

การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P
โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ยุรนันท์ มุขอ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

บัณฑิตวิทยาลัย สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

ปีการศึกษา 2558

DESIGN AND DEVELOPMENT OF PROTOTYPE MODEL BASED ON P2P
BY USING FUZZY LOGIC

Yuranan Musor

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2015

หัวข้อสารนิพนธ์

การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์
คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

โดย

ยุรนันท์ มุขอ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ดร. ธงชัย แก้วกิริยา

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พินิจ กำหม่อม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ หมันสกุล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ศรีเซว่งทรัพย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร. ธงชัย แก้วกิริยา)

ยุรนนท์ มุขอ : การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ. อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ธงชัย แก้วกิริยา, 136 หน้า.

การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ มีวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ 2) เพื่อพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ 3) เพื่อประเมินผลการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบ ได้แบ่งโมเดลออกเป็น 4 โมเดล ได้แก่ 1) โมดูล Input Data 2) โมดูล Analysis Path 3) โมดูล PathClassifier 4) โมดูล Start Peer to Peer Download โดยขั้นตอนการทดลอง เริ่มต้นจากการสร้างอิมเมจไฟล์ต้นฉบับที่มีการติดตั้งระบบปฏิบัติการด้วยโปรแกรมโกสต์แคสเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นส่งอิมเมจไฟล์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง จากนั้นนำตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้าไปช่วยในการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดโดยใช้ความหนาแน่นของข้อมูลและแบนด์วิธของระบบเครือข่าย ซึ่งจะทำการเลือกเส้นทาง 4 ครั้ง ได้แก่ ช่วงเริ่มต้นดาวน์โหลดไฟล์, ช่วงเวลาที่ดาวน์โหลดไฟล์สำเร็จ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงเวลาที่ดาวน์โหลดไฟล์สำเร็จ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงเวลาที่ดาวน์โหลดไฟล์สำเร็จ 75 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองในกรณีที่ดีที่สุดของการดาวน์โหลดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 5 เครื่องสามารถลดความหนาแน่นของข้อมูลในระบบเครือข่ายในแต่ละช่วงของการดาวน์โหลดได้ดังนี้ ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 5.80, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 3.15, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.49 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 5.87 และยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 94.08 นาที ในกรณีที่ผลการทดลองดีที่สุดของการดาวน์โหลดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.69, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 3.01, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.33 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.20 และยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 71.42 นาที ในกรณีที่ผลการทดลองดีที่สุดของการดาวน์โหลดด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ 20 เครื่อง ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.07, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.43, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.50 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.23 และยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 62.45 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

YURANAN MUSOR : DESIGN AND DEVELOPMENT OF PROTOTYPE MODEL BASED ON P2P BY USING FUZZY LOGIC. ADVISOR : DR. THONGCHAI KAEWKIRIYA, 136 PP.

The goals of this research are as follows: First, to synthesize the pattern of image file installation on the group of computers. Second, to develop a prototype of image file installation on the group of computers. Finally, to evaluate the prototype. This model is divided into 4 modules, the first is the Input Data module, the second is the Analysis Path module, the third is the Path Classifier module, the last is the Start Peer to Peer Download module. The prototype starts by creating an image file that is installed with the operating system by using the ghost cast server program. Then send the image file to five computers based on the fuzzy logic and network analysis to select the most suitable route. For each file, the prototype select the route four times based on process of the file transferring, the route selections are selected at the beginning of each quarters. The best results from the 3 sets of comparison between the prototype and P2P download by using 5, 10 and 20 computers show the following results, between each quarters of file transferring, in the first set the prototype reduces the average network congestion to 94.20, 96.85, 97.51, 94.13 percent respectively, in the second set the prototype reduces the average network congestion to 97.31, 96.99, 97.67, 97.80 percent respectively, in the third set the prototype reduces the average network congestion to 97.93, 97.57, 97.50, 97.77 percent respectively when compared to P2P download. In the best case scenarios, the 3 sets that applied with proto type can transfer the image file 94.08, 71.42, 62.45 minutes faster than P2P download respectively.

Graduate School

Field of Study Information Technology

Academic Year 2015

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้นั้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของ อาจารย์ ดร. ธงชัย แก้วกิริยา ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พินิจ กำหอม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรณพ หมั่นสกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรากร ศรีเชวงทรัพย์ ที่กรุณาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ทำให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างที่สุดเสมอมา และขอขอบคุณทุกท่านในคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจความช่วยเหลือที่ผ่านมา

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการใช้งาน และ การศึกษารวมทั้งเป็นต้นแบบในการพัฒนา เพื่อประยุกต์ใช้งานกับระบบอื่นๆ ต่อไปในอนาคต

ยุรนันท์ มุขอ

TNI

สารบัญ

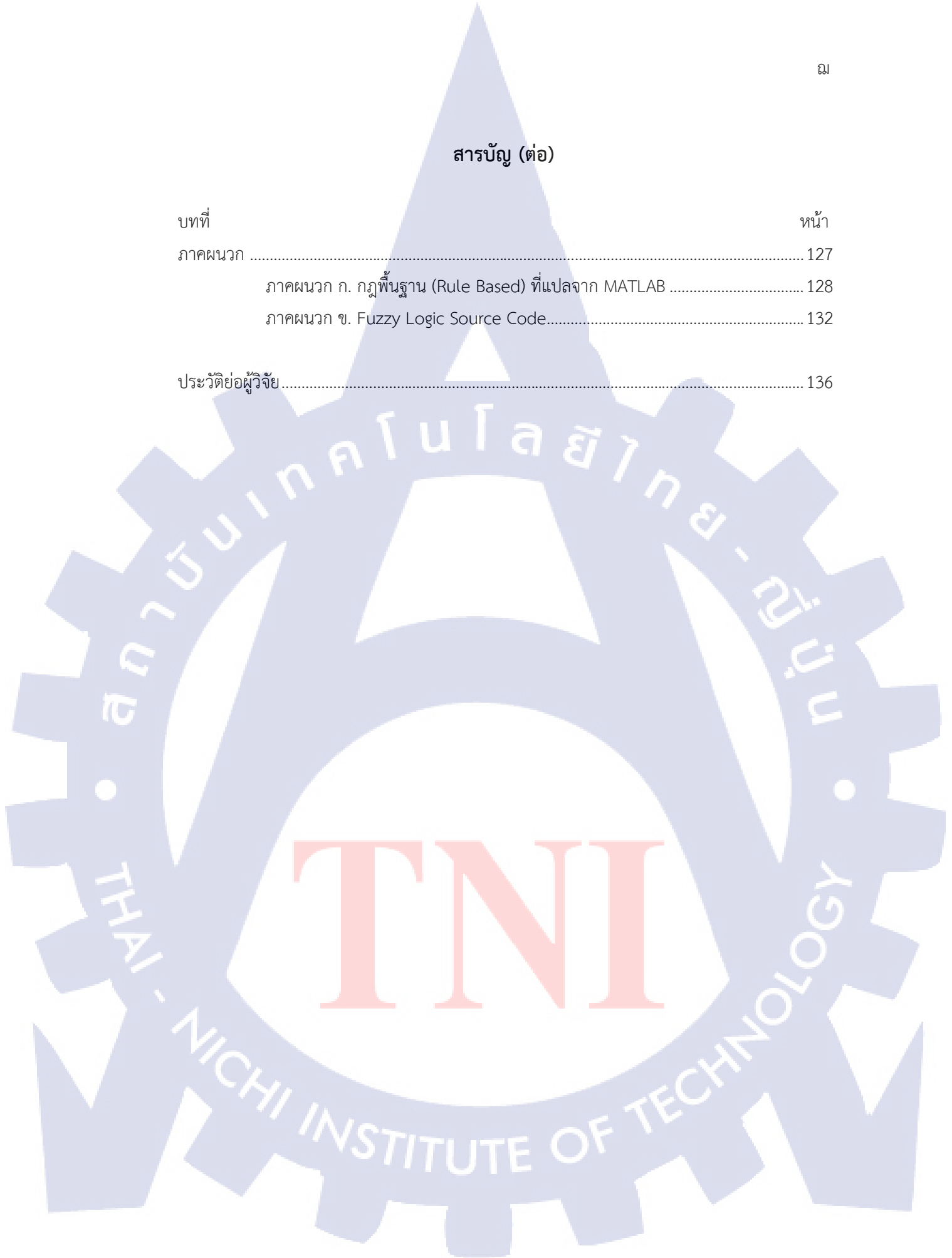
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีทางด้านเครือข่าย Peer-to-Peer	5
2.2 โพรโทคอลบิตทอร์เรนต์ (Bit Torrent Protocol)	7
2.3 แบนด์วิดท์ (Bandwidth)	9
2.4 ความหนาแน่น (Congestion)	9
2.5 เครือข่ายแลนด LAN (Local Area Network)	10
2.6 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)	10
2.7 โปรแกรมเมตเล็บ MATLAB	14
2.8 โปรแกรมโกลด์แคสเจอร์ฟเวอร์ (Ghostcast Server)	14
2.9 กราฟ (Graph Algorithms)	15
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีการดำเนินงาน..... 20
3.1	ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหา งานวิจัยต่างๆ 20
3.2	ขั้นที่ 2 ศึกษาวิธีการนำโปรโตคอล (Peer to Peer : P2P) มาใช้ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการที่เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนหลายเครื่อง..... 21
3.3	ขั้นที่ 3 สร้างอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server..... 22
3.4	ขั้นที่ 4 ออกแบบกฎพื้นฐาน Fuzzy Logic..... 26
3.5	ขั้นที่ 5 ออกแบบการทดลองส่งอิมเมจไฟล์ไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ 45
3.6	ขั้นที่ 6 การสรุปผลการวิจัย 52
4	ผลของการวิจัย 53
4.1	ผลการสังเคราะห์รูปแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 1) 53
4.2	ผลการพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 2)..... 58
4.3	ผลการประเมินผลการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 3)..... 59
4.4	สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ 115
5	สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ 120
5.1	สรุปผลการวิจัย 120
5.2	อภิปรายผลการวิจัย 122
5.3	ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย..... 122
5.4	ข้อเสนอแนะงานวิจัย 122
บรรณานุกรม	 123

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	127
ภาคผนวก ก. กฎพื้นฐาน (Rule Based) ที่แปลจาก MATLAB	128
ภาคผนวก ข. Fuzzy Logic Source Code.....	132
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	136



THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TNI

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ตัวแปรภาษาและความหมาย.....	28
3.2 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตของ Fuzzy Logic.....	42
3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง.....	46
4.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy.....	55
4.2 การปรับค่าความสัมพันธ์ค่าอินพุตและเอาต์พุตตามกฎของ Fuzzy Logic.....	58
4.3 กรณีที่ 1 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P.....	60
4.4 กรณีที่ 2 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง.....	61
4.5 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวนโหลด 0%.....	62
4.6 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 25%.....	63
4.7 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 50%.....	63
4.8 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 75%.....	64
4.9 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 2.....	66
4.10 กรณีที่ 3 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P.....	67
4.11 กรณีที่ 4 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง.....	68
4.12 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 0%.....	69
4.13 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 25%.....	70
4.14 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 50%.....	70
4.15 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 75%.....	71
4.16 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 4.....	73
4.17 กรณีที่ 5 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P.....	74
4.18 กรณีที่ 6 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง.....	75
4.19 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 0%.....	76
4.20 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 25%.....	77
4.21 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 50%.....	77
4.22 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวนโหลด 75%.....	78
4.23 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 6.....	79
4.24 ค่า Congestion ที่ลดลงของทุกกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 5 เครื่อง.....	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.25 กรณีที่ 7 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P.....	82
4.26 กรณีที่ 8 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง.....	83
4.27 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวนโหลด 0%	83
4.28 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 25%	84
4.29 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 50%	84
4.30 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 75%	84
4.31 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 8	85
4.32 กรณีที่ 9 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P.....	87
4.33 กรณีที่ 10 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง	87
4.34 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวนโหลด 0%.....	88
4.35 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 25%.....	88
4.36 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 50%.....	89
4.37 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 75%	89
4.38 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 10.....	89
4.39 กรณีที่ 11 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P	91
4.40 กรณีที่ 12 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง	91
4.41 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวนโหลด 0%.....	92
4.42 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 25%.....	92
4.43 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 50%.....	93
4.44 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 75%.....	93
4.45 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 12.....	93
4.46 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง	95
4.47 กรณีที่ 13 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P	96
4.48 กรณีที่ 14 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง	97
4.49 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวนโหลด 0%.....	98
4.50 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 25%.....	98
4.51 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวนโหลด 50%.....	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.52 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%	99
4.53 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 14	100
4.54 กรณีที่ 15 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P	102
4.55 กรณีที่ 16 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง	103
4.56 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%	104
4.57 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%	104
4.58 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%	105
4.59 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%	105
4.60 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 16	106
4.61 กรณีที่ 17 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P	108
4.62 กรณีที่ 18 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง	109
4.63 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%	110
4.64 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%	110
4.65 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%	111
4.66 กรณีที่ 21 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%	111
4.67 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 18	112
4.68 ค่า Congestion ที่ลดลงของทุกกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 20 เครื่อง	114
ก.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy	129

TNI

THAI - NICHII INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 Pure Peer-to-Peer Model.....	6
2.2 Hybrid Peer-to-Peer Model.....	6
2.3 Super-Peer Model	7
2.4 การทำงานของโปรแกรม Bittorrent	8
2.5 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)	10
2.6 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี.....	11
2.7 ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการ Membership Function ของฟัซซีลอจิก	12
2.8 ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการ Inference ของฟัซซีลอจิก	12
2.9 ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการ Fuzzification ของฟัซซีลอจิก	13
2.10 ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการ Defuzzification ของฟัซซีลอจิก	14
2.11 นิยาม Graph.....	15
2.12 Complete Graph กราฟสมบูรณ์	16
3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหา งานวิจัยต่างๆ	20
3.2 ขั้นตอนการออกแบบตัวต้นแบบ	22
3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ	22
3.4 สร้างอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server	23
3.5 อิมเมจไฟล์จากโปรแกรม Ghostcast Server	23
3.6 ตั้งค่าโปรแกรม Ghostcast Server	24
3.7 การเชื่อมต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย.....	25
3.8 เครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายร้องขออิมเมจไฟล์.....	25
3.9 กำหนด Rule Base การเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)	27
3.10 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Bandwidth.....	30
3.11 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Congestion	31
3.12 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Network.....	31
3.13 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอาต์พุต Path	32
3.14 การออกแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Designer	36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
3.15 อินพุตและเอาต์พุตของ Fuzzy Logic.....	37
3.16 ตัวแปรอินพุตที่ 1 Bandwidth ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ	38
3.17 ตัวแปรอินพุต Congestion ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ	39
3.18 ตัวแปรอินพุต Network Link ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ	40
3.19 ตัวแปรเอาต์พุต Path ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ	41
3.20 กำหนดกฎใน Fuzzy Logic.....	42
3.21 Fuzzy Rules View.....	44
3.22 Fuzzy Surface Rules.....	45
4.1 โมเดลตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์ คลุมเครือ	53
4.2 การส่งอีเมลไฟล์บนเครือข่าย P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ	57
4.3 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2.....	65
4.4 เปรียบเทียบเวลาการดาวน์โหลดกรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2	66
4.5 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 6 กับ กรณีที่ 7.....	72
4.6 เปรียบเทียบเวลาระหว่างการดาวน์โหลดกรณีที่ 3 กับกรณีที่ 4.....	73
4.7 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 5 กับ กรณีที่ 6.....	79
4.8 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 5 กับ กรณีที่ 6	80
4.9 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 7 กับ กรณีที่ 8.....	86
4.10 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 9 กับ กรณีที่ 10.....	90
4.11 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 11 กับ กรณีที่ 12.....	94
4.12 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 13 กับ กรณีที่ 14.....	101
4.13 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 15 กับ กรณีที่ 16.....	107
4.14 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 17 กับ กรณีที่ 18.....	113
4.15 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 1	115
4.16 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 2.....	117
4.17 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 3.....	118
4.18 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลด.....	119

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สถานะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญและมีบทบาททางด้านการเรียนการสอน ไม่ว่าจะเป็นระดับมัธยมศึกษาหรือระดับอุดมศึกษา ล้วนแล้วแต่มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์ในแต่ละห้องปฏิบัติการจะมีจำนวนมากกว่า 40 เครื่องขึ้นไป และมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกๆ ปี เมื่อมีการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนประกอบกับผู้ใช้งานที่สับเปลี่ยนกันใช้งาน ปัญหาหลายอย่างที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ก็ตามมาเช่น คอมพิวเตอร์บูทเข้าใช้งานไม่ได้, คอมพิวเตอร์ติดไวรัส และเครื่องคอมพิวเตอร์ช้า การแก้ปัญหาที่ดีที่สุดคือการ Format เครื่องและติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่ แต่ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการใหม่จำเป็นจะต้องใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมงต่อเครื่อง

ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่หลายๆ เครื่องในเวลาเดียวกัน ปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ที่นิยมนำมาใช้งานคือ Norton Ghost ซึ่งเป็นการทำไฟล์ต้นฉบับ (Image File) จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นนำไฟล์ที่ได้ไปเก็บไว้ที่เครื่อง Server เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ Client ได้เข้ามาดาวน์โหลด Image File ไปเก็บไว้ที่เครื่อง จากนั้นทำการคลาย Image File ที่เครื่องปลายทางทีละเครื่อง ดังกล่าวนี้นี้เป็นวิธีการติดตั้งระบบปฏิบัติการแบบ Client-Server ซึ่งมีข้อจำกัดคือหากเครื่อง Server เกิดขัดข้องระหว่างที่ Client กำลังดาวน์โหลดไฟล์อยู่จะทำให้การติดตั้งระบบปฏิบัติการที่ดำเนินการอยู่ทั้งหมดไม่สามารถดำเนินการติดตั้งต่อไปได้

จากข้อจำกัดของการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Client - Server ที่กล่าวนำ ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะนำโพรโทคอล Peer-to-Peer (P2P) ที่มีความสามารถในการสนับสนุนการรับ-ส่งไฟล์แบบแยกส่วนและมีช่องทางการสื่อสารมากกว่าหนึ่งช่องทางในการรับ-ส่งไฟล์มาใช้งานร่วมกับการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการนำ Image File เก็บไว้ที่เครื่องแม่ข่าย (Server) เพื่อการกระจาย Image File ให้แก่เครื่องลูกข่าย (Client) ผ่านทางระบบเครือข่ายที่เชื่อมต่อระหว่างกันโดยเป็นการเชื่อมต่อกันแบบ P2P อย่างไรก็ตามเครือข่าย P2P ก็ยังคงมีข้อจำกัดอยู่คือ การมีอิสรภาพของทุกๆ โหนด ทำให้ไม่มีการควบคุมกันของทุกโหนด ซึ่งทำให้ยากต่อการบริหารจัดการเครือข่าย P2P

ผู้วิจัยมีแนวคิดในการค้นหาเส้นทางทั้งหมดของกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันแบบเครือข่าย P2P ด้วยการนำทฤษฎีของกราฟสมบูรณ์ (Complete Graph) เพื่อหาเส้นทางทั้งหมด Total Path จากนั้นใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Logic ในการคำนวณแบ่งเส้นทางออกเป็น 3 เส้นทางและเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์บนเครือข่าย P2P และช่วยลดความหนาแน่นของเส้นทางอีกด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตั้งซอฟต์แวร์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อสังเคราะห์รูปแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์
- 1.2.2 เพื่อพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์
- 1.2.3 เพื่อประเมินผลการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1. การติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีสร้างอิมเมจไฟล์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Ghost Cast Server และส่งอิมเมจไฟล์ไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ภายใต้เครือข่าย Peer-to-Peer แบบมีตรรกศาสตร์คลุมเครือช่วยคำนวณเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%, ช่วงเวลาดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาดาวน์โหลดที่ 50%, ช่วงเวลาดาวน์โหลดที่ 75% จะช่วยลดความหนาแน่นบนเครือข่ายและส่งผลให้ใช้เวลาในการติดตั้งน้อยลง

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ขอบเขตของงานวิจัย เป็นการออกแบบตัวต้นแบบระบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์คอมพิวเตอร์แบบเพียร์ทูเพียร์โดยใช้โปรแกรม Ghost Cast Server และประยุกต์ใช้ฟัซซี่ลอจิก อัลกอริทึมช่วยเลือกค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุด และมีความหนาแน่นของข้อมูลน้อยที่สุดเพื่อให้การดาวน์โหลดชิ้นส่วนอิมเมจไฟล์สำเร็จเร็วขึ้น การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แบบปกติและการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แบบมีฟัซซี่ลอจิกช่วยจัดการเส้นทางการดาวน์โหลด

1.4.2 ขอบเขตด้านเทคนิคและวิธีการ

กำหนดการติดตั้งระบบปฏิบัติการบนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์และเซิร์ฟเวอร์จำนวน 5 เครื่อง 10 เครื่องและ 20 เครื่อง โดยเชื่อมต่อกันบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จากนั้นตัวต้นแบบจะหา All Path เส้นทางทั้งหมดที่มีในเครือข่าย เพื่อนำมาเข้ากระบวนการฟัซซี่ลอจิกเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและสร้างกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) คือ ซอฟต์แวร์แมตแล็บ (MATLAB) โดยมีการกำหนดฐานกฎคือ แถบกว้างของช่องส่งข้อมูล Bandwidth ความหนาแน่นของข้อมูล Congestion และขนาดของลิงค์สัญญาณ Network เอาต์พุตที่ได้จากกระบวนการฟัซซี่ คือ เส้นทาง Path โดยแบ่งเป็น 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่เร็วที่สุด Fast Path เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง Medium Path และเส้นทางที่ช้าที่สุด Slow Path

1.4.3 ขอบเขตด้านการทดสอบและประเมินผล

ทดสอบประสิทธิภาพที่ดีขึ้นทางด้านเวลาของตัวต้นแบบการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์บนเพียร์ทูเพียร์แบบปกติ และการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์บนเพียร์ทูเพียร์แบบมีฟuzzyลอจิกช่วยเลือกเส้นทาง รวมถึงศึกษาพฤติกรรมและข้อจำกัด ของระบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบเพียร์ทูเพียร์ แบบที่มีการนำฟuzzyลอจิกเข้ามาช่วย เลือกค้นหาเส้นทางการดาวน์โหลด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 การติดตั้งอิมเมจไฟล์บนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง โดยใช้เครือข่าย Peer-to-Peer สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

1.5.2 โมเดลการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดบนเครือข่าย Peer-to-Peer ด้วย ตรรกศาสตร์คลุมเครือจะช่วยลดปัญหาความคับคั่งของข้อมูลภายในเครือข่าย และช่วยลดระยะเวลา ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ลงได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 คำศัพท์ที่ 1 Peer-to-Peer หมายถึง การเชื่อมต่อแบบโครงข่ายโดยตรง ระหว่าง เครื่องคอมพิวเตอร์ กับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นจะมีความเท่าเทียม กัน แต่จะมีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ทำหน้าที่คอยตรวจสอบสถานะของทุกๆ เพียร์ และควบคุมการไหลของ ข้อมูลในเครือข่าย

1.6.2 คำศัพท์ที่ 3 Image File หมายถึง การเก็บสถานะของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ที่มีการ ติดตั้งระบบปฏิบัติการ ไฟล์ข้อมูลหรือโปรแกรมต่างๆ ในขณะนั้นไว้ ด้วยการบีบอัดไฟล์ให้เป็นไฟล์ ก้อนหนึ่ง เมื่อต้องการย้อนกลับมาสถานะเดิมก็สามารถใช้ไฟล์ Image File ที่ทำเก็บไว้มาใช้อ้อน สถานะได้

1.6.3 คำศัพท์ที่ 4 Ghost Cast Server หมายถึง โปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องเซฟ เวอร์เชื่อมโยงเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งเครือข่ายเข้าด้วยกัน และทำการส่ง Image File ไปยังเครื่อง คอมพิวเตอร์ทุกๆ เครื่อง ในรูปแบบของเพียร์ทูเพียร์

1.6.4 คำศัพท์ที่ 5 ตรรกะแบบฟuzzy (Fuzzy Logic) หมายถึง เครื่องมือที่ช่วยในการ ตัดสินใจภายในได้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้ความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการ เลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์

1.6.5 คำศัพท์ที่ 6 Congestion หมายถึง ความคับคั่งของข้อมูลจะเกิดขึ้นภายในเครือข่ายมีการส่งข้อมูลแพ็กเก็ตจำนวนมากจนการเดินทางของแพ็กเก็ตเกิดการติดขัด และอาจเกิดความเสียหายของข้อมูลได้

1.6.6 คำศัพท์ที่ 7 Bandwidth หมายถึง ความกว้างของคลื่นความถี่ หรือความกว้างของช่องทางในการ รับ-ส่ง ข้อมูล มีหน้าที่นำส่งแพ็กเก็ตจากต้นทางถึงปลายทาง โดยมีหน่วยการวัดความเร็วเป็น BPS (Bit Per Second)

1.6.7 คำศัพท์ที่ 8 MATLAB หมายถึง ภาษาคอมพิวเตอร์ระดับสูงที่มาพร้อมด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานเชิงโต้ตอบ (คล้ายเครื่องคิดเลข) ซึ่งสามารถคำนวณคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังแสดงผลกราฟฟิก และเขียนแอปพลิเคชัน ทำให้เราสามารถคำนวณผลลัพธ์ พัฒนาอัลกอริทึม สร้างแบบจำลอง และแอปพลิเคชันได้ง่าย

1.6.8 คำศัพท์ที่ 9 Path หมายถึง เส้นทางการเดินทางข้อมูลแพ็กเก็ตข้อมูลในเครือข่ายเน็ตเวิร์ค



TNIT

บทที่ 2

หลักการพื้นฐาน เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

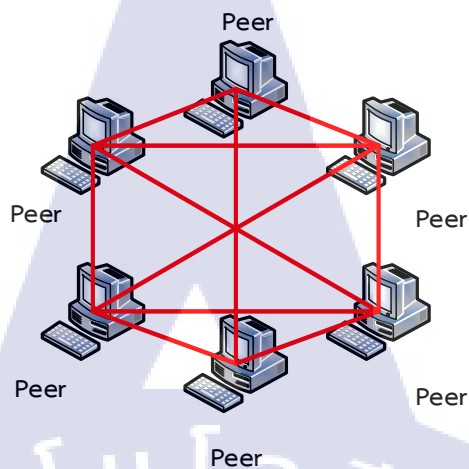
การศึกษาวิจัยเรื่องการออกแบบและพัฒนาระบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ บทนี้จะกล่าวถึงเอกสารที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น หัวข้อที่ ดังนี้

1. ทฤษฎีทางด้านเครือข่าย Peer-to-Peer
2. โพรโทคอลบิททอร์เรนต์ (Bit Torrent Protocol)
3. แบนด์วิดท์ (Bandwidth)
4. ความหนาแน่น (Congestion)
5. เครือข่ายแลนด LAN (Local Area Network)
6. ทฤษฎีฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)
7. โปรแกรมแมทแลบ (MATLAB)
8. โปรแกรมโกลด์แคสเซอร์ฟเวอร์ (Ghostcast Server)
9. กราฟ (Graph Algorithms)
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีทางด้านเครือข่าย Peer-to-Peer

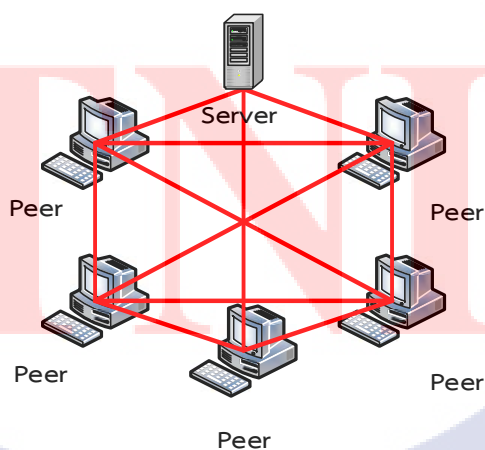
เครือข่ายแบบ Peer to Peer [1] คือเครือข่ายการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปผ่านอุปกรณ์เน็ตเวิร์คสวิตช์ โดยไม่จำเป็นต้องมีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในเครือข่าย เนื่องจากการส่งข้อมูลในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเป็นได้ทั้ง Server และ Client ในเครื่องเดียวกันได้ ซึ่งในการเชื่อมต่อกันของเครือข่าย Peer-to-Peer นั้นยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

2.1.1 รูปแบบ Pure Peer-to-Peer เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันโดยไม่มีเครื่อง Server คอยควบคุมดูแล จึงทำให้การรับ-ส่งข้อมูลกันในเครือข่ายสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และสามารถขยายเครือข่ายได้ไม่จำกัด แต่ก็ยังมีข้อจำกัดของรูปแบบการเชื่อมต่อลักษณะ Pure Peer-to-Peer คือ การควบคุมการไหลของข้อมูลในเครือข่ายสามารถทำได้ยาก ส่งผลให้เกิดการใช้งานแบนด์วิดท์ที่สิ้นเปลืองและมีความปลอดภัยต่ำทำให้เสี่ยงต่อการถูกโจมตีจากผู้ไม่หวังดีได้ รูปแบบการเชื่อมต่อแบบ Pure Peer-to-Peer แสดงดังรูปที่ 2.1



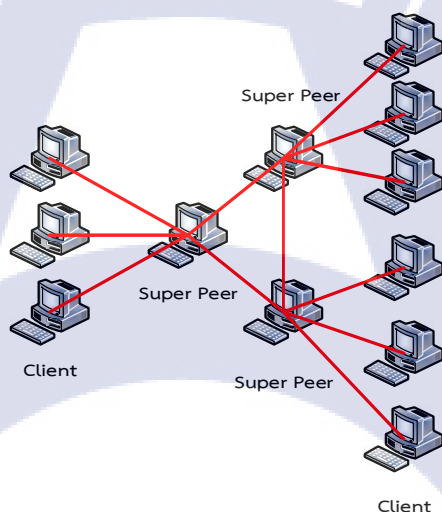
รูปที่ 2.1 Pure Peer-to-Peer Model [1]

2.1.2 รูปแบบ Hybrid Peer-to-Peer เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันแต่จะมีเครื่อง Server ทำหน้าที่ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลกันในเครือข่าย อีกทั้งยังคอยตรวจสอบสถานะของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่ออยู่ภายในเครือข่ายว่าอยู่สถานะใด ข้อดีของรูปแบบเครือข่ายนี้คือหากเครื่อง Server มีปัญหา การรับส่ง-ส่งข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะยังคงสามารถทำได้อยู่ ส่วนข้อจำกัดของการเชื่อมต่อรูปแบบนี้คือเครื่อง Server สามารถรองรับจำนวนเครื่อง Client ได้จำกัด รูปแบบการเชื่อมต่อกันแบบ Hybrid Peer-to-Peer แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Hybrid Peer-to-Peer Model [1]

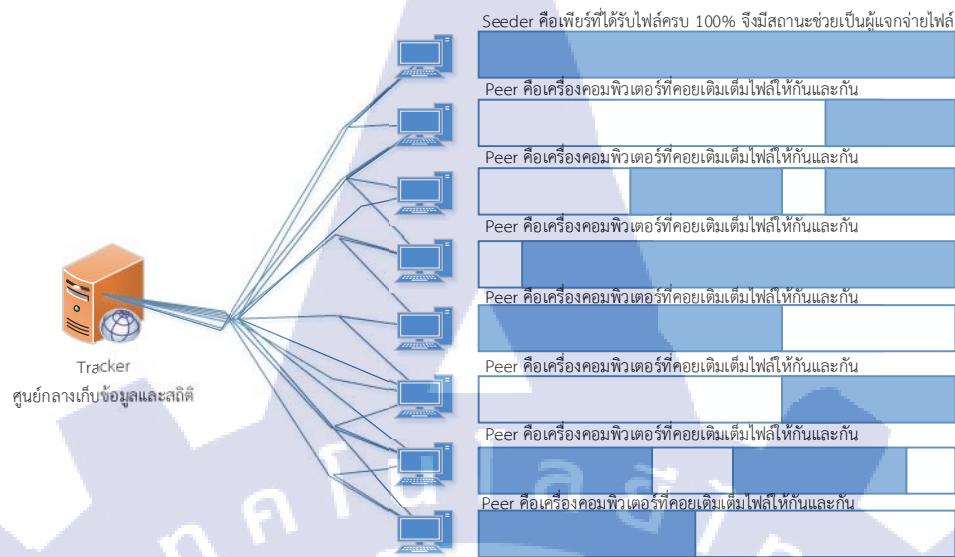
2.1.3 รูปแบบ Super-Peer เป็นรูปแบบการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันแต่จะเป็นการนำทั้ง 2 รูปแบบการเชื่อมต่อแบบเพียร์ทูเพียร์มารวมกันคือ Pure P2P และ Hybrid P2P Super Peer ซึ่งในเครือข่ายจะมีจำนวนเครื่อง Server มากกว่า 1 เครื่อง โดยจะแบ่งออกเป็นแต่ละกลุ่มการเชื่อมต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และส่งผลทำให้การควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล สามารถทำได้ง่ายยิ่งขึ้นอีกทั้งยังช่วยการใช้งานแบนด์วิดท์ในเครือข่ายลดลง แต่ข้อจำกัดของการเชื่อมต่อแบบ Super-Peer คือเมื่อเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่สถานะเป็น Super Peer เกิดเสียขึ้นระหว่างการดาวน์โหลด เพียร์ที่อยู่ในกลุ่มของ Super-Peer นั้นก็จะไม่สามารถดาวน์โหลดข้อมูลต่อได้ รูปแบบการเชื่อมต่อกันแบบ Super-Peer แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Super-Peer Model [1]

2.2 โพรโทคอลบิททอร์เรนท์ (Bit Torrent Protocol)

โพรโทคอลบิททอร์เรนท์ (Bit Torrent Protocol) [2] [3] [4] คือหนึ่งในโปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากข้อดีของเครือข่ายการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับ-ส่งข้อมูลกันแบบ Peer to Peer ซึ่งผู้ที่คิดค้นบิททอร์เรนท์คือนายแบรม โคเฮน (Bram Cohen) ตั้งแต่เดือน เมษายน ค.ศ. 2001 (พ.ศ.2544) ลักษณะการทำงานของบิททอร์เรนท์จะมีการเชื่อมต่อกันของเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นโยงใยถึงกันทุกเครื่องแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การทำงานของโปรแกรม Bittorrent [5]

จากรูปที่ 2.4 แสดงการเชื่อมต่อกันของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการดาวน์โหลดไฟล์ด้วยโปรแกรมบิททอร์เรนท์ [5] ซึ่งในการดาวน์โหลดไฟล์จะประกอบไปด้วย 6 ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

2.2.1 Seeder คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่แจกไฟล์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ด้วยการนำไฟล์ที่ต้องการส่งให้ผู้รับ มาแปลงให้อยู่ในรูปของไฟล์ของบิททอร์เรนท์ที่จะมีนามสกุลไฟล์ต่อท้ายว่า .torrent

2.2.2 Leecher คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำการดาวน์โหลดไฟล์จากผู้ปล่อยหรือ Seeder

2.2.3 Torrent คือ ไฟล์ขนาดเล็ก ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยบิททอร์เรนท์ ซึ่งในไฟล์ Torrent จะประกอบไปด้วยข้อมูล Hash ของไฟล์ที่ทำการแชร์ไว้

2.2.4 Peer คือ จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่ทำการเชื่อมต่อกันอยู่ในเครือข่าย

2.2.5 Tracker คือ ตัวกลางที่ทำหน้าที่ควบคุมการดาวน์โหลดชิ้นส่วนไฟล์ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องภายในเครือข่ายด้วยการบอกตำแหน่งที่ตั้งของไฟล์ รวมถึงการตรวจสอบอัตราการอัปโหลดไฟล์และดาวน์โหลดไฟล์ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่อง

2.2.6 Piece คือ ชิ้นส่วนไฟล์เล็กๆ ที่บิททอร์เรนท์ทำการแบ่งไฟล์ขนาดใหญ่ออกมาเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการดาวน์โหลดและแบ่งปันชิ้นส่วนไฟล์กันภายในเครือข่าย

จากองค์ประกอบที่สำคัญของบิททอร์เรนท์สามารถอธิบายหลักการดาวน์โหลดไฟล์แบบบิททอร์เรนท์คือในช่วงการเริ่มต้นดาวน์โหลด Seeder ที่จะทำหน้าที่แจกไฟล์จะต้องแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปแบบของ Torrent เพื่อให้ Tracker สามารถระบุตำแหน่งของไฟล์เพื่อบอกให้ Peer อื่นๆ เข้า

มาทำการดาวน์โหลดชิ้นส่วน Piece ไฟล์ได้ จากนั้น Peer ทุกเพียร์ในเครือข่ายจะต้องได้รับ Torrent จาก Seeder จึงจะเริ่มกระบวนการดาวน์โหลดไฟล์ได้ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสถานะเป็น Leecher ทำการดาวน์โหลดไฟล์จนครบ 100% แล้วสถานะจะถูกเปลี่ยนให้เป็น Seeder เพื่อช่วยส่งต่อชิ้นส่วนไฟล์ไปยังเพียร์อื่นๆในเครือข่าย ด้วยสาเหตุนี้หากในเครือข่ายมีจำนวน Seeder อยู่หลายเครื่องจะทำให้การดาวน์โหลดไฟล์สำเร็จได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

2.3 แบนด์วิดท์ (Bandwidth)

แบนด์วิดท์ (Bandwidth) [6] คือความกว้างของแถบคลื่นความถี่ในทางเน็ตเวิร์กจะใช้ในวัดความเร็วของการส่งข้อมูลภายในเครือข่ายซึ่งมีหน่วยในการวัดเป็นเมกกะบิตต่อวินาที Mbps (Mega bit per second) ยกตัวอย่างเช่นขนาดของช่องสัญญาณ Internet ที่ทาง ISP ได้กำหนดให้ใช้ได้คือ 10 Mbps อธิบายความหมายคือผู้ใช้งาน มีความกว้างของแถบคลื่นสัญญาณความถี่ที่จะสามารถใช้งานความเร็ว Internet สูงสุดไม่เกิน 10 Mbps อีกความหมายโดยทั่วไปของแบนด์วิดท์คือความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล ซึ่งจะคิดคำนวณจากปริมาณของข้อมูลที่รับหรือส่งออกไป เทียบกับเวลาที่ใช้ในการรับหรือส่งข้อมูลในเครือข่าย ยกตัวอย่างเช่นการดาวน์โหลดไฟล์วิดีโอขนาดใหญ่ หากเครือข่ายเน็ตเวิร์คของผู้ดาวน์โหลดไฟล์มีขนาดแบนด์วิดท์จำนวนมาก จะทำให้ใช้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์วิดีโอ น้อยกว่าในกรณีที่เครือข่ายเน็ตเวิร์คของผู้ดาวน์โหลดไฟล์มีขนาดแบนด์วิดท์จำนวนน้อยเป็นต้น

2.4 ความหนาแน่น (Congestion)

ความคับคั่ง (Congestion) [7] คือปริมาณข้อมูลเพกเก็ตที่ส่งผ่านอยู่ภายในเครือข่ายเน็ตเวิร์ค หากมีจำนวนผู้รับหรือส่งข้อมูลในเครือข่ายอยู่จำนวนมากจะส่งผลทำให้เกิดความแออัดของข้อมูล จนเป็นเหตุทำให้การดาวน์โหลดข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์นั้นช้าลง อีกทั้งยังส่งผลทำให้การทำงานของ ซีพียู หน่วยความจำ และฮาร์ดดิสก์บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ทำงานหนักจนเกินความจำเป็น การวัดปริมาณความหนาแน่นข้อมูลในเครือข่ายสามารถทำได้โดยตรวจสอบจากโปรแกรมสำเร็จรูปที่ระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า Network Utilization เป็นการ Resource Monitor แบบเรียลไทม์ โดยค่าที่วัดปริมาณความหนาแน่นจะวัดแบบ Channel Utilization ซึ่งวัดปริมาณข้อมูลที่ส่งผ่านในเครือข่ายเป็นเปอร์เซ็นต์การใช้งานของแต่ละช่วงเวลา ที่ระบบเครือข่ายทำการส่งข้อมูล การแสดงผลการปริมาณความหนาแน่นจะเป็นในรูปแบบของกราฟ

2.5 เครือข่ายแลนด LAN (Local Area Network)

เครือข่ายแลนด LAN (Local Area Network) [8] คือเครือข่ายการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่อง โดยผ่านอุปกรณ์อุปกรณ์กระจายสัญญาณ Switch เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถรับ-ส่งข้อมูลกันภายในเครือข่าย ซึ่งบนเครือข่ายแลนดนั้นจะมีสายสัญญาณที่เชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับ Switch คือสาย UTP (Unshielded Twisted Pair) ซึ่งมีความเร็วในการรับ-ส่ง ข้อมูลที่ต่างกันออกไปดังนี้

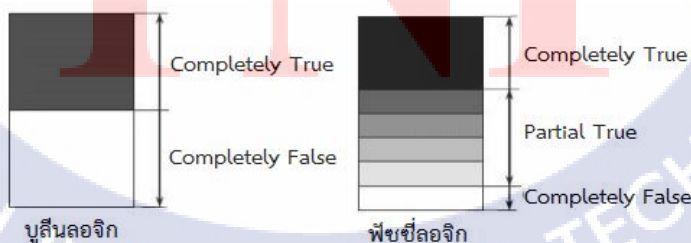
2.5.1 มาตรฐานอีเทอร์เน็ต (Ethernet) IEEE802.3 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายอีเทอร์เน็ตแลนที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูล 10 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps)

2.5.2 มาตรฐานฟาสต์อีเทอร์เน็ต Fast Ethernet มาตรฐาน IEEE802.3u เป็นมาตรฐานสำหรับระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตแลนที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลถึง 100 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps)

2.5.3 มาตรฐานกิกะบิตอีเทอร์เน็ต Gigabit Ethernet มาตรฐาน IEEE802.3z เป็นมาตรฐานสำหรับระบบเครือข่ายอีเทอร์เน็ตแลนที่มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลถึง 1000 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps)

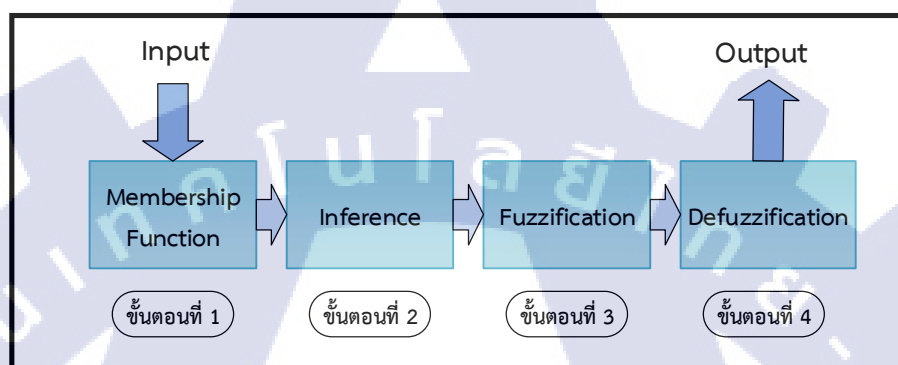
2.6 ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)

ฟัซซีลอจิก Fuzzy Logic คือ ตรรกศาสตร์การคำนวณแบบคลุมเคลือ [9] เป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอกในปีค.ศ. 1965 ซึ่งผู้คิดค้น คือ L. A. Zadeh เป็นตรรกะในการคิดคำนวณประเภทหนึ่งที่ไม่ได้มีแค่คำตอบแค่เพียง ถูก หรือ ผิด แต่จะมีคำตอบที่คลุมเครือ Fuzzy เพิ่มขึ้นมาคือ อาจจะ ถูก หรือ อาจจะผิด ซึ่งในการคำนวณหาคำตอบของฟัซซีลอจิกนั้น จำเป็นจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดตัวแปร เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับกฎพื้นฐาน Rule Base ในการตีความหาเหตุผลของคำตอบให้ตรงกับความต้องการของระบบฟัซซีลอจิกที่ออกแบบขึ้น จากความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือสามารถอธิบายในเชิงเปรียบเทียบกันกับตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) ดังรูปที่ 2.5



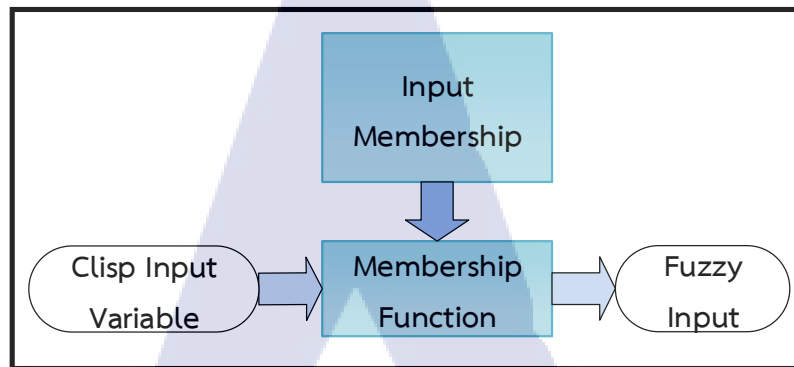
รูปที่ 2.5 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก) [9]

จากรูปที่ 2.4 เป็นการเปรียบเทียบการคิดคำนวณกันระหว่าง 2 ตรรกะคือ บูลีนลอจิก และ ฟัซซีลอจิก จะเห็นได้ว่าในหลักการคำนวณของบูลีนลอจิกนั้นจะมีคำตอบอยู่เพียง 2 คำ คือ True และ False แต่ในตรรกะฟัซซีลอจิกนั้นจะมีคำตอบที่เป็นช่วงระหว่าง True และ False คือ Partial True หมายถึงคำตอบที่ได้จากการคำนวณนั้นอาจจะเป็น True หรืออาจจะเป็น False ก็ได้ ขั้นตอนการทำงานของ Fuzzy Logic ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังรูปที่ 2.6



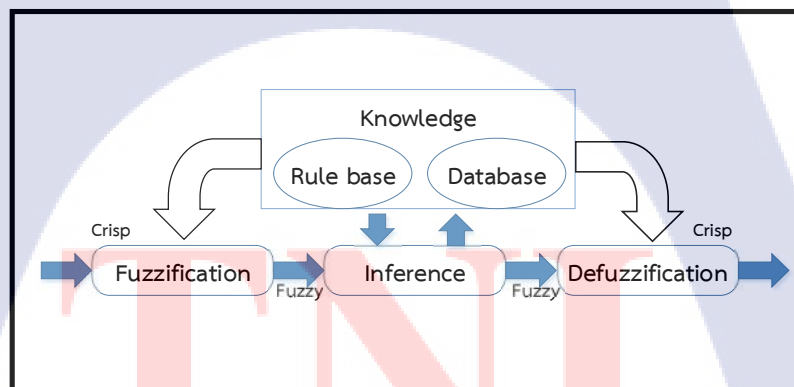
รูปที่ 2.6 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี [9]

จากรูปที่ 2.6 สามารถอธิบายหลักการทำงานของระบบฟัซซีโดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ
 ขั้นตอนที่ 1 Membership Function เป็นขั้นตอนการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกให้กับตัวแปรที่ถูกกำหนดขึ้น เพื่อนำตัวแปรที่เป็นคำพูดแบบทวินัยมาแปลงให้เป็นภาษาของฟัซซีลอจิก หรือที่เรียกว่ากระบวนการ Fuzzification เป็นขั้นตอนการแปลงข้อมูล Input ของตัวแปรที่กำหนดขึ้นซึ่งตัวแปรที่กำหนดขึ้นนั้น จะอยู่ในรูปแบบของเซตฟัซซีหรือเรียกว่า ค่าตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variable) และมีค่าความเป็นสมาชิกในตัวแปรดังรูปที่ 2.6 ตัวอย่างของการทำ Fuzzification แปลงค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของฟัซซีลอจิกคือ ระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ จะมีการกำหนดค่าตัวแปรที่ชื่อว่า อุณหภูมิ (Temperature) จะมีต้องมีการกำหนดค่าตัวแปรทางภาษาให้กับตัวแปรเป็น อุณหภูมิร้อน (Hot) อุณหภูมิปานกลาง (Normal) อุณหภูมิเย็น (Cool) เพื่อนำมาเป็นข้อมูลอินพุตให้กับระบบฟัซซีลอจิกที่ออกแบบ



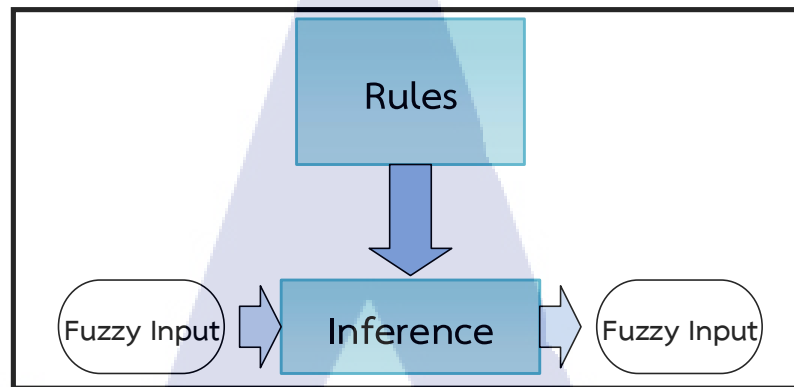
รูปที่ 2.7 ขั้นตอนที่ 1 กระบวนการ Membership Function ของฟัซซี่ลอจิก [9]

ขั้นตอนที่ 2 Inference เป็นขั้นตอนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตของฟัซซี่ลอจิกด้วยการทำฐานกฎ (Rule Base) ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) จากนั้น (Then) และเก็บไว้ในฐานข้อมูล (Database) เพื่อนำข้อมูลจากตัวแปรอินพุตของระบบฟัซซี่มาทำการเปรียบเทียบตามฐานกฎที่ได้ออกแบบไว้ มาตัดสินใจเลือกตัวแปรเอาต์พุตของฟัซซี่ลอจิกที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการ Inference ของฟัซซี่ลอจิก [9]

ขั้นตอนที่ 3 Fuzzification เป็นขั้นตอนการตัดสินใจเลือกการกระทำตามเอาต์พุตของระบบฟัซซี่ลอจิกที่ได้ออกแบบไว้ โดยการเปรียบเทียบกับฐานกฎของระบบฟัซซี่ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ขั้นตอนที่ 3 กระบวนการ Fuzzification ของฟัซซี่ลอจิก [9]

ขั้นตอนที่ 4 Defuzzification เป็นขั้นตอนการคำนวณแปลงค่าเอาต์พุตของฟัซซี่ลอจิกที่ได้จากการสรุปผลการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 3 ให้อยู่ในรูปแบบทวินัยตามรูปที่ 2.10 ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ การหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) การประมาณค่าตามสมการที่ 2.1

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \omega_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \quad (2.1)$$

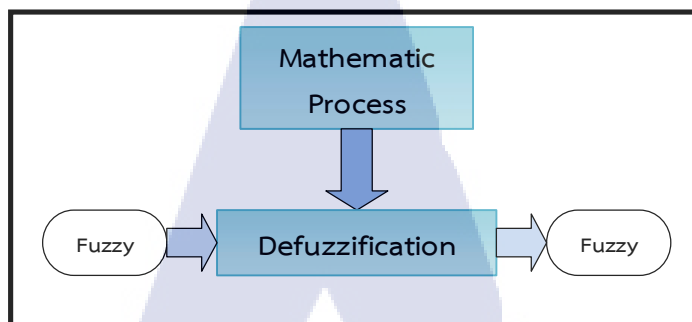
โดยสมการ ได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

COG แทน ค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

N แทน ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทน ค่าฟัซซี่ของเอาต์พุตในเซตฟัซซี่ตำแหน่งที่ i

ω_i แทน พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซี่ตำแหน่งที่ i



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนที่ 4 กระบวนการ Defuzzification ของฟัซซี่ลอจิก [9]

2.7 โปรแกรมแมตแล็บ MATLAB

MATLAB : Matrix Laboratory [10] คือโปรแกรมสำเร็จรูปที่ถูกคิดค้นโดย Dr. Cleve Moler ด้วยภาษาฟอร์แทรนในช่วงปลายทศวรรษ 1970 และได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปของทางบริษัทแมตเวิร์กส์ ที่ได้นำมาจัดจำหน่ายตั้งแต่เวอร์ชัน R2007a และในปัจจุบันเวอร์ชันที่จัดจำหน่ายอยู่คือเวอร์ชัน R2016a การใช้งานโปรแกรมแมตแล็บจะนิยมนำมาใช้ในการคำนวณโดยการเขียนคำสั่งโปรแกรมที่ต้องการเข้าไปในแมตแล็บ เพื่อให้เกิดการประมวลผลขึ้นภายในโปรแกรม ซึ่งผลที่ได้จากการใช้โปรแกรมแมตแล็บจะอยู่ในรูปแบบของอัลกอริธึม และสามารถแสดงผลให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า Simulink เป็นการแสดงผลในรูปแบบการจำลองแบบ GUI (Graphic User Interface) ตามคำสั่งโปรแกรมที่ผู้ใช้งานได้ออกแบบไว้ในโปรแกรมแมตแล็บ ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถเห็นการทำงานได้แบบเรียลไทม์เพื่อบันทึกผลการทดลองและนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองได้ในหลายๆกรณีการทดลอง ในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้ไลบรารีของ Simulink ในส่วนของ Fuzzy Logic เพื่อทำการทดลองกำหนดตัวแปรอินพุต และสร้างกฎพื้นฐาน ในการตีความหาค่าเอาต์พุตให้กับระบบที่ได้ทำการออกแบบ เพื่อคำนวณหาค่าการเลือกเส้นทางการดาวนโหลดที่ดีที่สุด

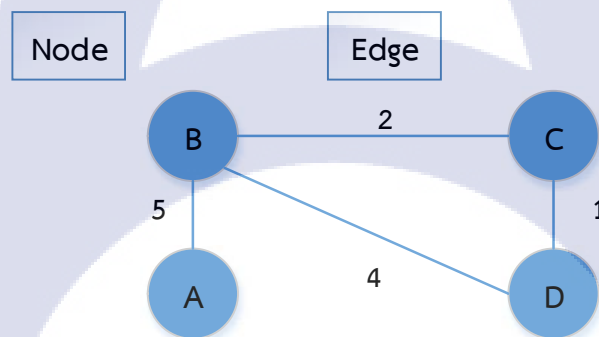
2.8 โปรแกรมโกสต์แคสเซอร์ฟเวอร์ (Ghostcast Server)

โปรแกรม Ghostcast server [11] [12] เป็นโปรแกรมที่สามารถทำการ Backup ระบบปฏิบัติการและซอฟต์แวร์ที่ทำการติดตั้งไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ [13] ด้วยการบีบอัดไฟล์ให้เป็นไฟล์ก้อนเรียกว่าไฟล์ต้นฉบับ (Image File) ลักษณะไฟล์จะเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล .GHO ต่อท้ายอยู่ ซึ่งขนาดของอิมเมจไฟล์จะขึ้นอยู่กับจำนวนโปรแกรมและเวอร์ชันของระบบปฏิบัติการ ที่ถูกติดตั้งอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ กระบวนการทำงานของโปรแกรมโกสต์แคสเซอร์ฟเวอร์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือส่วนของ Server และส่วนของ Client โดยจะเริ่มดำเนินการทำงานจากการนำอิมเมจไฟล์

ต้นฉบับมาเก็บไว้ที่เครื่อง Server จากนั้นทำการเปิดโปรแกรมโกลด์แคสเซอร์ฟเวอร์เพื่อระบุตำแหน่งที่ตั้งของอิมเมจไฟล์และเปิดรับการเชื่อมต่อให้เครื่องให้เครื่องคอมพิวเตอร์ Client สามารถเชื่อมต่อเข้ามาดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์รวมถึงการแตกอิมเมจไฟล์ เพื่อเป็นการติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ไปด้วยในเวลาเดียวกัน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จากเครื่องเซิร์ฟเวอร์แล้ว ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะมีระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ได้ติดตั้งไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับทันทีทำการรีสตาร์ทเครื่องคอมพิวเตอร์

2.9 กราฟ (Graph Algorithms)

ทฤษฎีกราฟถูกคิดค้นขึ้นโดยเลออนฮาร์ด ออยเลอร์กราฟ ในปี ค.ศ. 1736 [14] คือ รูปแบบการหาเส้นทางประเภทหนึ่งที่ใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากค่าตัวแปร 2 ตัวแปรคือ Node คือตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูลของกราฟเรียกว่า Vertex และ Edge คือตัวแปรที่เก็บค่าระยะทางของ Node ทุกโหนดที่เชื่อมต่อกันในเครือข่ายเพื่อนำมาคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุดของการเชื่อมต่อกันของแต่ละโหนดตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 นิยาม Graph [14]

จากที่ 2.11 การเชื่อมต่อของโหนดซึ่งสามารถคำนวณค่าเส้นทางได้จากสูตร

$$G = (V, E)$$

V คือ เซ็ตของโหนด (Vertex)

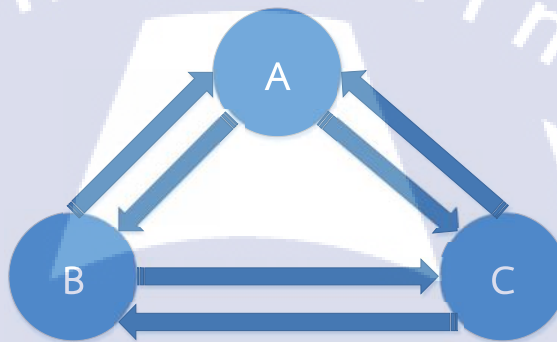
E คือ เส้นเชื่อมของโหนด (Edge)

แทนค่าจากสูตรจะได้ค่าเส้นทางดังนี้

$$V(G) = \{A, B, C, D\}$$

$$E(G) = \{(A, B, 3), (A, D, 4), (A, C, 2), (B, D, 1)\}$$

การประยุกต์ใช้งานกราฟนิยมนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทาง (Routing) เช่น Network (การเชื่อมต่อของอุปกรณ์ Router) เพื่อให้การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ Complete Graph (กราฟสมบูรณ์) ในการหาเส้นทางตามทฤษฎีของกราฟ ซึ่งจะมีการเชื่อมต่อกันของโหนดทุกโหนดด้วยเส้นเชื่อมต่อถึงกันแบบมีทิศทางตามรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Complete Graph กราฟสมบูรณ์ [14]

จากรูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างรูปแบบของ Complete Graph จะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อกันระหว่างโหนดนั้นจะมีการหาเส้นทางทั้งหมดที่โหนดสามารถเดินทางไปยังปลายทางได้ด้วยสูตรการคำนวณหาเส้นทางทั้งหมดคือจำนวนเส้นทาง $Edge = N*(N-1)$ ยกตัวอย่างการค้นหาเส้นทางจากรูปที่ 2.12 คือ ในเครือข่ายมีโหนดทั้งหมดอยู่ 3 โหนดต่อกันจะแทนค่าจากสูตรจะได้ $3*(3-1) = 6$ สรุปหากมีโหนดที่อยู่ในเครือข่ายจำนวน 3 โหนดจะค้นหาเส้นทางทั้งหมดของเครือข่ายได้ 6 เส้นทาง

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติศักดิ์ วัฒนกุล [15] ได้นำเสนอวิธีการนำเทคนิคการกระจายไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer-to-Peer) โดยใช้โพรโทคอลบิททอเรนซ์ มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับการดาวน์โหลดไฟล์ วิดีโออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อช่วยลดความคับคั่งของข้อมูลในการรับ-ส่งข้อมูลจากเครื่อง Server และช่วยให้การดาวน์โหลด

โหลดไฟล์วีดีโอสามารถทำได้เร็วยิ่งขึ้น จากนั้นทำการทดสอบประสิทธิภาพทางด้านเวลาในการกระจายไฟล์ ด้วยโปรโตคอล HTTP เปรียบเทียบกับการกระจายไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์

วรภัทร ปริญญารพรม และวัชร สุวนาม [16] นำเสนอการนำประโยชน์จากบิททอเรนทมาใช้ในการสำรองข้อมูลทั้งดาวนโหลดและอัปโหลด ซึ่งวิธีการทำงานของบิททอเรนทคือ สร้างไฟล์ *.torrent จากนั้นอัปโหลดไปไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ Tracker เกิดกระบวนการทำงานแชร์ไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ โดยการออกแบบและพัฒนาโปรโตคอลใหม่สำหรับบริหารจัดการข้อมูลระหว่าง Tracker Server และ Backup Server ประโยชน์ที่ได้คือการสำรองข้อมูลทำได้ด้วยความรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถสำรองข้อมูลได้ตลอดเวลา

วีระชัย แยมขจี [17] นำเสนอการค้นหาเส้นทางโดยใช้ Fuzzy Logic เพื่อลดปัญหาความหนาแน่นของการจราจรในเครือข่าย โดยจะทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณเลือกเส้นทางด้วย Fuzzy Logic มาเปรียบเทียบกับโปรโตคอลค้นหาเส้นทางที่มีอยู่ได้แก่ โปรโตคอล DSDV (Destination Sequenced Distance Vector), โปรโตคอล DSR (Dynamic Source Routing) และโปรโตคอล AODV (Ad-Hoc On-Demand Distance Vector) ด้วยการทดลองบนระบบจำลองการทำงานของเครือข่ายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ โดยใช้โปรแกรมเน็ตเวิร์คซิมูเลเตอร์ 2 (Network Simulator 2 : NS-2) และตั้งชื่อโปรโตคอลใหม่ที่น่าเสนอให้ว่า FzAODV จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของโปรโตคอล FzAODV, DSR และ AODV ซึ่งผลการทดลองพบว่าโปรโตคอล FzAODV ที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าโปรโตคอลอื่น

A. Mahapatra et al [18] ได้นำเสนอการนำ Fuzzy Inference System เข้ามาช่วยจัดการระหว่าง Peer ที่ทำการดาวนโหลดข้อมูลอยู่ภายในเครือข่าย Bittorrent P2P โดยใช้ Fuzzy Logic แบบ Mamdani-Type มาใช้งาน กำหนด Input จำนวน 3 ตัวแปร คือ Number of File Share, Upload Bandwidth และ Seeding Time เพื่อให้ได้ผล Output คือ Reputation จากนั้นนำไปเก็บที่ฐานข้อมูลส่วนกลาง เพื่อเขียน Algorithm ช่วยแนะนำให้ Peer ที่อยู่ในเครือข่ายเรียกใช้งาน

A. Mahapatra et al. [19] ได้สร้างโมเดลจัดการ Peer ในเครือข่าย Bittorrent P2P เพื่อคัดแยกและช่วยลดจำนวน Peer ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายกับเครือข่าย Peer ที่มีคุณภาพต่ำ และ Peer ที่มีการปล่อยไฟล์เสีย โดยการนำ Fuzzy Logic เข้ามาเพิ่มความน่าเชื่อถือระหว่างผู้ใช้งานกับเครือข่ายโดยกำหนดตัวแปรค่า Input จำนวน 3 ตัวแปร คือ Time Spent in Forum, No. of Post Count และ Bandwidth Donation และกำหนดแบ่งค่า Output จำนวน 5 Linguistic คือ Very Low, Low, Medium, High, Very High เพื่อนำค่าที่ได้ไปสร้าง Algorithm ในการเรียกใช้งาน

A. Mahapatra and N. Tarasia [20] ได้นำเสนอการจัดการเครือข่าย Bittorrent P2P เพื่อให้ปลอดภัยจาก Peer ที่ไม่เป็นประโยชน์ซึ่งอาจเป็นอันตรายกับเครือข่ายได้ เช่น Fake file ด้วยการจัดลำดับ

Peer ด้วยการอนุมานค่าโดยใช้ Fuzzy Logic กำหนดอินพุตเป็น 3 ค่าคือ Quality, Popularity และ Size of the File Share จากนั้นนำค่าที่ได้ไปสร้าง Algorithm ในการเรียกใช้งาน

S. N. Ingoley and M. Nashipudi [21] ได้นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาความแออัด และ ปัญหาคอขวด Bottleneck ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยการนำ Fuzzy Logic Controller (FLC) และ Fuzzy Inference System (FIS) เข้ามาช่วยจัดการ การจราจรเพื่อป้องกันไม่ให้แพ็คเก็ตเกิดการ ตกค้างและเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมความแออัดผลที่จะได้รับการกำหนดระดับของการ ใช้คิวและให้เพียงพอรระดับของการควบคุมความแออัด

B. S. Kiruthika Devi et al. [22] นำเสนอการใช้ Fuzzy Method จัดการความหนาแน่น บน Core Router Buffer ด้วยวิธีจัดการคิวในการรับส่งไฟล์ Voice Over IP บน Router เพื่อ ควบคุมบัฟเฟอร์ของแพ็คเก็ตในการส่งข้อมูล โดยใช้เทคนิค Adaptive Drop Tail Fuzzy Logic (ADT-FL) โดยใช้ตัวแปรอินพุต คือ Traffic Conditions และ Available Link Bandwidth ผลที่ได้ คือคิวที่จัดการ

R. Lal and A. Chiou [23] นำเสนอการใช้ Fuzzy Logic จัดการความหนาแน่นบน Network Edge and Bottleneck Route โดยใช้ Computational Intelligence (CI) คู่กับ Fuzzy Logic เพื่อจัดการปัญหา Congestion

B. Safaezadeh et al [24] นำเสนอ Adaptive Drop Tail Using Fuzzy Logic (ADT-FL) โดยใช้ DT Algorithm ในการหาค่าฟัซซี่และใช้ Input คือ Traffic Intensity และ Available Link Bandwidth ส่วนของ Output ที่ได้คือ การจัดการคิว Queue Limit แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ (VL, L, M, H, VH) จากนั้นทำการเปรียบเทียบ Algorithms ระหว่าง DT ,RED และ ADT-FL Algorithms และเปรียบเทียบค่า 3 ค่าคือ Packet Loss Rate, Throughput และ Delay

ทงศักดิ์ กิจโรณี [25] นำเสนอทฤษฎีที่ช่วยลดความหนาแน่นให้เครือข่าย ด้วยการ ควบคุมแพ็คเก็ตในคิวการส่งข้อมูลไม่ให้เกินจากขนาดของคิว และจะต้องสอดคล้องกับความสามารถ ของการส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ

N. Aggarwal et al. [26] นำเสนอแนวคิดที่ช่วยลดปัญหาความหนาแน่นในเครือข่ายด้วย การปรับปรุงอัลกอริทึมค้นหาเส้นทางด้วยฟัซซี่ลอจิกโดยการกำหนดอินพุตคือ Q-Size, Delay และ กำหนดเอาต์พุต คือ Cost

A. K. Yadav and B. R. Biswas [27] นำเสนอแนวคิดการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ฟัซซี่ ลอจิกช่วยตัดสินใจจากทฤษฎีกราฟ Directed Graph

จากตัวอย่างงานวิจัยที่กล่าวมาสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ 3 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งคืองานวิจัยที่ เกี่ยวข้องกับการนำ P2P เข้ามาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย กลุ่มที่สองคืองานวิจัยที่นำ Fuzzy Logic เข้า มาปรับปรุงการทำงานของ P2P ซึ่งในแต่ละงานวิจัยจะมีการใช้กฎพื้นฐานอินพุตของฟัซซี่ลอจิกที่

แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและจุดประสงค์ของแต่ละงานวิจัย กลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มงานวิจัยที่ช่วยลดปัญหาความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์โดยการนำเอา P2P เข้ามาช่วยในการดาวน์โหลดไฟล์ และนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Logic มาใช้ในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ใน 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลด คือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75% โดยพิจารณาจากตัวแปรอินพุตที่สำคัญ คือ Bandwidth, Congestion และ Network ที่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความหนาแน่น และปัจจัยที่มีผลต่อการลดระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ เข้ามาช่วยเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์บนเครือข่าย P2P



TNI

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

งานวิจัย เรื่องการออกแบบตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้
ตรรกศาสตร์คลุมเครือ มีการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหา งานวิจัยต่างๆ

ขั้นที่ 2 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำโพรโทคอล (Peer to Peer : P2P) มาใช้ในการ
ติดตั้งระบบปฏิบัติการที่เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนหลายเครื่อง

ขั้นที่ 3 สร้างอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server

ขั้นที่ 4 ออกแบบกฎพื้นฐาน Fuzzy Logic ด้วยโปรแกรม MATLAB

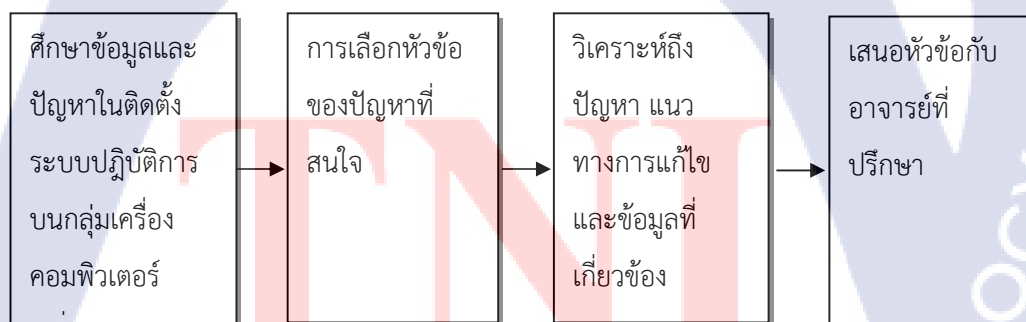
ขั้นที่ 5 ออกแบบการทดลองส่งอิมเมจไฟล์ไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์

ขั้นที่ 6 การสรุปผลการวิจัย

โดยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้ง 5 ขั้นตอน มีวิธีการและกระบวนการดำเนินงาน แบ่งเป็น
รายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

4.1 ขั้นที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหา งานวิจัยต่างๆ

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาผลกระทบหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในการติดตั้งระบบ
ปฏิบัติการใหม่บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ปัญหา งานวิจัยต่างๆ

1. ศึกษาข้อมูลและปัญหาในติดตั้งระบบปฏิบัติการ ในส่วนนี้ เป็นส่วนของการศึกษาข้อมูล
เชิงกว้าง ซึ่งจะศึกษาถึงวิธีการหรือซอฟต์แวร์ ที่ปัจจุบันมีการนำมาใช้ติดตั้งระบบปฏิบัติการบนกลุ่ม
เครื่องคอมพิวเตอร์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง เช่น ปัญหา

ความล่าช้าในการดาวน์โหลดระหว่างการจัดตั้งระบบปฏิบัติการ, ปัญหาการใช้งานแบร์นดิวท์ที่เกินความจำเป็น เพื่อหาวิธีการที่จะช่วยลดปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านั้น

2. การเลือกหัวข้อของปัญหาที่สนใจ จากการศึกษาข้อมูลและปัญหาโดยรวมของวิธีการติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีหลายหัวข้อที่น่าสนใจ แต่ในงานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับ การลดความหนาแน่น Congestion ที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์บนเครือข่ายเน็ตเวิร์ค ซึ่งส่งผลกระทบทำให้การจัดตั้งระบบปฏิบัติการใช้เวลามากยิ่งขึ้นอีกด้วย

3. วิเคราะห์ถึงปัญหา แนวทางการแก้ไข และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในการเลือกหัวข้อของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยเห็นถึงปัจจัยความสำคัญที่มีผลต่อการติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ คือ การหาซอฟต์แวร์ที่สามารถทำไฟล์จากคอมพิวเตอร์ต้นฉบับและนำไฟล์ส่งต่อไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นผ่านทางระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ค จากนั้นทำการศึกษารับ-ส่งไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ สุดท้ายคือการศึกษานโยบายการเพิ่มประสิทธิภาพในการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์

4. เสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษา จากการศึกษาวิเคราะห์ปัญหาและการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ผู้วิจัยได้นำ โปรแกรมโกสต์แคสเซอร์เวอร์มาช่วยในการสร้างอิมเมจไฟล์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ เพื่อนำอิมเมจไฟล์ที่ได้ส่งไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยจะนำหลักการรับ-ส่งไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์มาช่วยในการดาวน์โหลดไฟล์ และขั้นตอนสุดท้ายคือการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้ามาช่วยปรับปรุงเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ของกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยลดความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเน็ตเวิร์ค จากนั้นจึงได้เสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษา โดยใช้ชื่อหัวข้อว่า “การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ”

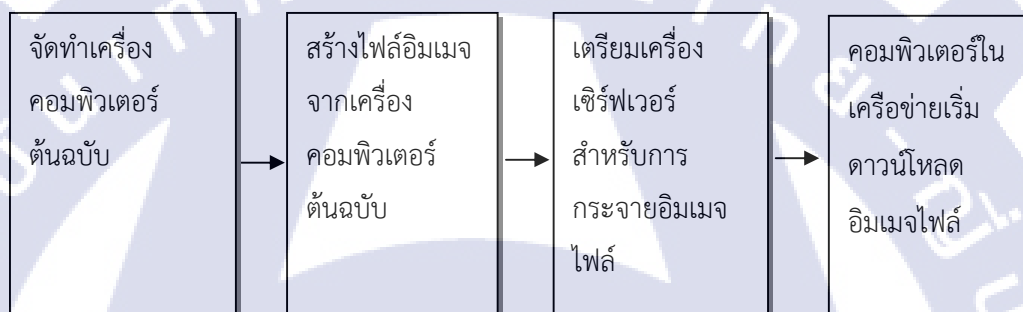
3.2 ขั้นที่ 2 ศึกษาวิธีการนำโพรโทคอล (Peer to Peer : P2P) มาใช้ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการที่เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนหลายเครื่อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อดีของโพรโทคอล Peer to Peer ที่ช่วยให้การดาวน์โหลดไฟล์ที่มีขนาดใหญ่ใช้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์น้อยกว่า การดาวน์โหลดไฟล์แบบ Client-Server เนื่องจาก P2P นั้นที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถทำหน้าที่ทั้งดาวน์โหลดและอัปโหลดไฟล์ให้กับคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ได้ในเวลาเดียวกัน แต่ทว่าข้อเสียของการดาวน์โหลดแบบ P2P ก็คือเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถเลือกเส้นทางที่มีความเหมาะสม ที่จะเลือกจับคู่ดาวน์โหลดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ข้างๆ เช่น ความหนาแน่น Congestion และขนาดของช่องส่งข้อมูล Bandwidth เป็นต้น จึงทำให้เกิดการส่งข้อมูลกันแบบสุ่มและทำให้เกิดความหนาแน่นในเครือข่ายจนทำให้เวลาในการส่งไฟล์นั้นเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะแก้ปัญหา ความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย P2P

ด้วยการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือเข้ามาช่วยคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการรับ-ส่งข้อมูลกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่าย P2P

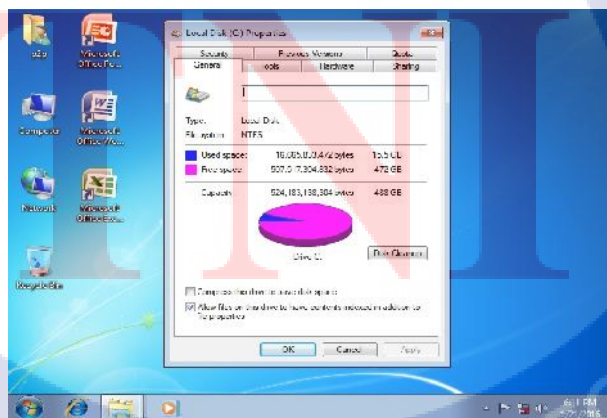
3.3 ขั้นที่ 3 สร้างอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server

ในการออกแบบการทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบการติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 7 Professional 64 Bit และโปรแกรม Microsoft Office 2007 ไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นจึงใช้โปรแกรม Ghostcast Server สร้าง Image File [25] จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นนำ Image File ที่ได้ส่งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายในการทดลองจำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการออกแบบตัวต้นแบบ

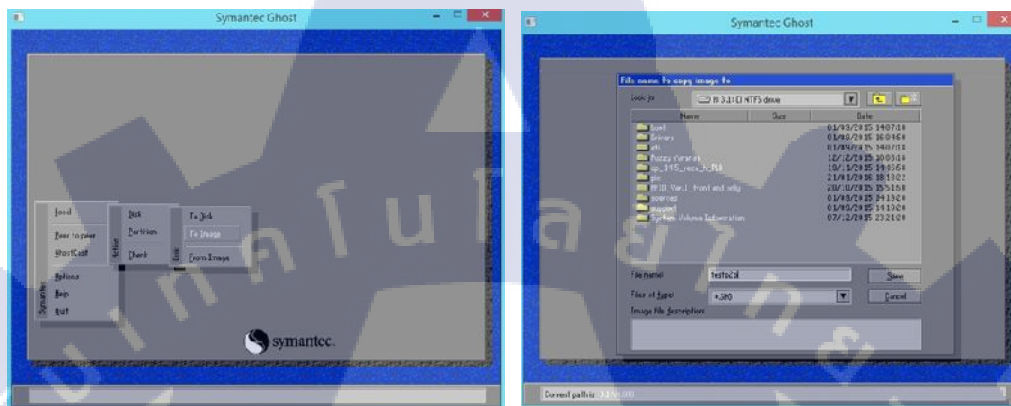
1) จัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ



รูปที่ 3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ

จากรูปที่ 3.3 ผู้วิจัยได้ทำการติดตั้งระบบระบบปฏิบัติการ Windows 7 Professional 64 Bit รวมทั้ง Driver และโปรแกรม Microsoft 2007 ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ จากนั้นทำการตรวจสอบพื้นที่ของฮาร์ดดิสก์ที่ถูกใช้งานไปจำนวน 15.5 GB โดยเช็คจาก Properties ของ My Computer

2) สร้างอิมเมจไฟล์จากเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ



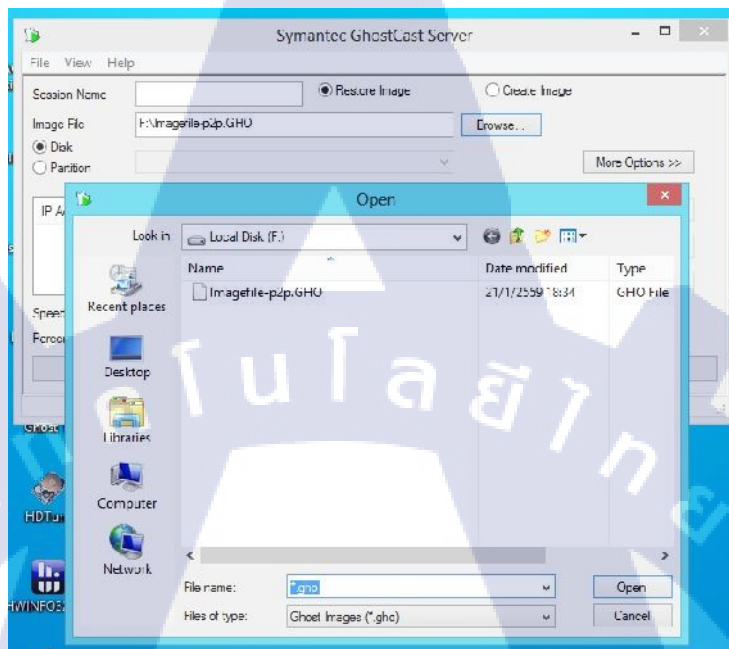
รูปที่ 3.4 สร้างอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server

จากรูปที่ 3.4 แสดงการสร้างอิมเมจไฟล์ด้วยคำสั่ง Disk to Image ในโปรแกรม Ghostcast Server เริ่มต้นจากการคลิกเลือกคำสั่ง Local > Disk > Image ตามรูปด้านซ้ายมือ จากนั้นโปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานกำหนดชื่ออิมเมจไฟล์ และระบุพาร์ตที่ต้องการจัดเก็บอิมเมจไฟล์เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับเพื่อนำไปใช้งานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจะได้อิมเมจไฟล์ชื่อ Imagefile-p2p.GHO ขนาด 5.2 GB ตามรูปที่ 3.5

Name	Date modified	Type	Size
Imagefile-p2p.GHO	21/1/2559 18:34	GHO File	5,252,857 KB

รูปที่ 3.5 อิมเมจไฟล์จากโปรแกรม Ghostcast Server

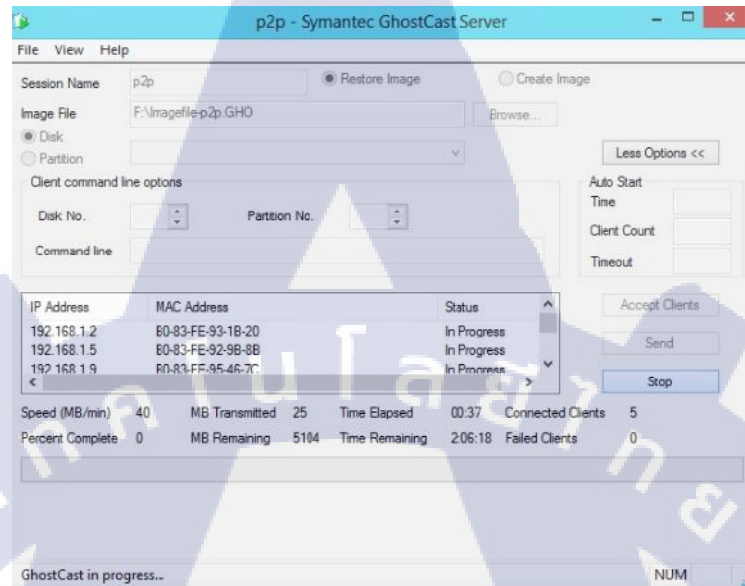
3) เตรียมเครื่องเซิร์ฟเวอร์ สำหรับการกระจายอิมเมจไฟล์



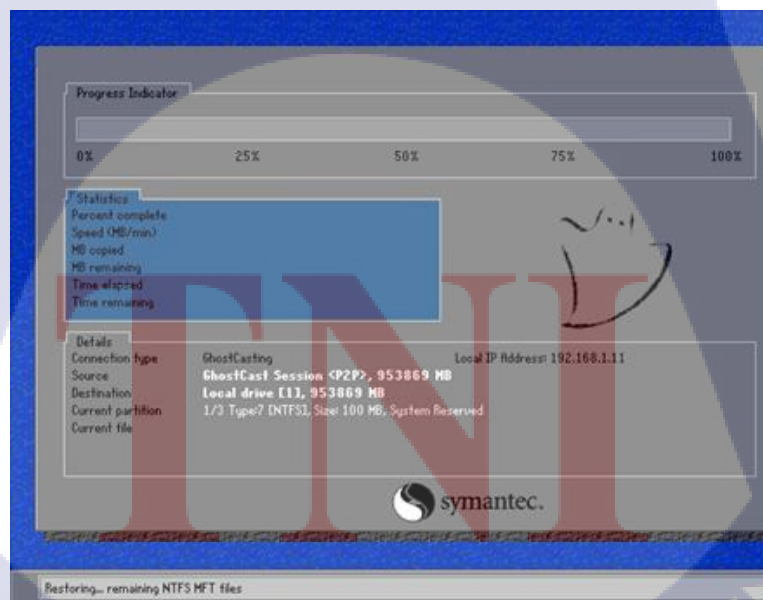
รูปที่ 3.6 ตั้งค่าโปรแกรม Ghostcast Server

จากรูปที่ 3.6 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม Ghostcast Server ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ โดยการนำอิมเมจไฟล์นามสกุลไฟล์คือ .GHO ที่ได้จากเครื่องต้นฉบับ มาเก็บไว้ที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นทำการตั้งชื่อ Session Name ในการส่งอิมเมจไฟล์ชื่อ P2P ทำการเลือกคำสั่ง Restore Image เลือกคำสั่ง Disk และ Browse เลือกพาร์ตที่เก็บอิมเมจไฟล์ จากนั้นรอให้เครื่องลูกข่ายทำการเชื่อมต่อมายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพื่อขอติดตั้งอิมเมจไฟล์จากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งสามารถดูได้ว่ามีเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวนกี่เครื่องดังรูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 5 เครื่องเข้ามายังเครื่องเซิร์ฟเวอร์ จากนั้นทำการคลิกปุ่ม Sent เพื่อให้เซิร์ฟเวอร์ทำการส่งอิมเมจไฟล์พร้อมทั้งติดตั้งอิมเมจไฟล์ไปยังเครื่องลูกข่ายทั้ง 5 เครื่อง

4) คอมพิวเตอร์ในเครือข่ายเริ่มดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์



รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่อของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย



รูปที่ 3.8 เครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายร้องขออิมเมจไฟล์

ขั้นตอนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ฝั่ง คือ ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และฝั่งลูกข่าย โดยฝั่งเซิร์ฟเวอร์จะใช้โปรแกรม Ghost Cast Server ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางเก็บไฟล์ต้นฉบับไว้ที่เครื่องตามรูปที่ 3.7 จากนั้นที่เครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายทั้ง 5 เครื่อง จะทำการร้องขอดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามรูปที่ 3.8 เมื่อเครื่องลูกข่ายทั้ง 5 เครื่อง ทำการเชื่อมต่อเข้ามายังเครือข่ายของโปรแกรม GhostCast Server จากนั้นที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์จะทำการแตกอิมเมจไฟล์ขนาด 5.2 GB ออกเป็นชิ้นเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายเริ่มทำการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ หากเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดมีปริมาณแบนด์วิดท์มากจะส่งผลให้การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ครบก่อน เมื่อสิ้นสุดการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะมีปุ่มข้อความให้ Restart Computer เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์บูทเปิดเครื่องขึ้นมาใหม่จะมีระบบปฏิบัติการและโปรแกรมเหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับ

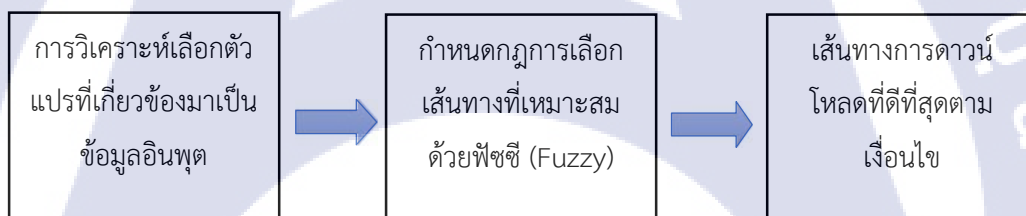
ในส่วนของการทดลองการปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เพิ่มการนำ ฟัชชีลจิกเข้ามาช่วยคำนวณนั้น ผู้วิจัยจะทำการกำหนดค่า Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ตามกรณีการทดลองของตารางที่ 3.3 จากนั้นทำการกระจายอิมเมจไฟล์ด้วยโปรแกรม GhostCast Server ตามรูปแบบการกำหนดค่า Bandwidth ของตารางที่ 3.3 เพื่อบันทึกผลค่า Congestion ที่เกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลดคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75% เพื่อนำผลค่า Congestion มาเป็นอินพุตให้กับฟัชชีลจิก ในการคำนวณค้นหาเส้นทางและปรับเลือกเส้นทางของทั้ง 4 ช่วงเวลา เพื่อนำผลที่ได้จากฟัชชีลจิกมาปรับเส้นทางการดาวน์โหลดในโปรแกรม GhostCast Server ด้วยการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันในโปรแกรม ตามผลเอาต์พุตที่ได้จากฟัชชีลจิก เพื่อช่วยลดค่าความหนาแน่นของข้อมูล และช่วยลดระยะเวลาในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ลง ตัวอย่างการคำนวณเลือกเส้นทางด้วยฟัชชีลจิกตามตารางที่ 4.5 ถึง ตารางที่ 4.8 ในขั้นตอนสุดท้ายของการทดลองคือการบันทึกเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์สำเร็จทุกเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบกันระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบ P2P และการดาวน์โหลดไฟล์แบบ P2P ที่มีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสมในการดาวน์โหลด

3.4 ขั้นที่ 4 ออกแบบกฎพื้นฐาน Fuzzy Logic

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและออกแบบตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P จากการสืบค้นข้อมูลมีหลายงานวิจัยนำเสนอวิธีการนำเอาตรรกศาสตร์คลุมเครือมาช่วยในการตัดสินใจ ในกระบวนการทำงานของการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์ A. Mahapatra et al. [18] ได้กำหนดตัวแปรอินพุตให้กับฟัชชีคือ Number of File Share, Upload Bandwidth และ Seeding Time เพื่อให้ได้ผล Output คือ Reputation A. Mahapatra et al. [19] ได้กำหนดตัวแปรอินพุตให้กับฟัชชี คือ

Time Spent in Forum, No. of Post Count และ Bandwidth Donation A. Mahapatra and N. Tarasia [20] ได้กำหนดตัวแปรอินพุตให้กับฟัซซี่คือ Quality, Popularity และ Size of the File Share ซึ่งเงื่อนไขของตรรกศาสตร์คลุมเครือของแต่ละงานวิจัยมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์แบบของงานวิจัย เงื่อนไขของตรรกศาสตร์คลุมเครือของตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P ต้องครอบคลุมในหลายส่วนเพื่อให้มีความหลากหลายในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดแบบ P2P

ในขั้นตอนนี้เป็นการเสนอแนวคิดการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) มาใช้ในการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เนื่องจากการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์มีการเลือกเส้นทางแบบสุ่ม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการเพิ่มตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) โดยการกำหนดกฎพื้นฐาน (Rule Base) จากนั้นกำหนดรูปแบบและทำการเลือกฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในฟัซซี่ลอจิก ซึ่งจะเลือกตามความเหมาะสมและครอบคลุมกับการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด ที่รับเข้ามาผ่านทางอินเทอร์เน็ตและกำหนดความเป็นสมาชิก ให้ค่าอินเทอร์เน็ตและฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้เหมาะสมตามกฎที่กำหนดได้ โดยขั้นตอนการประยุกต์ใช้ฟัซซี่ลอจิกเพื่อเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จะแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 กำหนด Rule Base การเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy)

จากรูปที่ 3.9 สามารถใช้ฟัซซี่ลอจิกในการกำหนดรูปแบบอินพุตของการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด โดยการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ให้กับข้อมูลการเลือกเส้นทาง เพื่อกำหนดกฎที่อยู่ในรูป If-Then เพื่อหาค่าในการเลือกเส้นทางตามเงื่อนไขโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. การกำหนดข้อมูลอินพุต (Fuzzyfication)

จากการวิเคราะห์เพื่อหาข้อมูลที่จะนำมาเป็นอินพุตที่มีผลต่อการดาวน์โหลดไฟล์ในเครือข่ายเน็ตเวิร์คให้กับระบบฟัซซี่ จะได้ตัวแปรจำนวน 3 ตัวแปร คือ ขนาดของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่าย (Congestion) และความเร็วของลิงค์เน็ตเวิร์ค

(Network) จากนั้นนำข้อมูลทั้ง 3 ค่ามาเข้ากระบวนการทำฟัซซีฟิเคชันของข้อมูลนำเข้า (Fuzzyfication) และกำหนดขอบเขตเชิงภาษา (Fuzzy Linguistic) เพื่อกำหนดค่าความเป็นสมาชิก (Grade of Membership Function) ในฟัซซีเซตจิกให้เป็นฟัซซีเซต A โดยการกำหนดฟัซซีเซต A และกำหนดให้ x เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซีเซต A สามารถกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้ ดังสมการ

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$$

เมื่อ μ_A สามารถตีความเป็นค่าความเป็นสมาชิกของตัวประกอบ x ในฟัซซีเซต A สำหรับแต่ละฟัซซีเซตสามารถเขียนของคู่ลำดับได้ดังสมการ

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

เมื่อ A หมายถึง ฟัซซีเซต A

X หมายถึง สมาชิกของเซต (Set Membership)

μ_A หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function)

$\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$ โดยที่ X หมายถึงเอกภพสัมพัทธ์ (Universe) หรือประชากร

จากสมการฟัซซีเซตข้างต้น สามารถนำมากำหนดตัวแปรขอบเขตเชิงภาษาโดยการกำหนดข้อมูลการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดให้อยู่ในรูปฟัซซีเซต (A) โดยการกำหนดตัวแปรทางภาษาที่ใช้ในฟัซซีเซตดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรภาษาและความหมาย

ระบบ	ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความหมาย
อินเทอร์เน็ตที่ 1	Bandwidth	Low	ขนาดความกว้างของแถบสัญญาณระหว่าง 0 Mb ถึง 500 Mbps
		Medium	ขนาดความกว้างของแถบสัญญาณระหว่าง 250 Mb ถึง 750 Mbps
		High	ขนาดความกว้างของแถบสัญญาณระหว่าง 500 Mb ถึง 1000 Mbps

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรภาษาและความหมาย (ต่อ)

ระบบ	ชื่อตัวแปร	ค่าตัวแปร	ความหมาย
อินพุตตัวที่ 2	Congestion	Low	ขนาดความหนาแน่นของข้อมูลระหว่าง 0 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์
		Medium	ขนาดความหนาแน่นของข้อมูลระหว่าง 25 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์
		High	ขนาดความหนาแน่นของข้อมูลระหว่าง 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์
อินพุตตัวที่ 3	Network	Ethernet	ความเร็วของลิงค์เน็ตเวิร์คระหว่าง 0 Mbps ถึง 10 Mbps
		Fast ethernet	ความเร็วของลิงค์เน็ตเวิร์คระหว่าง 11 Mbps ถึง 100 Mbps
		Gigabit	ความเร็วของลิงค์เน็ตเวิร์คระหว่าง 101 Mbps ถึง 1000 Mbps
เอาต์พุตตัวที่ 1	Path	Fast	เส้นทางที่มีความเร็วในช่วงระหว่าง 18.75 ถึง 25
		Medium	เส้นทางที่มีความเวปานกลางในช่วงระหว่าง 6.25 ถึง 18.5
		Slow	เส้นทางที่มีความช้าในช่วงระหว่าง 0 ถึง 12.5

จากตารางที่ 3.1 แสดงการกำหนดขอบเขตเชิงภาษาข้างต้นจะสามารถสร้างกราฟฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุตทั้ง 3 ตัวแปร คือ การขนาดของช่องสัญญาณ (Bandwidth) ค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่าย (Congestion) และความเร็วของลิงค์เน็ตเวิร์ค (Network)

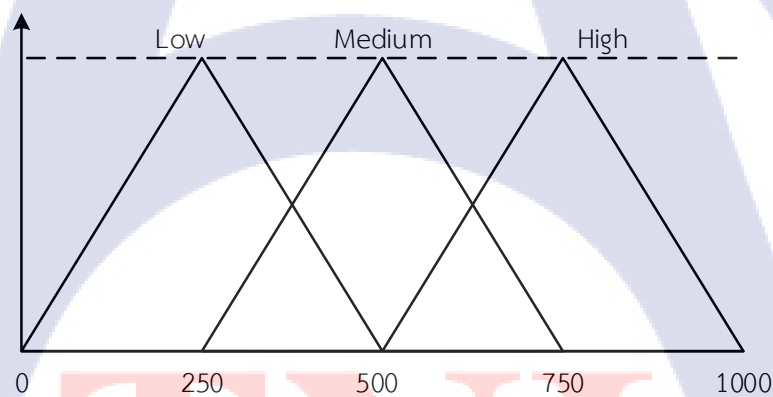
ในการกำหนดเป็นรูปแบบกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเป็นแบบสามเหลี่ยม จะใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยมจะอยู่ในรูปของสมการดังนี้

$$\text{ฟังก์ชันสามเหลี่ยม triangular } (x; a, b, c) = \begin{cases} -x, x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, b \leq x \leq c \\ x, c \geq x \end{cases}$$

หรือ

$$\text{triangular } (x; a, b, c) = \max \left(\min \frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}, 0 \right)$$

โดยการนำฟังก์ชันสามเหลี่ยมมาใช้ในการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเนื่องจากมีความง่ายและไม่ซับซ้อนและมีความแม่นยำสามารถปรับเปลี่ยนค่าในฟังก์ชันได้ง่าย โดยฟังก์ชันกราฟสามเหลี่ยมที่สร้างขึ้นจะเป็นดังรูปที่ 3.10 ถึงรูปที่ 3.13



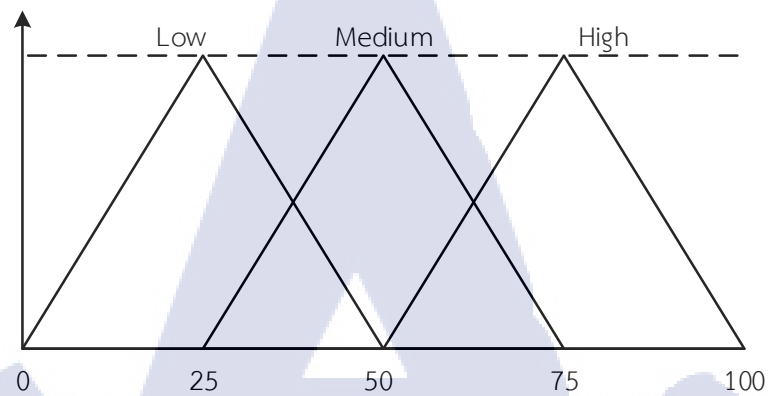
รูปที่ 3.10 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Bandwidth

จากรูปที่ 3.10 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Bandwidth จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Bandwidth_Low มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [0, 250, 500]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Bandwidth_Medium มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [250, 500, 750]

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Bandwidth_High มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น [500, 750, 1000]



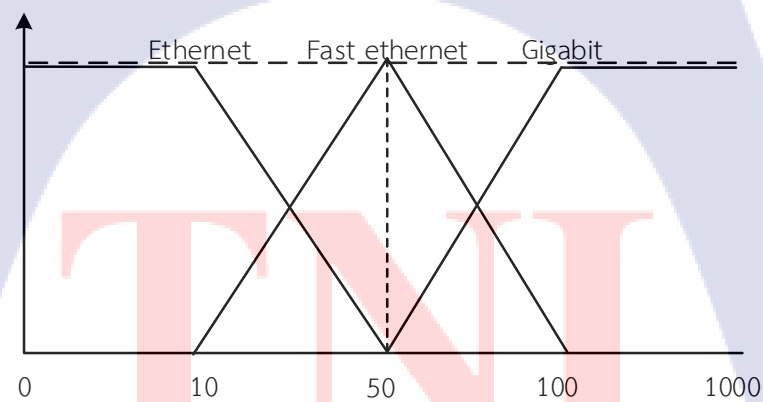
รูปที่ 3.11 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Congestion

จากรูปที่ 3.11 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Congestion จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Congestion_Low มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[0, 25, 50]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Congestion_Medium มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[25, 50, 75]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Congestion_High มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[50, 75, 100]$



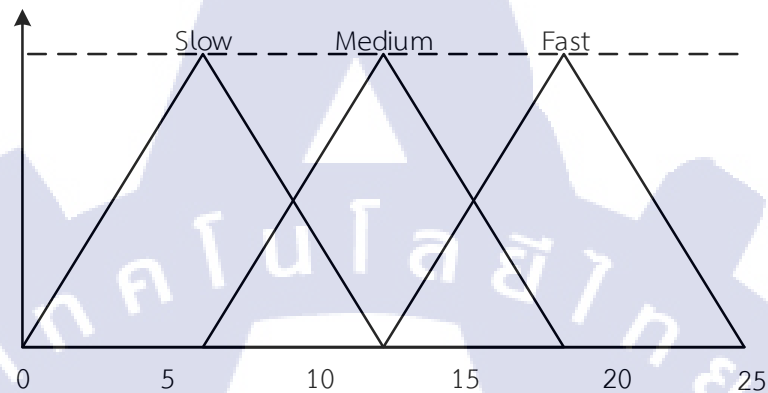
รูปที่ 3.12 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Network

จากรูปที่ 3.12 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลอินพุต Network จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Ethernet มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[0, 10]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Fast ethernet มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[11, 100]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Gigabit ethernet มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[101, 1000]$



รูปที่ 3.13 กราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอ้าตพุต Path

จากรูปที่ 3.13 การกำหนดขอบเขตของกราฟฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลเอ้าตพุต การเลือกเส้นทาง Path จะกำหนดตามค่าดังนี้

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Slow_Path มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[0, 6.25, 12.5]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Medium_Path มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[6.25, 12.5, 18.5]$

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของ Fast_Path มีค่ามีค่าขอบเขตเป็น $[12.5, 18.5, 25]$

2. กำหนดเงื่อนไขและกฎควบคุม Fuzzy Reasoning Unit การเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด

เป็นขั้นตอนการสร้างกฎพื้นฐานและเงื่อนไขความสัมพันธ์ในการคำนวณ ระหว่างข้อมูล อินพุตทั้ง 3 ค่า ด้วยกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule จำนวน 27 กฎ เพื่อคำนวณหาค่าเอ้าตพุตเส้นทาง จำนวน 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่เร็ว (Fast Path) เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง (Medium Path) และเส้นทางที่ช้า (Slow Path) โดยการกำหนดขอบเขตเชิงภาษาและการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ของข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอ้าตพุต โดยการสร้างเงื่อนไขหรือกฎ การควบคุมให้อยู่ในรูปแบบ If...Then ตามข้อมูลจากการกำหนดขอบเขตเชิงภาษาและการกำหนด ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อมูลได้ดังนี้

1) If (Bandwidth is low) and (Congestion is low) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

2) If (Bandwidth is low) and (Congestion is low) and (Network is fastethernet)
then (Path is medium)

3) If (Bandwidth is low) and (Congestion is low) and (Network is gigabit)
then (Fuzzy output is fast)

4) If (Bandwidth is low) and (Congestion is medium) and (Network is ethernet)
then (Fuzzy output is slow)

5) If (Bandwidth is low) and (Congestion is medium) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

6) If (Bandwidth is low) and (Congestion is medium) and (Network is gigabit)
then (Fuzzy output is fast)

7) If (Bandwidth is low) and (Congestion is high) and (Network is ethernet)
then (Fuzzy output is slow)

8) If (Bandwidth is low) and (Congestion is high) and (Network is fastethernet)
then (Fuzzy output is medium)

9) If (Bandwidth is low) and (Congestion is high) and (Network is gigabit)
then (Fuzzy output is fast)

10) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is low) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

11) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is low) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

12) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is low) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

13) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is medium) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

14) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is medium) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

15) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is medium) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

16) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is high) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

17) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is high) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

18) If (Bandwidth is medium) and (Congestion is high) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

19) If (Bandwidth is high) and (Congestion is low) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

20) If (Bandwidth is high) and (Congestion is low) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

21) If (Bandwidth is high) and (Congestion is low) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

22) If (Bandwidth is high) and (Congestion is medium) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

23) If (Bandwidth is high) and (Congestion is medium) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

24) If (Bandwidth is high) and (Congestion is medium) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

25) If (Bandwidth is high) and (Congestion is high) and (Network is ethernet) then (Fuzzy output is slow)

26) If (Bandwidth is high) and (Congestion is high) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy output is medium)

27) If (Bandwidth is high) and (Congestion is high) and (Network is gigabit) then (Fuzzy output is fast)

3. ผลการเลือกเส้นทางดาวนโหลดไฟล์ตามเงื่อนไข

ผลการเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์ตามเงื่อนไขจากการทำฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification) จะได้ผลการคำนวณในรูปแบบของฟัซซี ผลที่ได้จะนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนดตัวแปรฟัซซีและรูปแบบเงื่อนไขการเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์จากกฎพื้นฐานที่กำหนดไว้ในข้อที่ 2 เพื่อหาค่าการเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์

การเปลี่ยนค่าในรูปแบบการสรุปเหตุผลแบบฟัซซีให้เป็นค่าปกติจะหาค่าจากสมการจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) ซึ่งเป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุผลสมการ ดังนี้

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i \omega_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

โดยสมการ ได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

COG แทน ค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

N แทน ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

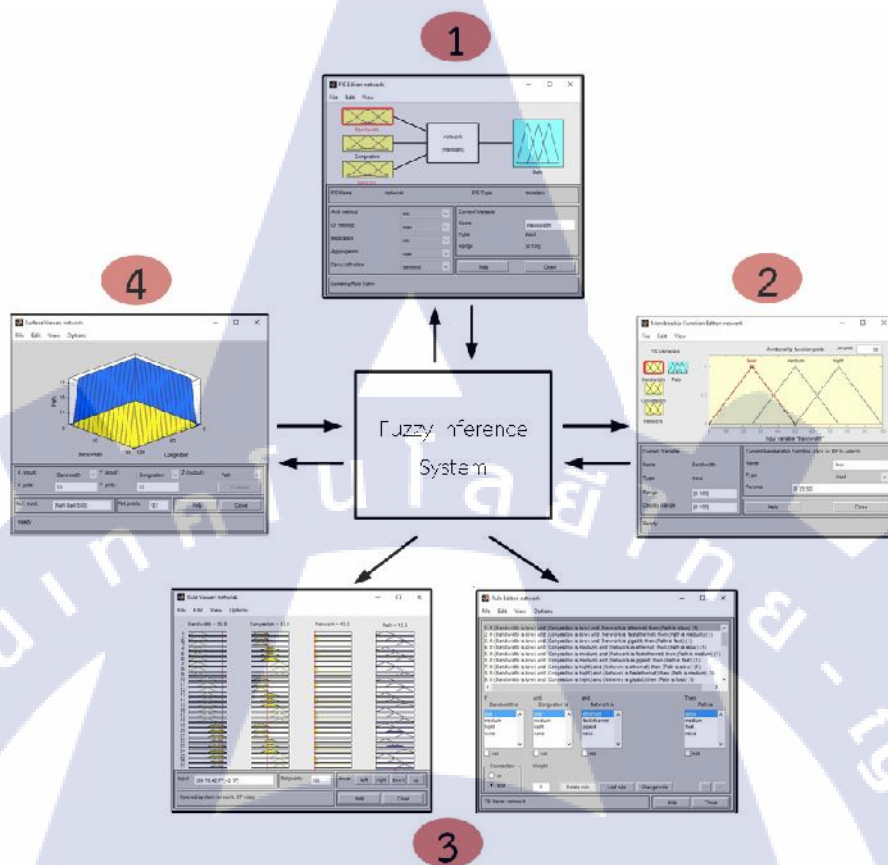
α_i แทน ค่าฟัซซีของเอาร์ทพุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

ω_i แทน พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

โดยค่าที่ได้จากสมการข้างต้นจะนำมาใช้ในการตัดสินใจในการควบคุมระบบตามกฎที่ได้กำหนดในสถานการณ์นั้นๆ และนำค่าที่ได้ไปปรับเลือกเส้นทาง เพื่อการเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสม

จากผลการออกแบบระบบฟัซซีลอจิกช่วยเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์ ผู้วิจัยได้นำผลไปจำลองบนโปรแกรม MATLAB เพื่อทำแบบจำลองการทำงานของ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Logic การเลือกเส้นทางการดาวนโหลดอิมเมจไฟล์ที่ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 3.14

TNI

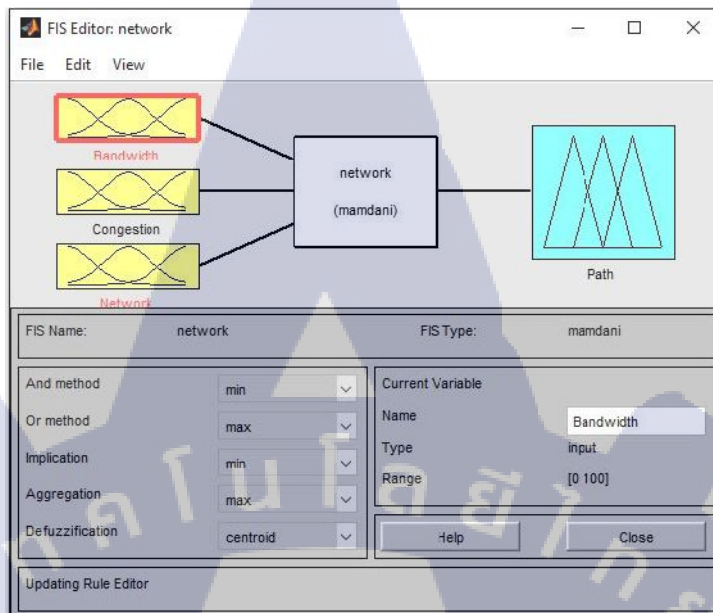


รูปที่ 3.14 การออกแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Designer

จากรูปที่ 3.14 แสดงการออกแบบการออกแบบจำลองการทำงานของ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ Fuzzy Designer ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดอินพุตและเอาต์พุตของ Fuzzy Logic

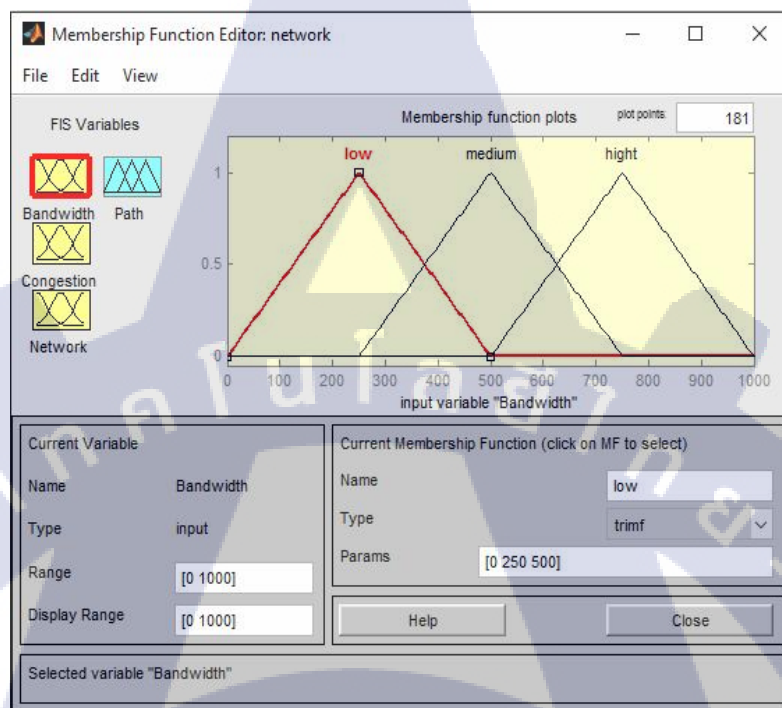
ผู้วิจัยได้กำหนดอินพุตของฟัซซีลอจิกจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดของ (Bandwidth) ความหนาแน่นของข้อมูล (Congestion) ขนาดของลิงค์ (Network) และกำหนดเอาต์พุตของฟัซซีลอจิกจำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ (Path) ตามรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 อินพุตและเอาต์พุตของ Fuzzy Logic

จากรูปที่ 3.15 แสดงการกำหนดอินพุตและเอาต์พุตของฟัซซี่ลอจิกในโปรแกรม MATLAB ซึ่งในแต่ละตัวแปรทั้งอินพุตและเอาต์พุตของ Fuzzy Logic จะมีเงื่อนไขของ Linguistic ที่เป็นคำพูดเพื่อนำมาตีความให้เป็นภาษาทางคณิตศาสตร์ซึ่งจะอธิบายแต่ละตัวแปรดังนี้ ตัวแปรอินพุตที่ 1 Bandwidth, ตัวแปรอินพุตที่ 2 Congestion, ตัวแปรอินพุตที่ 3 Network

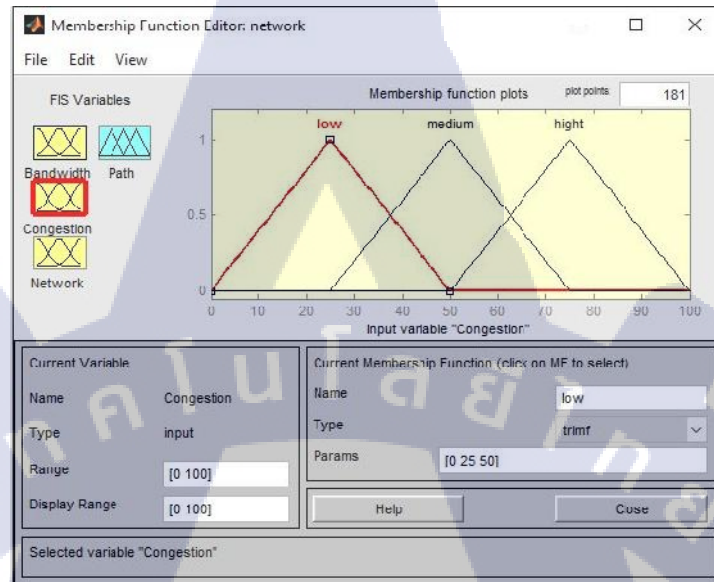
ตัวแปรอินพุตที่ 1 Bandwidth



รูปที่ 3.16 ตัวแปรอินพุตที่ 1 Bandwidth ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 3.16 แสดงตัวแปรอินพุต Bandwidth ของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่มีการกำหนดค่าความกว้างของช่องสัญญาณ 1000 Mbps ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่า Linguistic อยู่ 3 ระดับ คือ ต่ำ (Low) จะอยู่ในช่วง 0 Mbps ถึง 500 Mbps ค่าปานกลาง (Medium) จะอยู่ที่ช่วง 250 Mbps ถึง 750 Mbps และค่าสูง (High) จะอยู่ที่ช่วง 500 Mb ถึง 1000 Mbps

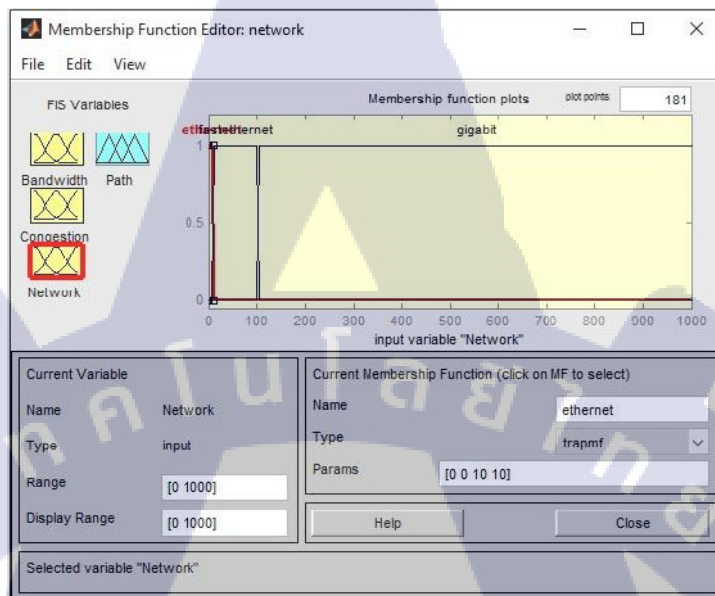
ตัวแปรอินพุตที่ 2 Congestion



รูปที่ 3.17 ตัวแปรอินพุต Congestion ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 3.17 แสดงตัวแปรอินพุตที่ 2 Congestion ของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่มีการกำหนดค่าความหนาแน่นของช่องสัญญาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่า Linguistic อยู่ 3 ระดับ คือ ต่ำ (Low) จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าปานกลาง (Medium) จะอยู่ที่ช่วงระหว่าง 25 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ และค่าสูง (High) จะอยู่ที่ช่วงระหว่าง 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์

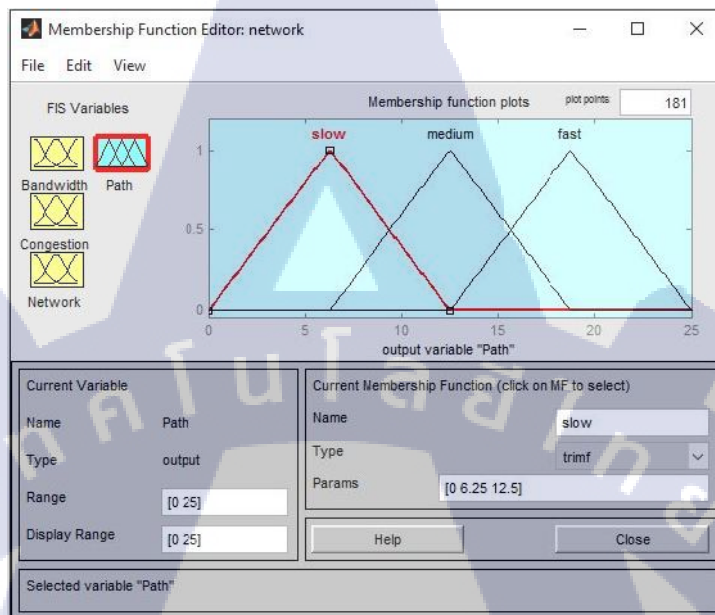
ตัวแปรอินพุตที่ 3 Network



รูปที่ 3.18 ตัวแปรอินพุต Network Link ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 3.18 แสดงตัวแปรอินพุตที่ 3 Network Link ของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่มีการกำหนดค่าขนาดของลิ่งค์ดาต้าที่ 1000 Mbps ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่า Linguistic อยู่ 3 ระดับ คือ ต่ำ (Ethernet) จะอยู่ในช่วง 0 Mbps ถึง 10 Mbps ค่าปานกลาง (Fast Ethernet) จะอยู่ที่ช่วง 11 Mbps ถึง 100 Mbps และค่าสูง (Gigabit) จะอยู่ที่ช่วง 101 Mbps ถึง 1000 Mbps

ตัวแปรเอาต์พุต Path

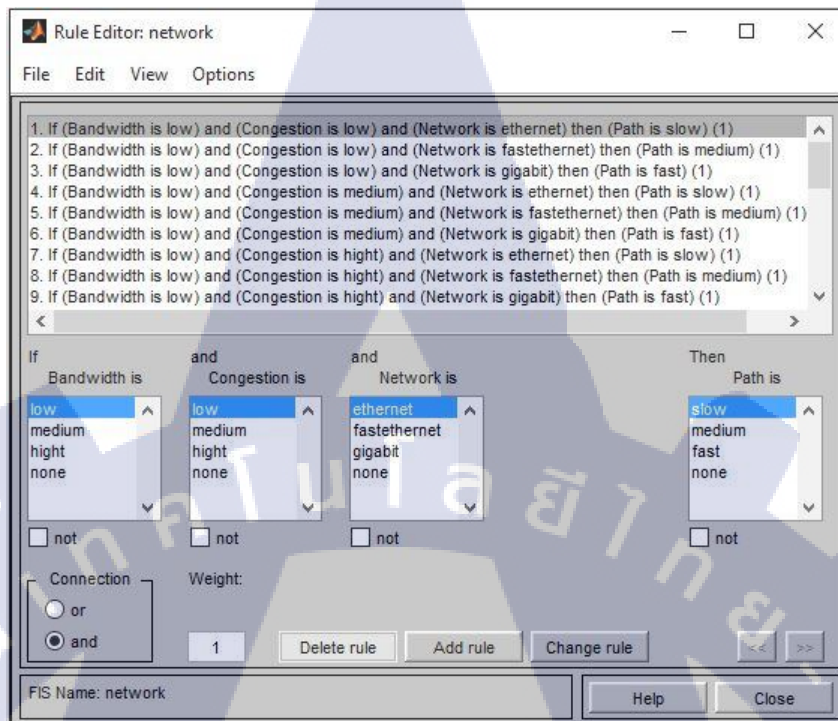


รูปที่ 3.19 ตัวแปรเอาต์พุต Path ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 3.19 แสดงตัวแปรเอาต์พุต Path ของตรรกศาสตร์คลุมเครือ จากการคำนวณหาเส้นทางทั้งหมดด้วยทฤษฎี Complete Graph และเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดใเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งจากตัวอย่างมีจำนวนโหนดอยู่ 5 โหนดด้วยกันจึงได้เส้นทางทั้งหมด 25 เส้นทาง จากนั้นทำการกำหนดค่าขนาดของเส้นทางออกเป็น 3 เส้นทาง ซึ่งในแต่ละตัวแปรจะมีค่า Linguistic อยู่ 3 ระดับ คือ เส้นทางที่มีความเร็วต่ำ (Slow) จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 12.5 เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง (Medium) จะอยู่ที่ช่วงระหว่าง 6.25 ถึง 18.5 และเส้นทางที่มีความเร็วสูง (Fast) จะอยู่ที่ช่วงระหว่าง 12.5 ถึง 25

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตทั้งหมดของ Fuzzy Logic

เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตทั้งหมดที่มีความเกี่ยวข้องกับเอาต์พุตของ Fuzzy Logic โดยนำค่าอินพุตทั้ง 3 ค่าคือ Bandwidth, Congestion และ Network มากำหนดเงื่อนไขการตีความเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์เอาต์พุตในฟัซซีลอจิก ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสร้างกฎจากตัวแปรอินพุตทั้งหมดออกมาได้จำนวน 27 กฎ ตามรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 กำหนดกฎใน Fuzzy Logic

จากรูปที่ 3.20 แสดงการกำหนดเงื่อนไขของกฎควบคุมให้กับอินพุตทั้ง 3 ค่าในรูปแบบ ถ้า (If), และ (And) หรือ (Or) และเอาต์พุต Then จำนวน 27 เงื่อนไขตามตารางที่ 3.1 จากนั้นนำกฎควบคุมมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่เหมาะสม

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตของ Fuzzy Logic

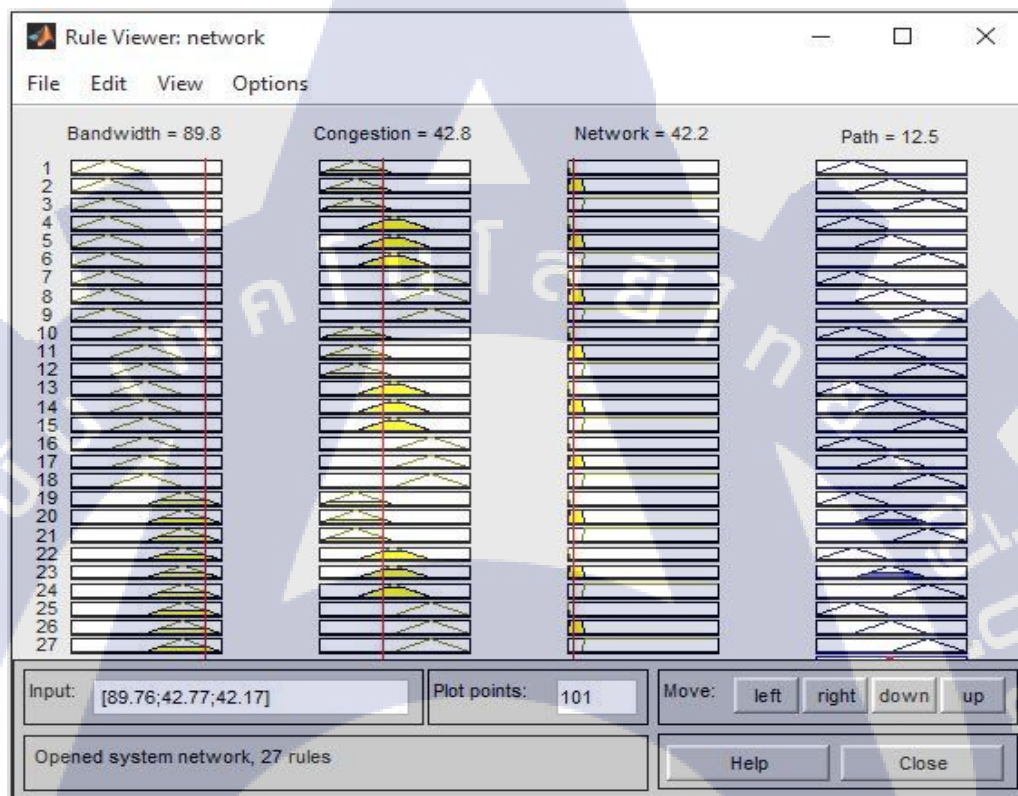
Rule	Fuzzy Input			Fuzzy Output
	Bandwidth	Congestion	Network	Path
1	Low	Low	Ethernet	Slow
2	Low	Low	Fast ethernet	Medium
3	Low	Low	Gigabit	Fast
4	Low	Medium	Ethernet	Slow
5	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
6	Low	Medium	Gigabit	Fast

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ของอินพุตกับเอาต์พุตของ Fuzzy Logic (ต่อ)

Rule	Fuzzy Input			Fuzzy Output
	Bandwidth	Congestion	Network	Path
7	Low	High	Ethernet	Slow
8	Low	High	Fast Ethernet	Medium
9	Low	High	Gigabit	Fast
10	Medium	Low	Ethernet	Slow
11	Medium	Low	Fast Ethernet	Medium
12	Medium	Low	Gigabit	Fast
13	Medium	Medium	Ethernet	Slow
14	Medium	Medium	Fast Ethernet	Medium
15	Medium	Medium	Gigabit	Fast
16	Medium	High	Ethernet	Slow
17	Medium	High	Fast Ethernet	Medium
18	Medium	High	Gigabit	Fast
19	High	Low	Ethernet	Slow
20	High	Low	Fast Ethernet	Medium
21	High	Low	Gigabit	Fast
22	High	Medium	Ethernet	Slow
23	High	Medium	Fast Ethernet	Medium
24	High	Medium	Gigabit	Fast
25	High	High	Ethernet	Slow
26	High	High	Fast Ethernet	Medium
27	High	High	Gigabit	Fast

จากตารางที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอินพุตและข้อมูลเอาต์พุตจำนวน 27 กฎ ซึ่งอินพุตประกอบด้วย 3 ตัวแปร ได้แก่ ขนาดของ (Bandwidth), ความหนาแน่นของข้อมูล (Congestion), ขนาดของลิงค์ (Network) และเอาต์พุตประกอบด้วย 1 ตัวแปร ได้แก่ (Path)

ขั้นตอนที่ 3 การหาเอาต์พุตของ Fuzzy จากกฎควบคุมที่สร้างขึ้น
เมื่อทำการออกแบบกฎควบคุม Fuzzy จากนั้นนำกฎที่ได้ไปทำการ Simulation บน
โปรแกรม MATLAB เพื่อแสดงการคำนวณและงานของ Fuzzy

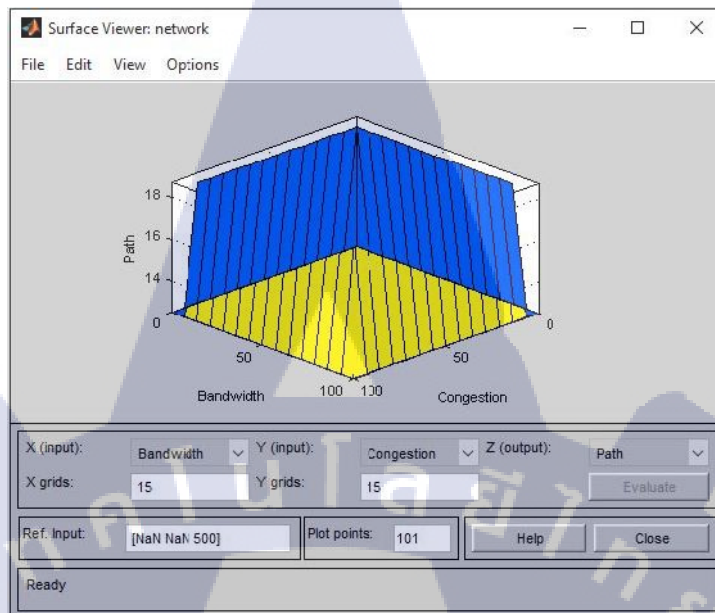


รูปที่ 3.21 Fuzzy Rules View

จากรูปที่ 3.21 แสดงกฎควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 27 เงื่อนไข
ที่ได้จากการ Simulation จากโปรแกรม MATLAB ซึ่งสามารถปรับเลื่อนค่าอินพุตได้ตามต้องการ
เพื่อพิสูจน์กฎควบคุมของ Fuzzy Logic ว่าได้ตามที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 4 การสรุปเหตุผลของ Fuzzy จากกฎควบคุมที่สร้างขึ้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของ Fuzzy Logic โดยจะเปลี่ยนเอาต์พุตให้เป็นแบบทวินัย
เอาต์พุต เพื่อนำไปควบคุมการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการดาวน์โหลดไฟล์ในเครือข่าย เพียร์ทูเพียร์
ในงานวิจัยนี้ผลเอาต์พุตที่ผ่านการตีความจาก Fuzzy แล้วจะได้เป็น Fast, Medium และ Slow



รูปที่ 3.22 Fuzzy Surface Rules

จากรูปที่ 3.22 เป็นการวิเคราะห์พื้นผิวความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต สามารถเรียกดูพื้นผิวดังกล่าวเพื่อทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบได้

3.5 ขั้นที่ 5 ออกแบบการทดลองส่งอีเมลไฟล์ไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์

ในการทดลองการส่งอีเมลไฟล์จากเซิร์ฟเวอร์ไปยังเครื่องลูกข่ายด้วยโปรแกรม Ghostcast Server ผู้วิจัยได้กำหนดการทดลองออกเป็น 18 กรณีการทดลอง ซึ่งในแต่ละกรณีจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า Bandwidth และ Network ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ตามตารางที่ 3.2 เพื่อสังเกตและบันทึกผลค่าความหนาแน่น Congestion ที่เกิดขึ้นภายในเครือข่ายระหว่างการดาวน์โหลดอีเมลไฟล์ของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง โดยจะแบ่งการเก็บผลค่าความหนาแน่นออกเป็น 4 ช่วงเวลาระหว่างการดาวน์โหลดคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อนำผลค่าที่ได้มาเปรียบเทียบความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดและเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลด ระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ กับการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีฟิชชีลอจิกช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดจากการนำผลค่า Bandwidth, Congestion, และ Network ที่เกิดขึ้นมาเป็น Input ของ Fuzzy Logic ตามเงื่อนไขจำนวน 27 เงื่อนไขที่อยู่ในเงื่อนไขข้อใด เพื่อจะได้ผลเอาต์พุตการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอีเมลไฟล์ที่เป็น

Fast Path ในขณะที่ทำการดาวน์โหลดอยู่นั้นหากพีซีลोजิกทำการคำนวณแล้วว่า Fast Path ค่อนข้างที่จะมี Congestion ที่เพิ่มขึ้นแล้วก็จะทำการสลับเส้นทางการดาวน์โหลดให้เป็นเส้นทาง Medium Path และ Slow Path ตามลำดับชั้น ตามกฎเอาต์พุตของพีซีลोजิกที่ได้ออกแบบไว้

ตารางที่ 3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง

กรณี	จำนวนเครื่อง	กำหนด Link Bandwidth (Mb)	รูปแบบการเชื่อมต่อ
กรณีที่ 1	5	Com1=1000 Com2=1000 Com3=100 Com4=100 Com5=10	Peer to Peer
กรณีที่ 2	5	Com1=1000 Com2=1000 Com3=100 Com4=100 Com5=10	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 3	5	Com1=100 Com2=100 Com3=100 Com4=1000 Com4=10	Peer to Peer
กรณีที่ 4	5	Com1=100 Com2=100 Com3=100 Com4=1000 Com4=10	Peer to Peerแบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง

ตารางที่ 3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง (ต่อ)

กรณี	จำนวนเครื่อง	กำหนด Link Bandwidth (Mb)	รูปแบบการเชื่อมต่อ
กรณีที่ 5	5	Com1=10 Com2=10 Com3=1000 Com4=1000 Com5=100	Peer to Peer
กรณีที่ 6	5	Com1=10 Com2=10 Com3=1000 Com4=1000 Com5=100	Peer to Peerแบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 7	10	Com1 ถึง Com4 Bandwidth = 1000 Com5 ถึง Com8 Bandwidth = 100 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 10	Peer to Peer
กรณีที่ 8	10	Com1 ถึง Com4 Bandwidth = 1000 Com5 ถึง Com8 Bandwidth = 100 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 10	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 9	10	Com1 ถึง Com6 Bandwidth = 100 Com7 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 10	Peer to Peer

ตารางที่ 3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง (ต่อ)

กรณี	จำนวนเครื่อง	กำหนด Link Bandwidth (Mb)	รูปแบบการเชื่อมต่อ
กรณีที่ 10	10	Com1 ถึง Com6 Bandwidth = 100 Com7 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 10	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 11	10	Com1 ถึง Com4 Bandwidth = 10 Com5 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 100	Peer to Peer
กรณีที่ 12	10	Com1 ถึง Com4 Bandwidth = 10 Com5 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com10 Bandwidth = 100	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 13	20	Com1 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com16 Bandwidth = 100 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 10	Peer to Peer

ตารางที่ 3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง (ต่อ)

กรณี	จำนวนเครื่อง	กำหนด Link Bandwidth (Mb)	รูปแบบการเชื่อมต่อ
กรณีที่ 14	20	Com1 ถึง Com8 Bandwidth = 1000 Com9 ถึง Com16 Bandwidth = 100 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 10	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 15	20	Com1 ถึง Com12 Bandwidth = 100 Com13 ถึง Com16 Bandwidth = 1000 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 10	Peer to Peer
กรณีที่ 16	20	Com1 ถึง Com12 Bandwidth = 100 Com13 ถึง Com16 Bandwidth = 1000 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 10	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง
กรณีที่ 17	20	Com1 ถึง Com8 Bandwidth = 10 Com9 ถึง Com16 Bandwidth = 1000 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 100	Peer to Peer

ตารางที่ 3.3 การกำหนดการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง (ต่อ)

กรณี	จำนวนเครื่อง	กำหนด Link Bandwidth (Mb)	รูปแบบการเชื่อมต่อ
กรณีที่ 18	20	Com1 ถึง Com8 Bandwidth = 10 Com9 ถึง Com16 Bandwidth = 1000 Com17 ถึง Com20 Bandwidth = 100	Peer to Peer Peer to Peer แบบมี Fuzzy ช่วยเลือก เส้นทาง

จากตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดกรณีการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

กรณีการทดลองที่ 1 และกรณีการทดลองที่ 2 จะมีการกำหนด Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องให้เหมือนกัน แต่ในกรณีการทดลองที่ 2 จะมีการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดด้วย Fuzzy Logic โดยจะเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดทั้งหมด 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของกรณีการทดลองที่ 1 และกรณีการทดลองที่ 2

กรณีการทดลองที่ 3 และกรณีการทดลองที่ 4 จะมีการกำหนด Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องให้เหมือนกัน แต่ในกรณีการทดลองที่ 4 จะมีการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดด้วย Fuzzy Logic โดยจะเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดทั้งหมด 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของกรณีการทดลองที่ 3 และกรณีการทดลองที่ 4

กรณีการทดลองที่ 5 และกรณีการทดลองที่ 6 จะมีการกำหนด Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องให้เหมือนกัน แต่ในกรณีการทดลองที่ 6 จะมีการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดด้วย Fuzzy Logic โดยจะเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดทั้งหมด 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของกรณีการทดลองที่ 5 และกรณีการทดลองที่ 6

กรณีการทดลองที่ 15 และกรณีการทดลองที่ 16 จะมีการกำหนด Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 20 เครื่องให้เหมือนกัน แต่ในกรณีการทดลองที่ 16 จะมีการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดด้วย Fuzzy Logic โดยจะเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดทั้งหมด 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของกรณีการทดลองที่ 15 และกรณีการทดลองที่ 16

กรณีการทดลองที่ 17 และกรณีการทดลองที่ 18 จะมีการกำหนด Bandwidth ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 20 เครื่องให้เหมือนกัน แต่ในกรณีการทดลองที่ 18 จะมีการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดด้วย Fuzzy Logic โดยจะเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดทั้งหมด 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ช่วงเวลา 50%, และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของกรณีการทดลองที่ 17 และกรณีการทดลองที่ 18

ในการเปรียบเทียบผลการทดลองความแตกต่างระหว่างจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง จะใช้การเปรียบเทียบกันระหว่างกรณีการทดลองที่มีการปรับปรุงการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์ด้วยฟัซซี่ลอจิกซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบของกราฟเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายจำนวน 3 กราฟ คือ กราฟที่ 1 จะประกอบไปด้วยผลการทดลองกรณีการทดลองที่ 2, กรณีการทดลองที่ 8, กรณีการทดลองที่ 14 กราฟที่ 2 จะประกอบไปด้วยผลการทดลองกรณีการทดลองที่ 4, กรณีการทดลองที่ 10, กรณีการทดลองที่ 16 และกราฟที่ 3 จะประกอบไปด้วยผลการทดลองกรณีการทดลองที่ 6, กรณีการทดลองที่ 12, กรณีการทดลองที่ 18

3.6 ชั้นที่ 6 การสรุปผลการวิจัย

ในส่วนของการสรุปผลการวิจัย จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงเส้นทางการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด โดยใช้ Fuzzy Logic ในการคำนวณโดยการตั้งกฎพื้นฐานจำนวน 27 กฎ ซึ่งผลเอ้าต์พุตที่ได้จากการตีความจากความสัมพันธ์อินพุตทั้งหมดจะทราบได้ว่าควรส่งไฟล์ไปยังเส้นทางใดก่อนซึ่งจะมีการปรับเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการดาวน์โหลดจำนวน 4 ช่วงเวลา จากนั้นทำการทดสอบการส่งอีเมลไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server และทำการวัดผลค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลด และจับเวลารวมของเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเมื่อโหลดไฟล์เสร็จสมบูรณ์แล้ว โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 18 กรณีการทดลอง เพื่อนำไปเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของข้อมูลและเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ในแต่ละกรณีการทดลอง

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ มีผลการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการสังเคราะห์รูปแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 1)

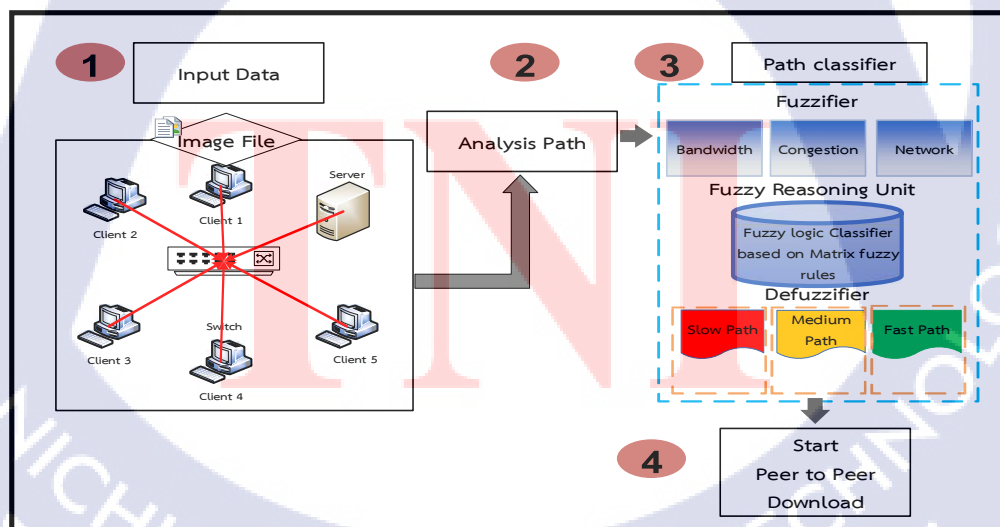
4.2 ผลการพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 2)

4.3 ผลการประเมินผลการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 3)

4.4 สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์

4.1 ผลการสังเคราะห์รูปแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 1)

กำหนดกรอบแนวคิดขั้นต้นเกี่ยวกับการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือดังรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย 4 โมดูล คือ 1) โมดูล Input Data 2) โมดูล All Path 3) โมดูล Path Classifier 4) โมดูล Start Peer to Peer Download



รูปที่ 4.1 โมเดลตัวต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 4.1 แสดงโมเดลการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์บนเครือข่าย P2P ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานหลัก คือ อินพุต ที่เป็นการดาวน์โหลด และมีรายละเอียดกระบวนการทำงานของโมเดล 4 ขั้นตอน คือ

4.1.1 Input Data คือกลุ่มคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันอยู่ภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และมี Image File ของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับที่จะทำการส่ง

4.1.2 Analysis Path เป็นขั้นตอนการระบุเส้นทาง Path ทั้งหมดที่มีการเชื่อมต่อกันของกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบกราฟถ่วงน้ำหนัก Complete Graph จะได้เส้นทางทั้งหมดที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ต้นทางสามารถเดินทางไปถึงกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมด

4.1.3 Path Classifier เป็นขั้นตอนการคัดเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ด้วยวิธีการฟัซซีลอจิก โดยทำการออกแบบฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic Controller) ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอนดังนี้

4.1.3.1 การทำฟัซซีฟิเคชันของข้อมูลนำเข้า (Fuzzyfication) เป็นขั้นตอนการกำหนดข้อมูลนำเข้าข้อมูลให้ระบบ โดยการแปลงค่า Input แบบทวินัยให้เป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซีและมีค่าลำดับชั้น (Linguistic Variable) ประกอบด้วยอินพุตจำนวน 3 ตัวแปร ได้แก่ แบนกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth) มีตัวแปรภาษา (linguistic Variable) คือ สูง (High) ปานกลาง (Medium) ต่ำ (Low) ความหนาแน่นข้อมูล (Congestion) มีตัวแปรภาษา (linguistic Variable) คือ สูง (High) ปานกลาง (Medium) ต่ำ (Low) และความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล (Network) มีตัวแปรภาษา (linguistic Variable) คือ ความเร็ว 10 Mbps (Ethernet) ความเร็ว 100 Mbps (Fastethernet) ความเร็ว 1000 Mbps (Gigabit)

4.1.3.2 การสร้างเงื่อนไขและกฎควบคุม Fuzzy Reasoning Unit เป็นขั้นตอนการสร้างกฎพื้นฐานและเงื่อนไขความสัมพันธ์ในการคำนวณ ระหว่างข้อมูลอินพุตทั้ง 3 ค่า ด้วยกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule จำนวน 27 กฎ เพื่อคำนวณหาค่าเอาต์พุตเส้นทางจำนวน 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่เร็ว (Fast Path) เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง (Medium Path) และเส้นทางที่ช้า (Slow Path) ในลักษณะ ถ้า (If) และ (And) เพื่อให้ระบบเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูป If..... Then ได้ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy

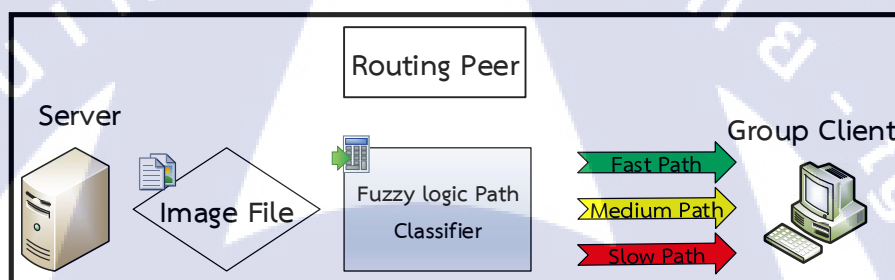
กฎที่	เงื่อนไขของ Fuzzy	Path
1	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
2	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Fastethernet) then (Path is Medium)	Medium
3	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
4	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
5	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
6	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
7	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
8	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
9	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
10	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
11	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
12	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
13	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output ath is Slow)	Slow
14	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium

ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy (ต่อ)

กฎที่	เงื่อนไขของ Fuzzy	Path
15	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
16	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
17	If (Bandwidth is medium) and (Congestion is hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
18	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Flow
19	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
20	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
21	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
22	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
23	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
24	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
25	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
26	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
27	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast

4.1.3.3 การแปลงค่าฟัซซีลอจิกของข้อมูลนำเข้า Defuzzifier เป็นขั้นตอนการกำหนดวิธีการรวมผลของฟัซซีเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นจริงในรูปคริปเซต (Crisp Set) จากเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 4.1.3.2 หาค่าที่แม่นยำเพียงค่าเดียวเพื่อให้ได้ค่าของผลลัพธ์ที่แท้จริงของตัวควบคุมฟัซซีลอจิก ซึ่งจะใช้วิธีการหาจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity : COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุ ดังสมการที่ 2.1 ในบทที่ 2 เพื่อหาค่าเอาต์พุตเส้นทางการดาวน์โหลดจำนวน 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่เร็ว (Fast Path) เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง (Medium Path) และเส้นทางที่ช้า (Slow Path)

4.1.4 Start Peer to Peer Download เป็นขั้นตอนสุดท้ายของโมเดลตัวต้นแบบการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์บนเครือข่าย P2P ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การส่งอิมเมจไฟล์บนเครือข่าย P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จากรูปที่ 4.2 อธิบายขั้นตอนส่งอิมเมจไฟล์จากต้นทางไปยังปลายทางเริ่มต้นจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์แบ่งอิมเมจไฟล์ออกเป็นชิ้นๆ แล้วส่งไปยังกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้งหมดในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ตามเส้นทางหลัก 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่เร็ว (Fast Path) เส้นทางที่มีความเร็วปานกลาง (Medium Path) และเส้นทางที่ช้า (Slow Path) ที่ได้จากกระบวนการของฟัซซีลอจิก ซึ่งในระบบฟัซซีลอจิกที่นำเสนอจะคำนวณค่าเส้นทางครั้งแรกให้ส่งไฟล์ไปยัง Fast Path และจะทำการคำนวณอยู่ตลอดเวลา จากนั้นเมื่อเส้นทาง Fast Path เกิดความหนาแน่นของเส้นทาง ฟัซซีก็จะใช้เส้นทาง Medium Path อีกเส้นทางสุดท้ายเมื่อเส้นทางที่เป็น Medium Path มีปริมาณความหนาแน่นสูง ฟัซซีก็จะทำการเริ่มดาวน์โหลดเส้นทาง Slow Path เพิ่มอีกหนึ่งเส้นทาง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยลดปัญหาความหนาแน่นในเครือข่ายได้

4.2 ผลการพัฒนาตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 2)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาและออกแบบตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P ที่ได้จากการ Simulation บนโปรแกรม MATLAB ตามกฎพื้นฐาน 27 กฎของ Fuzzy Logic การเลือกเส้นทาง Path ที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์

ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบป้อนข้อมูลอินพุต Bandwidth, Congestion และ Network เข้าไปใน Fuzzy Rules เพื่อให้ Fuzzy คำนวณหา Path เส้นทางที่เป็น Fast Path เพื่อให้การดาวน์โหลดไฟล์ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ส่งไฟล์ไปยังเส้นทางที่ดีที่สุดก่อน ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การปรับค่าความสัมพันธ์ค่าอินพุตและเอาต์พุตตามกฎของ Fuzzy Logic

Rule	Fuzzy Input (Membership)			Fuzzy Output
	Bandwidth	Congestion	Network	Path
1	9.04	9.04	6.02	6.25
2	15.1	6.63	102	18.7
3	18.7	12.7	1000	18.8
4	16.3	52.4	6.02	6.25
5	23.5	48.8	90.4	12.5
6	24.7	50	1000	18.8
7	19.9	83.7	9.5	6.25
8	23.5	77.7	90.4	12.5
9	22.3	81.3	934	18.8
10	51.2	12.7	8.02	6.25
11	52.4	15.1	97.4	12.5
12	65.7	23.5	958	18.8
13	57.2	58.4	8.12	6.25
14	53.6	54.8	92.4	12.5
15	51.2	51.2	994	18.8
16	54.8	86.1	9	6.25
17	57.2	78.9	90.4	12.5
18	60.8	89.8	970	18.8

ตารางที่ 4.2 การปรับค่าความสัมพันธ์ค่าอินพุตและเอาต์พุตตามกฎของ Fuzzy Logic (ต่อ)

Rule	Fuzzy Input (Membership)			Fuzzy Output
	Bandwidth	Congestion	Network	Path
19	87.3	23.5	7.07	6.25
20	91	21.1	99.4	12.5
21	89.8	24.7	934	18.8
22	82.5	53.6	8.22	6.25
23	92.2	47.6	98.4	12.5
24	89.8	53.6	970	18.8
25	93.4	87.3	8.31	6.25
26	94.6	93.4	89.3	12.5
27	87.3	93.4	970	18.8

จากตารางที่ 4.2 แสดงทดสอบการปรับค่าความสัมพันธ์ค่าระหว่างอินพุตและเอาต์พุตตามกฎของ Fuzzy Logic เพื่อพิสูจน์กฎตามสถานการณ์จำลองการรับ-ส่งไฟล์ อิมเมจไฟล์บนเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันแบบ P2P จำนวน 5 เครื่อง ซึ่งได้ผลการเลือกเส้นทาง Path จำนวน 3 เส้นทางด้วยกัน คือ

หากค่าการคำนวณ Path มีค่าเท่ากับ 18.8 เส้นทาง Path ที่ 19 จะเป็น Fast Path เส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด

หากค่าการคำนวณ Path มีค่าเท่ากับ 12.5 เส้นทาง Path ที่ 13 จะเป็น Medium Path เส้นทางรองลงมาจากเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด

หากค่าการคำนวณ Path มีค่าเท่ากับ 6.25 เส้นทาง Path ที่ 6 จะเป็น Slow Path เส้นทางรองลงมาจากเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด

4.3 ผลการประเมินผลการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (วัตถุประสงค์ข้อ 3)

ผลการทดลองการออกแบบตัวต้นแบบการติดตั้งอิมเมจไฟล์บนกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในการคำนวณหาเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด บนแบบจำลองการเชื่อมต่อแบบ P2P ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ที่มีสภาพแวดล้อมในการทดลองดังนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง มี

คุณสมบัติดังนี้ Intel Core i5 (4th Gen) 4590 / 3.3 GHz, Ram 4 GB, Hard disk SATA 7200 rpm ขนาด 1 TB, ใช้ Gigabit switch รุ่น HP Procurve 2510-24 (J9279A) [28] รองรับความเร็ว 10/100/1000 Mbps, เชื่อมต่อเข้าด้วยกันเป็นเครือข่าย LAN ด้วยสายนำสัญญาณ CAT6 รองรับความเร็ว 10/100/100 Mbps และ Image file เครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับขนาด 5.2 GB โดยทำการทดลองส่งอีเมลไฟล์ 18 กรณีการทดลอง ในหัวข้อนี้อธิบายผลการทดลองการส่งอีเมลไฟล์ขนาด 5.2 GB ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง ซึ่งในแต่ละกรณีผลการทดลองจะถูกกำหนด Bandwidth ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องให้มีความแตกต่างกันออกไป เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่าย และเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอีเมลไฟล์ระหว่างการส่งไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ กับการส่งไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่ใช้ Fuzzy logic ในการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดโดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ของแต่ละกรณีการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลการทดลองกรณีที่ 1

ตารางที่ 4.3 กรณีที่ 1 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	9.9	13.8	15.8	14.4	1000
Com2	1000	6.18	9.8	14.6	12.5	1000
Com3	100	92.8	95.9	96.4	94.3	100
Com4	100	90.4	94.5	98.7	91.6	100
Com5	10	98.1	99.1	99.1	90.9	10

จากตารางที่ 4.3 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอีเมลไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network บนสภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องผ่านสวิตช์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25

เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรณีการทดลองที่ 1 นั้น คอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่อง จะถูกกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่สวิตช์ให้แตกต่างกันในแต่ละพอร์ต ทำให้ค่าความหนาแน่น Congestion ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน และในแต่ละช่วงเวลายังพบว่าความหนาแน่นในเครือข่ายมีการปรับตัวส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์นั้นมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตการทดลองจากการกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ให้มีความแตกต่างกัน พบว่าในการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะทำการสุ่มเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดข้อมูลอิมเมจไฟล์ ทำให้เกิดความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลในเครือข่ายสูงขึ้น ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์มากทำการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดกับคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์น้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีการเพิ่มการใช้ระบบพีชชีลอจิก คำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์โดยมีข้อมูลอินพุตจำนวน 3 ค่าคือ Bandwidth, Congestion และ Network ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลด เพื่อลดค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายและเวลาในการดาวน์โหลด ซึ่งมีผลการทดลองในกรณีการทดลองที่ 2

4.3.2 ผลการทดลองกรณีที่ 2

ตารางที่ 4.4 กรณีที่ 2 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	8.3	10.8	13.69	11.38	1000
Com2	1000	5.46	7.78	11.13	8.42	1000
Com3	100	80.4	90.2	94.84	85.09	100
Com4	100	78.8	92.12	95.41	80.47	100
Com5	10	95.4	96.42	97.07	88.97	10

จากตารางที่ 4.4 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network สภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องผ่านสวิตช์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลา

การดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นภายในเครือข่ายในแต่ละช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดไฟล์ มาเข้ากฎพื้นฐานของ Fuzzy Logic ในการทดลองผู้วิจัยจะกำหนด Input ของ Fuzzy Logic เป็น 3 ค่า คือ Bandwidth, Congestion และ Network เพื่อหาผล Fuzzy Output ความเหมาะสมของเส้นทาง ได้แก่ Fast Path, Medium Path และ Slow Path

ข้อสังเกตการทดลองกรณีที่ 2 ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์และการกำหนดขนาดของแบนด์วิดท์และความเร็วของเน็ตเวิร์คที่แตกต่างกัน จะมีค่าความหนาแน่นที่ลดลงทั้ง 4 ช่วงเวลา การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกรณีที่ 1 อันเนื่องมาจากการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิกคำนวณเพื่อปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ทั้ง 4 ช่วงเวลา ซึ่งแสดงผลค่าความหนาแน่นของข้อมูลและการปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดของฟัซซี่ลอจิกตามตารางที่ 4.5 ถึงตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.5 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	1000	9.9	1000	1000	9.9	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	6.18	1000	1000	6.18	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	100	92.8	100	100	92.8	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	90.4	100	100	90.4	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	10	98.1	10	10	98.1	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 2 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 1 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.6 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 25%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	1000	13.8	1000	1000	13.8	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	9.8	1000	1000	9.8	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	100	95.9	100	100	95.9	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	94.5	100	100	94.5	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	10	99.1	10	10	99.1	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 2 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 2 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.7 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 50%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	1000	15.8	1000	1000	15.8	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	14.6	1000	1000	14.6	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	100	96.4	100	100	96.4	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	98.7	100	100	98.7	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	10	99.1	10	10	99.1	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 2 จะมีการ

เพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 3 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.8 กรณีที่ 2 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 75%

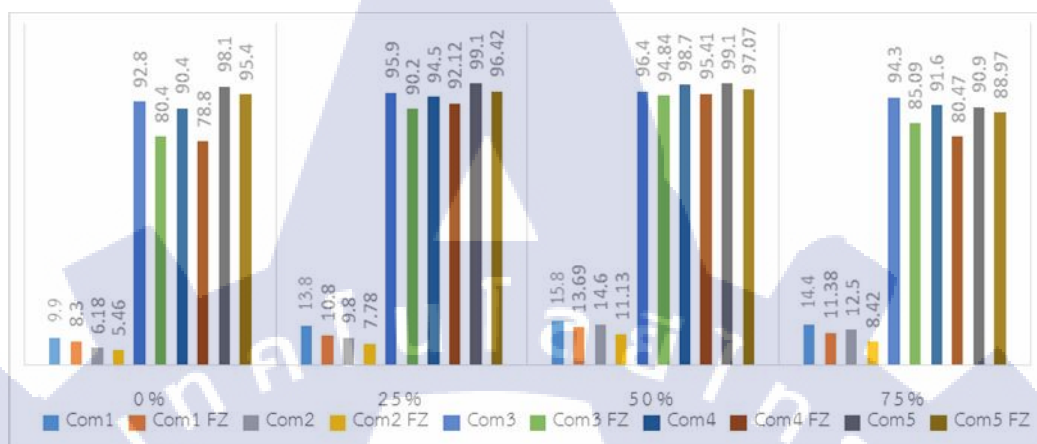
Com	Band Width (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	
Com1	1000	14.4	1000	1000	14.4	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	12.5	1000	1000	12.5	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	100	94.3	100	100	94.3	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	91.6	100	100	91.6	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	10	90.9	10	10	90.9	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 2 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 4 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

อภิปรายความแตกต่างระหว่าง กรณีที่ 1 และกรณีที่ 2

จากผลการทดลองกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 แสดงให้เห็นค่า Congestion ความหนาแน่นที่ลดลงเนื่องจากในกรณีที่ 2 นั้นมีการเพิ่มในส่วนของ Fuzzy Logic ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลา

การดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ดังรูปที่ 4.3



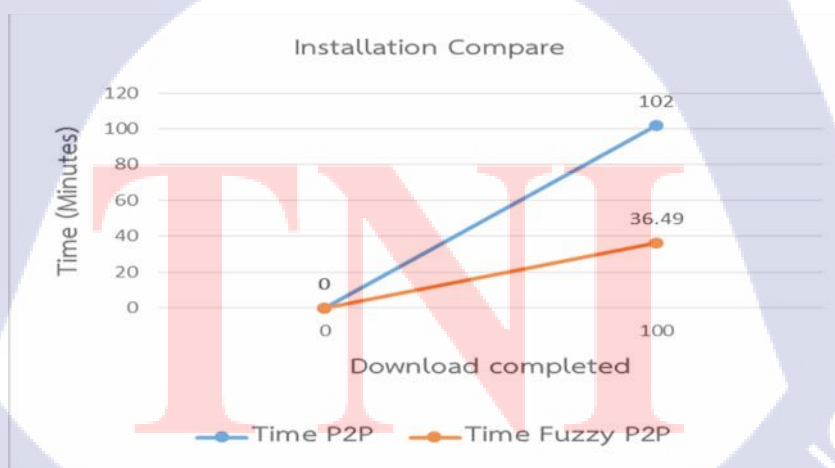
รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2

จากรูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ด้วยสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ของกรณีการทดลองที่ 1 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com ของกราฟในรูปที่ 4.3 และการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีฟิชชีลอจิกช่วยเลือกเส้นทางของกรณีการทดลองที่ 2 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com FZ ของกราฟในรูปที่ 4.3 ซึ่งค่าความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่าย แสดงในรูปแบบการเปรียบเทียบผลการทดลองแบบเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเครื่องต่อเครื่อง ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการนำฟิชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณค้นหาเส้นทางการดาวน์โหลดที่ดีที่สุดจะช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้ในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 2

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.6	3	2.11	3.02
Com2	0.72	2.02	3.47	4.08
Com3	12.4	5.7	1.56	9.21
Com4	11.6	2.38	3.29	11.13
Com5	2.7	2.68	2.03	1.93

จากตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มพีซีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่ 2 จากผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงของการดาวน์โหลดกรณีที่ 2 ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์นั้นลดลงดังแสดงตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบเวลาการดาวน์โหลดกรณีที่ 1 กับ กรณีที่ 2

จากรูปที่ 4.4 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 1 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีทูพีใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 102 นาที และการทดลองกรณีที่ 2 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีทูพีโดยใช้พีซีลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 36.49 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.4 สรุปได้ว่าการใช้พีซีลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 65.51 นาที

4.3.3 ผลการทดลองกรณีที่ 3

ตารางที่ 4.10 กรณีที่ 3 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	94.7	96.42	97.02	80.74	100
Com2	100	94.7	97.84	98.04	79.62	100
Com3	100	92.8	95.45	96.78	80.47	100
Com4	1000	10.9	15.68	18.84	9.96	1000
Com5	10	99.8	99.8	99.9	90.47	10

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network บนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรณีการทดลองที่ 3 นั้น คอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าความหนาแน่น Congestion ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน และในแต่ละช่วงเวลายังพบว่าความหนาแน่นในเครือข่ายมีการปรับตัวส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์นั้นมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตการทดลองจากการกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ให้มีความแตกต่างกัน พบว่าในการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะทำการสุ่มเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดข้อมูลอิมเมจไฟล์ ทำให้เกิดความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลในเครือข่ายสูงขึ้น ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์มากทำการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดกับคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์น้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีการเพิ่มการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิก คำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์โดยมีข้อมูลอินพุตจำนวน 3 ค่าคือ Bandwidth, Congestion และ Network ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลด เพื่อลดค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายและเวลาในการดาวน์โหลด ซึ่งมีผลการทดลองในกรณีการทดลองที่ 4

4.3.4 ผลการทดลองกรณีที่ 4

ตารางที่ 4.11 กรณีที่ 4 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	90.6	92.95	95.64	78.46	100
Com2	100	93.8	94.47	96.9	75.72	100
Com3	100	91.5	93.8	95.07	78.9	100
Com4	1000	9.4	11.7	14.6	7.47	1000
Com5	10	96.9	97.8	98.65	84.2	10

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่ได้จากกราฟ Network utilization บน Performance Network บนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นภายในเครือข่ายในแต่ละช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดไฟล์ มาเข้ากฎพื้นฐานของ Fuzzy Logic ในการทดลองผู้วิจัยจะกำหนด Input ของ Fuzzy Logic เป็น 3 ค่า คือ Bandwidth, Congestion และ Network เพื่อหาผล Fuzzy Output ความเหมาะสมของเส้นทางได้แก่ Fast Path, Medium Path และ Slow Path

ข้อสังเกตการทดลองกรณีที่ 4 ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์และการกำหนดขนาดของแบนด์วิธและความเร็วของเน็ตเวิร์คที่เท่ากัน จะมีค่าความหนาแน่นที่ลดลงทั้ง 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกรณีที่ 4 อันเนื่องมาจากมีการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิกคำนวณเพื่อปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ทั้ง 4 ช่วงเวลา ซึ่งแสดงผลค่าความหนาแน่นของข้อมูลและการปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดของฟัซซี่ลอจิกตามตารางที่ 4.12 ถึงตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.12 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 0%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	100	94.7	1000	100	94.7	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	94.7	100	100	94.7	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	92.8	100	100	92.8	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	1000	10.9	100	1000	10.9	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	10	99.8	10	10	99.8	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 4 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎหมาย Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 1 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.13 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 25%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	100	96.42	100	100	96.42	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	97.84	100	100	97.84	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	95.45	100	100	95.45	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	1000	15.68	1000	1000	15.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	10	99.8	10	10	99.8	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 4 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎหมาย Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 2 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.14 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 50%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	100	97.02	100	100	97.02	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	98.04	100	100	98.04	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	96.78	100	100	96.78	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	1000	18.84	1000	1000	18.84	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	10	99.9	10	10	99.9	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 4 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 3 โดยจัดลำดับจากคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

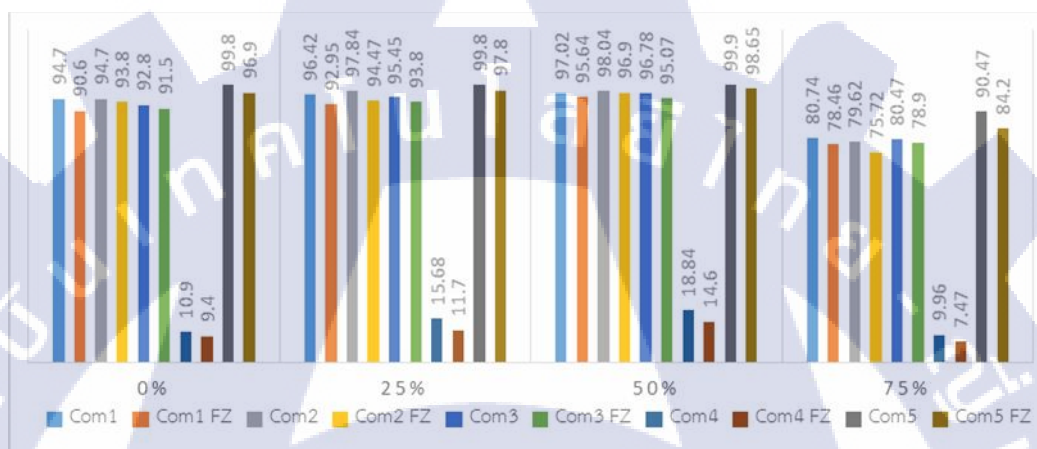
ตารางที่ 4.15 กรณีที่ 4 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 75%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	
Com1	100	80.74	100	100	80.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	79.62	100	100	79.62	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	80.47	100	100	80.47	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	1000	9.96	1000	1000	9.96	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	10	90.47	10	10	90.47	10	Low	High	Ethernet	Slow

จากตารางที่ 4.15 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 4 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 4 โดยจัดลำดับจากคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

อภิปรายความแตกต่างระหว่างกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4

จากผลการทดลองกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 แสดงให้เห็นค่า Congestion ความหนาแน่นที่ลดลงเนื่องจากในกรณีที่ 4 นั้นมีการเพิ่มในส่วนของ Fuzzy Logic ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.5



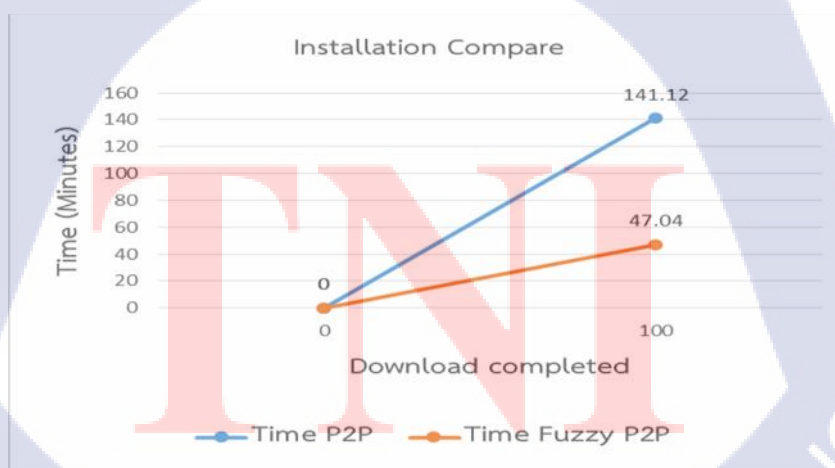
รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 6 กับ กรณีที่ 7

จากรูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ด้วยสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ของกรณีการทดลองที่ 6 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com ของกราฟในรูปที่ 4.5 และการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีฟัซซี่ลอจิกช่วยเลือกเส้นทางของกรณีการทดลองที่ 7 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com FZ ของกราฟในรูปที่ 4.5 ซึ่งค่าความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่าย แสดงในรูปแบบการเปรียบเทียบผลการทดลองแบบเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเครื่องต่อเครื่อง ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการนำฟัซซี่ลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณค้นหาเส้นทางการดาวน์โหลดที่ดีที่สุดจะช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้ในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ตามตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 4

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	4.1	3.47	1.38	2.28
Com2	0.9	3.37	1.14	3.9
Com3	1.3	1.65	1.71	1.57
Com4	1.5	3.98	4.24	2.49
Com5	2.9	2	1.25	6.27

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากมีการเพิ่มพีซีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่ 4 จากผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงของการดาวน์โหลดไฟล์กรณีที่ 4 ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์นั้นลดลงดังแสดงตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบเวลาระหว่างการดาวน์โหลดกรณีที่ 3 กับกรณีที่ 4

จากรูปที่ 4.6 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 3 และกรณีที่ 4 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดิเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 3 การดาวน์โหลดิเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 141.12 นาที และการทดลองกรณีที่ 4 การดาวน์โหลดิเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์โดยใช้ฟิชชี่ลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 47.04 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.6 สรุปได้ว่าการใช้ฟิชชี่ลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดิเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 94.08 นาที

4.3.5 ผลการทดลองกรณีที่ 5

ตารางที่ 4.17 กรณีที่ 5 ส่งิเมจไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	99.8	99.8	99.9	85.4	10
Com2	10	97.8	98.8	99.9	87.6	10
Com3	1000	9.84	17.54	19.8	14.32	1000
Com4	1000	9.98	18.97	21.7	11.62	1000
Com5	100	93.8	95.47	96.51	80.58	100

จากตารางที่ 4.17 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดิเมจไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network บนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรณีการทดลองที่ 5 นั้น คอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าความหนาแน่น Congestion ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน และในแต่ละช่วงเวลายังพบว่าความหนาแน่นในเครือข่ายมีการปรับตัวส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์นั้นมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตการทดลองจากการกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ให้มีความแตกต่างกัน พบว่าในการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะทำการสุ่มเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดข้อมูลอิมเมจไฟล์ ทำให้เกิดความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลในเครือข่ายสูงขึ้น ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์มากทำการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดกับคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์น้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีการเพิ่มการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิก คำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์โดยมีข้อมูลอินพุตจำนวน 3 ค่าคือ Bandwidth, Congestion และ Network ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลด เพื่อลดค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายและเวลาในการดาวน์โหลด ซึ่งมีผลการทดลองในกรณีการทดลองที่ 6

4.3.6 ผลการทดลองกรณีที่ 6

ตารางที่ 4.18 กรณีที่ 6 ส่งอิมเมจไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	94.8	96.8	99.21	75.69	10
Com2	10	95.8	97.4	98.5	80.37	10
Com3	1000	8.97	15.77	18.52	6.82	1000
Com4	1000	7.48	14.69	17.36	8.87	1000
Com5	100	90.8	92.8	94.21	75.69	100

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network บนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นภายในเครือข่ายในแต่ละช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดไฟล์ มาเข้ากฎพื้นฐานของ Fuzzy Logic ในการทดลอง ผู้วิจัยจะกำหนด Input ของ Fuzzy Logic เป็น 3 ค่า คือ Bandwidth, Congestion และ Network เพื่อหาผล Fuzzy Output ความเหมาะสมของเส้นทางได้แก่ Fast Path, Medium Path และ Slow Path

ข้อสังเกตการทดลองกรณีที่ 5 ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์และการกำหนดขนาดของแบนด์วิดท์และความเร็วของเน็ตเวิร์คที่แตกต่างกัน จะมีค่าความหนาแน่นที่ลดลงทั้ง 4 ช่วงเวลา การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองกรณีที่ 6 อันเนื่องมาจากการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิกคำนวณเพื่อปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ทั้ง 4 ช่วงเวลา ซึ่งแสดงผลค่าความหนาแน่นของข้อมูลและการปรับเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดของฟัซซี่ลอจิกตามตารางที่ 4.19 ถึงตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.19 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 0%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	
Com1	10	99.8	10	10	99.8	10	High	High	Ethernet	Slow
Com2	10	97.8	10	10	97.8	10	High	High	Ethernet	Slow
Com3	1000	9.84	1000	1000	9.84	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	9.98	1000	1000	9.98	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	93.8	100	100	93.8	100	High	High	Fast Ethernet	Medium

จากตารางที่ 4.19 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 6 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎหมาย Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 1 โดยจัดลำดับจากคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.20 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 25%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	10	99.8	10	10	99.8	10	High	High	Ethernet	Slow
Com2	10	98.8	10	10	98.8	10	High	High	Ethernet	Slow
Com3	1000	17.54	1000	1000	17.54	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	18.97	1000	1000	18.97	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	95.47	100	100	95.47	100	High	High	Fast Ethernet	Medium

จากตารางที่ 4.20 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 6 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 2 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

ตารางที่ 4.21 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 50%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	Path
Com1	10	99.9	10	10	99.9	10	High	High	Ethernet	Slow
Com2	10	99.9	10	10	99.9	10	High	High	Ethernet	Slow
Com3	1000	19.8	1000	1000	19.8	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	21.7	1000	1000	21.7	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	96.51	100	100	96.51	100	High	High	Fast Ethernet	Medium

จากตารางที่ 4.21 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 6 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎ

พื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 3 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

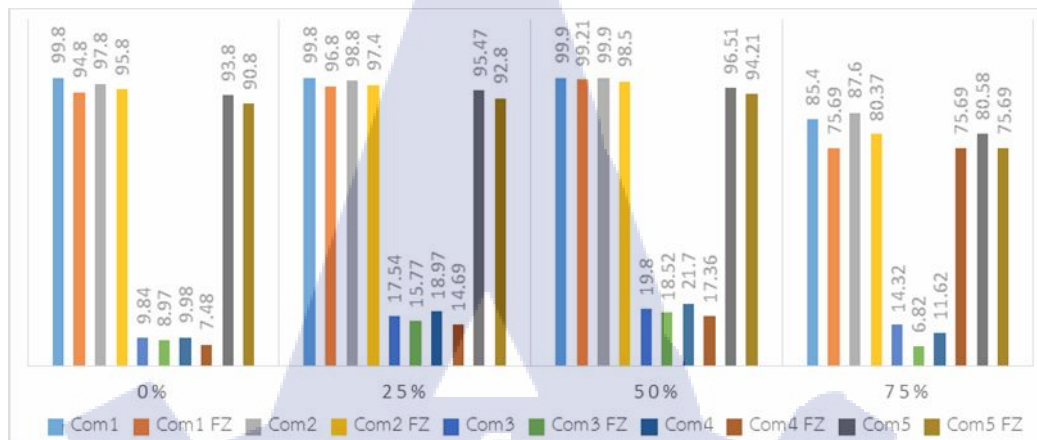
ตารางที่ 4.22 กรณีที่ 6 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดาวน์โหลด 75%

Com	Band Width (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Band Width	Congestion	Network	Band Width	Congestion	Network	
Com1	10	85.4	10	10	85.4	10	High	High	Ethernet	Slow
Com2	10	87.6	10	10	87.6	10	High	High	Ethernet	Slow
Com3	1000	14.32	1000	1000	14.32	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	11.62	1000	1000	11.62	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	80.58	100	100	80.58	100	High	High	Fast Ethernet	Medium

จากตารางที่ 4.22 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดไฟล์ในช่วงเวลา 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องมีขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่แตกต่างกัน ทำให้ค่า Congestion ความหนาแน่นที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน ในการทดลองกรณีที่ 6 จะมีการเพิ่ม Fuzzy Logic ในการคำนวณจัดเรียงเส้นทางที่เหมาะสม ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ตามกฎพื้นฐาน Fuzzy Rule ที่กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อได้ผลการคำนวณเส้นทาง Path แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะมีการจัดเรียงลำดับการดาวน์โหลดบนโปรแกรม Ghost Cast Server ครั้งที่ 4 โดยจัดลำดับจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มี Fast Path เป็นลำดับแรก จากนั้นจึงเลือก Medium Path และ Slow Path เป็นลำดับต่อมาเพื่อช่วยให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายลดลงและยังส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงอีกด้วย

อภิปรายความแตกต่างระหว่างกรณีที่ 5 และกรณีที่ 6

จากผลการทดลองกรณีที่ 5 และกรณีที่ 6 แสดงให้เห็นค่า Congestion ความหนาแน่นที่ลดลงเนื่องจากในกรณีที่ 6 นั้นมีการเพิ่มในส่วนของ Fuzzy Logic ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.7



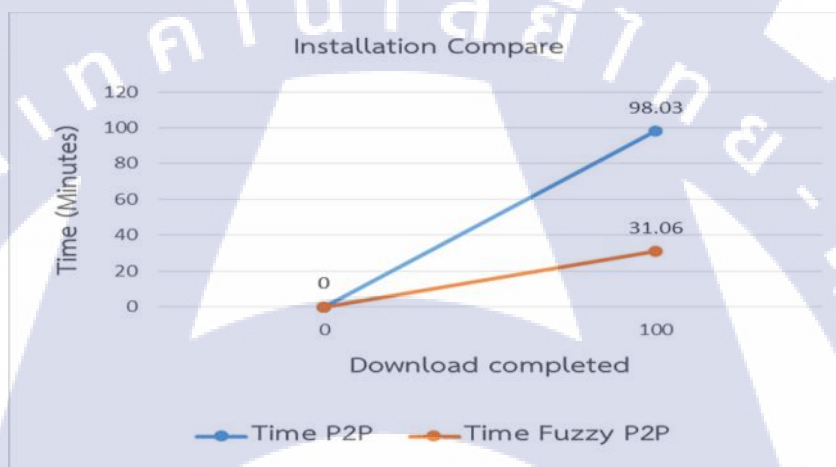
รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบความหนาแน่นระหว่างกรณีที่ 5 กับ กรณีที่ 6

จากรูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดวิดีโอเมจไฟล์ด้วยสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ของกรณีการทดลองที่ 5 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com ของกราฟในรูปที่ 4.7 และการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีพีซีลอจิกช่วยเลือกเส้นทางของกรณีการทดลองที่ 6 แสดงด้วยสัญลักษณ์ Com FZ ของกราฟในรูปที่ 4.7 ซึ่งค่าความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลที่เกิดขึ้นในเครือข่าย แสดงในรูปแบบการเปรียบเทียบผลการทดลองแบบเครื่องคอมพิวเตอร์แบบเครื่องต่อเครื่อง ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการนำพีซีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณ ค้นหาเส้นทางการดาวน์โหลดที่ดีที่สุดจะช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้ในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ตามตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 6

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	5	3	0.69	9.71
Com2	2	1.4	1.4	7.23
Com3	0.87	1.77	1.28	7.5
Com4	2.5	4.28	4.34	2.75
Com5	3	2.67	2.3	4.89

จากตารางที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 5 และกรณีที่ 6 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลากการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มฟิชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลากการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลากการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลากการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลากการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่ 6 จากผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงของการดาวน์โหลดไฟล์กรณีที่ 6 ส่งผลทำให้ระยะเวลาในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์นั้นลดลงดังแสดงตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 5 กับ กรณีที่ 6

จากรูปที่ 4.8 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 5 และกรณีที่ 6 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 5 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 98.03 นาที และการทดลองกรณีที่ 6 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์โดยใช้ฟิชชีลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 31.06 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.8 สรุปได้ว่าการใช้ฟิชชีลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 66.97 นาที

อภิปรายสรุปผลการทดลองกรณีที่ 1 ถึงกรณีที่ 6

การทดลองประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ที่เชื่อมต่อกันผ่านสวิตช์เพื่อทำการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ขนาด 5.2 GB แบบเพียร์ทูเพียร์ และการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีพีซีลอจิกช่วยเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด จากนั้นทำการบันทึกค่าความหนาแน่น Congestion ของแต่ละเครื่องที่เกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่ลดลงเนื่องจากการนำพีซีลอจิก มาใช้ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ของกรณีการทดลองที่ 2 กรณีการทดลองที่ 4 และกรณีการทดลองที่ 6 ตามตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่า Congestion ที่ลดลงของทุกกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 5 เครื่อง

Com	ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 2				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 4				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 6			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.6	3	2.11	3.02	4.1	3.47	1.38	2.28	5	3	0.69	9.71
Com2	0.72	2.02	3.47	4.08	0.9	3.37	1.14	3.9	2	1.4	1.4	7.23
Com3	12.4	5.7	1.56	9.21	1.3	1.65	1.71	1.57	0.87	1.77	1.28	7.5
Com4	11.6	2.38	3.29	11.13	1.5	3.98	4.24	2.49	2.5	4.28	4.34	2.75
Com5	2.7	2.68	2.03	1.93	2.9	2	1.25	6.27	3	2.67	2.3	4.89

จากตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของข้อมูลบนเครือข่ายที่ลดลงในการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องตามช่วงเวลาทั้ง 4 ช่วงเวลาของการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ของกรณีการนำ Fuzzy Logic เข้ามาช่วยเลือกเส้นทางทั้ง 3 กรณีการทดลอง

4.3.7 ผลการทดลองกรณีที่ 7

ตารางที่ 4.25 กรณีที่ 7 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	10.47	16.98	15.41	12.85	1000
Com2	1000	11.35	13.54	19.98	11.14	1000
Com3	1000	13.68	14.68	17.92	15.97	1000
Com4	1000	11.49	13.52	15.84	9.67	1000
Com5	100	88.95	92.31	98.62	83.69	100
Com6	100	86.67	94.83	96.62	78.71	100
Com7	100	88.93	98.79	99.34	80.68	100
Com8	100	87.68	97.24	98.93	79.92	100
Com9	10	94.68	98.39	99.81	82.61	10
Com10	10	93.67	97.84	99.89	84.36	10

จากตารางที่ 4.25 แสดงค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอีเมลไฟล์ ที่ได้จากกราฟ Network Utilization บน Performance Network บนสภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องผ่านสวิตช์ โดยแบ่งออกเป็น 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากกรณีการทดลองที่ 4 นั้น คอมพิวเตอร์ทั้ง 5 เครื่องจะถูกกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ที่สวิตช์ให้แตกต่างกันในแต่ละพอร์ต ทำให้ค่าความหนาแน่น Congestion ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน และในแต่ละช่วงเวลายังพบว่าความหนาแน่นในเครือข่ายมีการปรับตัวส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์นั้นมากยิ่งขึ้น

ข้อสังเกตการทดลองจากการกำหนดขนาดของ Bandwidth และมีความเร็วของ Network ให้มีความแตกต่างกัน พบว่าในการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์นั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ทั้ง 10 เครื่อง จะทำการสุ่มเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดข้อมูลอีเมลไฟล์ ทำให้เกิดความหนาแน่น Congestion ของข้อมูลในเครือข่ายสูงขึ้น ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์มากทำการเลือกเส้นทางการ

ดาวน์โหลดกับคอมพิวเตอร์ที่มีแบนด์วิดท์น้อย ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีการเพิ่มการใช้ระบบฟัซซี่ลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์โดยมีข้อมูลอินพุตจำนวน 3 ค่าคือ Bandwidth, Congestion และ Network ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาการดาวน์โหลด เพื่อลดค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายและเวลาในการดาวน์โหลด ซึ่งมีผลการทดลองในกรณีการทดลองที่ 8

4.3.8 ผลการทดลองกรณีที่ 8

ตารางที่ 4.26 กรณีที่ 8 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	8.74	14.66	12.74	11.48	1000
Com2	1000	9.67	10.42	17.91	10.08	1000
Com3	1000	10.67	12.29	15.68	14.62	1000
Com4	1000	9.64	11.47	12.42	8.69	100
Com5	100	86.31	90.37	95.42	80.21	100
Com6	100	84.35	90.4	92.64	76.81	100
Com7	100	85.37	97.14	98.23	74.28	10
Com8	100	83.28	95.67	98.49	75.37	10
Com9	10	89.67	93.58	96.17	80.34	10
Com10	10	92.69	95.16	99.62	82.61	10

ตารางที่ 4.27 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	1000	10.47	1000	1000	10.47	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	11.35	1000	1000	11.35	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	13.68	1000	1000	13.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	11.49	1000	1000	11.49	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	88.95	100	100	88.95	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	86.67	100	100	86.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	88.93	100	100	88.93	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	87.68	100	100	87.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	10	94.68	10	10	94.68	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	93.67	10	10	93.67	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.28 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	1000	16.98	1000	1000	16.98	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	13.54	1000	1000	13.54	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	14.68	1000	1000	14.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	13.52	1000	1000	13.52	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	92.31	100	100	92.31	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	94.83	100	100	94.83	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	98.79	100	100	98.79	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	97.24	100	100	97.24	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	10	98.39	10	10	98.39	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	97.84	10	10	97.84	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.29 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	1000	15.41	1000	1000	15.41	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	19.98	1000	1000	19.98	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	17.92	1000	1000	17.92	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	15.84	1000	1000	15.84	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	98.62	100	100	98.62	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	96.62	100	100	96.62	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	99.34	100	100	99.34	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	98.93	100	100	98.93	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	10	99.81	10	10	99.81	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	99.89	10	10	99.89	10	Low	High	Ethernet	Slow

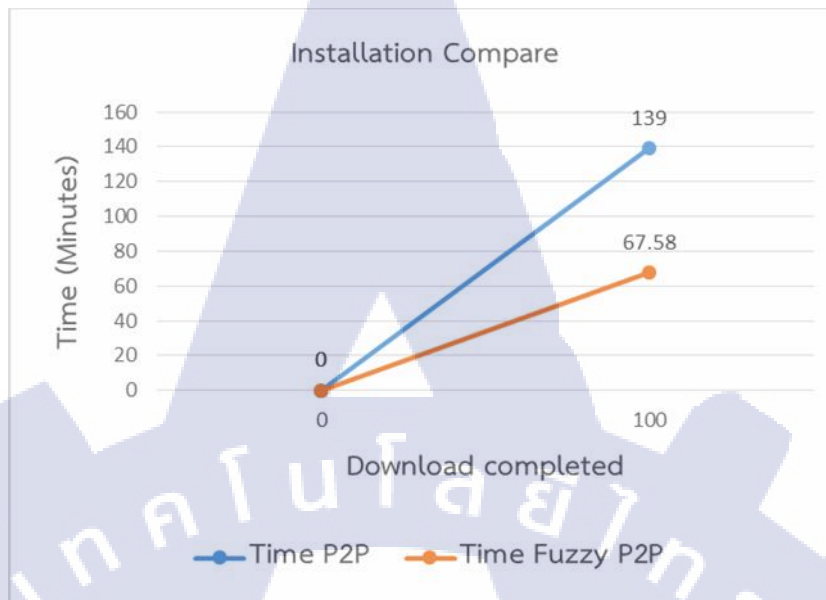
ตารางที่ 4.30 กรณีที่ 8 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	1000	12.85	1000	1000	12.85	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	11.14	1000	1000	11.14	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	15.97	1000	1000	15.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	9.67	1000	1000	9.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	100	83.69	100	100	83.69	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	78.71	100	100	78.71	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	80.68	100	100	80.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	79.92	100	100	79.92	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	10	82.61	10	10	82.61	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	84.36	10	10	84.36	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.31 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 8

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.73	2.32	2.67	1.37
Com2	1.68	3.12	2.07	1.06
Com3	3.01	2.39	2.24	1.35
Com4	1.85	2.05	3.42	0.98
Com5	2.64	1.94	3.2	3.48
Com6	2.32	4.43	3.98	1.9
Com7	3.56	1.65	1.11	6.4
Com8	4.4	1.57	0.44	4.55
Com9	5.01	4.81	3.64	2.27
Com10	0.98	2.68	0.27	1.75

ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 7 และกรณีที่ 8 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มพีซีล่อจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลอง จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 7 กับ กรณีที่ 8

จากรูปที่ 4.9 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 7 และกรณีที่ 8 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดิเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 7 การดาวน์โหลดิเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 139 นาที และการทดลองกรณีที่ 8 การดาวน์โหลดิเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์โดยใช้ฟuzzyลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 67.58 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.9 สรุปได้ว่าการใช้ฟuzzyลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดิเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 71.42 นาที

4.3.9 ผลการทดลองกรณีที่ 9

ตารางที่ 4.32 กรณีที่ 9 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	84.67	86.97	92.21	75.91	100
Com2	100	87.63	89.35	95.67	78.42	100
Com3	100	91.27	92.74	94.28	81.28	100
Com4	100	85.62	87.39	90.38	74.67	100
Com5	100	88.35	92.38	99.67	78.39	100
Com6	100	90.36	97.25	99.57	80.64	100
Com7	1000	12.68	15.97	20.61	10.64	1000
Com8	1000	14.69	17.98	19.39	10.43	1000
Com9	10	92.38	96.15	97.58	84.17	10
Com10	10	93.68	97.29	98.67	82.93	10

4.3.10 ผลการทดลองกรณีที่ 10

ตารางที่ 4.33 กรณีที่ 10 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	82.57	83.68	90.78	73.48	100
Com2	100	85.67	86.37	90.91	74.94	100
Com3	100	89.82	91.27	92.78	78.37	100
Com4	100	82.64	84.82	88.27	70.57	100
Com5	100	85.71	89.37	97.61	75.97	100
Com6	100	88.71	94.92	97.91	77.28	100
Com7	1000	10.91	11.3	17.61	8.35	1000

ตารางที่ 4.33 กรณีที่ 10 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง (ต่อ)

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com8	1000	12.21	14.35	17.96	9.82	1000
Com9	10	90.86	92.81	94.38	81.57	10
Com10	10	91.57	94.89	95.96	80.31	10

ตารางที่ 4.34 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	84.67	100	100	84.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	87.63	100	100	87.63	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	91.27	100	100	91.27	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	85.62	100	100	85.62	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	88.35	100	100	88.35	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	90.36	100	100	90.36	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	1000	12.68	1000	1000	12.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	14.69	1000	1000	14.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	10	92.38	10	10	92.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	93.68	10	10	93.68	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.35 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	86.97	100	100	86.97	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	89.35	100	100	89.35	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	92.74	100	100	92.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	87.39	100	100	87.39	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	92.38	100	100	92.38	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	97.25	100	100	97.25	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	1000	15.97	1000	1000	15.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	17.98	1000	1000	17.98	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	10	96.15	10	10	96.15	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	97.29	10	10	97.29	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.36 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	92.21	100	100	92.21	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	95.67	100	100	95.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	94.28	100	100	94.28	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	90.38	100	100	90.38	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	99.67	100	100	99.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	99.57	100	100	99.57	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	1000	20.61	1000	1000	20.61	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	19.39	1000	1000	19.39	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	10	97.58	10	10	97.58	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	98.67	10	10	98.67	10	Low	High	Ethernet	Slow

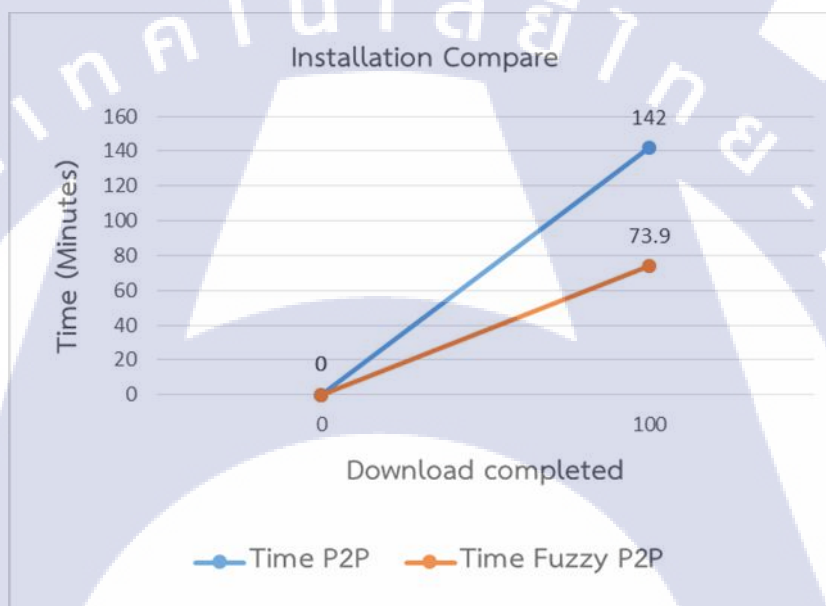
ตารางที่ 4.37 กรณีที่ 10 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	75.91	100	100	75.91	100	High	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	78.42	100	100	78.42	100	High	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	81.28	100	100	81.28	100	High	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	74.67	100	100	74.67	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	78.39	100	100	78.39	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	80.64	100	100	80.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	1000	10.64	1000	1000	10.64	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	10.43	1000	1000	10.43	1000	Low	Low	Gigabit	Fast
Com9	10	84.17	10	10	84.17	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com10	10	82.93	10	10	82.93	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.38 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 10

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	2.1	3.29	1.43	2.43
Com2	1.96	2.98	4.76	3.48
Com3	1.45	1.47	1.5	2.91
Com4	2.98	2.57	2.11	4.1
Com5	2.64	3.01	2.06	2.42
Com6	1.65	2.33	1.66	3.36
Com7	1.77	4.67	3	2.29
Com8	2.48	3.63	1.43	0.61
Com9	1.52	3.34	3.2	2.6
Com10	2.11	2.4	2.71	2.62

ตารางที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 9 และกรณีที่ 10 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มฟัชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่ 10 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 9 กับ กรณีที่ 10

จากรูปที่ 4.10 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 9 และกรณีที่ 10 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 9 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 142 นาที และการทดลองกรณีที่ 10 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์โดยใช้ฟัชชีลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 73.9 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.10 สรุปได้ว่าการใช้ฟัชชีลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 68.1 นาที

4.3.11 ผลการทดลองกรณีที่ 11

ตารางที่ 4.39 กรณีที่ 11 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	93.28	95.64	98.19	81.68	10
Com2	10	95.27	96.38	98.69	80.51	10
Com3	10	93.52	96.78	98.17	83.96	10
Com4	10	94.62	95.39	97.38	73.97	10
Com5	1000	12.64	19.36	22.57	10.85	1000
Com6	1000	14.86	20.67	23.39	9.37	1000
Com7	1000	13.52	16.87	19.21	10.36	1000
Com8	1000	14.92	18.39	21.81	11.35	1000
Com9	100	86.29	93.67	98.73	81.67	100
Com10	100	83.64	88.29	94.67	73.64	100

4.3.12 ผลการทดลองกรณีที่ 12

ตารางที่ 4.40 กรณีที่ 12 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	89.91	92.34	96.81	78.31	10
Com2	10	92.25	94.32	97.24	79.62	10
Com3	10	91.96	94.63	97.71	78.64	10
Com4	10	88.34	89.67	94.83	70.64	10
Com5	1000	9.29	13.61	17.81	8.69	1000
Com6	1000	12.96	18.73	20.65	8.39	1000
Com7	1000	11.61	13.64	16.98	8.86	1000

ตารางที่ 4.40 กรณีที่ 12 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง (ต่อ)

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com8	1000	12.91	16.77	19.31	9.94	1000
Com9	100	84.42	90.91	95.46	79.66	100
Com10	100	81.98	86.64	92.71	72.57	100

ตารางที่ 4.41 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	10	93.28	10	10	93.28	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	95.27	10	10	95.27	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	93.52	10	10	93.52	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	94.62	10	10	94.62	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	1000	12.64	1000	1000	12.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com6	1000	14.86	1000	1000	14.86	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com7	1000	13.52	1000	1000	13.52	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	14.92	1000	1000	14.92	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	86.29	100	100	86.29	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	83.64	100	100	83.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium

ตารางที่ 4.42 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	10	95.64	10	10	95.64	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	96.38	10	10	96.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	96.78	10	10	96.78	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	95.39	10	10	95.39	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	1000	19.36	1000	1000	19.36	1000	High	Low	Gigabit	Slow
Com6	1000	20.67	1000	1000	20.67	1000	High	Low	Gigabit	Slow
Com7	1000	16.87	1000	1000	16.87	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	18.39	1000	1000	18.39	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	93.67	100	100	93.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Fast
Com10	100	88.29	100	100	88.29	100	Low	High	Fast Ethernet	Fast

ตารางที่ 4.43 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	10	98.19	10	10	98.19	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	98.69	10	10	98.69	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	98.17	10	10	98.17	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	97.38	10	10	97.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	1000	22.57	1000	1000	22.57	1000	High	Low	Gigabit	Slow
Com6	1000	23.39	1000	1000	23.39	1000	High	Low	Gigabit	Slow
Com7	1000	19.21	1000	1000	19.21	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	21.81	1000	1000	21.81	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	98.73	100	100	98.73	100	Low	High	Fast Ethernet	Fast
Com10	100	94.67	100	100	94.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Fast

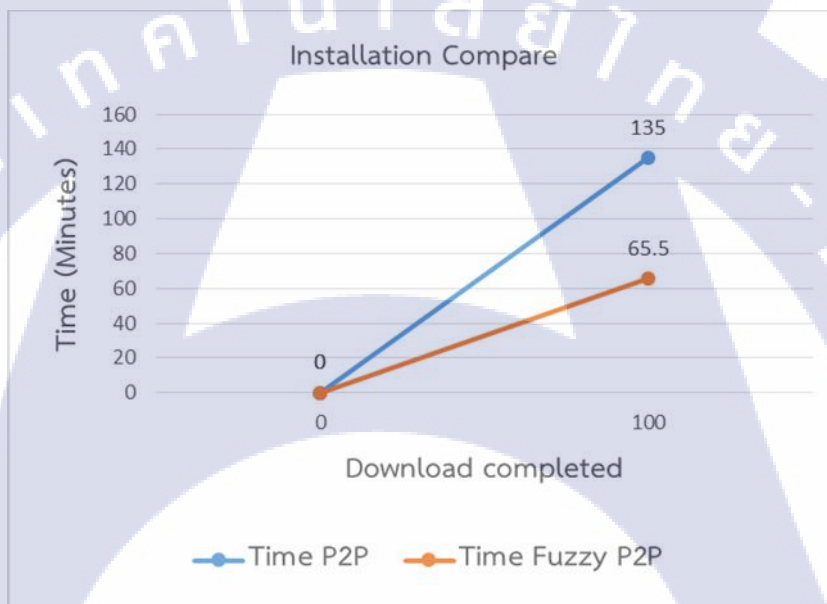
ตารางที่ 4.44 กรณีที่ 12 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	10	81.68	10	10	81.68	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	80.51	10	10	80.51	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	83.96	10	10	83.96	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	73.97	10	10	73.97	10	Low	Medium	Ethernet	Slow
Com5	1000	10.85	1000	1000	10.85	1000	High	Low	Ethernet	Slow
Com6	1000	9.37	1000	1000	9.37	1000	High	Low	Ethernet	Slow
Com7	1000	10.36	1000	1000	10.36	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	11.35	1000	1000	11.35	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	81.67	100	100	81.67	100	Low	High	Gigabit	Fast
Com10	100	73.64	100	100	73.64	100	Low	Medium	Gigabit	Fast

ตารางที่ 4.45 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 12

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	3.37	3.3	1.38	3.37
Com2	3.02	2.06	1.45	0.89
Com3	1.56	2.15	0.46	5.32
Com4	6.28	5.72	2.55	3.33
Com5	3.35	5.75	4.76	2.16
Com6	1.9	1.94	2.74	0.98
Com7	1.91	3.23	2.23	1.5
Com8	2.01	1.62	2.5	1.41
Com9	1.87	2.76	3.27	2.01
Com10	1.66	1.65	1.96	1.07

จากตารางที่ 4.45 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 11 และกรณีที่ 12 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มฟัซซี่ลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่ 12 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 11 กับ กรณีที่ 12

จากรูปที่ 4.11 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 11 และกรณีที่ 12 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 11 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 135 นาที และการทดลองกรณีที่ 12 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์โดยใช้ฟัซซี่ลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 65.5 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.11 สรุปได้ว่าการใช้ฟัซซี่

ลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 69.5 นาที

อภิปรายสรุปผลการทดลองกรณีที่ 7 ถึงกรณีที่ 12

การทดลองประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ที่เชื่อมต่อกันผ่านสวิตช์เพื่อทำการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ขนาด 5.2 GB แบบเพียร์ทูเพียร์ และการดาวน์โหลดไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีพีซีลอจิกช่วยเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด จากนั้นทำการบันทึกค่าความหนาแน่น Congestion ของแต่ละเครื่องที่เกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่ลดลงเนื่องจากการนำพีซีลอจิก มาใช้ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ของกรณีการทดลองที่ 8 กรณีการทดลองที่ 10 และกรณีการทดลองที่ 12 ตามตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.46 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 10 เครื่อง

Com	ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 8				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 10				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 12			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.73	2.32	2.67	1.37	2.1	3.29	1.43	2.43	3.37	3.3	1.38	3.37
Com2	1.68	3.12	2.07	1.06	1.96	2.98	4.76	3.48	3.02	2.06	1.45	0.89
Com3	3.01	2.39	2.24	1.35	1.45	1.47	1.5	2.91	1.56	2.15	0.46	5.32
Com4	1.85	2.05	3.42	0.98	2.98	2.57	2.11	4.1	6.28	5.72	2.55	3.33
Com5	2.64	1.94	3.2	3.48	2.64	3.01	2.06	2.42	3.35	5.75	4.76	2.16
Com6	2.32	4.43	3.98	1.9	1.65	2.33	1.66	3.36	1.9	1.94	2.74	0.98
Com7	3.56	1.65	1.11	6.4	1.77	4.67	3	2.29	1.91	3.23	2.23	1.5
Com8	4.4	1.57	0.44	4.55	2.48	3.63	1.43	0.61	2.01	1.62	2.5	1.41
Com9	5.01	4.81	3.64	2.27	1.52	3.34	3.2	2.6	1.87	2.76	3.27	2.01
Com10	0.98	2.68	0.27	1.75	2.11	2.4	2.71	2.62	1.66	1.65	1.96	1.07

จากตารางที่ 4.46 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของข้อมูลบนเครือข่ายที่ลดลงในการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องตามช่วงเวลาทั้ง 4 ช่วงเวลาของการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในกรณีการทดลองที่มีการนำ Fuzzy Logic เข้ามาช่วยค้นหาเส้นทางทั้ง 3 กรณีการทดลอง

4.3.13 ผลการทดลองกรณีที่ 13

ตารางที่ 4.47 กรณีที่ 13 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	9.32	11.37	17.69	8.54	1000
Com2	1000	10.71	14.67	19.27	9.98	1000
Com3	1000	11.52	16.41	18.69	10.28	1000
Com4	1000	11.81	19.62	23.67	10.47	1000
Com5	1000	13.64	16.91	21.62	9.61	1000
Com6	1000	12.97	16.74	19.36	9.68	1000
Com7	1000	10.42	11.25	13.51	8.64	1000
Com8	1000	11.84	13.65	15.28	10.39	1000
Com9	100	81.31	87.28	89.41	73.68	100
Com10	100	85.60	88.41	90.37	77.92	100
Com11	100	88.25	90.67	93.57	80.64	100
Com12	100	80.69	83.72	92.58	73.69	100
Com13	100	83.85	93.34	95.83	80.64	100
Com14	100	81.69	91.82	94.96	78.67	100
Com15	100	84.38	91.24	94.42	87.84	100
Com16	100	85.74	90.41	95.48	83.61	100
Com17	10	96.38	98.24	99.42	86.97	10
Com18	10	97.21	98.54	99.66	83.96	10
Com19	10	96.57	97.21	99.98	82.71	10
Com20	10	95.74	96.38	99.54	79.52	10

4.3.14 ผลการทดลองกรณีที่ 14

ตารางที่ 4.48 กรณีที่ 14 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	1000	7.81	9.88	14.71	6.45	1000
Com2	1000	9.54	12.28	16.85	8.68	1000
Com3	1000	9.12	13.29	15.47	8.72	1000
Com4	1000	10.92	16.87	18.38	8.41	1000
Com5	1000	11.39	14.76	19.68	7.72	1000
Com6	1000	10.96	14.39	17.2	8.84	1000
Com7	1000	8.61	10.38	12.29	7.15	1000
Com8	1000	9.38	11.91	13.41	8.91	1000
Com9	100	79.37	84.62	86.27	70.51	100
Com10	100	83.64	85.96	87.51	74.38	100
Com11	100	85.36	88.12	92.41	78.5	100
Com12	100	77.49	81.51	89.42	70.28	100
Com13	100	82.36	91.38	93.47	78.06	100
Com14	100	79.68	88.67	92.71	76.54	100
Com15	100	82.78	85.27	92.61	79.61	100
Com16	100	83.25	87.82	90.84	80.91	100
Com17	10	92.67	94.27	95.99	83.58	10
Com18	10	95.58	97.29	98.57	81.36	10
Com19	10	94.38	96.17	98.83	80.38	10
Com20	10	93.81	94.39	97.62	76.85	10

ตารางที่ 4.49 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	1000	9.32	1000	1000	9.32	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	10.71	1000	1000	10.71	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	11.52	1000	1000	11.52	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	11.81	1000	1000	11.81	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	1000	13.64	1000	1000	13.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com6	1000	12.97	1000	1000	12.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com7	1000	10.42	1000	1000	10.42	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	11.84	1000	1000	11.84	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	81.31	100	100	81.31	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	85.60	100	100	85.60	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	88.25	100	100	88.25	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	80.69	100	100	80.69	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	100	83.85	100	100	83.85	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com14	100	81.69	100	100	81.69	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com15	100	84.38	100	100	84.38	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com16	100	85.74	100	100	85.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com17	10	96.38	10	10	96.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	97.21	10	10	97.21	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	96.57	10	10	96.57	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	95.74	10	10	95.74	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.50 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	1000	11.37	1000	1000	11.37	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	14.67	1000	1000	14.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	16.41	1000	1000	16.41	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	19.62	1000	1000	19.62	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	1000	16.91	1000	1000	16.91	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com6	1000	16.74	1000	1000	16.74	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com7	1000	11.25	1000	1000	11.25	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	13.65	1000	1000	13.65	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	87.28	100	100	87.28	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	88.41	100	100	88.41	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	90.67	100	100	90.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	83.72	100	100	83.72	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	100	93.34	100	100	93.34	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com14	100	91.82	100	100	91.82	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com15	100	91.24	100	100	91.24	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com16	100	90.41	100	100	90.41	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com17	10	98.24	10	10	98.24	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	98.54	10	10	98.54	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	97.21	10	10	97.21	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	96.38	10	10	96.38	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.51 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	1000	17.69	1000	1000	17.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	19.27	1000	1000	19.27	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	18.69	1000	1000	18.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	23.67	1000	1000	23.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	1000	21.62	1000	1000	21.62	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com6	1000	19.36	1000	1000	19.36	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com7	1000	13.51	1000	1000	13.51	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	15.28	1000	1000	15.28	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	89.41	100	100	89.41	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	90.37	100	100	90.37	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	93.57	100	100	93.57	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	92.58	100	100	92.58	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	100	95.83	100	100	95.83	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com14	100	94.96	100	100	94.96	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com15	100	94.42	100	100	94.42	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com16	100	95.48	100	100	95.48	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com17	10	99.42	10	10	99.42	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	99.66	10	10	99.66	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	99.98	10	10	99.98	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	99.54	10	10	99.54	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.52 กรณีที่ 14 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

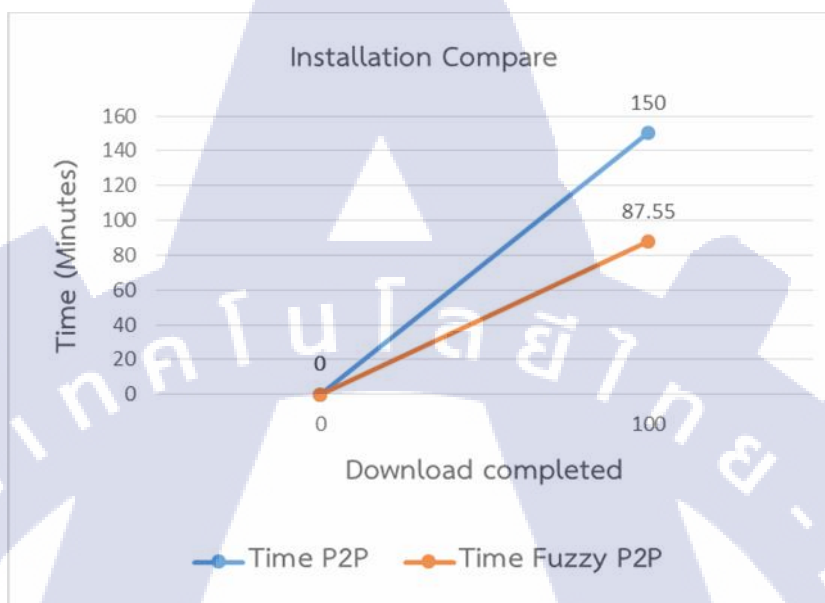
Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	1000	8.54	1000	1000	8.54	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com2	1000	9.98	1000	1000	9.98	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com3	1000	10.28	1000	1000	10.28	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com4	1000	10.47	1000	1000	10.47	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com5	1000	9.61	1000	1000	9.61	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com6	1000	9.68	1000	1000	9.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com7	1000	8.64	1000	1000	8.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com8	1000	10.39	1000	1000	10.39	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com9	100	73.68	100	100	73.68	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	77.92	100	100	77.92	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	80.64	100	100	80.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	73.69	100	100	73.69	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com13	100	80.64	100	100	80.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com14	100	78.67	100	100	78.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com15	100	87.84	100	100	87.84	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com16	100	83.61	100	100	83.61	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com17	10	86.97	10	10	86.97	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	83.96	10	10	83.96	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	82.71	10	10	82.71	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	79.52	10	10	79.52	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.53 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 14

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.51	1.49	2.98	2.09
Com2	1.17	2.39	2.42	1.3
Com3	2.4	3.12	3.22	1.56
Com4	0.89	2.75	5.29	2.06
Com5	2.25	2.15	1.94	1.89
Com6	2.01	2.35	2.16	0.84
Com7	1.81	0.87	1.22	1.49
Com8	2.46	1.74	1.87	1.48
Com9	1.94	2.66	3.14	3.17
Com10	1.96	2.45	2.86	3.54
Com11	2.89	2.55	1.16	2.14
Com12	3.2	2.21	3.16	3.41
Com13	1.49	1.96	2.36	2.58
Com14	2.01	3.15	2.25	2.13
Com15	1.6	5.97	1.81	1.23
Com16	2.49	2.59	4.64	2.7
Com17	3.71	3.97	3.43	3.39
Com18	1.63	1.25	1.09	2.6
Com19	2.19	1.04	1.15	2.33
Com20	1.93	1.99	1.92	2.67

จากตารางที่ 4.53 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณีที่ 13 และกรณีที่ 14 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มพีซีล่อจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่

14 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 13 กับ กรณีที่ 14

จากรูปที่ 4.12 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 13 และกรณีที่ 14 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 13 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 150 นาที และการทดลองกรณีที่ 14 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์โดยใช้ฟuzzyลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 87.55 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.12 สรุปได้ว่าการใช้ฟuzzyลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 62.45 นาที

4.3.15 ผลการทดลองกรณีที่ 15

ตารางที่ 4.54 กรณีที่ 15 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	82.74	87.85	91.51	73.97	100
Com2	100	86.82	87.41	92.37	73.49	100
Com3	100	85.91	88.64	94.67	77.29	100
Com4	100	84.68	87.74	90.41	79.39	100
Com5	100	82.38	85.64	91.68	78.39	100
Com6	100	89.37	92.43	96.28	73.92	100
Com7	100	88.38	93.64	95.81	76.94	100
Com8	100	90.67	95.28	97.61	83.94	100
Com9	100	87.35	89.27	92.84	80.99	100
Com10	100	84.97	87.24	93.28	79.37	100
Com11	100	83.51	85.69	92.74	79.65	100
Com12	100	81.68	83.57	90.25	78.64	100
Com13	1000	13.64	15.93	19.78	9.67	1000
Com14	1000	11.43	13.85	17.68	8.67	1000
Com15	1000	11.68	15.94	18.91	8.61	1000
Com16	1000	13.82	16.96	19.67	9.64	1000
Com17	10	94.64	95.38	99.54	88.36	10
Com18	10	96.34	97.52	99.26	89.36	10
Com19	10	95.92	97.71	99.64	87.63	10
Com20	10	95.63	96.82	99.41	85.58	10

4.3.16 ผลการทดลองกรณีที่ 16

ตารางที่ 4.55 กรณีที่ 16 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	100	81.45	84.91	88.73	70.94	100
Com2	100	84.27	85.91	89.61	70.34	100
Com3	100	83.64	86.19	93.54	75.72	100
Com4	100	82.62	85.67	88.29	75.92	100
Com5	100	80.27	83.68	89.52	76.91	100
Com6	100	87.98	89.17	94.63	72.91	100
Com7	100	86.57	91.62	93.51	73.65	100
Com8	100	89.38	93.51	95.62	80.65	100
Com9	100	85.67	87.92	90.74	78.38	100
Com10	100	82.71	84.39	90.83	77.68	100
Com11	100	80.61	82.67	89.92	76.51	100
Com12	100	79.13	81.67	87.57	76.14	100
Com13	1000	11.84	13.47	18.64	7.95	1000
Com14	1000	9.41	12.98	15.29	7.26	1000
Com15	1000	9.38	14.68	16.93	7.28	1000
Com16	1000	10.57	14.38	17.94	8.67	1000
Com17	10	92.67	93.68	97.76	85.57	10
Com18	10	94.69	95.94	97.38	86.68	10
Com19	10	92.98	94.26	97.92	85.99	10
Com20	10	93.64	95.68	97.63	83.95	10

ตารางที่ 4.56 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	82.74	100	100	82.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	86.82	100	100	86.82	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	85.91	100	100	85.91	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	84.68	100	100	84.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	82.38	100	100	82.38	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	89.37	100	100	89.37	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	88.38	100	100	88.38	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	90.67	100	100	90.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	100	87.35	100	100	87.35	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	84.97	100	100	84.97	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	83.51	100	100	83.51	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	81.68	100	100	81.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	1000	13.64	1000	1000	13.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	11.43	1000	1000	11.43	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	11.68	1000	1000	11.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	13.82	1000	1000	13.82	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	10	94.64	10	10	94.64	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	96.34	10	10	96.34	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	95.92	10	10	95.92	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	95.63	10	10	95.63	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.57 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	87.85	100	100	87.85	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	87.41	100	100	87.41	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	88.64	100	100	88.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	87.74	100	100	87.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	85.64	100	100	85.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	92.43	100	100	92.43	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	93.64	100	100	93.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	95.28	100	100	95.28	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	100	89.27	100	100	89.27	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	87.24	100	100	87.24	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	85.69	100	100	85.69	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	83.57	100	100	83.57	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	1000	15.93	1000	1000	15.93	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	13.85	1000	1000	13.85	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	15.94	1000	1000	15.94	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	16.96	1000	1000	16.96	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	10	95.38	10	10	95.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	97.52	10	10	97.52	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	97.71	10	10	97.71	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	96.82	10	10	96.82	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.58 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	91.51	100	100	91.51	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	92.37	100	100	92.37	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	94.67	100	100	94.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	90.41	100	100	90.41	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	91.68	100	100	91.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	96.28	100	100	96.28	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	95.81	100	100	95.81	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	97.61	100	100	97.61	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	100	92.84	100	100	92.84	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	93.28	100	100	93.28	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	92.74	100	100	92.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	90.25	100	100	90.25	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	1000	19.78	1000	1000	19.78	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	17.68	1000	1000	17.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	18.91	1000	1000	18.91	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	19.67	1000	1000	19.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	10	99.54	10	10	99.54	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	99.26	10	10	99.26	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	99.64	10	10	99.64	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	99.41	10	10	99.41	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.59 กรณีที่ 16 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

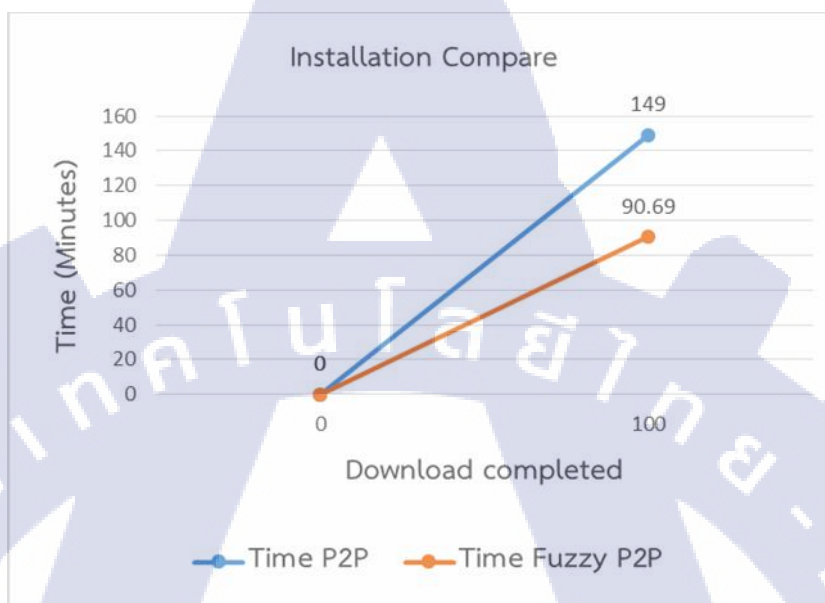
Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	100	73.97	100	100	73.97	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com2	100	73.49	100	100	73.49	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com3	100	77.29	100	100	77.29	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com4	100	79.39	100	100	79.39	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com5	100	78.39	100	100	78.39	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com6	100	73.92	100	100	73.92	100	Low	Medium	Fast Ethernet	Medium
Com7	100	76.94	100	100	76.94	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com8	100	83.94	100	100	83.94	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com9	100	80.99	100	100	80.99	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com10	100	79.37	100	100	79.37	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com11	100	79.65	100	100	79.65	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com12	100	78.64	100	100	78.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com13	1000	9.67	1000	1000	9.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	8.67	1000	1000	8.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	8.61	1000	1000	8.61	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	9.64	1000	1000	9.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	10	88.36	10	10	88.36	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com18	10	89.36	10	10	89.36	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com19	10	87.63	10	10	87.63	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com20	10	85.58	10	10	85.58	10	Low	High	Ethernet	Slow

ตารางที่ 4.60 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 16

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.29	2.94	2.78	3.03
Com2	2.55	1.5	2.76	3.15
Com3	2.27	2.45	1.13	1.57
Com4	2.06	2.07	2.12	3.47
Com5	2.11	1.96	2.16	1.48
Com6	1.39	3.26	1.65	1.01
Com7	1.81	2.02	2.3	3.29
Com8	1.29	1.77	1.99	3.29
Com9	1.68	1.35	2.1	2.61
Com10	2.26	2.85	2.45	1.69
Com11	2.9	3.02	2.82	3.14
Com12	2.55	1.9	2.68	2.5
Com13	1.8	2.46	1.14	1.72
Com14	2.02	0.87	2.39	1.41
Com15	2.3	1.26	1.98	1.33
Com16	3.25	2.58	1.73	0.97
Com17	1.97	1.7	1.78	2.79
Com18	1.65	1.58	1.88	2.68
Com19	2.94	3.45	1.72	1.64
Com20	1.99	1.14	1.78	1.63

จากตารางที่ 4.60 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณี 15 และกรณี 16 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มพีชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่

16 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 15 กับ กรณีที่ 16

จากรูปที่ 4.13 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 15 และกรณีที่ 16 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 15 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีรทูพีรใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 149 นาที และการทดลองกรณีที่ 16 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีรทูพีรโดยใช้ฟัซซี่ลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 90.69 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.13 สรุปได้ว่าการใช้ฟัซซี่ลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 58.31 นาที

4.3.17 ผลการทดลองกรณีที่ 17

ตารางที่ 4.61 กรณีที่ 17 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	98.69	99.41	99.98	82.67	10
Com2	10	97.64	98.67	99.99	83.68	10
Com3	10	97.37	98.97	99.99	82.41	10
Com4	10	97.98	98.98	99.98	84.39	10
Com5	10	95.97	97.65	99.97	81.37	10
Com6	10	96.28	97.47	99.79	83.61	10
Com7	10	95.94	96.38	99.38	84.62	10
Com8	10	95.28	96.71	99.45	83.91	10
Com9	1000	13.69	14.74	22.36	9.83	1000
Com10	1000	13.68	16.68	20.69	9.01	1000
Com11	1000	12.68	15.28	22.64	9.65	1000
Com12	1000	11.38	15.64	20.67	9.87	1000
Com13	1000	11.97	14.62	16.97	9.36	1000
Com14	1000	10.68	13.97	19.64	9.14	1000
Com15	1000	11.68	15.67	21.68	10.68	1000
Com16	1000	12.68	14.69	19.65	9.67	1000
Com17	100	91.67	93.71	95.97	84.64	100
Com18	100	91.81	94.68	96.74	84.67	100
Com19	100	90.62	93.68	96.61	83.89	100
Com20	100	89.37	92.54	97.35	86.39	100

4.3.18 ผลการทดลองกรณีที่ 18

ตารางที่ 4.62 กรณีที่ 18 ส่งอีเมลไฟล์แบบ P2P และใช้ Fuzzy Logic ค้นหาเส้นทาง

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (%)				Network (Mbps)
		ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	
Com1	10	96.88	98.84	98.97	80.65	10
Com2	10	95.67	97.25	98.54	81.37	10
Com3	10	96.38	98.67	98.97	80.38	10
Com4	10	97.25	97.59	98.84	82.61	10
Com5	10	94.38	96.27	98.41	79.61	10
Com6	10	91.37	94.68	98.62	82.68	10
Com7	10	92.69	94.61	97.36	82.67	10
Com8	10	93.67	95.32	96.91	81.28	10
Com9	1000	11.62	13.69	20.61	8.31	1000
Com10	1000	9.84	14.27	18.28	8.52	1000
Com11	1000	9.35	13.98	20.67	8.67	1000
Com12	1000	8.69	9.24	14.39	8.31	1000
Com13	1000	9.98	12.69	15.93	8.53	1000
Com14	1000	9.85	12.32	18.14	7.96	1000
Com15	1000	10.24	13.54	19.95	9.13	1000
Com16	1000	10.61	12.68	18.37	7.58	1000
Com17	100	89.39	90.67	93.69	82.87	100
Com18	100	89.71	92.69	94.87	83.14	100
Com19	100	89.24	92.57	95.72	81.57	100
Com20	100	87.91	90.67	95.61	84.63	100

ตารางที่ 4.63 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาเริ่มต้นดาวน์โหลด 0%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (0%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	10	98.69	10	10	98.69	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	97.64	10	10	97.64	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	97.37	10	10	97.37	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	97.98	10	10	97.98	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	10	95.97	10	10	95.97	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com6	10	96.28	10	10	96.28	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com7	10	95.94	10	10	95.94	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com8	10	95.28	10	10	95.28	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com9	1000	13.69	1000	1000	13.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com10	1000	13.68	1000	1000	13.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com11	1000	12.68	1000	1000	12.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com12	1000	11.38	1000	1000	11.38	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com13	1000	11.97	1000	1000	11.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	10.68	1000	1000	10.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	11.68	1000	1000	11.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	12.68	1000	1000	12.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	100	91.67	100	100	91.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com18	100	91.81	100	100	91.81	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com19	100	90.62	100	100	90.62	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com20	100	89.37	100	100	89.37	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium

ตารางที่ 4.64 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (25%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	Path
Com1	10	99.41	10	10	99.41	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	98.67	10	10	98.67	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	98.97	10	10	98.97	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	98.98	10	10	98.98	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	10	97.65	10	10	97.65	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com6	10	97.47	10	10	97.47	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com7	10	96.38	10	10	96.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com8	10	96.71	10	10	96.71	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com9	1000	14.74	1000	1000	14.74	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com10	1000	16.68	1000	1000	16.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com11	1000	15.28	1000	1000	15.28	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com12	1000	15.64	1000	1000	15.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com13	1000	14.62	1000	1000	14.62	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	13.97	1000	1000	13.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	15.67	1000	1000	15.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	14.69	1000	1000	14.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	100	93.71	100	100	93.71	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com18	100	94.68	100	100	94.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com19	100	93.68	100	100	93.68	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com20	100	92.54	100	100	92.54	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium

ตารางที่ 4.65 กรณีที่ 18 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50%

Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (50%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	10	99.98	10	10	99.98	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	99.99	10	10	99.99	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	99.99	10	10	99.99	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	99.98	10	10	99.98	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	10	99.97	10	10	99.97	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com6	10	99.79	10	10	99.79	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com7	10	99.38	10	10	99.38	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com8	10	99.45	10	10	99.45	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com9	1000	22.36	1000	1000	22.36	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com10	1000	20.69	1000	1000	20.69	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com11	1000	22.64	1000	1000	22.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com12	1000	20.67	1000	1000	20.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com13	1000	16.97	1000	1000	16.97	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	19.64	1000	1000	19.64	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	21.68	1000	1000	21.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	19.65	1000	1000	19.65	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	100	95.97	100	100	95.97	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com18	100	96.74	100	100	96.74	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com19	100	96.61	100	100	96.61	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com20	100	97.35	100	100	97.35	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium

ตารางที่ 4.66 กรณีที่ 21 ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75%

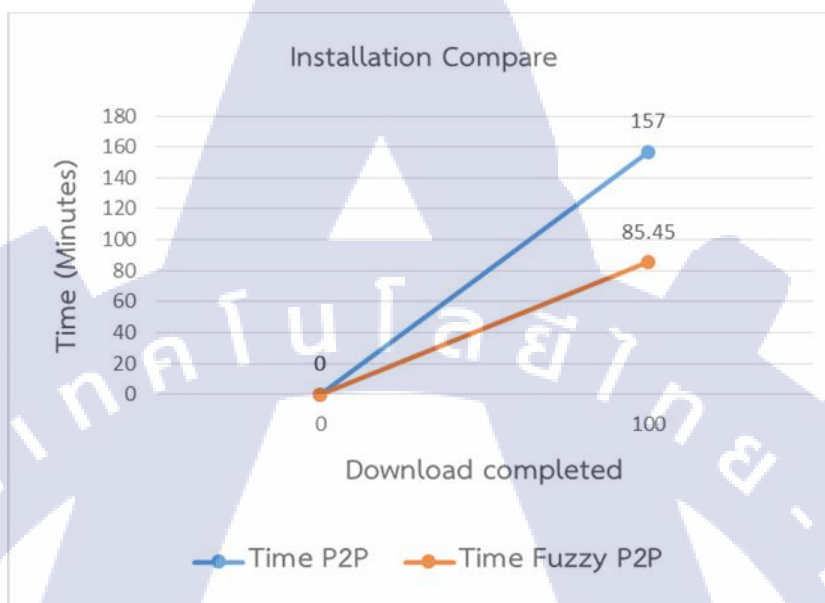
Com	Bandwidth (Mbps)	Congestion (75%)	Network (Mbps)	Fuzzy Input			Fuzzy Condition (Rule)			Fuzzy Output Path
				Bandwidth	Congestion	Network	Bandwidth	Congestion	Network	
Com1	10	82.67	10	10	82.67	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com2	10	83.68	10	10	83.68	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com3	10	82.41	10	10	82.41	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com4	10	84.39	10	10	84.39	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com5	10	81.37	10	10	81.37	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com6	10	83.61	10	10	83.61	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com7	10	84.62	10	10	84.62	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com8	10	83.91	10	10	83.91	10	Low	High	Ethernet	Slow
Com9	1000	9.83	1000	1000	9.83	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com10	1000	9.01	1000	1000	9.01	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com11	1000	9.65	1000	1000	9.65	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com12	1000	9.87	1000	1000	9.87	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com13	1000	9.36	1000	1000	9.36	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com14	1000	9.14	1000	1000	9.14	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com15	1000	10.68	1000	1000	10.68	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com16	1000	9.67	1000	1000	9.67	1000	High	Low	Gigabit	Fast
Com17	100	84.64	100	100	84.64	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com18	100	84.67	100	100	84.67	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com19	100	83.89	100	100	83.89	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium
Com20	100	86.39	100	100	86.39	100	Low	High	Fast Ethernet	Medium

ตารางที่ 4.67 ค่า Congestion ที่ลดลงของกรณีการทดลองที่ 18

Com	Congestion (%)			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.81	0.57	1.01	2.02
Com2	1.97	1.42	1.45	2.31
Com3	0.99	0.3	1.02	2.03
Com4	0.73	1.39	1.14	1.78
Com5	1.59	1.38	1.56	1.76
Com6	4.91	2.79	1.17	0.93
Com7	3.25	1.77	2.02	1.95
Com8	1.61	1.39	2.54	2.63
Com9	2.07	1.05	1.75	1.52
Com10	3.84	2.41	2.41	0.49
Com11	3.33	1.3	1.97	0.98
Com12	2.69	6.4	6.28	1.56
Com13	1.99	1.93	1.04	0.83
Com14	0.83	1.65	1.5	1.18
Com15	1.44	2.13	1.73	1.55
Com16	2.07	2.01	1.28	2.09
Com17	2.28	3.04	2.28	1.77
Com18	2.1	1.99	1.87	1.53
Com19	1.38	1.11	0.89	2.32
Com20	1.46	1.87	1.74	1.76

จากตารางที่ 4.67 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองของกรณี 17 และกรณี 18 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความหนาแน่น Congestion ในเครือข่าย ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์ แบบเพียร์ทูเพียร์ ที่ลดลงในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลด เนื่องจากการเพิ่มพีชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ที่เหมาะสมจำนวน 4 ช่วงเวลา คือช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% ของกรณีการทดลองที่

18 จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดของทั้ง 2 กรณีการทดลองดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ดาวน์โหลดกรณีที่ 17 กับ กรณีที่ 18

จากรูปที่ 4.14 จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลการทดลองกรณีที่ 17 และกรณีที่ 18 ในส่วนของระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในสภาวะแวดล้อมเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่องที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดลองกรณีที่ 17 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์ใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 157 นาที และการทดลองกรณีที่ 18 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบพีร์ทูพีร์โดยใช้ฟัซซี่ลอจิกในการคำนวณเลือกเส้นทางใช้เวลาในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ 85.45 นาที จากกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองตามรูปที่ 4.14 สรุปได้ว่าการใช้ฟัซซี่ลอจิกคำนวณเลือกเส้นทางในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ส่งผลให้เวลาในการดาวน์โหลดไฟล์จนเสร็จสมบูรณ์ลดลง 71.55 นาที

อภิปรายสรุปผลการทดลองกรณีที่ 13 ถึงกรณีที่ 18

การทดลองประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง ที่เชื่อมต่อกันผ่านสวิตช์เพื่อทำการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ขนาด 5.2 GB แบบพีร์ทูพีร์ และการดาวน์โหลดไฟล์แบบพีร์ทูพีร์ที่มีฟัซซี่ลอจิกช่วยเลือกเส้นทางในการดาวน์โหลด จากนั้นทำการบันทึกค่าความหนาแน่น Congestion ของแต่ละเครื่องที่เกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%,

ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% เพื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายที่ลดลงเนื่องจากการนำฟัซซี่ลอจิก มาใช้ในการช่วยคำนวณจัดลำดับเส้นทางการดาวน์โหลดที่เหมาะสมใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และ ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการทดลองการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง ของกรณีการทดลองที่ 14 กรณีการทดลองที่ 16 และกรณีการทดลองที่ 18 ตามตารางที่ 4.68

ตารางที่ 4.68 ค่า Congestion ที่ลดลงของทุกกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์ 20 เครื่อง

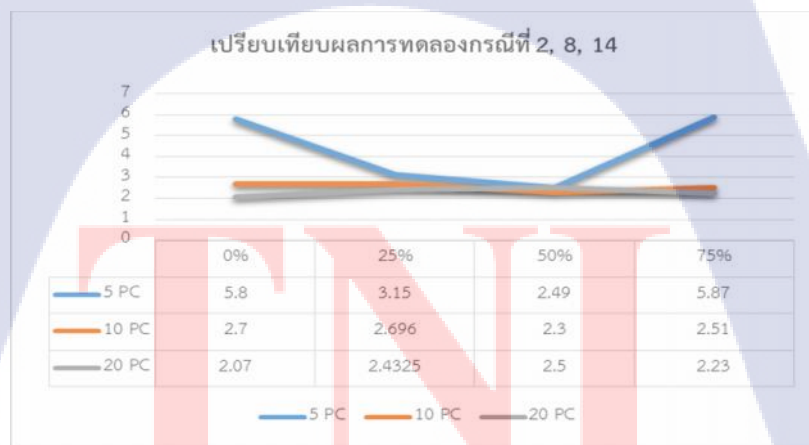
Com	ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 14				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 16				ค่า Congestion ของกรณีการทดลองที่ 18			
	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%	ช่วงเวลา 0%	ช่วงเวลา 25%	ช่วงเวลา 50%	ช่วงเวลา 75%
Com1	1.51	1.49	2.98	2.09	1.29	2.94	2.78	3.03	1.81	0.57	1.01	2.02
Com2	1.17	2.39	2.42	1.3	2.55	1.5	2.76	3.15	1.97	1.42	1.45	2.31
Com3	2.4	3.12	3.22	1.56	2.27	2.45	1.13	1.57	0.99	0.3	1.02	2.03
Com4	0.89	2.75	5.29	2.06	2.06	2.07	2.12	3.47	0.73	1.39	1.14	1.78
Com5	2.25	2.15	1.94	1.89	2.11	1.96	2.16	1.48	1.59	1.38	1.56	1.76
Com6	2.01	2.35	2.16	0.84	1.39	3.26	1.65	1.01	4.91	2.79	1.17	0.93
Com7	1.81	0.87	1.22	1.49	1.81	2.02	2.3	3.29	3.25	1.77	2.02	1.95
Com8	2.46	1.74	1.87	1.48	1.29	1.77	1.99	3.29	1.61	1.39	2.54	2.63
Com9	1.94	2.66	3.14	3.17	1.68	1.35	2.1	2.61	2.07	1.05	1.75	1.52
Com10	1.96	2.45	2.86	3.54	2.26	2.85	2.45	1.69	3.84	2.41	2.41	0.49
Com11	2.89	2.55	1.16	2.14	2.9	3.02	2.82	3.14	3.33	1.3	1.97	0.98
Com12	3.2	2.21	3.16	3.41	2.55	1.9	2.68	2.5	2.69	6.4	6.28	1.56
Com13	1.49	1.96	2.36	2.58	1.8	2.46	1.14	1.72	1.99	1.93	1.04	0.83
Com14	2.01	3.15	2.25	2.13	2.02	0.87	2.39	1.41	0.83	1.65	1.5	1.18
Com15	1.6	5.97	1.81	1.23	2.3	1.26	1.98	1.33	1.44	2.13	1.73	1.55
Com16	2.49	2.59	4.64	2.7	3.25	2.58	1.73	0.97	2.07	2.01	1.28	2.09
Com17	3.71	3.97	3.43	3.39	1.97	1.7	1.78	2.79	2.28	3.04	2.28	1.77
Com18	1.63	1.25	1.09	2.6	1.65	1.58	1.88	2.68	2.1	1.99	1.87	1.53
Com19	2.19	1.04	1.15	2.33	2.94	3.45	1.72	1.64	1.38	1.11	0.89	2.32
Com20	1.93	1.99	1.92	2.67	1.99	1.14	1.78	1.63	1.46	1.87	1.74	1.76

จากตารางที่ 4.68 แสดงการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของข้อมูลบนเครือข่ายที่ลดลงในการเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องตามช่วงเวลาทั้ง 4 ช่วงเวลาของการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ของกรณีการทดลองที่นำ Fuzzy Logic เข้ามาช่วยค้นหาเส้นทางทั้ง 3 กรณีการทดลอง

4.4 สรุปผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการเพิ่มประสิทธิภาพการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ด้วยการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือมาใช้พิจารณาจากเงื่อนไข Bandwidth, Congestion และ Network ของเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง เพื่อเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดไฟล์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเงื่อนไขของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่นำมาใช้ในการพิจารณาเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ ทำให้ความหนาแน่นของข้อมูลบนเครือข่ายและเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดจนเสร็จสมบูรณ์ลดลงในทุกกรณี

อภิปรายเปรียบเทียบผลการทดลองกรณีที่ 2 กรณีที่ 8 และกรณีที่ 14 ที่มีการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด โดยการสร้างกฎพื้นฐานจากข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการคำนวณของระบบฟัซซี่ทั้ง 3 ค่า คือ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ค่าความหนาแน่นของข้อมูล (Congestion) ที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลด และความเร็วของเน็ตเวิร์ค (Network) ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% จากการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดส่งผลทำให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์เพื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 1

จากรูปที่ 4.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองกลุ่มที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงเมื่อนำฟuzzyลอจิกมาใช้ในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50% และ ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75% ของกรณีการทดลองที่ 2 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, กรณีการทดลองที่ 8 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง, และกรณีการทดลองที่ 16 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง และในแต่ละกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่องจะถูกกำหนดขนาดของลิงค์แบนด์วิดท์ที่แตกต่างกันออกไปด้วยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ตามสัดส่วนที่เท่ากันทั้ง 3 กรณีการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองที่มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มมากยิ่งขึ้น การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จะมีความเปลี่ยนแปลงอย่างไรในระบบเครือข่าย จากกราฟสรุปผลได้ว่าการกลุ่มการทดลองที่ 1 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟuzzyลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟuzzyลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง ฟuzzyลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด และในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟuzzyลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด

อภิปรายเปรียบเทียบผลการทดลองกรณีที่ 4 กรณีที่ 10 และกรณีที่ 16 ที่มีการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟuzzyลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด โดยการสร้างกฎพื้นฐานจากข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการคำนวณของระบบฟuzzyทั้ง 3 ค่า คือ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ค่าความหนาแน่นของข้อมูล (Congestion) ที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลด และความเร็วของเน็ตเวิร์ค (Network) ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% จากการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดส่งผลทำให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายที่เกิดขึ้นระหว่างดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์เพื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.16

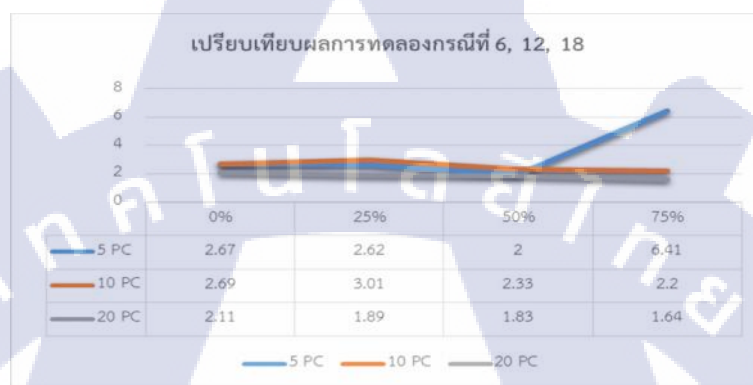


รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 2

จากรูปที่ 4.16 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองกลุ่มที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงเมื่อนำฟิชชีลอจิกมาใช้ในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50% และ ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75% ของกรณีการทดลองที่ 4 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, กรณีการทดลองที่ 10 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง, และกรณีการทดลองที่ 16 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง และในแต่ละกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่องจะถูกกำหนดขนาดของลิงค์แบนด์วิดท์ที่แตกต่างกันออกไปด้วยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ตามสัดส่วนที่เท่ากันทั้ง 3 กรณีการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองที่มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มมากยิ่งขึ้น การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จะมีความเปลี่ยนแปลงอย่างไรในระบบเครือข่าย จากกราฟสรุปผลได้ว่าการกลุ่มการทดลองที่ 2 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟิชชีลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ฟิชชีลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ฟิชชีลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด และในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟิชชีลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด

อภิปรายเปรียบเทียบผลการทดลองกรณีที่ 6 กรณีที่ 12 และกรณีที่ 18 ที่มีการนำตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟิชชีลอจิกเข้ามาช่วยคำนวณเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด โดยการสร้างกฎพื้นฐานจากข้อมูลอินพุตที่ใช้ในการคำนวณของระบบฟิชชีทั้ง 3 ค่า คือ แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ค่าความ

หนาแน่นของข้อมูล (Congestion) ที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลด และความเร็วของเน็ตเวิร์ค (Network) ซึ่งการคำนวณจะเกิดขึ้นใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาการเริ่มต้นดาวน์โหลดที่ 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% และช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% จากการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดส่งผลทำให้ความหนาแน่นบนเครือข่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์เพื่อติดตั้งระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 4.17

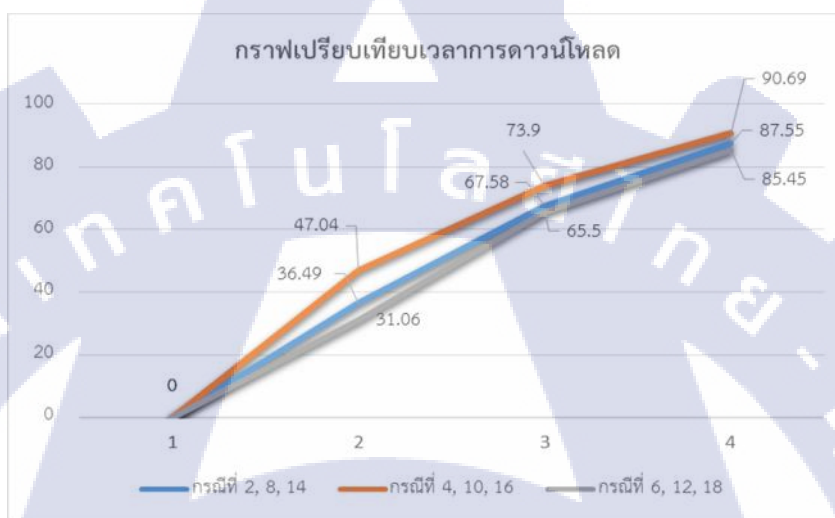


รูปที่ 4.17 กราฟแสดงความหนาแน่นของข้อมูลที่ลดลงของการทดลองกลุ่มที่ 3

จากรูปที่ 4.17 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการทดลองกลุ่มที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยผลการทดลองค่าความหนาแน่นที่ลดลงเมื่อนำฟิชชิ่งจิกมาใช้ในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ใน 4 ช่วงเวลาคือ ช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด 0%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 25%, ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 50% และ ช่วงเวลาการดาวน์โหลด 75% ของกรณีการทดลองที่ 6 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, กรณีการทดลองที่ 12 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง, และกรณีการทดลองที่ 18 ที่ทดลองด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง และในแต่ละกรณีการทดลองเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่องจะถูกกำหนดขนาดของลิงค์แบนด์วิธที่แตกต่างกันออกไปด้วยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ตามสัดส่วนที่เท่ากันทั้ง 3 กรณีการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองที่มีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์เพิ่มมากยิ่งขึ้น การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์จะมีความเปลี่ยนแปลงอย่างไรในระบบเครือข่าย จากกราฟสรุปผลได้ว่าในการกลุ่มการทดลองที่ 3 การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในช่วงเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลด กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ฟิชชิ่งจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 25% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ฟิชชิ่งจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด ในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 50% กรณีที่ใช้เครื่อง

คอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ฟิชชี่ลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด และในช่วงเวลาการดาวน์โหลดที่ 75% กรณีที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ฟิชชี่ลอจิกสามารถช่วยลดความหนาแน่นของข้อมูลลงได้มากที่สุด

อภิปรายเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลด ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเวลารวมที่ใช้ในการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลด

จากรูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบเวลาการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ของการทดลองกลุ่มที่ 1 ที่ประกอบไปด้วยกรณีการทดลองที่ 2, 8, 14 การทดลองกลุ่มที่ 2 ที่ประกอบไปด้วยกรณีการทดลองที่ 4, 10, 16 และการทดลองกลุ่มที่ 3 ที่ประกอบไปด้วยกรณีการทดลองที่ 6, 12, 18 จากกราฟสรุปผลได้ว่าในการกลุ่มการทดลองที่ 2 จะใช้เวลาในการดาวน์โหลดมากที่สุดเนื่องจากมีกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีลิ้งค์แบนด์วิธ 10 Mb อยู่หลายเครื่อง ผลการทดลองกลุ่มที่ 1 จะใช้เวลาในการดาวน์โหลดมากรองลงมา และกลุ่มการทดลองที่ 3 จะใช้เวลาในการดาวน์โหลดที่น้อยที่สุดเนื่องจากมีกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีลิ้งค์แบนด์วิธ 1000 Mb อยู่จำนวนหลายเครื่อง

จากผลการทดลองในทุกกรณีสามารถสรุปผลได้ว่าเมื่อมีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากขึ้น การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในเครือข่ายจะส่งผลให้เกิดความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายเพิ่มขึ้น และเวลาในการดาวน์โหลดเพิ่มขึ้นในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลดอย่างสัมพันธ์กันในการทดลองที่มีการเพิ่มฟิชชี่ลอจิกเข้าไปช่วยค้นหาเส้นทางสามารถทำให้ความหนาแน่นและเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดลดลงในทุกกรณีการทดลอง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์และประเมินรูปแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทางด้านความหนาแน่นที่ลดลงและระยะเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดไฟล์ลดลง ระหว่างการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์กับการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์แบบเพียร์ทูเพียร์ที่มีฟิชชีลอจิกช่วยคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด โดยได้นำเสนอข้อสรุปตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย
4. ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในการสรุปผลของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลตามวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อ ดังนี้

1. ได้ผลการสังเคราะห์โมเดลต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือช่วยเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด ในส่วนของการออกแบบระบบผู้วิจัยได้ออกแบบการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดออกเป็น 5 โมดูลดังนี้ 1) Input Data คือกลุ่มคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อกันอยู่ภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และมี Image file ของเครื่องคอมพิวเตอร์ต้นฉบับที่จะทำการส่ง 2) Analysis Path เป็นขั้นตอนการระบุเส้นทาง Path ทั้งหมดที่มีการเชื่อมต่อกันของกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์ 3) Path Classifier เป็นขั้นตอนการคัดเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ด้วยวิธีการฟิชชีลอจิกที่คำนวณจาก แถบกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth), ความหนาแน่นข้อมูล (Congestion), และความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล (Network) 4) Start Peer to Peer Download เป็นขั้นตอนเริ่มต้นการดาวน์โหลดตามเส้นทางที่ได้จากการคำนวณของฟิชชี โดยโมดูลที่ออกแบบจะมีความทำงานตั้งแต่การหาเส้นทางทั้งหมดที่เครื่องคอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกันบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ การกำหนดเงื่อนไขเพื่อคำนวณเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดไฟล์
2. ผลการพัฒนาแบบจำลองการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือช่วยเลือกเส้นทางการดาวน์โหลด ในส่วนของการพัฒนาแบบจำลองผู้วิจัยได้ออกแบบกรณีการทดลองการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์จำนวน 18 กรณี เพื่อนำเก็บค่าความหนาแน่นข้อมูล

(Congestion) ที่เกิดขึ้นมาเป็นข้อมูลอินพุตของระบบและกำหนดขนาดแถบกว้างของช่องสัญญาณ (Bandwidth) และความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล (Network) ตามเงื่อนไขทั้ง 27 กฎ โดยการเลือกเส้นทางที่ได้ออกแบบจะทำการคำนวณเลือกเส้นทางจำนวน 4 ช่วงเวลา คือ ช่วงระยะเวลาเริ่มต้นการดาวน์โหลดไฟล์ 0 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 25 เปอร์เซ็นต์, ช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 50 เปอร์เซ็นต์ และช่วงระยะเวลาการดาวน์โหลดไฟล์ที่ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลอง คือเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์

3. การประเมินผลโมเดลต้นแบบการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ผู้วิจัยได้แสดงผลการทดลองการประเมินประสิทธิภาพของตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบเพียร์ทูเพียร์โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในกรณีที่ผลการทดลองดีที่สุด ตัวต้นแบบสามารถลดความหนาแน่นของข้อมูลในระบบเครือข่ายในแต่ละช่วงของการดาวน์โหลดบนเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง ได้ดังนี้ ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 5.80, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 3.15, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.49 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 5.87 นอกจากนี้ยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 94.08 นาที บนเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง ได้ดังนี้ ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.69, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 3.01, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.33 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.20 และยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 71.42 นาที บนเครือข่ายเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 20 เครื่อง ได้ดังนี้ ช่วงที่ 1 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.07, ช่วงที่ 2 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.43, ช่วงที่ 3 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.50 และช่วงที่ 4 ลดความหนาแน่นของข้อมูลได้ร้อยละ 2.23 และยังลดเวลาในการดาวน์โหลดได้สูงสุด 62.45 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับการดาวน์โหลดแบบเพียร์ทูเพียร์จากผลการทดลองในทุกกรณีสามารถสรุปผลได้ว่าเมื่อมีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมากขึ้น การดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ในเครือข่ายจะส่งผลให้เกิดความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายเพิ่มขึ้น และเวลาในการดาวน์โหลดเพิ่มขึ้นในทุกช่วงเวลาการดาวน์โหลดอย่างสัมพันธ์กันในการทดลองที่มีการเพิ่มฟิชชีลอจิกเข้าไปช่วยค้นหาเส้นทางสามารถทำให้ความหนาแน่นและเวลาที่ใช้ในการดาวน์โหลดลดลงในทุกกรณีการทดลอง

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

1. ด้านสภาพแวดล้อมในงานวิจัยผู้วิจัยได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง, 10 เครื่อง และ 20 เครื่อง ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยสวิตช์แบบเพียร์ทูเพียร์ เพื่อทำการดาวน์โหลดอิมเมจไฟล์ต้นฉบับ ขนาด 5.2 GB ด้วยโปรแกรม Ghostcast Server และใช้โปรแกรม Network Utilization ในการตรวจจับค่าความหนาแน่นของข้อมูลในเครือข่ายในระหว่างการดาวน์โหลด

2. ด้านอัลกอริทึมที่นำมาใช้ในงานวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีกราฟสมบูรณ์ Complete Graph ในการหาเส้นทางทั้งหมดที่เครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องเชื่อมต่อถึงกัน และใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ หรือฟัซซี่ ในการคำนวณเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์ โดยกำหนดรูปแบบของอินพุตของฟัซซี่ และกำหนดกฎพื้นฐานของฟัซซี่ในรูป If-Then ในการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลด และการกำหนดขอบเขตเอาต์พุตของฟัซซี่คือเส้นทางการดาวน์โหลดจำนวน 3 เส้นทาง อย่างไรก็ตามฟัซซี่ลอจิกยังมีข้อจำกัดคือ ฟัซซี่ลอจิกไม่สามารถเรียนรู้การทำงานได้ด้วยตนเอง จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญสร้างกฎพื้นฐานเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ ซึ่งจะแตกต่างกับอัลกอริทึมนิรอลฟัซซี่ ที่สามารถเรียนรู้รูปแบบการทำงานได้ด้วยตนเอง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัย

ปัญหาและอุปสรรคในการวิจัยการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบสำหรับการติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์แบบ P2P โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในส่วนของการทดลองยังใช้การปรับเลือกเส้นทาง ที่ได้จากการคำนวณของฟัซซี่แบบแมนนวลทั้ง 4 ช่วงเวลา ในอนาคตผู้วิจัยจะนำกฎพื้นฐานที่ได้จากฟัซซี่มาพัฒนาให้เป็นโปรแกรมที่สามารถเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดในการดาวน์โหลดไฟล์ ติดตั้งซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ได้อย่างอัตโนมัติ

5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ในอนาคตผู้วิจัยจะนำเสนอแนวทางการเลือกเส้นทางการดาวน์โหลดไฟล์ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ไปทดลองกับอัลกอริทึมและกฎพื้นฐานที่ใช้ในการเลือกเส้นทางอื่นๆ เพื่อพัฒนาโมเดลที่นำเสนอให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่เพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] เจษฎา วิมโรจน์, “Peer-to-Peer Network,” [Online]. Available : <https://sites.google.com/site/jesadawin/pheiy-r-thu-pheiy-r-peer-to-peer-network>. [Accessed : 30 สิงหาคม 2558].
- [2] B. Cohen, “Incentives Build Robustness in BitTorrent,” [Online]. Available : from <http://www.bittorrent.org/bittorrentecon.pdf>. [Accessed : February 11, 2016].
- [3] B. Cohen, “Bit Torrent,” [Online]. Available : <https://th.wikipedia.org/wiki/บิตทอร์เรนต์>. [Accessed : 30 ธันวาคม 2558].
- [4] J.A. Pouwelse et al., “An introduction to the bittorrent peer-to-peer file-sharing system,” *IEEE Annual Computer Communications Workshop*, CCW 2004, Florida, USA, October 17-20, 2004, pp. 86-94.
- [5] วชิรพันธ์ บุญประสพ, “Bit Torrent Algorithm,” [Online]. Available : http://cnbittorrent.blogspot.com/2009/09/algorithm_19.html. [Accessed : 14 มกราคม 2559].
- [6] ชัย ไทใหญ่เสมอ, “Bandwidth,” [Online]. Available : <http://www.xn-12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.net/bandwidth>. [Accessed : 4 เมษายน 2559].
- [7] สุเมธ ราชประชุม, “Congestion,” [Online]. Available : http://computertru.blogspot.com/2010_08_01_archive.html. [Accessed : 4 ธันวาคม 2558].
- [8] Tanasan Systems, “ระบบเครือข่าย Lan-Ethernet,” [Online]. Available : <http://www.tanasan.co.th/index.php/blog/categories/item/-lan-ethernet-network-system.html>. [Accessed : 4 ธันวาคม 2558].
- [9] พยุง มีสัจ, ระบบพีซีและโครงข่ายประสาทเทียม, กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (มจพ), 2559.
- [10] Cleve Moler, “Matlab,” [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/products/matlab/?requestedDomain=www.mathworks.com>. [Accessed : February 11, 2015].
- [11] Symantec, “Ghost Software,” [Online]. Available : [https://en.wikipedia.org/wiki/Ghost_\(software\)#Norton_Ghost_12.0](https://en.wikipedia.org/wiki/Ghost_(software)#Norton_Ghost_12.0). [Accessed : February 11, 2015].
- [12] Symantec, “Symantec Ghost Implementation Guide,” [Online]. ftp://ftp.symantec.com/public/english_us_canada/products/symantec_ghost_solution_suite/2.0/manuals/Ghost_imp_guide.pdf. Available : .com/public/english_us_canada/products/symantec_ghost_solution_suite/2.0/manuals/Ghost_imp_guide.pdf. [Accessed : February 4, 2016].

- [13] จีราวุธ วารินทร์, “หนังสือเขียน Ghost & โคลนนิ่งฮาร์ดดิสก์,” นนทบุรี : โอดีซี พรีเมียร์ จำกัด, 2550.
- [14] Thitisak Nantinee, “กราฟอัลกอริทึม,” [Online]. Available: <http://basicgraphtheory.blogspot.com/>. [Accessed : 4 ตุลาคม 2558].
- [15] กิตติศักดิ์ วัฒนกุล, “การกระจายไฟล์ข้อมูลสำหรับการเรียนการสอนด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบเพียร์ทูเพียร์,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา, 2553.
- [16] วรภัทร ปริญญาพรหม และวัชร สุวะนาม, “การสำรองข้อมูลแบบออนไลน์ด้วยโปรโตคอลทอเรนท,” วิทยานิพนธ์ วท.บ. (วิทยาการคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม, 2552.
- [17] วีรชัย แยมขจี, “การศึกษาโปรโตคอลค้นหาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สายเฉพาะกิจแบบเคลื่อนที่ได้ด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 2555.
- [18] A. Mahapatra et al., “A fuzzy approach for reputation management in bittorrent p2p network,” *International Conference on Electronics Computer Technology*, ICECT 2011, Kanyakumari, India, April 8-10, 2011, pp. 360-365.
- [19] A. Mahapatra et al., “A fuzzy approach for reputation management in online communities for bittorrent p2p network,” *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 2, no. 3, pp. 1564-1568, July 2011.
- [20] A. Mahapatra and N. Tarasia, “A fuzzy approach for reputation management for reputation management using voting scheme in bittorrent p2p network,” *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 2, no. 2, pp. 735-740, July 2011.
- [21] S. N. Ingoley and M. Nashipudi, “A review: fuzzy logic in congestion control of computer network,” *International Conference in Recent Trends in Information Technology and Computer Science*, ICRTTCS 2012, Chennai, India, April 19-21, 2012, pp. 975-981.
- [22] B. S. Kiruthika Devi et al., “A novel fuzzy congestion control algorithm for router buffers,” *IEEE-International Conference on Recent Trends in Information Technology*, ICRTIT 2011, Chennai, India, June 3-5, 2011, pp. 423-427.

- [23] R. Lal and A. Chiou, "Computational intelligence utilisation in simulation of congestion control in TCP/IP edge network," *Fourth International Conference on Network and System Security*, NSS 2010, Melbourne, Australia, September 1-3, 2010, pp. 191-198.
- [24] B. Safaezadeh et al., "A new fuzzy congestion control algorithm in computer networks," *International Conference Computer and Communication*, ICCFCC 2009, San Francisco, USA, August 3-6, 2009, pp. 314-318.
- [25] ทนงศักดิ์ กิจโรจน์, "การสำรวจงานวิจัยด้านการจัดการความคับคั่งโดยใช้แอ็ดทิฟควเมนเนจเมนต์," *National Conference on Computing and Information Technology*, NCCIT 2005, Bangkok, Thailand, May 24-25, 2005, pp. 73-78.
- [26] N. Aggarwal et al., "Fuzzy based routing algorithm for congestion control in internet," *International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks*, CICN 2013, Mathura, India, September 27-29, 2013, pp. 291-295.
- [27] A. K. Yadav and B. R. Biswas, "On searching fuzzy shortest path in a network," *International Journal of Recent Trends in Engineering*, vol. 2, no. 3, pp. 16-18, November 2009.
- [28] HP, "HP Switch Port Utilization," [Online]. Available: http://www.hp.com/rnd/device_help/help/hpwnd/webhelp/HPJ4121A/status_overview.htm. [Accessed : March 6, 2016].



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

กฎพื้นฐาน (Rule Based) ที่แปลจาก MATLAB

TNI

กฎพื้นฐาน (Rule Based) ที่แปลจาก Matlab ในการวิเคราะห์เลือกเส้นทางการดาวน์โหลด
ไฟล์แบบ P2P

ตารางที่ ก.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy

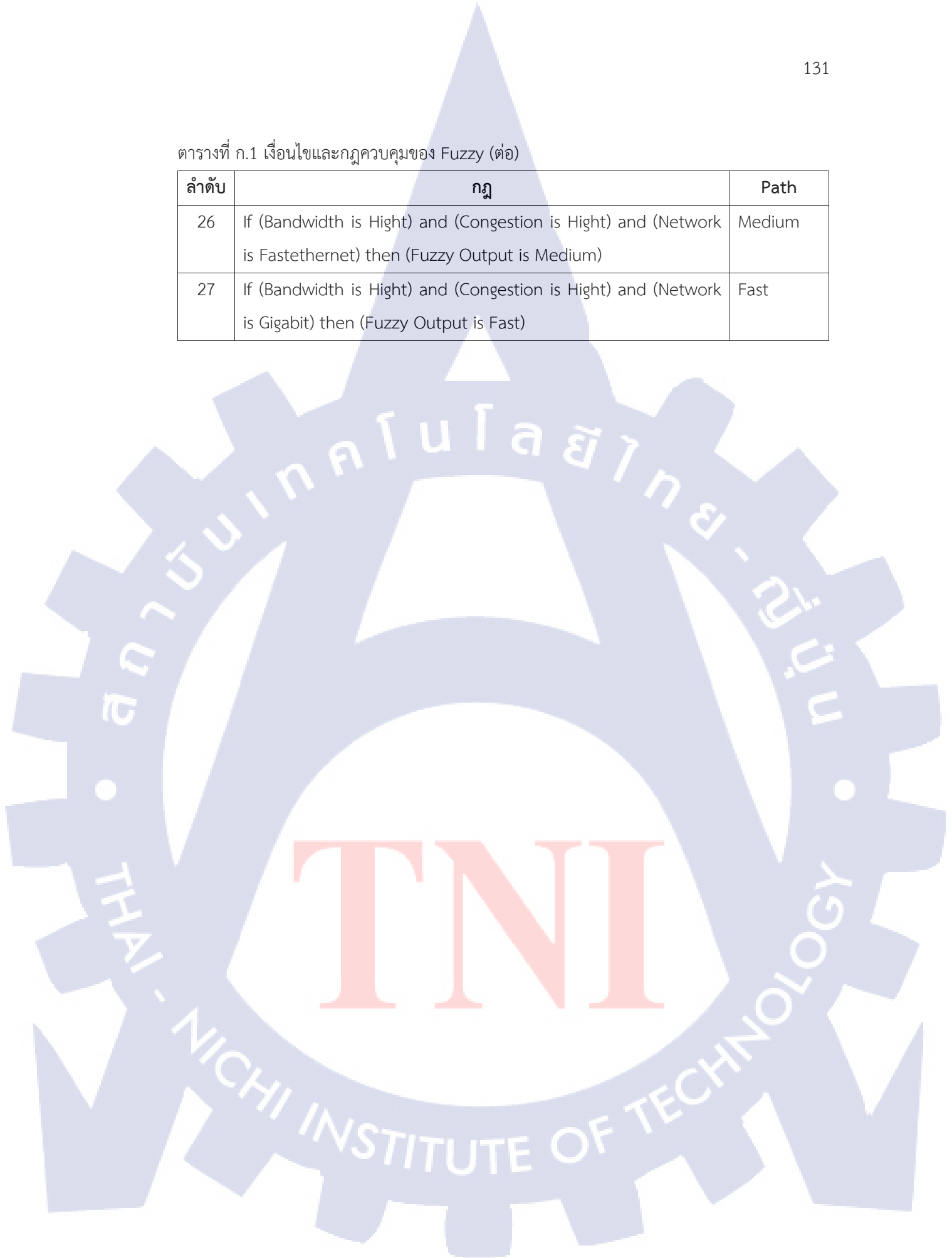
ลำดับ	กฎ	Path
1	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
2	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Fastethernet) then (Path is Medium)	Medium
3	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
4	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
5	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
6	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
7	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
8	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
9	If (Bandwidth is Low) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
10	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
11	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
12	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast

ตารางที่ ก.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy (ต่อ)

ลำดับ	กฎ	Path
13	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output ath is Slow)	Slow
14	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
15	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
16	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
17	If (Bandwidth is medium) and (Congestion is hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
18	If (Bandwidth is Medium) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Flow
19	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
20	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
21	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Low) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
22	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow
23	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
24	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Medium) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast
25	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Ethernet) then (Fuzzy Output is Slow)	Slow

ตารางที่ ก.1 เงื่อนไขและกฎควบคุมของ Fuzzy (ต่อ)

ลำดับ	กฎ	Path
26	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Fastethernet) then (Fuzzy Output is Medium)	Medium
27	If (Bandwidth is Hight) and (Congestion is Hight) and (Network is Gigabit) then (Fuzzy Output is Fast)	Fast



TNI

ภาคผนวก ข.

Fuzzy Logic Source Code

TNI

```
[System]
Name='network'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Bandwidth'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='low': 'trimf',[0 25 50]
MF2='medium': 'trimf',[25 50 75]
MF3='high': 'trimf',[50 75 100]

[Input2]
Name='Congestion'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='low': 'trimf',[0 25 50]
MF2='medium': 'trimf',[25 50 75]
MF3='high': 'trimf',[50 75 100]

[Input3]
Name='Network'
Range=[0 1000]
NumMFs=3
```

```
MF1='ethernet':trapmf,[0 0 10 10]
MF2='fastethernet':trapmf,[11 11 100 100]
MF3='gigabit':trapmf,[101 101 1000 1000]
```

```
[Output1]
Name='Path'
Range=[0 25]
NumMFs=3
MF1='slow':trimf,[0 6.25 12.5]
MF2='medium':trimf,[6.25 12.5 18.75]
MF3='fast':trimf,[12.5 18.75 25]
```

```
[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
1 1 2, 2 (1) : 1
1 1 3, 3 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 3, 3 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1
1 3 2, 2 (1) : 1
1 3 3, 3 (1) : 1
2 1 1, 1 (1) : 1
2 1 2, 2 (1) : 1
2 1 3, 3 (1) : 1
2 2 1, 1 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1
2 2 3, 3 (1) : 1
2 3 1, 1 (1) : 1
2 3 2, 2 (1) : 1
2 3 3, 3 (1) : 1
3 1 1, 1 (1) : 1
```


3 1 2, 2 (1) : 1

3 1 3, 3 (1) : 1

3 2 1, 1 (1) : 1

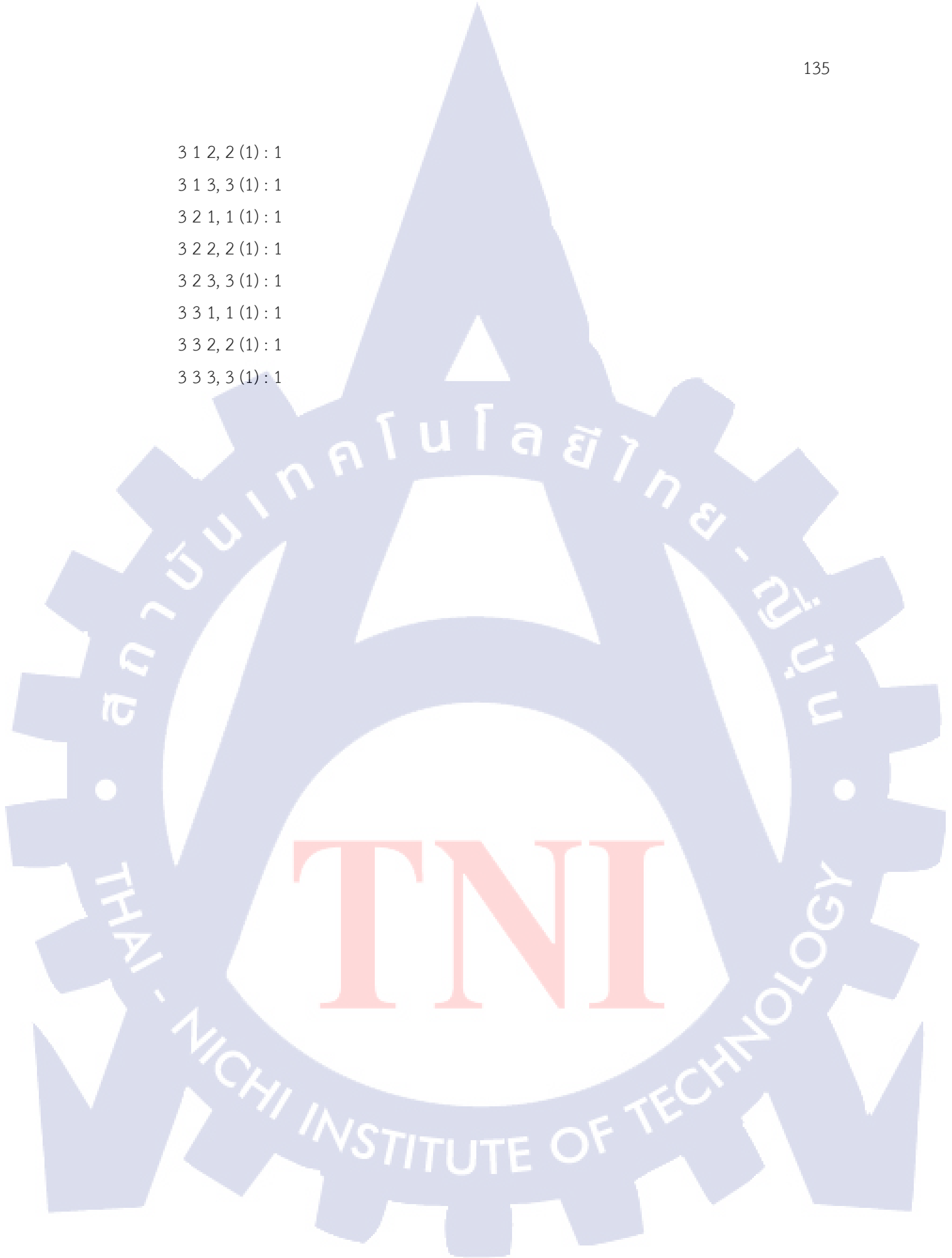
3 2 2, 2 (1) : 1

3 2 3, 3 (1) : 1

3 3 1, 1 (1) : 1

3 3 2, 2 (1) : 1

3 3 3, 3 (1) : 1



TNI