

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การผสมสัญญาณเชิงแสงเป็นการผสมสัญญาณที่มีการพัฒนารูปแบบให้มีการใช้งานได้หลากหลายโดยนำเทคนิคต่างๆ มาพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณที่เพิ่มขึ้น สำหรับการเข้ารหัสเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดแบบคอนวอลูชันและการถอดรหัสแบบวิธีไวเทอร์บีนั้นมีการนำมาใช้งานอย่างหลากหลายในระบบสื่อสารและเป็นที่ยอมรับในประสิทธิภาพในการแก้ไขข้อผิดพลาด

6.1 สรุปผลการวิจัย

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาดังแต่พื้นฐานของการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบ On-Off Keying ไปจนถึงการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบพัลส์โพสิชันมอดูเลชันรวมถึงการนำเทคนิคต่างๆ มาใช้งานเพื่อพัฒนารูปแบบและประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณเชิงแสงให้สูงขึ้น และนำหลักการของการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบไบนารีพัลส์โพสิชันมอดูเลชันมาใช้งานร่วมกับการสื่อสารแบบโพตอนี่ระดับเพื่อให้มีการใช้งานที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น โดยเริ่มจากการทดสอบประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณเชิงแสงในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการนำมาใช้งานร่วมกับการเข้ารหัสเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดแบบคอนวอลูชัน และการนำเสนอรูปแบบของการสื่อสารแบบโพตอนี่โดยนำมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการผสมสัญญาณเชิงแสง ซึ่งสามารถแบ่งส่วนของการศึกษาวิจัยออกเป็น 4 ส่วนคือช่องสัญญาณ การผสมสัญญาณเชิงแสง การสื่อสารแบบโพตอนี่หลายระดับและรหัสแบบคอนวอลูชัน

ช่องสัญญาณเป็นการศึกษาลักษณะของการกระจายตัวของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในระบบการสื่อสารโดยทั่วไป ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัว 2 ค่าคือค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความแปรปรวน (Variance) แล้วนำมาทำการออกแบบสร้างช่องสัญญาณแบบเกาส์และแบบปัวส์ซองเพื่อนำมาทดสอบการทำงานของระบบสื่อสารร่วมกับการผสมสัญญาณเชิงแสง

การผสมสัญญาณเชิงแสงนั้นได้ทำการศึกษาดังแต่หลักการทางทฤษฎีของการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบต่างๆ และนำมาออกแบบใช้งานในระบบสื่อสารเชิงแสง รวมถึงศึกษาหลักการคำนวณความน่าจะเป็นในการเกิดอัตราความผิดพลาดเพื่อนำมาตรวจสอบผลของการจำลองการทำงานโดยพิจารณาประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณจากค่าอัตราความผิดพลาดบิต ซึ่งในช่องสัญญาณแต่ละรูปแบบนั้นจะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องแตกต่างกัน สำหรับช่องสัญญาณแบบเกาส์จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับสัญญาณรบกวน (SNR) แล้วพิจารณาค่าของอัตราความผิดพลาดบิตที่เกิดขึ้น ส่วนในช่องสัญญาณแบบปัวส์ซองจะทำการเปลี่ยนแปลงจำนวนโพตอนี่เฉลี่ยต่อสล็อต (K_s) และกำหนดให้ค่าของสัญญาณรบกวนเฉลี่ย (K_b) มีค่าคงที่แล้ว

พิจารณาค่าของอัตราความผิดพลาดบิตที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการทดสอบประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณแต่ละรูปแบบโดยกำหนดเงื่อนไขของการส่งสัญญาณ 2 รูปแบบคือค่าของอัตราการส่งผ่านข้อมูล (Throughput) และจำนวนสล็อตที่ใช้ในการส่งสัญญาณ ผลการทดสอบปรากฏว่าการผสมสัญญาณในรูปแบบที่มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคต่างๆ นั้นจะให้ประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณสูงขึ้นสามารถลดอัตราความผิดพลาดได้มากกว่าวิธีพื้นฐาน

การสื่อสารแบบโฟตอนหลายระดับซึ่งในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับและนำมาประยุกต์ใช้งานกับการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบไบนารีพัลส์โพสิชันมอดูเลชัน ซึ่งพบว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนสล็อตเข้าไปในการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับ ทำให้สามารถลดอัตราความผิดพลาดของบิตลงได้มากกว่าการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับ แต่เกิดปัญหาในการส่งสัญญาณเนื่องจากจำนวนรูปแบบของสัญญาณไม่สอดคล้องกับค่าของข้อมูลแบบดิจิทัล เมื่อนำมาใช้งานกับรหัสแบบคอนวูลูชันจึงมีการนำเสนอรูปแบบที่สามารถใช้งานร่วมกัน 3 รูปแบบ คือ การลดระดับของการสื่อสารแบบโฟตอนให้เหลือเพียงสองระดับ การใช้งานของรหัสแบบคอนวูลูชันที่มีการลดจำนวนบิตในการส่งสัญญาณและเพิ่มบิตเพิ่มเติมเข้าไป (Mapping) เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูลดิจิทัลให้สอดคล้องกับจำนวนรูปแบบของสัญญาณ และการเพิ่มระดับของจำนวนโฟตอนเฉลี่ยเพื่อให้สร้างรูปแบบของสัญญาณที่ใช้งานได้สอดคล้องกับรูปแบบของข้อมูล ซึ่งผลของการทดสอบพบว่าสามารถใช้งานร่วมกันได้และลดอัตราความผิดพลาดลงได้มากกว่าแบบพื้นฐานเช่นกัน

รหัสแบบคอนวูลูชันนั้นเมื่อนำมาใช้งานร่วมกันกับการผสมสัญญาณเชิงแสงพบว่าสามารถลดอัตราความผิดพลาดในการส่งสัญญาณลงได้ ทั้งนี้ประสิทธิภาพของการแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเข้ารหัสแบบคอนวูลูชันได้แก่ค่าเมตริกซ์ตัวกำเนิดค่าอัตราการเข้ารหัส และค่า Constraint length

จากทั้งหมดสรุปได้ว่าการตรวจสอบประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณแต่ละรูปแบบนั้น จะทำการพิจารณาจากค่าอัตราความผิดพลาดบิต (BER) ซึ่งประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณเชิงแสงขึ้นอยู่กับเทคนิคที่ใช้ในการผสมสัญญาณและช่องสัญญาณ เมื่อนำมาใช้งานร่วมกับรหัสแบบคอนวูลูชันนั้นประสิทธิภาพของการเข้ารหัสจะขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ 3 ค่าคือเมตริกซ์ตัวกำเนิดอัตราการเข้ารหัสและค่า Constraint Length และในการวิจัยนี้มีการนำเสนอการผสมสัญญาณเชิงแสงรูปแบบใหม่ที่เรียกว่าการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับที่ใช้งานร่วมกับการผสมสัญญาณแบบไบนารีพัลส์โพสิชันมอดูเลชันดังแสดงในรูปที่ 2.22 โดยมีการตัดสินใจสองรูปแบบคือการตัดสินใจแบบประมาณค่าและการตัดสินใจแบบคำนวณ นอกจากนี้มีการนำเสนอใช้งานของรหัสแบบคอนวูลูชันกับการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับที่ใช้งานร่วมกับการผสมสัญญาณแบบไบนารีพัลส์โพสิชันมอดูเลชันซึ่งมีการนำเสนอรูปแบบของการใช้งานอยู่ 3 รูปแบบได้แก่การลดจำนวนโฟตอนเฉลี่ยลงให้เหลือเพียงสองระดับดังแสดงในรูปที่ 4.5 การปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลที่ได้อาจการ

เข้ารหัสแบบคอนโวลูชันก่อนที่จะทำการผสมสัญญาณและหลังจากการแยกสัญญาณก่อนมีการถอดรหัสแบบไวเทอร์บีดังแสดงในรูปที่ 4.6 และการเพิ่มระดับของโฟตอนเฉลี่ยเพื่อเพิ่มจำนวนรูปแบบของสัญญาณให้เท่ากับรูปแบบของข้อมูลที่ได้จากรหัสแบบคอนโวลูชันดังแสดงในสมการ (4.15)

6.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบในงานวิจัย

- การสร้างช่องสัญญาณแบบบิตสตรีมที่มีความยากต่อการเข้าใจ เนื่องจากไม่สามารถทำการสร้างได้โดยตรงจากสมการของค่าฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น
- เทคนิคการคำนวณหาค่าอัตราความผิดพลาดทางทฤษฎีของการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบต่างๆ ในช่องสัญญาณแบบบิตสตรีมนั้นค่อนข้างยาก มีเทคนิคการคำนวณที่ซับซ้อน และบางครั้งยังพบว่าค่าที่เกิดขึ้นจากการคำนวณมีมากกว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะรับได้ ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนวิธีการในการออกแบบโปรแกรมให้รองรับกับค่าของข้อมูลทั้งหมดที่เป็นไปได้

6.3 ข้อเสนอแนะ

- การออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของการผสมสัญญาณเชิงแสงชุดนี้สามารถนำไปศึกษาเพื่อใช้งานกับรหัสเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดในรูปแบบอื่นๆ เช่นรหัสแบบแฮมมิง รหัสแบบบล็อกเชิงเส้น
- การสื่อสารแบบโฟตอนสีระดับสามารถนำไปวิธีการหาตำแหน่งการตัดสินใจไปพัฒนาใช้งานกับระดับของโฟตอนที่มีค่ามากกว่าสีระดับ
- การสื่อสารแบบโฟตอนสีระดับที่ใช้งานร่วมกับการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบไบนารีพัลส์โพสิชันมอดูเลชันนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบอื่นๆ เพื่อพัฒนารูปแบบการผสมสัญญาณเชิงแสงให้หลากหลายและเหมาะสมต่อความต้องการใช้งานมากยิ่งขึ้น
- รูปแบบการปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลดิจิทัล (Mapping) สามารถทำให้การประยุกต์ใช้งานกับการผสมสัญญาณรูปแบบอื่นๆ ที่มีรูปแบบของสัญญาณที่ไม่สอดคล้องกับข้อมูลดิจิทัล และสามารถพัฒนารูปแบบอื่นๆ เพื่อนำมาใช้ปรับเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลให้เหมาะสม
- การศึกษาทฤษฎีการคำนวณอัตราความผิดพลาดอย่างละเอียดนั้น สามารถนำความเข้าใจไปประยุกต์ใช้งานกับการผสมสัญญาณเชิงแสงแบบอื่นๆ ที่ยังไม่มีเมื่อนำเสนอทฤษฎีการคำนวณหาอัตราความผิดพลาด

- การสื่อสารแบบโฟตอนสองระดับที่ใช้งานร่วมกับการผสมสัญญาณแบบนั้นเป็นนำลักษณะบางส่วนจากการสื่อสารแบบโฟตอนสี่ระดับมาใช้งานเท่านั้นไม่ใช่เป็นการลดรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมต่อรูปแบบข้อมูล ซึ่งอาจมีการพัฒนาให้มีรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้อัตราการส่งผ่านข้อมูลที่เหมาะสมกับวิธีการผสมสัญญาณสามารถใช้งานได้