บทที่ 2

ความรู้พื้นฐาน

บทนี้กล่าวถึงความรู้พื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง โดยกล่าวถึงประเภทของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางที่มีนำเสนอและตัวอย่างของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง จากนั้นจะกล่าวถึงคุณภาพการบริการที่ผู้ใช้บริการต้องการ การจองช่องสัญญาณ เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต ผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์ ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต และสุดท้ายจะกล่าวถึงเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

2.1 โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลาง

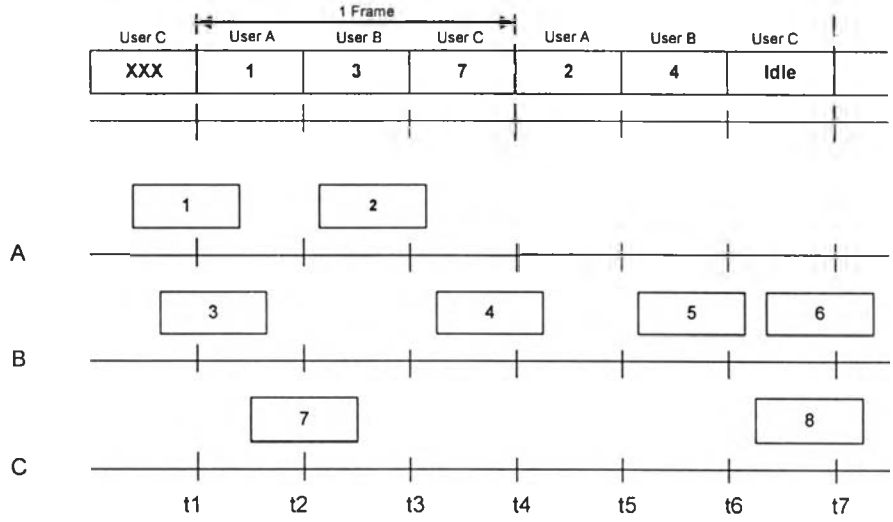
โพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางหรือ Media access control (MAC) protocol นั้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสื่อสารในยุคปัจจุบัน ทั้งนี้เพื่อช่วยให้สถานีฐานสามารถทำการจัดสรรปริมาณแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้กับผู้ใช้บริการจำนวนมากที่มีอยู่ในระบบให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การทำงานของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางนี้จะอยู่ในชั้นเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ตามมาตรฐานของแบบจำลองอ้างอิง 7 ชั้น (Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model)

จากโพรโทคอลที่มีการนำเสนอมานั้นสามารถจำแนกออกตามการทำงาน [3] ได้เป็นสามกลุ่มดังนี้คือ

2.1.1 **แบบที่ไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง** (Contention-free MAC Protocol): เป็นวิธีการเข้าถึงตัวกลางที่ผู้ใช้แต่ละคนสามารถเข้าถึงช่องสัญญาณได้อย่างแน่นอนเมื่อผ่านเวลาประวิงไม่เกินค่า ๆ หนึ่งที่สามารถกำหนดได้ โดยระบบการจัดสรรช่องสัญญาณแบบนี้สามารถจำแนกออกเป็นสองประเภทได้แก่

การจัดสรรแบบกำหนดแน่นอน (Fixed-Assignment Protocol): โพรโทคอลนี้จะมีการกำหนดช่องสัญญาณในการทำงานให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคนอย่างแน่นอน ทำให้จำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุดที่ระบบสามารถรองรับได้จะต้องน้อยกว่าหรืออย่างมากที่สุดเท่ากับจำนวนของช่องสัญญาณที่มีและยังไม่เหมาะสมกับสภาวะทราฟฟิกแบบเบิรสต์ (Burst) แต่ข้อดีของวิธีนี้คือระบบมีเสถียรภาพที่ดีในทุก ๆ สภาวะของทราฟฟิก โพรโทคอลที่มีการทำงานในลักษณะนี้ [1,2] ได้แก่ Time Division Multiple Access (TDMA), Frequency Division Multiple Access

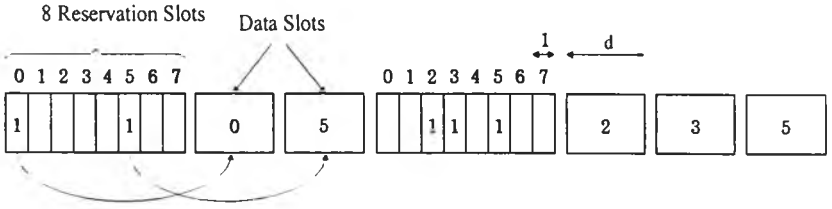
(FDMA), Code Division Multiple Access (CDMA) เป็นต้น รูปที่ 2.1 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการจัดสรรแน่นอนแบบ TDMA การทำงานในระบบนี้ช่องสัญญาณแต่ละช่องจะมีการกำหนดช่องสัญญาณล่วงหน้าให้แก่ผู้ใช้บริการแต่ละคน จากนั้นผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะทำการรอจนถึงช่องสัญญาณของตนจึงจะส่งข้อมูล



รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบ TDMA

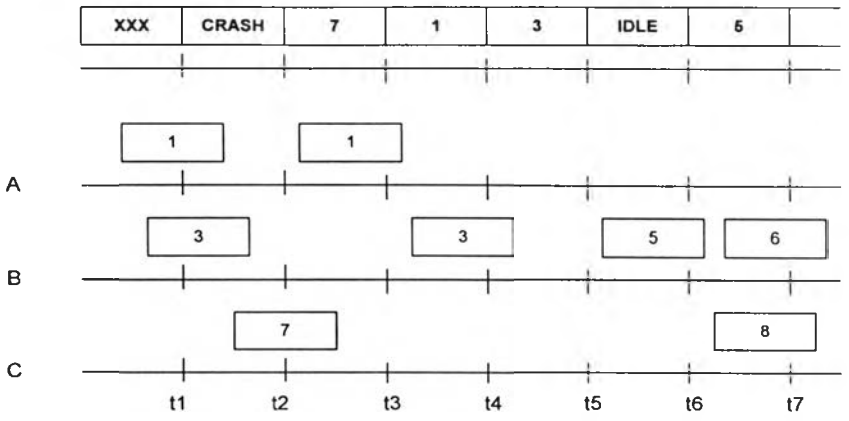
การจัดสรรตามความต้องการ (Demand-Assignment Protocol): ระบบนี้จะไม่มีการกำหนดช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้แก่ผู้ใช้บริการรายใดรายหนึ่งอย่างแน่นอน แต่จะให้ช่องสัญญาณจองแก่ผู้ใช้บริการแทน การทำงานเช่นนี้ทำให้ระบบสามารถจัดสรรช่องสัญญาณในแต่ละรอบได้อย่างเหมาะสมตามปริมาณความต้องการจริงในขณะนั้น ซึ่งลักษณะเด่นของอัลกอริทึมนี้คือสามารถจัดสรรการใช้ประโยชน์จากแบนด์วิดท์ (Bandwidth Utilization) ได้อย่างคุ้มค่าและยังมีความยืดหยุ่นในการรองรับปริมาณทราฟฟิกแบบต่าง ๆ มากขึ้น โดยโพรโทคอลที่มีการทำงานในลักษณะเช่นนี้ [1] ได้แก่ Basic Bit-Map protocol (BBM), Binary CountDown (BCD) เป็นต้น รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการจัดสรรตามความต้องการแบบ BBM ลักษณะการส่งข้อมูลในระบบนี้จะทำเป็นรอบๆ โดยในแต่ละรอบนั้นผู้ใช้บริการแต่ละคนจะต้องแจ้งความจำนงก่อนว่าต้องการส่งข้อมูล โดยการจองช่องสัญญาณนี้จะกระทำในช่วงเวลาจอง (Reservation Part) ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบระบบ TDMA กล่าวคือถ้าระบบมีผู้ใช้บริการ N คนจำนวนช่องสัญญาณจองต้องเท่ากับ N ช่อง หากสถานีหนึ่งต้องการจะส่งข้อมูลในรอบนั้นก็จะทำการจองช่องสัญญาณโดยเซตบิตของตนเองให้เป็น 1 แต่ถ้าไม่ต้องการส่งก็ปล่อยให้มีค่าเดิมคือเป็น 0 เมื่อหมดช่วงเวลาจองแล้วก็จะเป็นช่วง

ของการส่งข้อมูล ซึ่งในการส่งข้อมูลนั้นจะทำตามลำดับของหมายเลขผู้ใช้บริการดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำงานของระบบ Bitmap protocol

2.1.2 **แบบที่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง** (Contention-based MAC Protocol): จุดเด่นของวิธีนี้คือช่องสัญญาณแต่ละช่องจะไม่มีการกำหนดให้แก่ผู้ใช้บริการคนใดคนหนึ่งอย่างแน่นอน กล่าวคือผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องแข่งขันเพื่อแย่งชิงช่องสัญญาณที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ การแย่งชิงช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการนี้จะมีลักษณะที่เป็นแบบสุ่ม (Random Access Protocol) กล่าวคือจะไม่สามารถกำหนดได้ว่าผู้ใช้คนใดจะมีความต้องการใช้ช่องสัญญาณเมื่อใด ข้อเสียของความไม่แน่นอนนี้เองทำให้ระบบไม่สามารถควบคุมเวลาประวิงที่แน่นอนให้แก่ผู้ใช้บริการ อีกทั้งที่สภาวะทราฟฟิกสูง ๆ ระบบยังขาดเสถียรภาพในการทำงาน แต่ระบบนี้ก็มีข้อดีที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้จำนวนมากและยังมีเวลาประวิงที่ต่ำเมื่อปริมาณทราฟฟิกไม่สูงนัก โดยโพรโทคอลที่มีลักษณะเช่นนี้ [1,2] ได้แก่ Pure-ALOHA, Slotted-ALOHA, Carrier Sense Multiple Access (CSMA) เป็นต้น รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบที่มีการแข่งขันแบบ Slotted ALOHA การทำงานของระบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับระบบ Pure-ALOHA คือผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะสามารถส่งข้อมูลได้ทันทีเมื่อต้องการแต่มีข้อยกเว้นว่าการส่งข้อมูลนั้นจะต้องกระทำที่ต้นช่องสัญญาณย่อยเท่านั้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะลักษณะโครงสร้างของระบบนี้จะแบ่งเวลาออกเป็นช่องสัญญาณย่อยๆ ไม่ต่อเนื่องเหมือนระบบ Pure-ALOHA ทำให้ผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องรอจนถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณย่อยจึงจะสามารถส่งข้อมูลได้และหากมีผู้ใช้มากกว่าหนึ่งคนทำการส่งข้อมูลลงบนช่องสัญญาณช่องเดียวกันแล้วข้อมูลทั้งหมดก็จะชนกันและเกิดความเสียหาย ในกรณีแบบนี้ผู้ใช้บริการทุกคนจะต้องส่งข้อมูลใหม่อีกครั้งในช่องสัญญาณย่อยถัดไป

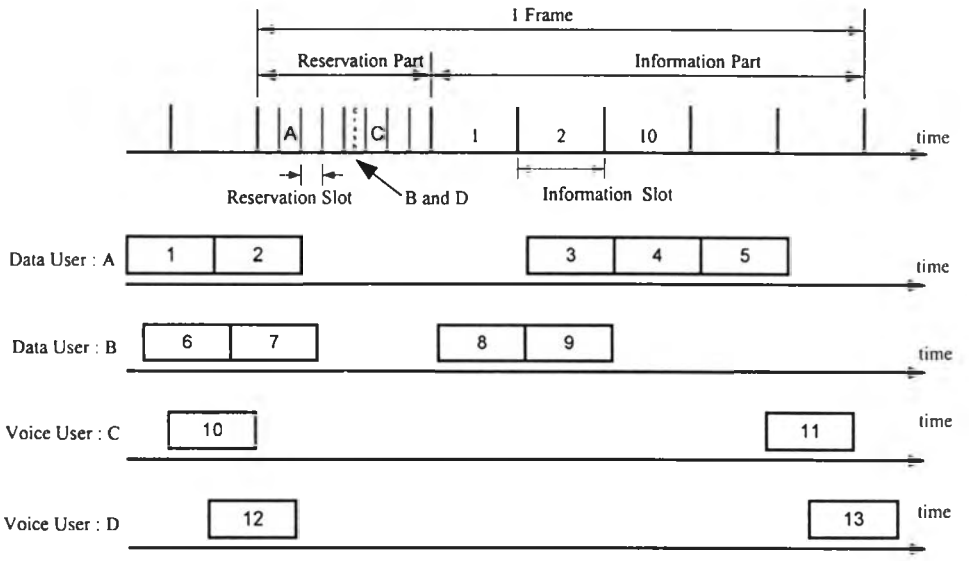


รูปที่ 2.3 การทำงานของระบบ Slotted ALOHA

2.1.3 **แบบผสมระหว่างเทคนิคที่มีการแข่งขันและไม่มีการแข่งขันในการเข้าถึงตัวกลาง** (Contention-free&Contention-based MAC Protocol): เป็นการนำเทคนิคที่มีอยู่ของระบบทั้งสองข้างต้นมารวมกันซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็นสองวิธีดังนี้

แบบไฮบริด (Hybrid Protocol): ระบบนี้จะทำงานบนพื้นฐานของเทคนิคต่าง ๆ ทั้งแบบ Contention-free และ Contention-based กล่าวคือการรับส่งข้อมูลของผู้ใช้บริการทุก ๆ ครั้งต้องผ่านการทำงานของทั้งสองโมด ยกตัวอย่างเช่นระบบไฮบริดระหว่างการเข้าถึงแบบสุ่มและแบบจอง (A Hybrid of Random Access and Reservation) การส่งข้อมูลของผู้ใช้นั้นจะต้องเริ่มจากการจองช่องสัญญาณแบบสุ่มซึ่งเป็นโมดการทำงานแบบ Contention-based จากนั้นเมื่อการจองช่องสัญญาณเป็นผลสำเร็จสถานีฐานก็จะทำการจัดสรรช่องสัญญาณให้แก่ผู้ใช้บริการซึ่งเป็นโหมดการทำงานแบบ Contention-free แทน การทำงานในลักษณะนี้เป็นการรวมข้อดีของทั้งสองระบบเข้าด้วยกันกล่าวคือ สามารถรองรับปริมาณโหลดได้สูง อีกทั้งยังได้แก้ไขข้อเสียด้านโอเวอร์เฮดที่เกิดขึ้นในระบบ Contention-free อีกด้วย ระบบที่มีลักษณะเช่นนี้ได้แก่ ALOHA Reservation (ALOHA-R) [13], Distributed-Queueing Request Update Multiple Access (DQRUMA) [14], Dynamic Frame Reservation Multiple Access-Dynamic Permission (DFRMA-DP) [15], เป็นต้น รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการทำงานของระบบไฮบริดแบบ ALOHA-Reservation จากรูปเป็นการแสดงโครงสร้างของระบบที่ทำการแบ่งออกเป็นเฟรม และในแต่ละเฟรมจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้จองช่องสัญญาณที่ประกอบไปด้วยช่องสัญญาณจอง (Reservation Slot) กับส่วนที่ใช้ในการส่งข้อมูลที่มีช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูล (Information Slot) เป็นองค์ประกอบ การทำงานของระบบเริ่มจากผู้ใช้บริการที่ต้องการส่งข้อมูลจะส่งแพ็กเกตสำหรับจองช่องสัญญาณผ่านทางช่องสัญญาณจองแบบ Slotted-ALOHA ถ้าเกิดการชนขึ้นผู้ใช้

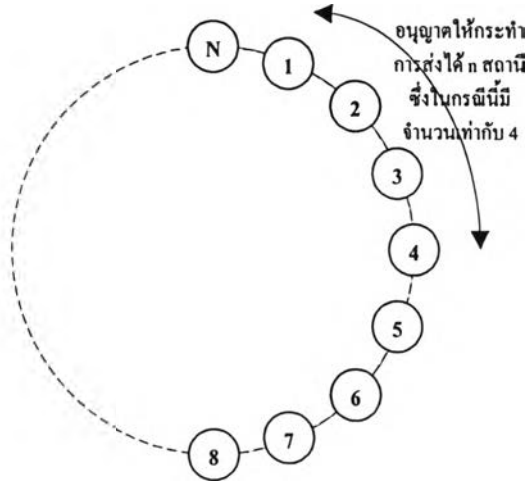
บริการจะเข้าจองใหม่ในช่องสัญญาณจองถัดไป แต่ถ้าการจองช่องสัญญาณเป็นผลสำเร็จสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลที่ว่างให้แก่ผู้ใช้บริการ โดยบริการเสียงนั้นจะได้รับการจัดสรรช่องสัญญาณข้อมูล 1 ช่องต่อ 1 เฟรมและจะทำการจองช่องสัญญาณในตำแหน่งนั้นในเฟรมต่อไปจนกว่าจะตรวจพบว่าไม่มีการส่งแพ็กเกตเสียง สำหรับข้อมูลคอมพิวเตอร์ สถานีฐานจะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้ตามความต้องการ ถ้าเฟรมดังกล่าวมีช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลไม่เพียงพอสถานีฐานก็จะจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้กับแพ็กเกตที่เหลือในเฟรมถัดไป ในกรณีที่สถานีฐานไม่สามารถจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้แก่ผู้ใช้บริการได้เลย ผู้ใช้บริการเหล่านั้นก็จะต้องเข้าจองช่องสัญญาณใหม่อีกครั้งในเฟรมถัดไป



รูปที่ 2.4 การทำงานของระบบ ALOHA-Reservation

แบบปรับตัว (Adaptive Protocol): โพรโทคอลจะทำงานในลักษณะที่มีลักษณะก้ำกึ่งอยู่ระหว่างแบบ Contention-free และ Contention-based MAC Protocol ซึ่งประเภทของการทำงานนี้จะขึ้นกับปริมาณของโหลดที่ระบบรองรับในขณะนั้นยกตัวอย่างเช่น ในสภาวะทราฟฟิกที่เบาบางระบบจะมีการทำงานแบบ Contention-based แต่เมื่อปริมาณทราฟฟิกสูงขึ้นเรื่อย ๆ ระบบจะปรับเข้าสู่การทำงานแบบ Contention-free ซึ่งการทำงานเช่นนี้ทำให้ระบบมีค่าเวลาประวิงต่ำที่สภาวะทราฟฟิกน้อย ๆ และที่ทราฟฟิกสูง ๆ ก็ยังคงมีสมรรถนะการใช้ช่องสัญญาณที่สูงได้ ยกตัวอย่างเช่น URN Protocol [3] ซึ่งจะมีการทำงานแบบ S-ALOHA เมื่อมีผู้ใช้บริการเพียงหนึ่งคนในระบบและจะมีการทำงานแบบ TDMA ในสภาวะโหลดสูง โดยจะมีรายละเอียดดังนี้คือ ระบบ URN จะมีโครงสร้างช่องสัญญาณเป็นแบบช่องสัญญาณย่อยเช่นเดียวกับ S-ALOHA แต่รูป

แบบการทำงานจะมีลักษณะคล้ายโพรโทคอล Tree Walk [1] กล่าวคือเริ่มต้นจากการที่ระบบนำผู้ใช้บริการทั้งหมดจำนวน N คนมาเรียงกันเป็นรูปวงกลมปิด จากนั้นจะทำการจำกัดจำนวนของผู้ใช้บริการที่สามารถเข้าใช้ช่องสัญญาณในช่องสัญญาณย่อยแรกเท่ากับ n คนดังแสดงในรูปที่ 2.5 ซึ่งในแต่ละช่องสัญญาณย่อยจะมีจำนวนเหตุการณ์ของผู้ใช้บริการสามรูปแบบคือ เหตุการณ์ส่งข้อมูลสำเร็จ เหตุการณ์ว่างและเหตุการณ์ชน โดยเมื่อระบบสามารถส่งข้อมูลได้หรือเกิดการว่างสถานีฐานจะทำการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งได้จาก n เป็น 2n แต่เมื่อเกิดการชนขึ้นจำนวนผู้ใช้บริการที่สามารถส่งข้อมูลได้ในช่องสัญญาณย่อยถัดไปจะเหลือเท่ากับ $\frac{n}{2}$



รูปที่ 2.5 การทำงานของระบบ URN

2.2 คุณภาพการบริการที่ต้องการ

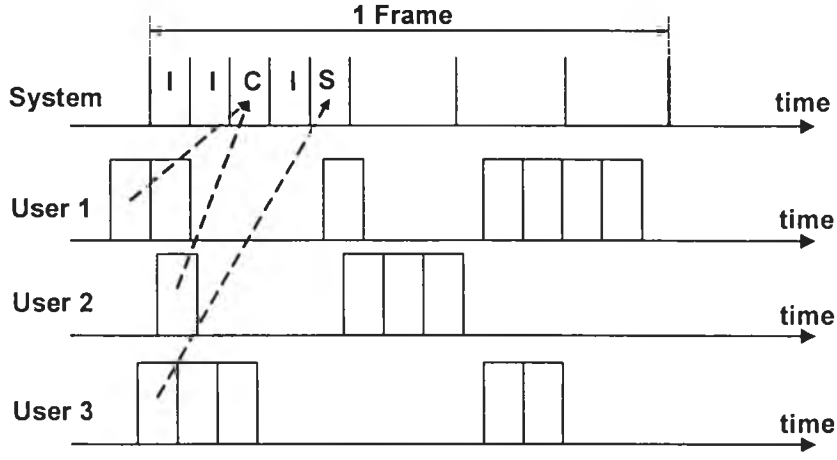
พัฒนาการของเทคโนโลยีการสื่อสารในปัจจุบันทำให้แนวโน้มของบริการที่จะมีการนำเสนอในอนาคตมีความหลากหลายมากกว่าในอดีต กล่าวคือนอกจากบริการเสียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันแล้วยังมีบริการข้อมูลคอมพิวเตอร์ บริการวิดีโอ บริการไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งบริการแต่ละประเภทต่างก็มีคุณลักษณะและคุณภาพของการบริการที่แตกต่างกัน เช่น ทราฟฟิกประเภทเสียง (Voice) [16] ต้องการบริการที่มีลักษณะเป็นแบบ Real-time กล่าวคือเสียงไม่สามารถทนต่อเวลาประวิงได้ แต่ในด้านความถูกต้องของข้อมูลนั้นเสียงสามารถยอมให้เกิดการสูญเสียข้อมูลได้บางส่วน สำหรับคุณภาพการบริการที่ทราฟฟิกข้อมูลคอมพิวเตอร์ต้องการ

(Computer data) [13] คือข้อมูลต้องมีความถูกต้องสูงอัตราความผิดพลาดต่ำแต่จะสามารถทนต่อเวลาประวิงได้

2.3 การจองช่องสัญญาณ

ผลจากการจองช่องสัญญาณที่เกิดขึ้นภายหลังจากที่ผู้ใช้บริการทำการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

-การสำเร็จ (Success) เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการเพียงรายเดียวเข้าจองในช่องสัญญาณจองนั้น
-การชน (Collision) เกิดขึ้นเมื่อมีผู้ใช้บริการเกินกว่า 1 รายทำการเข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกันในช่องสัญญาณจองเดียวกัน
-การว่าง (Idle) เกิดขึ้นเมื่อไม่มีผู้ใช้บริการรายใดในระบบเข้าจองในช่องสัญญาณจองนั้น



รูปที่ 2.6 ผลการจองช่องสัญญาณ

จากรูปที่ 2.6 แสดงผลการจองช่องสัญญาณของระบบที่ประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน 3 ราย ช่องสัญญาณจองจำนวน 5 ช่อง จะเห็นได้ว่าในช่องสัญญาณจองที่ 1 ช่องสัญญาณจองที่ 2 และช่องสัญญาณจองที่ 4 จะไม่มีผู้ใช้บริการรายใดทำการเข้าจอง ดังนั้นช่องสัญญาณจึงเกิดการว่าง ในขณะที่ในช่องสัญญาณจองช่องที่ 3 นั้นจะมีผู้ใช้บริการรายที่ 1 และผู้ใช้บริการรายที่ 2 เข้าจองช่องสัญญาณพร้อมกัน ดังนั้นจึงเกิดการชนกันขึ้น และไม่มีผู้ใช้บริการรายใดประสบความสำเร็จในการจองช่อง สัญญาณ ในขณะที่ในช่องสัญญาณจองช่องที่ 5 นั้นจะมีผู้ใช้บริการรายที่ 3 เพียงรายเดียวเข้าจองช่องสัญญาณ ดังนั้นผู้ใช้บริการรายที่ 3 จะสามารถจองช่องสัญญาณได้สำเร็จ

2.4 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีต

การแข่งขันกันของผู้ใช้บริการในส่วนการจองของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางประเภทผสมนั้นส่วนมากจะอาศัยกลไกการทำงานแบบ Slotted Aloha [1,2] เนื่องจากเป็นกลไกที่ง่ายและมีความยืดหยุ่นสูง โดยเมื่อผู้ใช้บริการมีความต้องการส่งข้อมูล ผู้ใช้บริการจะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจอง แล้วจึงทำการส่งแพ็กเกตการจองออกมาอย่างสุ่ม หลังจากนั้นผู้ใช้บริการจะต้องรอเพื่อทราบผลการจองช่องสัญญาณของตน โดยถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ผู้ใช้บริการจะต้องรอให้ถึงจุดเริ่มต้นของช่องสัญญาณจองถัดไปหรืออาจทำการประวิงเวลาก่อนที่จะทำการเข้าจองช่องสัญญาณใหม่

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณากลไกการแข่งขันกันของผู้ใช้บริการแบบ Slotted Aloha พบว่าอาจเกิดปัญหาต่อระบบ ถ้าหากขณะเวลาใด ๆ มีผู้ใช้บริการจำนวนมากเข้าทำการจองช่องสัญญาณพร้อมกัน เพราะจะเกิดปัญหาการชนกันของผู้ใช้บริการ และส่งผลให้แบนด์วิดท์ในส่วนส่งข้อมูลไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงได้มีผู้เสนอแนวทางสำหรับการแก้ไขโดยใช้การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณร่วมกับการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Slotted Aloha ทั้งนี้เพื่อเป็นการจำกัดจำนวนผู้ใช้บริการขณะหนึ่ง ๆ ที่จะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณ โดยผู้ใช้บริการจะต้องทำการสุ่มค่าระหว่าง 0-1 และหากค่าที่สุ่มได้มีค่าต่ำกว่าค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่กำหนด ผู้ใช้บริการรายนั้นจะสามารถผ่านเข้าไปจองช่องสัญญาณได้ ทั้งนี้สถานีฐานจะเป็นผู้กำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งค่าดังกล่าวให้ผู้ใช้บริการในระบบทราบ

การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในเทคนิคที่มีการนำเสนอนั้นมีหลักการพื้นฐานคือจะทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณตามปริมาณโหลดที่ระบบรองรับ (จำนวนผู้ใช้บริการ) โดยจะทำการลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนมาก ในทางตรงกันข้ามจะทำการเพิ่มค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการลดต่ำลง ดังนี้

2.4.1 การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian [2,7]

การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในวิธีนี้มีสมมติฐานที่ผู้ออกแบบกำหนดคือผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันทีและสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานสามารถทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ทันก่อนที่จะถึงจุดเริ่มต้นของช่อง

สัญญาณจองถัดไป โดยค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่แต่ละต้นช่องสัญญาณจองจะมีค่าเปลี่ยนไปตามปริมาณโหลด (จำนวนผู้ใช้บริการ) ที่ประมาณได้ในระบบขณะนั้น โดยการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการจะประมาณจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบ 3 ประเภทคือการสำเร็จ (Success) การชน (Collision) หรือการว่าง (Idle) นอกจากนี้จะทำการพิจารณาอัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่ (Arrival Rate , λ) ซึ่งค่าดังกล่าวจะช่วยให้การประมาณมีความใกล้เคียงกับจำนวนผู้ใช้บริการจริงเพิ่มมากขึ้น

พิจารณาระบบที่ต้นเฟรมซึ่งประกอบด้วยผู้ใช้บริการจำนวน *n* รายและกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณเท่ากับ *p* จะได้ว่าอัตราข้อมูลของระบบมีค่าเป็น *np* และความน่าจะเป็นที่ผู้ใช้บริการจะประสบความสำเร็จในการจองช่องสัญญาณมีค่าเป็น $np(1-p)^{n-1}$ โดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ $np=1$ โดยก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไป กลไกการทำงานนี้จะทำการประมาณจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณช่องถัดไป (η_{t+1}) จากจำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองก่อนหน้า (η_t) แล้วจึงกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไป ($p(t+1)$) โดยจำนวนผู้ใช้บริการและค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในช่องสัญญาณจองช่องถัดไป สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta_{t+1} = \begin{cases} \max(\lambda, \eta_t + \lambda - 1) & : Success\ or\ Idle \\ \eta_t + \lambda + (e-2)^{-1} & : Collision \end{cases} \qquad (2.1)$$

$$p(t+1) = \min\left(1, \frac{1}{\eta_{t+1}}\right) \qquad (2.2)$$

โดยที่ λ แทน อัตราการเกิดของผู้ใช้บริการใหม่

$e \approx 2.71$

2.4.2 การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ (Pseudo Bayesian with Priority) [8,9]

จากหลักการพื้นฐานของการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ในหัวข้อที่แล้ว ได้มีผู้เสนอการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในแบบ

Pseudo Bayesian ที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณขึ้น มีหลักการดังนี้

กำหนดให้ระบบรองรับผู้ใช้บริการ 3 คลาส ได้แก่ ผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และ ผู้ใช้บริการคลาส 3 และกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณจากมากไปหาน้อยให้กับผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และ ผู้ใช้บริการคลาส 3 ตามลำดับ โดยการกำหนดลำดับความสำคัญนี้จะกระทำผ่านทางการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณให้มีค่าแตกต่างกัน โดยจะกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณสำหรับผู้ใช้บริการที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าให้มีค่าสูงกว่า ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้บริกาที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่ามีโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณมากกว่า

จากที่กล่าวข้างต้นหากกำหนดให้ลำดับความสำคัญของผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และ ผู้ใช้บริการคลาส 3 มีค่าเป็น $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ตามลำดับ จะสามารถกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของผู้ใช้บริการแต่ละคลาสได้ดังแสดงในตาราง

ผู้ใช้บริการ	ลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ	ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณ
ผู้ใช้บริการคลาส 1	α_1	$p/(PF)^{\alpha_1}$
ผู้ใช้บริการคลาส 2	α_2	$p/(PF)^{\alpha_2}$
ผู้ใช้บริการคลาส 3	α_3	$p/(PF)^{\alpha_3}$

ค่า p นั้นจะเปลี่ยนแปลงในทุกช่องสัญญาณจอง ในกรณีที่กำหนดค่า PF = 1 หรือกำหนด $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$ คือไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณ สำหรับในบทความได้กำหนดลำดับความสำคัญดังนี้ $\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 1, \alpha_3 = 2$ และการคำนวณค่า p สามารถกระทำได้โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับการกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณแบบ Pseudo Bayesian ในหัวข้อที่แล้ว ซึ่งมีค่าดังสมการ

$$p(\eta_1^{t+1}, \eta_2^{t+1}, \eta_3^{t+1}) = \min\left(1, \left(\eta_1^{t+1} + \frac{\eta_2^{t+1}}{PF} + \frac{\eta_3^{t+1}}{(PF)^2}\right)^{-1}\right) \qquad (2.3)$$

โดยที่ค่า $\eta_1^{t+1}, \eta_2^{t+1}, \eta_3^{t+1}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ.

$$\eta_1^{t+1} = \begin{cases} \max\left\{\lambda_1, \eta_1^t + \lambda_1 - 1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 1 \\ \min\left\{N_1, \eta_1^t + \lambda_1 + (e-2)^{-1}\right\} & collision \\ \eta_1^t + \lambda_1 & success\ of\ class\ 2\ or\ class\ 3 \end{cases} \quad (2.4)$$

$$\eta_2^{t+1} = \begin{cases} \max\left\{\lambda_2, \eta_2^t + \lambda_2 - 1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 2 \\ \min\left\{N_2, \eta_2^t + \lambda_2 + (e-2)^{-1}\right\} & collision \\ \eta_2^t + \lambda_2 & success\ of\ class\ 1\ or\ class\ 3 \end{cases} \quad (2.5)$$

$$\eta_3^{t+1} = \begin{cases} \max\left\{\lambda_3, \eta_3^t + \lambda_3 - 1\right\} & idle\ or\ success\ class\ 3 \\ \min\left\{N_3, \eta_3^t + \lambda_3 + (e-2)^{-1}\right\} & collision \\ \eta_3^t + \lambda_3 & success\ of\ class\ 1\ or\ class\ 2 \end{cases} \quad (2.6)$$

โดยที่

$\eta_1^t, \eta_2^t, \eta_3^t$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองที่ t

$\eta_1^{t+1}, \eta_2^{t+1}, \eta_3^{t+1}$ คือ จำนวนผู้ใช้บริการในช่องสัญญาณจองที่ t+1

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ที่เกิดขึ้นใหม่

N_1, N_2, N_3 คือ จำนวนผู้ใช้บริการคลาส 1 ผู้ใช้บริการคลาส 2 และผู้ใช้บริการคลาส 3 ในระบบ

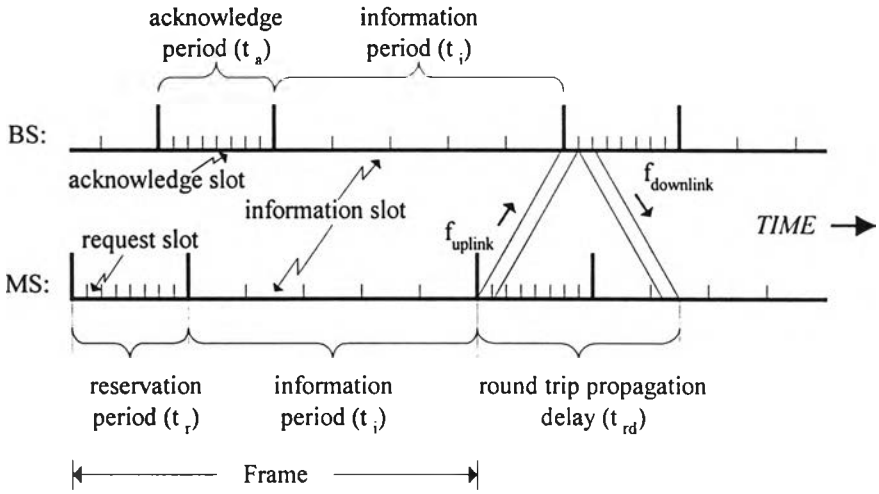
2.5 ผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์

การทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่กล่าวข้างต้น จะใช้สมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองได้ก่อนที่จะถึงช่องสัญญาณจองถัดไป และสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่ทันทีถ้าหากไม่ประสบความสำเร็จในการจองในช่องสัญญาณดังกล่าว ทางด้านสถานีฐานก็สามารถทำการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไปเช่นกัน ดังนั้นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่กล่าวในข้างต้นนั้นจึงเหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้ใหม่ทันทีเมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณ

อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาระบบสื่อสารบางประเภทที่มีค่าเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว เช่น ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม พบว่าดาวเทียมสื่อสารโดยทั่วไปจะอยู่ในวงโคจรค้างฟ้า (Geosynchronous Orbit) ซึ่งอยู่สูงจากพื้นโลกขึ้นไปเป็นระยะทางประมาณ 35,810 กิโลเมตร

(23,300 ไมล์) ด้วยระยะทางดังกล่าวทำให้ค่าเวลาประวิงมีค่า 0.25-0.27 วินาที แม้จะเดินทางด้วยความเร็วแสง ดังนั้นจึงอาจทำให้ผู้ใช้บริการไม่สามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันทีและอาจทราบผลการจองช่องสัญญาณภายหลังจากสิ้นสุดส่วนการจองไปแล้ว นั่นหมายถึงว่าผู้ใช้บริการจะสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงครั้งเดียวต่อเฟรม ดังแสดงในรูปที่ 2.7

สำหรับความเป็นไปได้ในการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของสถานีฐานและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบนั้น พบว่าหากค่าเวลาประวิงมีค่ามาก อาจทำให้การแจ้งค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณของช่องสัญญาณจองถัดไปส่งไปยังผู้ใช้บริการไม่ทันก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไป ดังนั้นการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณในกรณีดังกล่าวจึงอาจกระทำได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรมเช่นกัน



รูปที่ 2.7 การจองช่องสัญญาณในระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์สูง

2.6 ปัญหาของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในอดีต

จากการทำงานของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในข้างต้น พบว่ายังมีปัญหาดังนี้

1. เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่มีนำเสนอในอดีตนั้นต่างออกแบบมา โดยมีสมมติฐานว่าผู้ใช้บริการสามารถทราบผลการจองช่องสัญญาณได้ทันที และสามารถเข้าจองช่องสัญญาณใหม่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จในการเข้าจองช่องสัญญาณ ทางด้านสถานีฐานก็สามารถปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณและแจ้งให้ผู้ใช้บริการทราบได้ก่อนถึงช่องสัญญาณจองถัดไป ซึ่งเมื่อพิจารณาในระบบที่กำหนดในวิทยานิพนธ์พบว่าเป็นไปได้ยาก

2. การกำหนดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณนั้นส่วนมากจะทำการกำหนดโดยคำนึงถึงเพียงปริมาณโหลดที่ระบบบรองรับ (จำนวนผู้ใช้บริการ) โดยเมื่อจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนมาก ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะมีค่าต่ำลง แต่หากจำนวนผู้ใช้บริการมีจำนวนน้อย ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ดีจะเห็นได้ว่าการพิจารณาเพียงปริมาณโหลดที่ระบบบรองรับอาจทำให้ค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณที่ได้เป็นค่าที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากยังมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ไม่ได้คำนึงถึงคือจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม เช่น ในกรณีที่จำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมมีมาก ผู้ใช้บริการอาจจะลดค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณลง เพื่อหลีกเลี่ยงโอกาสที่ผู้ใช้บริการจะเกิดการชนกัน เพราะผู้ใช้บริการยังมีโอกาสอีกมากในการเข้าจองช่องสัญญาณ

2.7 เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอ

จากปัญหาที่กล่าวในข้างต้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่เหมาะสำหรับระบบที่มีเวลาประวิงสัมพัทธ์ยาว นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเทคนิคการจองช่องสัญญาณดังกล่าวให้สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ โดยเทคนิคการเข้าจองช่องสัญญาณที่นำเสนอนี้เป็นเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้บริการและจำนวนช่องสัญญาณจองที่มีในเฟรม ทั้งนี้กำหนดให้ผู้ใช้บริการสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม โดยเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1.เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Cascade Fixed Probability (CFP)

2. เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Random Slot Selection (RSS)

2.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ RSS ที่ไม่มีการกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ ได้แก่

2.1.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI

2.1.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+LA

2.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ RSS ที่สามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเข้าจองช่องสัญญาณให้กับผู้ใช้บริการ ได้แก่

2.2.1 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS

2.2.2 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+MLA

2.2.3 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ UNI+DS+MLA

2.2.4 เทคนิคการจองช่องสัญญาณแบบ Partial UNI+MLA

2.8 แบบจำลองและสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

1. เซลล์หนึ่งเซลล์ประกอบด้วยสถานีฐานหนึ่งสถานีและผู้ใช้บริการที่อยู่ในระบบจำนวนหนึ่ง การติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการทุกรายภายในเซลล์จะต้องกระทำผ่านสถานีฐานที่เป็นผู้ให้บริการ
2. การทำงานของโพรโทคอลที่พิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทั้งหมดจะอยู่บนพื้นฐานของโพรโทคอลควบคุมการเข้าถึงตัวกลางแบบผสมประเภทไฮบริดที่มีการแบ่งช่องสัญญาณของระบบออกเป็นสองส่วนด้วยวิธี FDD (frequency division duplex) ซึ่งใช้ความถี่ขาขึ้น (uplink) และขาลง (downlink) แตกต่างกัน โดยสถานีฐานสามารถควบคุมการส่งข้อมูลด้านขาลงได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับการส่งข้อมูลด้านขาขึ้นจะทำการแบ่งช่วงเวลาออกเป็นเฟรม (frame) ในแต่ละเฟรมแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนจองและส่วนสำหรับส่งข้อมูล ผู้ใช้บริการทุกรายที่ต้องการส่งข้อมูลจะต้องทำการเข้าจองช่องสัญญาณในส่วนการจองให้สำเร็จก่อน จากนั้นจึงรอให้สถานีฐานจัดสรรช่องสัญญาณสำหรับส่งข้อมูลให้ต่อไป
3. เทคนิคการจองช่องสัญญาณที่ทำการพัฒนาขึ้นกำหนดให้ผู้ใช้บริการแต่ละรายสามารถเข้าจองช่องสัญญาณได้เพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม และการปรับค่าโอกาสในการเข้าจองช่องสัญญาณจะกระทำเพียงหนึ่งครั้งต่อเฟรม เนื่องจากผลของเวลาประวิงสัมพัทธ์ที่มีค่ามาก
4. เนื่องจากวัตถุประสงค์ของเทคนิคการจองช่องสัญญาณที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการที่ประสบความสำเร็จในส่วนการจองช่องสัญญาณ ดังนั้นจึงพิจารณาระบบเฉพาะในส่วนการจองช่องสัญญาณเท่านั้น
5. ค่าวิสัยสามารถที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์คือจำนวนผู้ใช้บริการเฉลี่ยที่สามารถจองช่องสัญญาณสำเร็จ
6. สถานีฐานจะสามารถทราบจำนวนช่องสัญญาณจองในเฟรมและจำนวนผู้ใช้บริการที่จุดเริ่มต้นเฟรมโดยจำนวนผู้ใช้บริการจะมีค่าคงที่ตลอดการทดสอบ เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงผลของการแฮนด์โอเวอร์
7. ช่องสัญญาณที่ทำการพิจารณานี้สมมติว่าเป็นช่องสัญญาณในอุดมคติกล่าวคือ ไม่มีความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล