บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบการป้องกันโครงข่าย WDM สำหรับมัลติคาสต์ทราฟฟิก เมื่อหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้รับความเสียหายโดยใช้อัลกอริทึมฮิวริสติก เพื่อให้สามารถรองรับปริมาณทราฟฟิกของระบบได้เพียงพอทั้งในสภาวะการทำงานปกติและสภาวะเมื่อหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้รับความเสียหาย ซึ่งเป็นการพัฒนาจากงานวิจัย [11] โดยในสภาวะทำงานปกติ การออกแบบการจัดสรรเส้นทางและกำหนดความยาวคลื่นจะอาศัยโครงสร้างต้นไม้เชิงแสงที่เหมาะสมในแต่ละมัลติคาสต์เซสชัน ส่วนสภาวะเมื่อหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้รับความเสียหายจะใช้กลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ PBF (Physical Branch Fixed) และ กลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ OMP (Optical Mesh Protection) จะอาศัยโครงสร้างวงแหวนหลายวงมาประกอบกันเพื่อให้ครอบคลุมโนดสมาชิกและข่ายเชื่อมโยงในวิถีทำงานปกติในแต่ละมัลติคาสต์เซสชัน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ทำการค้นหาคำตอบของความต้องการใช้เส้นใยนำแสงของโครงข่ายทั้งในสภาวะการทำงานปกติและสภาวะเมื่อหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้รับความเสียหายทั้งในกรณีที่ระบบมีการติดตั้งและไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่น

การออกแบบโครงข่ายในวิทยานิพนธ์นี้ จะใช้เทคนิคการหาค่าที่เหมาะที่สุดโดยใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกซึ่งเป็นการค้นหาคำตอบแบบประมาณค่า ประกอบด้วย 3 อัลกอริทึม ได้แก่ อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ LS อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ SA และ อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ TS ซึ่งผลเฉลยที่ได้จะให้ค่าใกล้เคียงหรือเท่ากันกับค่าคำตอบที่เหมาะที่สุด แต่เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่หรือซับซ้อนมากขึ้น การใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกจะใช้เวลาในการค้นหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าการค้นหาโดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือวิธี ILP (Integer Linear Programming) โดยในวิทยานิพนธ์จะใช้วิธี Optimized Spare Capacity Assignment ในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นวิธีการหาความจุสำรองที่โครงข่ายต้องการ โดยในการหาผลเฉลยจะต้องมีการกำหนดเส้นทางและความยาวคลื่นที่เป็นวิถีทำงานของโครงข่ายมาให้

จากการใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกที่ได้เสนอไว้ทั้ง 3 แบบ ในการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบของเส้นใยนำแสงที่โครงข่ายต้องการ ได้แก่ โครงข่าย 5 โนด 7 ข่ายเชื่อมโยง โครงข่าย 8 โนด 14 ข่าย

เชื่อมโยง โครงข่าย 10 โนด 21 ข่ายเชื่อมโยง และ โครงข่าย NSFNet ขนาด 14 โนด 21 ข่ายเชื่อมโยงสามารถสรุปผลการทดลองในแง่ของสมรรถนะการใช้อัลกอริทึมฮิวริสติก โดยอาศัยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นตัวชี้วัดโดยเรียงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ $TS \leq SA \leq LS$ เนื่องจากอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ TS จะอาศัยพื้นที่ของหน่วยความจำเพื่อนำมาตรวจสอบผลเฉลยที่สุ่มไม่ให้เกิดลักษณะซ้ำซ้อนกับผลเฉลยในอดีต จึงทำให้โอกาสที่จะพบผลเฉลยที่ด้อยกว่าเป็นไปได้น้อยมาก ขณะที่อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ SA จะอาศัยกระบวนการยอมรับคำตอบที่ด้อยเพื่อลดการเกิดค่าที่เหมาะที่สุดเฉพาะที่ หรือ Local optimum ซึ่งทั้งสองอัลกอริทึมดังกล่าวมีความซับซ้อนมากกว่าอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ LS ที่กระบวนการตัดสินใจยอมรับคำตอบเป็นอย่างง่าย จึงทำให้อัลกอริทึมนี้มีโอกาสเกิดค่าที่เหมาะที่สุดเฉพาะที่ได้มาก

เมื่อพิจารณาในแง่ของเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ ถ้าความซับซ้อนของปัญหามีความซับซ้อนไม่มากนัก หรือ กรณี VLT สามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้ $LS \leq SA \leq TS$ แต่วิธี ILP จะใช้เวลาน้อยที่สุด และเมื่อความซับซ้อนของปัญหามีมาก หรือกรณี LT สามารถเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังนี้ $SA \leq LS \leq TS$ เนื่องจากเหตุผลเดียวกันกับการสรุปผลในแง่ของสมรรถนะของอัลกอริทึมฮิวริสติกที่ผ่านมา เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับวิธี ILP จะใช้เวลาค่อนข้างรวดเร็วในการค้นหาคำตอบเมื่อค่า M มีค่าน้อย ๆ แต่จะยิ่งใช้เวลานานมากเมื่อค่า M มีค่าสูงมาก ๆ และยังพบว่าที่ค่า M มีค่าสูง ๆ ของบางโครงข่ายไม่สามารถหาผลเฉลยได้เลย เนื่องจากความซับซ้อนของปัญหาในกรณี LT นี้จะขึ้นอยู่กับค่า M ด้วย

พิจารณาในแง่ความต้องการใช้เส้นใยนำแสงในสภาวะการทำงานปกติและสภาวะเมื่อหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้รับความเสียหาย สามารถเรียงลำดับความต้องการใช้เส้นใยนำแสงจากน้อยไปมากได้ดังนี้ $TS \leq SA \leq LS$ ในกรณี VLT ซึ่งมีความซับซ้อนไม่มากนักจะมีความต้องการใช้จำนวนเส้นใยนำแสงน้อยกว่ากรณี LT ที่มีความซับซ้อนมากกว่า ในการออกแบบกลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ PBF จะใช้จำนวนความต้องการใช้เส้นใยนำแสงที่น้อยกว่ากลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ OMP ทุก ๆ ค่า M เนื่องจากกลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ PBF และ OMP อาศัยโครงสร้างของวงแหวนหลายวงในการป้องกันข่ายเชื่อมโยงที่เสียหายเหมือนกัน เพียงแต่กลยุทธ์การป้องกันโครงข่ายแบบ OMP จะต้องนำวิถีทำงานปกติมาออกแบบสำหรับเส้นใยนำแสงสำรองด้วย

ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นภาพรวมถึงการนำอัลกอริทึมฮิวริสติกทั้ง 3 แบบ มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบปัญหาการหาค่าที่เหมาะที่สุด สามารถจำแนกลักษณะปัญหาของงานได้ 2 แบบ คือ งานที่มีความซับซ้อนน้อยหรือขนาดเล็ก และงานที่มีความซับซ้อนมากหรือขนาดใหญ่ ซึ่งผลที่

ได้จากการทดลองนั้นอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ LS จะมีความเหมาะสมกับงานที่มีความซับซ้อนน้อยหรือขนาดเล็ก เนื่องจากให้ค่าคำตอบที่มีความเหมาะสมในเวลาที่ค่อนข้างรวดเร็ว แต่เมื่องานมีความซับซ้อนหรือขนาดใหญ่ขึ้น การใช้อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ TS จะมีความเหมาะสมมากที่สุด ถึงแม้ว่าจะใช้เวลานานมากกว่าอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ LS และ SA ก็ตาม เนื่องจากอาศัยพื้นที่หน่วยความจำในการประกอบการตัดสินใจยอมรับคำตอบ ในขณะที่อัลกอริทึมฮิวริสติกแบบ SA จะอยู่ตรงกลางระหว่างสองอัลกอริทึมข้างต้น โดยกระบวนการตัดสินใจมีการยอมรับคำตอบที่ด้อยกว่าเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาค่าที่เหมาะที่สุดเฉพาะที่ จึงเพิ่มโอกาสในการค้นพบค่าที่เหมาะที่สุดในเวลาที่เหมาะสม

6.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในขั้นต่อไปที่น่าสนใจ

1 ในวิทยานิพนธ์นี้ ขั้นตอนการสำรองความจุเป็นขั้นตอนที่ทำหลังจากได้จัดสรรความจุที่ใช้รองรับทราฟฟิกในสภาวะทำงานปกติเรียบร้อยแล้ว (Optimized Spare Capacity Assignment) งานวิจัยในขั้นตอนต่อไปควรพัฒนาอัลกอริทึมให้สามารถจัดสรรความจุสำรองได้ควบคู่กับการจัดสรรความจุให้ทราฟฟิกในสภาวะปกติได้ (Jointly Optimized Working and Spare Capacity Assignment) จึงอาจทำให้จำนวนเส้นใยนำแสงที่โครงข่ายต้องการมีความประหยัดมากขึ้น

2 เนื่องจากการออกแบบการสำรองความจุในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการออกแบบโดยไม่คำนึงถึงช่องสัญญาณที่เหลือของเส้นใยทำงาน จึงทำให้เกิดความสิ้นเปลืองของการใช้เส้นใยเป็นอย่างมาก ในขั้นตอนต่อไป จึงควรออกแบบการสำรองความจุโดยคำนึงความจุที่เหลือบนเส้นใยทำงานก่อน เพื่อลดความต้องการใช้เส้นใยนำแสงลง

3 ทราฟฟิกที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นแบบคงที่ (Static traffic) ซึ่งเป็นการออกแบบปัญหาที่ช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ในขั้นตอนต่อไปควรศึกษาและพัฒนาถึงทราฟฟิกที่มีลักษณะแบบพลวัต (Dynamic traffic) หรือทราฟฟิกที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากมีความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานในปัจจุบัน