บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เสนอการนำอัลกอริทึม bootstrap และหลักการลด MOE มาใช้ในกระบวนการปรับอัตโนมัติ เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณเมตริกซ์ของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับที่ใช้ค่าน้ำหนักถ่วงคงที่ กระบวนการปรับอัตโนมัติที่ใช้นี้เป็นกระบวนการที่ไม่อาศัยเทรนนิ่งซีเควนซ์ หรือเรียกว่ากระบวนการปรับแบบบอด ซึ่งทำให้เครื่องรับนี้สามารถลดภาระในการคำนวณกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงช่องสัญญาณลงได้เมื่อเทียบกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดใช้ค่าน้ำหนักถ่วงคงที่ นั่นคือเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบแทนที่จะต้องทำการคำนวณ cholesky decomposition และอินเวอร์สเมตริกซ์ซึ่งมีความซับซ้อนต่อ 1 บิตข้อมูลเพิ่มตามจำนวนผู้ใช้เป็น $O(K^3/K) = O(K^2)$ ให้เสร็จภายในบิตถัดมา จะมีการคำนวณเพียง $O(K^2/K) = O(K)$ ในบิตถัดมาเท่านั้น ซึ่งเป็นการคำนวณในระดับเดียวกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดที่ใช้กระบวนการปรับอัตโนมัติโดยใช้เทรนนิ่งซีเควนซ์ แต่เครื่องรับแบบบอดนี้จะมีข้อได้เปรียบที่ไม่จำเป็นต้องส่งเทรนนิ่งซีเควนซ์ จึงมีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า รวมทั้งไม่มีความสูญเปล่าในกระบวนการส่งข้อมูลที่เกิดจากการส่ง เทรนนิ่งซีเควนซ์ สำหรับสมรรถนะที่ได้จากการจำลองระบบของเครื่องรับนี้ก็พบว่าให้สมรรถนะส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับเครื่องรับแบบป้อนกลับชนิดอื่นๆ

และเพื่อลดความยุ่งยากในการหาค่าช่วงก้าวที่เหมาะสมในการจำลองระบบ จะนำสัญญาณออกจากเครื่องรับแบบแมตช์มาหารด้วยอัตราขยายของสเปรดดิงโค้ด ก่อนที่จะป้อนเข้าไปสู่มัลติยูสเซอร์ดีเทกชัน รวมทั้งในกรณีที่ขนาดของสัญญาณที่มาถึงมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า 1 มากๆ จะนำค่าขนาดของสัญญาณไปใช้ในกระบวนการปรับอัตโนมัติด้วย

สำหรับค่าน้ำหนักถ่วงและ SMSE เมื่อใช้กรรมวิธีแบบบอดนี้พบว่ายิ่งค่าช่วงก้าวสูงจะมีอัตราการลู่เข้าสู่สภาวะอยู่ตัวเร็วขึ้นแต่จะให้ความผิดพลาดมากกว่า และค่า SMSE ของผู้ใช้แต่ละคนไม่จำเป็นต้องลู่เข้าพร้อมกัน ซึ่งในการจำลองระบบเพื่อทดสอบสมรรถนะจะเลือกค่าช่วงก้าวที่ทำให้ได้ค่า BER เฉลี่ยของระบบหลังปรับค่าน้ำหนักถ่วงไป 2000 ครั้งดีที่สุด

ทดสอบสมรรถนะของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดโดยจำลองระบบเชื่อมโยงขาขึ้นสำหรับการส่งแบบซิงโครนัสผ่านช่องสัญญาณที่มีการรบกวนจากสัญญาณรบกวนเกาส์เซียนแบบขาว

เมื่อไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นที่เครื่องรับ พิจารณาผลเมื่อกำลังของสัญญาณรบกวนเปลี่ยนไปในกรณีควบคุมกำลังส่งสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ รวมทั้งพิจารณาความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้-ไกล และผลที่มีต่อความจุของระบบ โดยทำการเปรียบเทียบกับเครื่องรับแบบอื่นๆ คือ เครื่องรับแบบแมตช์, ดีคอรีเลเตอร์, มัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดค่าน้ำหนักถ่วงคงที่, มัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับซึ่งใช้กระบวนการปรับอัตโนมัติโดยใช้เทรนนิ่งซีเควนซ์ และขอบเขตผู้ใช้รายเดียว ทดสอบกับระบบที่สเปรดด้วย Gold code ขนาด 7 บิต, Gold code ขนาด 31 บิต และสเปรดดิงโค้ดแบบสุ่มขนาด 31 บิต

ผลการจำลองระบบที่ได้พบว่า เมื่อไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นระบบที่ใช้สเปรดดิงโค้ดทั้ง 3 แบบจะให้ผลในลักษณะเดียวกัน และเครื่องรับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดนี้ให้สมรรถนะใกล้เคียงกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดค่าน้ำหนักถ่วงคงที่และชนิดอาศัยเทรนนิ่งซีเควนซ์ โดยให้ค่า BER ใกล้เคียงกันและมีความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้-ไกลในลักษณะเดียวกัน ทั้งในกรณีที่พิจารณาค่า BER เฉลี่ยของระบบ และพิจารณาค่า BER ของผู้ใช้แต่ละคน นอกจากนี้ลักษณะความสัมพันธ์ของความผิดพลาดจากผู้ใช้คนหนึ่งซึ่งมีต่อผู้ใช้อีกคนหนึ่ง ก็จะเป็นในลักษณะเดียวกันกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดค่าน้ำหนักถ่วงคงที่และชนิดใช้เทรนนิ่งซีเควนซ์ นั่นคือ ถ้าให้ผู้ใช้ที่มีความน่าเชื่อถือสูงเป็นผู้ใช้ลำดับแรกๆจะทำให้สมรรถนะโดยรวมของระบบดีขึ้น

นอกจากนั้น วิทยานิพนธ์นี้ยังได้พิจารณาผลของความผิดพลาดที่ด้านรับที่มีต่อสมรรถนะของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดนี้ด้วย พบว่าในกรณีเรียงลำดับสัญญาณเข้าผิดพลาด มัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดจะให้สมรรถนะด้อยลงในลักษณะเดียวกันกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดค่าน้ำหนักถ่วงคงที่ แต่ในกรณีที่ซิงโครไนซ์สัญญาณที่ด้านรับผิดจะพบว่ามัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดมีความทนทานต่อความผิดพลาดนี้มากกว่า อย่างไรก็ตามความทนทานนี้จะด้อยกว่าเมื่อเทียบกับมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับที่ใช้กระบวนการปรับอัตโนมัติโดยใช้เทรนนิ่งซีเควนซ์ เพราะกระบวนการปรับอัตโนมัติโดยอาศัยเทรนนิ่งซีเควนซ์ไม่มีความผิดพลาดเนื่องจากการประมาณบิตข้อมูลผิด

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

สำหรับงานที่ควรได้รับการศึกษาหรือพัฒนาต่อไป คือ

1) การศึกษาสมรรถนะของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดนี้ในกรณีช่องสัญญาณอื่นๆนอกเหนือจากช่องสัญญาณ AWGN เช่น ในช่องสัญญาณที่เกิดการเฟดดิ้ง (fading) เป็นต้น

2) พัฒนาเครื่องรับนี้เพื่อใช้ในระบบอะซิงโครนัส โดยโครงสร้างของเครื่องรับในระบบอะซิงโครนัสที่มีผู้เสนอขึ้นมามีอยู่หลายประเภท เช่น เครื่องรับแบบวันชอต (one-shot) และมัลติชอต (multi-shot) [17] เป็นต้น ซึ่งในกรณีของเครื่องรับแบบวันชอตจะมีความง่ายกว่า แต่จะไม่สามารถใช้ในบางกรณีขึ้นกับเวลาหน่วงที่มาถึงของผู้ใช้แต่ละคน สำหรับกรณีของมัลติยูสเซอร์ดีเทกชันแบบป้อนกลับชนิดบอดเมื่อใช้โครงสร้างแบบวันชอตก็อาจล่อออกได้ ส่วนโครงสร้างแบบมัลติชอตนั้นสามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ทุกกรณีแต่ก็จะมีความยุ่งยากมากกว่า

3) พัฒนาเครื่องรับนี้ต่อไปในระบบ CDMA แบบหลายอัตรา (multirate DS-CDMA) ทั้งนี้ระบบหลายอัตราหมายถึงระบบที่มีผู้ใช้ส่งสัญญาณต่างอัตรากัน ซึ่งเครื่องรับที่มีโครงสร้างแบบมัลติยูสเซอร์นั้นจำเป็นต้องใช้สัญญาณจากผู้ใช้คนอื่นๆ จึงจำเป็นต้องมีการปรับโครงสร้างบางอย่างเมื่อนำไปใช้กับระบบหลายอัตรา นอกจากนี้ระบบหลายอัตรายังแบ่งได้เป็นหลายประเภท คือ ประเภทที่ใช้การเปลี่ยนมอดูเลชั่น (multi-modulation) [29-31], ประเภทที่ใช้การเปลี่ยนชิฟเรต (chip rate) [30-32], ประเภทที่ใช้การเปลี่ยนอัตราขยาย (spreading gain) [29-32] , และสุดท้ายประเภทที่ใช้รหัสหลายตัว (multi-code) [29-32] ดังนั้นการพัฒนาเครื่องรับนี้ในระบบหลายอัตราประเภทต่างๆจึงเป็นที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย