บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

เนื่องจากบริการที่ต้องการในระบบสื่อสารมีแนวโน้มที่จะเป็นมัลติมีเดียมากขึ้นและบริการแต่ละประเภทก็ต้องการคุณภาพบริการที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นแบบแผนควบคุมการตอบรับการเรียกจะต้องคำนึงถึงลำดับความสำคัญของบริการและประเภทของการเรียกในการตัดสินใจที่จะตอบรับการเรียกด้วย โดยลำดับความสำคัญที่ให้ขึ้นกับผู้ให้บริการ ซึ่งลำดับความสำคัญในที่นี้จะให้บริการเสียงมีลำดับความสำคัญมากกว่าบริการอินเทอร์เนต เมื่อแบบแผนการตอบรับการเรียกพิจารณาถึงลำดับความสำคัญของบริการจะทำให้ระบบใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้มากขึ้นนั้นคือตอบรับบริการเสียงได้มากขึ้นซึ่งบริการประเภทนี้ใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้มากกว่าบริการอินเทอร์เนตนั้นเอง และเนื่องจากการเรียกสามารถแบ่งออกได้เป็นการเรียกใหม่และการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญที่เสนอก็ยังสามารถรับประกันลำดับความสำคัญได้ โดยลำดับความสำคัญที่ให้ในการจำลองแบบเรียงจากมากไปน้อยคือการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟสำหรับบริการเสียง, การเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟของบริการอินเทอร์เนต, การเรียกใหม่สำหรับบริการเสียง และการเรียกใหม่สำหรับบริการอินเทอร์เนต

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกในระบบสื่อสารเคลื่อนที่ WCDMA โดยมีแนวคิดว่าการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณาซึ่งเป็นการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบกึ่งตายตัว สามารถทำให้ระบบสามารถรับประกันคุณภาพบริการให้กับการเรียกได้และใช้เวลาในการประมวลผลสั้นกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัวแต่ใช้เวลามากกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบตายตัว และประยุกต์ใช้การจองโหลดที่สามารถปรับค่าได้ตามอัตราการเรียกของการเรียกที่ถูกจองไว้เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับสภาพแวดล้อมที่ต่างกันได้

แบบแผนที่เสนอมีการทำงานดังนี้ ระบบจะตอบรับการเรียกเมื่อผลรวมของค่าตัวประกอบโหลดของการเรียกทุกการเรียกในระบบกับค่าตัวประกอบโหลดที่จองไว้สำหรับการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา และค่าตัวประกอบโหลดของการเรียกที่เข้ามามีค่าไม่เกินค่าจุดเปลี่ยนที่ตั้งไว้ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9 [24] ซึ่งค่าโหลดที่จองไว้จะมีค่าเปลี่ยนตามอัตราการเข้าของการเรียกที่มีลำดับความสำคัญสูงกว่าการเรียกที่เข้ามา

เมื่อพิจารณาผลการจำลองระบบเมื่อใช้แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอดังในบทที่ 4 พบว่าแนวคิดดังข้างต้นเป็นจริง โดยผลที่ได้สรุปได้ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผลซึ่งเป็นแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบตายตัว พบว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายน้อยกว่าแบบแผนที่พิจาณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล แสดงได้ว่าแบบแผนที่เสนอสามารถรับประกันคุณภาพบริการของการเรียกได้ดีกว่า แต่เมื่อพิจารณาค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรพบว่าแบบแผนที่เสนอให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรน้อยกว่าแบบแผนที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล เนื่องจากแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอพิจารณาค่าการแทรกสอดที่เกิดขึ้นในระบบด้วยจึงทำให้โหลดที่วัดได้มีค่ามากกว่าโหลดในระบบที่เกิดจากการเรียกในเซลล์ที่สนใจเท่านั้น ซึ่งทำให้ระบบที่ใช้แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอตอบรับการเรียกได้น้อยกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาแบนด์วิดท์ประสิทธิผล และเมื่อเปรียบเทียบความซับซ้อนจะพบว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอจะซับซ้อนมากกว่าเพียงเล็กน้อยเนื่องจากในการหาค่าโหลดในระบบจะพิจารณาค่าการแทรกสอดด้วย

จากผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบระหว่างแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ซึ่งเป็นแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ตั้งบนพื้นฐานของความจุแบบไม่ตายตัว พบว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีค่าความน่าจะเป็นที่สัญญาณขาดหายเท่ากับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่ให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอและแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 มีการพิจารณาค่าการแทรกสอดในระบบเช่นเดียวกัน แต่แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอเป็นการจองโหลดที่สามารถปรับค่าได้ในขณะที่แบบแผนการให้ลำดับความสำคัญของแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เป็นการตั้งค่าจุดเปลี่ยนที่คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมจึงทำให้ค่าจุดเปลี่ยนที่ตั้งไว้ไม่เหมาะสมเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไป ซึ่งทำให้ระบบที่ใช้แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอตอบรับการเรียกได้มากกว่า และจากการพิจารณาความซับซ้อนพบว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมีความซับซ้อนน้อยกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เนื่องจากแบบแผนที่เสนอไม่ต้องพิจารณาแยกตามการเรียกแต่ละการเรียกในระบบ เมื่อจำนวนการเรียกที่ดำเนินอยู่ในระบบมากขึ้นแบบแผนที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 ก็จะมีความซับซ้อนมากกว่าแบบแผนที่เสนอมากขึ้น

เนื่องจากระบบที่สนใจในที่นี้คือระบบ WCDMA ซึ่งมีค่าตัวประกอบใช้ความถี่ซ้ำ (frequency reuse factor) เท่ากับ 1 ดังนั้นจึงมีการแทรกสอดกันระหว่างผู้ใช้จากภายในเซลล์และ

ผู้ใช้จากเซลล์ข้างเคียงทำให้ความจุของระบบถูกจำกัดด้วยค่าการแทรกสอด เมื่อระบบตอบรับการเรียกเข้ามาในระบบมากเกินไปจะทำให้คุณภาพบริการของการเรียกที่ดำเนินในระบบไม่ได้รับประกันนั้นคือระดับ E_b / N_0 มีค่าต่ำกว่าค่าที่ต้องการจึงทำให้สัญญาณขาดหายได้ และอาจนำไปสู่การดร็อปการเรียกได้ ซึ่งในการใช้งานจริงการดร็อปการเรียกควรเกิดขึ้นน้อยกว่าการบล็อกการเรียก

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอและแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 เหมาะสมสำหรับระบบที่ความจุของระบบถูกจำกัดด้วยค่าการแทรกสอด นั้นคือระบบ WCDMA พร้อมทั้งสามารถรับประกันคุณภาพบริการให้กับการเรียกได้ แต่แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอให้ค่าการใช้ประโยชน์สูงกว่าและซับซ้อนน้อยกว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาบริการที่หลากหลายขึ้นจะเห็นได้ว่าระบบมีทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากัน ดังนั้นถ้าความจุของระบบในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากันจะทำให้ระบบถูกจำกัดด้วยข่ายเชื่อมโยงที่มีทราฟฟิกมากกว่า ดังนั้นถ้าทำให้ข่ายเชื่อมโยงที่ต้องรองรับทราฟฟิกมากมีทรัพยากรมากกว่าอีกข่ายเชื่อมโยงจะทำให้ระบบตอบรับการเรียกได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการจำลองแบบพบว่าเมื่อนำแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอมาใช้กับระบบที่ข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีความจุไม่เท่ากัน ระบบยังคงให้สมรรถนะที่ดีกว่ากรณีที่ใช้แบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่เสนอกับระบบที่ข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีความจุเท่ากันเช่นเดียวกับแนวความคิดข้างต้น แสดงว่าค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าเพิ่มขึ้นแต่ระบบยังคงรับประกันคุณภาพบริการให้กับการเรียกได้ โดยระบบที่สามารถแบ่งความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไม่เท่ากันได้คือระบบที่มีการดูเพลกซ์แบบแบ่งเวลา

ดังนั้นจากผลการจำลองแบบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่ใช้ตัวประกอบโหลดเป็นเงื่อนไขในการพิจารณาสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับระบบ WCDMA ที่มีการดูเพลกซ์แบบแบ่งเวลา เพื่อรองรับทราฟฟิกแบบมัลติมีเดียซึ่งมีแนวโน้มที่ต้องการเพิ่มขึ้นในอนาคตได้ เนื่องจากให้ค่าการใช้ประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นกว่าระบบ WCDMA ที่มีความจุในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองเท่ากัน เช่นระบบ WCDMA ที่มีการดูเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ พร้อมทั้งสามารถรับประกันคุณภาพบริการให้กับการเรียกได้เช่นเดียวกับแบบแผนการควบคุมการตอบรับการเรียกที่พิจารณาระดับ E_b / N_0 แต่ใช้เวลาในการประมวลผลเร็วกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

1. ประยุกต์ใช้กับระบบที่มีหลายเซลล์ โดยมีการแฮนด์ออฟจากเซลล์และอัตราการแฮนด์ออฟออกจากเซลล์มีค่าไม่เท่ากับอัตราการแฮนด์ออฟเข้ามายังเซลล์

เนื่องจากระบบที่ใช้ในการจำลองแบบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พิจารณาระบบที่สภาวะสมดุลเชิงสถิติ ซึ่งจะไม่พบในระบบจริง ดังนั้นจึงได้เสนอแนวทางวิจัยนี้เพื่อพิจารณาสมรรถนะของระบบที่คล้ายระบบจริงมากขึ้น และพิจารณาแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญที่เสนอยังคงรับประกันลำดับความสำคัญได้หรือไม่เมื่อนำไปใช้ในระบบจริง โดยขั้นตอนในการให้ลำดับความสำคัญต้องเปลี่ยนแปลงในส่วนของการจองสัดส่วนโหลดไว้สำหรับการเรียกที่เกิดจากการแฮนด์ออฟโดยจะพิจารณาจากจำนวนการเรียกที่คาดว่าจะแฮนด์ออฟเข้ามายังเซลล์ที่สนใจ ซึ่งการพิจารณาการเรียกใดที่จะแฮนด์ออฟจะพิจารณาจากระยะทางจากการเรียกมายังสถานีฐานที่สนใจและอัตราการเคลื่อนที่ของการเรียกเพื่อหาเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของการเรียกนั้น และมีการตั้งค่าจุดเปลี่ยนของเวลาโดยถ้าการเรียกใดใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่าค่าจุดเปลี่ยนก็จะให้น้ำหนักในการจองโหลดไว้สำหรับการเรียกนั้นมากกว่าการเรียกที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าค่าจุดเปลี่ยนที่ตั้งไว้ ซึ่งแสดงว่าการเรียกที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มายังเซลล์ที่สนใจน้อยกว่ามีโอกาสที่จะเกิดการแฮนด์ออฟมายังเซลล์ที่สนใจเร็วกว่าการเรียกที่ใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า

2. ปรับปรุงค่า Δ ในแบบแผนการให้ลำดับความสำคัญให้สามารถปรับค่าได้

ดังแสดงในบทที่ 4 พบว่าค่า Δ มีผลต่อค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร และนอกจากนั้นพบว่าค่า Δ ที่คงที่ไม่ได้ทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่ามากที่สุดเสมอเมื่ออัตราการเข้าหรือสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปนั้นคืออัตราส่วนค่าแบนด์วิดท์ระหว่างข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นและข่ายเชื่อมโยงขาลง ดังนั้นถ้าค่า Δ สามารถปรับค่าได้เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปก็จะทำให้ระบบสามารถใช้ทรัพยากรได้มากขึ้นแต่อาจจะทำให้ความซับซ้อนมีค่าเพิ่มขึ้น โดยทำการหาสมการจากความสัมพันธ์ระหว่างค่า Δ, ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากร, ค่าอัตราการมาถึงของการเรียก และค่าอัตราส่วนแบนด์วิดท์ระหว่างข่ายเชื่อมโยงทั้งสองในกรณีที่ระบบมีการดูเพลกซ์แบบแบ่งเวลาซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนไปได้ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อหาค่า Δ ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปได้

3. จัดสรรอัตราส่วนระหว่างข่ายเชื่อมโยงทั้งสองให้ปรับค่าได้

นอกจากค่า Δ ที่ปรับค่าได้จะทำให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมีค่าเพิ่มขึ้นแล้ว ปัจจัยต่อไปที่มีผลต่อค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรคืออัตราส่วนแบนด์วิดท์ระหว่างข่ายเชื่อมโยงทั้งสอง ซึ่งจะสังเกตได้ว่าการแบ่งแบนด์วิดท์ให้กับข่ายเชื่อมโยงทั้งสองจะต้องพิจารณาถึงค่าความต้องการใช้ทรัพยากรในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองและอัตราการมาถึงของการเรียกแต่ละประเภทในขณะนั้น โดยถ้าที่ขณะใดความต้องการในการใช้ข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นมากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาลงหรือความต้องการในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองมีค่าเท่ากัน ระบบควรจะสามารถปรับแบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงขาขึ้นให้มากกว่าข่ายเชื่อมโยงขาลงหรือมีค่าเท่ากันได้ ซึ่งเป็นการนำแบบแผนการจัดสรรแบนด์วิดท์มาใช้ร่วมด้วย แต่ในวิทยานิพนธ์ที่เสนอเป็นการตั้งค่าแบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองไว้คงที่จึงทำให้ผู้ดูแลระบบต้องหาค่าแบนด์วิดท์ทั้งสองใหม่ทุกครั้งที่ความต้องการเปลี่ยนไป

เพื่อให้ระบบใช้ทรัพยากรได้มากที่สุด นอกจากนั้นค่าที่ตั้งไว้ก็ไม่ได้ครอบคลุมความต้องการที่เปลี่ยนไปทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นในระบบจริงได้แต่เป็นค่าที่เหมาะสมกับช่วงเวลาของความต้องการในแต่ละช่วงเท่านั้นไม่ว่าจะเป็นปริมาณทราฟฟิกในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองและอัตราการมาถึงของการเรียก ดังนั้นถ้านำการจัดสรรแบนด์วิดท์มาใช้จะทำให้ระบบสามารถจัดสรรแบนด์วิดท์ได้อัตโนมัติในทุกค่าความต้องการแม้ความต้องการจะเปลี่ยนไปและหลากหลายขึ้นพร้อมทั้งให้ค่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรมากกว่าการตั้งค่าอัตราส่วนแบนด์วิดท์ในข่ายเชื่อมโยงทั้งสองแบบคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย