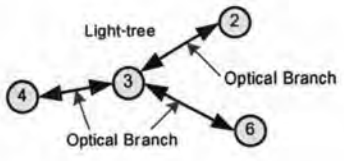
บทที่ 1

บทนำ

พลมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสารใยแก้วนำแสงได้มีการพัฒนาและก้าวหน้าไปมาก ส่งผลให้ความจุหรืออัตราการส่งข้อมูลภายในโครงข่ายได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้โครงข่ายมีขีดความสามารถในการรองรับบริการรูปแบบใหม่ ๆ ที่ต้องการแบนด์วิดท์สูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของบริการหรือโปรแกรมประยุกต์ที่ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ต การประชุมสัมมนาผ่านทางวิดีโอ (video conferencing) การศึกษาทางไกล (distance learning) การประมูลที่มีการถ่ายทอดสด (live auction) และเกมออนไลน์ (online game) เป็นต้น การออกแบบและพัฒนาโครงข่ายความเร็วสูงเพื่อรองรับความต้องการใช้บริการที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วนี้ต้องอาศัยเทคโนโลยีที่นอกจากจะให้ความจุสูงแล้วยังต้องสามารถรองรับการให้บริการแบบมัลติคาสต์ได้ ในปัจจุบันการมัลติเพลกซ์เชิงความยาวคลื่นหนาแน่น (DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing) จึงจัดเป็นเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจอย่างมาก การมัลติเพลกซ์เชิงความยาวคลื่น (DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing) [1] มีหลักการคือทำการมัลติเพลกซ์ช่องสัญญาณแสงจำนวนหนึ่งรวมกันโดยอาศัยคลื่นพาห์ที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันเพื่อส่งไปในเส้นใยนำแสงเดียวกัน ทำให้การเข้าใช้ประโยชน์ของแบนด์วิดท์ของเส้นใยนำแสงเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้มีการนำเทคโนโลยี DWDM มาใช้ในการออกแบบโครงข่ายความเร็วสูง ซึ่งจะสามารถส่งข้อมูลได้สูงถึงระดับ Tbps เพื่อที่จะรองรับบริการแบบมัลติคาสต์ โครงข่ายจะต้องสามารถรองรับทราฟฟิกที่มีเชื่อมต่อจากโนดต้นทางไปยังกลุ่มของโนดปลายทางได้ในเวลาเดียวกัน หรือกล่าวอีกนัยว่าโครงข่ายต้องมีความสามารถที่จะรองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์ที่มีการเชื่อมต่อจากโนดต้นทางไปยังกลุ่มของโนดปลายทางนั้นจะอยู่ในรูปของ light-tree [2] ดังรูป



รูปที่ 1.1 ตัวอย่างของ light-tree

อย่างไรก็ตาม การให้บริการดังกล่าวนั้น ถ้าเกิดความไม่ต่อเนื่องในการให้บริการเพียงเสี้ยววินาทีก็สามารถทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงตามมาได้ ดังนั้นความอยู่รอด (survival) ของโครงข่ายจึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบโครงข่าย DWDM เพื่อที่จะปกป้องจากสภาวะข้างต้นและลดความสูญเสียของการให้บริการที่ไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้

จากการศึกษางานวิจัยเรื่องการออกแบบโครงข่าย DWDM ในช่วงที่ผ่านมา พบว่าโดยมากเป็นงานวิจัยเพื่อรองรับการให้บริการหรือทราฟฟิกแบบยูนิคาสต์ (unicast) ซึ่งเป็นทราฟฟิกที่มีลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างต้นทางและปลายทางในการส่งข้อมูลเป็นการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด (point to point) [3] เนื่องจากเป็นทราฟฟิกที่เกิดมากที่สุดในโครงข่าย แต่ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและพฤติกรรมของผู้ใช้บริการในโครงข่าย พบว่าในอนาคตบริการแบบมัลติคาสต์ (multicast) มีแนวโน้มที่จะได้รับการตอบสนองจากผู้ใช้เพิ่มมากขึ้น เพราะสามารถตอบสนองความต้องการบริการรูปแบบเดียวกันสำหรับผู้ใช้จำนวนมากได้ในช่วงเวลาเดียวกัน [4,5] โดยอาศัยการเชื่อมต่อระหว่างแบบจุดต่อหลายจุด (point to multipoint) ในการส่งข้อมูลด้วยรูปแบบของบริการที่เปลี่ยนไป จึงต้องมีการประยุกต์ปรับเปลี่ยนโครงข่ายให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยที่ผ่านมา [6,7] ได้นำเสนอข้อดีของการกำหนดให้ ทราฟฟิกของโครงข่ายเป็นมัลติคาสต์ โดยนำเสนอในเชิงเปรียบเทียบกับการกำหนดทราฟฟิกแบบยูนิคาสต์ให้กับโครงข่าย ในการเปรียบเทียบดังกล่าวจะมีการนำเสนอ light tree เข้ามาช่วยในการส่งข้อมูล เพื่อลดค่าหน่วงเวลา (delay) ในการส่ง ซึ่ง [8] ได้ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการออกแบบโดยอาศัยโครงสร้างของ light-tree สำหรับรองรับทราฟฟิกทั้งแบบยูนิคาสต์และมัลติคาสต์ และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ทำในเชิงเปรียบเทียบเหมือนกัน แต่ได้การพิจารณาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของการติดตั้งอุปกรณ์ในการทำมัลติคาสต์เพิ่มเติมในโครงข่าย [7] ได้แก่ อุปกรณ์แยกสัญญาณ (splitter) และอุปกณ์แปลงผันความยาวคลื่น (wavelength converter) หลังจากงานวิจัยดังกล่าวก็ได้มีงานวิจัยที่พิจารณาถึงการกำหนดเส้นทางและความยาวคลื่นให้กับมัลติคาสต์ทราฟฟิก [9] เพื่อให้การรับส่งข้อมูลเป็นไปตามระดับคุณภาพบริการที่กำหนดโดยใช้ค่าความยาวคลื่นในการส่งน้อยที่สุด นอกจากนี้ก็มีบางงานวิจัยที่พิจารณาในเชิงเดียวกัน [10] แต่ได้มีการพิจารณาเพิ่มเติมถึงผลกระทบของการติดตั้งอุปกรณ์แปลงผันความยาวคลื่นในโครงข่าย ในด้านต้นทุนและค่าความยาวคลื่นในการส่งข้อมูล นอกจากงานวิจัยดังกล่าวยังมีบางงานวิจัยที่พิจารณาเฉพาะการจัดสรรเส้นทาง [11] ในโครงข่าย โดยจะทำการจัดสรรเส้นทางให้โครงข่ายมีค่าต้นทุนในการติดตั้งข่ายเชื่อมโยงน้อยที่สุด และยังคงรักษาคุณภาพของสัญญาณไม่ให้มีค่าหน่วงเวลาในการรับส่งข้อมูลเกินกว่าที่กำหนดไว้ ในการตรวจสอบคุณภาพการบริการรับส่งข้อมูลนั้น การพิจารณาจากค่าหน่วงเวลาเพียงอย่างเดียวไม่สามารถรองรับปัญหาที่เกิดกับ

การรับส่งข้อมูลในความเป็นจริงได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีงานวิจัยที่ออกแบบโครงข่ายโดยคำนึงถึงค่ากำลังของสัญญาณที่โนดปลายทางจะได้รับในการส่งข้อมูลแบบมัลติคาสต์ด้วย [12] เพราะในการส่งข้อมูลมัลติคาสต์นั้นสัญญาณข้อมูลที่ส่งจากต้นทางจะถูกคัดลอกและแยก (split) ออกเป็นสัญญาณย่อยจำนวนหนึ่ง ส่งต่อไปยังปลายทาง การส่งข้อมูลในลักษณะดังกล่าวทำให้บางครั้งปลายทางจะไม่ได้รับสัญญาณที่ส่ง เนื่องจากค่ากำลังสัญญาณข้อมูลถูกลดทอนลงจากการแยกสัญญาณที่โนดกลางทางจนหมดก่อนที่สัญญาณจะเดินทางไปถึงปลายทาง ส่วน [13] กล่าวถึงการกำหนดของการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นที่รองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์บนโครงสร้างแบบเมช (mesh) และวงแหวน (ring) ภายใต้ระบบหลายเส้นใย (multi-fiber system) [14] ได้เสนอรูปสมการทางคณิตศาสตร์ที่รวมค่าพารามิเตอร์ที่เรียกว่า จำนวนระดับขั้นของการแยกสัญญาณสูงสุด (fanout) ไว้สำหรับการหาผลเฉลยของปัญหาโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ILP

วิธีการออกแบบโครงข่ายไม่ว่าจะเป็นโครงข่ายสำหรับรองรับทราฟฟิกแบบยูนิคาสต์ (unicast) หรือ มัลติคาสต์ (multicast) ที่นิยมนำมาใช้นั้น จะอาศัย LP (Linear Programming), ILP (Integer Linear Programming) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับโครงข่ายหนึ่งๆซึ่งมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไปโดยอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ มาช่วยในการกำหนดคุณลักษณะของโครงข่ายตามที่เราต้องการ อย่างไรก็ตาม LP หรือ ILP ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) และข้อบังคับหรือข้อกำหนดของโครงข่ายซึ่งต้องเป็นเชิงเส้น อีกทั้งยังใช้เวลานานในการหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นเราไม่สามารถที่จะใช้เครื่องมือดังกล่าวหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในระยะเวลาที่ต้องการ ซึ่งจะแก้ไขโดยการนำอัลกอริทึมฮิวริสติก (Heuristic Algorithm) [15] ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบของปัญหาโดยการประมาณที่รับประกันว่าจะสามารถหาคำตอบของปัญหาได้ภายในระยะเวลาที่กำหนดมาใช้ในการหาคำตอบแทน แม้ว่าคำตอบของปัญหาที่ได้จากอัลกอริทึมฮิวริสติกนี้จะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่คำตอบนั้นก็มีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดหรืออยู่ในภาวะที่ยอมรับได้ มีหลายวิธีที่นำมาใช้ในอัลกอริทึมฮิวริสติก เช่น วิธีการหาคำตอบเชิงอนุมาน (constructive greedy method) , วิธีค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (local Search method), วิธีการหาคำตอบโดยใช้อัลกอริทึมแนวใหม่ที่เป็นแบบวนซ้ำทั่วทุกด้าน(Modern General Iterative Algorithm) เช่น การเย็นตัวลงของแบบจำลอง (Simulated Annealing), อัลกอริทึมที่เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ (Genetic Algorithm), แบบจำลองวิวัฒนาการ (Simulated Evolution) และการค้นหาสิ่งที่ต้องห้าม (Tabu Search) แต่เนื่องจากวิธี Tabu Search ซึ่งเป็นหนึ่งในการหาคำตอบโดยใช้อัลกอริทึมแนวใหม่ที่เป็นแบบวนซ้ำทั่วทุกด้าน เหมาะสำหรับสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ [3] และด้วยคุณลักษณะเฉพาะที่เด่นคือระบบการทำงานจะใช้

หน่วยความจำที่มีความสามารถปรับตัวได้ (Adaptive or Flexible Memory) ซึ่งส่งผลให้เวลาในกระบวนการแก้ปัญหาเร็วขึ้น ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงจะนำ Tabu Search ซึ่งเป็นอัลกอริทึมฮิวริสติกมาใช้ในการออกแบบปกป้องโครงข่ายเมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยง (Single Link Failure)

1.2 วัตถุประสงค์

ศึกษาจำนวนเส้นใยนำแสงสำรองที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่าย DWDM เพื่อรองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์ (multicast traffic) เมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยง ภายใต้การออกแบบโครงข่ายด้วยอัลกอริทึมฮิวริสติกบนหลักการพื้นฐานของการปกป้องโครงข่ายแบบ LR และ LIR ในกรณีที่มีการจัดสรรความยาวคลื่นแบบ VLT และ LT

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. เสนอและสร้างอัลกอริทึมฮิวริสติกที่ใช้ในการหาจำนวนเส้นใยนำแสงสำรองที่ต้องจัดสรรให้กับโครงข่าย DWDM ที่ใช้ในการรองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์ ซึ่งสามารถปกป้องโครงข่ายเมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยงได้ โดยอาศัยหลักการพื้นฐานของการปกป้องโครงข่ายแบบ LR และ LIR ในกรณีที่มีการจัดสรรความยาวคลื่นแบบ VLT และ LT
2. เปรียบเทียบจำนวนเส้นใยนำแสงสำรองที่ใช้การปกป้องโครงข่ายแบบ LR และ LIR ซึ่งแต่ละวิธีมีการจัดสรรความยาวคลื่นแบบ VLTและ LT ศึกษาข้อดีข้อเสียของจำนวนเส้นใยนำแสงสำรองที่ใช้การปกป้องโครงข่ายในแต่ละรูปแบบ
3. เปรียบเทียบจำนวนเส้นใยแสงที่ได้จาก ILP กับอัลกอริทึมฮิวริสติกที่ได้ออกแบบ
4. เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบของปัญหาที่ได้จาก ILP กับอัลกอริทึมฮิวริสติกที่ได้ออกแบบ
5. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียในแต่ละวิธีการปกป้องโครงข่ายจากความเสียหายหนึ่งข่าย-เชื่อมโยง

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์
    1.1 ศึกษาบทความเกี่ยวกับเทคโนโลยี DWDM
    1.2 ศึกษาโครงสร้างของโครงข่ายเชิงแสงที่ใช้รองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ศึกษาบทความเกี่ยวกับการจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นที่ใช้ในการรองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์ของโครงข่ายเชิงแสง

1.4 ศึกษาวิธีการปกป้องโครงข่ายที่ใช้รองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์เมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยง

1.5 ศึกษาอัลกอริทึมฮิวริสติกแบบต่างๆ ที่สามารถจะนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบโครงข่ายเมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยง

2. ออกแบบและทดสอบฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบ
3. เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของโครงข่ายในแง่ของการใช้จำนวนเส้นใยนำแสงสำรองสำหรับในแต่ละกรณีที่ออกแบบ
4. รวบรวมและสรุปผลการวิจัย เพื่อเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถปกป้องโครงข่ายเชิงแสงที่ใช้รองรับทราฟฟิกแบบมัลติคาสต์ให้มีความอยู่รอดเมื่อเกิดความเสียหายหนึ่งข่ายเชื่อมโยง
2. สามารถออกโครงข่ายเชิงแสงได้อย่างเหมาะสมกับงบประมาณโดยที่ได้รับประสิทธิภาพจากการทรัพยากรในโครงข่ายเชิงแสงมากที่สุด
3. ทราบถึงข้อดีข้อเสียในแต่ละวิธีการจัดสรรเส้นทางให้กับโครงข่ายเชิงแสง
4. ทราบถึงข้อดีข้อเสียในแต่ละวิธีการจัดสรรความยาวคลื่นให้กับโครงข่ายเชิงแสง