# บทที่ 2

# ความรู้พื้นฐาน

## 2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง หรือ Media Access Control Protocol (MAC Protocol) คือ เทคนิคที่ทำให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณร่วมกันได้ โดยจะมีการทำงานอยู่ในส่วนของชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ตามมาตรฐานของแบบจำลองอ้างอิง 7 ชั้น (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model) โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาเฉพาะในระบบการสื่อสารไร้สายเท่านั้น โดยจะมีหน้าที่จัดสรรช่องสัญญาณให้ผู้ใช้บริการหลาย ๆ คน ซึ่งอาจเป็นโทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์เคลื่อนที่ให้สามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีฐานได้

จากโพรโทคอลที่มีการนำเสนอมานั้นสามารถจำแนกออกตามการทำงาน [3-9] ได้เป็นสามกลุ่มดังนี้

### 2.1.1 โพรโทคอลที่ไม่มีการช่วงชิงช่องสัญญาณ (Contention-Free MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้ผู้ใช้บริการแต่ละรายจะสามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณได้แน่นอน โดยระบบจะจัดสรรช่องสัญญาณที่กำหนดแน่นอนสำหรับผู้ใช้บริการแต่ละคน ตัวอย่างของโพรโทคอลที่ไม่มีการช่วงชิงช่องสัญญาณเช่น Frequency Division Multiple Access (FDMA), Time Division Multiple Access (TDMA) และ Code Division Multiple Access (CDMA) ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือระบบจะมีเสถียรภาพในสภาวะทราฟฟิกทุกสภาวะ เพราะไม่เกิดการชนกันของแพ็กเกตผู้ใช้บริการ แต่ข้อเสียคือจะทำให้ไม่สามารถใช้แบนด์วิดท์ที่มีอย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เนื่องจากถ้าผู้ใช้บริการคนใดไม่ได้ส่งข่าวสาร จะทำให้สูญเสียแบนด์วิดท์ในส่วนนั้นไปเพราะผู้ใช้บริการคนอื่นไม่สามารถเข้ามาใช้ได้ นอกจากนี้ระบบยังไม่สามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้

### 2.1.2 โพรโทคอลที่มีการช่วงชิงช่องสัญญาณ (Contention-Based MAC Protocol)

ในโพรโทคอลประเภทนี้ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่มีการกำหนดให้กับผู้ใช้บริการคนใดคนหนึ่งอย่างแน่นอน ดังนั้นผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องช่วงชิงช่องสัญญาณ ตัวอย่างของโพรโทคอล

ที่มีการช่วงชิงช่องสัญญาณก็คือ Pure ALOHA [2], Slotted ALOHA [2] และ Carrier Sense Multiple Access (CSMA) [2] ข้อดีของโพรโทคอลประเภทนี้คือสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมาก และสามารถรองรับทราฟฟิกที่มีขนาดปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับรองรับทราฟฟิกข้อมูลแบบเบิรสต์ (Burst) ที่มีปริมาณทราฟฟิกต่ำ แต่ข้อเสียคือที่สภาวะทราฟฟิกสูง ๆ ระบบจะขาดเสถียรภาพในการทำงานเนื่องจากเกิดการชนกันมากเกินไปของแพ็กเกตการจอง นอกจากนี้ เราไม่สามารถคาดเดาเวลาประวิงเนื่องจากการส่งแพ็กเกตได้ จึงทำให้โพรโทคอลประเภทนี้ไม่เหมาะสมกับการส่งทราฟฟิกประเภทเสียงเพราะเป็นบริการที่ต้องการเวลาประวิงที่ต่ำ (Delay-Sensitive Service)

### 2.1.3 โพรโทคอลที่ผสมเทคนิคการช่วงชิงและไม่ช่วงชิงช่องสัญญาณ (Contention-Free & Contention-Based MAC Protocol)

โพรโทคอลประเภทนี้เป็นการนำเทคนิคที่มีของโพรโทคอลทั้งสองข้างต้นมารวมกันซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้เป็น 2 แบบดังนี้

#### 2.1.3.1 โพรโทคอลแบบไฮบริด (Hybrid Protocol)

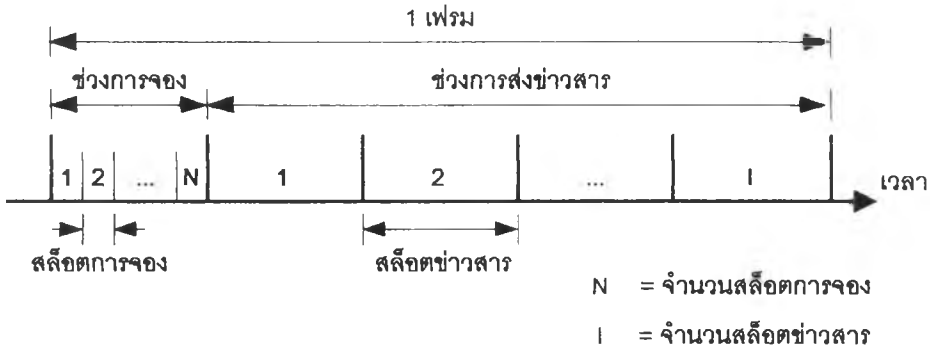
กลไกในการส่งข่าวสารของผู้ใช้บริการจะประกอบด้วยส่วนสองส่วนคือ การจองช่องสัญญาณที่ใช้เทคนิคการทำงานแบบมีการช่วงชิง และการส่งข่าวสารที่ใช้เทคนิคการทำงานแบบไม่มีการช่วงชิง การทำงานของโพรโทคอลแบบนี้คือ ก่อนที่ผู้ใช้บริการจะส่งข่าวสารผู้ใช้บริการจะต้องจองช่องสัญญาณในสล็อตการจองก่อน และต้องช่วงชิงกับผู้ใช้บริการคนอื่น ถ้าหากว่าการจองเป็นผลสำเร็จ สถานีฐานซึ่งเป็นศูนย์กลางการควบคุมจะจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการคนนั้น โดยผู้ใช้บริการจะส่งข่าวสารในสล็อตที่สถานีฐานกำหนด ตัวอย่างของโพรโทคอลแบบไฮบริดได้แก่ ALOHA Reservation [15,21], Round-Robin Reservation [22], PDAMA [23], DQRUMA [24], PRMA [11] และ โพรโทคอลที่กลุ่มวิจัยเดียวกันกับผู้วิจัยได้นำเสนอ [25,26]

#### 2.1.3.2 โพรโทคอลแบบปรับตัว (Adaptive Protocol)

ระบบนี้จะทำงานในลักษณะการเลือกใช้โพรโทคอลตามปริมาณทราฟฟิกในระบบ กล่าวคือ ในสภาวะทราฟฟิกที่เบาบางระบบจะมีการทำงานแบบมีการช่วงชิง แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่งที่กำหนดจะปรับการทำงานเข้าสู่การทำงานแบบไม่มีการช่วงชิง ตัวอย่างของโพรโทคอลแบบปรับตัวคือ URN และ SRUC [3,4]

จากการศึกษาโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทต่าง ๆ พบว่าโพรโทคอลที่ผสมเทคนิคการช่วงชิงและไม่ช่วงชิงช่องสัญญาณแบบไฮบริด ได้รับความสนใจในการพัฒนาเป็นจำนวนมาก เนื่องจากสมรรถนะที่ระบบได้รับคือ ระบบสามารถรองรับทราฟฟิกได้ทุกสภาวะ แม้ว่าสภาวะที่มีปริมาณทราฟฟิกสูง ๆ ระบบยังคงมีเสถียรภาพในการทำงาน และระบบสามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกได้ใกล้เคียงกับระบบที่ไม่มีการช่วงชิง (Contention-Free) ระบบยังสามารถรองรับผู้ใช้บริการจำนวนมากได้อีกด้วย จึงมีความยืดหยุ่นในการให้บริการที่สูงคล้ายกับระบบที่มีการช่วงชิง (Contention-Based)

เนื่องจากโพรโทคอลแบบ ALOHA Reservation เป็นโพรโทคอลที่มีข้อดีหลายอย่างเมื่อเทียบกับโพรโทคอลแบบไฮบริดประเภทอื่น จึงมีผู้ให้ความสนใจและพัฒนาเป็นจำนวนมาก [15, 27-33] โครงสร้างเฟรมเพื่อรองรับการทำงานโพรโทคอลแบบนี้มีแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 โดยในแต่ละเฟรมจะประกอบด้วยส่วน 2 ส่วนคือ ช่วงการจอง (Reservation Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นสล็อตขนาดเล็กจำนวนหนึ่งเพื่อใช้ในการจอง (Minislots) เรียกว่า สล็อตการจอง (Reservation Slots) และ ช่วงการส่งข่าวสาร (Transmission Period) ซึ่งถูกแบ่งเป็นสล็อตเพื่อใช้ในการส่งข่าวสารเรียกว่า สล็อตข่าวสาร (Information Slots) ดังนั้นข้อได้เปรียบที่สำคัญของโพรโทคอลประเภทนี้คือ ขนาดของสล็อตการจองมีขนาดเล็ก เพราะเมื่อเกิดการสูญเสียซึ่งอาจเกิดจากการชนกันหรือการว่าง จะทำให้การสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าไม่มากเมื่อเทียบกับโพรโทคอลประเภท Slotted ALOHA หรือ PRMA

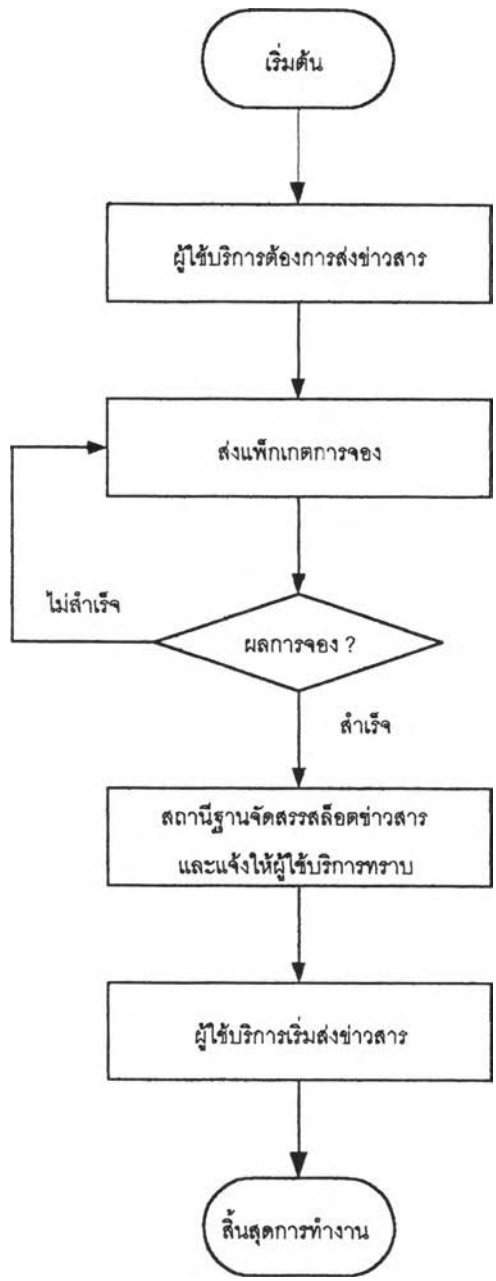



รูปที่ 2.1 โครงสร้างเฟรมของโพรโทคอล ALOHA Reservation

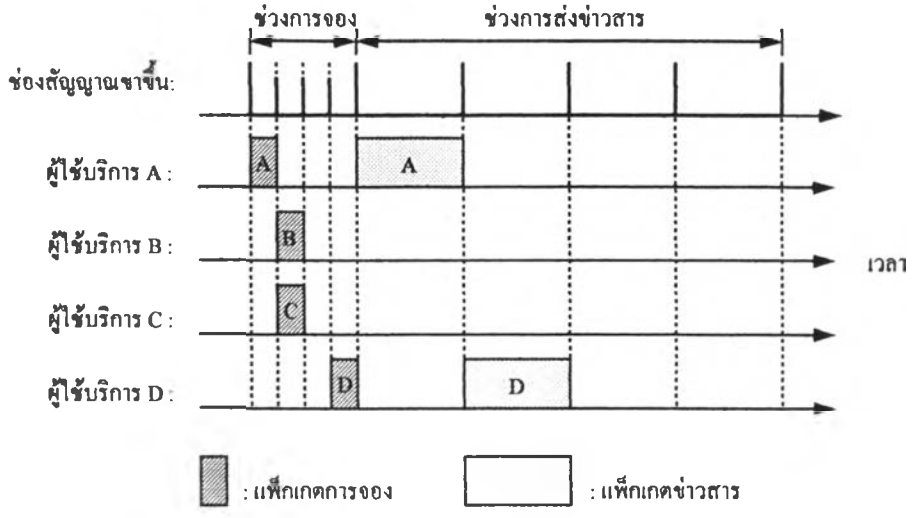
## 2.2 พื้นฐานการจองช่องสัญญาณ

โดยทั่วไปกระบวนการจองช่องสัญญาณในช่วงการจอง ของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่ผสมเทคนิคการช่วงชิงและไม่ช่วงชิงช่องสัญญาณแบบไฮบริด รวมถึงโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบต่าง ๆ ที่มีช่วงการจอง มักจะอาศัยวิธีที่มีพื้นฐานจากโพรโทคอล Slotted ALOHA กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้บริการมีข่าวสารที่ต้องการส่ง ผู้ใช้บริการจะต้องรอจนกระทั่งถึงช่วงการจองจึงจะเริ่มเข้าจองช่องสัญญาณได้ สถานีฐานจะเป็นผู้ทำหน้าที่ตรวจสอบผลการจองในช่วงการจอง ถ้าไม่มีผู้ใช้บริการคนใดเลยเข้าจอง สล็อตการจองนั้นจะอยู่ในสถานะว่างเปล่า (Idle) ถ้ามีผู้ใช้บริการเพียงคนเดียวที่เข้าจอง ผู้ใช้บริการคนนั้นจะประสบความสำเร็จ (Success) ในการจอง แต่ถ้าสล็อตการจองใดมีผู้ใช้บริการตั้งแต่สองคนขึ้นไปเข้าจอง จะเกิดการชนกัน (Collision) ของแพ็กเกตการจอง (Reservation Packet) ทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดประสบความสำเร็จในการจอง ในกรณีที่ผู้ใช้บริการประสบความสำเร็จในการจอง สถานีฐานจะตรวจสอบตำแหน่งสล็อตข่าวสารที่ยังว่างอยู่แล้วจึงจัดสรรสล็อตข่าวสารให้แก่ผู้ใช้บริการ แล้วแจ้งตำแหน่งสล็อตข่าวสารดังกล่าวให้ผู้ใช้บริการทราบ หลังจากนั้นผู้ใช้บริการจะรอเวลาจนกระทั่งถึงช่วงเวลาของสล็อตข่าวสารที่ได้รับการจัดสรรจึงเริ่มส่งแพ็กเกตข่าวสาร (Information Packet) ถ้าผู้ใช้บริการส่งข่าวสารไม่หมดภายเฟรมนั้นผู้ใช้บริการอาจได้สิทธิในการส่งแพ็กเกตข่าวสารในสล็อตข่าวสารเดิมในเฟรมถัดไป (Piggy backing) จนกว่าจะส่งข่าวสารหมด สำหรับผู้ใช้บริการที่ไม่ประสบความสำเร็จจะต้องเริ่มเข้าจองใหม่ซึ่งอาจจะสามารถเข้าจองในสล็อตการจองถัดไปหรืออาจต้องเข้าจองในเฟรมถัดไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของทราฟฟิกที่ส่งและโพรโทคอลแต่ละชนิดที่เลือกใช้ ซึ่งได้แสดงกลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบไฮบริดในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation จะเห็นว่าที่สล็อตการจองที่ 1 มีผู้ใช้บริการ A เข้าจองในสล็อตการจองเพียงคนเดียว จึงประสบความสำเร็จในการจอง สำหรับสล็อตการจองที่ 2 มีผู้ใช้บริการ B และ C เข้าจอง ดังนั้นจึงเกิดการชนกัน ทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดประสบความสำเร็จในการจอง ส่วนสล็อตการจองที่ 3 ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดเข้าจอง ในขณะที่สล็อตการจองที่ 4 มีผู้ใช้บริการ D เข้าจองเพียงคนเดียว ดังนั้นจากตัวอย่างนี้ในช่วงการจองจะมีผู้ใช้บริการเพียง 2 คนที่ประสบความสำเร็จ เมื่อสถานีฐานจัดการจัดสรรสล็อตข่าวสารให้ผู้ใช้บริการคนที่ประสบความสำเร็จในการจองแล้ว ผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จจึงเริ่มส่งข่าวสาร ซึ่งจะเห็นว่าผู้ใช้บริการ A ส่งข่าวสารในสล็อตที่ 1 และผู้ใช้บริการ D ส่งข่าวสารในสล็อตที่ 2



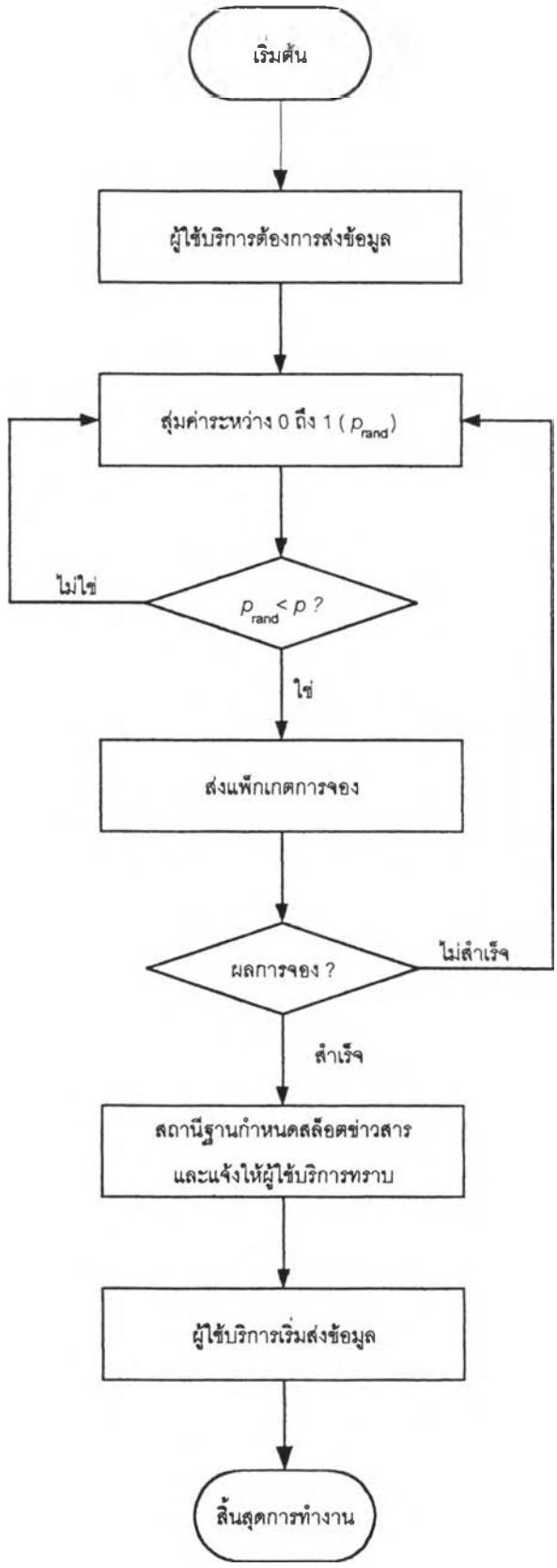

รูปที่ 2.2 กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบไฮบริด เมื่อใช้พื้นฐานการจองแบบ Slotted ALOHA




รูปที่ 2.3 การทำงานของโพรโทคอล ALOHA Reservation

จากการศึกษาการทำงานของโพรโทคอลแบบ ALOHA Reservation พบว่า การทำงานในช่วงการจองจะมีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของระบบเพราะผู้ใช้บริการทุกคนต้องผ่านการทำงานในช่วงการจองก่อนจึงจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณในช่วงการส่งข่าวสาร ดังนั้นถ้าการจองในช่วงนี้ไม่ประสบความสำเร็จการบริการจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ผลในข้อนี้จะแสดงอย่างชัดเจนเมื่อระบบรองรับทราฟฟิกเป็นปริมาณมาก ๆ ซึ่งสภาวะนี้จะทำให้เกิดปัญหาการชนกันของแพ็กเกตการจอง

เพื่อบรรเทาปัญหาการชน [11,12,34] จึงได้มีการเสนอเทคนิคที่ใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง (Transmission Probability) หรือ ค่าความน่าจะเป็นในการจองช่องสัญญาณ (Permission Probability) โดยสถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง ($p$) และแจ้งค่าที่กำหนดให้ผู้ใช้บริการทราบ ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข่าวสารจะต้องสุ่มค่า 1 ค่า ซึ่งอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ($p_{rand}$) ในกรณีที่ค่าที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง ผู้ใช้บริการจะส่งแพ็กเกตการจองในสล็อตการจอง แต่ถ้าค่าที่สุ่มได้มีค่ามากกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง ผู้ใช้บริการจะไม่สามารถส่งแพ็กเกตการจอง และต้องรอสล็อตการจองถัดไปแล้วเริ่มสุ่มค่าขึ้นมาใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง จนกระทั่งค่าที่สุ่มได้มีค่าน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจึงสามารถส่งแพ็กเกตการจอง ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.4




รูปที่ 2.4 กลไกการทำงานของโพรโทคอลแบบไฮบริด เมื่อใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง

เนื่องจากในสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก ถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองไว้สูงจะทำให้โอกาสที่จะเกิดการชนของแพ็กเกตการจองมีค่าสูง ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการไม่ประสบความสำเร็จในการจอง ในทางกลับกันในสภาวะที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนน้อย ถ้ากำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองไว้ต่ำจะทำให้โอกาสที่จะมีผู้ใช้บริการอย่างน้อยหนึ่งคนเข้าจองมีค่าต่ำ จึงทำให้ไม่มีผู้ใช้บริการคนใดมีสิทธิเข้าจองช่องสัญญาณ ดังนั้นการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจึงเป็นหัวใจสำคัญสำหรับวิธีนี้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อค่าวิสัยสามารถของระบบ

## 2.3 การกำหนดความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง (ที่ผ่านมา)

ในอดีตการกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจะทำโดยกำหนดเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง (Fixed Probability) และไม่ได้คำนึงถึงปริมาณทราฟฟิก [11] โดยปกติปริมาณทราฟฟิกในระบบไม่คงที่เพราะบางช่วงเวลาปริมาณทราฟฟิกอาจเบาบางและบางช่วงเวลาปริมาณทราฟฟิกอาจหนาแน่น ทำให้การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองแบบนี้ไม่เหมาะสมกับทราฟฟิกแบบพลวัต (Dynamic) ดังนั้นได้มีการเสนอเทคนิคการปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองตามปริมาณทราฟฟิกในระบบ ได้แก่ Exponential Backoff [34-36] และ Pseudo-Bayesian [2,10,12] โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้

### 2.3.1 วิธี Exponential Backoff

การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองด้วยวิธีนี้ จะกำหนดตามสถานะของช่องการจองที่ผ่านมา กล่าวคือค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองในสล็อตการจองถัดไป ( $p(t+1)$ ) จะคำนวณจากค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองของสล็อตการจองที่ผ่านมา ( $p(t)$ ) ดังแสดงในสมการที่ (1)

$$p(t+1) = \min\left\{p_{\max}, p(t) \times \left(\frac{1}{q} \cdot I_{z(t)=0} + 1 \cdot I_{z(t)=1} + q \cdot I_{z(t)\geq 2}\right)\right\} \qquad (2.1)$$

เมื่อ $0 < p_{\max} \leq 1$ และ $0 < q \leq 1$

โดยที่ $z(t)$ เป็นตัวแปรบอกจำนวนผู้ใช้บริการที่ส่งแพ็กเกตการจองในสล็อตการจองนั้น เพื่อใช้ในการบอกสภาวะของสล็อตการจอง คือ $z(t) = 0$ แสดงสภาวะการว่าง, $z(t) = 1$ แสดงสภาวะการจองเป็นผลสำเร็จ และ $z(t) \geq 2$ แสดงสภาวะการชน สำหรับค่าของ $I_A$ จะมีค่าเท่ากับ

1 เมื่อเกิดเหตุการณ์ A และเป็นศูนย์เมื่อไม่เกิดเหตุการณ์นี้ ผลการทดสอบใน [34] ได้กำหนดค่า $p_{\max} = 1$ และได้สรุปว่าค่า $q = \frac{1}{2}$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่จะทำให้ระบบได้สมรรถนะที่ดีในสภาวะทราฟฟิกปกติ

### 2.3.2 วิธี Pseudo-Bayesian

การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองของวิธีนี้จะกำหนดตามปริมาณทราฟฟิกในขณะนั้น ปริมาณของทราฟฟิกในขณะใด ๆ จะคำนวณจากจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องการจอง ณ เวลานั้น ๆ ซึ่งจะเห็นได้ตามสมการที่ (2.2) และ (2.3)

$$p(t+1) = \min\left\{p_{\max}, \frac{1}{m(t+1)}\right\} \tag{2.2}$$

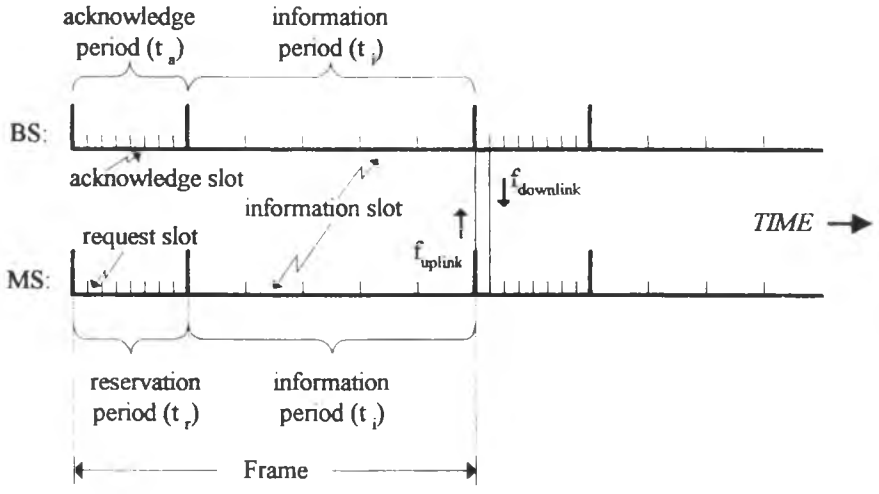
$$m(t+1) = \begin{cases} \max\{\lambda(t+1), m(t) + \lambda(t+1) - 1\} & : \textit{Success or Idle} \\ m(t) + \lambda(t+1) + \frac{1}{e-2} & : \textit{Collision} \end{cases} \tag{2.3}$$

การทำงานของวิธีนี้จะไม่กำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองโดยตรง แต่จะประมาณจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้าจองในสล็อตการจองถัดไป ($m(t+1)$) จากจำนวนผู้ใช้บริการที่ต้องการจองในสล็อตการจองที่ผ่านมา ($m(t)$) แล้วจึงนำค่าที่ได้ไปกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง โดยวิธีนี้จะมีตัวแปรอีกตัวหนึ่งคือ อัตราการเข้าจองช่องสัญญาณต่อสล็อตการจองของผู้ใช้บริการใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการจองเดิม (New Arrivals, $\lambda(t+1)$) เมื่อ $e \approx 2.71$ และ Priori Probability ของวิธีนี้เป็น Poisson Distribution

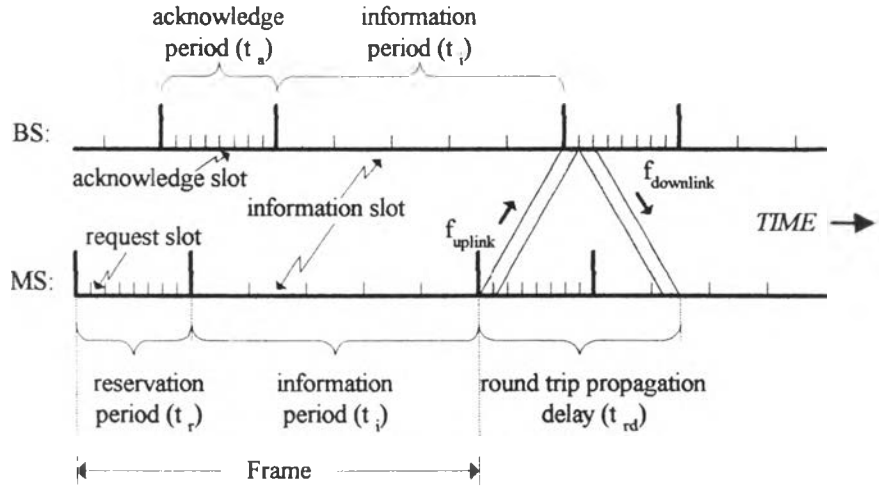
## 2.4 เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ

การทำงานของระบบทั้งสอง (Exponential Backoff และ Pseudo-Bayesian) จะใช้สมมุติฐานว่า สถานีฐานและผู้ใช้บริการสามารถส่งสัญญาณการตอบรับระหว่างกันได้ในทันที กล่าวคือ เมื่อผู้ใช้บริการจองช่องสัญญาณในสล็อตการจองที่ $t$ ผ่านทางช่องสัญญาณขาขึ้น สถานีฐานจะตรวจสอบผู้ใช้บริการที่จอง ณ สล็อตการจองนั้น แล้วจึงแจ้งผลการจองกลับไปยังผู้ใช้บริการผ่านทางช่องสัญญาณขาลงในทันทีก่อนจะเริ่มการจองในสล็อตการจองที่ $t+1$ ดังรูปที่ 2.5 ในกรณีที่ผู้ใช้บริการไม่ประสบความสำเร็จในการจองเนื่องจากเกิดการชนกัน ผู้ใช้บริการเหล่านี้สามารถจองช่องสัญญาณในสล็อตการจองถัดไปได้เลย (สล็อตการจองที่ $t+1$) นั้นหมายความว่าระบบที่ใช้วิธีการทั้งสองจะต้องมีเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ (Round-Trip

Propagation Delay) ที่สั้นมากเมื่อเทียบกับเวลาประวิงการส่งสัญญาณ ดังนั้นจึงทำให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ทุกสล็อตการจอง แต่ในความเป็นจริงแล้วการโต้ตอบกันระหว่างสถานีฐานและผู้ใช้บริการไม่สามารถทำได้ในทันทีเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก [20] ดังรูปที่ 2.6




รูปที่ 2.5 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าน้อย




รูปที่ 2.6 โครงสร้างเฟรมและการทำงานเมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่ามาก

ในระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบไม่ได้มีค่าน้อยจนสามารถละเลยได้ จะทำให้ผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองได้เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นผู้ใช้บริการจึงไม่สามารถจองได้ในทุกสล็อตการจอง นั้นคือผู้ใช้บริการจะสามารถจองช่องสัญญาณได้อย่างมาก $\frac{N}{2}$, $\frac{N}{3}$,

$\frac{N}{4}$, ..., 2 หรือ 1 ครั้งในหนึ่งเฟรม เมื่อ $N$ คือ จำนวนสล็อตการจองในหนึ่งเฟรม จำนวนการเข้าจองในแต่ละเฟรมจะขึ้นกับปัจจัย 3 อย่างคือ ระยะเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบ ($t_{rd}$), เวลาของหนึ่งสล็อตการจอง ($t_{rs}$) และจำนวนสล็อตการจองในหนึ่งเฟรม ($N$) กรณีที่เลวร้ายที่สุดก็คือ ผู้ใช้บริการสามารถจองช่องสัญญาณได้เพียง 1 ครั้งในหนึ่งเฟรม มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดเหตุการณ์นี้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบสื่อสารดาวเทียม เพราะดาวเทียมสื่อสารโดยทั่วไปอยู่ในวงโคจรค้างฟ้า (Geosynchronous Orbit) ซึ่งอยู่สูงขึ้นไปจากพื้นโลกเป็นระยะทางประมาณ 35,810 กิโลเมตร (23,300 ไมล์) ด้วยระยะทางดังกล่าวเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบมีค่าประมาณ 0.25-0.27 วินาที แม้จะเดินทางด้วยความเร็วแสง ดังนั้นผู้ใช้บริการจะทราบผลการจองหลังจากหมดช่วงการจองในเฟรมนั้น ๆ ไปแล้ว นอกจากนี้ระบบสื่อสารไร้สายมีแนวโน้มว่าจะถูกพัฒนาเป็นระบบสื่อสารไร้สายความเร็วสูง เช่น Wireless LAN, Wireless ATM, HIPERLAN และ Broadband Wireless Access ซึ่งน่าจะถูกพัฒนาด้วยพื้นฐานการทำงานแบบ Time Division Duplex (TDD) ช่องสัญญาณขาขึ้นและขาลงจะแยกจากกันทางเวลา ดังนั้นผู้ใช้บริการจะสามารถทราบผลการจองได้ต้องรอในเฟรมถัดไป จากเหตุผลที่กล่าวมาเมื่อนำวิธีทั้งสองมาใช้กับระบบที่เวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ ซึ่งผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบผลการจองได้ทันภายในเฟรมที่กำลังพิจารณา การกำหนดค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองด้วยวิธีทั้งสองอาจไม่เหมาะสม

## 2.5 การปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจอง

การคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองโดยวิธีทั้งสอง (Exponential Backoff และ Pseudo-Bayesian) จะกระทำโดยสถานีฐานเป็นผู้คำนวณ โดยจะคำนวณค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองสำหรับสล็อตการจองที่ $t+1$ แล้วจึงแจ้งค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้กลับไปยังผู้ใช้บริการก่อนจะเริ่มสล็อตการจองที่ $t+1$ นั่นคือผู้ใช้บริการสามารถปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองได้ในทุกสล็อตการจอง แต่เมื่อเวลาประวิงการแพร่กระจายครบรอบยาวกว่าเวลาประวิงการส่งสัญญาณ ทำให้ผู้ใช้บริการอาจไม่สามารถทำเช่นนี้ได้ ทั้งนี้เป็นเพราะผู้ใช้บริการจะทราบผลการจองได้ในเฟรมถัดไปแล้วเท่านั้น ดังนั้นผู้ใช้บริการปรับค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม นั่นคือผู้ใช้บริการจะต้องใช้ค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองเท่ากันทุก ๆ สล็อตการจองของแต่ละเฟรม

กรณีที่ระบบสามารถคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองได้ทันนั้นอาจเป็นไปได้โดยการที่ระบบจะต้องประมาณค่าความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองจากค่า

ความน่าจะเป็นในการส่งแพ็กเกตการจองในอดีต แล้วส่งค่าที่คำนวณได้ให้ผู้ใช้บริการทันก่อนที่จะเริ่มการจองในสล็อตถัดไป ซึ่งเป็นไปได้มากสำหรับวิธี Pseudo-Bayesian เพราะเป็นวิธีที่มีการประมาณค่าจากจำนวนผู้ใช้บริการในอดีตอยู่แล้ว แต่สมการที่ใช้ในการคำนวณจะต้องปรับเปลี่ยนไปบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสมการที่ (2.3) เนื่องจากในกรณีที่ผู้ใช้บริการเกิดการชนกัน ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการที่ประมาณได้ ($n(t+1)$) มีค่ามากไปจากความเป็นจริง เพราะว่าผู้ใช้บริการที่เกิดการชนกันจะยังไม่ทราบผลการจอง ผู้ใช้บริการเหล่านี้จึงต้องรอผลการจองก่อนจึงจะจองในครั้งถัดไปได้ ดังนั้นจะต้องลบจำนวนผู้ใช้บริการที่เกิดการชนในสล็อตการจองที่ $t$ ออกจาก $n(t+1)$ ที่คำนวณได้