บทที่ 5

สรุป

รายละเอียดในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการวิจัยที่ได้ในบทที่ 4 ทั้งกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส และช่องสัญญาณอะซิงโครนัส โดยจะสรุปเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. อัตราบิตผิดพลาดและความจุของเครื่องรับ
2. ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับ
3. ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ – ไกล
4. ผลของขนาดหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยเชิงสถิติ และค่าช่วงก้าวที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องรับ
5. ความซับซ้อนของเครื่องรับ
6. ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต

5.1 อัตราบิตผิดพลาดและความจุ

จากผลที่ได้ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสพบว่า เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่เสนอ (ทั้งแบบ VOE_DC_BA_PIC และ VOE_ADC_BA_PIC) สามารถประมาณสัญญาณแทรกสอดได้ถูกต้องและให้อัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ตลอดช่วงจำนวนของผู้ใช้ที่พิจารณาทั้งในกรณีที่มีการควบคุมกำลังอย่างสมบูรณ์และไม่สมบูรณ์ โดยพบว่าถ้ากำหนดให้อัตราบิตผิดพลาดที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.001 เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะรองรับผู้ใช้ได้ 25 คน ในขณะที่เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC จะสามารถรองรับผู้ใช้ได้ 10 คน

ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัส เนื่องจากสมรรถนะของเครื่องรับแบบ BA_PIC จะมีความสัมพันธ์กับความถูกต้องของบิตข้อมูลที่ใช้ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดมาก ดังนั้นจากผลการวิจัยจึงพบว่าเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะมีสมรรถนะที่ดีกว่าเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC เมื่อจำนวนผู้ใช้ไม่สูงมากนัก (15 คน และ 10 คน สำหรับเครื่องรับแบบ VOE_DC_BA_PIC และแบบ VOE_ADC_BA_PIC ตามลำดับ) และเมื่อจำนวนผู้ใช้เพิ่มสูงมากขึ้น สมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จึงลดลงอย่างมากโดยจะมีค่าใกล้เคียงกับสมรรถนะของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ทั้งนี้พบว่าถ้ากำหนดให้อัตราบิตผิดพลาดที่ยอมรับได้เท่ากับ 0.01 เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะรองรับผู้ใช้ได้ใกล้เคียงกันกับ เครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC โดยเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC จะรองรับผู้ใช้ได้ประมาณ 17 คน และเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC จะสามารถรองรับผู้ใช้ได้ 13 คน

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองแบบด้วยคอมพิวเตอร์ในกรณีที่ไม่อุดมคติในรูปที่ 4.44 (ข) และรูปที่ 4.45 (ข) กับผลที่ได้ในกรณีอุดมคติตามรูปที่ 4.51 (ข) และ 4.53 (ข) พบว่าเนื่องจากอัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณีไม่อุดมคติยังคงต่างจากกรณีอุดมคติมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่จำนวนผู้ใช้มีค่าสูงๆ ดังนั้นจึงน่าจะมีวิธีการที่จะปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ให้เข้าใกล้ค่าอุดมคติได้อีก ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต ต่อไป

5.2 ลักษณะการลู่เข้าของเครื่องรับ

จากผลการวิจัยพบว่าในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส อัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะเร็วกว่าอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ตลอดช่วงจำนวนผู้ใช้ที่พิจารณา

เมื่อพิจารณาในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสพบว่า เนื่องจากความเชื่อถือได้ที่ต่ำของบิตข้อมูลที่ใช้ในการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่จำนวนผู้ใช้สูงๆ ทำให้ความสามารถในการประมาณสัญญาณแทรกสอด และอัตราการลู่เข้าของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ในที่สุด

5.3 ความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ – ไกล

จากผลการวิจัยทั้งในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสและอะซิงโครนัสพบว่า เครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC มีความทนทานต่อปรากฏการณ์ใกล้ – ไกลในระดับหนึ่ง โดยพบว่าเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะสามารถขจัดสัญญาณแทรกสอดได้ดีเมื่อพลังงานเฉลี่ยต่อบิตต่อความหนาแน่นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณรบกวนของผู้ใช้คนที่สร้างสัญญาณแทรกสอดมีค่าสูงๆ

5.4 ผลของขนาดหน้าต่างที่ใช้ประมาณค่าเฉลี่ยเชิงสถิติ และค่าช่วงก้าวที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องรับ

เมื่อพิจารณาผลของขนาดหน้าต่าง (W_d) ที่ใช้ในการประมาณค่าเฉลี่ยเชิงสถิติพบว่าขนาดของหน้าต่างในช่วงที่พิจารณาไม่ได้มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC มากนัก

เมื่อพิจารณาผลของค่าช่วงก้าวก็พบว่า แนวโน้มของสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ที่ค่าช่วงก้าวต่างๆ ก็เหมือนกับเครื่องรับที่ปรับสัมประสิทธิ์ของตัวขจัดแบบบอดด้วยอัลกอริทึมเกรเดียนต์โดยทั่วไป กล่าวคือเครื่องรับจะมีอัตราการลู่เข้าที่ช้าแต่ให้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่ต่ำเมื่อใช้ค่าช่วงก้าวน้อยๆ ในทาง

กลับกันเมื่อใช้ค่าช่วงก้าวสูง เครื่องรับจะมีอัตราการลู่เข้าที่เร็วๆ แต่จะให้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสองของการประมาณสัญญาณแทรกสอดที่สูง หรือในกรณีที่ค่าช่วงก้าวที่ใช้สูงเกินไปก็อาจทำให้สัมประสิทธิ์ของตัวขจัดแบบบอดลู่ออกได้

5.5 ความซับซ้อนของเครื่องรับ

ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัสพบว่า ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ DC_BA_PIC จะแปรผันตามจำนวนผู้ใช้กำลังสอง (K^2) ในขณะที่ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ ADC_BA_PIC จะแปรผันตามจำนวนผู้ใช้ (K) โดยเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นโดยเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC พบว่าจะมีการคำนวณเพิ่มขึ้นจากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ไม่เกิน 45 เปอร์เซ็นต์ โดยความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะแปรผกผันกับจำนวนผู้ใช้

เมื่อพิจารณากรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสพบว่า ความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะสูงกว่าในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส โดยความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะแปรผันตามจำนวนผู้ใช้ยกกำลังสอง (อย่างไรก็ตามพบว่าความซับซ้อนของเครื่องรับแบบอื่นๆ ยกเว้นเครื่องรับแบบแมตช์ฟิลเตอร์ก็แปรตามจำนวนผู้ใช้ยกกำลังสองเช่นกัน) โดยเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นโดยเทียบกับเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC พบว่าจะมีการคำนวณเพิ่มขึ้นจากเครื่องรับแบบ MOE_BA_PIC ไม่เกิน 33 เปอร์เซ็นต์ โดยความซับซ้อนที่เพิ่มขึ้นนี้จะแปรผกผันกับจำนวนผู้ใช้เช่นเดียวกันกับกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส

5.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางการทำวิจัยในอนาคต

ด้านอัตราบิตผิดพลาดและความจุ : เนื่องจากในหัวข้อที่ 5.1 อัตราบิตผิดพลาดและความจุ พบว่าสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณอะซิงโครนัสยังไม่ค่อยดีนักเมื่อจำนวนผู้ใช้มีค่าสูงๆ โดยพบว่าสมรรถนะที่ได้ยังแตกต่างกับสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณีอุดมคติอยู่มาก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากอัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบดีคอร์รีเลเตอร์ และของเครื่องรับแบบ ADC ที่เพิ่มสูงขึ้นมากที่จำนวนผู้ใช้ค่าสูงๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าอัตราบิตผิดพลาดของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC น่าจะลดลงได้อีกถ้าสามารถหาเครื่องรับที่ให้อัตราบิตผิดพลาดที่ต่ำกว่าเครื่องรับแบบดีคอร์รีเลเตอร์ และแบบ ADC เมื่อจำนวนผู้ใช้มากๆ ได้ นอกจากนั้นแนวทางปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC อีกแนวทางหนึ่งก็คือใช้การขจัดสัญญาณแทรกสอดแบบหลายขั้น (Multi-stage) ซึ่งก็น่าจะปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องรับดังกล่าวได้เช่นกัน

ด้านความซับซ้อนของเครื่องรับ : จากการวิเคราะห์ความซับซ้อนของเครื่องรับจะเห็นได้ว่าความซับซ้อนส่วนใหญ่ของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะอยู่ที่เครื่องรับซึ่งทำหน้าที่ป้อนบิต

ข้อมูลให้กับตัวขจัดแบบบอดเพื่อใช้สำหรับการประมาณสัญญาณแทรกสอด ดังนั้นความซับซ้อนของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC จะถูกลดลงได้อีกถ้าสามารถหาเครื่องรับที่มีความซับซ้อนต่ำและให้บิตข้อมูลที่เชื่อถือได้มากกว่าเครื่องรับแบบดีคอร์รีเลเตอร์ และแบบ ADC มาป้อนบิตข้อมูลให้กับตัวขจัดแบบบอด

ด้านการนำไปใช้งาน : เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พิจารณาสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในกรณีช่องสัญญาณซิงโครนัส และช่องสัญญาณอะซิงโครนัส โดยไม่คำนึงถึงผลของการแทรกสอดระหว่างเซลล์, ผลของเฟดดิง และผลของการได้รับสัญญาณแบบหลายวิถี ดังนั้นเพื่อให้สามารถเห็นแนวโน้มของสมรรถนะของเครื่องรับ VOE_BA_PIC ในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริงมากยิ่งขึ้น ก็ควรที่จะศึกษาสมรรถนะของเครื่องรับแบบ VOE_BA_PIC ในสภาพแวดล้อมที่ได้กล่าวถึงข้างต้นต่อไปด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย