สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

บทที่ 6

สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลวิจัย

การส่งสัญญาณด้วยเทคโนโลยีมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexing : WDM) ถูกนำมาใช้ในการสื่อสารผ่านเส้นใยแสงทั้งในโครงข่ายบริเวณกว้างและโครงข่ายระดับเมืองเพื่อให้ใช้งานแบนด์วิดท์ที่มีอยู่อย่างมหาศาล ผลิตภัณฑ์เส้นใยแสงสำหรับโครงข่ายบริเวณกว้างและโครงข่ายระดับเมืองในตลาดการสื่อสารที่มีในตลาดโทรคมนาคมในปัจจุบันมีความสามารถในการส่งสัญญาณได้ความเร็วสูงสุด 2 – 3 Tb/s ในโครงข่ายเส้นใยแสง WDM ประเภท Wavelength-Routed เมื่อสัญญาณแสงเดินทางไปในเส้นใยแสงระยะทางหนึ่งโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ณ โนดที่สัญญาณเดินทางผ่าน สัญญาณไม่สามารถถูกแก้ผลจากปรากฏการณ์ดิสเพอร์ชันที่แต่ละโนดได้ ส่งผลให้ที่ตัวรับสัญญาณ ณ โนดปลายทางตัดสินสัญญาณขาเข้าผิดเพี้ยนไป ดังนั้นจึงมีความต้องการสร้างอัลกอริทึมสำหรับการใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพื่อลดผลกระทบจากปรากฏการณ์ดิสเพอร์ชัน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนออัลกอริทึมสำหรับการใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันอย่างมีประสิทธิภาพในโครงข่าย Wavelength-Routed ด้วยจำนวนอุปกรณ์น้อยสุดที่เพียงพอให้สัญญาณที่ปลายทางคงคุณภาพไว้โดยไม่คิดผลจากความไม่เป็นเชิงเส้นของสัญญาณ อัลกอริทึมที่นำเสนอประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

1. ระบุเส้นทางการส่งผ่านสัญญาณจากโนดต้นทางไปสู่โนดปลายทาง โดยจัดสรรเส้นทางในเส้นทางที่มีระยะทางระหว่างโนดที่มีค่าน้อยที่สุดทั้งในกรณีโครงข่ายทำงานปกติและในกรณีที่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับข่ายเชื่อมโยงหนึ่งภายในโครงข่าย
2. สร้างสมการและอสมการเงื่อนไขขอบเขต ประกอบขึ้นด้วยสมการเงื่อนไขขอบเขตการส่งผ่านสัญญาณระหว่างโนดต้นทางและโนดปลายทาง อสมการเงื่อนไขขอบเขตของค่าดิสเพอร์ชัน เงื่อนไขขอบเขตจำนวนเต็ม และการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์
3. การแก้สมการและอสมการเงื่อนไขขอบเขต โดยเลือกใช้โปรแกรม Xpress MP ในการประมวลผล ในกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพียงชนิดเดียว เราเลือกหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันโดยพิจารณาจากมอดูลที่ยาวที่สุดมอดูลก่อน ถ้าไม่สามารถหาคำตอบได้

จึงปรับเปลี่ยนเป็นมอดูลที่มาความยาวลดหลั่นลงมาตามลำดับ และในกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน เราใช้ SC-DCU มอดูล DCM - 60 - SMF - C เป็นหลักในการชดเชยดิสเพอร์ชัน จากนั้นเราเลือกหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันชนิด NS-DCU โดยพิจารณาจาก NS-DCU ที่ชดเชยได้พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแสงชนิด SMF ITU-T G.652 ที่ระยะทาง 100 km ก่อน ถ้าไม่สามารถหาคำตอบได้จึงปรับเปลี่ยนเป็นมอดูลที่มาความยาวลดหลั่นลงมาตามลำดับเช่นกัน โดยที่ผลเฉลยจากอัลกอริทึมที่นำเสนอคือ จำนวนหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันในแต่ละข่ายเชื่อมโยง

4. การกำหนดตำแหน่งหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชัน โดยเราสามารถวางหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันตำแหน่งใดๆ บนข่ายเชื่อมโยงเนื่องจากตำแหน่งของหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันไม่ส่งผลถึงค่าดิสเพอร์ชันสะสมที่ปลายทาง เช่นเราเลือกให้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันวางในตำแหน่งที่สัญญาณมีกำลังต่ำสุดเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดจากความไม่เป็นเชิงเส้น โดยเราจะวางหน่วยชดเชยค่าดิสเพอร์ชันขาเข้าของเครื่องขยายสัญญาณเป็นต้น

ผลเฉลยการจำลองการใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันบนโครงข่ายตัวอย่างกรณีโครงข่ายทำงานปกติไม่สามารถใช้ NS-DCU แก้หาผลเฉลยได้ เพราะผลจาก Over-Under Compensation ของความยาวคลื่นที่น้อยสุดและมากสุดนั้นมีค่าแตกต่างกันมากเกินไป แต่เราสามารถแก้หาผลเฉลยได้บนโครงข่ายตัวอย่างที่มีจำนวนช่องสัญญาณน้อยลง และเมื่อเราใช้ SC-DCU มอดูล DCM - 60 - SMF - C ชดเชยดิสเพอร์ชันสามารถหาผลเฉลยได้เท่ากับ 20 ตัว ส่วนผลเฉลยในโครงข่าย OPEN กรณีโครงข่ายทำงานปกติ คือ จำนวนหน่วย SC-DCU มอดูล DCM - 60 - SMF - C 44 ตัว และผลเฉลยในโครงข่าย NARNET กรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพียงชนิดเดียว คือ SC-DCU มอดูล DCM - 40 - SMF – C จำนวน 288 ตัว กรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน คือ SC-DCU มอดูล DCM - 40 - SMF – C จำนวน 169 ตัว และ NS-DCU ที่ชดเชยได้พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแสงชนิด SMF ITU-T G.652 ที่ระยะทาง 80 km จำนวน 12 ตัว

ผลเฉลยการจำลองอัลกอริทึมกรณีที่เกิดความเสียหายขึ้นกับข่ายเชื่อมโยงหนึ่งของโครงข่ายในโครงข่ายตัวอย่างด้วยกลไกการกู้คืนสัญญาณแบบ Path Protection บนเส้นใยแสงสำรองกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพียงชนิดเดียว คือ จำนวนหน่วย SC-DCU มอดูล DCM - 50 - SMF - C 24 ตัว กรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน คือ SC-DCU มอดูล DCM -

60 - SMF – C จำนวน 20 ตัว และ NS-DCU ที่ชดเชยได้พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแสงชนิด SMF ITU-T G.652 ที่ระยะทาง 100 km จำนวน 2 ตัว ส่วนผลเฉลยในโครงข่าย OPEN กรณีที่เกิดความเสียหายขึ้นกับข่ายเชื่อมโยงหนึ่งของโครงข่ายด้วยกลไกการกู้คืนสัญญาณแบบ Path Protection บนเส้นใยแสงสำรองกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพียงชนิดเดียว คือ จำนวนหน่วย SC-DCU มอดูล DCM - 40 - SMF - C 72 ตัว กรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน คือ SC-DCU มอดูล DCM - 60 - SMF – C จำนวน 39 ตัว และ NS-DCU ที่ชดเชยได้พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแสงชนิด SMF ITU-T G.652 ที่ระยะทาง 70 km จำนวน 7 ตัว และผลเฉลยในโครงข่าย NARNET กรณีที่เกิดความเสียหายขึ้นกับข่ายเชื่อมโยงหนึ่งของโครงข่ายด้วยกลไกการกู้คืนสัญญาณแบบ Path Protection บนเส้นใยแสงสำรองกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันเพียงชนิดเดียว คือ SC-DCU มอดูล DCM - 40 - SMF – C จำนวน 298 ตัว กรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน คือ SC-DCU มอดูล DCM - 60 - SMF – C จำนวน 168 ตัว และ NS-DCU ที่ชดเชยได้พอดีเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยแสงชนิด SMF ITU-T G.652 ที่ระยะทาง 80 km จำนวน 17 ตัว

ผลจากการจัดสรรเส้นทางในโครงข่ายที่มีเส้นทางการสื่อสารจำนวนมากหรือโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่และการจัดสรรเส้นทางการส่งผ่านสัญญาณขึ้นใหม่เมื่อเกิดความเสียหายกับข่ายเชื่อมโยงหนึ่งของโครงข่ายแสดงให้เห็นว่าระยะทางและจำนวนการส่งผ่านสัญญาณเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อชนิด มอดูล และ จำนวนหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชัน เนื่องจากระยะทางการสื่อสารของโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่มีทั้งการเส้นทางการสื่อสารระยะสั้นและเส้นทางการสื่อสารระยะยาว อีกทั้งระยะทางที่จัดสรรขึ้นใหม่จะยาวกว่าระยะทางการส่งผ่านสัญญาณในกรณีโครงข่ายทำงานปกติ การนำหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดมาใช้ร่วมกันช่วยให้ได้ผลเฉลยจำนวนหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันรวมน้อยกว่า แต่ทั้งนี้ความยาวของ DCF ใน SC-DCU ในกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันชนิดเดียวสั้นกว่า DCF ใน SC-DCU ในกรณีใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันสองชนิดร่วมกัน ปัจจัยนี้อาจส่งผลถึงราคารวมของ DCU ที่ต้องการใช้ในระบบ ดังนั้นเราสามารถนำอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจเลือกชนิดและจำนวนของหน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันให้เหมาะสมที่สุดกับโครงข่าย

6.2 ข้อเสนอแนะ

อัลกอริทึมสำหรับการใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันที่นำเสนอ ในขั้นตอนการสร้างเงื่อนไขขอบเขตการส่งผ่านสัญญาณระหว่างโนดของโครงข่ายขนาดใหญ่มีความล่าช้าและยังเกิดผิดพลาดขึ้นได้ง่ายเนื่องจากผู้ทำต้องเป็นผู้เขียนเงื่อนไขเองทั้งหมด ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมสำหรับการใช้หน่วยชดเชยดิสเพอร์ชันจึงควรพัฒนาให้สามารถสร้างเงื่อนไขขอบเขตการส่งผ่านสัญญาณระหว่างโนดโดยอัตโนมัติ เช่น นำอัลกอริทึมสำหรับการหาเส้นทางที่เส้นที่สุดมาใช้ร่วมด้วย