรโทคอลการจองนี้ถูกนำไปใช้กับผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งแพ็กเกตประเภทเสียงในระบบเซลลูลาร์ (cellular system) โพรโทคอลนี้มีความเหมาะสมกับการส่งข้อมูลประเภทเสียงเนื่องจากเสียงพูดในระหว่างการสนทนาจะสร้างข้อความที่มีหลายแพ็กเกต นอกจากนี้ยังถูกนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับระบบไมโครเซลลูลาร์ภายในอาคาร การประยุกต์ใช้งานโดยเฉพาะนี้บอกเป็นนัยว่าการส่งสัญญาณเสียงมีการประวิงเวลาที่สั้นมากจึงไม่นำมาพิจารณา สถานีเสียงจะเริ่มเข้าสู่ขั้นตอนการแข่งขันทันทีที่แพ็กเกตแรกถูกสร้างขึ้น ดังนั้นจำนวนแพ็กเกตในแต่ละประโยคของการสนทนาจะมีการเปลี่ยนแปลงและไม่ทราบจุดเริ่มต้นของเสียงพูดเนื่องจากแพ็กเกตเสียงต้องการเวลาประวิงต่ำ ดังนั้นแต่ละสถานีจะสามารถเก็บแพ็กเกตไว้ในคิวได้จำนวนจำกัดซึ่งเมื่อใดก็ตามที่แพ็กเกตถูกเก็บไว้ในคิวจนเต็ม แพ็กเกตที่มาถึงในลำดับแรกจะถูกยกเลิก (packet loss) ดังนั้นการประวิงเวลาของแพ็กเกตเสียงพูดสูงสุดจึงมีค่าจำกัด และหากมีแพ็กเกตเสียงเข้ามาจำนวนมาก ๆ ในเวลาใกล้เคียงกันจะส่งผลให้จำนวนการยกเลิกแพ็กเกตสูง คุณภาพของเสียงพูดจะค่อย ๆ ลดลงตามจำนวนการยกเลิกแพ็กเกตที่สูงขึ้น

สำหรับการจัดสรรช่องสัญญาณของโพรโทคอล PRMA จะถูกแบ่งออกเป็นสล็อตย่อย ๆ จำนวนหลายๆ สล็อตรวมเข้ากันเป็นเฟรมซึ่งในแต่ละเฟรมจะมีจำนวนสล็อตย่อย ๆ เท่ากัน สามารถรองรับได้ทั้งทราฟฟิกเสียงและข้อมูล [9,10] ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยอัตราเฟรมมีค่าเท่ากันกับอัตราการเข้ามาของแพ็กเกตเสียงพูด ช่วงเวลาของแต่ละสล็อตคือเวลาที่ใช้ในการส่งแพ็กเกต สถานีฐานจะแยกสถานะของแต่ละสล็อตได้เป็น “reserved” หมายถึงสล็อตที่กำลังถูกผู้ใช้บริการรายหนึ่งใช้งานอยู่โดยผู้ใช้บริการรายอื่น ๆ ไม่สามารถเข้าใช้งานได้ และสถานะของสล็อตเป็น “available” หมายถึงสล็อตที่ผู้ใช้บริการสามารถเข้าใช้งานได้ การเข้าจองช่องสัญญาณจะเริ่มต้นจากเมื่อสถานีผู้ใช้บริการมีแพ็กเกตข้อมูลพร้อมที่จะส่งจะทำการตรวจสอบสถานะของสล็อตการจองก่อน หากพบว่าสถานะของสล็อตไม่ว่างจะพิจารณาสถานะของสล็อตถัดไป

จนกระทั่งพบว่าสล็อตมีสถานะว่างแล้วจึงส่งแพ็กเกตเพื่อทำการจองช่องสัญญาณ หากมีผู้ใช้บริการตั้งแต่ 2 รายขึ้นไปทำการส่งแพ็กเกตการจองพร้อมกันจะเกิดการชนขึ้นซึ่งทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการรายใดทำการจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ แต่ในทางปฏิบัติจะวัดจากระดับความแรงของสัญญาณที่แตกต่างกัน โดยที่ระดับสัญญาณจากผู้ใช้บริการรายใดสูงที่สุดจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณจากสถานีฐานเพื่อเข้าใช้ช่องสัญญาณซึ่งทำให้ไม่เกิดช่องสัญญาณว่างขึ้น จึงถือเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบได้ ผลการจองนี้จะสามารถทราบได้ทันทีหลังสิ้นสุดเวลาในแต่ละสล็อต ดังนั้นผู้ใช้ที่ทำการจองไม่สำเร็จจะสามารถเข้าจองใหม่ในสล็อตที่ว่างถัดไปได้ทันที หลังจากที่จองช่องสัญญาณได้สำเร็จสถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการรายนั้นๆ ทำการส่งแพ็กเกตโดยไม่ต้องมีการแข่งขันอีกจนกระทั่งส่งเสร็จสิ้นซึ่งอาจใช้เวลามากกว่าหนึ่งไทม์สล็อต จากนั้นสถานะของสล็อตนี้จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นสล็อตที่สามารถใช้งานได้ซึ่งสังเกตได้ว่าสถานะของสล็อตในแต่ละตำแหน่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับการใช้งานในขณะนั้น ๆ



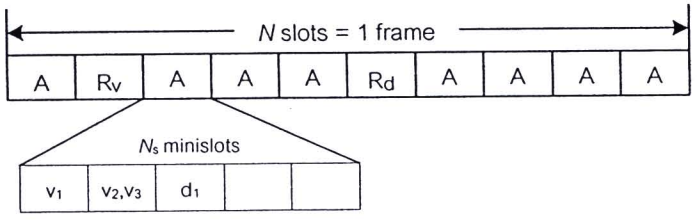
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณของโพรโทคอล PRMA

2. โพรโทคอล DRMA

X. Qiu และ V.O.K Li [13] ได้นำเสนอโพรโทคอลการจองช่องสัญญาณที่เรียกว่า DRMA (Dynamic Reservation Multiple Access) เป็นโพรโทคอลที่ถูกพัฒนามาจากโพรโทคอล PRMA ดังนั้นโครงสร้างของเฟรมและกลไกการเข้าจองช่องสัญญาณของโพรโทคอล DRMA จะคล้ายกันกับโพรโทคอล PRMA แต่ต่างกันตรงที่โครงสร้างของเฟรมจะมีการกำหนดสล็อตสำหรับทำการจองซึ่งถูกเรียกว่า minislot ที่มีจำนวน N_s สล็อตโดยถูกใช้สำหรับทำการจองแทนที่จะใช้หนึ่งสล็อตเช่นเดียวกับโพรโทคอล PRMA จากรูปที่ 2.5 เป็นตัวอย่างของการเข้าจองช่องสัญญาณโดยใช้โพรโทคอล DRMA ซึ่งกำหนดให้จำนวนสล็อตทั้งหมดในหนึ่งเฟรม $N = 10$ และมีจำนวนสล็อตการจอง $N_s = 5$ สถานีผู้ใช้บริการประกอบด้วยสถานีประเภทเสียง 3 สถานีคือ v_1 v_2 และ v_3 และสถานีประเภทข้อมูล 1 สถานีคือ d_1 กำลังเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกันในสล็อตลำดับที่ 3 โดยสถานีเสียง v_1 v_2 v_3 และสถานีข้อมูล d_1 ส่งแพ็กเกตการจองในสล็อตย่อย โดยสถานี v_1 และ d_1 สามารถทำการจองได้สำเร็จ ยกเว้นสถานี v_2 และ v_3 ที่ทำการจองไม่สำเร็จ เนื่องจากสถานีทั้งสอง

ส่งแพ็กเกตการจองในสล็อตย่อยเดียวกันจึงเกิดการชนขึ้น จากนั้นสถานีฐานจะจัดสรรสล็อตที่ 4 ให้กับ v_1 และสล็อตที่ 5 ให้กับ d_1 สำหรับใช้ในการส่งข่าวสาร สถานะของสล็อตจะเปลี่ยนจาก A (available) เป็น R_{v1} (reserved) โดยสถานีเสียงจะใช้สล็อตในตำแหน่งนี้เพื่อส่งแพ็กเกตต่อเนื่องไปจนกระทั่งข่าวสารถูกส่งจนหมด แล้วสถานะของสล็อตจะเปลี่ยนจาก R_{v1} เป็น A ในทำนองเดียวกันหากเป็นสถานีข้อมูลจะสามารถใช้สล็อตนี้ (R_{d1}) เพื่อส่งแพ็กเกตได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น แล้วสถานะของสล็อตจะเปลี่ยนจาก R_{d1} เป็น A ในขณะที่สล็อตที่ 6 กำลังถูกใช้ส่งข้อมูลอยู่จึงไม่ถูกพิจารณา (R_d) จากนั้นจะตรวจสอบสถานะของช่องสัญญาณในลำดับถัดไปแล้วพบว่าสล็อตที่ 7 สามารถเข้าจองได้ ดังนั้นสถานี v_2 และ v_3 จะทำการจองในสล็อตย่อยใหม่อีกครั้ง

จากตัวอย่างนี้ทำให้ทราบว่าจำนวนสล็อตการจองที่สามารถเข้าใช้งานได้และสถานะของสล็อตการจองจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างพลวัตตามอัตราการเข้ามาใช้งานช่องสัญญาณ ลักษณะเด่นของการมีสล็อตการจองย่อย ๆ ของโพรโทคอล DRMA ทำให้โอกาสของความสำเร็จในการจองสูงกว่าโพรโทคอล PRMA ซึ่งค่านี้ส่งผลให้สมรรถนะของระบบสูงขึ้น จึงอาจกล่าวได้ว่าโพรโทคอล PRMA เป็นกรณีพิเศษของโพรโทคอล DRMA อย่างไรก็ตามสำหรับโพรโทคอล DRMA เมื่อสถานีข้อมูลหนึ่งต้องการส่งข่าวสารที่มีหลายแพ็กเกตจะต้องทำการจองหลายครั้งเพื่อส่งข้อมูลทั้งหมด แต่เนื่องจากระบบอนุญาตให้ส่งได้ครั้งเดียวแล้วต้องทำการจองใหม่อีกครั้ง ดังนั้นเวลาการประวิงของข้อมูลจะเพิ่มขึ้นอย่างมากจนยอมไม่รับได้



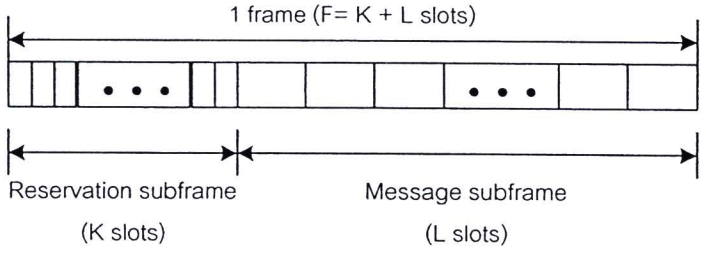
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการจัดสรรช่องสัญญาณของโพรโทคอล DRMA

2.4.2 โพรโทคอลประเภทที่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะ

โพรโทคอลการจองประเภทที่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับทำการจองโดยเฉพาะ ซึ่งการจัดสรรช่องสัญญาณในแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนแยกออกจากกันและมีหน้าที่เฉพาะอย่างชัดเจนคือ ส่วนแรกสำหรับใช้ทำการจองและส่วนที่สองให้สำหรับส่งข่าวสาร โดยทั่วไปแล้วสล็อตการจองจะมีขนาดเล็กกว่าสล็อตที่ใช้สำหรับส่งข้อมูล ตัวอย่างโพรโทคอลประเภทนี้ที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดี เช่น โพรโทคอล ALOHA Reservation และโพรโทคอล D-TDMA เป็นต้น ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับได้ทั้งทราฟิกเสียงและทราฟฟิกข้อมูล

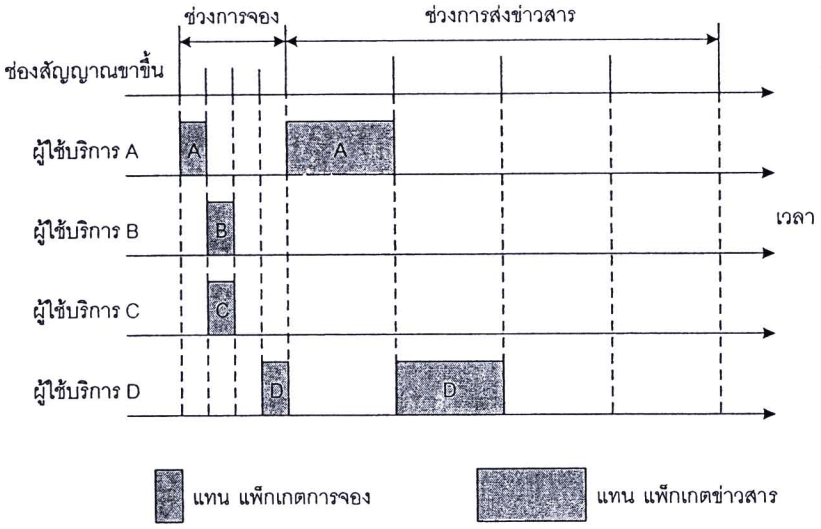
1. โพรโทคอล ALOHA Reservation

Tasaka S. และ Ishibashi Y. [7] ได้นำเสนอโพรโทคอลการจองช่องสัญญาณที่เรียกว่า ALOHA Reservation ถูกนำไปใช้ในการสื่อสารผ่านดาวเทียม (satellite communications) การจัดสรรช่องสัญญาณของโพรโทคอลนี้จะแบ่งออกเป็นเฟรมๆ โดยที่แต่ละเฟรมมีจำนวน F สล็อต และในแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือเฟรมย่อยสำหรับการจอง (reservation subframe) ซึ่งภายในถูกแบ่งเป็นช่องสัญญาณขนาดเล็ก ๆ จำนวน K สล็อตและอีกเฟรมย่อยหนึ่งถูกใช้สำหรับการส่งข่าวสาร (message subframe) ซึ่งภายในถูกแบ่งเป็นสล็อต ๆ จำนวน L สล็อต โดยสล็อตการส่งข่าวสารจะมีขนาดใหญ่กว่าสล็อตสำหรับการจอง ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จำนวนสล็อตของแต่ละส่วนจะมีจำนวนคงที่ เมื่อผู้ใช้บริการมีข่าวสารที่ต้องการส่งจะทำการสุ่มเลือกสล็อตการจองโดยใช้ความน่าจะเป็น q_v สำหรับทราฟฟิกเสียง และใช้ความน่าจะเป็น q_d สำหรับทราฟฟิกข้อมูลจากนั้นจะรอจนกระทั่งสิ้นสุดช่วงของเฟรมการจอง สถานีฐานจะทำหน้าที่จัดสรรช่องสัญญาณ์สำหรับส่งข่าวสารให้กับผู้ใช้บริการที่สามารถทำการจองได้สำเร็จ หากมีผู้ใช้บริการตั้งแต่สองรายขึ้นไปทำการจองในสล็อตเดียวกันจะเกิดการชนขึ้นซึ่งจะไม่มีผู้ใช้บริการรายใดเลยประสบความสำเร็จในการจองและผู้ใช้บริการจะเริ่มเข้าสู่กระบวนการจองได้อีกครั้งในเฟรมถัดไป



รูปที่ 2.6 โครงสร้างเฟรมของ ALOHA Reservation

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างการทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation จะเห็นว่าที่ช่องสัญญาณจองที่ 1 มีผู้ใช้บริการ A เข้าจองในช่องสัญญาณจองเพียงคนเดียวจึงประสบความสำเร็จในการจองสำหรับช่องสัญญาณจองที่ 2 มีผู้ใช้บริการ B และ C เข้าจอง ดังนั้นจึงเกิดการชนกันทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการรายใดประสบความสำเร็จในการจอง ส่วนช่องสัญญาณจองที่ 3 ไม่มีผู้ใช้บริการรายใดเข้าจองในขณะที่ช่องสัญญาณจองที่ 4 มีผู้ใช้บริการ D เข้าจองเพียงรายเดียว ดังนั้นจากตัวอย่างนี้ในช่วงการจองจะมีผู้ใช้บริการเพียง 2 รายที่ประสบความสำเร็จ เมื่อสถานีฐานทำการจัดสรรช่องสัญญาณข่าวสารให้กับผู้ใช้บริการรายที่ประสบความสำเร็จในการจองแล้วผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จจึงเริ่มส่งข่าวสารซึ่งจะเห็นว่าผู้ใช้บริการ A ส่งข่าวสารในช่องสัญญาณที่ 1 และผู้ใช้บริการ D ส่งข่าวสารในช่องสัญญาณที่ 2



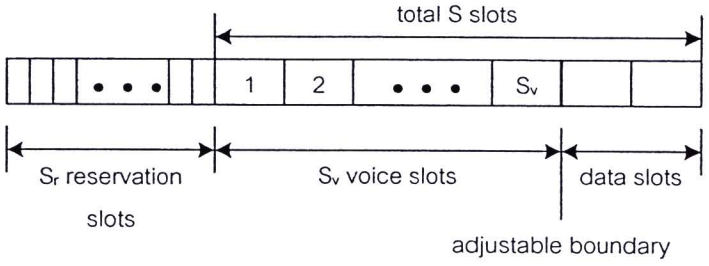
รูปที่ 2.7 การทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation

2. โพรโทคอล D-TDMA

โพรโทคอล Dynamic Time Division Multiple Access (D-TDMA) ถูกกล่าวถึงเป็นครั้งแรกในการสื่อสารผ่านดาวเทียม (satellite communications) [11] และยังเป็นโพรโทคอลหนึ่งที่ถูกนำใช้ในระบบสื่อสารส่วนบุคคลหรือ Personal Communication System (PCS) โดยสามารถรองรับได้ทั้งทราฟฟิกเสียงและทราฟฟิกข้อมูล โครงสร้างของเฟรมของโพรโทคอล D-TDMA ถูกแสดงในรูปที่ 2.8 ช่องสัญญาณจะถูกแบ่งออกเป็นเฟรม ๆ ซึ่งแต่ละเฟรมจะถูกแบ่งออกเป็นสล็อต ๆ ในทางเวลาโดยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ ส่วนการจองมีจำนวน S_r สล็อตซึ่งแต่ละสล็อตจะมีขนาดเล็กกว่าสล็อตของการส่งข่าวสาร และส่วนการส่งข่าวสารมีทั้งหมด S สล็อต ซึ่งถูกแยกออกเป็นส่วนการส่งข่าวสารของทราฟฟิกเสียงมีจำนวน S_v สล็อต และจำนวนสล็อตที่เหลือเป็นส่วนการส่งข่าวสารของทราฟฟิกข้อมูล โดยที่จำนวนสล็อตของทั้งสองส่วนนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างพลวัต (Dynamic) ซึ่งต่างจาก ALOHA Reservation ที่จำนวนสล็อตของในส่วนของการจองและจำนวนสล็อตของในส่วนของการส่งข่าวสารถูกกำหนดตายตัวมาแล้ว อย่างไรก็ตาม กลไกในการเข้าจองช่องสัญญาณของโพรโทคอล D-TDMA จะเหมือนกันกับโพรโทคอล ALOHA Reservation

เมื่อพิจารณาถึงการที่กำหนดให้สล็อตสำหรับใช้จองช่องสัญญาณมีขนาดเล็กสำหรับการเข้าถึงช่องของโพรโทคอล D-TDMA นั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้งานแบนด์วิดท์ในการจัดสรรทรัพยากรสูงกว่าของโพรโทคอล PRMA อย่างชัดเจนเนื่องหากเกิดการชนขึ้นจะสูญเฉพาะสล็อตที่ใช้ในการซึ่งมีขนาดเล็กกว่าสล็อตที่ใช้ส่งข่าวสารหลายเท่า อย่างไรก็ตามปัญหาหนึ่งที่เกิดขึ้นสำหรับโพรโทคอลชนิดนี้คือแบนด์วิดท์ส่วนหนึ่งจถูกกำหนดมาแน่นอนสำหรับใช้ทำการจอง

ดังนั้นหากในช่วงเวลาหนึ่งที่มีปริมาณทราฟฟิกเบาบางจะเกิดสล็อตว่างมากขึ้นจึงเป็นการใช้แบนด์วิดท์อย่างไม่คุ้มค่า ยิ่งไปกว่านั้นสัดส่วนของแบนด์วิดท์ระหว่างส่วนการจองและส่วนการส่งข่าวสารจะต้องมีการเปลี่ยนอย่างอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ทำได้ยากในเวลาจริง



รูปที่ 2.8 โครงสร้างเฟรมของ D-TDMA

2.5 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการที่ถูกนำเสนอในอดีต

ในอดีตมีนักวิจัยได้นำเสนอการกำหนดลำดับชั้นความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการออกเป็นสองระดับคือผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูง (High priority) และผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญต่ำ (Low priority) โดยกำหนดให้การเข้ามาของผู้ใช้บริการมีการกระจายแบบปัวซอง (Poisson distribution) จากการศึกษาพบว่ามีนักวิจัยกลุ่มหนึ่งได้นำเสนอให้ผู้ใช้บริการทั้งที่มีความสำคัญสูงและมีความสำคัญต่ำร่วมทำการแข่งขันเพื่อเข้าจองช่องสัญญาณ [24]–[27] โดยการกำหนดให้ผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงจะได้รับเวลาหน่วงในการเข้าจองช่องสัญญาณน้อยกว่าผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญต่ำส่งผลให้ผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงจะมีโอกาสในการจองช่องสัญญาณสำเร็จมากกว่าผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญต่ำซึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้กำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการคือความน่าจะเป็นในการอนุญาตการส่งแพ็กเกตการจองช่องสัญญาณ

นอกจากนั้นแล้วยังมีนักวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งได้นำเสนอให้ผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญสูงทำการจองจนกระทั่งผู้ใช้บริการทำการจองสำเร็จทุกคนก่อน จากนั้นผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญต่ำถึงจะสามารถทำการจองได้ [28]–[30] โดยวิธีที่มักนิยมใช้ในการแก้ปัญหาสำหรับผู้ใช้ที่มีความสำคัญสูงคือ Tree algorithm [54,55] ซึ่งเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาการชนสูงโดยไม่ต้องทราบจำนวนผู้ใช้บริการ หลักการทำงานคือจะพยายามลดปริมาณของจำนวนผู้ใช้บริการโดยทำการแยกผู้ใช้ออกจากกัน (splitting) เป็นกลุ่ม ๆ ด้วยวิธีการสุ่มซึ่งจะทำต่อเนื่องไปเรื่อยๆ จนกระทั่งผู้ใช้บริการทุกรายสามารถทำการจองได้สำเร็จ (จากเอกสารอ้างอิง [55] พบว่าค่า splitting

factor (Q) ที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ Q = 3) และสำหรับผู้ใช้บริการที่มีความสำคัญต่ำจะใช้เทคนิคการเข้าจองช่องสัญญาณแบบสุ่มซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานโดยทั่วไปสำหรับโพรโทคอลที่มีกลไกการเข้าจองช่องสัญญาณก่อนทำการส่งแพ็กเกตข้อมูล

2.6 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ถูกนำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ โดยลำดับแรกจะนำเสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการคือ เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT (Fixed Probability Technique) และเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับผู้ใช้บริการที่แตกต่างกัน 2 คลาส โดยขยายการทำงานมาจากเทคนิคการจองแบบ FPT ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอทั้งสิ้น 5 เทคนิคคือ

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MP (Fixed Probability Technique with Multiple Probability)
2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+MLT (Fixed Probability Technique with Multiple Limited Token)
3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+PCP (Fixed Probability Technique with Partitioned Contention Period)
4. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+SCS (Fixed Probability Technique with Shifted Contention Slot)
5. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT+HFF (Fixed Probability Technique with High priority Finished First)

นอกจากนี้แล้วยังได้นำเสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CFP ภายใต้เงื่อนไขที่มีผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองซึ่งนำเสนอทั้งสิ้น 3 เทคนิคคือ

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CPP (Changed Permission Probability)
2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CPP+MT (Changed Permission Probability + Multi-Token)
3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ CPP+SRT (Permission Probability + Shifted Reservation Time)

ในทำนองเดียวกันยังได้พิจารณาปัญหาที่มีผู้ใช้บริการที่ไม่ปฏิบัติตามกฎการจองสำหรับเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ FPT ภายใต้สถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงความน่าจะเป็นการอนุญาตส่งแพ็กเกตการจองและการเลื่อนจำนวนสล็อตในการเข้าจองช่องสัญญาณ