บทที่ 5

สรุปผลการจำลองแบบและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการจำลองแบบ

จากการจำลองแบบเพื่อเปรียบเทียบวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 กับวิธี PCMPC และ CSOPC เมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ กันพบว่าวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPC และ CSOPC ที่ค่าทุกค่าของ Desired SIR (-12, -11.5, ..., -8 dB) , ที่ค่าทุกค่าของจำนวนสถานีเคลื่อนที่ (8 ถึง 13 สถานี) ที่ใช้ในการจำลองแบบ และที่ทุกจำนวนของจำนวนบิตควบคุมกำลัง (1 ถึง 8 บิต) แต่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายสูงกว่าของวิธี PCMPC กรณีที่จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 1 บิตส่วนวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 ให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับของวิธีควบคุมกำลังแบบ PCMPC, CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ที่ค่าทุกค่าของ Desired SIR (-12, -11.5, ..., -8 dB) , ที่ค่าทุกค่าของจำนวนสถานีเคลื่อนที่ (8 ถึง 13 สถานี) ที่ใช้ในการจำลองแบบ และจำนวนบิตควบคุมกำลัง (1 ถึง 8 บิต) แต่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย (1.6640×10^{-1} และ 1.5979×10^{-1} กรณีวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) สูงกว่าของวิธี PCMPC กรณีที่จำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 1 บิต (3.0569×10^{-2})

นอกจากนี้ยังทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะที่สุด ซึ่งก็คือค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุดได้แก่ จำนวนบิตควบคุมกำลัง พบว่าจำนวนบิตควบคุมกำลังที่เหมาะสมคือ 5 บิต ขอบเขตบนของการควอนไตซ์ (Q_{max}) ที่เหมาะสมสำหรับวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 คือ 2.2 และ 2.6 ตามลำดับ และขอบเขตล่างของการควอนไตซ์ (Q_{min}) ที่เหมาะสมสำหรับวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 คือ 0.6 และ 0.5 ตามลำดับ ค่า Desired SIR ที่เหมาะที่สุดสำหรับทุกวิธีเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานีเท่ากับ –11 dB โดยในทางปฏิบัติกำหนดให้ค่า Desired SIR เท่ากับ –14 dB ซึ่งไม่ใช่ค่าที่เหมาะที่สุดเมื่อจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี ในทางปฏิบัติจึงควรมีการเปลี่ยนแปลงค่า Desired SIR ให้เหมาะสมกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ที่เปลี่ยนไปด้วยเพื่อให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากค่า Desired SIR ที่เหมาะที่สุดมีความเกี่ยวข้องกับอัตราขยายช่ายเชื่อมโยง และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ ซึ่งเมื่อทราบค่าอัตราขยายช่ายเชื่อมโยงและจำนวนสถานีเคลื่อนที่ของระบบ จะสามารถคำนวณค่า SIR มากที่สุดของระบบ (γ_{max}) ได้ซึ่งค่าดังกล่าวมีความสำคัญ

ต่อการควบคุมกำลังมากเนื่องจากเมื่อค่า Desired SIR มีค่าต่ำกว่าค่า γ_{max} ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะมีค่าต่ำและไม่ขึ้นกับจำนวนสถานีเคลื่อนที่ แต่เมื่อกำหนดให้ค่า Desired SIR มีค่ามากกว่า γ_{max} จะทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่า Desired SIR และจำนวนสถานีเคลื่อนที่ที่เพิ่มขึ้นดังแสดงไว้ในหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3

สาเหตุที่ทำให้วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายต่ำกว่าของวิธี PCMPC และ CSOPC คือ การทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงล่วงหน้าเนื่องจากจะทำให้กำลังของสถานีเคลื่อนที่หลังจากการควบคุมกำลังมีค่าเท่ากับกำลังที่สอดคล้องกับอัตราขยายข่ายเชื่อมโยง ณ เวลาที่ทำการส่งกำลังไปยังสถานีฐานซึ่งจะทำให้ค่า SIR ของสถานีเคลื่อนที่มีค่าใกล้เคียงกับ Desired SIR มากกว่าของวิธี PCMPC และ CSOPC

จากการคำนวณข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf กรณีจำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี, บิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิต และ Desired SIR เท่ากับ –11 dBพบว่าวิธี PCMPC มีความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของค่า SIR ที่ได้รับสูงที่สุด คือ 2.5100 และ 2.7136 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ รองลงมาคือวิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ส่วนวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของค่า SIR ที่ได้รับต่ำที่สุด คือ 1.3100 และ 1.3809 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ วิธี PCMPC มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้รับสูงที่สุด คือ 0.5351 และ 0.5348 dB ตามลำดับ รองลงมาคือวิธี CSOPC และวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 ส่วนวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SIR ที่ได้รับต่ำที่สุด คือ 0.2611 และ 0.2609 dB ตามลำดับ

วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอมีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, pdf) แคบกว่า pdf ของวิธี PCMPC และ CSOPC หมายความว่าค่า SIR ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอมีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR น้อยกว่า โดยพิจารณาได้จากการที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบของวิธีที่เสนอมีค่าต่ำกว่า (0.5351, 0.4365, 0.3425 และ 0.2611 dB กรณีวิธี PCMPC, CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) และจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากการประมาณด้วย Gaussian pdf ของวิธีที่เสนอมีก็มีค่าต่ำกว่า (0.5348, 0.4376, 0.3401 และ 0.2609 dB กรณีวิธี PCMPC, CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) นอกจากนี้ค่า SIR ที่มี pdf สูงที่สุดซึ่งก็คือค่าเฉลี่ยของ SIR ที่ได้รับจากวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอยังมีค่าใกล้เคียงกับ Desired SIR (-11 dB) มากกว่าที่ได้จากวิธี PCMPC และ CSOPC โดยมีความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยของ SIR ที่ได้รับที่ได้จากการคำนวณข้อมูลดิบเท่ากับ 2.5100, 2.3973, 1.7600 และ1.3100 เปอร์เซ็นต์ กรณีวิธี PCMPC, CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และมี

ความผิดพลาดของค่าเฉลี่ยที่ได้ของ SIR ที่ได้จากการประมาณด้วย Gaussian pdf เท่ากับ 2.7136, 2.5009, 1.8255 และ 1.3809 เปอร์เซ็นต์ กรณีวิธี PCMPC, CSOPC, วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ แสดงว่าวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอสามารถควบคุมค่า SIR ได้แม่นยำกว่าเมื่อเทียบกับวิธี PCMPC และ CSOPC

วิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำกว่าและมีค่าเฉลี่ยของ SIR ที่ได้รับทั้งจากการคำนวณจากข้อมูลดิบและจากการประมาณด้วย Gaussian pdf ใกล้กับค่า Desired SIR มากกว่าของวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 แสดงว่าวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ค่า Desired SIR น้อยกว่าและสามารถควบคุมค่า SIR ให้เท่ากับ Desired SIR ได้แม่นยำกว่าวิธีควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 เนื่องจากการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงด้วยวิธี RLS ให้ความผิดพลาดของการทำนายน้อยกว่าของวิธี Quadratic Equation โดยความซับซ้อนในการทำนายด้วยวิธี Quadratic Equation มีความซับซ้อนพอๆ กับของวิธี RLS ซึ่งสังเกตได้จากเวลาที่ใช้ในการจำลองแบบ ในหัวข้อที่ 4.9 ของวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ใช้เวลาใกล้เคียงกันมากที่ค่าทุกค่าของจำนวนของสถานีเคลื่อนที่ (8 ถึง 13 สถานี) และทุกค่าของจำนวนของบิตควบคุมกำลัง (1 ถึง 8 บิต) สรุปว่าวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 2 มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของ SIR ที่ได้รับใกล้กับค่า Desired SIR มากที่สุดดังนั้นค่า SIR ที่ได้รับจึงเบี่ยงเบนจากค่า Desired SIR น้อยกว่าวิธีอื่นๆ

ในการจำลองแบบใช้คาบเวลาในการควบคุมเท่ากับ 2 ms [6] เพื่อเปรียบเทียบกับผลของ PCMPC [6] ซึ่งใช้เวลาในการจำลองแบบ 1 รอบเท่ากับ 2 ms แต่ใน IS-95 ใช้คาบเวลาในการควบคุมเท่ากับ 1.25 ms ซึ่งเร็วกว่า โดยความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะมีค่าลดลงเมื่อคาบเวลาในการควบคุมลดลง [6] ดังนั้นหากนำวิธีที่เสนอไปใช้ในมาตรฐาน IS-95 ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายจะลดลงเนื่องจากคาบเวลาในการควบคุมที่ใช้ในมาตรฐาน IS-95 มีค่าน้อยกว่าคาบเวลาในการควบคุมที่ใช้ในการจำลองแบบ

วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 กรณี Desired SIR เท่ากับ –11 dB, จำนวนสถานีเคลื่อนที่เท่ากับ 12 สถานี และจำนวนบิตควบคุมกำลังเท่ากับ 5 บิตมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดลงเมื่อเทียบกับวิธี PCMPC เท่ากับ 63.8525 และ 82.2131 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธี PCMPC เท่ากับ 182.5397 และ 184.2324 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับโดยเวลาที่ใช้ส่วนใหญ่คือการคำนวณเพื่อให้กำลังลู่เข้าสู่ค่ากำลังที่ต้องการ (P_d) ซึ่งใช้วิธี CSOPC โดยสังเกตจากเวลาที่วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ใช้เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับวิธี CSOPC ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.1938 และ10.8540 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเวลาที่ใช้ดังกล่าวเป็นเวลาที่ใช้สำหรับการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธี

การทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงด้วยวิธีสมการกำลังสองใช้เวลาในการคำนวณใกล้เคียงกับวิธี RLS

เนื่องจากวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอเป็นการควบคุมกำลังด้านขาขึ้น (Uplink Power Control) ดังนั้นการคำนวณค่าของกำลังที่สถานีเคลื่อนที่ต้องส่งจึงทำที่สถานีฐาน โดยโปรแกรมวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอไว้ที่สถานีฐานซึ่งประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงและส่วนควบคุมกำลังเพื่อให้ลู่เข้าสู่ค่ากำลังที่ต้องการ (P_d) ซึ่งวิธีการควบคุมกำลังที่เสนอวิธีที่ 1 และ 2 ต่างกันเฉพาะส่วนการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. คิดหาวิธีการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงที่มีความแม่นยำกว่าวิธี RLS หรือ Quadratic Equation เนื่องจากความแม่นยำของการทำนายอัตราขยายข่ายเชื่อมโยงมีผลทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายมีค่าต่ำลง โดยพยายามลดความซับซ้อนให้น้อยลง
2. คิดหาวิธีการควบคุมกำลังเพื่อให้ลู่เข้าสู่ค่าของกำลังที่ต้องการ (P_d) ให้เร็วกว่า, แม่นยำกว่า หรือซับซ้อนน้อยกว่าวิธี CSOPC เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณและเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมกำลังซึ่งทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายลดต่ำลง
3. คิดหาวิธีการสร้างคำสั่งควบคุมกำลังที่ใช้จำนวนบิตควบคุมกำลังน้อยลงและให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายค่าต่ำ
4. เพิ่มข้อกำหนดของการจำลองแบบ เช่น กำหนดอัตราการเรียกเข้าและระยะเวลาของการเรียก (Holding Time) ซึ่งจะทำให้จำนวนของสถานีเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลง แล้วศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหาย
5. ทำการประยุกต์วิธีการควบคุมกำลังที่เสนอเพื่อนำไปใช้ร่วมกับกรณีที่มีการทำซอฟต์แฮนด์ออฟ (Soft Handoff) ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาเฉพาะผลของเฟดดิงระยะยาวเท่านั้น
6. ทำการเปลี่ยนค่าที่ใช้ในการวัดสมรรถนะจากความน่าจะเป็นที่จะเกิดสัญญาณขาดหายเป็น Bit Error Rate แล้วทำการปรับปรุงการควบคุมกำลังในส่วนของเครื่องรับสัญญาณ