บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการส่งสัญญาณ OCDMA มาใช้ร่วมกับ PON เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนผู้ใช้บริการมากที่สุด และระยะทางที่ไกลที่สุดที่สามารถให้บริการได้ เพื่อที่จะได้เปรียบเทียบว่าเทคโนโลยี OCDMA-PON ที่ได้ทำการศึกษานั้นว่ามีประสิทธิภาพมากกว่า FTTH ใช้เทคโนโลยี TDMA-PON แบบเดิมมากเพียงใด

จากการศึกษาในเชิงทฤษฎีปรากฏว่าในการส่งสัญญาณ OCDMA-PON ด้วยวิธี time-spreading โดยใช้ encoder/decoder ที่มีจำนวนชิปหรือความยาวของ gold code เท่ากับ 511 ชิป ที่อัตราบิต 1.25 Gbps/ผู้ใช้บริการ 1 ราย จะสามารถรองรับผู้ใช้บริการได้มากที่สุด 9 ราย ซึ่งปัญหาที่จำกัดประสิทธิภาพของระบบคือสัญญาณรบกวน MAI และ beat noise ที่เป็นตัวจำกัดประสิทธิภาพของระบบ ในการลดผลกระทบของ MAI และ beat noise ทางทฤษฎีทำได้โดยใช้ encoder/decoder ที่ใช้รหัสที่ยาวขึ้น แต่ในทางปฏิบัติแล้วถ้าต้องการใช้ encoder/decoder ที่ใช้รหัสที่ยาวขึ้นในขณะที่อัตราบิตของระบบคงเดิม ทำให้จำนวนชิปในช่วงเวลา T_{Bit} มีมากขึ้น ระยะเวลาของชิป T_C จะต้องน้อยลงเพื่อให้สัญญาณที่ถูก encode นั้นถูกแผ่ทางเวลาอยู่ในช่วงเวลาของ T_{Bit} เช่นเดิม จึงจะต้องใช้ตัวกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิมที่สามารถสร้างพัลส์ที่แคบกว่าเดิม ทำให้ต้นทุนของระบบสูงขึ้น หรือในทางกลับกันต้องลดอัตราบิตของระบบลงเพื่อให้ T_{Bit} กว้างมากพอที่จะทำให้สัญญาณที่ถูก encode ด้วย en/decoder ที่มีจำนวนชิปเพิ่มมากขึ้นนั้นถูกแผ่ทางเวลาอยู่ในช่วงเวลาของ T_{Bit} เช่นเดิม ทำให้สามารถใช้ตัวกำเนิดแสงตัวเดิมได้ ซึ่งส่งผลให้สามารถส่งข้อมูลด้วยอัตราบิตที่น้อยลง ทั้งนี้แนวทางในการออกแบบระบบควรจะเริ่มจากพิจารณาถึงจำนวนผู้ใช้บริการในระบบ เพื่อที่จะได้คำนวณหาความยาวของรหัสที่ใช้สำหรับ en/decoder ที่เหมาะสม จากนั้นเลือกอัตราบิตในการให้บริการเพื่อที่จะนำไปคำนวณหาความกว้างของพัลส์แสงของตัวกำเนิดแสงที่ต้องใช้ในการส่งสัญญาณ เป็นต้น

ผลจากการ simulation การส่งผ่านสัญญาณ OCDMA-PON ที่อัตราบิตเท่ากับ 1.25 Gbps/ผู้ใช้บริการ 1 ราย และใช้ en/decoder ที่มีจำนวนชิปเท่ากับ 511 ชิป โดยมีจำนวนผู้ใช้ในระบบเท่ากับ 2 4 8 และ 16 ตามลำดับ ในเบื้องต้นได้แสดงให้เห็นแล้วว่าแบบจำลองที่ใช้สามารถส่งผ่านสัญญาณแบบ OCDMA ได้จริง เมื่อพิจารณาถึงสมรรถนะของระบบพบว่า เมื่อกำลังของ

สัญญาณแสง ACP ที่เครื่องรับต่ำลง ทำให้ค่า BER ที่คำนวณได้จากโปรแกรมนั้นเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งปัจจัยที่ทำให้กำลังของสัญญาณแสง ACP ลดลงนั้นเกิดจากการลดทอนกำลังสัญญาณของแสงที่เดินทางในเส้นในแสง การลดกำลังส่งสัญญาณ การเพิ่มระยะทางของระบบ อัตราการแบ่งพลังงานแสงที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการในระบบซึ่งเป็นการเพิ่มสัญญาณรบกวน MAI และ beat noise นอกจากนี้ยังเกิดจากผลของแบนด์วิดท์ของวงจรกรองผ่านต่ำที่ใช้ในการรับสัญญาณแสง โดยแบนด์วิดท์ที่กว้างทำให้องค์ประกอบความถี่สูงของสัญญาณแสงสามารถผ่านไปได้เกือบหมด กำลังของสัญญาณจึงถูกลดทอนเพียงเล็กน้อย ทำให้ค่าที่วัดได้มีค่า BER น้อยกว่ากรณีที่ใช้แบนด์วิดท์ของวงจรกรองผ่านต่ำที่แคบกว่า ผลจากการจำลองการส่งสัญญาณด้วยระบบดังกล่าวจะสามารถรองรับผู้ใช้บริการในระบบได้มากที่สุดเท่ากับ 8 เมื่อใช้กำลังส่งสัญญาณ peak power เท่ากับ 10 dBm ระยะทางให้บริการ 20 km และแบนด์วิดท์ของวงจรกรองผ่านต่ำเท่ากับ 141.1 GHz คนซึ่งสอดคล้องกับผลทางทฤษฎีที่สามารถรองรับผู้ใช้บริการได้ประมาณ 9 ราย

นอกจากนี้แล้วยังได้ทดลองส่งผ่านสัญญาณ OCDMA-PON ด้วยการมัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่นแบบหยาบ 4 ความยาวคลื่นเพื่อเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการของระบบ โดยผู้ใช้บริการทั้ง 4 รายในแต่ละความยาวคลื่นจะถูกมัลติเพล็กซ์สัญญาณ OCDMA แล้วแต่ละความยาวคลื่นก็จะถูกมัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่นด้วยกันอีกที ผลการทดลองปรากฏว่าที่กำลังส่งสัญญาณ peak power 10 dBm/ผู้ใช้บริการ 1 รายจะสามารถส่งสัญญาณได้ไกลที่สุด 38.17 km กำลังส่งสัญญาณ peak power ต่ำสุดต่อผู้ใช้บริการ 1 รายในการส่งสัญญาณ 20 km เท่ากับ 6.359 dBm และแบนด์วิดท์ของวงจรกรองผ่านต่ำน้อยที่สุดที่ใช้ในการส่งสัญญาณ 20 km เท่ากับ 7.102 GHz ตามลำดับ นอกจากนี้ เนื่องจากการส่งข้อมูลแบบอัพสตรีมด้วยสัญญาณแบบ OCDMA ต้องใช้ตัวกำเนิดแสงที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการสร้างสัญญาณอัพสตรีมที่ ONU ทำให้ต้นสูง การส่งข้อมูลแบบอัพสตรีมจึงได้นำเสนอให้ใช้ TDMA-PON เนื่องจากแนวโน้มการใช้บริการของผู้ใช้บริการนิยมที่จะดาวน์โหลดข้อมูลมากกว่าอัพโหลด จึงไม่ต้องการอัตราข้อมูลของการส่งสัญญาณแบบอัพสตรีมสูงมากนัก นอกจากนี้ยังมีต้นทุนของ ONU ที่ถูกกว่า จึงคาดว่าน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่าเมื่อพิจารณาในแง่ต้นทุนของระบบ

6.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ศึกษาเทคนิคการ encode/decode สัญญาณรวมไปถึงวิธีการลดผลกระทบของ beat noise เพื่อเพิ่มจำนวนจำนวนของผู้ใช้บริการให้มากขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้การลดต้นทุนของระบบโดยเฉพาะที่ ONU เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้ใช้บริการพิจารณาเลือกใช้บริการระบบ OCDMA-PON ก็เป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาควบคู่ไปกับประสิทธิภาพของระบบและคุณภาพของอุปกรณ์ในโครงข่าย