บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาการออกแบบโครงข่าย WDM ระบบหลายเส้นใยนำแสงเพื่อรองรับทราฟฟิกชนิดมัลติคาสต์ ทั้งในกรณีโครงข่ายทำงานในสภาวะปกติและโครงข่ายมีโนดเสียหายหนึ่งโนด โดยในกรณีที่โครงข่ายทำงานในสภาวะปกตินั้น จะเป็นการศึกษาการจัดเส้นทางและกำหนดความยาวคลื่นให้กับทราฟฟิกชนิดมัลติคาสต์ ส่วนในกรณีที่โครงข่ายมีโนดเสียหายหนึ่งโนด จะเป็นการศึกษาการจัดสรรเส้นทางใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงโนดที่เสียหาย ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่ 3 วิธี 1). Reconfiguration of entire network (ET) 2). Reconfiguration of traffic traversing through failure node (TT) และ 3). Reconfiguration of traffic adjacent to failure node (AD) โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ พิจารณาหาต้นทุนที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่าย ซึ่งก็คือจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการ เพื่อให้โครงข่ายสามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกได้ทั้งหมด และเปรียบเทียบแต่ละวิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่ในด้านจำนวนเส้นใยนำแสงที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่าย ทั้งในกรณีที่ทุกโนดในโครงข่ายมีอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นติดตั้งอยู่และในกรณีที่ทุกโนดในโครงข่ายไม่มีอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นติดตั้งอยู่

การออกแบบโครงข่ายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่าย โดยใช้เทคนิค Integer linear programming (ILP) ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด หรือจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่ายมีค่าต่ำที่สุด การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาผลเฉลยของปัญหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้วิธี Optimized Spare Capacity Assignment ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นวิธีการหาความจุสำรองที่โครงข่ายต้องการ โดยจะมีการกำหนดเส้นทางและความยาวคลื่นของสภาวะการทำงานปกติของโครงข่ายมาให้

จากการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้เสนอไว้กับโครงข่ายที่มีการใช้งานอยู่จริงของอเมริกา 14 โนด 21 ข่ายเชื่อมโยง (NSFNet) เพื่อทดสอบหาจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมด สามารถสรุปผลการทดสอบในแง่ของความซับซ้อนของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้แก่ จำนวนสมการและจำนวนตัวแปรได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประเภท VLT จะมีความ

ซับซ้อนน้อยกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประเภท LT เนื่องจากจำนวนสมการและจำนวนตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประเภท VLT ไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าจำนวนความยาวคลื่นสูงสุดที่สามารถมัลติเพล็กซ์บนลงเส้นใยนำแสง (M) ส่วนจำนวนสมการและจำนวนตัวแปรของโครงข่ายประเภท LT จะเพิ่มขึ้นตามค่า M ของเส้นใยนำแสง และอีกทั้งเงื่อนไขของการเลือกค่าความยาวคลื่นสำหรับแต่ละมัลติคาสต์เซสชันด้วย และเมื่อพิจารณาในเชิงเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลย (Computational time) แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประเภท LT จะใช้เวลาในการคำนวณหาผลเฉลยนานกว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโครงข่ายประเภท VLT

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นหนึ่งโนดในโครงข่ายจากการจำลองปัญหาด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 วิธี ทั้งทั้งในกรณีที่ทุกโนดในโครงข่ายมีอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นติดตั้งอยู่และในกรณีที่ทุกโนดในโครงข่ายไม่มีอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นติดตั้งอยู่ วิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่แบบ ET เป็นวิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่ที่ใช้จำนวนเส้นใยนำแสงน้อยที่สุด ส่วนวิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่แบบ TT ใช้จำนวนเส้นใยนำแสงน้อยรองลงมา และ วิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่แบบ AD เป็นวิธีการจัดสรรเส้นทางใหม่ที่ใช้จำนวนเส้นใยนำแสงมากที่สุด

จากการศึกษาอิทธิพลของจำนวนความยาวคลื่นสูงสุดที่สามารถมัลติเพล็กซ์ได้ในเส้นใยนำแสง (M) ที่มีต่อจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่า เมื่อทำการพิจารณาจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในกรณีโครงข่ายแบบ VLT และ LT จำนวนความยาวคลื่นสูงสุดที่สามารถมัลติเพล็กซ์ได้ในเส้นใยนำแสงจะช่วยลดจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการได้ โดยจำนวนเส้นใยนำแสงจะลดลงตามค่า M ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการที่ M มีค่าเพิ่มขึ้น จำนวนช่องสัญญาณในการรองรับทราฟฟิกของโครงข่ายก็จะมีเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากการพิจารณาผลของอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นที่มีต่อต้นทุนของโครงข่าย เพื่อสรุปถึงข้อดีและข้อเสียของการใช้อุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นในโครงข่าย WDM ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้หาต้นทุนของโครงข่ายประเภท VLT และ LT สามารถสรุปได้ว่าอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นสามารถช่วยลดจำนวนเส้นใยนำแสงในโครงข่ายได้ ซึ่งจำนวนเส้นใยนำแสงที่ลดลงจะขึ้นอยู่กับค่า M ที่เพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในขั้นต่อไปที่น่าสนใจ

1 วัตถุประสงค์ในการออกแบบปกป้องโครงข่ายในวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อจัดสรรความจุสำรองที่โครงข่ายขนาดใหญ่ต้องการ แต่เนื่องจากข้อกำหนดของโครงข่ายไม่ได้คำนึงถึง ต้นทุนของอุปกรณ์อื่นๆที่โครงข่ายต้องนำมาใช้ในในกระบวนการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่น ดังนั้น หากมีการออกแบบโดยคำนึงถึงราคาของอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการออกแบบปกป้องโครงข่ายด้วยก็จะทำให้การออกแบบสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขั้นตอนการหาเส้นทางสำรองเป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นหลังจากการจัดสรรเส้นทางในสภาวะการใช้งานปกติ (Optimized Spare Capacity Assignment) งานวิจัยขั้นต่อไปควรพัฒนาอัลกอริทึมที่สามารถจัดสรรเส้นทางสำรองพร้อมกับการจัดสรรเส้นทางในสภาวะการใช้งานปกติ (Jointly Optimized Working and Spare Capacity Assignment) ซึ่งอาจทำให้จำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการมีจำนวนลดลง

3 แม้ว่าข้อดีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาต้นทุนของโครงข่ายจะได้ค่าต้นทุนที่ต่ำที่สุด แต่ว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ยังมีข้อเสียคือ ใช้เวลาในการคำนวณหาผลเฉลยนาน ดังนั้น งานวิจัยขั้นต่อไปคือ การเสนอขั้นตอนวิธีฮิวริสติกสำหรับออกแบบโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อใช้เวลาในการคำนวณหาผลเฉลยลดลง

4 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบโครงข่ายที่พิจารณาเฉพาะจำนวนเส้นใยนำแสงทั้งหมดที่โครงข่ายต้องการ ซึ่งในการใช้งานจริงต้นทุนของโครงข่ายจะพิจารณาถึงความยาวของเส้นใยนำแสงที่ต้องติดตั้งในโครงข่ายด้วย งานวิจัยขั้นต่อไปควรมีการพิจารณาระยะทางระหว่างคู่โนดในโครงข่ายเพื่อหาความยาวของเส้นใยนำแสงที่ต้องติดตั้งให้โครงข่าย