บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารเคลื่อนที่มีบทบาทสำคัญในการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมาก ซึ่งทำให้ระบบสื่อสารเคลื่อนที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อขยายขีดความสามารถในการใช้งานและสามารถตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ที่มีอยู่อย่างไม่จำกัด โดยเริ่มตั้งแต่ ยุคที่ 1 ระบบสื่อสารเป็นแบบแอนะลอก ได้ใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งความถี่ (Frequency Division Multiple Access หรือ FDMA) ต่อมาเมื่อเข้าสู่ยุคที่ 2 ระบบสื่อสารได้เปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัล ได้แก่ ระบบ GSM โดยใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา (Time Division Multiple Access หรือ TDMA) โดยในยุคที่ 2 นี้สามารถส่งข้อมูลได้มากกว่ายุคที่ 1 แต่การบริการหลักยังคงเป็นบริการทางเสียง ซึ่งต่อมามีความต้องการบริการทางข้อมูลเพิ่มขึ้น จึงได้มีการพัฒนาไปสู่ยุค 2.5 และพัฒนาไปสู่ยุคที่ 3 ซึ่งเป็นยุคที่ใช้เทคนิคการเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส (Code Division Multiple Access หรือ CDMA) ได้มีการขยายแบนด์ให้กว้างมากขึ้น ทำให้สามารถส่งข้อมูลเพิ่มขึ้นถึง 2 Mbps และสามารถรองรับบริการแบบมัลติมีเดีย (Multimedia) ได้ เช่นการประชุมสัมมนาทางโทรศัพท์ (video conference) อินเตอร์เนตความเร็วสูง เป็นต้น นั่นคือระบบจะสามารถรองรับบริการได้หลายระดับโดยบริการแต่ละระดับก็มีอัตราบิตและความต้องการคุณภาพของบริการ (Quality of Service หรือ QoS) ที่แตกต่างกัน

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อการใช้งานระบบสื่อสารเคลื่อนที่ได้เพิ่มสูงขึ้นและคลื่นวิทยุเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นวิธีการจัดการทรัพยากร (resource management) [1-4] เพื่อให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพจึงเป็นประเด็นที่สำคัญที่สุดประการหนึ่งในการออกแบบระบบสื่อสารเคลื่อนที่ การควบคุมการตอบรับการเรียก (call admission control) เป็นวิธีหนึ่งซึ่งจะทำหน้าที่จำกัดจำนวนการต่อของการเรียกที่เข้ามายังระบบเพื่อลดปัญหาความคับคั่ง (congestion) ของข่ายเชื่อมโยงและรับประกันคุณภาพของบริการรวมทั้งลดการสูญเสียการร้องขอการเรียก (call request)

การร้องขอการเรียกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ การร้องขอการเรียกใหม่ (new call) และการร้องขอการเรียกจากการแฮนด์ออฟ (handoff call) ในการเริ่มกระบวนการแฮนด์ออฟจะ

พิจารณาจากกำลังของสัญญาณ (signal strength) หรืออัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณแทรกสอด (Signal – to – Interference Ratio หรือ SIR) [4] แต่ในที่นี้เพื่อความสะดวก จะพิจารณาการเริ่มกระบวนการแฮนด์ออฟจากการแจกแจงของเวลาการยึดช่องสัญญาณ (channel holding time) และโดยทั่วไปการบล็อก (block) การเรียกที่กำลังดำเนินอยู่มีผลกระทบต่อผู้ใช้มากกว่าการปฏิเสธการเรียกใหม่ดังนั้นระบบจึงควรให้ลำดับความสำคัญกับการร้องขอการเรียกจากการแฮนด์ออฟสูงกว่าการร้องขอการเรียกใหม่

วัตถุประสงค์ของการควบคุมการตอบรับการเรียกคือการเพิ่มค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร (resource utilization) ให้มีค่ามากที่สุดและยังคงสามารถรับรองคุณภาพของบริการสำหรับการเรียกทุกการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบ โดยทั่วไปวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่ 1 แบบแผนที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบตายตัว (hard capacity) โดยความจุของระบบจะมีค่าคงที่ตามขนาดแบนด์วิดท์ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา การควบคุมการตอบรับการเรียกจะขึ้นอยู่กับปริมาณแบนด์วิดท์ที่ถูกใช้ไป เช่น ระบบที่ใช้การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งเวลา ประเภทที่ 2 แบบแผนที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัว (soft capacity) โดยความจุของระบบจะมีค่าไม่แน่นอนตายตัวและถูกจำกัดโดยปริมาณของสัญญาณแทรกสอดภายในช่องสัญญาณเดียวกัน (interference-limited) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการต่อที่ดำเนินอยู่ภายในเซลล์และภายในเซลล์ข้างเคียง ดังนั้นการควบคุมการตอบรับการเรียกประเภทนี้จึงเป็นการจัดการกับสัญญาณแทรกสอดเพื่อให้ได้คุณภาพของบริการที่ต้องการและเหมาะสำหรับระบบที่ใช้การเข้าถึงหลายทางแบบแบ่งรหัส โดยการควบคุมการตอบรับการเรียกจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่แสดงถึงคุณภาพของสัญญาณ เช่น ค่า SIR, ค่าอัตราส่วนของพลังงาน 1 บิตต่อกำลังของสัญญาณรบกวน (Bit Energy to Noise density Ratio (E_b/N_0) : E_b/N_0 = Processing gain*SIR)

ค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์คือค่าวัดสมรรถนะที่สำคัญของการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับระบบสื่อสารเคลื่อนที่ที่รองรับการให้บริการหลายระดับชั้น แต่ประเด็นเรื่องความเท่าเทียมของบริการแต่ละระดับก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน โดยทั่วไปการออกแบบวิธีควบคุมการตอบรับการเรียกจะมุ่งเพิ่มค่าการใช้ประโยชน์ให้มีค่ามากที่สุดแต่อาจจะไม่สามารถรับรองเรื่องความเท่าเทียมของบริการแต่ละระดับ [5-7] ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงวิธีควบคุมการตอบรับการเรียกให้สามารถใช้ประโยชน์ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพและในขณะเดียวกันก็สามารถให้ความเท่าเทียมแก่บริการในระดับต่างๆ

ทฤษฎีเกม (game theory) เป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่สามารถวางหลักเกณฑ์การตัดสินใจที่เหมาะสมแก่ผู้เล่น สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความขัดแย้งในผลประโยชน์ ดังนั้นทฤษฎีเกมจึงมี

ความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาเรื่องประสิทธิภาพและความเท่าเทียมของการควบคุมการตอบรับการเรียก

ตัวอย่างของงานวิจัยที่ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกประเภทที่ 1 และให้ลำดับความสำคัญกับการแฮนด์ออฟได้แก่

C. Oliveira, J. Bae Kim, และ T. Suda [7] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกบนพื้นฐานของการจองแบนด์วิดท์แบบปรับตัวได้ (adaptive bandwidth reservation) เพื่อรับรองคุณภาพการให้บริการสำหรับทราฟฟิกมัลติมีเดียบนโครงข่ายเซลลูลาร์ไร้สายความเร็วสูง โดยจองแบนด์วิดท์ในเซลล์รอบข้างเซลล์ที่มีการเรียกใหม่เกิดขึ้น เมื่อผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังเซลล์ใหม่ก็จะใช้แบนด์วิดท์ที่ได้จองไว้และจองแบนด์วิดท์ในเซลล์รอบข้างชุดใหม่ต่อไป พบว่าวิธีนี้ทำให้ความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟผิดพลาดมีค่าต่ำลงเมื่อเทียบกับวิธีที่ไม่มีการจองแบนด์วิดท์ และการปรับขนาดการจองแบนด์วิดท์ตามสภาวะของโครงข่ายทำให้ค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์มีค่าเพิ่มขึ้น

Y. Zhang และ D. Liu [8] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกแบบปรับตัวได้บนพื้นฐานของช่องสัญญาณกัน (guard channel) โดยช่องสัญญาณกันจะถูกปรับตามความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟผิดพลาด พบว่าวิธีนี้สามารถรับรองความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟผิดพลาดให้มีค่าต่ำกว่าค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (Threshold) ที่กำหนดไว้เมื่อสภาวะทราฟฟิกเปลี่ยนแปลงไปและลดความน่าจะเป็นของการบล็อกการเรียกใหม่ (new call blocking probability) ให้มีค่าต่ำที่สุด

Wha Sook Jeon และ Dong Guen Jeong [9] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกในกรณี ทราฟฟิกอสมมาตรระหว่างข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลงในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สาย โดยใช้แบนด์วิดท์ที่ถูกกันแบบปรับตัวได้เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญให้กับบริการแต่ละระดับชั้นและให้ลำดับความสำคัญกับการเรียกจากการแฮนด์ออฟมากกว่าการเรียกใหม่ การเรียกจะได้รับการตอบรับเมื่อทรัพยากรของข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลงมีเพียงพอ

ตัวอย่างของงานวิจัยที่ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกประเภทที่ 2 และให้ลำดับความสำคัญกับการเรียกจากการแฮนด์ออฟได้แก่

D. Liu และ Y. Zhang [10] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับระบบเซลลูลาร์ DS-CDMA ที่รองรับการให้บริการแบบมัลติมีเดีย เมื่อมีการเรียกใหม่หรือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟเข้ามาในระบบ วิธีนี้จะคำนวณค่ากำลังต่ำที่สุดของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานี (รวมทั้งสถานีเคลื่อนที่ที่เข้ามาใหม่) ที่สถานีฐานเพื่อรับรองค่า E_b/N_0 ที่ต้องการ ถ้าค่ากำลังต่ำที่สุดที่ต้องการของสถานีเคลื่อนที่ทุกสถานีมีค่าไม่เกินค่าจุดเริ่มเปลี่ยนที่กำหนดไว้ การเรียกใหม่จะได้รับการตอบรับ นอกจากนั้นวิธีนี้ยังได้กำหนดลำดับความสำคัญของการเรียกจากการแฮนด์ออฟสูงกว่าการเรียกใหม่

โดยกำหนดค่าจุดเริ่มเปลี่ยนของการเรียกใหม่ให้มีค่าต่ำกว่าค่าจุดเริ่มเปลี่ยนของการเรียกจากการแฮนด์ออฟ และได้เสนอวิธีการปรับค่าจุดเริ่มเปลี่ยนของการเรียกใหม่ตามความน่าจะเป็นของการแฮนด์ออฟผิดพลาด

Wha Sook Jeon และ Dong Guen Jeong [11] ได้เสนอวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกสำหรับระบบ DS-CDMA ที่สามารถรองรับทราฟฟิกอสมมาตรระหว่างข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและขาลงในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สาย การควบคุมการตอบรับการเรียกตั้งอยู่บนพื้นฐานของค่า E_b/N_0 โดยการเรียกจะได้รับการตอบรับเมื่อค่า E_b/N_0 ของการเรียกที่กำลังดำเนินอยู่และการเรียกที่เข้ามามีค่าไม่ต่ำกว่าค่าจุดเริ่มเปลี่ยน มีการกำหนดลำดับความสำคัญให้กับบริการแต่ละระดับชั้นและให้ลำดับความสำคัญกับการเรียกจากการแฮนด์ออฟมากกว่าการเรียกใหม่สำหรับบริการในระดับชั้นเดียวกัน โดยบริการที่มีลำดับความสำคัญสูงจะมีค่าจุดเริ่มเปลี่ยนต่ำเพื่อลดอัตราการบล็อกการเรียกของบริการชนิดนั้น

ความเท่าเทียมก็มีความสำคัญในโครงข่ายสื่อสารที่รองรับการให้บริการหลายระดับชั้น เนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันของบริการชนิดต่างๆ มีผลทำให้การจัดสรรทรัพยากรสำหรับบริการเป็นไปอย่างไม่ยุติธรรมถ้าไม่มีการพิจารณาถึงเรื่องความเท่าเทียมในขั้นตอนของการออกแบบ โดยทั่วไปวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกที่มีประสิทธิภาพจะสามารถเพิ่มค่าวิสัยสามารถ (throughput) ให้มีค่ามากที่สุดแต่อาจจะไม่สามารถรับรองความเท่าเทียม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกที่มีประสิทธิภาพและสามารถให้ความเท่าเทียมแก่ผู้ใช้บริการ โดยพบว่าทฤษฎีเกมมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหานี้ เนื่องจากทฤษฎีเกมจะพิจารณาทั้งเรื่องประสิทธิภาพ และเรื่องความเท่าเทียม นอกจากนั้นทฤษฎีเกมยังสามารถวางหลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้องเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

Dziong และ Mason [13] ได้เสนอการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมร่วมมือเพื่อวิเคราะห์หาวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกที่มีประสิทธิภาพและมีความเท่าเทียมสำหรับโครงข่ายแบบ connection-oriented ที่รองรับบริการหลายระดับ โดยประสิทธิภาพได้รับการรับรองจากหลักการพาเรโตออพติมัลลิตี และความเท่าเทียมได้รับการรับรองจากสัจพจน์ของความเท่าเทียม ชุดสัจพจน์ของความเท่าเทียมที่แตกต่างกันจะให้ผลเฉลยที่แตกต่างกันเพื่อรองรับวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกที่มีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน

Chang และ Subramanian [14] ได้เสนอวิธีการจัดสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสมในโครงข่าย ATM ไร้สายโดยให้ลำดับความสำคัญกับการเรียกจากการแฮนด์ออฟบนพื้นฐานของทฤษฎีเกมร่วมมือ โดยพิจารณาการเรียกใหม่และการเรียกจากการแฮนด์ออฟเป็นผู้เล่น 2 คนและหาผลเฉลยโดยวิธี

Modified-Thomson ใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Markov Decision Process (MDP) เพื่อแปลงปัญหาให้เป็นแบบ linear

1.2 แนวทางวิทยานิพนธ์

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น พบว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกมีส่วนสำคัญในระบบสื่อสารในการทำหน้าที่รับรองคุณภาพของบริการสำหรับการเรียกทุกการเรียกและเพิ่มค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรให้มีค่าสูงที่สุด นอกจากนั้นประเด็นเรื่องความเท่าเทียมก็มีความสำคัญในระบบสื่อสารที่รองรับการใช้บริการหลายระดับชั้น เนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันของบริการชนิดต่าง ๆ มีผลทำให้การจัดสรรทรัพยากรสำหรับบริการแต่ละชนิดเป็นไปอย่างไม่ยุติธรรม และจากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่ผ่านมา พบว่าทฤษฎีเกมมีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาเรื่องประสิทธิภาพและความเท่าเทียม ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมไม่ร่วมมือและเกมร่วมมือกับวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายประเภทที่ 1 และ 2 ที่พิจารณาทราฟฟิกในกรณีข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เหมาะสมจากผลเฉลยของเกมซึ่งมีคุณสมบัติเรื่องประสิทธิภาพและความเท่าเทียม โดยสามารถให้ความเท่าเทียมแก่ผู้ใช้บริการประเภทต่างๆ และรับรองลำดับความสำคัญสำหรับบริการต่าง ๆ พร้อมทั้งสามารถจัดสรรทรัพยากรที่ใช้ในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมเพื่อปรับปรุงวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่แบบมัลติมีเดียที่รองรับระดับการบริการ 3 ระดับ เพื่อที่สามารถให้ความเท่าเทียมแก่ผู้ใช้บริการประเภทต่าง ๆ พร้อมทั้งสามารถจัดสรรทรัพยากรที่ใช้ในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรับรองลำดับความสำคัญสำหรับบริการต่าง ๆ ได้

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการประยุกต์ใช้ทฤษฎีเกมกับวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายแบบมัลติมีเดีย ที่พิจารณาทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น โดยจำลองปัญหาในเรื่องประสิทธิภาพและความเท่าเทียมของวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 เป็นเกมร่วมมือและเกมไม่ร่วมมือที่มีจำนวนผู้เล่นเท่ากับจำนวนระดับของบริการในระบบ กำหนดฟังก์ชันอรรถประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ค่าการใช้ประโยชน์แบนด์วิดท์ และค่าคุณภาพของการให้บริการ เพื่อใช้วัดปริมาณความพึงพอใจของผู้เล่น โดยในที่นี้พิจารณาเฉพาะเกมที่มีผู้เล่นมากกว่า 2 คน โดยผู้เล่นมีอิสระที่จะสามารถตัดสินใจเองว่าจะเลือกร่วมมือกันทั้งกลุ่มหรือเลือกที่จะไม่ร่วมมือกันเลย หรือสามารถจับกลุ่มร่วมมือกลุ่มย่อยได้ ซึ่งสามารถหาผลเฉลยได้จากค่าของ Shapley value

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาความรู้พื้นฐานและค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่องต่อไปนี้
    - การควบคุมตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายแบบมัลติมีเดีย
    - ทฤษฎีเกม
2. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการตอบรับการเรียกที่มีมาในอดีต
3. จำลองปัญหาที่เกิดขึ้นให้เป็นเกมตามทฤษฎีเกม
4. เขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบวิธีที่เสนอ
5. วิเคราะห์และประเมินผลวิธีที่เสนอ
6. สรุป วิจารณ์ และรวบรวมข้อมูลทั้งหมด และเขียนข้อมูลวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถวิเคราะห์หาวิธีการควบคุมการตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ไร้สายแบบมัลติมีเดียที่พิจารณาทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้น โดยสามารถให้ความเท่าเทียมแก่ผู้ใช้บริการประเภทต่าง ๆ และรับรองลำดับความสำคัญสำหรับบริการต่าง ๆ พร้อมทั้งจัดสรรทรัพยากรที่ใช้ในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้ให้บริการจะได้ประโยชน์เนื่องจากมีการใช้ทรัพยากรในระบบอย่างคุ้มค่าและผู้ใช้บริการสำหรับบริการแต่ละระดับก็จะได้รับความพึงพอใจเนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในระบบได้อย่างยุติธรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย