รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการวิจัยเรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบและสังเคราะห์เครือข่าย

CAD Tool Development for Network Design and Optimization

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. นฤมล วัฒนพงศกร

นายปกรณ์ ลี้สุทธิพรชัย

รายงานนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณ ประจำปี 2552-2553

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ทำการศึกษาวิธีการออกแบบโครงสร้างของระบบเครือข่ายที่มีอยู่ทั้งในส่วนการออกแบบเครือข่ายแบบเข้าถึงและการออกแบบเครือข่ายแกนหลัก เพื่อวิจัยและพัฒนาเทคนิควิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งวิธีการออกแบบเครือข่ายที่มีอยู่เดิมมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดในหลายประเด็นโดยเฉพาะวิธีการออกแบบให้เครือข่ายมีเสถียรภาพสูงและคงอยู่ได้ในกรณีที่เกิดเหตุขัดข้องหรือชำรุด รวมทั้งการออกแบบเครือข่ายให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดโดยอาศัยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณและใช้ระยะเวลาค้นหาคำตอบที่เหมาะสม จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยวิธีการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบระบบเครือข่าย โดยนำเอาวิธีการต่างๆมาช่วยในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และออกแบบเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพและสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ โดยเฉพาะการนำเสนอในรูปแบบ Graphic User Interface

Abstract

In this research project, we studied design and optimization approaches for both the wireless access network and the optical backbone network. We developed techniques to effectively improve the existing network design approaches that have many limitations. In particular, we considered reliable and survivable network design with link-restoration and path-restoration approaches. We also optimized the network design problem with minimum cost while many network constraints are considered. Computer simulation is used. Then we developed a network design tool with graphic user interface (GUI). Many design and optimization techniques are considered. This network design tool can provide many network design solutions to meet the design requirement from the user.

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
บทที่ 2 การออกแบบเครือข่ายแบบเข้าถึง	7
บทที่ 3 การออกแบบเครือข่ายแบบแกนหลัก	26
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	44
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	60
เอกสารอ้างอิง	61
ผลงานตีพิมพ์	65
ภาคผนวก	
คู่มือการใช้งาน	66

สารบัญตาราง (List of Tables)

ตารางที่ 2.1 ความจุของอุปกรณ์ติดต่อวงจรสัญญาณแบบ DS-1 และ DS-3 14

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเฉพาะของ ชนิดของสถานีฐาน [1] 20

ตารางที่ 2.3 ค่าใช้จ่ายของ ชนิดของศูนย์ควบคุมสถานีฐาน (รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแล้ว) [1] 20

ตารางที่ 2.4 ค่าใช้จ่ายของ ชนิดของชุมสาย (รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแล้ว) [1] 21

ตารางที่ 2.5 ค่าใช้จ่ายของ ชนิดของอุปกรณ์ติดต่อวงจรสัญญาณ (รวมค่าใช้จ่ายใน การติดตั้งแล้ว) [1] 21

ตารางที่ 2.6 ค่าใช้จ่ายของ ชนิดของวงจรสัญญาณระหว่าง สถานีฐานกับศูนย์ควบคุมฯ (รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแล้ว) [1] 21

ตารางที่ 2.7 ค่าใช้จ่ายของ ชนิดของวงจรสัญญาณระหว่าง ศูนย์ควบคุมฯกับชุมสาย (รวมค่าใช้จ่ายในการติดตั้งแล้ว) [1] 21

ตารางที่ 3.1 ลักษณะจำเพาะของโครงสร้างเครือข่ายแบบ NFSNET, CHNNET และ ARPANET 27

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณการเชื่อมต่อที่สำเร็จ ภายใต้จำนวนช่องสัญญาณในแต่ละวงจรสัญญาณ ที่จำกัด 31

ตารางที่ 3.3 แสดงประสิทธิภาพของเซตคำตอบของอัลกอลิทึม GA-EMF, MST และ MRU ในหลายโครงสร้างเครือข่าย 36

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

รูปที่ 2.1	เครือข่ายแบบเข้าถึงที่มีโครงสร้างแบบต้นไม้	9
รูปที่ 2.2	การพื้นคืนวงจรสัญญาณแบบเชื่อมต่อระหว่างจุด หลังจากวงจรสัญญาณที่ใช้งานหลักชำรุด	9
รูปที่ 2.3	การฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทางหลังจากเส้นทางหลักชำรุด	10
รูปที่ 2.4	โครงสร้างเครือข่ายแบบวงแหวน	11
รูปที่ 2.5	ระบบเครือข่ายแบบ จีเอสเอ็ม GSM	12
รูปที่ 2.6	โครงสร้างของวงจรสัญญาณ และ อุปกรณ์ติดต่อวงจรสัญญาณระหว่าง สถานีฐานกับศูนย์ควบคุมฯ และระหว่าง ศูนย์ควบคุมฯกับชุมสาย	14
รูปที่ 2.7	เส้นทางสำรองของ BTS1→BSC1→MSC1	16
รูปที่ 2.8	เครือข่ายแบบร่างแหดั้งเดิมก่อนวงจรสัญญาณชำรุด	17
รูปที่ 2.9	แบบจำลองเหตุการณ์ที่วงจรสัญญาณชำรุดสำหรับการฟื้นคืนวงจรแบบระหว่างจุดและแบบเส้นทาง	17
รูปที่ 2.10	การออกแบบเครือข่ายให้มีการฟื้นคืนวงจรแบบระหว่างจุด	22
รูปที่ 2.11	การฟื้นคืนวงจรแบบระหว่างจุดหลังจากวงจรที่ทำงานหลักชำรุด	23
รูปที่ 2.12	การออกแบบเครือข่ายให้มีการฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทาง	24
รูปที่ 2.13	การฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทางหลังจากวงจรที่ทำงานหลักชำรุด	25
รูปที่ 3.1	โครงสร้างเครือข่ายแบบ NFSNET [26]	26
รูปที่ 3.2	โครงสร้างเครือข่ายแบบ CHNNET [27]	27
รูปที่ 3.3	โครงสร้างเครือข่ายแบบ ARPANET [27]	27
รูปที่ 3.4	ผลที่ได้จากการพิจารณาสามกรณี คือ 1) คำนึงถึงสองสมการวัตถุประสงค์พร้อมกัน (แสดงด้วย “+”) 2) คำนึงถึงปริมาณการเชื่อมต่อมากที่สุด (ร้อยเปอร์เซนต์ของการเชื่อมต่อ แสดงด้วย “□”) และ 3) คำนึงถึงจำนวนช่องสัญญาณน้อยที่สุด (โดยที่รองรับอย่างน้อยร้อยละ 80 ของการเชื่อมต่อแสดงด้วย “◯”)	28
รูปที่ 3.5	ผลที่ได้จาก 1) วิธีการ Weighted-sum โดยคำนึงถึงการให้น้ำหนักในแต่ละวัตถุประสงค์หลายกรณี (แสดงด้วย “□”) และ 2) อัลกอลิทึม SPEA2 (“◯” symbol)	29
รูปที่ 3.6	ผลที่ได้จาก 1) วิธีการ Weighted-sum โดยคำนึงถึงการให้น้ำหนักในแต่ละวัตถุประสงค์หลายกรณี (แสดงด้วย “□”) และ 2) อัลกอลิทึม NSGA-II (“◯” symbol)	30
รูปที่ 3.7	อัลกอลิทึมที่ใช้ในการออกแบบเส้นทางและกำหนดวงจรสัญญาณ	32
รูปที่ 3.8	เซตของคำตอบแบบสองวัตถุประสงค์ ที่ได้จากอัลกอลิทึมการออกแบบ	33

การรวมเส้นทางและกำหนดวงจรสัญญาณ (GA-EMF) และจากอัลกอลิทึม
การออกแบบเส้นทางและกำหนดวงจรสัญญาณ (GA-MDF และ FAR-FF)
รูปที่ 3.9 ผลที่ได้จากการรวมเส้นทาง ทั้ง 4 แบบ คือ P2P, P2MP, MP2P และ MP2MP 35
รูปที่ 3.10 เซตคำตอบของอัลกอลิทึม GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้าง 38
เครือข่าย NFSNET
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนพอร์ตรับส่งข้อมูลของ 39
อัลกอลิทึม GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย NFSNET
รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนช่องสัญญาณของอัลกอลิทึม 39
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย NFSNET
รูปที่ 3.13 เซตคำตอบของอัลกอลิทึม GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย 40
CHNNET
รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนพอร์ตรับส่งข้อมูลของอัลกอลิทึม 40
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย CHNNET
รูปที่ 3.15 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนช่องสัญญาณของอัลกอลิทึม 41
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย CHNNET
รูปที่ 3.16 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนพอร์ตรับส่งข้อมูลและจำนวนช่องสัญญาณของอัลกอลิทึม 41
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย CHNNET
รูปที่ 3.17 เซตคำตอบของอัลกอลิทึม GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย 42
ARPANET
รูปที่ 3.18 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนพอร์ตรับส่งข้อมูลของอัลกอลิทึม 42
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย ARPANET
รูปที่ 3.19 ความสัมพันธ์ระหว่างการเชื่อมต่อที่สำเร็จและจำนวนช่องสัญญาณของอัลกอลิทึม 43
GA-EMF, MST และ MRU ที่ได้จากโครงสร้างเครือข่าย ARPANET
รูปที่ 4.1 แสดงผลที่ได้จากการหาโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ 45
รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ ก่อนการฟื้นคืนวงจรแบบเชื่อมต่อระหว่างจุด 46
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ หลังการฟื้นคืนวงจรแบบเชื่อมต่อระหว่างจุดของ 48
สถานีฐานที่ 5
รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ หลังการฟื้นคืนวงจรแบบเชื่อมต่อระหว่างจุดของ 48
ทุกสถานีฐาน
รูปที่ 4.5 แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ ก่อนการฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทาง 49
รูปที่ 4.6 แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ หลังการฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทางของ 51
สถานีฐานที่ 5

รูปที่ 4.7	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบต้นไม้ หลังการฟื้นคืนวงจรแบบเส้นทางของทุกสถานีฐาน	51
รูปที่ 4.8	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก ก่อนการออกแบบเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ	54
รูปที่ 4.9	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก หลังการออกแบบเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ ให้กับ การเชื่อมต่อ จาก ที่ตั้งที่ 4 ไป ที่ตั้งที่ 12 ในตัวเลือกที่ 2	54
รูปที่ 4.10	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก หลังการออกแบบเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ ให้กับการเชื่อมต่อทั้งหมดในตัวเลือกที่ 2	55
รูปที่ 4.11	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก ก่อนการออกแบบการรวมเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ	58
รูปที่ 4.12	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก หลังการออกแบบการรวมเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ ให้กับ การเชื่อมต่อ จาก ที่ตั้งที่ 4 ไป ที่ตั้งที่ 19 ในตัวเลือกที่ 2	58
รูปที่ 4.13	แสดงโครงสร้างเครือข่ายแบบแกนหลัก หลังการออกแบบการรวมเส้นทางและกำหนดช่องวงจรสัญญาณ ให้กับการเชื่อมต่อทั้งหมดในตัวเลือกที่ 2	59

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

(List of Abbreviations)

FF	First Fit Wavelength Assignment
GA	Genetic Algorithm
GA-EMF	Genetic Algorithm for Routing, Extended Traffic Grooming and Maximum Degree First Wavelength Assignment
GA-ETG-MaxDF	Genetic Algorithm for Routing, Extended Traffic Grooming and Maximum Degree First Wavelength Assignment
GA-MDF	Genetic Algorithm for Routing and Minimum Degree First Wavelength Assignment
GA-MRU-FF	Genetic Algorithm for Routing, Maximizing Resource Utilization Traffic Grooming and First Fit Wavelength Assignment
GA-MST-FF	Genetic Algorithm for Routing, Maximizing Single-hop Traffic Grooming and First Fit Wavelength Assignment
MaxDF	Maximum Degree First Wavelength Assignment
MDF	Minimum Degree First Wavelength Assignment
MRU	Maximizing Resource Utilization Algorithm
MST	Maximizing Single-hop Traffic Algorithm