การประชุมแบบกระจายโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

Distributed P2P-SIP Conference

กานต์ ถิรสุนทร

Karn Tirasoontorn

วิ

เลขหมู่ TK5105.525 ก63 2552 ฉ.1

Bib Key 309310

1 1 ก.ค. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประชุมแบบกระจายโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
ผู้เขียน นายกานต์ ถิรสุนทร
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สินชัย กมลภิวงศ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(รองศาสตราจารย์ทศพร กมลภิวงศ์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิษฐิดา เอลซ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สินชัย กมลภิวงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ทศพร กมลภิวงศ์)

.....กรรมการ
(ดร.กรรณิการ์ ศิริวงศ์ ณ อยุธยา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประชุมแบบกระจายโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
ผู้เขียน นายกานต์ ถิรสุนทร
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

ปัจจุบันระบบการประชุมโดยใช้เอสไอพีเครือข่ายแบบทันเวลาจริงได้รับความนิยมและนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ระบบการประชุมโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายทำงานอยู่บนโครงสร้างเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ง่ายต่อการพัฒนา ง่ายต่อการดูแลจัดการและมีความปลอดภัย แต่เมื่อระบบการประชุมมีขนาดใหญ่ขึ้นภาระงานที่เกิดขึ้นจะตกอยู่ที่เครื่องแม่ข่าย ทำเกิดปัญหาคอขวด รวมถึงปัญหาความล้มเหลวจากจุดเดียว ซึ่งส่งผลให้ระบบการประชุมเกิดความไม่เสถียรภาพและเหมาะสมต่อการขยายขนาด ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอโครงสร้างสถาปัตยกรรมการประชุมแบบกระจายโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ที่เป็นรูปแบบการประชุมที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ร่วมเข้ากับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเดิม ซึ่งจะส่งผลทำให้ระบบการประชุมที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาข้างต้นและเพิ่มความสามารถในการสร้างระบบการประชุมแบบกระจายโดยปราศจากเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลาง ทั้งนี้วิทยานิพนธ์ได้มีการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันระหว่างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเดิมและเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยมีจุดเด่นคือ โปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานโดยใช้เอสไอพีสามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้ โดยไม่ต้องทำการแก้ไขเปลี่ยนแปลงโปรแกรมหรือสถาปัตยกรรมเดิมที่เป็นอยู่ มีการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมที่ได้ออกแบบไว้

คำสำคัญ: เอสไอพี เพียร์ทูเพียร์ ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่าย

Thesis Title	Distributed P2P-SIP Conference
Author	Mr. Karn Tirasoontorn
Major Program	Computer Engineering
Academic Year	2009

Abstract

In present day, SIP-based conference communication system is an increasingly popular conference system. Most of deployments are based on client/server model which is easy to implement and management. The functionalities of SIP conference are organized in a centralized manner and heavily rely on dedicated servers. This model has some drawbacks for example the conferencing system is not reliable and scalable when a number of participants increase. Peer-to-Peer (P2P) is another network model differencing from client/server model. Every peer plays an equally important role in the network. P2P network is self-organized architecture, does not require any server in the network and hence make a good solution to those problems mentioned in above. This thesis proposes the architecture is called "Distributed P2P-SIP Conference" which collaborates between an existing traditional SIP and Peet-to-Peer technology. To prove that the architecture can be worked on the real environment, we implement the prototype application to prove it.

Keywords: SIP, Peer-to-Peer, P2P, VoIP

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สินชัย กมลภิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ทศพร กมลภิวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ รวมถึงการให้การสนับสนุนในเรื่องอุปกรณ์ในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิษฐิดา เอลซ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.กรรณิการ์ ศิริวงศ์ ณ อยุธยา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุธน แซ่ว่องที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความความรู้ รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในการทำวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ และบุคลากรในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโทตลอดระยะเวลา 2 ปีการศึกษา

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

กานต์ ถิรสุนทร

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญรูปภาพ ..... (9)
สารบัญตาราง ..... (12)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ ..... (13)
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.6 ภาพรวมของระบบ 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 6
2.1 Session Initiation Protocol (SIP) 6
2.1.1 คุณสมบัติของโปรโตคอล SIP 6
2.1.2 องค์ประกอบสำคัญในระบบ SIP (SIP Components) 8
2.1.3 SIP Message 10
2.2 SIP Conference Framework 14
2.2.1 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมผ่านเครือข่าย 16
2.2.2 Conference Server 17
2.3 Peer-to-Peer Network (P2P) 19
2.3.1 Pure P2P 21
2.3.2 Hybrid P2P 22
2.3.3 Super P2P 23
2.4 สรุป 24

บทที่ 3 การตรวจเอกสาร 25
3.1 SIP-using-P2P 25
3.2 P2P-over-SIP 27
3.3 การเปรียบเทียบเอกสาร 30
3.3.1 Registration & Lookup 32
3.3.2 Call Management 32
3.3.3 Conference Management 33
3.3.4 Realtime Media 33
3.3.5 Non-Realtime Media 34
3.4 สรุป 34
บทที่ 4 การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 35
4.1 แนวความคิดกับการออกแบบ 35
4.2 โปรโตคอลและรูปแบบวิธีการที่นำมาใช้ 37
4.3 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 38
4.3.1 ระดับชั้นการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายเดิม 39
4.3.2 ระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 40
4.3.3 กระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม 44
4.3.4 ข้อมูลของการประชุม 56
4.3.5 กระบวนการจัดการการประชุม 57
4.4 สรุป 58
บทที่ 5 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ 59
5.1 ก่อนจะมาเป็นโปรแกรมประยุกต์ 59
5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ 60
5.2.1 Jain-SIP 60
5.2.2 Jxta 60
5.3 ขอบเขตและข้อจำกัดในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ 61
5.4 การออกแบบโปรแกรมประยุกต์ 62

5.5 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ 63
5.6 สรุป 64
บทที่ 6 การทดสอบการทำงาน 65
6.1 กรณีศึกษา 65
6.2 ผลการทดสอบ 71
6.3 สรุป 87
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 88
7.1 สรุปผลการวิจัย 88
7.1.1 การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 88
7.1.2 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบและการทดสอบการทำงาน 89
7.2 ข้อเสนอแนะ 90
7.2.1 การส่งข้อมูลสื่อประสม 90
7.2.2 การจัดการควบคุมดูแลการประชุม 90
7.2.3 ความปลอดภัยของระบบการประชุม 91
เอกสารอ้างอิง 92
ประวัติผู้เขียน 95

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1-1 ภาพรวมของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 5
รูปที่ 2-1 องค์ประกอบภายในระบบ SIP.....8
รูปที่ 2-2 SIP Request.....13
รูปที่ 2-3 SIP Response.....14
รูปที่ 2-4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมผ่านเครือข่าย.....16
รูปที่ 2-5 องค์ประกอบของ Conference Server.....17
รูปที่ 2-6 โครงสร้างการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย.....20
รูปที่ 2-7 Pure P2P Model.....21
รูปที่ 2-8 Hybrid P2P Model.....22
รูปที่ 2-9 Super Peer Model.....23
รูปที่ 3-1 การทำงานแบบ SIP-using-P2P.....25
รูปที่ 3-2 เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์รูปแบบ Chord.....26
รูปที่ 3-3 แสดงการทำงานแบบ SIP-using-P2P เมื่อต้องการทำการติดต่อสื่อสาร.....27
รูปที่ 3-4 การทำงานแบบ P2P-over-SIP.....28
รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการลงทะเบียนของ UA ใน P2P-over-SIP.....28
รูปที่ 3-6 การค้นหาตำแหน่งของ UA ใน P2P-over-SIP.....29
รูปที่ 3-7 การส่งข้อมูลสื่อประสมแบบ Application Layer Multicast (ALM).....30
รูปที่ 4-1 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์..38
รูปที่ 4-2 ระดับชั้นการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม.....39
รูปที่ 4-3 ระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์.....40
รูปที่ 4-4 แนวความคิดของระดับชั้น P2P-SIP Conference.....41
รูปที่ 4-5 เจ้าของกลุ่มการประชุมทำหน้าที่เป็น Virtual Focus.....43
รูปที่ 4-6 ผู้เข้าร่วมการประชุมทำหน้าที่เป็น Virtual Focus.....43
รูปที่ 4-7 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการร้องขอ Conf-ID บนระดับชั้นระบบการติดต่อสื่อสาร โดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม.....46
รูปที่ 4-8 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการร้องขอ Conf-ID.....47
รูปที่ 4-9 ลำดับสัญญาณที่ F5 ในการร้องขอ Conf-ID.....47
รูปที่ 4-10 ลำดับสัญญาณ SIP ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมบนระดับชั้นระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์.....48

รูปที่ 4-11 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม 48
รูปที่ 4-12 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม 49
รูปที่ 4-13 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม บน ระดับชั้นระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ 50
รูปที่ 4-14 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่นเข้าร่วมการประชุม 51
รูปที่ 4-15 ลำดับสัญญาณที่ F8 ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่นเข้าร่วมการประชุม 51
รูปที่ 4-16 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมของผู้สนทนาคนอื่น 52
รูปที่ 4-17 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในออกจากกลุ่มการประชุม 53
รูปที่ 4-18 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการออกจากกลุ่มการประชุม 54
รูปที่ 4-19 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการออกจากกลุ่มการประชุม 54
รูปที่ 4-20 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในสิ้นสุดการประชุม 55
รูปที่ 4-21 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการสิ้นสุดการประชุม 56
รูปที่ 4-22 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการสิ้นสุดการประชุม 56
รูปที่ 4-23 ตัวอย่าง XML ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลกลุ่มการประชุม 57
รูปที่ 5-1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น 62
รูปที่ 5-2 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ 63
รูปที่ 6-1 กำหนดให้สมาชิกทำการลงทะเบียนอยู่ภายใต้เครื่อง OpenSIPS 66
รูปที่ 6-2 การร้องขอ Conf-ID เพื่อสร้างการประชุมและการสร้าง World Peer Group 67
รูปที่ 6-3 การสร้าง Conference Peer Group 67
รูปที่ 6-4 การเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม 68
รูปที่ 6-5 Karn ลงทะเบียนกับระบบ เข้าร่วม World Peer Group และค้นหา Conferenc Peer Group ที่เกิดขึ้น 68
รูปที่ 6-6 เมื่อสมาชิกทุกคนเข้าร่วม Conference Peer Group ที่ Bob สร้างขึ้น 69
รูปที่ 6-7 John ส่งสัญญาณร้องขอ BYE เพื่อขอออกจากกลุ่มการประชุม 69
รูปที่ 6-8 Conference Peer Group จำนวนหนึ่งถูกสร้างขึ้นกระจายอยู่ใน World Peer Group 70
รูปที่ 6-9 ลำดับสัญญาณ SIP ในการร้องขอ Conf-ID 71
รูปที่ 6-10 รายละเอียดของสัญญาณร้องขอ INVITE ที่ใช้ในการร้องขอ Conf-ID 72
รูปที่ 6-11 รายละเอียดของสัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily ที่บรรจุ Conf-ID 72
รูปที่ 6-12 เมื่อ Bob ทำการสร้างกลุ่มการประชุมได้สำเร็จ 73

รูปที่ 6-13 Virtual Focus แสดงสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มการประชุมซึ่งในขณะนี้มีเพียงแค่ Bob คนเดียวในกลุ่มการประชุม 74
รูปที่ 6-14 ลำดับสัญญาณร้องขอและตอบกลับที่ Bob ส่งไปยัง Virtual Focus.....75
รูปที่ 6-15 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ส่งไปเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม 76
รูปที่ 6-16 ตัวอย่างรายละเอียดของสัญญาณ REFER ที่ใช้ในการเชิญสมาชิกเข้าร่วมการประชุม 76
รูปที่ 6-17 โปรแกรมประยุกต์แสดง Conf-ID และข้อมูลของกลุ่มการประชุม.....77
รูปที่ 6-18 ลำดับสัญญาณร้องขอและตอบกลับที่ John ส่งไปยัง Virtual Focus.....78
รูปที่ 6-19 โปรแกรมประยุกต์แสดงสมาชิกที่อยู่ร่วมใน World Peer Group และ Conference Peer Group 79
รูปที่ 6-20 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เข้าร่วมในกลุ่มการประชุม.....80
รูปที่ 6-21 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เข้าร่วมในกลุ่มการประชุม เมื่อ Karn เข้าร่วมกลุ่มการประชุม 81
รูปที่ 6-22 ลำดับสัญญาณร้องขอ BYE ที่ John ใช้ในการออกจากการประชุม 82
รูปที่ 6-23 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เหลืออยู่หลังจาก John ออกจากการประชุม 82
รูปที่ 6-24 สัญญาณร้องขอ BYE ที่ Bob ส่งไปยัง Virtual Focus เพื่อขอสิ้นสุดการประชุม.....83
รูปที่ 6-25 สัญญาณร้องขอ BYE ที่ Vitual Focus ส่งไปยัง Sara เพื่อสิ้นสุดการประชุม 83
รูปที่ 6-26 Conference Peer Group 3 กลุ่มถูกสร้างขึ้นใน World Peer Group.....84
รูปที่ 6-27 แสดงสมาชิกที่อยู่ใน World Peer Group และ Conference Peer Group ที่ A สร้างขึ้น 85
รูปที่ 6-28 สัญญาณที่ A ส่งใน Conference Peer Group เพื่อสิ้นสุดการประชุม.....86

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2-1 แสดง RFC ที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย..... 19
ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบการทำงานในแต่ละขั้นตอนของเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 31
ตารางที่ 4-1 รูปแบบวิธีการของระบบการประชุมแบบกระจาย โดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทู
เพียร์ 37

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ALM	Application Layer Multicast
CAN	Content Addressable Network
DHT	Distributed Hash-table
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Subsystem
IVR	Interactive Voice Response
OP	Ordinary Peer
P2P	Peer-to-Peer
PSTN	Public Switching Telephone Network
RFC	Request for Comments
RTCP	Real-time Control Protocol
RTP	Real-time Transport Protocol
SDP	Session Description Protocol
SIP	Session Initiation Protocol
SP	Super Peer
SS7	Signaling System 7
TCP	Transmission Control Protocol
UA	User Agent
UAC	User Agent Client
UAS	User Agent Server
UDP	User Datagram Protocol
URI	Uniform Resource Identifier
XML	Extensible Markup Language

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นในระดับองค์กร มหาวิทยาลัย รวมถึงสถานที่ราชการ เนื่องจากความสามารถในการติดต่อสื่อสารที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถพูดคุยโต้ตอบด้วยภาพและเสียงแบบทันเวลาจริง จนถึงปัจจุบันระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายได้รับการพัฒนาจนนำไปสู่ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่ใช้ทำการประชุมตอบโต้ระหว่างผู้ใช้งานด้วยกันแบบทันเวลาจริง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำการประชุมได้จากที่ใดก็ตามที่สามารถเข้าถึงระบบเครือข่ายได้ เนื่องจากระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายทำงานโดยอาศัย SIP ที่มีรูปแบบการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย ซึ่งมีข้อดีในเรื่องการจัดการควบคุมระบบการประชุมที่ง่าย และมีความปลอดภัย แต่อย่างไรก็ตามการที่ภาระงานในการควบคุมการประชุมต้องขึ้นอยู่กับเครื่องแม่ข่าย ทำให้ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเกิดสภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดปัญหาในเรื่องของความล้มเหลวจากจุดเดียว (Single point of failure) ปัญหาคอขวดของสัญญาณที่เข้ามายังเครื่องแม่ข่าย (Bottle neck) อันเป็นผลให้ระบบขาดความน่าเชื่อถือ (Reliability) และไม่เหมาะต่อการขยายขนาด (Scalability) เมื่อผู้เข้าร่วมการประชุมมีจำนวนมากยิ่งขึ้น

ดังนั้นวิทยานิพนธ์เล่มนี้จึงได้มีการนำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ (Peer-to-Peer หรือ P2P) ซึ่งลักษณะที่แตกต่างจากรูปแบบโครงสร้างลูกข่ายและแม่ข่าย โดยภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะปราศจากเครื่องแม่ข่ายที่คอยให้บริการต่าง ๆ กับเครื่องลูกข่าย แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในระบบหรือที่เรียกว่าโหนดจะมีสิทธิเท่าเทียมกันหมด ไม่มีเครื่องใดที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องศูนย์กลาง กล่าวคือโหนดจะทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายในเวลาเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามการที่ระบบการประชุมแบบทันเวลาจริงทำงานโดยใช้ SIP ที่มีลักษณะโครงสร้างแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย (Client/Server) มีข้อเสียในเรื่องของปัญหาคอขวด (Bottle neck) ปัญหาความล้มเหลวจากจุดเดียว (Single point of failure) เป็นต้น ซึ่งส่งผลกระทบให้ระบบการประชุมขาดคุณสมบัติในเรื่องของความเสถียรภาพ และรองรับการขยายขนาด ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่มีหลักการโครงสร้างแตกต่างจากโครงสร้างแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายเข้ามาใช้ในระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย โดยโหนดที่อยู่ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะมีสิทธิเท่าเทียมกัน และไม่มีเครื่องศูนย์กลางใด ๆ ในการควบคุมระบบ ซึ่งส่งผลให้เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ปราศจากเรื่องของความล้มเหลวจากจุดเดียว มีเสถียรภาพ และรองรับการขยายขนาด

จากจุดเด่นของระบบเพียร์ทูเพียร์ดังกล่าวข้างต้น จึงได้นำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาใช้งานร่วมกับ SIP เพื่อใช้สำหรับสร้าง ระบบการประชุมที่รองรับการขยายขนาดเมื่อผู้สนทนามีจำนวนมากและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยภาระงานที่เกิดขึ้นไม่ต้องพึ่งพาเครื่องแม่ข่าย ฉะนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอรูปแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่มีการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP และเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เพื่อสร้างระบบการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ขึ้น โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเรียกระบบนี้ว่า "การประชุมแบบกระจายโดยใช้เอสไอพีผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์" (Distributed P2P-SIP Conference) ซึ่งการทำงานส่วนใหญ่ของระบบจะถูกออกแบบโดยอยู่บนพื้นฐานของการระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่ ทำให้ระบบสามารถเรียกใช้ฟังก์ชันการทำงานที่มีอยู่บนระบบการสื่อสารเดิมผนวกเข้ากับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ทำการออกแบบ

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP และเทคโนโลยีเพียร์ทูเพียร์ เพื่อนำมาใช้ในการสร้างระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
2. ออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมในการสร้างระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ที่เพิ่มความเสถียรภาพและรองรับการขยายขนาดระบบการประชุม
3. สถาปัตยกรรมที่ออกแบบสำหรับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะต้องทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารเดิมโดยใช้ SIP และไม่ส่งผลกระทบต่อระบบเดิม
4. ทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในสภาวะแวดล้อมความสามารถที่ได้เพิ่มเติมจากการทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และการทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะใช้ SIP ร่วมกับเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
2. การออกแบบจะนำเสนอขั้นตอนต่าง ๆ พร้อมรูปแบบสัญญาณที่จะเกิดขึ้นในระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
3. ระบบการประชุมที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ จะยังไม่ครอบคลุมในเรื่องของความปลอดภัย การจัดการควบคุมการประชุมแบบแปรผันและการส่งข้อมูลสื่อประสมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการประชุม
4. สัญญาณควบคุมในระบบการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นจะใช้ SIP ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่ถูกออกแบบโดยองค์กร IETF (Internet Engineering Task Force)
5. การทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะอยู่ในรูปของการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ขึ้นมาทดสอบ และทำงานอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่มีการเคลื่อนที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงหมายเลขไอพีอยู่บ่อย ๆ เท่านั้น

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

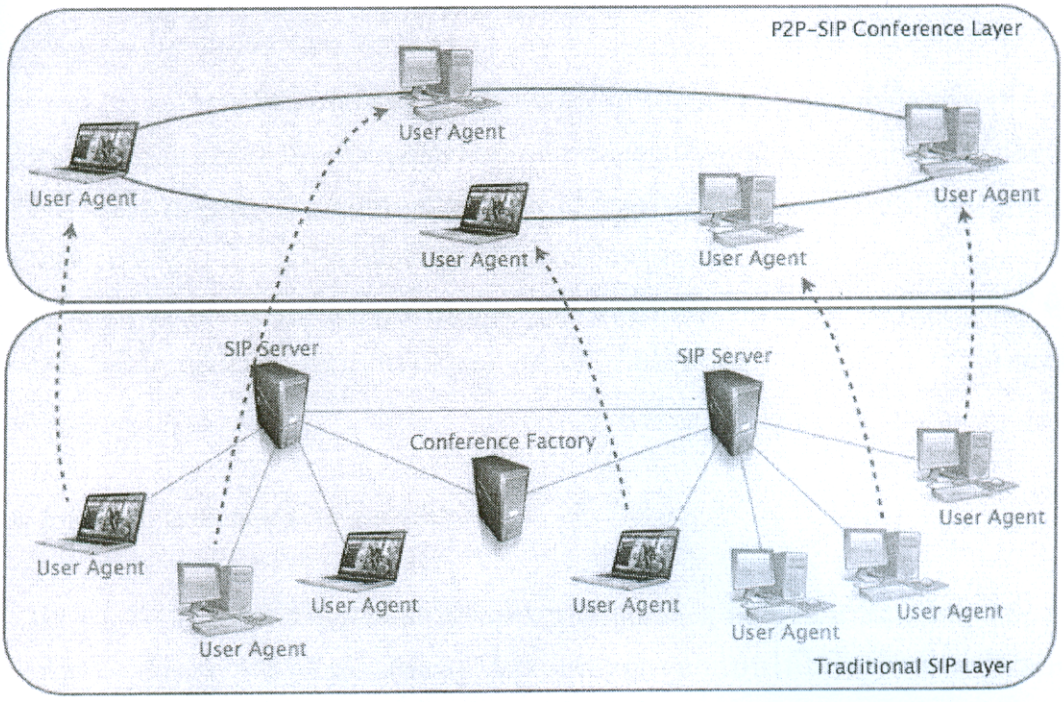
1. ศึกษา SIP ซึ่งเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่อยู่ใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายในเรื่องของคุณสมบัติ รูปแบบสัญญาณต่าง ๆ ตลอดจนสถาปัตยกรรมการทำงานที่รองรับ
2. ศึกษารูปแบบการงานของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย
3. ศึกษารูปแบบการทำงานของเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
4. ศึกษาวิธีการนำ SIP มาทำงานร่วมกับเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์สำหรับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์
5. ออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยระบบที่ออกแบบยังทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่ได้
6. พัฒนาโปรแกรมประยุกต์ตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

7. ออกแบบกรณีศึกษาที่จะใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงข้อดีที่มีการนำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มาใช้
8. รวบรวมผลการทดลองและจัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เรียนรู้ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย
2. เรียนรู้การทำงานของเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในเรื่องของสถาปัตยกรรม รูปแบบของเพียร์ทูเพียร์ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้บริการต่าง ๆ
3. เรียนรู้ถึงวิธีการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP และเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ สำหรับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ทั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบในแต่ละขั้นตอนการทำงานจากรูปแบบที่มีการนำเสนอในปัจจุบัน
4. เรียนรู้การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่ยังคงทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่
5. ระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะมีลักษณะแบบกระจาย ซึ่งทำให้ระบบมีความเสถียรภาพ และรองรับการขยายขนาดเมื่อมีผู้เข้าร่วมการประชุมมากขึ้น
6. เรียนรู้วิธีการทดสอบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบกรณีศึกษา การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

1.6 ภาพรวมของระบบ



รูปที่ 1-1 ภาพรวมของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

ภาพรวมของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะแสดงได้ดังรูปที่ 1-1 โดยระบบจะถูกแยกออกเป็น 2 ระดับชั้น คือ ระดับชั้นของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม (Traditional SIP Layer) และระดับชั้นของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยระดับชั้นนี้ถูกนำเสนอขึ้นมาเพื่อแสดงให้เห็นถึงระบบการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยใช้ SIP เป็นสัญญาณควบคุม จากการที่ระบบการประชุมถูกสร้างอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งจะทำให้ระบบการประชุมปราศจากเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมที่ก่อให้เกิดความล้มเหลวจากจุดเดียว เกิดความเสถียรภาพและรองรับการขยายขนาด อีกทั้งระบบการประชุมจะทำงานร่วมกับระดับชั้นของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

บทนี้เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ โดยเนื้อหาที่จะกล่าวถึงประกอบด้วยรายละเอียดของ SIP ซึ่งเป็นโปรโตคอลสำหรับจัดการและควบคุมการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย โดยเริ่มตั้งแต่การสร้าง เปลี่ยนแปลงแก้ไขและสิ้นสุดการสื่อสาร ถัดไปเป็นการอธิบายถึงรายละเอียดโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย สุดท้ายเป็นการอธิบายเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2.1 Session Initiation Protocol (SIP)

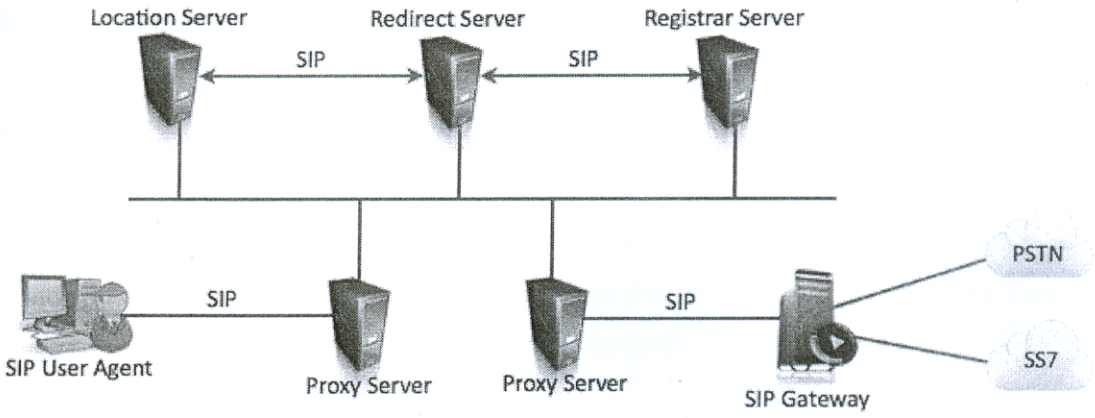
SIP เป็นโปรโตคอลในระดับชั้น Application ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยองค์กร IETF (Internet Engineering Task Force) โปรโตคอลถูกออกแบบให้ใช้ในการตกลงกันระหว่างคู่สนทนาหรือระหว่างผู้ใช้บริการ เพื่อทำการเริ่มต้นการโทร (Call Establishment), เปลี่ยนแปลงรูปแบบการโทร (Modification) และสิ้นสุดการโทรหรือจบการสนทนา (Call Termination) ดังนั้น SIP จึงมีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนการส่งสัญญาณควบคุม (Control Signaling) ในช่วงก่อนการสนทนา ระหว่างการสนทนาและจบการสนทนาเท่านั้น นอกจากนี้การทำงานของ SIP เป็นไปตามมาตรฐานซึ่งถูกกำหนดอยู่ใน RFC 3261 [1] ทำให้เกิดความยืดหยุ่นและความสะดวกในการใช้งานแก่ผู้ใช้บริการมากยิ่งขึ้น สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรโตคอลอื่น ๆ ได้

2.1.1 คุณสมบัติของโปรโตคอล SIP

1. การที่ SIP เป็นโปรโตคอลระดับ Application ซึ่งอยู่เหนือโปรโตคอลระดับ Transport ทำให้ SIP สามารถทำการส่งสัญญาณโดยเลือกใช้โปรโตคอลในระดับ Transport ได้ทั้งชนิด TCP (Transmission Control Protocol) และ UDP (User Datagram Protocol) ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน

2. รูปแบบสัญญาณที่นิยามตามมาตรฐาน SIP มีลักษณะเป็นข้อความ (Text-based) ที่มนุษย์สามารถอ่านเข้าใจได้ ที่ถูกเรียกว่า SIP Message โดยรูปแบบและไวยากรณ์ของสัญญาณ มีลักษณะคล้ายกับรูปแบบสัญญาณโปรโตคอล HTTP (Hypertext Transfer Protocol) ทำให้ผู้พัฒนาสามารถทำการพัฒนาได้ง่าย อีกเหตุผลที่มีการใช้ SIP ในการแลกเปลี่ยนตลอดขั้นตอน ตั้งแต่การเริ่มสร้างการติดต่อสื่อสาร การเปลี่ยนแปลงการสื่อสาร และสิ้นสุดการสื่อสาร ก็เนื่องจาก SIP มีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนเหมือนกับมาตรฐาน H.323 [2] ซึ่งเป็นอีกโปรโตคอลหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในระบบการติดต่อสื่อบนเครือข่ายเช่นกัน ดังนั้นจึงทำให้ SIP ได้รับความนิยมนำมาใช้งานเป็นมาตรฐานในการควบคุมระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย และสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่ามาตรฐาน H.323
3. มาตรฐาน SIP จะรับผิดชอบควบคุมขั้นตอนการส่งสัญญาณในส่วนการสร้างการติดต่อสื่อสาร ในระหว่างการสื่อสารเพื่อเปลี่ยนแปลงแก้ไขการติดต่อสื่อสารที่ใช้อยู่ และการสิ้นสุดการสื่อสารเท่านั้น ทำให้ในขั้นตอนการส่งข้อมูลสื่อประสม (Media Stream) เช่น เสียงหรือภาพนั้นจำเป็นต้องทำงานร่วมกับ RTP (Real-Time Transfer Protocol) อีกตัวอย่างหนึ่งในขั้นตอนการแลกเปลี่ยนความสามารถและข้อมูลสื่อประสมก่อนทำการติดต่อสื่อสารในระบบนั้น (Media Capabilities Exchange) จะทำงานร่วมกับ SDP (Session Description Protocol) จากข้างต้นทำเห็นว่าการทำงานของ SIP นั้นมีความยืดหยุ่นและสามารถทำงานร่วมกับโปรโตคอลมาตรฐานอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการจัดทำระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายได้
4. สถาปัตยกรรมตามมาตรฐาน SIP จะทำงานอยู่ในรูปแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย (Client/Server) ซึ่งจะมีการอ้างอิงตัวเครื่องลูกข่าย (SIP Client, SIP User Agent) โดยชื่อที่ใช้อ้างอิงจะเรียกว่า SIP Uniform Resource Identifier (SIP URI) ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกและความยืดหยุ่นในการเรียกใช้บริการเพิ่มมากขึ้น เช่น sip:karn@cnr.coe.psu.ac.th ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับ E-mail Address

2.1.2 องค์ประกอบสำคัญในระบบ SIP (SIP Components)



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบภายในระบบ SIP

จากรูปที่ 2-1 เป็นองค์ประกอบภายในระบบ SIP ซึ่งเชื่อมต่อกันเป็นระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย เนื่องจากโปรโตคอล SIP รองรับการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย ทำให้สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วนหลักใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ กลุ่มเครื่องลูกข่ายหรือ User Agents และกลุ่มเครื่องแม่ข่ายหรือ Network Servers

2.1.2.1 User Agents (UA)

ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า UA เป็นนิยามที่ใช้เรียกเครื่องลูกข่ายที่ทำการติดต่อสื่อสาร โดยความสามารถของ UA นั้นสามารถถูกแบ่งแยกออกได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกัน คือ

1. User Agent Client (UAC) เป็นเครื่องลูกข่ายซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างและส่งสัญญาณร้องขอ (SIP Request) ไปยังผู้ติดต่อปลายทาง ตัวอย่างเช่น INVITE, BYE, UPDATE เป็นต้น
2. User Agent Server (UAS) เป็นเครื่องลูกข่ายซึ่งทำหน้าที่ในรับสัญญาณร้องขอจาก UAC มาประมวลผล และทำการสร้างสัญญาณตอบสนอง (SIP Response) ส่งกลับไปยังเครื่องลูกข่ายต้นทาง เช่น 200 OK, 302 Moved Temporarily, 404 Not Found เป็นต้น

โดยปกติแล้ว UA หนึ่ง ๆ จะทำหน้าที่เป็นทั้ง UAC และ UAS เนื่องในระบบ UA คนหนึ่ง ๆ จะมีการสร้างสัญญาณร้องขอการติดต่อสื่อสารไปยัง UA คนอื่น ๆ ซึ่งจะเรียกว่าผู้โทร (Caller) และ UA จะต้องทำการรับสัญญาณร้องขอการติดต่อมาประมวลผล จากนั้นทำการสร้างสัญญาณตอบสนองไปยัง UA ต้นทาง ซึ่งจะเรียกว่าผู้ถูกเรียก (Callee) ดังนั้น UA ในระบบ

การติดต่อสื่อสารจึงต้องมีความสามารถหลัก ๆ ทั้งในเรื่องการสร้างสัญญาณร้องขอ ประมวลผลสัญญาณร้องขอ สร้างสัญญาณตอบสนอง และการส่งสัญญาณไปยัง UA เพื่อเริ่มต้นการติดต่อสื่อสารระหว่าง UA ด้วยกัน

2.1.2.2 Network Servers

เป็นนิยามที่ใช้เรียกกลุ่มของเครื่องแม่ข่ายที่ร่วมกันทำงานภายในระบบ โดยในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายนั้นไม่จำเป็นที่จะต้องมีเครื่องแม่ข่ายครบทุกส่วน เพื่อให้ระบบทำงานได้เพียงแต่ถ้าหากมีครบทุกส่วนจะทำให้ระบบการติดต่อสื่อสารมีความสามารถเพิ่มขึ้น สำหรับเครื่องแม่ข่ายแต่ละตัวนั้นมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงาน ดังนี้

1. Registrar Server ทำหน้าที่รับการลงทะเบียน (Register) จากผู้ใช้บริการ เพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลผู้เข้าใช้บริการ ไม่ว่าจะเป็นชื่อข้อมูลส่วนตัว, SIP URI ที่ใช้ในการติดต่อและข้อมูลสำคัญอื่น ๆ เช่น E-mail หรือโทรศัพท์ เป็นต้น
2. Proxy Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณระหว่างผู้ใช้บริการด้วยกัน หรือระหว่างผู้ใช้บริการและเครื่องแม่ข่าย โดย Proxy Server จะรับผิดชอบการส่งสัญญาณ (SIP Forwarding) ซึ่งในบางระบบ Proxy Server จะถูกรวมเข้ากับ Registrar Server เพื่อลดจำนวนเครื่องแม่ข่ายที่อยู่ในระบบลง
3. Redirect Server ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสัญญาณ SIP ที่เข้ามาเพื่อทำการส่งสัญญาณ SIP ไปยังผู้รับที่ระบุอยู่ในสัญญาณ SIP ซึ่งโดยปกติจะทำงานร่วมกับ Proxy Server
4. Location Server ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลผู้ใช้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่อยู่ของผู้ใช้บริการในระบบ โดยข้อมูลที่เก็บอยู่นั้นอาจจะถูกเรียกใช้จาก Proxy Server หรือ Redirect Server ในการส่งสัญญาณ SIP ไปยังผู้ใช้ ตามมาตรฐาน SIP อนุญาตให้ผู้พัฒนาสามารถทำการพัฒนา Location Server ร่วมอยู่ด้วยกันกับ SIP Server ได้
5. SIP Gateway ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายกับระบบเครือข่ายอื่น ๆ เช่น ระบบเครือข่าย PSTN (Public Switching Telephony Network), ระบบ SS7 (Signaling System 7) หรือ IMS (IP Multimedia Subsystem) เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในสื่อสาร ทำให้สามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันไม่ว่าจะอยู่กันคนละเครือข่าย หรือใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกัน

2.1.3 SIP Message

การติดต่อเพื่อควบคุมการทำงานระหว่างแต่ละองค์ประกอบภายในระบบ ไม่ว่าจะเป็น UA, Server หรือ SIP Gateway จะใช้ SIP ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน โดยจะเรียกว่า SIP Message ตามมาตรฐาน SIP ที่มีการออกแบบไว้นั้นได้นิยามลักษณะของ SIP Message แบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกันคือ ข้อความประเภทร้องขอ (Request Message) หรือที่เรียกว่าสัญญาณร้องขอ (SIP Request) ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ ข้อความประเภทตอบสนอง (Response Message) หรือที่เรียกว่า (SIP Response)

ไม่ว่าจะเป็น Request Message หรือ Response Message จะบรรจุข้อมูลควบคุมที่ใช้สื่อสารระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ ยกตัวอย่างเช่น Bob ต้องการทำการสนทนากับ Sara โดยทั้งสองคนเป็น UA ภายในระบบ Bob ก็จะทำการสร้าง Request Message ซึ่งภายในจะบรรจุข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ Sara รับว่า Bob ต้องการร้องขอการสนทนา รวมถึงข้อมูลช่องทางในการติดต่อสื่อสารลงใน SIP Message ส่วน Sara ก็จะทำการสร้าง Response Message เพื่อใช้ในการตอบกลับไปยัง Bob ว่าต้องการหรือไม่ต้องการทำการสนทนากับ Bob เป็นต้น

รูปแบบทั่วไปของ SIP Message จะประกอบด้วย Start-Line, Header, บรรทัดว่าง และ Message Body จากที่ได้กล่าวแล้วว่า SIP อยู่ในรูปของ Text-based ทำให้ใครก็ตามสามารถที่จะอ่านแล้วเข้าใจได้โดยโดยง่าย ดังนั้นมาตรฐาน SIP จึงอนุญาตให้มีการใช้ Encryption Authorization หรืออัลกอริทึมในการเพิ่มความปลอดภัยที่ใช้ในโปรโตคอลอื่น ๆ เช่น HTTP, SSL มาช่วยเพิ่มความปลอดภัยได้ เพื่อเพิ่มความเข้าใจก่อนอธิบายถึง Request Message และ Response Message จึงขอกล่าวถึงรายละเอียดของส่วนประกอบเบื้องต้นก่อน ดังนี้

1. Start-Line ไม่ว่าจะเป็นทั้งในส่วนของ SIP Request หรือ SIP Response จะมี Start-Line เริ่มต้นเสมอ แต่อย่างไรก็ตาม Start-Line ของ SIP Message แต่ละประเภทนั้นจะมีจุดประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกัน
   1) Start-Line ของ SIP Request หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Request-Line จะใช้สำหรับบอกความต้องการในการร้องขอนั้น เช่น การร้องขอเพื่อทำการลงทะเบียนกับเครื่องแม่ข่าย (REGISTER) การร้องขอเพื่อเริ่มการสนทนา (INVITE) หรือการร้องขอเพื่อสิ้นสุดการสนทนา (BYE) เป็นต้น
   2) Start-Line ของ SIP Response หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Status-Line จะถูกใช้เพื่อข้อมูลตอบสนอง ซึ่งจะอยู่ในรูปของตัวเลข 3 หลัก เช่น การตอบตกลง (202 OK) ไม่สามารถค้นพบสิ่งที่ค้นหา (404 Not Found) เป็นต้น

2. SIP Header ใน SIP Message หนึ่ง ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นจะประกอบด้วยการรวมกันของ SIP Header หลายชนิดเข้าด้วยกัน เพื่อใช้บอกรายละเอียดของ SIP Request หรือ SIP Response นั้น ๆ ซึ่งใช้ในการติดต่อสื่อสาร อาทิเช่น การบอกถึง SIP Message นั้นถูกส่งมาจากใคร ส่งไปให้ใคร เส้นทางของ SIP Message ที่ถูกส่งมา ชนิดและความยาวของ Message Body เป็นต้น
3. บรรทัดว่าง จะใช้ระบุจุดสิ้นสุดของ SIP Header ที่ประกอบรวมกันใน SIP Message และใช้แยกระหว่าง SIP Header กับ Message Body อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ไม่มี Message Body ใน SIP Message ก็ยังคงต้องมีบรรทัดว่างอยู่ใน SIP Message เสมอ
4. Message Body เป็นส่วนที่ถูกใส่เพิ่มเข้าไปใน SIP Message บาง Request หรือ Response เท่านั้น เพื่อเพิ่มรายละเอียดให้กับ SIP Message นั้น เช่น ในการส่งสัญญาณ INVITE จะมี Message Body ที่เป็น SDP เพื่อใช้สำหรับบอกรายละเอียดของข้อมูลสื่อประสมที่จะใช้ในการติต่อสื่อสาร เป็นต้น

ตามมาตรฐาน SIP ในแต่ละ SIP Message ที่ถูกสร้างขึ้นมานั้น จะต้องประกอบไปด้วย Header หลัก ๆ 6 ตัวด้วยกันเสมอ คือ To, From, CSeq, Call-ID, Max-Forwards และ Via กล่าวคือ โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาว่าจะเป็นในส่วนของเครื่องลูกข่ายหรือแม่ข่าย จะต้องรู้จักกับ Header ทั้ง 6 ตัวนี้ ส่วน Header อื่น ๆ ที่ได้มีการนิยามไว้ในมาตรฐานนั้น อาจจะไม่จำเป็นจะต้องรู้จักทั้งหมดก็ได้

2.1.3.1 Request Message

เป็น SIP Message ประเภทร้องขอเพื่อร้องขอการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การร้องขอเพื่อทำการสนทนา การร้องขอเพื่อตรวจสอบสถานะของผู้ใช้งานในระบบ หรือการร้องขอเพื่อทำการสิ้นสุดการสนทนา เป็นต้น โดยในบรรทัดแรกของ Request Message จะประกอบด้วย SIP Method เว้นวรรคแล้วตามด้วยชื่อ Request-URI หรือชื่อ SIP URI ของผู้ใช้ปลายทางที่ต้องการติดต่อ จากนั้นเว้นวรรคและจบบรรทัดด้วยหมายเลขเวอร์ชั่นของโปรโตคอล หรือที่เรียกรวมกันว่า Request-Line ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

เนื่องจาก SIP Method ที่ใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายตัว ดังนั้นจึงยกตัวอย่าง SIP Method บางตัวเท่านั้นที่ส่วนใหญ่พบเห็นในกระบวนการสร้างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย

1. REGISTER เป็น SIP Method ที่ใช้สำหรับการลงทะเบียนผู้ใช้งานที่มีชื่อของผู้ใช้งาน (Alias Name) และข้อมูลตำแหน่งของผู้ใช้ (User Location) ไปยัง Registrar Server การที่ Registrar Server ทำการเก็บข้อมูล SIP URI ของผู้ใช้ระบบไว้ทำให้ระบบทราบว่า ณ. ขณะหนึ่งมีผู้ใช้บริการใดบ้างอยู่ในระบบ
2. INVITE เป็น SIP Method ที่ใช้ในการร้องขอเพื่อเชิญผู้ถูกเรียกปลายทางเข้าร่วมการสนทนา โดย SIP Method นี้จะมีการระบุ SIP URI ของผู้ถูกเรียกปลายทางเป็นพารามิเตอร์หนึ่งเสมอ และอาจจะมีการใช้งานร่วมกับโปรโตคอล SDP ในการบอกรายละเอียดของความสามารถของข้อมูลสื่อประสมที่จะถูกใช้ในระหว่างการสนทนา
3. ACK เป็น SIP Method ที่ใช้ในการยืนยันของผู้ถูกเรียกปลายทางว่าได้รับ SIP Message ประเภทตอบสนองสุดท้าย (Final Response) มาแล้ว สำหรับ ACK จะเป็นสัญญาณร้องขอพิเศษที่ใช้สำหรับยืนยันการตอบสนองของ SIP INVITE เท่านั้น และไม่ต้องทำการตอบกลับด้วยสัญญาณตอบสนอง
4. BYE เป็น SIP Method ที่ใช้ในการร้องขอการสิ้นสุดการสนทนาระหว่างคู่สนทนา
5. CANCEL เป็น SIP Method ที่ใช้สำหรับยกเลิกการร้องขอสนทนา โดยคู่สายยังไม่ทันได้ทำการสนทนาระหว่างกัน กล่าวคือ ผู้ร้องขอการสนทนาต้นทางยังไม่ได้รับสัญญาณตอบสนองสุดท้ายจากผู้ปลายทาง ก็เกิดส่งสัญญาณยกเลิกไปยังปลายทางเสียก่อน
6. OPTIONS เป็น SIP Method ที่ใช้สำหรับร้องขอข้อมูลความสามารถ (Capability) ของ UA อื่น ๆ ที่อยู่ในระบบซึ่งอาจเป็นได้ทั้ง SIP Client และ SIP Server ตัวอย่างของข้อมูลที่สามารถร้องขอได้ ได้แก่ ข้อมูล Method หรือ Header ที่ SIP Server รองรับ ประเภทของ Codec ของ SIP Client ที่รองรับในการสนทนา เป็นต้น สำหรับสัญญาณร้องขอนี้จะไม่มีสร้างการเชื่อมต่อใด ๆ เกิดขึ้น

หลังจาก Request-Line ได้ถูกสร้างเสร็จสิ้น ถัดไปจะเป็น Header ต่าง ๆ ที่ใช้บอกรายละเอียดเกี่ยวกับ SIP Message ตัวอย่างเช่น ผู้ร้องขอเป็นใคร ส่งไปให้ใคร ผ่าน Router ตัวใดบ้าง เป็นต้น เมื่อทำการระบุ Header ต่าง ๆ แล้วจะต้องทำการเว้นบรรทัดว่างไว้หนึ่งบรรทัดเสมอ

```
INVITE sip:bob@example.com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP sip.cnr.com
From: John <sip:john@sip.cnr.com>
To: Bob <sip:bob@example.com>
Call-ID: ab-cid
CSeq: 1 INVITE
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 218

v=0
o=john 53655765 2353687637 IN IP4 202.28.99.201
s=session SDP
c=IN IP4 sip.cnr.com
m=audio 5004 RTP/AVP 0 3 5
```

รูปที่ 2-2 SIP Request

จากรูปที่ 2-2 เป็นตัวอย่างของ Request Message ที่ใช้สำหรับการร้องขอการติดต่อสื่อสาร หรือที่เรียกว่า SIP INVITE ซึ่งจะพบว่าในบรรทัดแรกจะเป็นในส่วนของ Request-Line และถัดมาจะเป็นในส่วนของ Header ต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเพื่อบอกรายละเอียดในการติดต่อสื่อสาร เมื่อสิ้นสุด Header ต่าง ๆ จะใช้บรรทัดว่างในการแบ่งแยก Header กับ Message Body โดยจากตัวอย่าง Message Body ที่ใช้นั้นจะถูกระบุประเภทอยู่ใน Header ของ Content-Type ว่าเป็นประเภทใด

2.1.3.2 Response Message

SIP Message ประเภทนี้จะถูกใช้ในการตอบสนองต่อ Request Message เช่น เมื่อได้รับการชวนเข้าร่วมสนทนาจะก็มีการตอนสนองว่าต้องการทำการสนทนาหรือไม่กับผู้ร้องขอ ซึ่ง Response Message จะใช้ Response Code ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับ Response Code ของโปรโตคอล HTTP โดยจะประกอบไปด้วยตัวเลข 3 หลัก หลักแรกจะใช้เป็นตัวแบ่งแยกประเภทของการตอบสนอง หรือที่เรียกว่า Response Class สำหรับหลักที่ 2 และ 3 จะเป็นรายละเอียดของการประมวลผล

สำหรับ Response Class จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ Provisional Response เพื่อใช้บอกว่ายังอยู่ระหว่างรอการตอบรับจากผู้ถูกเรียกปลายทางหรือ SIP Server โดยรูปแบบของตัวเลขจะเป็น 1XX ส่วนอีกประเภทหนึ่งคือ Final Response เป็นการตอบสนองสุดท้ายของการร้องขอ ซึ่งจะได้แก่ 2XX, 3XX, 4XX, 5XX และ 6XX โดยผู้ร้องขอที่ได้รับ Final Response เท่านั้นจึงจะถือว่าการร้องขอนั้น ๆ เสร็จสมบูรณ์

Response Message ในส่วนของ Status-Line จะเริ่มต้นด้วยเวอร์ชั่นของโปรโตคอล ตามด้วย Response Code แล้วความหมายของ Code ซึ่งเป็นภาษาที่สามารถอ่านได้ เช่น OK, Moved Temporarily, Not Found เป็นต้น ต่อไปจะเป็น Header ต่าง ๆ ตามด้วยบรรทัดว่าง เช่นกันกับ Request Message ในส่วนของ Message Body อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2-3 ซึ่งเป็นตัวอย่าง Response Message ในการตอบสนองกลับของ Request Message ข้างต้นในหัวข้อ 2.1.3.1

```
SIP/2.0 200 OK
Via: SIP/2.0/UDP sip.example.com
Via: SIP/2.0/UDP sip.cnr.com
From: Bob <sip:bob@sip.example.com>
To: John <sip:john@sip.cnr.com>
Call-ID: ab-cid
CSeq: 1 INVITE
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 216

v=0
o=bob 536231265 2353687732 IN IP4 202.28.99.211
s=OK
c=IN IP4 sip.cnr.com
m=audio 5004 RTP/AVP 0 3 5
```

รูปที่ 2-3 SIP Response

2.2 SIP Conference Framework

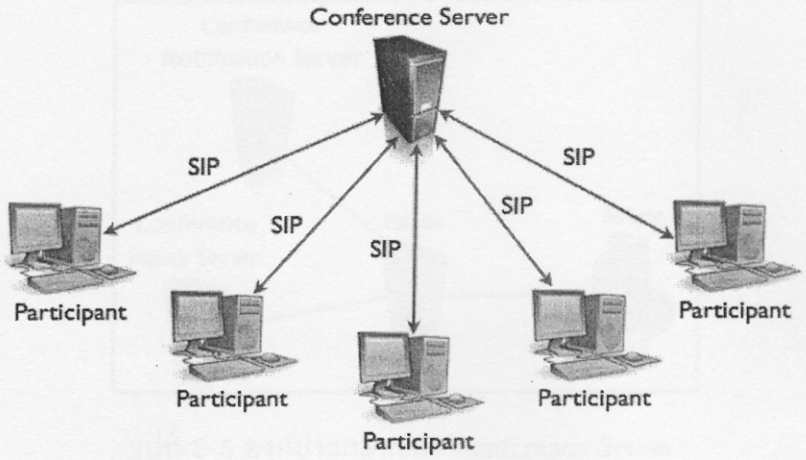
SIP เป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่นำมาใช้สำหรับการเริ่มต้น, เปลี่ยนแปลงแก้ไข และสิ้นสุดการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สนทนา โดยการสนทนาที่เกิดขึ้นในการสนทนานั้น จะถูกจัดการด้วย SIP Dialog ซึ่งแสดงความสัมพันธ์การติดต่อสื่อสารระหว่างผู้สนทนา 2 คน ทำให้การทำงานของ SIP อยู่ในรูปแบบของคู่สนทนา เช่น การใช้งานโทรศัพท์ที่ใช้ติดต่อกันระหว่างผู้สนทนา 2 คนเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม SIP ไม่ได้รองรับแค่การติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งต่อหนึ่งเท่านั้น แต่ SIP ยังรองรับการติดต่อสื่อสารที่มีผู้เข้าร่วมมากกว่า 2 คนขึ้นไป หรือที่เรียกว่าระบบการประชุม (Conferencing System)

มาตรฐานในการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านระบบเครือข่ายถูกกำหนดอยู่ใน RFC 4353 [4] ซึ่งได้นิยามรูปแบบการประชุมออกเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ การประชุมแบบ Loosely Coupled, Fully Distributed Multiparty และ Tightly Coupled โดยจะแยกอธิบายดังต่อไปนี้

1. การประชุมแบบ Loosely Coupled เป็นรูปแบบการประชุมที่มีการส่งข้อมูลจะถูกส่งผ่านการใช้งาน Multicast และไม่มีเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมการประชุม อีกทั้งผู้สนทนาในระบบไม่ต้องทำการดูแลความสัมพันธ์ระหว่างผู้สนทนาด้วยกัน ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างผู้ติดต่อสื่อสารในเครือข่ายนั้นจะต้องเรียนรู้กันเองผ่านทางโปรโตคอล Real Time Control Protocol (RTCP) ซึ่งเป็น Control Information ที่ถูกส่งระหว่างผู้ติดต่อสื่อสารในระบบเครือข่าย สำหรับการประชุมประเภทนี้ถือเป็นวิธีที่ง่ายในการใช้ SIP ในการสร้างการประชุม เพราะข้อมูลจะถูกส่งผ่านทาง Multicast Address ทำให้การระบุที่อยู่ของผู้สนทนาแต่ละคนที่อธิบายใน SDP นั้นจะเป็นที่อยู่ของ Multicast Address
2. การประชุมแบบ Fully Distributed Multiparty เป็นรูปแบบการประชุมที่คล้ายคลึงกับแบบ Loosely Coupled ซึ่งไม่มีเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมการประชุม แต่จะแตกต่างกันตรงที่ผู้สนทนาในระบบแต่ละคนจะต้องทำการดูแลความสัมพันธ์ของเซสชัน SIP ที่เกิดขึ้นด้วยตัวเอง ส่วนเรื่องการส่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นสัญญาณหรือข้อมูลสื่อประสมนั้นในมาตรฐานไม่ได้มีการระบุไว้ชัดเจนว่าจำเป็นต้องส่งผ่านทาง Multicast Address หรือไม่
3. การประชุมแบบ Tightly Coupled เป็นรูปแบบการประชุมอีกรูปแบบหนึ่งที่นิยมใช้และแพร่หลายในระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย เนื่องจากความสัมพันธ์ของผู้สนทนาในการประชุมนั้นจะถูกเก็บอยู่ในเครื่องแม่ข่าย โดยเครื่องแม่ข่ายจะรองรับฟังก์ชันการทำงานอื่น ๆ ในการประชุม เช่น การส่งข้อมูลไฟล์หรือข้อความระหว่างผู้เข้าร่วมการประชุม การจัดการเรื่องสิทธิต่าง ๆ ของผู้เข้าร่วมการประชุม รวมทั้งการรวมข้อมูลสื่อประสมก่อนทำการส่งไปให้ยังผู้เข้าร่วมการประชุม เป็นต้น

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้การประชุมรูปแบบ Tightly Coupled เป็นรูปแบบในการอธิบายโครงสร้างและลักษณะการทำงานของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย เนื่องด้วยรูปแบบการทำงานนี้เป็นรูปแบบนี้ถูกนำมาใช้งาน และมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลาย ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการประชุมรูปแบบอื่น ๆ ได้

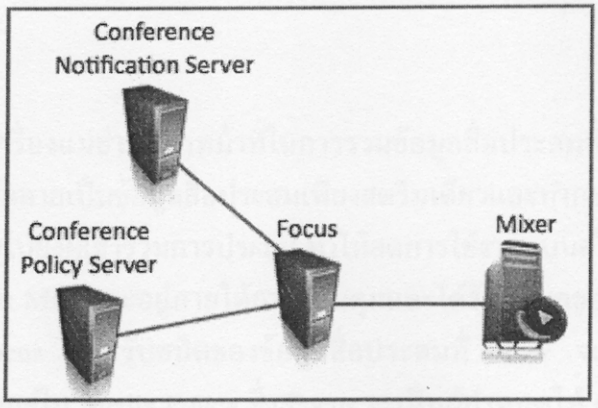
2.2.1 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมผ่านเครือข่าย



รูปที่ 2-4 โครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมผ่านเครือข่าย

โครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายดังแสดงในรูปที่ 2-4 ประกอบด้วยเครื่องแม่ข่ายในการจัดการดูแลการประชุมที่เรียกว่า Conference Server และผู้เข้าร่วมการประชุม (Participant) จากโครงสร้างสถาปัตยกรรมจะเห็นได้ว่าระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย กล่าวคือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างผู้เข้าร่วมการประชุมแต่ละคน จะมี Conference Server เป็นผู้ควบคุมดูแล ไม่ว่าจะเป็นการสร้างการประชุม การเชิญสมาชิกเข้าร่วมการประชุม หรือการส่งข้อมูลสื่อประสมระหว่างผู้เข้าร่วมการประชุม เป็นต้น สำหรับผู้เข้าร่วมการประชุมสามารถที่จะทำการรับส่งสัญญาณ SIP ได้จากอุปกรณ์ในการติดต่อสื่อสารที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (PC), เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook), PDA หรือโทรศัพท์ที่อยู่บนระบบ PSTN เป็นต้น

2.2.2 Conference Server



รูปที่ 2-5 องค์ประกอบของ Conference Server

ระบบการประชุมผ่านเครือข่ายนั้นสามารถทำงานได้หลายอย่างด้วยกัน เช่น การให้บริการต่าง ๆ ในการดูแลจัดการการประชุม การส่งข้อมูลสื่อประสมและการตรวตรวจสอบสิทธิการเข้าใช้งานทรัพยากรในระบบการประชุม เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการทำงานทั้งหมดนี้อาจรวมอยู่ใน Conference Server เครื่องเดียวกัน หรือแยกอยู่ในเครื่องแม่ข่ายย่อยอื่น ๆ แล้วมาร่วมกันทำงานก็ได้ จากรูปที่ 2-5 จะประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่ายที่ทำหน้าที่ร่วมกันต่อไปนี้ คือ Focus, Mixer Conference Policy Server และ Conference Notification Server โดยแต่ละเครื่องแม่ข่ายจะมีการทำงาน ดังนี้

2.2.2.1 Focus

เป็นเครื่องแม่ข่ายที่สำคัญที่สุดในระบบการประชุม เพราะทำหน้าที่ในการดูแลควบคุมการประชุม ผู้เข้าร่วมการประชุมทุกคนต้องทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่ายนี้ โดย Focus จะทำการตอบสนองต่อ SIP Message ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและทำการดูแล SIP Dialog ที่เกิดขึ้นในการประชุม สำหรับการประชุมหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นจะถูกอ้างอิงโดย Conference-ID (Conf-ID) ซึ่งแต่ละการประชุมจะมี Conf-ID เป็นเอกลักษณ์ นั้นหมายถึงว่าการประชุมที่เกิดขึ้นจะไม่มีทางที่ Conf-ID จะซ้ำกันได้เลย ทำให้ ณ. เวลาหนึ่ง ๆ Focus สามารถทำการแยกการทำงานและควบคุมการประชุมที่เกิดขึ้นได้มากกว่าหนึ่งการประชุม

ดังที่กล่าวไปแล้วว่าหน้าที่ของ Focus จะทำการดูแลควบคุมการประชุมที่เกิดขึ้นและการทำงานของ Focus นั้นจะต้องทำงานร่วมกับเครื่องแม่ข่ายอื่น ๆ เช่น Focus ต้องทำการติดต่อกับ Mixer เพื่อร้องขอให้มีการรวมข้อมูลสื่อประสมที่เหมาะสมต่อสภาพเครือข่าย ทำการติดต่อกับ Conference Policy เพื่อทำการเก็บและดึงข้อมูลสิทธิการเข้าใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ในการ

ประชุม เป็นต้น โดยการติดต่อระหว่าง Focus กับเครื่องแม่ข่ายอื่น ๆ นั้นอาจจะใช้ SIP หรือโปรโตคอลอื่น ๆ เข้ามาใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้

2.2.2.2 Mixer

เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ทำหน้าที่ในการรวมข้อมูลสื่อประสมที่ถูกส่งมาจากผู้เข้าร่วมการประชุมหลายคนให้กลายเป็นข้อมูลสื่อประสมเพียงสตรีมเดียวและทำการส่งข้อมูลสื่อประสมที่ทำการรวมแล้วนั้นกลับไปยังผู้เข้าร่วมการประชุม ทำให้ลดการใช้งานแบนด์วิดธ์ที่สิ้นเปลืองลง

สำหรับ Mixer จะอยู่ภายใต้การควบคุมและได้รับข้อมูลของผู้เข้าร่วมการประชุมที่จะทำการรวมจาก Focus สำหรับชนิดของข้อมูลสื่อประสมที่ Mixer จะทำการแปลงและรวมออกมานั้นจะถูกอธิบายอยู่ใน Media Policy ซึ่ง Focus จะเป็นผู้กำหนดให้ เนื่องจากผู้เข้าร่วมการประชุมแต่ละคนมีความสามารถในการรองรับชนิดของข้อมูลสื่อประสมที่แตกต่างกัน

ดังนั้น Focus จึงต้องมีการพิจารณาชนิดของข้อมูลสื่อประสมที่ทำให้ผู้เข้าร่วมการประชุมทุกคนสามารถใช้งานได้และเหมาะสมกับสภาพของเครือข่ายที่ใช้อยู่ จากนั้นจะอธิบายข้อมูลเหล่านั้นใน Media Policy โดย Media Policy นอกจากจะเก็บชนิดของข้อมูลสื่อประสมที่จะให้ Mixer ทำการแปลงและรวมแล้ว ยังระบุถึงกฎหรือสิทธิต่าง ๆ ที่ Mixer จะใช้ในการส่งข้อมูลสื่อประสมอีกด้วย เช่น ผู้เข้าร่วมการประชุมคนใดบ้างที่มีสิทธิรับข้อมูลเสียงได้เท่านั้น หรือไม่มีสิทธิในการรับข้อมูลสื่อประสมทั้งภาพและเสียง เป็นต้น

2.2.2.3 Conference Policy Server

เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ต้องทำงานร่วมกับ Focus เพื่อใช้ในการตรวจสอบสิทธิต่าง ๆ ของผู้เข้าร่วมการประชุมว่า ผู้เข้าร่วมการประชุมคนนั้น ๆ มีสิทธิอะไรบ้างในการประชุม ยกตัวอย่างเช่น สิทธิในการออกคะแนนเสียง สิทธิในการรับฟังเสียงในการประชุม เป็นต้น

โดยปกติแล้วการตรวจสอบสิทธิของผู้เข้าร่วมการประชุมนั้นเกิดขึ้นได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ เกิดจากผู้เข้าร่วมการประชุมเกิดร้องขอการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งจาก Focus เพื่อให้มั่นใจว่าผู้ใช้คนนั้นมีสิทธิหรือไม่ Focus จึงต้องทำการติดต่อกับ Conference Policy Server เพื่อตรวจสอบสิทธิของคน ๆ นั้น หรืออีกกรณีหนึ่งคือ การที่ผู้เข้าร่วมการประชุมต้องการทราบสิทธิของตัวเองว่าสามารถทำอะไรได้บ้างในระบบการประชุม จึงได้ทำการสอบถามไปยัง Conference Policy Server โดยตรง โดยโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อกับ Conference Policy Server ทางมาตรฐานแนะนำให้ใช้โปรโตคอลที่เป็น Non-SIP Message แต่ไม่ได้ระบุแน่ชัดว่าต้องเป็นโปรโตคอลอะไร

2.2.2.4 Conference Notification Server

เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการเก็บสถานของการประชุม และผู้เข้าร่วมการประชุมในระบบ โดย Conference Notification Server จะเป็นฐานข้อมูลในการเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้ โดยผู้ที่ต้องการทราบสถานะต่าง ๆ จะต้องทำการลงทะเบียนคำร้องขอเอาไว้ผ่านทาง Focus เมื่อการประชุมหรือผู้เข้าร่วมมีการเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่น การประชุมถูกสร้างขึ้น ผู้เข้าร่วมการประชุมที่อยู่ในบัญชีรายชื่อออกจากการประชุม เป็นต้น Conference Notification Server ก็จะทำการแจ้งข้อมูลกลับไปยังผู้ที่ได้ลงทะเบียนคำร้องขอไว้ทันที

สำหรับรายละเอียดของสถาปัตยกรรมการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายทั้งหมดนั้น สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก RFC ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องดังแสดงในตารางที่ 2-1

RFC 4245 [3]	High-Level Requirements for Tightly Coupled SIP Conferencing
RFC 4353 [4]	A Framework for Conferencing with SIP
RFC 4575 [5]	A SIP Event Package for Conference State
RFC 4579 [6]	SIP Call Control - Conferencing for User Agents
RFC 4597 [7]	Conferencing Scenarios
RFC 5239 [8]	A Framework for Centralized Conferencing

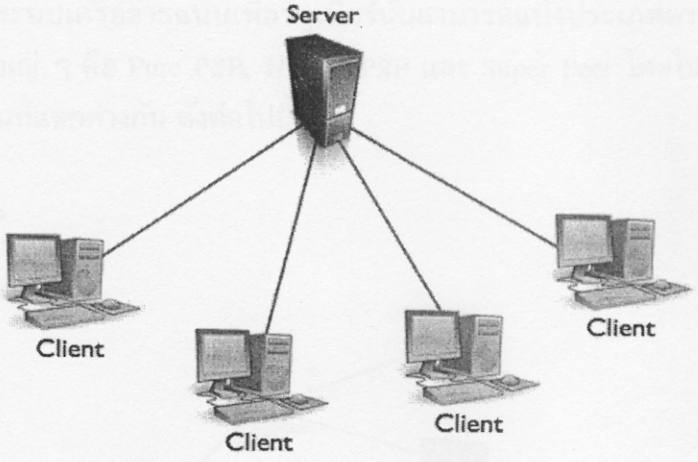
ตารางที่ 2-1 แสดง RFC ที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย

2.3 Peer-to-Peer Network (P2P)

ทุกวันนี้การให้บริการส่วนใหญ่ในระบบเครือข่ายจะใช้โครงสร้างการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย ดังแสดงในรูปที่ 2-6 ซึ่งจะเห็นว่าเครื่องลูกข่ายต้องทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย เพื่อเรียกใช้บริการต่าง ๆ ที่เครื่องแม่ข่ายได้จัดเตรียมไว้ให้

ถึงแม้ว่าการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย นั้นจะมีข้อดีอยู่หลายอย่างด้วยกัน เช่น การพัฒนาระบบเป็นไปได้โดยอย่างรวดเร็ว ง่ายต่อการควบคุมดูแลและมีความปลอดภัยสูง แต่อย่างไรก็ตามการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายก็ยังคงมีข้อเสีย คือ ภาระงานในการประมวลผลทุกอย่างจะตกอยู่ที่เครื่องแม่ข่ายเพียงเครื่องเดียว ซึ่งก่อทำให้เกิดปัญหาคอขวด (Bottle Neck) จนส่งผลทำให้เครื่องแม่ข่ายเกิดความล้มเหลวจากจุดเดียว (Single Point of Failure)

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร



รูปที่ 2-6 โครงสร้างการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย

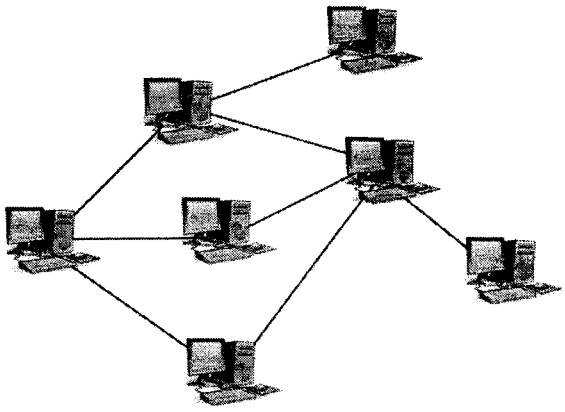
เพียร์ทูเพียร์เป็นเทคโนโลยีอีกประเภทหนึ่งที่มีโครงสร้างการทำงานแตกต่างจากการทำงานแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย อีกทั้งในปัจจุบันเพียร์ทูเพียร์ได้รับความสนใจและเข้ามามีบทบาทในการใช้งานในระบบเครือข่ายมากขึ้น โดยรูปแบบการทำงานของเพียร์ทูเพียร์ที่พบเห็นกันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ภายในระบบเครือข่าย (File Sharing) เช่น Bittorent [9], Napster [10], Kazaa [11] เป็นต้น แต่อันที่จริงแล้วนอกจากเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะถูกนำมาใช้เพื่อการใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วยกันแล้ว เพียร์ทูเพียร์ยังถูกนำมาใช้ในรูปแบบอื่นอีกเช่น การติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ (P2P Internet Telephony), การส่งข้อมูลสื่อประสมแบบสตรีมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ การประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Computing) เป็นต้น

เพียร์ทูเพียร์ คือ กลุ่มของคอมพิวเตอร์ที่มีการแบ่งใช้ทรัพยากรร่วมกันที่กระจายอยู่บนระบบเครือข่าย ทั้งนี้เพื่อทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งร่วมกัน อาทิเช่น การใช้ทรัพยากรร่วมกันระหว่างเครื่อง การแบ่งกระจายงานเพื่อประมวลผลในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เป็นต้น โดยรูปแบบการทำงานจะไม่เป็นศูนย์กลาง (Decentralized) กล่าวคือ สมาชิกทุกคนที่อยู่ในระบบจะมีสิทธิเท่าเทียมกันหมด โดยสมาชิกที่อยู่ภายในระบบจะถูกเรียกว่าเพียร์ (Peer) หรือโหนด (Node)

เพียร์ทูเพียร์เป็นเทคโนโลยีที่เข้ามาช่วยให้ระบบเครือข่ายและการทำงานของโปรแกรมประยุกต์สามารถดึงเอาทรัพยากรที่ของเครื่องคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ในระบบมาเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องศูนย์กลางในการประมวลผล ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นแต่ละโหนดจะทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย ดังนั้นหากมีโหนดใดโหนดหนึ่งเกิดล่มหรือหายไปจากระบบ ระบบก็ยังคงรักษาการทำงานอย่างต่อเนื่องไปได้ เนื่องจากยังระบบจะมีกลไกในการกระจายงานไปยังโหนดอื่นให้ทำหน้าที่แทนได้

ระบบเครือข่ายแบบเพียร์ทูเพียร์นั้นสามารถแบ่งประเภทตามโครงสร้างออกได้เป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ Pure P2P, Hybrid P2P และ Super Peer โดยในแต่ละประเภทจะมีลักษณะการทำงานที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

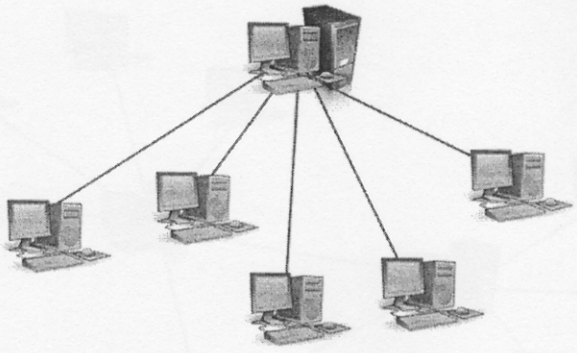
2.3.1 Pure P2P



รูปที่ 2-7 Pure P2P Model

รูปแบบการทำงานของ Pure P2P ดังแสดงในรูปที่ 2-7 จะมีลักษณะที่ตรงข้ามกับระบบที่มีศูนย์กลาง กล่าวคือทุก ๆ โหนดสามารถติดต่อถึงกันได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านเครื่องแม่ข่าย จุดเด่นของการทำงานแบบนี้คือ ความคงทนของระบบ (Fault Tolerant) โดยถ้าหากมีโหนดใดโหนดหนึ่งในระบบเกิดปัญหาหรือออกจากระบบไป ระบบก็ยังคงทำงานต่อไปได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวม แต่โมเดลแบบนี้ก็จะมีข้อจำกัดตรงที่การควบคุมการไหลของข้อมูลในระบบนั้นทำได้ยาก ทำให้เกิดปัญหาการใช้แบนด์วิดธ์ที่สิ้นเปลือง อีกทั้งการจัดการทำสมาชิกในระบบก็เป็นไปได้ยาก ซึ่งอาจทำให้ผู้ไม่ประสงค์ดีเข้ามายังระบบและสร้างความเสียหายให้กับระบบได้ ส่วนในด้านความสามารถการขยายขนาดของระบบนั้นก็เป็นเรื่องยากที่จะบอกได้แน่นอน เพราะในทางทฤษฎีแล้วระบบสามารถขยายขนาดได้เรื่อย ๆ ไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติจริงแล้วการที่จะทำให้เพียร์เหล่านั้นทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพนั้นทำได้ค่อนข้างลำบาก ดังนั้นการทำงานของโมเดลนี้จึงมีความสามารถในการขยายขนาดของระบบไม่ค่อยดีนัก เช่น การทำงานของระบบ Gnutella [12], [13], [14]

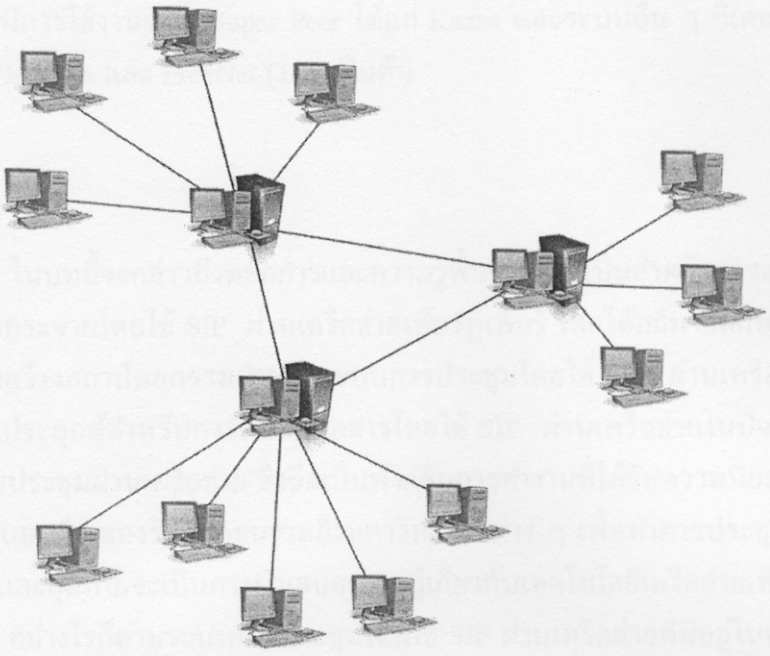
2.3.2 Hybrid P2P



รูปที่ 2-8 Hybrid P2P Model

โมเดลแบบ Hybrid P2P ดังแสดงในรูปที่ 2-8 จะเป็นลักษณะเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่มีโหนดทำหน้าที่เปรียบเสมือนเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลางในการเก็บรวบรวมข้อมูลของโหนดอื่น ๆ และเข้ามาควบคุมดูแลระบบ แต่การส่งข้อมูลนั้นจะถูกส่งระหว่างโหนดถึงโหนดโดยตรง เช่นเดียวกับแบบ Pure P2P ทำให้ช่วยลดปัญหาในเรื่องของการจัดการกับระบบและเพิ่มความสามารถในการขยายขนาดของระบบ เพราะรูปแบบการทำงานนี้จะลดภาระการทำงานของเครื่องแม่ข่ายลง เช่นตัวอย่างใน Napster จะมีเครื่องแม่ข่ายที่ทำหน้าที่เพียงดูแลฐานข้อมูลที่อยู่ของไฟล์เพลงหนึ่ง ๆ นั้นถูกเก็บอยู่ที่เครื่องใด และส่งข้อมูลนี้ให้กับเพียร์ที่ต้องการไฟล์เพลงนั้น จากนั้นเพียร์ก็จะทำการติดต่อไปยังอีกเพียร์หนึ่งโดยตรงและทำการดาวน์โหลดไฟล์ เป็นต้น ถึงแม้โมเดลนี้จะมีข้อดีที่ทำให้ระบบสามารถเพิ่มความสามารถในการขยายขนาดได้แล้วนั้น เนื่องมาจากการที่เครื่องแม่ข่ายแบกรับภาระการทำงานน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามถ้าเกิดเครื่องแม่ข่ายเกิดเสียและหายไปจากระบบ ก็จะส่งผลให้ระบบไม่สามารถทำงานต่อไปได้

2.3.3 Super P2P



รูปที่ 2-9 Super Peer Model

โมเดลแบบ Super Peer ดังแสดงในรูปที่ 2-9 เป็นการรวมตัวการทำงานของโมเดลแบบ Pure P2P และโมเดลแบบ Hybrid P2P โดย Super Peer (SP) หรือ Super Node (SN) จะเป็นโหนดที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลางในโครงสร้างแบบ Hybrid ที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานและการไหลของข้อมูลให้กับกลุ่มของเพียร์ในแต่ละกลุ่ม โดยที่โหนดที่ติดต่อกับ Super Peer จะถูกเรียกว่า Ordinary Peer (OP) หรือ Ordinary Node (ON) ในขณะเดียวกับแต่ละ Super Peer ก็จะทำการเชื่อมต่อกันในรูปแบบ Pure P2P หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้คือเป็นจับกลุ่มของ Hybrid P2P มาเชื่อมต่อกันนั้นเอง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการติดต่อสื่อสารของ Super Peer จะต้องมีโปรโตคอลที่ใช้ด้วยกัน 2 โปรโตคอล คือ โปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อระหว่าง Super Peer และ Ordinary Peer ส่วนอีกโปรโตคอลหนึ่งคือโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อระหว่าง Super Peer ด้วยกันเอง

การทำงานของแบบ Super Peer นี้จะมีความสามารถในการขยายขนาดของระบบที่ดีมากเนื่องจากเมื่อจำนวน OP ในแต่ละ SP มีจำนวนมากขึ้น ระบบก็จะทำการเลือก SP ใหม่ขึ้นมาเพิ่ม เพื่อเป็นการแบ่งภาระการทำงานของ SP และระบบจะมีความคงทนค่อนข้างสูงแม้ว่า SP ตัวใดตัวหนึ่งเกิดเสียขึ้นมา ก็จะส่งผลกระทบเฉพาะ OP ช่วยขณะเท่านั้น เพราะกลไกการทำงานของระบบก็จะจัดการให้ OP ทำการติดต่อกับ SP ตัวอื่น เพื่อให้สามารถยังคงทำงานต่อไปได้ โมเดลแบบนี้จะเป็นที่นิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากได้รวมเอาข้อดีของโครงสร้างทั้งสองแบบ

ข้างต้นมาไว้ด้วยกัน ในบางระบบนั้นได้ทำการดัดแปลงให้ Super Peer แต่ละตัวทำการเชื่อมต่อกันด้วยโครงสร้างแบบอื่นเช่น การเชื่อมตัวกันแบบเป็นวงแหวน (Ring Topology) เป็นต้น โดยตัวอย่างระบบที่มีการใช้งานแบบ Super Peer ได้แก่ Kazaa และระบบอื่น ๆ ที่เคยใช้โมเดลแบบ Pure P2P เช่น Gnutella และ FreeNet [15] เป็นต้น

2.4 สรุป

ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยได้อธิบายลักษณะการทำงานของ SIP, โครงสร้างสถาปัตยกรรมสำหรับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย อีกทั้งยังพบว่าโปรแกรมประยุกต์สำหรับการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายในปัจจุบันส่วนใหญ่รองรับระบบการประชุมผ่านเครือข่าย ซึ่งถือเป็นฟังก์ชันการทำงานที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นในระดับองค์กรของรัฐ เอกชนรวมถึงมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เพื่อทำการประชุมทางไกลผ่านระบบเครือข่าย และสุดท้ายจะเป็นการนำเสนอความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

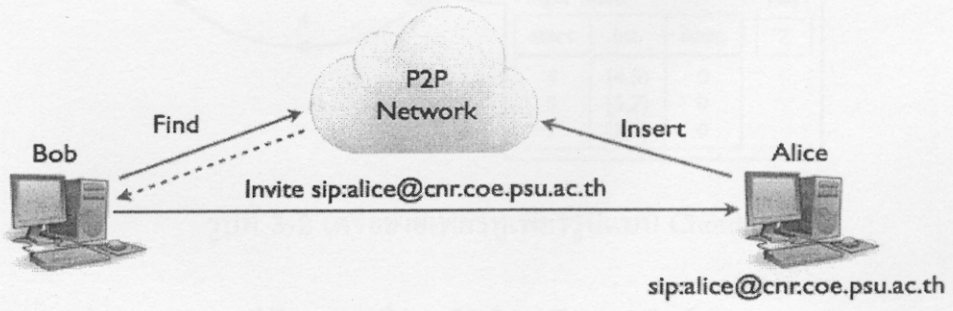
อย่างไรก็ตามระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น ยังมีข้อเสียในเรื่องของความเสถียรภาพ และการองรับการขยายขนาด ดังนั้นจากหลักการของเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นนั้น จะเห็นว่ามีช่องทางที่จะเทคโนโลยีเพียร์ทูเพียร์เข้ามาทำงานร่วมกันกับระบบการประชุม เพื่อสร้างระบบการประชุมรูปแบบใหม่ที่ยังคงรองรับการทำงานเดิมของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่และเพิ่มความสามารถในการขยายขนาดของระบบการประชุมโดยใช้ความสามารถของเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

บทที่ 3
การตรวจเอกสาร

บทนี้เป็นการการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยเอกสารที่ได้ทำการตรวจสอบนั้นจะเกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีเพียร์ทูเพียร์มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับโปรโตคอล SIP ในการสร้างระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย ซึ่งเทคนิคที่ได้รับการนำเสนอจะแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ SIP-using-P2P [16], [22] และ P2P-over-SIP [17], [18], [19], [20], [22] โดยจะเริ่มอธิบายรายละเอียดของแต่ละเทคนิคก่อน จากนั้นจะนำแต่ละเทคนิคมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ถึงขั้นตอนการทำงาน

3.1 SIP-using-P2P

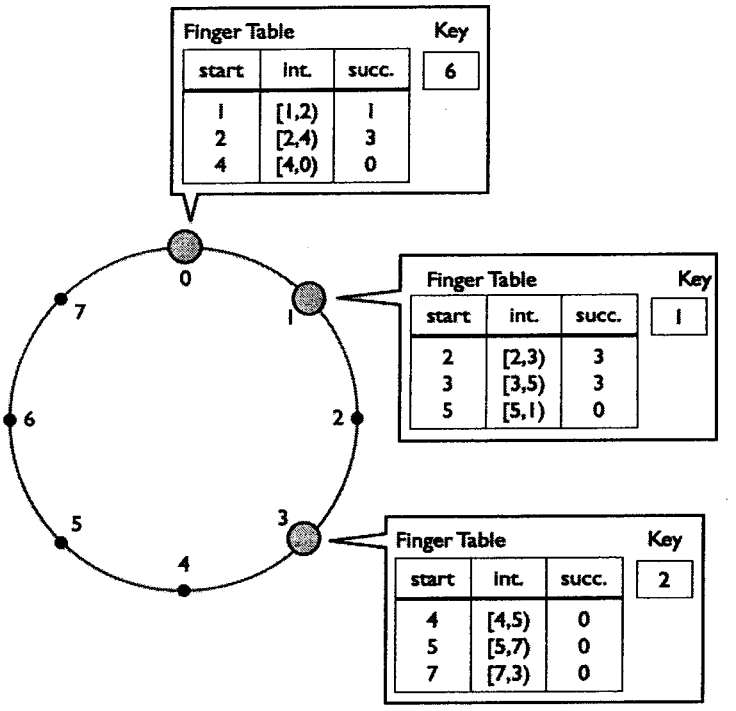
เป็นการนำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มาใช้จัดการระบบจัดเก็บและค้นหาข้อมูล SIP URI ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้ในการระบุตำแหน่งในการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้บริการในระบบหรือที่เรียกว่า SIP Location Service โดยปกติแล้วในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะใช้ SIP Proxy หรือ SIP Registrar ในการให้บริการข้อมูลที่อยู่ของผู้ใช้บริการในระบบ อีกทั้งยังใช้สัญญาณ SIP แลกเปลี่ยนข้อมูลต่าง ๆ ภายในระบบ แต่สำหรับเทคนิคนี้จะทำการเก็บข้อมูล SIP URI ของผู้ใช้บริการแต่ละคนลงใน Distributed Hash Table (DHT) [24] โดยตรงและไม่ใช้สัญญาณ SIP ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล แต่จะใช้โปรโตคอลเพียร์ทูเพียร์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล สำหรับภาพการทำงานแบบ SIP-using-P2P แสดงดังในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 การทำงานแบบ SIP-using-P2P

รูปแบบในการเก็บและค้นหาข้อมูลในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นสามารถแยกออกเป็น 2 แบบด้วยกันคือ Unstructured และ Structured โดยในแบบแรกนั้นจะรูปแบบที่ไม่มีโครงสร้างความสัมพันธ์ในการเก็บข้อมูล และการค้นหาข้อมูลจะใช้วิธีการกระจายข้อมูลสอบถามไปยังโหนดทั้งหมดในเครือข่าย (Flooding) เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ ส่วนอีกรูปแบบหนึ่งนั้นจะมีโครงสร้างความสัมพันธ์ในการเก็บข้อมูลที่เรียกว่า Distributed Hash Table (DHT)

DHT ยังสามารถแบ่งได้ออกเป็นหลายประเภท ได้แก่ Chord [25], Content Addressable Network (CAN) [26] และ Pastry [27] เป็นต้น ซึ่งจะมีกลไกที่เหมาะสมในการค้นหา (Lookup), การดูแลจัดการการเข้าร่วมและออกจากเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยกลไกที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอล SIP กับเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะเป็นประเภท Chord โดยจะอธิบายรายละเอียดเพียงคร่าว ๆ ดังต่อไปนี้

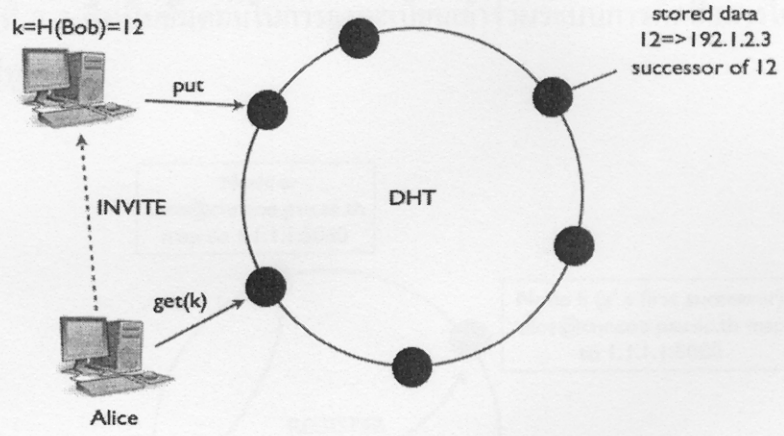


รูปที่ 3-2 เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์รูปแบบ Chord

Chord มีลักษณะเป็นเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แบบวงแหวน (Ring-based Topology) นั้นหมายความว่าโหนดที่เข้าร่วมในเครือข่ายจะถูกจัดสรรตำแหน่งให้อยู่เรียงกันภายในลักษณะวงแหวน และใช้เทคนิคการเข้าคู่ของ Key และ Value ในกระบวนการค้นหาทำให้สามารถทำการค้นหาได้โดยรับประกันการค้นหาจะไม่เกิน O(LogN) โดยที่ N คือจำนวนโหนดทั้งหมดที่อยู่ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ นอกจากนั้นแล้วแต่ละโหนดจะมีการเก็บตารางข้อมูล

(Finger Table) เอาไว้เพื่อช่วยในการค้นหา ซึ่งตารางจะเก็บข้อมูลเฉพาะบางโหนดเท่านั้น โดยรูปแบบของ Chord จะแสดงดังในรูปที่ 3-2

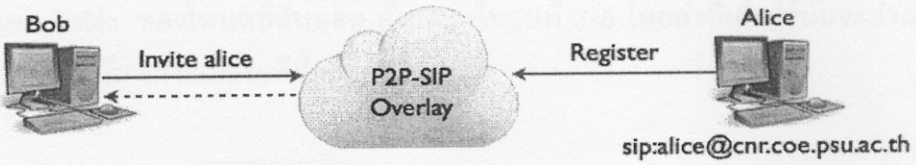
สำหรับตัวอย่างการทำงานแบบ SIP-using-P2P จะแสดงดังรูปที่ 3-3 ซึ่งเป็นการที่ Alice ต้องการทำการติดต่อสื่อสารกับ Bob โดยเริ่มแรกนั้น Bob ได้เข้าสู่เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดย Bob จะมี SIP-URI เป็น sip:bob@cnr.coe.psu.ac.th และเมื่อ Bob เข้าสู่เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ก็จะนำ SIP-URI ไปเข้ารหัสด้วยวิธีการ Hash ซึ่งจะได้ Key ออกมาแล้วนำไปเก็บลงใน DHT จากนั้น Alice ซึ่งมีความต้องการจะติดต่อกับ Bob ก็จะใช้ Key ทำการค้นหาที่อยู่ของ Bob ในเครือข่าย เมื่อ Alice ได้ตำแหน่งที่อยู่ของ Bob มาเรียบร้อยแล้วก็จะทำการส่งสัญญาณ SIP INVITE ไปยัง Bob โดยตรง เหมือนกับระบบการติดต่อสื่อสารเครือข่าย แต่กระบวนการนี้สัญญาณ SIP จะไม่ถูกส่งผ่าน SIP Proxy แต่อย่างใด



รูปที่ 3-3 แสดงการทำงานแบบ SIP-using-P2P เมื่อต้องการทำการติดต่อสื่อสาร

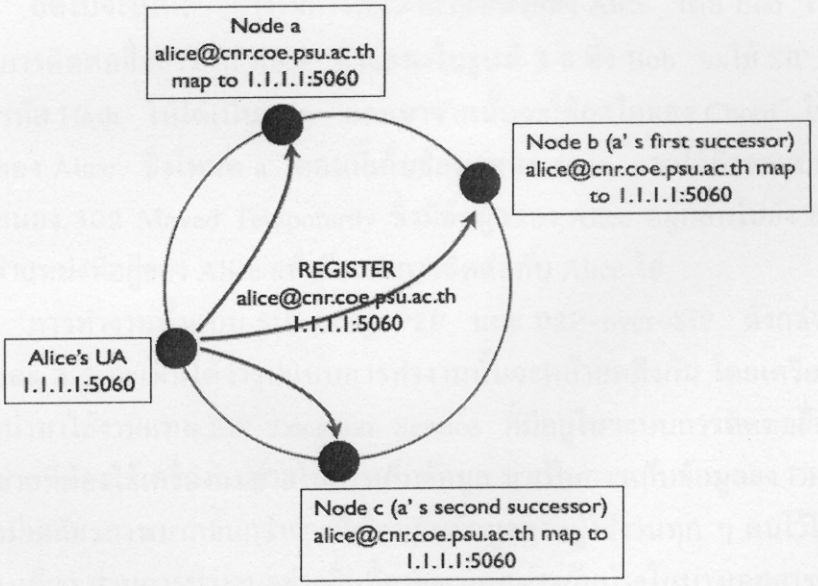
3.2 P2P-over-SIP

เป็นการสร้างระบบเครือข่ายสำหรับการติดต่อสื่อสารที่นำ SIP มาใช้เป็นในการดูแลจัดการระบบเครือข่ายเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยจะเห็นว่าข้อมูลในการเข้าร่วมหรือออกจากเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะอยู่ใน SIP Body ของ SIP Message และแลกเปลี่ยนกันในระบบเครือข่าย และเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะทำหน้าที่เสมือนเป็นระดับชั้นบริการ (Service Layer) โดยเครือข่ายถูกใช้เป็นช่องทางในการส่งสัญญาณ SIP ระหว่างโหนด (Transport Service), การให้บริการการลงทะเบียน (Registrar Service) และทำการเก็บข้อมูลระบุที่อยู่ของผู้ใช้ในระบบ (Location Service) อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 การทำงานแบบ P2P-over-SIP

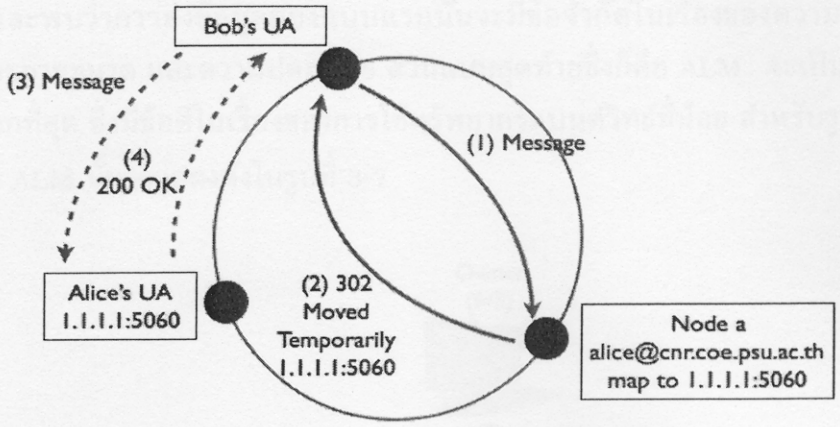
เนื่องจากการทำงานแบบ P2P-over-SIP ยังคงสร้างเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ขึ้นมาแบบ Chord ทำให้โหนดเข้าร่วมระบบอยู่ในรูปของวงแหวนเช่นเดียวกับการทำงานแบบ SIP-using-P2P และกลไกบางอย่างก็ทำงานเช่นเดียวกัน เช่น การจัดการระบบจัดเก็บและค้นหาข้อมูล SIP URI (SIP Location Service) เพียงแต่จะใช้ SIP เข้ามาห่อหุ้มข้อมูลเพียร์ทูเพียร์ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ตัวอย่างการทำงานโดยละเอียดนั้นจะยกเป็นตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 3-5 ซึ่งเป็นขั้นตอนในการลงทะเบียนเข้าร่วมระบบการติดสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์



รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการลงทะเบียนของ UA ใน P2P-over-SIP

จากตัวอย่างนั้น Alice ซึ่งเป็นผู้ที่ต้องการเข้าร่วมระบบการติดต่อสื่อสาร โดยเริ่มต้น Alice จะได้รับหมายเลขไอพีเป็น 1.1.1.1 และทำการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยกระบวนการที่เกิดขึ้นจะใช้สัญญาณ SIP REGISTER โดย Alice จะมี SIP URI เป็น sip:alice@cnr.coe.psu.ac.th และทำการเข้ารหัส Hash เพื่อให้ได้มาซึ่ง Key จากนั้นจะนำไปเก็บ

ลงใน Finger Table ของโหนดที่สืบทอด ดังแสดงในรูปที่ 3-5 โดยค่าที่เก็บไว้นั้นจะทำการเข้าคู่ระหว่าง SIP URI กับหมายเลขไอพีที่อยู่ของ Alice



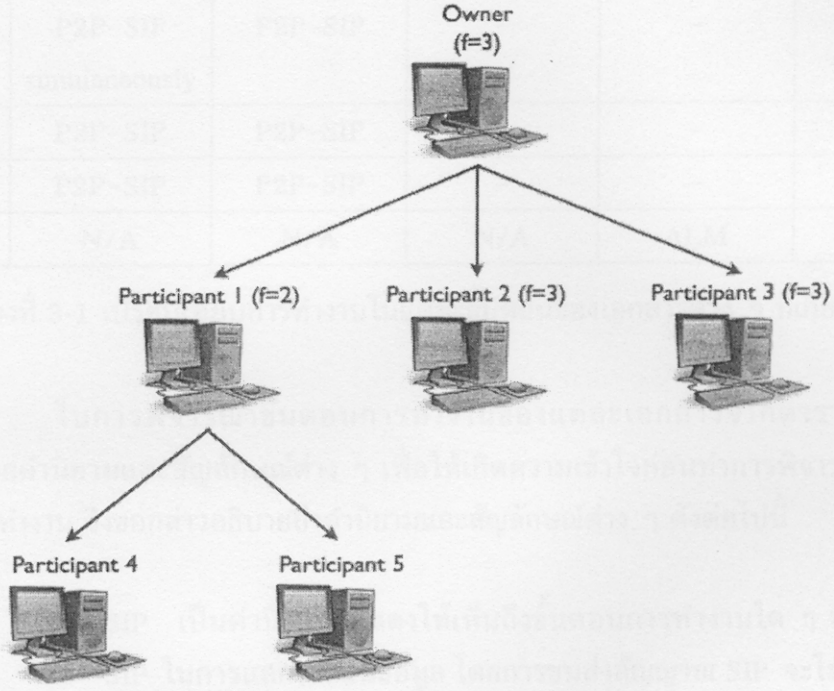
รูปที่ 3-6 การค้นหาตำแหน่งของ UA ใน P2P-over-SIP

ถัดไปจะเป็นตัวอย่างในการค้นหาตำแหน่งของ Alice โดย Bob เป็นผู้ทำการค้นหา เพื่อทำการติดต่อสื่อสารกับ Alice ดังแสดงในรูปที่ 3-6 ซึ่ง Bob จะใช้ SIP URI ของ Alice มาเข้ารหัส Hash ให้ได้เป็น Key ออกมาจากนั้นจะใช้กลไกของ Chord ในการค้นหาตำแหน่งที่อยู่ของ Alice ซึ่งโหนด a ตอนนี้เก็บข้อมูลของ Alice เอาไว้ก็จะตอบกลับมาด้วยสัญญาณตอบสนอง 302 Moved Temporarily ซึ่งมีข้อมูลของ Alice อยู่กลับไปยัง Bob จากนั้น Bob ซึ่งทราบตำแหน่งที่อยู่ของ Alice แล้วก็จะทำการติดต่อกับ Alice ได้

การทำงานทั้งแบบ SIP-using-P2P และ P2P-over-SIP ดังกล่าวข้างต้นในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการทำงานนั้นจะคล้ายคลึงกัน โดยเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นจะถูกนำมาใช้งานแทน SIP Location Service ที่มีอยู่ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่ต้องใช้เครื่องแม่ข่ายในการเก็บข้อมูล มาเป็นการเก็บข้อมูลลง DHT แทน ซึ่งทำให้เครือข่ายมีเสถียรภาพมากขึ้นกว่าการที่ต้องเก็บข้อมูลของผู้ใช้งานทุก ๆ คนไว้ในเครื่องแม่ข่ายเพียงเครื่องเดียว ส่วนการทำงานอย่างอื่นที่อาจจะแตกต่างกันบ้างในบางเอกสารนั้นก็คือ ในบางเอกสารนั้นจะมีการใช้ SIP Location Service ที่อยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม พร้อมกับ SIP Location Service บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ไปพร้อม ๆ กัน และในบางเอกสารก็พยายามที่จะนำแนวความคิดของทั้งสองแบบมาผสมผสานกันที่เรียกว่า Hybrid P2P SIP [22] เป็นต้น

นอกจากรูปแบบที่เกิดขึ้นในการสร้างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แล้วจะพบว่ายังมีเอกสารที่ได้กล่าวถึงการส่งข้อมูลสื่อประสมในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยเอกสารนี้จะไม่ได้กล่าวถึงรายละเอียดในขั้นตอนการสร้างการติดต่อสื่อสาร แต่

จะเน้นในเรื่องของการส่งข้อมูลสื่อประสมหลังจากที่มีการสร้างการเชื่อมต่อแล้ว กลไกการส่งข้อมูลประสมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลาย เช่น การส่งข้อมูลสื่อประสมแบบ Multicast, Full-mesh และ Application Layer Multicast (ALM) แต่สำหรับเอกสารนี้ได้ทำการวิเคราะห์และพบว่าการส่งข้อมูลสองแบบแรกนั้นจะมีข้อจำกัดในเรื่องของความซับซ้อน การรองรับการขยายขนาด และความปลอดภัย ส่วนแบบสุดท้ายซึ่งก็คือ ALM จะเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้มากที่สุด ซึ่งมีข้อดีในเรื่องของการใช้ทรัพยากรแบนด์วิทธ์ที่น้อย สำหรับรูปแบบการส่งข้อมูลแบบ ALM นั้นจะแสดงดังในรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 การส่งข้อมูลสื่อประสมแบบ Application Layer Multicast (ALM)

3.3 การเปรียบเทียบเอกสาร

การตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาแยกออกเป็นขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้อง เช่น การลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ การสร้างการสนทนาและการส่งข้อมูลสื่อประสม เป็นต้น โดยการแยกออกเป็นขั้นตอน เพื่อนำมาสร้างเป็นตารางเปรียบเทียบวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในแต่ละเอกสาร ดังแสดงในตารางที่ 3-1 จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงรายละเอียดของแต่ละวิธีการ

Literature	Registration & Lookup	Call Management	Conference Management	Realtime Media	Non-Realtime Media
[16]	P2P	SIP	-	-	-
[17]	SIP and P2P-SIP simulaneously	P2P-SIP	N/A	-	P2P-SIP
[18], [19]	P2P-SIP	P2P-SIP	-	-	-
[20]	SIP and P2P-SIP simulaneously	P2P-SIP	-	-	-
[21]	P2P-SIP	P2P-SIP	-	-	-
[22]	P2P-SIP	P2P-SIP	-	-	-
[23]	N/A	N/A	N/A	ALM	-

ตารางที่ 3-1 เปรียบเทียบการทำงานในแต่ละขั้นตอนของเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในการพิจารณาขั้นตอนการทำงานของแต่ละเอกสารจากตารางที่ 3-1 จะประกอบด้วยคำนิยามและสัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเข้าใจก่อนทำการพิจารณาในแต่ละขั้นตอนการทำงาน จึงขอกล่าวอธิบายถึงคำนิยามและสัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. SIP เป็นคำนิยามที่แสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานใด ๆ ที่ใช้สัญญาณ SIP ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยการขนส่งสัญญาณ SIP จะไม่ได้ถูกส่งบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ แต่จะทำงานอยู่บนเครือข่ายระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม
2. P2P เป็นคำนิยามที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานใด ๆ ที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ไม่ว่าจะเป็นการค้นหาหรือการจัดการการโหนดที่อยู่ภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นจะไม่เกี่ยวข้องกับ SIP แต่อย่างใด
3. P2P-SIP เป็นคำนิยามที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานใด ๆ ก็ตามที่มีการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP และเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยอาจจะเกิดขึ้นในรูปแบบ SIP-using-P2P หรือ P2P-over-SIP
4. N/A เป็นคำสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่าในเอกสารที่กล่าวถึงไม่ได้มีการระบุวิธีการที่ชัดเจนในวิธีการที่ทำให้แต่ละขั้นตอนนั้นสำเร็จได้อย่างไร เพียงแต่กล่าวแบบคร่าว ๆ ว่าสามารถที่จะทำได้ของแต่ละขั้นตอน

5. เครื่องหมาย – เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นว่าในเอกสารที่กล่าวถึงไม่ได้มีการพูดถึงหรือกล่าวเกี่ยวกับวิธีการของแต่ละขั้นตอน

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3-1 ซึ่งกล่าวถึงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ จะพบว่าขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นนั้นแบ่งได้ออกเป็น 5 ขั้นตอนที่สำคัญด้วยกัน โดยจะแยกพิจารณาในแต่ละขั้นตอนดังนี้

3.3.1 Registration & Lookup

ขั้นตอนนี้จะกล่าวถึงวิธีที่ใช้ในการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ รวมถึงการค้นหาข้อมูล SIP URI ของผู้เข้าร่วมระบบ โดยจากตารางที่ 3-1 จะพบว่าในการลงทะเบียนและการค้นหาข้อมูล SIP URIL จะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีการด้วยกัน คือ P2P, SIP และ P2P-SIP แต่จะเห็นว่าในบางเอกสารจะใช้วิธีการของ SIP และ P2P-SIP ทำงานควบคู่กันแบบขนาน

เมื่อทำการพิจารณาในแต่ละวิธีการโดยเริ่มจากวิธีการของ P2P ซึ่งเป็นวิธีการที่ปราศจากเครื่องแม่ข่ายเข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูล SIP URI โดย SIP URI จะถูกกระจายเก็บอยู่ในโหนดที่อยู่ภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ แต่จะเห็นว่าวิธีการนี้จะต้องทำการสร้างเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ขึ้นมาตั้งแต่ต้น ทำให้ไม่สามารถทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่ไม่ได้ทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้ ถัดไปเป็นวิธีการของ SIP ที่ยังคงทำงานอยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่มีการเก็บข้อมูลอยู่ที่เครื่องแม่ข่าย ทำให้การลงทะเบียนและการค้นหาทำได้สะดวก และสุดท้ายเป็นวิธีการของ P2P-SIP ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP และเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในการลงทะเบียนและค้นหาข้อมูล ส่วนในบางเอกสารที่ใช้วิธีการของ SIP และ P2P-SIP ควบคู่กันแบบขนานนั้นจะเพิ่มความซับซ้อนให้กับระบบมากขึ้น ดังนั้นวิธีการของการลงทะเบียนและการค้นหา SIP URI สำหรับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นจะใช้วิธีการของ SIP

3.3.2 Call Management

ขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาเฉพาะการเชื่อมต่อระบบการติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งต่อหนึ่ง โดยจะดูเฉพาะรูปแบบของสัญญาณควบคุมที่จะเกิดขึ้นเพื่อสร้างการเชื่อมต่อระบบการติดต่อสื่อสาร ก่อนที่จะมีการส่งข้อมูลสื่อประสมภาพ รวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างกัน โดยจะพบว่าวิธีการที่ใช้ในการสร้างการเชื่อมต่อจะมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การใช้สัญญาณ SIP เป็นสัญญาณควบคุม ในการสร้างการเชื่อมต่อ และอีกวิธีการหนึ่งคือการใช้สัญญาณ

SIP ที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ วิธีนี้จะมีการเพิ่มเติมความสามารถให้กับสัญญาณ SIP โดยมีการเพิ่มเติม SIP Header เข้าไปเพื่อให้ทำงานบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้

สำหรับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งยังคงต้องทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมนั้น จะพบว่าในส่วนของการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายนั้นจะยังคงต้องทำงานด้วยวิธีการของ SIP ที่อยู่บนพื้นฐานโครงสร้างของเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการที่ใช้ P2P จะเห็นว่าไม่แตกต่างกันในเรื่องของประสิทธิภาพมากนัก

3.3.3 Conference Management

ขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาเฉพาะการเชื่อมต่อเพื่อสร้างการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เมื่อสังเกตจากตารางที่ 3-1 จะพบว่าในเอกสารต่าง ๆ จะไม่ได้มีการกล่าวถึงระบบการประชุมที่จะเกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์อย่างชัดเจนว่าสามารถทำได้อย่างไร แต่จะมีบางเอกสารที่กล่าวว่ารูปแบบที่เอกสารนั้นได้ออกแบบไว้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นระบบการประชุมผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเล็งเห็นถึงความสำคัญของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ยังไม่ได้มีการกล่าวถึงในรายละเอียดอย่างชัดเจน จึงได้มีการนำเสนอรูปแบบที่จะใช้ในการจัดการระบบการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ขึ้นเพื่อสร้างความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน มีประสิทธิภาพมากกว่าระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่ โดยรายละเอียดของระบบการประชุมนั้นจะกล่าวในบทที่ 4

3.3.4 Realtime Media

ขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาในเรื่องการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบทันเวลาจริงหลังจากที่การประชุมได้เกิดขึ้น โดยเอกสารที่ได้ทำการตรวจสอบจะสนใจเฉพาะเรื่องของการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบทันเวลาจริงบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เท่านั้น ทำให้ข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในตารางที่ 3-1 ไม่ได้มีการระบุถึงวิธีการที่เกิดขึ้นในช่วงก่อนที่จะมีการประชุมเกิดขึ้น สำหรับวิธีการที่นิยมใช้และถูกนำเสนอในการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบทันเวลาจริงในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะใช้วิธีการที่เรียกว่า Application Layer Multicast (ALM)

3.3.5 Non-Realtime Media

ขั้นตอนนี้จะเป็นการพิจารณาในเรื่องการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบไม่ทันเวลาจริง ตัวอย่างของข้อมูลสื่อประสมแบบไม่ทันเวลาจริงได้แก่ Offline Message, Voice Mail, File Transfer เป็นต้น แต่จากการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องจะกล่าวถึงเฉพาะ Offline Message ซึ่งเป็นการแลกเปลี่ยนข้อความในขณะที่ผู้รับได้ทำการออกจากระบบไปแล้ว โดยจะทำงานโดยใช้สัญญาณ SIP และทำการเก็บข้อความกระจายไว้ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เมื่อผู้รับเข้าสู่ระบบก็จะทำการส่งข้อความนั้นไปให้

3.4 สรุป

การตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกันระหว่าง SIP กับเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เพื่อใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ปรากฏว่ามีด้วยกัน 2 เทคนิคด้วยกันคือ SIP-using-P2P และ P2P-over-SIP ดังได้กล่าวโดยละเอียดข้างต้น และได้ทำการเปรียบเทียบโดยแยกออกเป็นขั้นตอนการทำงานดังแสดงในตารางที่ 3-1 ซึ่งจะแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน จากนั้นทำการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการทำงานเพื่อที่จะนำมาใช้ในการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งจะอธิบายไว้ในบทที่ 4

บทที่ 4
การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

จากเนื้อหาบทที่ 2 ที่ได้นำเสนอทฤษฎี หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับ SIP สถาปัตยกรรมระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายและเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ประกอบกับเนื้อหาบทที่ 3 ซึ่งเป็นการตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบและทำการวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการทำงาน โดยความรู้ที่ได้มาจากการศึกษานั้นจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ภายในบทนี้ สำหรับรายละเอียดของบทนี้จะเริ่มกล่าวถึงแนวความคิดเริ่มต้นในการออกแบบ ซึ่งจะกล่าวถึงปัญหา ข้อเสียที่เกิดขึ้นในระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม ความแตกต่างของระบบที่มีการนำเสนอในเอกสารต่างกับระบบที่ถูกออกแบบขึ้น และสุดท้ายเป็นรายละเอียดของการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์โดยจะแสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการนำเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มาใช้

4.1 แนวความคิดกับการออกแบบ

เพื่อให้เข้าใจถึงแนวความคิดของการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงปัญหา ข้อเสียของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่มีอยู่ก่อน จากความรู้ในบทที่ 2 ที่ได้อธิบายเกี่ยวกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย จะพบว่าระบบการประชุมที่ทำงานอยู่บนพื้นฐานของ SIP จะทำงานอยู่บนโครงสร้างสถาปัตยกรรมแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย โครงสร้างแบบนี้มีข้อดีอยู่หลายประการ แต่อย่างไรก็ตามการที่ระบบการประชุมต้องพึ่งพาเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมทำให้ระบบการประชุมที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะมีมากกว่าหนึ่งกลุ่มการประชุมเกิดปัญหาหรือข้อเสีย ดังนี้

1. ภาระงานที่เครื่องแม่ข่ายต้องรับในการจัดการควบคุมดูแลการประชุม ซึ่งทำให้เกิดความเสี่ยงต่อปัญหาคอขวด และสภาวะความล้มเหลวจากจุดเดียว
2. การรองรับการขยายขนาดของระบบการประชุม เนื่องจากกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นนั้นถูกแบกรับด้วยเครื่องแม่ข่าย ทำให้เมื่อใดที่เครื่องแม่ข่ายเกิดล้มหรือมีปัญหา การประชุมที่เกิดขึ้นจะไม่มีเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมการประชุมโดยทันที และไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้

จากปัญหาข้างต้นทำให้ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายที่ทำงานอยู่บนพื้นฐานโครงสร้างแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายไม่มีเสถียรภาพ และไม่เหมาะสมต่อการขยายขนาดของระบบ ดังนั้นจึงได้มีการหาวิธีการที่จะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาใช้ในการจัดการระบบการประชุม โดยข้อดีของเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่จะเข้ามาแก้ไขปัญหาของโครงสร้างแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายได้ดังนี้

1. การที่เทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มีลักษณะโดยธรรมชาติเป็นระบบเครือข่ายแบบกระจาย และสมาชิกทุกตัวมีสิทธิเท่าเทียมกัน ทำให้ระบบการประชุมที่จะเกิดขึ้นอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นมีลักษณะเป็นแบบกระจาย กล่าวคือเมื่อกลุ่มการประชุมถูกสร้างขึ้น โหนดที่อยู่ภายในกลุ่มการประชุมจะช่วยกันทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลการประชุมที่เกิดขึ้น โดยภาระงานจะไม่ตกอยู่ที่โหนดใดโหนดหนึ่ง ทำให้กลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นมีการควบคุมที่อิสระ และกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นสามารถมีได้จำนวนมาก
2. การที่แต่ละกลุ่มการประชุมแยกกันดูแลและควบคุม ทำให้สัญญาณควบคุมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นไม่จำเพาะเจาะจงส่งไปยังโหนดใดโหนดหนึ่งเพียงตัวเดียว ซึ่งทำให้ระบบไม่ต้องพบกับปัญหาคอขวดและความล้มเหลวจากจุดเดียว

เมื่อได้ทราบคุณสมบัติของระบบเครือข่ายเพียร์ที่จะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาข้างต้นแล้ว ทำให้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ดังได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 โดยวิธีการที่ใช้ในการสร้างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะถูกสร้างขึ้นอยู่บนพื้นฐานของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งหมายความว่าการจะทำการติดต่อสื่อสารขึ้นมาจะต้องทำการสร้างเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ขึ้นมาก่อนเสมอ ทำให้ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมได้โดยทันที ซึ่งส่งผลกระทบต่อโปรแกรมประยุกต์ที่มีอยู่ในปัจจุบันก็ไม่สามารถทำงานได้บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่มีการนำเสนอนี้ได้ และเมื่อมองจากโครงสร้างสถาปัตยกรรมหากต้องการให้ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมจะต้องมีการเพิ่มเติมในส่วนเชื่อมต่อระหว่างระบบทั้งสองที่เรียกว่า Gateway ซึ่งเพิ่มความซับซ้อนให้กับระบบ และต้องมีการเพิ่มเติมหรือแก้ไขโปรโตคอลเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสาร

ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้นำเสนอวิธีการสร้างระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในลักษณะผสมผสานโดยไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP เดิมที่มีอยู่รวมเข้ากับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้นำเสนอขึ้น โดยระบบการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นจะเป็นระดับชั้นเสมือนที่ถูกสร้างขึ้นจากระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย โดยรายละเอียดของการออกแบบนั้นจะถูกอธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

4.2 โปรโตคอลและรูปแบบวิธีการที่นำมาใช้

เมื่อได้รับทราบถึงแนวความคิดในการออกแบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ถัดมาจะเป็นการกล่าวถึงโปรโตคอลและวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการออกแบบระบบการประชุม โดยได้ทำการพิจารณาจากตารางที่ 3-1 และคำนึงถึงความต้องการที่จะให้ระบบการประชุมที่จะออกแบบสามารถทำงานได้โดยไม่กระทบต่อระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม สำหรับรูปแบบที่นำเสนอจะแสดงในตารางที่ 4-1

	Registration & Lookup	Call Management	Conference Management	Realtime Media	Non-Realtime Media
Proposed	SIP	SIP	P2P-SIP	ALM	P2P-SIP

ตารางที่ 4-1 รูปแบบวิธีการของระบบการประชุมแบบกระจาย
โดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

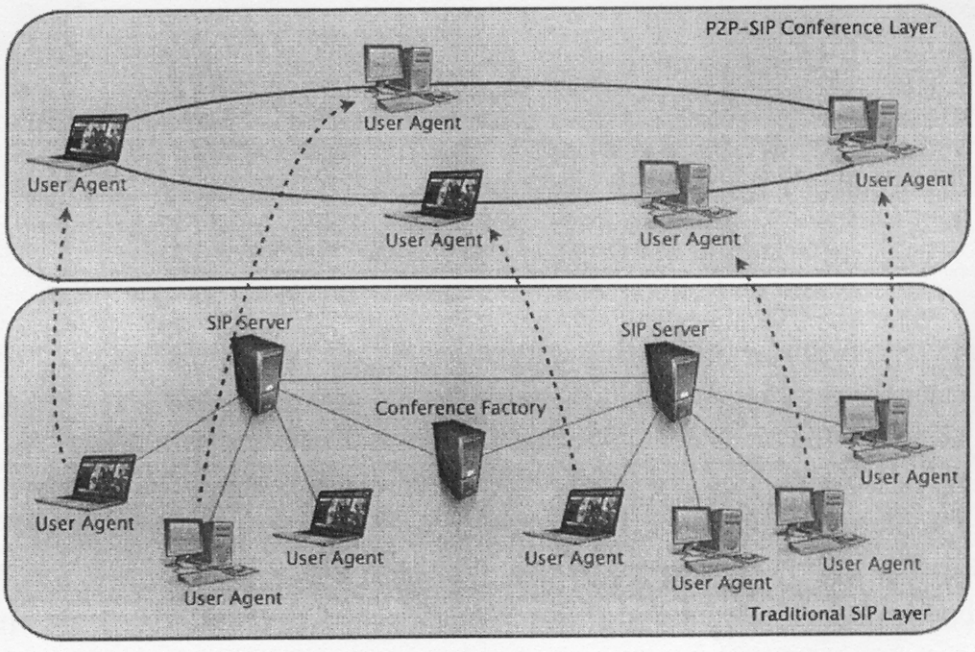
จากตารางที่ 4-1 จะเห็นว่ารูปแบบวิธีการที่นำมาใช้ในส่วนการลงทะเบียนเพื่อเข้าสู่ระบบ และระบบการติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งต่อหนึ่งเป็นแบบ SIP ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำงานอยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อให้ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมยังคงสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการแก้ไขหรือเพิ่มเติมองค์ประกอบใหม่เข้าไป เพื่อใช้ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม และอีกเหตุผลหนึ่งที่ไม่ได้มีการใช้ P2P-SIP เข้ามาแทนที่การทำงานในส่วนนี้โดยตรง เนื่องจากการนำ P2P-SIP จะส่งผลให้โปรแกรมประยุกต์ที่รองรับการทำงานระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมไม่สามารถทำงานได้ จะต้องมีการแก้ไขโปรแกรมประยุกต์หรืออาจจะต้องมีการเพิ่มเติมองค์ประกอบในโครงสร้างเข้าไปใหม่ เพื่อให้โปรแกรมประยุกต์สามารถทำงานร่วมกับการทำงานที่อยู่ในรูปแบบของ P2P-SIP ได้

ในส่วนถัดมาเป็นเรื่องของระบบการประชุมซึ่งถูกออกแบบและทำงานอยู่บนพื้นฐานของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม โดยในส่วนของระบบการประชุมจะทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์และใช้สัญญาณ SIP ในการจัดการระบบการประชุม ซึ่งข้อดีของระบบการประชุมที่อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะทำให้รูปแบบที่เกิดขึ้นเป็นแบบกระจายโดยสมบูรณ์ และปราศจากเครื่องแม่ข่ายใด ๆ เข้ามาช่วยในการควบคุมดูแลการประชุม สำหรับรายละเอียดของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะอธิบายไว้ในหัวข้อถัดไป

จากนั้นจะเป็นเรื่องของการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบทันเวลาจริงและไม่ทันเวลาจริงที่เกิดขึ้นในระบบการประชุม โดยในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอรูปแบบที่มีการใช้ในการตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ ข้างต้น ซึ่งการส่งข้อมูลสื่อประสมแบบทันเวลาจริงจะใช้วิธีการที่เรียกว่า Application Layer Multicast (ALM) ส่วนแบบไม่ทันเวลาจริงนั้นจะเป็นการใช้สัญญาณ SIP ในส่วนของการจัดการสัญญาณควบคุมอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ แต่ในการทดสอบและพัฒนาโปรแกรมประยุกต์นั้นจะไม่ครอบคลุมถึงการส่งข้อมูลสื่อประสมต่าง ๆ ในระบบการประชุม

4.3 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

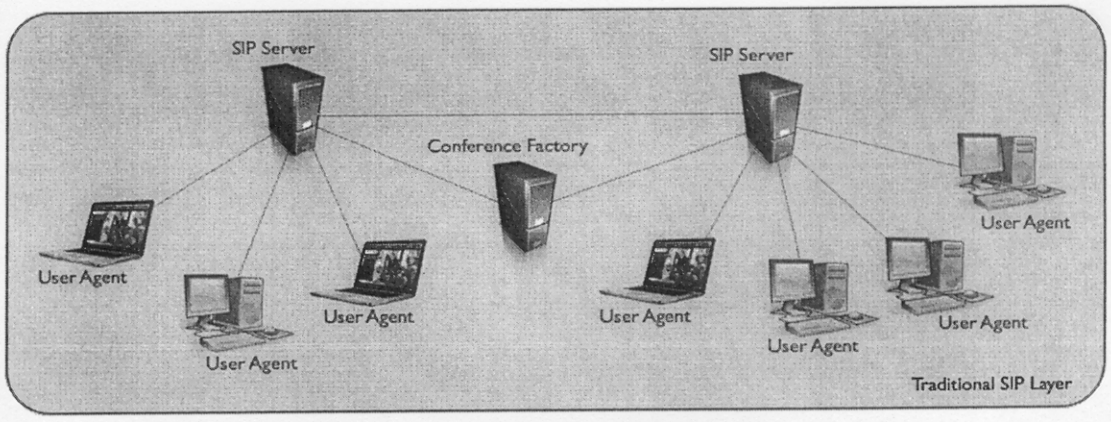
รูปแบบโปรโตคอลและวิธีการที่เลือกดังแสดงในตารางที่ 4-1 สามารถนำมาออกแบบเป็นภาพของสถาปัตยกรรม เพื่อนำมาใช้ในการสร้างระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้ดังแสดงในรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 สถาปัตยกรรมระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

การออกแบบสถาปัตยกรรมการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะสนใจในเรื่องของการทำงานพื้นฐานที่จะเกิดขึ้นบนระบบการประชุมผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยที่ระบบการประชุมที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม และทำให้โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันยังคงสามารถทำงานร่วมกับระบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมนี้ได้ ไม่ว่าจะเป็นการลงทะเบียน การติดต่อสื่อสารแบบหนึ่งต่อหนึ่ง รวมถึงระบบการประชุมผ่านเครือข่าย เพียงแต่ถ้าหากต้องการทำการประชุมที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งรองรับการขยายขนาดของระบบ มีเสถียรภาพเนื่องจากปราศจากเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมจะต้องทำการเพิ่มเติมการทำงานในส่วนของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้าไป สำหรับโครงสร้างของระบบจะแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับชั้น คือ ระดับชั้นการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม (Traditional SIP Layer) และระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ (P2P-SIP Conference Layer) โดยองค์ประกอบและการทำงานในแต่ละระดับชั้นมีดังนี้

4.3.1 ระดับชั้นการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายเดิม



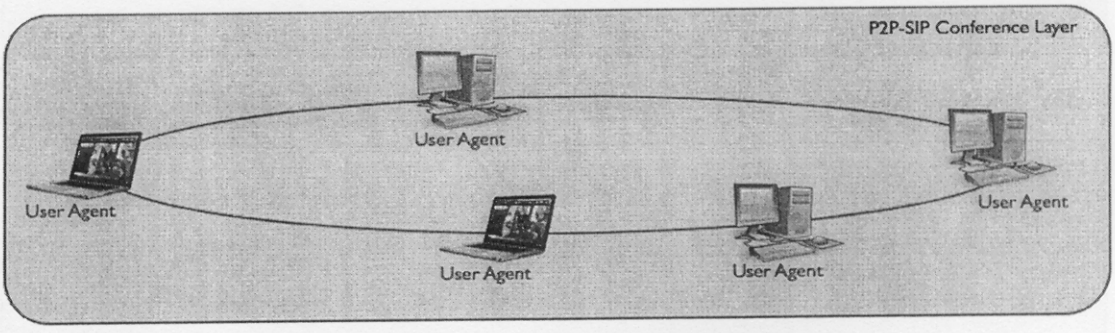
รูปที่ 4-2 ระดับชั้นการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม

ดังได้กล่าวไปแล้วว่าในระบบการประชุมที่ได้รับการออกแบบจะรองรับและสนับสนุนการทำงานที่มีอยู่ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม ซึ่งทำงานอยู่โครงสร้างแบบเครื่องลูกข่ายและแม่ข่ายดังแสดงในรูปที่ 4-2 สำหรับองค์ประกอบภายในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมจะประกอบด้วยกัน 2 ส่วนด้วยกันคือ เครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่าย การทำงานที่เกิดขึ้นในระดับชั้นนี้จะมีตั้งแต่การลงทะเบียนผู้ใช้เพื่อเข้าสู่ระบบ การสร้างการเชื่อมต่อระหว่างผู้สนทนาในลักษณะที่มีการส่งข้อมูลภาพและเสียงระหว่างกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง รวมถึงการส่งข้อความแลกเปลี่ยนระหว่างกัน

ปกติแล้วการประชุมที่เกิดขึ้นบนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย จะมีเครื่องแม่ข่ายที่เรียกว่า Focus ทำหน้าที่ในการดูแลควบคุมการประชุมที่เกิดขึ้นดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งทำให้ระบบการประชุมเกิดข้อจำกัด เมื่อ Focus เกิดปัญหาหรือหายไปจากระบบ ซึ่งจะส่งผลทำให้การประชุมที่เกิดขึ้นไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ ดังนั้นในส่วนของระบบการประชุมจึงได้มีการออกแบบและทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

แต่จากรูปที่ 4-2 จะเห็นได้ว่าระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในส่วนของระดับชั้นการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมนั้นยังคงมีเครื่องแม่ข่ายที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม คือ Conference Factory โดยเครื่องแม่ข่ายนี้จะทำหน้าที่ในการสร้างหมายเลขแสดงตัวตนของกลุ่มการประชุม (Conf-ID) สำหรับ Conference Factory จะรับสัญญาณร้องขอ SIP จากผู้ร้องขอการสร้างการประชุม จากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะสร้าง Conf-ID และส่งกลับไปยังผู้ร้องขอ นอกจากนั้น Conference Factory ยังทำการเก็บข้อมูล Conf-ID เอาไว้ด้วย

4.3.2 ระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

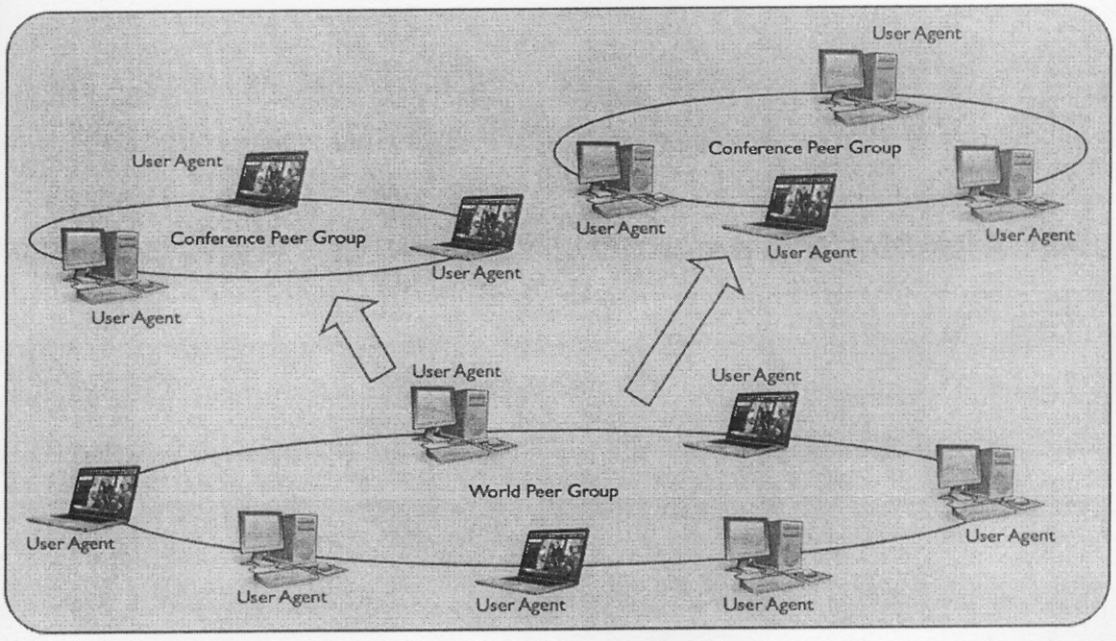


รูปที่ 4-3 ระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

ระดับชั้นการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อจะแสดงให้เห็นถึงข้อดีที่มีการนำเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาใช้ในระบบการประชุมแทนที่ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมซึ่งข้อจำกัดต่าง ๆ ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1 และเนื่องจากระบบการประชุมเกิดขึ้นอยู่บนบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ดังแสดงในรูปที่ 4-3 โดยองค์ประกอบและการทำงานที่เกิดขึ้นจะแตกต่างจากระดับชั้นของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม เพราะระดับชั้นนี้เป็นระดับชั้นเสมือนที่ถูกสร้างขึ้นบนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมอีกทีหนึ่ง โดย UA แต่ละตัวจะมีสิทธิเท่าเทียมกันและปราศจากเครื่องแม่ข่ายใด ๆ เข้ามาควบคุมการประชุม

เนื่องจากการทำงานของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะปราศจากเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมการประชุม ดังนั้นจึงทำให้กลไกที่จะใช้ในการควบคุมการประชุม การเก็บข้อมูลของการประชุมที่เกิดขึ้นถูกจัดการโดยโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แตกต่างจากระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม โดยโหนดที่อยู่ในกลุ่มการประชุมจะต้องช่วยกันคอยดูแลควบคุมการประชุมที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจจะมีโหนดมากกว่าหนึ่งโหนดที่เข้ามาช่วยกันควบคุม และส่วนของข้อมูลการประชุมก็เช่นเดียวกันจะถูกกระจายเก็บอยู่ DHT ของแต่ละโหนดในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

ดังนั้นกลไกการทำงานในระดับชั้นของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จึงถูกแยกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ World Peer Group และ Conference Peer Group ดังแสดงในรูปที่ 4-4 โดยแนวความคิดในการแยกการทำงานออกเป็นกลุ่ม ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4-4 แนวความคิดของระดับชั้น P2P-SIP Conference

4.3.2.1 World Peer Group

สำหรับแนวความคิดของ World Peer Group จะเปรียบเสมือนห้องโถงกลางการประชุม ซึ่งผู้ที่ต้องการเข้าร่วมการประชุมทุกคนจะต้องเข้ามาอยู่ห้องโถงกลางการประชุมก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นภายในห้องโถงกลางจะมีการสร้างการประชุมย่อย ๆ กระจายอยู่ภายใน โดยผู้ที่อยู่ในห้องโถงกลาง อาจได้รับคำเชิญจากเจ้าของกลุ่มการประชุมหรือเลือกกลุ่มการประชุมที่ตนสนใจ และแยกย้ายเข้าไปร่วมประชุมยังกลุ่มที่เกิดขึ้นภายในห้องโถงกลาง จากแนวความคิด

ข้างต้นทำให้กลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นภายในห้องโถงกลางมีได้มากกว่าหนึ่ง และแต่ละกลุ่มการประชุมก็จะมีผู้ดูแลการประชุมแยกออกจากกันโดยชัดเจนจึงทำให้ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ออกแบบนี้มีลักษณะเป็นการประชุมแบบกระจาย

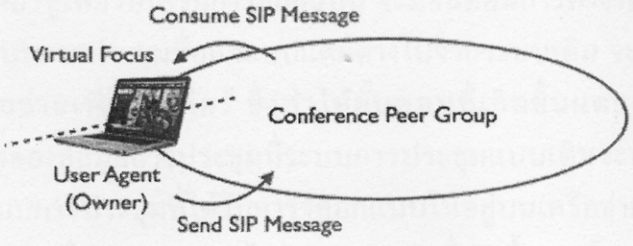
นอกจากกลุ่มการประชุมที่ถูกกระจายอยู่ภายในห้องโถงกลางการประชุมแล้ว จะยังมีข้อมูลของกลุ่มการประชุมที่จะถูกกระจายอยู่ภายในห้องโถงกลางการประชุม โดยหลังจากที่กลุ่มการประชุมถูกสร้างขึ้นจะมีการสร้างข้อมูลของการประชุมและกระจายไปเก็บใน DHT ของโหนดสมาชิกที่อยู่ในห้องโถงกลาง ซึ่งทำให้ระบบไม่จำเป็นต้องมีเครื่องแม่ข่ายเข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูลของการประชุมที่เกิดขึ้น อีกทั้งความสามารถของ DHT ทำให้โหนดแต่ละโหนดสามารถทำการค้นหาข้อมูลของการประชุมที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และปราศจากความล้มเหลวจากจุดเดียว

4.3.2.2 Conference Peer Group

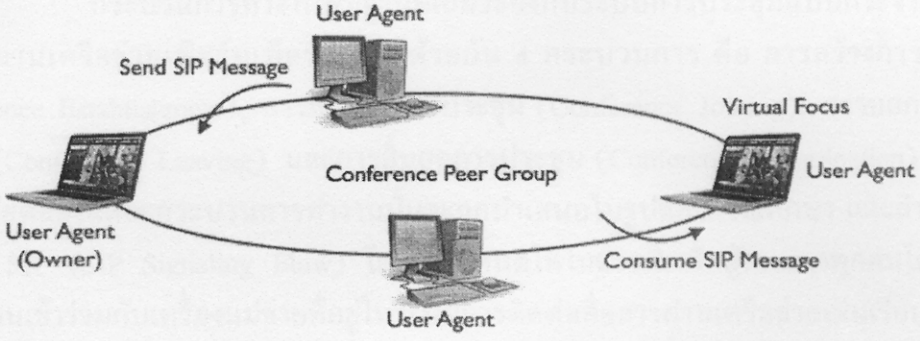
เมื่อห้องโถงกลางมีการสร้างกลุ่มการประชุมขึ้น ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเรียกกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นว่า Conference Peer Group โดยกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นจะมีได้มากกว่าหนึ่งกลุ่มการประชุมภายในห้องโถงกลางการประชุม แต่ละกลุ่มการประชุมจะดูแลควบคุมการประชุมของแต่ละกลุ่มเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาเครื่องแม่ข่ายในการควบคุมเช่นเดียวกับระบบการประชุมผ่านเครือข่ายเดิม หน้าที่ในการดูแลควบคุมการประชุมนั้นจะเป็นของสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มการประชุมนั้น ๆ ช่วยกันดูแล การที่ระบบการประชุมได้รับการออกแบบให้เป็น 2 กลุ่มข้างต้นนี้ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้เครื่องแม่ข่ายเข้ามาจัดการควบคุมการประชุมคือ ระบบการประชุมมีลักษณะเป็นการประชุมแบบกระจาย โดยแต่ละกลุ่มการประชุมจะแยกกันรับผิดชอบดูแลการประชุม ทำให้ระบบมีประสิทธิภายในการรองรับการขยายขนาด และมีเสถียรภาพในการควบคุมโดยไม่ต้องพึ่งเครื่องแม่ข่ายใด ๆ ซึ่งก่อให้เกิดความล้มเหลวจากจุดเดียวหรือปัญหาคอขวดได้

กลไกในการควบคุมระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะถูกออกแบบและส่งผลให้ระบบมีความสามารถในการทำงานแบบกระจาย โดยภาระงานที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มการประชุมจะแยกกันดูแลจัดการในแต่ละกลุ่มเองอย่างชัดเจน โดยโหนดที่อยู่ภายในแต่ละกลุ่มการประชุมจะถูกกำหนดหน้าที่ในการจัดการดูแลระบบเสมือนกับเป็น Focus ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเรียกโหนดเหล่านั้นว่า Virtual Focus เมื่อเปรียบเทียบการทำงานของ Virtual Focus กับ Focus จะพบว่าการทำงานของทั้งสองคล้ายคลึงกัน คือ Virtual Focus และ Focus ต่างมีหน้าที่ที่จะจัดการกับสัญญาณ SIP ที่เข้าในระบบการประชุม และควบคุมการใช้งานทรัพยากรที่อยู่ในระบบการประชุม แต่สิ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องทำการนิยาม Virtual Focus ขึ้นมา เนื่องจาก Virtual Focus จะถูกกำหนดให้ไม่ต้องยึดติดอยู่ที่โหนดใดโหนดหนึ่งในกลุ่มการประชุม โดยกลไกในการเลือก Virtual

Focus นั้นจะเป็นแบบแปรผัน (Dynamic) ซึ่งจะแตกต่างจาก Focus ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นหน้าที่ของเครื่องแม่ข่ายตัวหนึ่งในการจัดการดูแลการประชุม และในการประชุมหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นจะมี Virtual Focus ได้มากกว่าหนึ่งอีกด้วย



รูปที่ 4-5 เจ้าของกลุ่มการประชุมทำหน้าที่เป็น Virtual Focus



รูปที่ 4-6 ผู้เข้าร่วมการประชุมทำหน้าที่เป็น Virtual Focus

จากรูปที่ 4-5 เป็นการกำหนด Virtual Focus ให้เป็นหน้าที่ของเจ้าของการประชุมที่ถูกสร้างขึ้น เนื่องจากเมื่อการประชุมหนึ่ง ๆ ถูกสร้างขึ้นจะมีเพียงเจ้าของการประชุมเท่านั้นที่อยู่ภายในกลุ่มการประชุม ดังนั้นเจ้าของการประชุมจึงต้องทำหน้าที่เป็น Virtual Focus โดยปริยาย จากนั้นเมื่อมีผู้เข้าร่วมการประชุมมากขึ้นหน้าที่ของ Virtual Focus สามารถจะส่งมอบไปให้ยังโหนดอื่น ๆ ที่อยู่ในการประชุม ดังแสดงในรูปที่ 4-6 ซึ่งจะเห็นว่าในขณะนี้โหนดที่เป็นผู้เข้าร่วมการประชุมเป็นผู้รับหน้าที่เป็น Virtual Focus ส่วนกลไกในการเลือกโหนดที่จะเป็น Virtual Focus ก็ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของเจ้าของการประชุม โดยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะไม่ครอบคลุมถึงกลไกในการเลือก Virtual Focus แบบแปรผัน

4.3.3 กระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม

โดยปกติแล้วกระบวนการทำงานที่เกี่ยวของกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ไม่ว่าจะเป็นระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมหรือระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้รับการออกแบบ จะมีขั้นตอนการทำงานพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่สิ่งที่ทำให้ระบบการประชุมที่ออกแบบแตกต่างไปจากระบบเดิม จะเป็นเรื่องของกลไกที่ต้องเกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งทำให้ขั้นตอนที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไปด้วย นอกจากนั้นจะมีเรื่องของข้อมูลการประชุมที่ระบบการประชุมแบบเดิมจะทำการเก็บข้อมูลไว้ที่เครื่องแม่ข่าย แต่ระบบการประชุมที่ได้รับการรออกแบบให้อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นี้จะใช้ความสามารถแบบกระจายในการกระจายข้อมูลการประชุมที่เกิดขึ้นภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และความสามารถที่ได้เพิ่มขึ้นมาจากการนำเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาใช้ในระบบการประชุมซึ่งทำให้เกิดข้อดีในเรื่องของเสถียรภาพและรองรับการขยายขนาด ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.1

กระบวนการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะมีอยู่ด้วยกัน 4 กระบวนการ คือ การสร้างการประชุม (Conference Establishment), การเข้าร่วมการประชุม (Conference Joining), การออกจากการประชุม (Conference Leaving) และการสิ้นสุดการประชุม (Conference Termination) สำหรับรายละเอียดของแต่ละกระบวนการทำงานนั้นจะถูกนำเสนอในรูปของกรณีศึกษา และลำดับของสัญญาณ SIP (SIP Signaling Flow) โดยจะกำหนดให้ในช่วงเริ่มต้นผู้สนทนาทุกคนได้ทำการลงทะเบียนเข้าร่วมกับเครื่องแม่ข่ายที่อยู่ในระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายเดิมเรียบร้อยอยู่แล้ว โดยที่การลงทะเบียนนั้นผู้สนทนาแต่ละคนอาจทำการลงทะเบียนกันต่างเครื่องแม่ข่ายกันได้ เพียงแต่ในกรณีแต่ละเครื่องแม่ข่ายต้องทำการกำหนดความไว้วางใจระหว่างกันก่อน จะเห็นได้ว่ากระบวนการเริ่มต้นของระบบยังคงทำงานอยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมในเรื่องของการลงทะเบียน และการค้นหา SIP URI ของผู้สนทนาในระบบ

จากนั้นรูปแบบของการประชุมที่เกิดขึ้นจะพึ่งพาความสามารถของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยผู้สนทนาทุกคนที่จะทำการประชุมจะต้องเข้าไปยังห้องโถงกลางการประชุมก่อน ซึ่งจะมีกลุ่มการประชุมย่อย ๆ ที่ถูกสร้างและกระจายอยู่ภายใน ผู้สนทนาอาจจะได้รับการเชิญจากผู้สร้างกลุ่มการประชุม หรือสามารถที่จะทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่สนใจและแยกย้ายเข้าร่วมกับกลุ่มที่สนใจ สำหรับกลุ่มการประชุมหนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นจะมี Conf-ID เป็นตัวอ้างอิง โดยรายละเอียดของแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังนี้

4.3.3.1 การสร้างการประชุม (Conference Establishment)

การสร้างการประชุมบนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม จะต้องมี Conf-ID เพื่อใช้สำหรับการอ้างอิงการประชุม โดยปกติการได้มาซึ่ง Conf-ID สามารถทำได้หลากหลายวิธีการด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Conference Server Application ที่ทำหน้าที่เป็น IVR (Interactive Voice Response) เพื่อทำการร้อง Conf-ID มาใช้สำหรับการสร้างการประชุม จากตัวอย่างนี้ Conference Server Application จะทำหน้าที่ในการสร้างการประชุม และทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ใหม่พร้อมกับ Conf-ID กลับไปยังผู้ร้องขอ เพื่อให้เข้าร่วมการประชุม ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า Dial-In

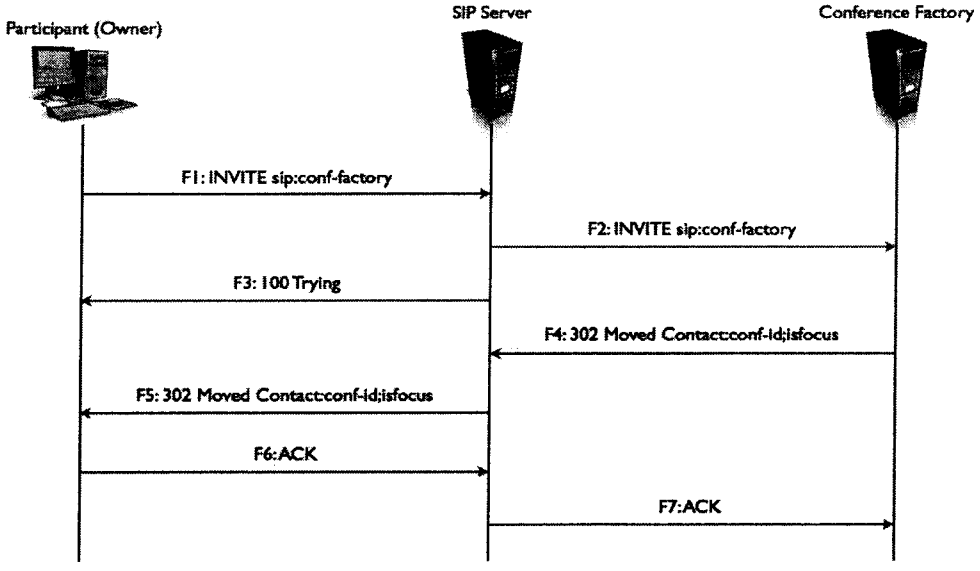
สำหรับอีกวิธีการหนึ่งคือการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE เพื่อร้องขอ Conf-ID ไปยังเครื่องแม่ข่าย โดยมีการระบุ SIP URI เป็น Conference Factory โดย Conference Factory จะทำหน้าที่ในการสร้าง Conf-ID ให้กับผู้ร้องขอ จากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะทำตรวจสอบ SIP URI และพบว่าว่าเป็นสัญญาณที่ร้องขอ Conf-ID เครื่องแม่ข่ายก็จะทำการส่งสัญญาณต่อไปยัง Conference Factory หลังจากนั้น Conference Factory จะทำการสร้าง Conf-ID และส่งกลับไปยังผู้ร้องขอ เมื่อผู้ร้องขอการสร้างการประชุมได้รับ Conf-ID ก็จะทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE อีกครั้งหนึ่งพร้อมระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ไปยัง Focus ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายที่ทำหน้าที่ในการดูแลจัดการการประชุม ทั้งในเรื่องของสิทธิต่าง ๆ และการเข้าถึงทรัพยากรภายในการประชุม เพื่อเริ่มต้นระบบการประชุม

โครงสร้างสถาปัตยกรรมที่ได้ทำการออกแบบจะทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายที่หลีกเลี่ยงการควบคุมดูแลจัดการโดยเครื่องแม่ข่าย ดังนั้นจึงทำให้กระบวนการในการสร้างการประชุมที่จะเกิดขึ้นแตกต่างกันออกไป โดยจะมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้คือ

1. เมื่อผู้สนทนามีความต้องการที่จะสร้างการประชุม จะมีการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ที่ระบุ SIP URI เป็น Conference Factory ส่งไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ได้ทำการลงทะเบียน ทั้งนี้เพื่อทำการร้องขอ Conf-ID ในการสร้างและอ้างอิงการประชุม
2. เครื่องแม่ข่ายได้รับสัญญาณร้องขอ INVITE และทำการตรวจสอบพบว่าเป็นสัญญาณที่ทำการร้องขอ Conf-ID เพื่อสร้างการประชุม เครื่องแม่ข่ายจะทำการส่งสัญญาณต่อไปยัง Conference Factory โดยทันที
3. Conference Factory หลังจากได้รับสัญญาณร้องขอจะทำการสร้าง Conf-ID และส่งกลับไปยังผู้ร้องขอ โดยใช้สัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily ซึ่งภายในจะมี Header ที่ระบุ Conf-ID

4. หลังจากที่ผู้ร้องขอได้รับ Conf-ID แล้ว ต่อไปจะเป็นการเข้าสู่เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งผู้ที่จะเข้าร่วมการประชุมจะต้องเข้าไปยัง World Peer Group ก่อน
5. เมื่อได้เข้าร่วมยัง World Peer Group เรียบร้อยแล้ว ผู้ร้องขอจะทำการสร้าง Conference Peer Group บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์อีกทีหนึ่ง โดยใช้ Conf-ID ที่ได้รับมาใช้เป็นตัวอ้างอิงกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้น
6. ผู้สร้างการประชุมจะเข้าร่วมกลุ่มการประชุมย่อยได้ โดยทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus เพื่อร้องขอการเข้ากลุ่มการประชุม จะเห็นได้ว่าในขณะเริ่มต้นจะมีผู้สร้างการประชุมอยู่ในกลุ่มการประชุมอยู่เพียงคนเดียว ดังนั้นผู้สร้างการประชุมถึงถูกกำหนดให้ต้องทำหน้าที่เป็น Virtual Focus ด้วย เมื่อการประชุมถูกสร้างขึ้น
7. เมื่อกลุ่มการประชุมถูกสร้างขึ้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะมีการเก็บข้อมูลของกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นลงใน DHT บน World Peer Group เนื่องจากการที่ระบบไม่มีเครื่องศูนย์กลางในการเก็บข้อมูล และเป็นการกระจายข้อมูลกลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้นอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

ลำดับกระบวนการการสร้างระบบการประชุมที่ได้กล่าวไปข้างต้น จะเห็นได้ว่ากระบวนการทำงานจะถูกแยกอยู่ทั้งบนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม และระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ดังนั้นลำดับสัญญาณที่เกิดขึ้นจากลำดับเหตุการณ์ข้างต้น จึงแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 4-7 และรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-7 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการร้องขอ Conf-ID
บนระดับชั้นระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม

จากรูปที่ 4-7 เป็นลำดับสัญญาณ SIP ที่ผู้ต้องการสร้างการประชุมส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Conference Factory เพื่อขอ Conf-ID ในการอ้างอิงกลุ่มการประชุมที่จะสร้างขึ้น สิ่งที่ควรสังเกตจากลำดับสัญญาณข้างต้นมีด้วยกัน 2 จุดคือ ลำดับสัญญาณที่ F1 และ F5 โดยจะแสดงตามลำดับดังต่อไปนี้

```
F1:
INVITE sip:conf-factory@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 508801 1554d9416337e8e88d28efd783@172.30.138.181
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=77617
To: <sip:conf-factory@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK19000
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:powner@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

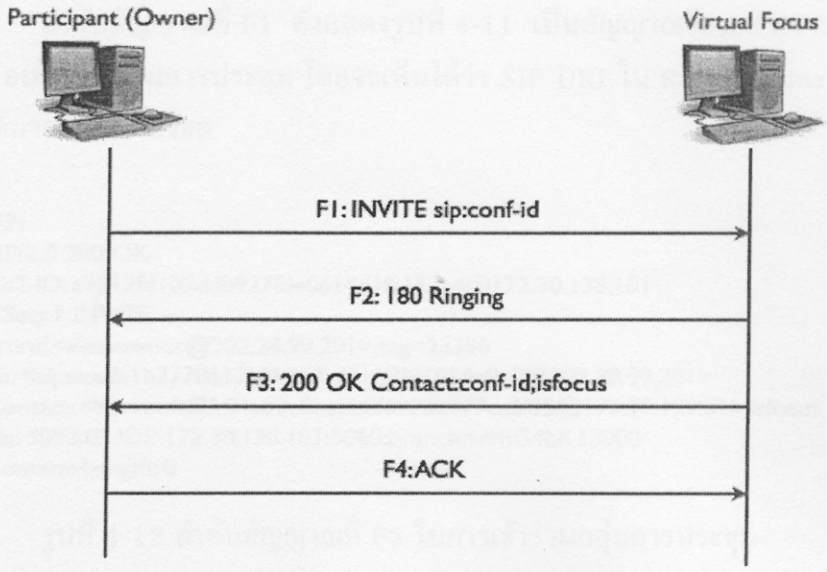
รูปที่ 4-8 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการร้องขอ Conf-ID

ลำดับสัญญาณที่ F1 ดังแสดงในรูปที่ 4-8 เป็นสัญญาณร้องขอ INVITE ที่ใช้ในการร้องขอ Conf-ID ที่ถูกส่งไปยัง Conference Factory จะสังเกตได้ว่า Request-Line ในบรรทัดแรกมีการระบุ SIP URI เป็นที่อยู่ของ Conference Factory

```
F5:
SIP/2.0 302 Moved Temporarily
Call-ID: 508801 1554d9416337e8e88d28efd783@172.30.138.181
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=77617
To: <sip:conf-factory@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK19000
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@172.30.129.51>;isfocus
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 4-9 ลำดับสัญญาณที่ F5 ในการร้องขอ Conf-ID

ลำดับสัญญาณที่ F5 ดังแสดงในรูปที่ 4-9 เป็นสัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily ที่ใช้ตอบกลับสัญญาณร้องขอ INVITE ในการร้องขอ Conf-ID จะสังเกตได้ว่า Conf-ID ที่ถูกสร้างขึ้นมาและเก็บอยู่ใน SIP URI ใน Contact Header และจะมีพารามิเตอร์ isfocus ระบุไว้เพื่อบอกให้ทราบว่าสัญญาณนี้เป็นส่วนหนึ่งของการประชุม



รูปที่ 4-10 ลำดับสัญญาณ SIP ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม
บนระดับชั้นระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

จากรูปที่ 4-10 ซึ่งเป็นลำดับสัญญาณ SIP ที่ผู้ต้องการสร้างกลุ่มการประชุมส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus โดยมีการระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ที่ได้จากการร้องขอในรูปที่ 4-7 ลำดับสัญญาณข้างต้นจะมีจุดที่ควรสังเกตด้วยกัน 2 จุดด้วยกันคือ ลำดับสัญญาณที่ F1 ตรงที่ SIP URI มีการระบุที่อยู่เป็นของ Conference Factory และ F5 ตรงที่ Contact Header มีการระบุ Conf-ID ที่จะถูกใช้ในการสร้างกลุ่มการประชุม

```
F1:
INVITE sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: a9812fd102ddb927fde0614d1fa153a4@172.30.138.181
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=23396
To: <sip:conff9bcf24e684d824ce3513f98170f66e@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK30000
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:powner@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Type: application/sdp
Content-Length: ...

(SDP not shown)
```

รูปที่ 4-11 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม

ลำดับสัญญาณที่ F1 ดังแสดงรูปที่ 4-11 เป็นสัญญาณร้องขอ INVITE ที่ใช้ในการร้องขอเพื่อเข้าร่วมกลุ่มการประชุม โดยจะเห็นได้ว่า SIP URI ใน Request-Line จะระบุเป็น Conf-ID ที่ได้มาจากการร้องขอ

F3:
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: a9812fd102ddb927fde0614d1fa153a4@172.30.138.181
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=23396
To: <sip:confe1b77786172b9d3a61bb3bf1054e9c7@202.28.99.201>
Contact: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@172.30.129.51>;isfocus
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK13000
Content-Length: 0

รูปที่ 4-12 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม

ลำดับสัญญาณที่ F3 ดังแสดงในรูปที่ 4-12 เป็นสัญญาณตอบกลับ 200 OK ที่ใช้ในการตอบรับการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม โดย Virtual Focus จะตอบกลับไปยังผู้ร้องขอ เมื่ออนุญาติให้เข้าร่วมกลุ่มการประชุม

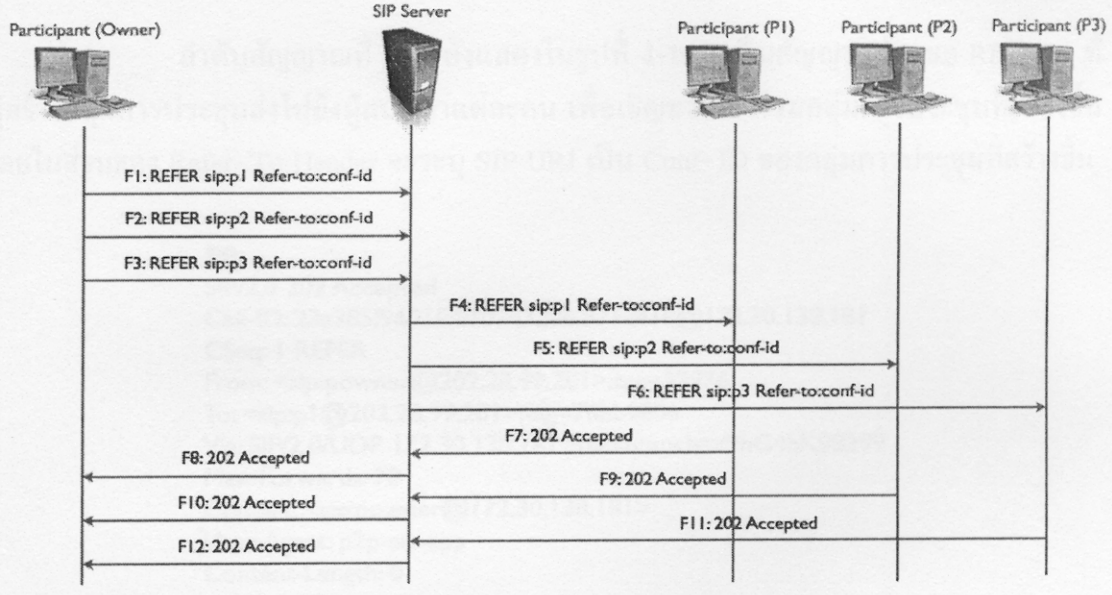
4.3.3.2 การเข้าร่วมการประชุม (Conference Joining)

การเข้าร่วมการประชุมที่เกิดขึ้นภายในระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะเกิดขึ้นได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ วีธีที่หนึ่งเป็นการถูกเชิญเข้าร่วมการประชุมจากผู้สร้างการประชุม และวิธีการที่สองเป็นการค้นหาการประชุมที่ตรงตามความสนใจแล้วตัดสินใจเข้าร่วมการประชุมนั้นด้วยตนเอง โดยรายละเอียดในแต่ละวิธีจะแยกอธิบายเป็นกรณีไป ดังนี้

วิธีที่ 1 การถูกเชิญเข้าร่วมการประชุม

เมื่อกลุ่มการประชุมถูกสร้างขึ้น ผู้สร้างการประชุมจะมีรายชื่อของผู้สนทนาที่ต้องการให้เข้าร่วมการประชุม ซึ่งผู้สร้างการประชุมสามารถที่จะทำการเชิญผู้สนทนาเข้าร่วมการประชุมได้โดยการส่งสัญญาณร้องขอ REFER ที่มีการระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ไปยังผู้สนทนา สำหรับการส่งสัญญาณร้องขอ REFER จะเป็นการส่งสัญญาณบนระดับชั้นของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม เนื่องจากในขณะนั้นผู้สร้างการประชุมเพียงคนเดียวเท่านั้นที่อยู่บนระดับชั้นของระบบการประชุมโดยใช้ SIP เครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ฉะนั้นการที่ผู้สร้างการประชุมจะติดต่อกับผู้สนทนาคนอื่นได้จึงต้องทำการติดต่อผ่านระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมเท่านั้น

หลังจากผู้สนทนาแต่ละคนได้รับสัญญาณร้องขอ REFER ก็จะส่งสัญญาณตอบกลับ 202 Accepted กลับไปยังผู้สร้างการประชุม เพื่อบอกให้ผู้สร้างการประชุมรับทราบว่าขณะนี้ผู้สนทนาได้ทราบว่ามีการสร้างกลุ่มการประชุมเกิดขึ้น จากนั้นจะเป็นการตัดสินใจของผู้สนทนาแต่ละคนว่าจะเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมการประชุม ในกรณีที่ผู้สนทนาต้องการเข้าร่วมการประชุมจะต้องทำการเข้าไปยัง World Peer Group ก่อน จากนั้นจึงนำ Conf-ID ที่ได้มาจากสัญญาณร้องขอ REFER มาทำการเข้ากระบวนการ Hash เพื่อให้ได้ Key ออกมา จากนั้นจึงนำ Key ที่ได้ไปค้นหาข้อมูลกลุ่มการประชุม เพื่อเข้าร่วมการประชุมที่เกิดขึ้น แล้วทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus โดยมี SIP URI ระบุไว้เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมที่จะเข้าร่วม และรอสัญญาณตอบกลับ 200 OK จึงจะถือว่าผู้สนทนาคนนั้น ๆ สามารถเข้าร่วมกลุ่มการประชุมได้



รูปที่ 4-13 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุมบนระดับชั้นระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

จากรูปที่ 4-13 ซึ่งเป็นลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้น โดยการใช้สัญญาณร้องขอ REFER ไปยังผู้สนทนาแต่ละคนที่อยู่ในบัญชีรายชื่อผู้ที่ต้องการให้เข้าร่วมกลุ่มการประชุม จะสังเกตได้ว่าการเชิญผู้สนทนาเข้าร่วมการประชุมนั้นจะยังคงทำงานอยู่บนระดับชั้นระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม

```
F1:
REFER sip:p1@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 23a385f9601fc010747286 2f71c418@172.30.138.181
CSeq: 1 REFER
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=32976
To: <sip:p1@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK98299
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:powner@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Refer-To: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>
Referred-By: <sip:powner@202.28.99.201>
Content-Length: 0
```

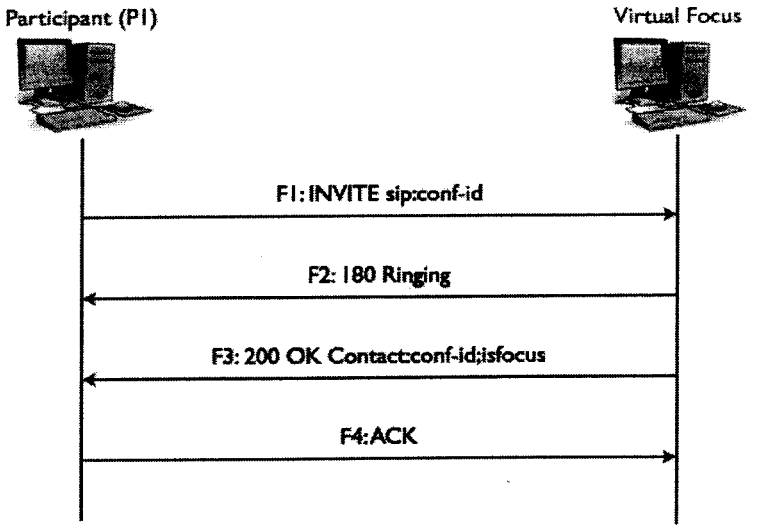
รูปที่ 4-14 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่นเข้าร่วมการประชุม

ลำดับสัญญาณที่ F1 ดังแสดงในรูปที่ 4-14 เป็นสัญญาณร้องขอ REFER ที่ผู้สร้างกลุ่มการประชุมส่งไปยังผู้สนทนาแต่ละคน เพื่อเชิญชวนเข้าร่วมกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้น โดยในส่วนของ Refer-To Header จะระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้น

```
F8:
SIP/2.0 202 Accepted
Call-ID: 23a385f9601fc010747286 2f71c418@172.30.138.181
CSeq: 1 REFER
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=32976
To: <sip:p1@202.28.99.201>;tag=76bb9806
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK98299
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:powner@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 4-15 ลำดับสัญญาณที่ F8 ในการเชิญผู้สนทนาคนอื่นเข้าร่วมการประชุม

ลำดับสัญญาณที่ F8 ดังแสดงในรูปที่ 4-15 เป็นสัญญาณตอบกลับ 202 Accepted ที่ผู้สนทนาใช้ในการตอบกลับไปยังผู้สร้างการประชุม เพื่อรับรู้ว่าตอนนี้กลุ่มการประชุมได้ถูกสร้างขึ้นแล้ว และถ้าหากผู้สนทนามีความต้องการที่จะเข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะต้องทำการเข้าร่วม World Peer Group จากนั้นจึงนำ Conf-ID ที่ได้มาทำการค้นหาข้อมูลกลุ่มการประชุม และใช้สัญญาณร้องขอ INVITE ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมดังกล่าวเช่นเดียวกันกับการที่ผู้สร้างการประชุมเข้าร่วมกลุ่มการประชุม ดังแสดงในรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมของผู้สนทนาคนอื่น

วิธีที่ 2 การค้นหาและเข้าร่วมการประชุมด้วยตนเอง

นอกจากการที่ผู้สร้างการประชุมทำการเชิญชวนผู้สนทนาเข้าร่วมกลุ่มการประชุมแล้ว ผู้สนทนาที่อยู่ในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายสามารถที่จะทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้นบนระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และเข้าร่วมการประชุม การที่ข้อมูลของกลุ่มการประชุมถูกสร้างขึ้นและจัดเก็บอยู่ใน DHT ของโหนดที่อยู่บน World Peer Group ทำให้ระบบการประชุมมีลักษณะเป็นแบบกระจาย และทำให้ผู้สนทนาที่ไม่ได้รับการเชิญจากผู้สร้างการประชุมสามารถที่ทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่น่าสนใจและเข้าร่วมได้ด้วยตนเอง

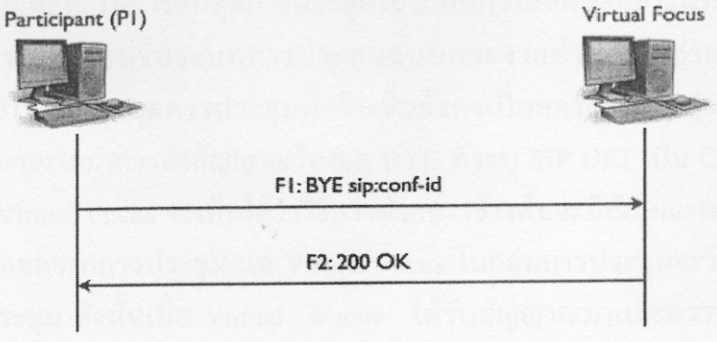
วิธีการนี้จะเป็นวิธีการที่เกิดขึ้นหลังจากที่ได้มีการสร้างกลุ่มการประชุมขึ้นแล้ว โดยผู้สนทนาที่สนใจจะเข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะต้องทำการเข้าไปยัง World Peer Group จากนั้นจึงทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้น โดยการค้นหากลุ่มการประชุมนั้นจะได้มาซึ่ง Conf-ID ของกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นในขณะนั้น ๆ ซึ่งผู้สนทนาต้องนำ Conf-ID ไปใช้ในการค้นหาข้อมูลกลุ่มการประชุมอีกทีหนึ่ง จากนั้นจึงทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus ของกลุ่มการประชุมที่ต้องการเข้าร่วม โดยมีการระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมที่จะเข้าร่วม และรอสัญญาณตอบกลับ 200 OK จึงจะถือว่าผู้สนทนาคนนั้น ๆ ทำการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมได้สำเร็จ จะเห็นว่ากลไกหลังจากการได้มาซึ่ง Conf-ID และทำการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับวิธีที่ 1 อีกทั้งลำดับของสัญญาณ SIP ที่ใช้สำหรับการเข้าร่วมการประชุมแบบที่ผู้สนทนาทำการค้นหาและเข้าร่วมด้วยตนเองจะเป็นเช่นเดียวกันกับการที่ผู้สนทนาได้รับการเชิญจากผู้สร้างกลุ่มการประชุมดังแสดงในรูปที่ 4-16

จากวิธีการในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมทั้งสองแบบจะเห็นว่า เมื่อผู้สนทนาได้เข้าร่วมกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แล้วสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมที่ส่งระหว่างกันจะถูกส่งอยู่บนระดับชั้นของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูณพียร์เท่านั้น และไม่ได้มีการใช้ฟังก์ชันการทำงานที่อยู่บนระดับชั้นของระบบการติดต่อสื่อโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม ซึ่งส่งผลทำให้ระบบที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับการประชุมนั้นเสถียรภาพและรองรับขยายขนาดของผู้เข้าร่วมการประชุมเนื่องจากปราศจากเครื่องแม่ข่ายใด ๆ เข้ามาช่วยในการจัดกลุ่มกาประชุมที่เกิดขึ้น และกลไกในการจัดการกลุ่มการประชุมก็ถูกระจายให้สมาชิกในกลุ่มการประชุมทำหน้าที่ดูแล

4.3.3.3 การออกจากการประชุม (Conference Leaving)

ผู้สนทนาที่เข้าร่วมกลุ่มการประชุม ในบางครั้งอาจมีความจำเป็นที่ต้องออกจากกลุ่มการประชุมอย่างกระทันหันก่อนที่การประชุมจะเสร็จสิ้น ผู้สนทนาในกลุ่มการประชุมสามารถจะออกจากกลุ่มการประชุม โดยการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ที่ระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมไปยัง Virtual Focus เมื่อ Virtual Focus ได้รับสัญญาณร้องขอ BYE และส่งสัญญาณตอบกลับ 200 OK กลับไปยังผู้สนทนาที่ร้องขอการออกจากการประชุม เมื่อผู้ร้องขอออกจากการประชุมได้รับสัญญาณเรียบร้อยแล้วจึงจะถือว่าผู้สนทนาผู้นั้นออกจากกลุ่มการประชุมได้สำเร็จ การออกจากกลุ่มการประชุมนั้นเป็นเพียงแค่การออกจาก Conference Peer Group หรือกลุ่มการประชุมเท่านั้น แต่ผู้สนทนาคนดังกล่าวยังคงอยู่ใน World Peer Group

การที่ระบบถูกออกแบบให้เมื่อมีผู้สนทนาออกจาก Conference Peer Group แล้วแต่ยังคงอยู่ร่วมใน World Peer Group นั้นส่งผลให้ผู้สนทนาที่ออกจากกลุ่มการประชุมสามารถที่จะทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่น่าสนอื่น ๆ ใน World Peer Group และเข้าร่วมกลุ่มการประชุมใหม่ได้ทันที โดยไม่ต้องออกจาก World Peer Group และทำการเข้าร่วมใหม่อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งเป็นการลดเวลาในการเชื่อมต่อเพื่อเข้าสู่ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์



รูปที่ 4-17 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในออกจากกลุ่มการประชุม

จากรูปที่ 4-17 ซึ่งเป็นลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการออกจากกลุ่มการประชุม โดยผู้สนทนาที่ต้องการจะออกจากการประชุมนั้นจะใช้สัญญาณร้องขอ BYE ส่งไปยัง Virtual Focus ของกลุ่มการประชุม และรอสัญญาณตอบกลับเพื่อที่จะออกจากกลุ่มการประชุม โดยรายละเอียดของสัญญาณที่ใช้จะแสดงในรูปที่ 4-18 และรูปที่ 4-19

```
F1:
BYE sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 98b785d6601fc0107963232f71de19
CSeq: 1 BYE
From: <sip:p1@202.28.99.201>;tag=32976
To: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK97643
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:p1@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 4-18 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการออกจากกลุ่มการประชุม

```
F2:
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: 98b785d6601fc0107963232f71de19
CSeq: 1 BYE
From: <sip:p1@202.28.99.201>;tag=32976
To: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK97643
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:p1@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

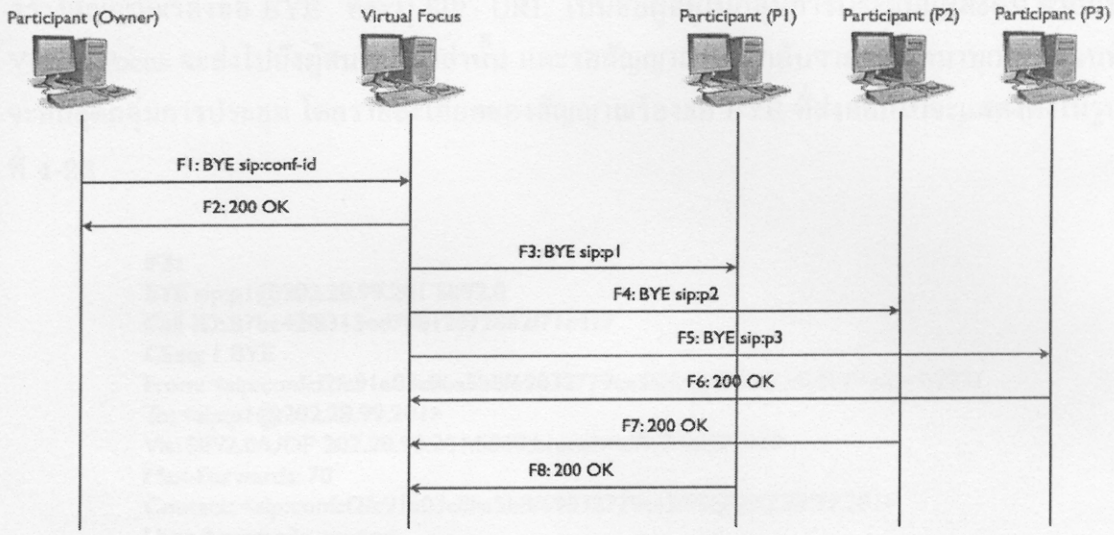
รูปที่ 4-19 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการออกจากกลุ่มการประชุม

4.3.3.4 การสิ้นสุดการประชุม (Conference Termination)

ปกติสิทธิในการสิ้นสุดการประชุมในระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายจะเป็นของผู้สร้างการประชุม สำหรับระบบการประชุมแบบกระจายผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นี้ก็เช่นเดียวกัน สิทธิในการสิ้นสุดการประชุมที่สร้างขึ้นยังคงเป็นของผู้สร้างกลุ่มการประชุม โดยผู้สร้างกลุ่มการประชุมจะทำการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ที่ระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมไปยัง Virtual Focus จะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวข้างต้นจะมีลักษณะเหมือนกับวิธีการที่ผู้สนทนาต้องการออกจากการประชุม แต่ Virtual Focus ในกลุ่มการประชุมจะรับทราบว่าใครคือผู้สร้างกลุ่มการประชุม ดังนั้นเมื่อ Virtual Focus ได้รับสัญญาณมาและตรวจสอบแล้วว่าเป็น

สัญญาณร้องขอที่มาจากผู้สร้างการประชุม นั้นหมายถึงผู้สร้างกลุ่มการประชุมต้องการร้องขอการสิ้นสุดการประชุมที่ตนได้สร้างขึ้น

เมื่อ Virtual Focus ได้รับสัญญาณร้องขอ BYE จากผู้สร้างกลุ่มการประชุม ก็ส่งสัญญาณตอบกลับไปยังผู้สร้างการประชุม จากนั้นจะทำการสร้างสัญญาณร้องขอ BYE และส่งไปยังผู้สนทนาทุกคนที่ยังคงอยู่ในกลุ่มการประชุม และต้องทำการรอสัญญาณตอบกลับของผู้สนทนาทุกคนในกลุ่มการประชุม จึงจะสามารถทำการสิ้นสุดการประชุมได้ โดยการสิ้นสุดการประชุมนั้นเป็นการสิ้นสุดการทำงานของ Conference Peer Group ที่ได้สร้างขึ้นมาเท่านั้น หลังจากการประชุมสิ้นสุดลงแล้วผู้สนทนาทุกคนรวมทั้งผู้สร้างการประชุมจะยังคงอยู่ใน World Peer Group ซึ่งทำให้ผู้สนทนาสามารถที่จะเข้าไปร่วมกลุ่มการประชุมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นอยู่ใน World Peer Group ได้ ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในการสิ้นสุดกลุ่มกาประชุมจะแสดงในรูปที่ 4-20



รูปที่ 4-20 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ใช้ในสิ้นสุดการประชุม

จากลำดับสัญญาณ SIP ในรูปที่ 4-20 จะพบว่าสัญญาณร้องขอ BYE ที่ใช้ในการสิ้นสุดการประชุมนั้นจะมีด้วยกัน 2 ลักษณะด้วยกัน โดยในแบบแรกนั้นจะเป็นสัญญาณร้องขอเพื่อที่จะขอการสิ้นสุดการประชุม ซึ่งจะถูกสร้างและส่งมาจากผู้สร้างกลุ่มการประชุม สัญญาณ BYE ที่ถูกสร้างขึ้นนั้นจะมีการระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุม ดังแสดงในรูปที่ 4-21

```
F1:
BYE sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 98b785d6601fc0107963232f71de19
CSeq: 1 BYE
From: <sip:powner@202.28.99.201>;tag=32976
To: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.138.181:5060;branch=z9hG4bK97643
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:powner@172.30.138.181>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 4-21 ลำดับสัญญาณที่ F1 ในการสิ้นสุดการประชุม

ส่วนแบบที่สองนั้นเป็นสัญญาณร้องขอ BYE ที่ Virtual Focus ใช้ในการส่งไปยังผู้สนทนาที่เหลือในกลุ่มการประชุม เพื่อร้องขอการสิ้นสุดการประชุม โดย Virtual Focus จะต้องสร้างสัญญาณร้องขอ BYE ที่ระบุ SIP URI เป็นชื่อผู้อยู่ในกลุ่มการประชุมแต่ละคน จากนั้น Virtual Focus จะส่งไปยังผู้สนทนาเหล่านั้น และรอสัญญาณตอบกลับจากผู้สนทนาทุกคน ก่อนที่จะสิ้นสุดกลุ่มการประชุม โดยรายละเอียดของสัญญาณร้องขอ BYE ที่ส่งออกไปจะแสดงดังในรูปที่ 4-22

```
F3:
BYE sip:p1@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 87bc42f8313ed79812872862f71c417
CSeq: 1 BYE
From: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>;tag=52231
To: <sip:p1@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 202.28.99.201:5060;branch=z9hG4bK87123
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:confcf2fc91a03c8ba5b8f69832779ca3f05@202.28.99.201>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 4-22 ลำดับสัญญาณที่ F3 ในการสิ้นสุดการประชุม

4.3.4 ข้อมูลของการประชุม

เมื่อกลุ่มการประชุมหนึ่ง ๆ ได้ถูกสร้างขึ้น ระบบจะมีการสร้างข้อมูลของการประชุม และทำการจัดเก็บข้อมูลเหล่านั้นเอาไว้ใน DHT ของเพียร์ที่อยู่ใน World Peer Group สำหรับข้อมูลที่เก็บในแต่ละ DHT นั้นจะถูกกระจายออกไปในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ทำให้เพียร์หนึ่ง ๆ ไม่จำเป็นต้องเก็บข้อมูลของการประชุมทั้งหมดเอาไว้ วิธีในการเก็บข้อมูลของการประชุมที่อยู่ใน World Peer Group นั้นจะเก็บเป็นคู่ความสัมพันธ์ระหว่าง Key และ Value โดยปกติแล้วการเก็บข้อมูลลงใน DHT นั้นสามารถจะเก็บข้อมูลอะไรลงไปก็ได้ ในที่นี้ข้อมูลการประชุมที่จะเก็บ

จะมี Key เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้น และมี Value เป็นรายละเอียดของกลุ่มการประชุม ซึ่งเป็นข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม

รายละเอียดของกลุ่มการประชุมนั้นจะเป็นอย่างไรนั้นขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้ โดยสิ่งที่ควรมีอยู่ในรายละเอียดการประชุมนั้นจะประกอบด้วยข้อมูล Conf-ID ของกลุ่มการประชุม หัวข้อที่ประชุม ผู้สร้างการประชุม เวลาที่เริ่มการประชุม และสิ้นสุดการประชุม เป็นต้น โดยข้อมูลดังกล่าวอาจจะถูกเก็บอยู่ในรูปแบบของ XML ดังแสดงในรูปที่ 4-23

```
<conference>
    <id>conf-id</id>
    <title>environment</title>
    <owener>John Smith</owner>
    <startt_time>13.00</start_time>
    <end_time>14.00</end_time>
    <peer_group_adv>
        ...
    </peer_group_adv>
</conference>
```

รูปที่ 4-23

รูปที่ 4-23 ตัวอย่าง XML ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลกลุ่มการประชุม

4.3.5 กระบวนการจัดการการประชุม

ระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมนั้น เมื่อห้องการประชุมได้ถูกสร้างขึ้น ผู้สร้างการประชุมจะทำการกำหนดสิทธิการเข้าถึงทรัยพากรต่าง ๆ ที่กระจายอยู่ในการประชุมโดยทรัพยากรในที่นี้จะหมายถึงเรื่องของสิทธิหรือนโยบายต่าง ๆ ที่ผู้เข้าร่วมการประชุมสามารถเข้าถึงและใช้งานได้ ซึ่ง Focus จะทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลให้ผู้สนทนาในระบบทำตามสิทธิของตนที่มีอยู่ โดยในระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะเรียกสิทธิในการเข้าถึงทรัพยากรต่าง ๆ ว่า Floor Control (RFC 4582) [28] สำหรับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ออกแบบไว้นั้นไม่ได้ออกแบบครอบคุลมถึงรายละเอียดของการควบคุมดูแลการประชุมโดยตรง ทำให้ภายในกลุ่มการประชุมจะต้องทำการเลือกโหนดที่อยู่ในกลุ่มเข้ามาทำหน้าที่ Virtual Focus ซึ่งภาระหน้าที่ของ Virtual Focus จะต้องทำการจัดการกับสัญญาณ SIP ที่ส่งกันระหว่างโหนดภายในกลุ่มการประชุม และ Virtual Focus ในกลุ่มการประชุมหนึ่ง ๆ อาจจะมีมากกว่าหนึ่งก็ได้ โดยจะต้องมีกลไกเพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อช่วยจัดการเรื่องภาระงานที่จะถูกกระจายในกลุ่มการประชุม ซึ่งทำให้ระบบการประชุมเกิดเป็นระบบการประชุมแบบกระจายโดยสมบูรณ์ สำหรับกลไกที่ใช้ในการเลือกและจัดการเกี่ยวกับ Virtual Focus แบบแปรผันจะไม่ครอบคลุมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

4.4 สรุป

บทนี้เป็นการกล่าวถึงแนวความมคิดในการออกแบบซึ่งกล่าวถึงปัญหาที่เป็นจุดอ่อนของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่ทำงานบนโครงสร้างเครื่องลูกข่ายและแม่ข่าย และกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งการออกแบบนั้นเป็นการนำเสนอระบบการประชุมที่เกิดขึ้นอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งจะเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากระบบการประชุมเดิม อีกทั้งระบบที่ออกแบบขึ้นสามารถที่จะทำงานร่วมระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม โดยได้มีการออกแบบระบบให้อยู่ในรูปของระดับชั้นเสมือนที่ทำงานอยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม โดยระดับชั้นจะใช้สำหรับระบบการประชุมเท่านั้น ซึ่งจะเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการประชุมและรองรับการขยายขนาดของระบบ

จากนั้นได้กล่าวถึงภาพรวมของโครงสร้างสถาปัตยกรรมการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ รายละเอียดการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมซึ่งแตกต่างจะระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมในส่วนที่ต้องมีการทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยจะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด ลำดับสัญญาณที่เกิดขึ้น และจุดสำคัญของสัญญาณที่ควรสังเกตในแต่ละขั้นตอน สำหรับการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะมุ่งเน้นให้ระบบการประชุมเกิดประสิทธิภาพในการทำงานแบบกระจาย มีเสถียรภาพสามารถรองรับการขยายขนาด และสามารถที่จะทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารผ่านโดยใช้ SIP เครือข่ายเดิมที่มีอยู่ได้

บทที่ 5
การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

บทนี้จะเป็นการกล่าวการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ตามที่ได้มีการออกแบบในบทที่ 4 โดยรายละเอียดที่จะกล่าวถึงนั้นจะเริ่มตั้งแต่กระบวนการก่อนที่จะมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ ซึ่งได้มีการศึกษาถึงเครื่องมือสร้างแบบจำลองที่จะใช้ในการทดสอบ แต่พบถึงปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ขึ้นมาแทนโดยจะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างของประยุกต์ และตัวอย่างของโปรแกรมประยุกต์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น

5.1 ก่อนจะมาเป็นโปรแกรมประยุกต์

สำหรับจุดประสงค์ของการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นั้นเพื่อจะพิสูจน์ให้เห็นได้ว่าระบบการประชุมที่ได้รับการออกแบบไว้นั้นสามารถนำมาใช้งานได้จริงในระบบเครือข่ายในปัจจุบัน รวมถึงการพิสูจน์ให้เห็นถึงข้อดีของระบบการประชุมที่เป็นแบบกระจายที่แต่ละกลุ่มการประชุมแยกภาระหน้าที่ในการจัดการ ขั้นตอนการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และแสดงให้เห็นถึงการทำงานร่วมกันระหว่างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมรวมเข้ากับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

สิ่งที่จะใช้ทดสอบการทำงานสามารถทำได้ 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การสร้างแบบจำลอง (Simulation) และการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application) โดยในเริ่มแรกนั้นได้มีการศึกษาและเลือกใช้แบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบและพิสูจน์การทำงาน แต่หลังจากที่ได้ศึกษาถึงเครื่องมือสร้างแบบจำลอง จะพบว่าการพิสูจน์การทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ต้องการที่จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของการทำงานร่วมกันระหว่างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งเครื่องมือสร้างแบบจำลองส่วนใหญ่สามารถที่จะสร้างการทำงานที่อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้ แต่สิ่งหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดคือการที่สร้างระบบเครือข่ายทั้งสองร่วมเข้าด้วยกัน ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้มีการเลือกพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบขึ้น

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่าเป็นการพัฒนาเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 4 โดยโปรแกรมประยุกต์จะถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาจาวาเป็นพื้นฐานทั้งหมด โดยภาษาจาวาเป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุที่มีข้อดีในเรื่องของการทำงานที่สามารถทำได้โดยไม่ขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการ และมีไลบรารีที่สามารถนำมาใช้ร่วมพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่หลากหลาย ทำให้ภาษาจาเป็นภาษาที่ถูกเลือกนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ

สำหรับโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบจะมีการทำงานที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ส่วนใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ ส่วนของการจัดการเกี่ยวกับสัญญาณ SIP และการจัดการเกี่ยวกับเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนั้นไม่ได้รวมอยู่ในไลบรารีมาตรฐานของภาษาจาวา ดังนั้นโปรแกรมประยุกต์จึงได้มีการศึกษาและเลือกไลบรารีที่เหมาะสมเข้ามาใช้ในการจัดการกับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ ไลบรารีที่ถูกนำมาใช้จะมีด้วยกัน 2 ไลบรารี คือ

5.2.1 Jain-SIP

เป็นไลบรารีแบบเปิดที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเกี่ยวกับสัญญาณ SIP ซึ่งจะอ้างอิงตามมาตรฐาน RFC 3261 โดยไลบรารีได้มีการจัดเตรียมช่องทางการเชื่อมต่อ การสร้างสัญญาณ SIP และการแปลความหมายของสัญญาณ รวมถึงฟังก์ชันในการแจ้งถึงเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นส่งต่อไปโปรแกรมประยุกต์ภาษาจาวาที่พัฒนาขึ้น สำหรับโครงสร้างสถาปัตยกรรมและรายละเอียดของ Jain-SIP สามารถที่จะเข้าไปทำการศึกษาเพิ่มเติมได้ใน [29]

5.2.2 Jxta

เป็นไลบรารีแบบเปิดที่ใช้สำหรับการจัดการเกี่ยวกับเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งจะอนุญาติให้อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น PDA, PC หรือ Notebook สามารถทำการเชื่อมต่อในลักษณะของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้ ทั้งนี้ไลบรารีได้จัดเตรียมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาโปรแกรมที่ทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้โดยง่าย ได้แก่ เรื่องของการค้นหาเพียร์หรือบริการต่าง ๆ ที่อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโหนด การตรวจสอบสถานะและการจัดการกับกลุ่มเพียร์ เป็นต้น สำหรับโครงสร้างและสถาปัตยกรรมของ Jxta สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน [30]

จากการที่โปรแกรมประยุกต์ต้องทำการอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่รองรับการทำงานแบบ Distributed Hash Table (DHT) ที่อยู่ในรูปแบบของ Chord ซึ่งไลบราลี Jxta ไม่ได้มีการรองรับโดยตรงสำหรับฟังก์ชันการทำงานนี้ แต่ได้มีผู้พัฒนาทำการพัฒนาฟังก์ชันเพิ่มเติมใน

ส่วนของ Chord เข้าไปให้กับไลบรารี Jxta ซึ่งมีชื่อว่า Jxta-Meteor ดังนั้นไลบรารี Jxta-Meteor จึงเป็นส่วนหนึ่งของไลบรารีที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ทำให้โปรแกรมสามารถทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในลักษณะของ Chord ได้ สำหรับรายละเอียดของ Jxta-Meteor สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน [31]

ทั้งนี้การเลือกใช้ไลบรารีที่เหมะสมเข้ามาช่วยในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ถือเป็นสิ่งที่สำคัญส่วนหนึ่งที่จะเข้ามาช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ได้สะดวก ตรงกับวัตถุประสงค์ต่อการพัฒนา และทำให้โปรแกรมประยุกต์ที่ได้รับการพัฒนาประสิทธิภาพ

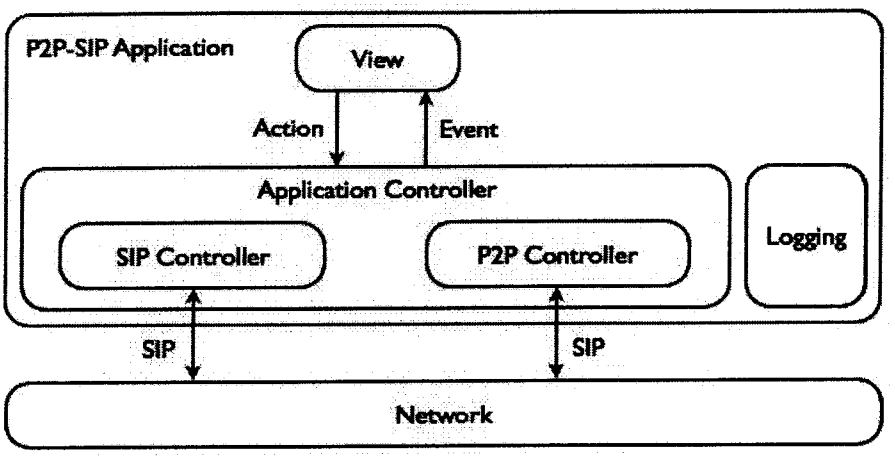
5.3 ขอบเขตและข้อจำกัดในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์

การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์นี้เป็นการพัฒนาขึ้นมาในลักษณะของโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ ดังนั้นฟังก์การทำงานของโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบจึงมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบและพิสูจน์การทำงานเท่านั้น ซึ่งการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบจะมีขอบเขตในการพัฒนา ดังต่อไปนี้

1. โปรแกรมประยุกต์ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาโปรแกรมจาวาทั้งหมด
2. ไลบรารีที่นำมาใช้ในการร่วมพัฒนามีด้วยกัน 2 ไลบรารีคือ Jain-SIP และ Jxta
3. โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาเป็นเพียงโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบเท่านั้น เพื่อใช้ในการทดสอบและพิสูจน์การทำงานตามขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้มีการออกแบบไว้
4. โปรแกรมประยุกต์จะต้องทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ที่ได้ทำการออกแบบไว้ได้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเข้ากันได้ โดยไม่กระทบต่อผู้ใช้งานโปรแกรม
5. โปรแกรมประยุกต์ไม่ได้ทำการพัฒนาเรื่องของการส่งข้อมูลสื่อประสมต่าง ๆ ในระบบการประชุม รวมถึงเรื่องของความปลอดภัยในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

เนื่องจากการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ทำการออกแบบบนโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมาเองจะทำให้จะมีข้อจำกัดเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องมือสร้างแบบจำลองในการทดสอบ ในเรื่องจำนวนโหนดที่ใช้ในการทดสอบจะมีจำกัดเนื่องจากการใช้โปรแกรมประยุกต์ต้นแบบในการทดสอบต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนมาก ดังนั้นในการทดสอบการทำงานจึงเน้นเฉพาะในเรื่องของระบบที่ออกแบบไว้สามารถทำงานได้ในสิ่งแวดล้อมจริง

5.4 การออกแบบโปรแกรมประยุกต์



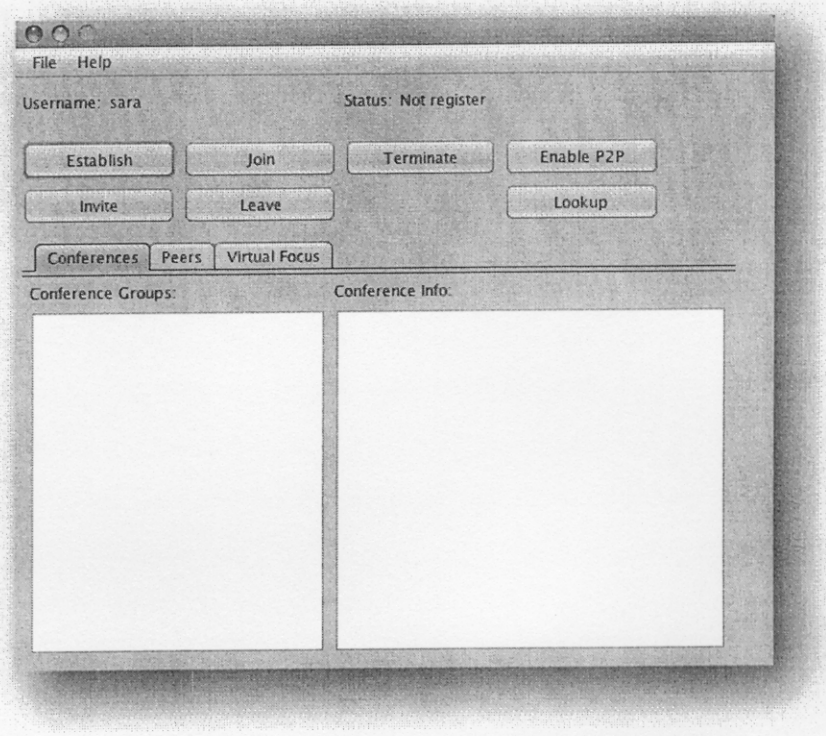
รูปที่ 5-1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

จากรูปที่ 5-1 แสดงถึงโครงสร้างสถาปัตยกรรมในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ โดยแสดงถึงภาพรวมของโครงสร้างในการพัฒนาซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนของการแสดงผล ส่วนของการจัดการควบคุมการทำงานโปรแกรม และส่วนของการบันทึกเหตุการณ์ของไฟล์ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

1. ส่วนของการแสดงผลจะเป็นส่วนที่ติดต่อกันโดยตรงกับส่วนของการควบคุมการทำงานของโปรแกรม โดยส่วนของการแสดงผลเมื่อได้รับเหตุการณ์เข้ามาจะนำไปแสดงผลทางหน้าต่างของโปรแกรม และเมื่อได้รับการกระทำจากผู้ใช้จะส่งเหตุการณ์ไปยังส่วนควบคุมการทำงานของโปรแกรมให้ทำหน้าที่อีกทีหนึ่ง
2. ส่วนของการจัดการควบคุมการทำงานโปรแกรมจะเป็นส่วนหลักที่สำคัญของโปรแกรม โดยการทำงานจะถูกแบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน
   1) ส่วนควบคุมการทำงานของสัญญาณ SIP โดยส่วนควบคุมนี้จะการสร้างช่องทางในการติดต่อสื่อสารที่เกิดขึ้นบนระบบเครือข่าย สร้างสัญญาณ SIP เพื่อส่งและรับสัญญาณ SIP มาประมวลผล
   2) ส่วนควบคุมการทำงานเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยส่วนควบคุมนี้จะจัดการเกี่ยวกับการสร้างเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ การค้นหาโหนดหรือกลุ่มเพียร์ที่เกิดขึ้น รวมถึงช่องทางการติดต่อสื่อสารบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

3. ส่วนของการบันทึกเหตุการณ์ โดยในส่วนนี้จะทำการบันทึกสัญญาณ SIP ที่ส่งระหว่างกันลงในไฟล์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบลำดับของสัญญาณ SIP ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดสอบ

5.5 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์



รูปที่ 5-2 ตัวอย่างโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ

จากรูปที่ 5-2 เป็นตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นตามที่ได้มีการออกแบบไว้ เพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยหน้าต่างของโปรแกรมจะเป็นส่วนของการแสดงผลซึ่งจะมีปุ่มที่ใช้ในการทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ มีส่วนแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ที่อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และส่วนแสดงผลสถานะในปัจจุบันของผู้ใช้งาน เป็นต้น สำหรับตัวอย่างของปุ่มที่ปรากฏอยู่ในโปรแกรมประยุกต์ เช่น ปุ่ม Establish ที่ใช้ในการเริ่มต้นระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ปุ่ม Invite ที่ใช้ในการเชิญสมาชิกที่ต้องการเข้าร่วมการประชุม ปุ่ม Leave ที่ใช้ในการออกจากการประชุม เป็นต้น

5.6 สรุป

ในบทนี้เป็นการพัฒนาเกี่ยวกับโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้รับการออกแบบไว้ โดยภายในบทได้กล่าวถึงสาเหตุก่อนที่จะมีการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ เครื่องมือที่นำมาใช้ในการพัฒนา ข้อจำกัดต่าง ๆ รวมถึงขอบเขตในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ และสุดท้ายจะเป็นการออกแบบโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งอธิบายถึงรายละเอียดขององค์ประกอบภายในและแสดงตัวอย่างของโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบ ทั้งนี้การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบขึ้นมาก็เพื่อใช้ในการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของระบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่ได้ออกแบบว่าสามารถที่จะนำมาใช้ในสิ่งแวดล้อมจริงได้

บทที่ 6
การทดสอบการทำงาน

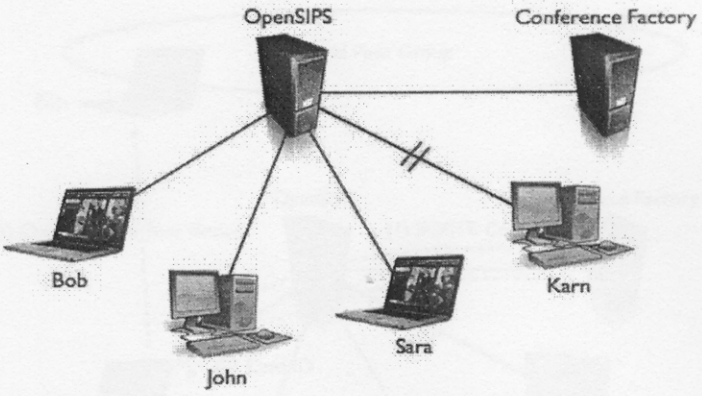
บทนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีที่ใช้ในการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ทำการออกแบบไว้โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยการทดสอบจะมีการกำหนดกรณีศึกษาต่าง ๆ ขึ้นเพื่อทดสอบและแสดงให้เห็นถึงข้อดีที่มีการนำเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาร่วมใช้ในระบบการประชุม จากนั้นจะแสดงถึงผลลัพท์ในการทดสอบของแต่ละกรณีศึกษา และสรุปผลการทดสอบ

6.1 กรณีศึกษา

สำหรับกรณีศึกษาที่ได้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 กรณีศึกษา โดยในกรณีศึกษาแรกจะเป็นกรณีศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงการทำงานพื้นฐานที่เกิดขึ้นได้ในระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ตั้งแต่กระบวนการสร้างการประชุมไปจนถึงการสิ้นสุดการประชุม ส่วนกรณีศึกษาที่สองเป็นกรณีศึกษาที่จะแสดงให้เห็นถึงการสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจาย โดยแต่ละการประชุมจะแยกกันดูแลจัดการควบคุมโดยไม่ต้องมีการพึ่งพาเครื่องแม่ข่ายแต่อย่างใด

กรณีศึกษา 1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของระบบ

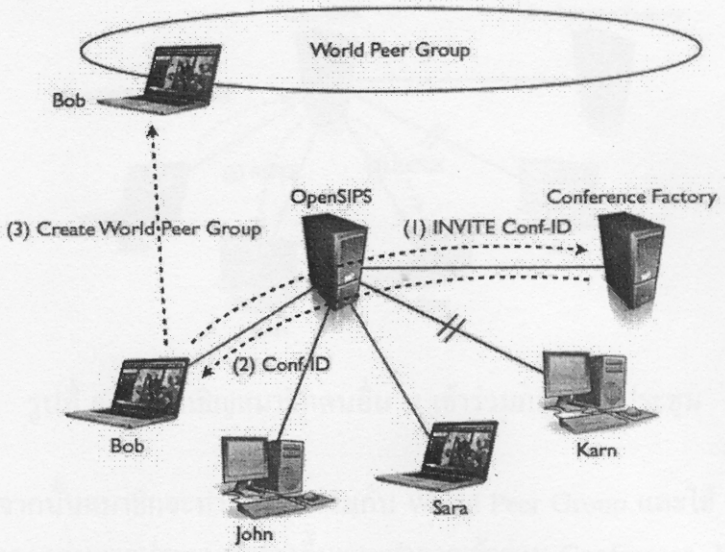
กรณีศึกษานี้จะแสดงถึงขั้นตอนกาเรทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ตั้งแต่กระบวนการสร้างระบบการประชุมซึ่งจะมีการร้องขอ Conf-ID การเชิญสมาชิกเข้าร่วมการประชุม การออกจากการประชุม และอันดับสุดท้ายจะเป็นการสิ้นสุดการประชุมที่ได้สร้างขึ้น โดยกรณีศึกษานี้จะเป็นกรณีศึกษาต่อเนื่องที่จะเกิดขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะเน้นแสดงให้เห็นถึงเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นกับระบบการประชุม ดังนั้นในกระบวนการลงทะเบียนที่อยู่ภายในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายจะไม่ถูกล่าวถึงไว้ในที่นี้ สำหรับรายละเอียดของกรณีศึกษามีดังนี้



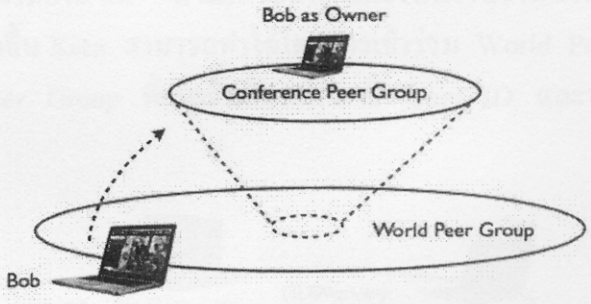
รูปที่ 6-1 กำหนดให้สมาชิกทำการลงทะเบียนอยู่ภายใต้เครื่อง OpenSIPS

ดังได้กล่าวไว้ข้างต้นเกี่ยวกับกรณีศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อจะใช้ทดสอบการทำงานขั้นตอนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการประชุม ดังนั้นจำนวนสมาชิกที่จะใช้ทดสอบนั้นจึงมีอยู่จำกัด โดยจะกำหนดให้สมาชิกที่จะทำการประชุมมีอยู่ด้วยกัน 4 คน ได้แก่ Bob, John, Sara และ Karn ซึ่งได้ทำการลงทะเบียนกับเครื่อง OpenSIPS ซึ่งเป็น Registrar Server และทำการเชื่อมต่อกับ Conference Factory Server สำหรับในกรณีศึกษานี้จะสมมติให้ Karn ซึ่งเป็นสมาชิกคนหนึ่งที่ต้องทำการเข้าร่วมกลุ่มประชุมไม่ได้ทำการลงทะเบียนกับเครื่องแม่ข่ายในขณะนั้น ดังแสดงในรูปที่ 6-1

กลไกในการเริ่มการประชุมเกิดขึ้นเนื่องจาก Bob ที่อยู่ภายในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายมีความต้องการเชิญชวนเพื่อน ๆ ที่รู้จักเข้ามาร่วมทำการประชุมเพื่อปรึกษางาน โดยขั้นตอนที่เกิดขึ้นนั้น Bob จะทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Conference Factory เพื่อให้ได้มาซึ่ง Conf-ID ในการอ้างอิงกลุ่มการประชุม ในกรณีที่ไม่มีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เกิดขึ้น เครื่องคอมพิวเตอร์ของ Bob จะทำหน้าที่ในการสร้างเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่เรียกว่า World Peer Group ดังแสดงในรูปที่ 6-2 จากนั้นจึงทำการสร้างกลุ่มการประชุมย่อยที่เรียกว่า Conference Peer Group ขึ้นมาภายใน World Peer Group โดย Bob จะทำหน้าที่เป็นเจ้าของการประชุม ดังแสดงในรูปที่ 6-3 โดยกลไกที่เกิดขึ้นนี้ Bob เองจะไม่รู้สึกถึงความแตกต่างจากการสร้างการประชุมที่เกิดขึ้นบนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียงแต่ในขณะนี้ระบบการประชุมที่เกิดขึ้นนั้นถูกสร้างอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ และส่งผลให้ระบบการประชุมปราศจากเครื่องแม่ข่ายใด ๆ ที่ต้องเข้ามาช่วยในการควบคุมการประชุม



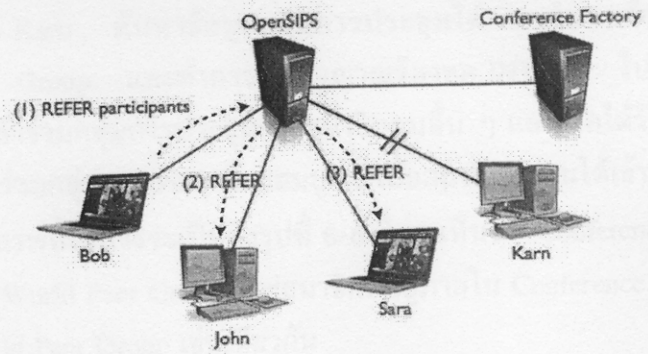
รูปที่ 6-2 การร้องขอ Conf-ID เพื่อสร้างการประชุมและการสร้าง World Peer Group



รูปที่ 6-3 การสร้าง Conference Peer Group

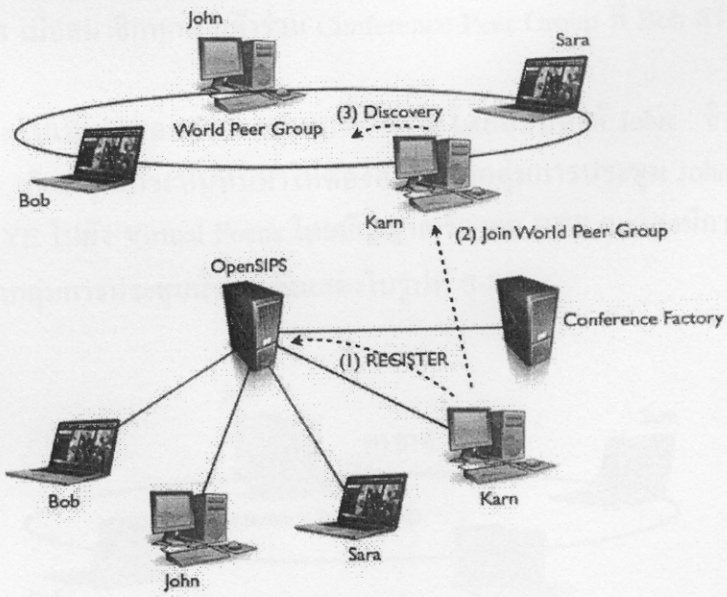
หลังจากที่กลุ่มการประชุมได้ถูกสร้าง หน้าที่ของ Bob ผู้เป็นคนร้องขอการสร้างกลุ่มการประชุมจะต้องเป็นทั้งเจ้าของการประชุมและ Virtual Focus ซึ่งคอยคุมดูแลกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้นนี้ โดย Bob จะต้องทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus เพื่อขอเข้าร่วมกลุ่มการประชุม จากนั้นเมื่อ Virtual Focus ส่งสัญญาณตอบกลับและยินยอมให้เข้าร่วมกลุ่มการประชุมจึงจะถือว่าการประชุมได้ถูกสร้างขึ้นอย่างสมบูรณ์

Bob ซึ่งมีสมาชิกที่ต้องการให้เข้าร่วมกลุ่มการประชุมอยู่แล้วสามารถทำการเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ โดยใช้สัญญาณร้องขอ REFER ส่งไปยังเพื่อนทุกคนของ Bob ที่ต้องการให้เข้าร่วมกลุ่มการประชุม ซึ่งจะมี John, Sara และ Karn แต่ดังได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า Karn ในขณะนี้ไม่ได้ทำการลงทะเบียนไว้กับเครื่องแม่ข่ายทำให้ไม่สามารถทำการส่งสัญญาณ REFER ไปยัง Karn ได้ จากนั้นสมาชิกคนอื่น ๆ ที่ได้รับสัญญาณร้องขอจะตอบกลับด้วยสัญญาณตอบกลับ 202 Accepted ซึ่งมี Conf-ID ของกลุ่มการประชุมแนบกลับมาด้วย ดังแสดงในรูปที่ 6-4



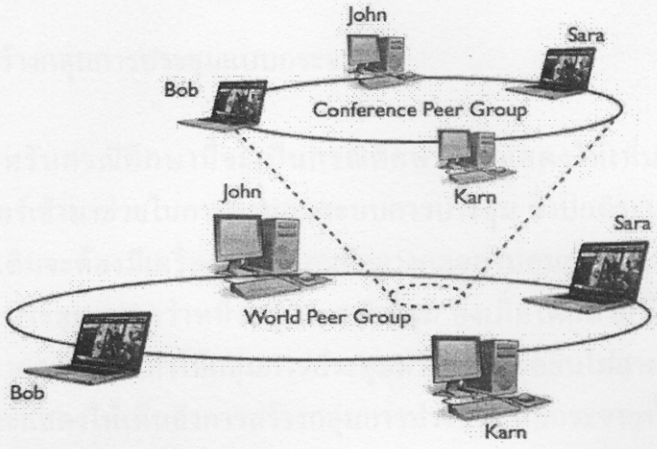
รูปที่ 6-4 การเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม

จากนั้นสมาชิกจะทำการเข้าร่วมกับ World Peer Group และใช้ Conf-ID ที่ได้ในการค้นหาข้อมูลของกลุ่มการประชุมที่สร้างขึ้นและทำการเข้าร่วม Conference Peer Group ของ Bob จากจะต้องทำการส่งสัญญาณ INVITE ไปยัง Virtual Focus ของกลุ่มการประชุมนั้น ๆ จึงจะถือว่าเข้าร่วมกลุ่มการประชุมได้สำเร็จ หลังจากนั้นได้ไม่นาน Karn ได้ทำการลงทะเบียนเข้าสู่ระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่าย และรับทราบว่าต้องทำการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมที่ Bob ได้สร้างขึ้น Karn สามารถทำได้โดยการเข้าร่วม World Peer Group และทำการค้นหา Conference Peer Group ที่เกิดขึ้นซึ่งจะได้มาซึ่ง Conf-ID และทำการเข้าร่วมกลุ่มการประชุม



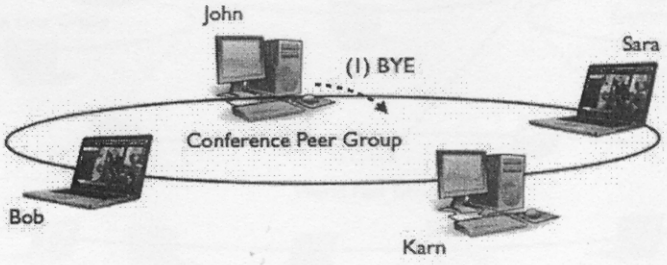
รูปที่ 6-5 Karn ลงทะเบียนกับระบบ เข้าร่วม World Peer Group
และค้นหา Conferenc Peer Group ที่เกิดขึ้น

เมื่อ Karn ค้นหาข้อมูลกลุ่มการประชุมได้เรียบร้อยแล้วก็จะทำการเข้าร่วม Conference Peer Group และทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus เช่นเดียวกันกับการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมของสมาชิกคนอื่น ๆ และเมื่อได้รับสัญญาณตอบกลับจึงจะถือว่า Karn เข้าร่วมกลุ่มการประชุมโดยสมบูรณ์ เมื่อสมาชิกทุกคนได้เข้าร่วมกลุ่มการประชุมเป็นที่เรียบร้อยแล้วภาพที่ได้ควรจะเป็นดังรูปที่ 6-6 ซึ่งจะเห็นว่า Conference Peer Group ที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้ World Peer Group และสมาชิกที่อยู่ภายใน Conference Peer Group จะต้องเป็นสมาชิกของ World Peer Group เช่นเดียวกัน



รูปที่ 6-6 เมื่อสมาชิกทุกคนเข้าร่วม Conference Peer Group ที่ Bob สร้างขึ้น

ถ้าไปเป็นการออกจากกลุ่มการประชุม โดยสมมติให้ John ซึ่งอยู่ในกลุ่มการประชุมของ Bob เกิดมีธุระกระทันหันทำให้ต้องออกจากกลุ่มการประชุม John จึงทำการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ไปยัง Virtual Focus โดยสัญญาณร้องขอ BYE จะต้องมีการระบุ SIP URI เป็น Conf-ID ของกลุ่มการประชุมนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 6-7



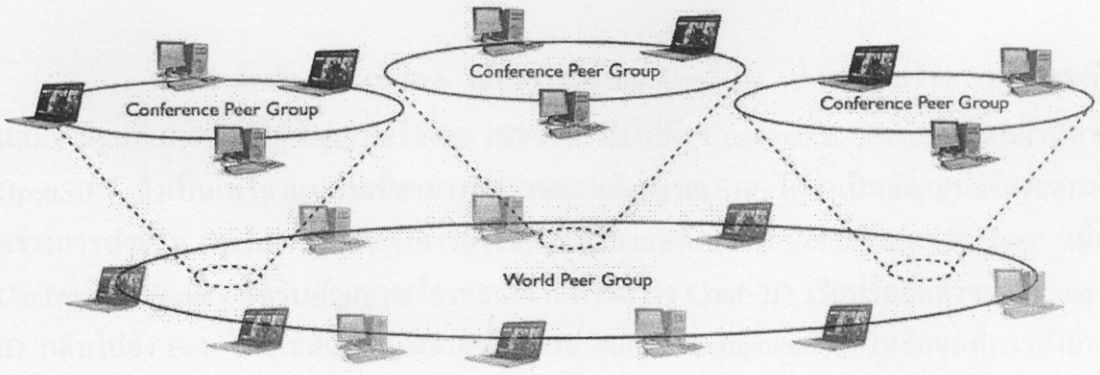
รูปที่ 6-7 John ส่งสัญญาณร้องขอ BYE เพื่อขอออกจากกลุ่มการประชุม

สำดับสุดท้ายของกรณีศึกษานี้จะเป็นการสิ้นสุดการประชุม โดยปกติสิทธิในการสิ้นสุดการประชุมนั้นจะเป็นของเจ้าของการประชุมซึ่งในที่นี้ก็คือ Bob ดังนั้นการจะสิ้นสุดการประชุมได้ Bob จะต้องทำการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ไปยัง Virtual Focus เช่นเดียวกันกับการออกจากการประชุมของ John เพียงแต่ Virtual Focus จะมีความสามารถในการรับรู้ว่าใครเป็นเจ้าของการประชุมจึงจะถือว่าสัญญาณร้องขอนั้นเป็นการสิ้นสุดการประชุม โดยหลังจาก Virtual Focus ได้รับสัญญาณร้องขอ BYE ก็จะทำการสร้างสัญญาณร้องขอ BYE ชุดใหม่ส่งไปยังสมาชิกที่เหลือในการประชุมซึ่งในที่นี้จะมีเพียง Sara และ Karn เมื่อสมาชิกที่เหลือตอบกลับด้วยสัญญาณตอบกลับ 200 OK จึงจะถือว่ากลุ่มการประชุมที่ Bob ได้สร้างขึ้นสิ้นสุดลง

กรณีศึกษา 2 การสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจาย

สำหรับกรณีศึกษานี้จะเป็นกรณีศึกษาที่จะแสดงให้เห็นถึงข้อดีของการนำเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาช่วยในการควบคุมระบบการประชุม ซึ่งปกติระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมจะต้องมีเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลางคอยควบคุมการประชุม ซึ่งเครื่องแม่ข่ายจะต้องควบคุมการประชุมมากกว่าหนึ่งกลุ่มการประชุม ซึ่งเมื่อใดก็ตามที่เครื่องแม่ข่ายเกิดมีปัญหาหรือหายไปจากระบบ จะทำให้กลุ่มการประชุมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นไม่สามารถทำงานต่อไปได้ แต่ในกรณีศึกษานี้จะแสดงให้เห็นถึงการสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจายที่ปราศจากเครื่องแม่ข่ายเข้ามาช่วยในการควบคุม โดยแต่ละกลุ่มการประชุมจะแยกกันดูแลควบคุม ทำให้เมื่อกลุ่มการประชุมใดเกิดมีปัญหาหรือล้มไป กลุ่มการประชุมอื่น ๆ ก็ยังคงสามารถทำงานได้

สิ่งที่กรณีศึกษานี้จะแสดงให้เห็นจะเป็นดังนี้คือ ใน World Peer Group จะมีการสร้าง Conference Peer Group จำนวน 3 กลุ่มขึ้นมาและกระจายอยู่ภายใน World Peer Group โดยแต่ละ Conference Peer Group จะมีสมาชิกเข้าร่วมการประชุมอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 6-8



รูปที่ 6-8 Conference Peer Group จำนวนหนึ่งถูกสร้างขึ้นกระจายอยู่ใน World Peer Group

จากนั้นทำการปิดโปรแกรมประยุกต์ของกลุ่มการประชุมกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งไปโดยทันที ซึ่งเปรียบเสมือนกับกลุ่มการประชุมนั้นเกิดปัญหาและล้มเหลวไปจากระบบการประชุม ทั้งนี้เพื่อพิสูจน์ให้ทราบว่าการที่การประชุมมีลักษณะเป็นแบบกระจายโดยไม่ต้องมีเครื่องแม่ข่ายตัวใดตัวหนึ่งเข้ามาช่วยควบคุมการประชุมที่เกิดขึ้น กลุ่มการประชุมอื่น ๆ ที่ยังเหลืออยู่สามารถที่จะทำงานต่อไปได้

6.2 ผลการทดสอบ

จากกรณีศึกษาข้างต้นได้นำมาทดสอบกับโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้น และทำการเก็บรวบรวมผลโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Wireshark และการบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ ลงไฟล์ โดยผลของการทดสอบจะแยกแสดงผลเป็นแต่ละกรณีศึกษา ดังนี้

กรณีศึกษา 1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของระบบ

กรณีศึกษานี้จะเริ่มต้นจากการที่ Bob ทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE เพื่อร้องขอ Conf-ID ไปยัง Conference Factory ในการนำมาใช้ในการสร้างการประชุม โดยสัญญาณจะถูกส่งผ่านทางเครื่อง OpenSIPS โดยผลลัพท์ที่ทำการดักจับโดยโปรแกรม Wireshark แสดงได้ดังรูปที่ 6-9

Source	Destination	Protocol	Info
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: REGISTER sip:bob@202.28.99.201
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 200 OK (1 bindings)
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: INVITE sip:conf-factory@202.28.99.201
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 100 Giving a try
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 302 Moved Temporarily
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: ACK sip:conf-factory@202.28.99.201

รูปที่ 6-9 ลำดับสัญญาณ SIP ในการร้องขอ Conf-ID

ลำดับสัญญาณที่ Bob ใช้ในการร้องขอ Conf-ID เพื่อนำมาสร้างการประชุมดังแสดงในรูปที่ 6-9 โดยใช้สัญญาณร้องขอ INVITE ส่งไปยัง Conference Factory โดยผ่านทาง OpenSIPS ซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่ายที่สามารถตรวจสอบสัญญาณ SIP ได้ว่าเป็นสัญญาณร้องขอการสร้างการประชุม OpenSIPS จะทำการส่งสัญญาณร้องขอต่อไปยัง Conference Factory เมื่อ Conference Factory ได้รับสัญญาณร้องขอและทำการสร้าง Conf-ID เรียบร้อยแล้วจะส่ง Conf-ID กลับไปยัง Bob โดยใช้สัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily สำหรับจุดที่ควรสังเกตในการร้องขอ Conf-ID ในการสร้างการประชุมนั้นมีจุดที่ควรสังเกตด้วยกัน 2 จุดคือ สัญญาณร้องขอ INVITE ซึ่งจะมีการระบุ SIP URI เป็นที่อยู่ของ Conference Factory ดังแสดงในรูปที่

6-10 และสัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily ที่จะมีการบรรจุ Conf-ID กลับมาอยู่ใน Contact Header ดังแสดงในรูปที่ 6-11

```
Session Initiation Protocol
⊟ Request-Line: INVITE sip:conf-factory@202.28.99.201 SIP/2.0
    Method: INVITE
  ⊟ Request-URI: sip:conf-factory@202.28.99.201
      Request-URI User Part: conf-factory
      Request-URI Host Part: 202.28.99.201
    [Resent Packet: False]
⊟ Message Header
    Call-ID: 1f824b7979f06d6b9e2c9c55692afe3a@172.30.141.0
  ⊞ CSeq: 1 INVITE
  ⊞ From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=22287
  ⊞ To: <sip:conf-factory@202.28.99.201>
  ⊞ Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK77200
    Max-Forwards: 70
  ⊞ Contact: <sip:bob@172.30.141.0>
    User-Agent: p2p-sip-app
    Content-Length: 0
```

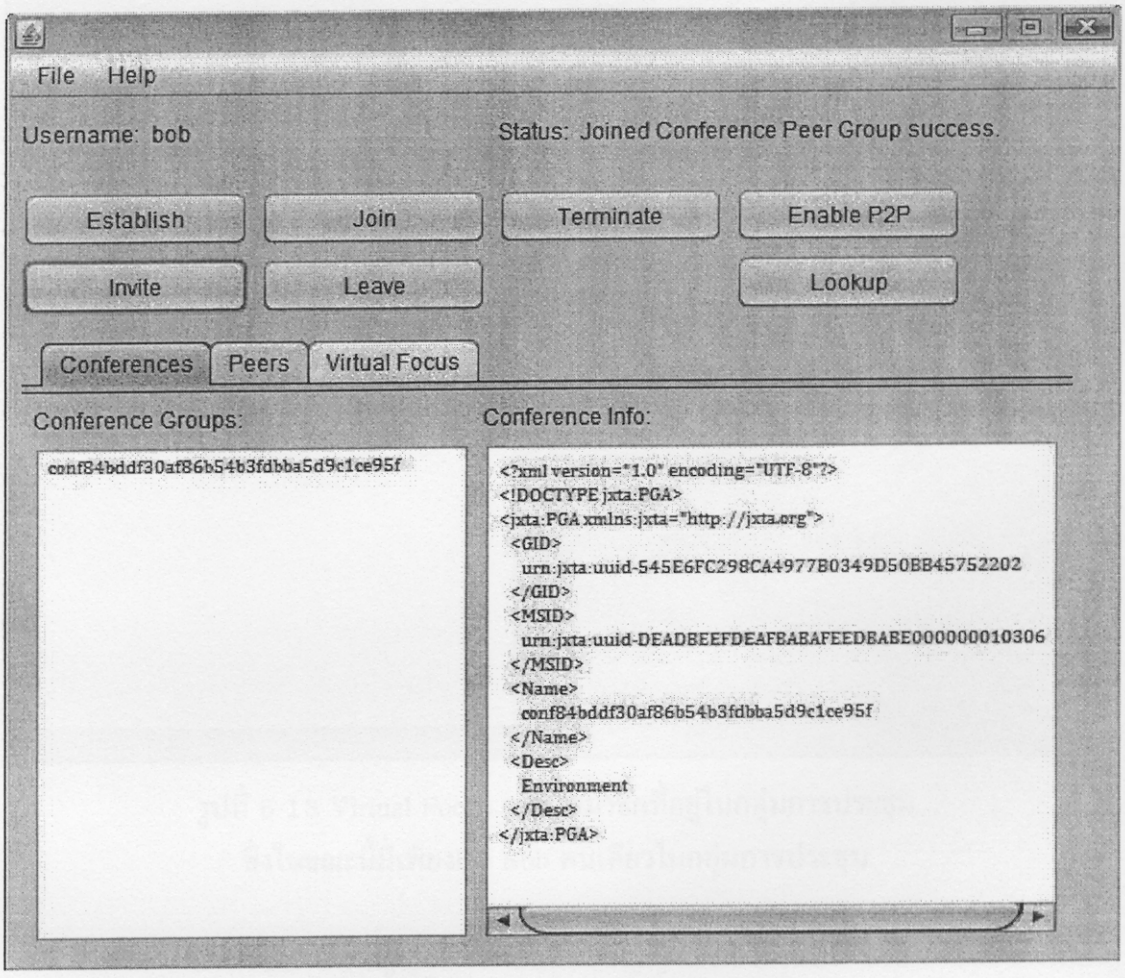
รูปที่ 6-10 รายละเอียดของสัญญาณร้องขอ INVITE ที่ใช้ในการร้องขอ Conf-ID

```
Session Initiation Protocol
⊞ Status-Line: SIP/2.0 302 Moved Temporarily
⊟ Message Header
    Call-ID: 1f824b7979f06d6b9e2c9c55692afe3a@172.30.141.0
  ⊞ CSeq: 1 INVITE
  ⊞ From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=22287
  ⊞ To: <sip:conf-factory@202.28.99.201>
  ⊞ Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK77200
  ⊞ Contact: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@172.30.137.234>;isfocus
    Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-11 รายละเอียดของสัญญาณตอบกลับ 302 Moved Temporarily ที่บรรจุ Conf-ID

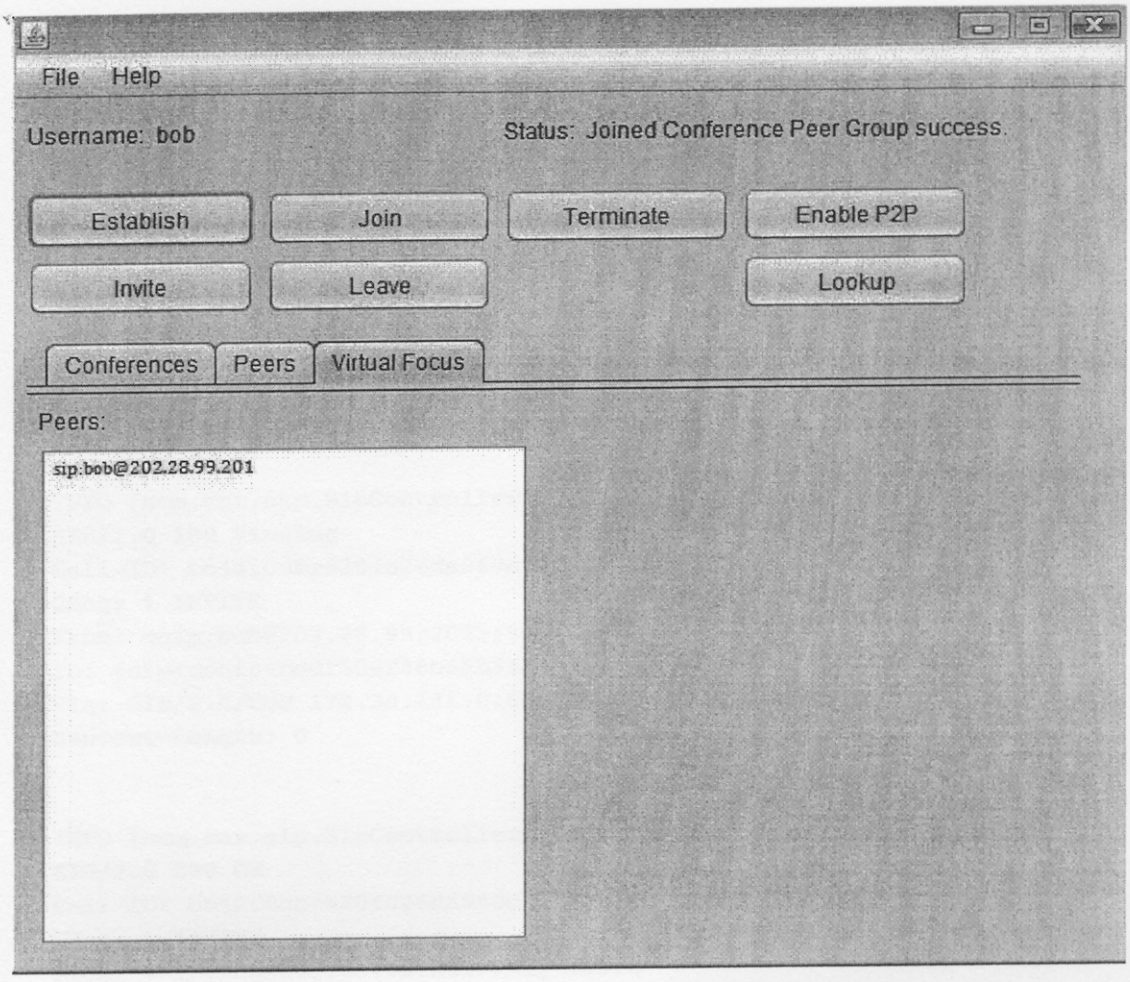
เมื่อ Bob ได้รับ Conf-ID แล้วจะทำการเข้าร่วมเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยในเริ่มแรกนั้นจะต้องทำการเข้าร่วมกับ World Peer Group เป็นอันดับแรก แต่ถ้าหากในกรณีที่ไม่มี World Peer Group ในระบบ Bob จะต้องทำการสร้าง World Peer Group ขึ้นมา จากนั้น Bob จึงทำการสร้างและเข้าร่วม Conference Peer Group โดยมี Conf-ID เป็นตัวอ้างอิงกลุ่มการประชุม จากนั้นจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายสำหรับการสร้างการประชุมโดย Bob จะทำหน้าที่เป็น Virtual Focus และทำการส่งสัญญาณร้อง INVITE ไปยัง Virtual Focus เพื่อขอเข้าร่วมกลุ่มการประชุม เนื่องจากสัญญาณ SIP ที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ไม่สามารถทำการดักจับได้โดยโปรแกรม Wireshark เนื่องจากสัญญาณจะถูกเข้ารหัสอยู่ในรูปไบนารีซึ่งไม่สามารถอ่านเข้าใจได้ ดังนั้นในส่วนของการดักจับสัญญาณ SIP ที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ทั้งหมดจะถูกดักจับและบันทึกลงในไฟล์โดยโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้น โดยเมื่อ Bob ทำการสร้างกลุ่มการประชุมได้

สำเร็จโปรแกรมประยุกต์จะแสดงผลดังรูปที่ 6-12 ตรงจุดนี้จะสังเกตได้ว่า Conf-ID ที่ได้จากการร้องขอกับ Conf-ID ที่แสดงในโปรแกรมประยุกต์จะต้องเป็น Conf-ID เดียวกัน ซึ่งก็คือ "conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f"



รูปที่ 6-12 เมื่อ Bob ทำการสร้างกลุ่มการประชุมได้สำเร็จ

การที่ Bob ต้องทำหน้าที่เป็น Virtual Focus ซึ่งทำหน้าที่ในการดูแลสมาชิกที่อยู่กลุ่มการประชุมจะมีบันทึกสมาชิกที่เข้าร่วมการประชุมไว้ โดยในขณะนั้นจะมี Bob คนเดียวเท่านั้นที่เข้าร่วมอยู่ในกลุ่มการประชุม ดังแสดงในรูปที่ 6-13



รูปที่ 6-13 Virtual Focus แสดงสมาชิกที่อยู่ในกลุ่มการประชุม
ซึ่งในขณะนี้มีเพียงแค่ Bob คนเดียวในกลุ่มการประชุม

สำหรับลำดับสัญญาณร้องขอและสัญญาณตอบกลับที่ Bob ส่งไปยัง Virtual Focus ในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมโดยโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นจะบันทึกเก็บลงในไฟล์ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 6-14

```
INVITE sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: bb42f0dbe6204d26da960df0771626b9@172.30.141.0
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=49248
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK30400
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:bob@172.30.141.0>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 16

(SDP Not Shown)

INFO [com.cnr.sip.SipController] -
SIP/2.0 180 Ringing
Call-ID: bb42f0dbe6204d26da960df0771626b9@172.30.141.0
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=49248
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK30400
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.sip.SipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: bb42f0dbe6204d26da960df0771626b9@172.30.141.0
CSeq: 1 INVITE
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=49248
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK30400
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.sip.SipController] -
ACK sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: bcfc720e1ecdf39849a84b2243aeb04e@172.30.141.0
CSeq: 1 ACK
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=49252
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK18480
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:bob@172.30.141.0>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-14 ลำดับสัญญาณร้องขอและตอบกลับที่ Bob ส่งไปยัง Virtual Focus

เมื่อ Bob ทำการสร้างกลุ่มการประชุมได้สำเร็จจะเริ่มทำการเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม ซึ่งได้แก่ John, Sara และ Karn โดยใช้สัญญาณร้องขอ REFER ส่งไปยังสมาชิกทุกคน โดยลำดับสัญญาณ SIP ที่ดักจับจะแสดงดังในรูปที่ 6-15

172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: ACK sip:conf-factory@202.28.99.201
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: REFER sip:john@202.28.99.201
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 202 Accepted
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: REFER sip:sara@202.28.99.201
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 202 Accepted
172.30.141.0	202.28.99.201	SIP	Request: REFER sip:karn@202.28.99.201
202.28.99.201	172.30.141.0	SIP	Status: 404 Not Found

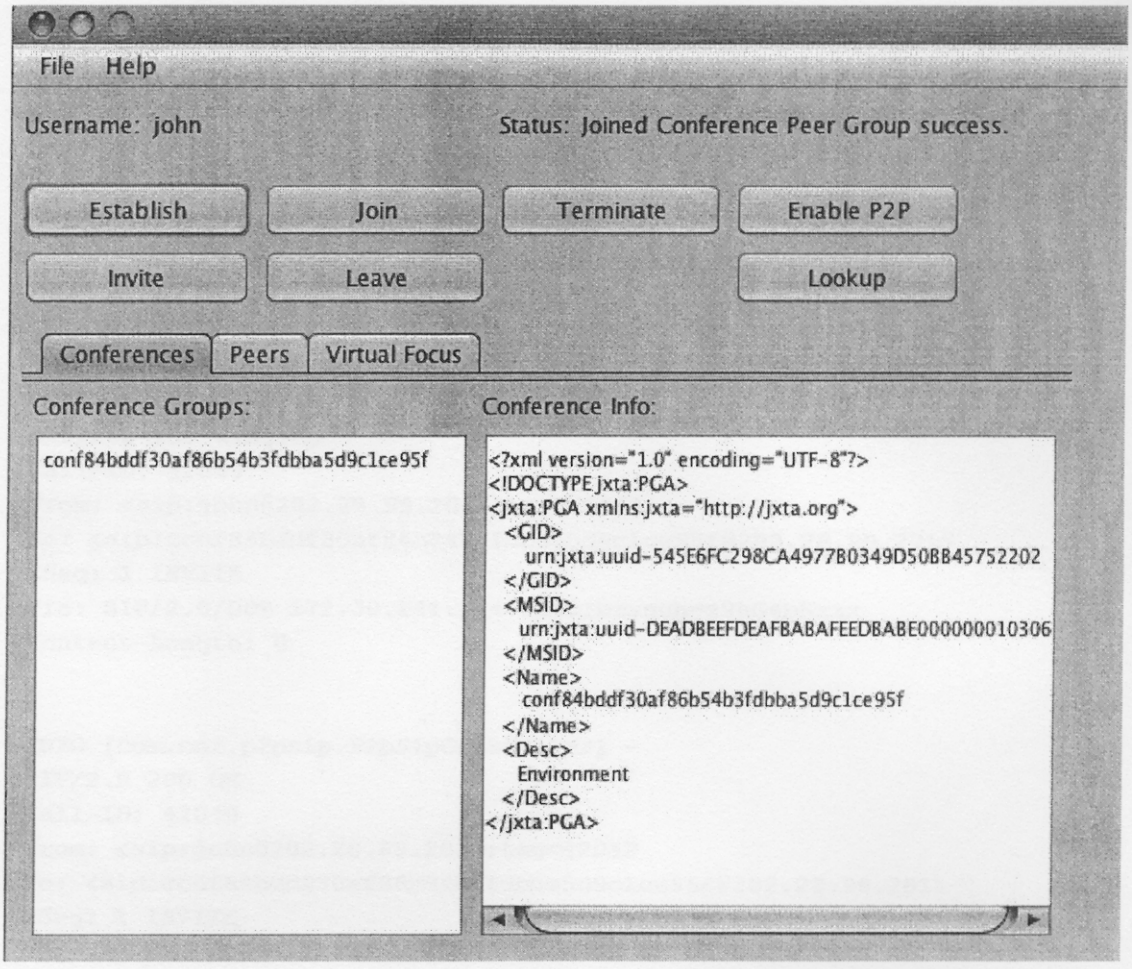
รูปที่ 6-15 ลำดับสัญญาณ SIP ที่ส่งไปเชิญสมาชิกคนอื่น ๆ เข้าร่วมกลุ่มการประชุม

เมื่อสมาชิกแต่ละคนได้รับสัญญาณร้องขอ REFER ที่ได้จาก Bob ในการเชิญเข้าร่วมกลุ่มการประชุม สมาชิกแต่ละคนจะตอบกลับด้วยสัญญาณตอบกลับ 202 Accepted แต่จะเห็นได้ว่าในขณะนั้น Karn ซึ่งไม่ได้ลงทะเบียนอยู่ในระบบ เครื่องแม่ข่าย OpenSIPS จะตอบกลับด้วยสัญญาณตอบกลับ 404 Not Found เพื่อบอกให้ Bob ทราบว่าในขณะนั้น Karn ไม่ได้ลงทะเบียนอยู่ในระบบ สำหรับสัญญาณ REFER ที่ Bob ส่งไปยังสมาชิกนั้นจะมีการระบุ Conf-ID ของกลุ่มการประชุมอยู่ใน Refer-To Header ดังแสดงรูปที่ 6-16

```
Session Initiation Protocol
⊞ Request-Line: REFER sip:sara@202.28.99.201 SIP/2.0
⊟ Message Header
    Call-ID: f0a5d4d286cd11a455c7ba9a26d71bea@172.30.141.0
  ⊞ CSeq: 1 REFER
  ⊞ From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=87660
  ⊞ To: <sip:sara@202.28.99.201>
  ⊞ Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK25400
    Max-Forwards: 70
  ⊞ Contact: <sip:bob@172.30.141.0>
    User-Agent: p2p-sip-app
    Refer-To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
    Referred-By: <sip:bob@202.28.99.201>
    Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-16 ตัวอย่างรายละเอียดของสัญญาณ REFER ที่ใช้ในการเชิญสมาชิกเข้าร่วมการประชุม

จากนั้น John และ Sara ซึ่งได้รับคำร้องขอในการเข้าร่วมการประชุมจะทำการเข้าร่วมเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยเข้าไปยัง World Peer Group ก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นจึงนำ Conf-ID ที่ได้ไปใช้ในการค้นหาข้อมูลของการประชุม แล้วจึงเข้าร่วม Conference Peer Group ที่เกิดขึ้น โดยโปรแกรมประยุกต์จะแสดงข้อมูลของ Conference Peer Group ที่เกิดขึ้นและข้อมูลของกลุ่มการประชุมดังแสดงในรูปที่ 6-17



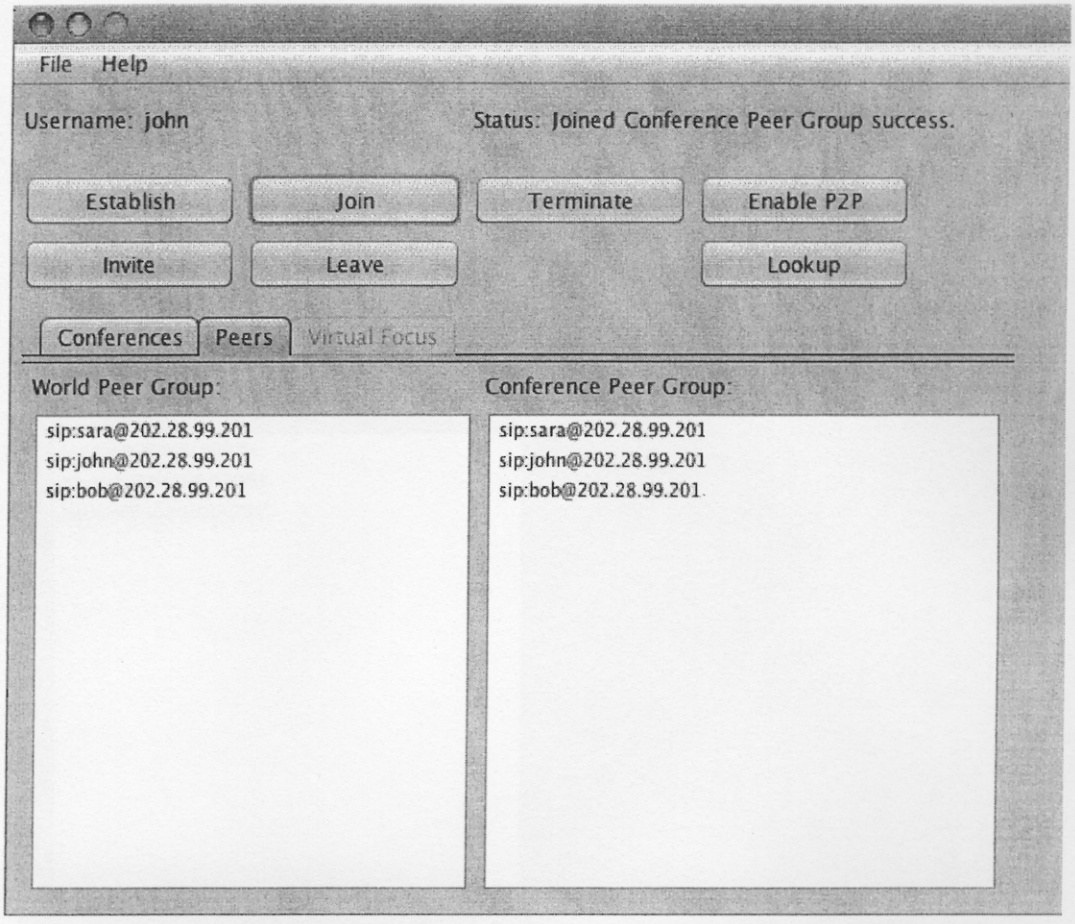
รูปที่ 6-17 โปรแกรมประยุกต์แสดง Conf-ID และข้อมูลของกลุ่มการประชุม

เมื่อ John และ Sara ได้มาซึ่งข้อมูลของกลุ่มการประชุมเรียบร้อยแล้วก็จะทำการเข้าร่วม Conference Peer Group นั้นและทำการส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus และรอสัญญาณตอบกลับ 200 OK ของ Virtual Focus จึงจะถือว่าทั้งสองคนเข้าร่วมกลุ่มการประชุมโดยสมบูรณ์ สัญญาณที่ John และ Sara ส่งไปยัง Virtual Focus จะลักษณะเช่นเดียวกัน โดยจะแสดงตัวอย่างรายละเอียดเฉพาะของ John เท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 6-18 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าลำดับสัญญาณในการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมของ John จะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมของ Bob ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 6-14

```
INVITE sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Contact: <sip:john@202.28.99.201>
Call-ID: 42049
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=42049
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 INVITE
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
SIP/2.0 180 Ringing
Call-ID: 42049
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=42049
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 INVITE
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: 42049
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=42049
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 INVITE
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
ACK sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Contact: <sip:john@202.28.99.201>
Call-ID: 42153
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=42153
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 ACK
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0
```

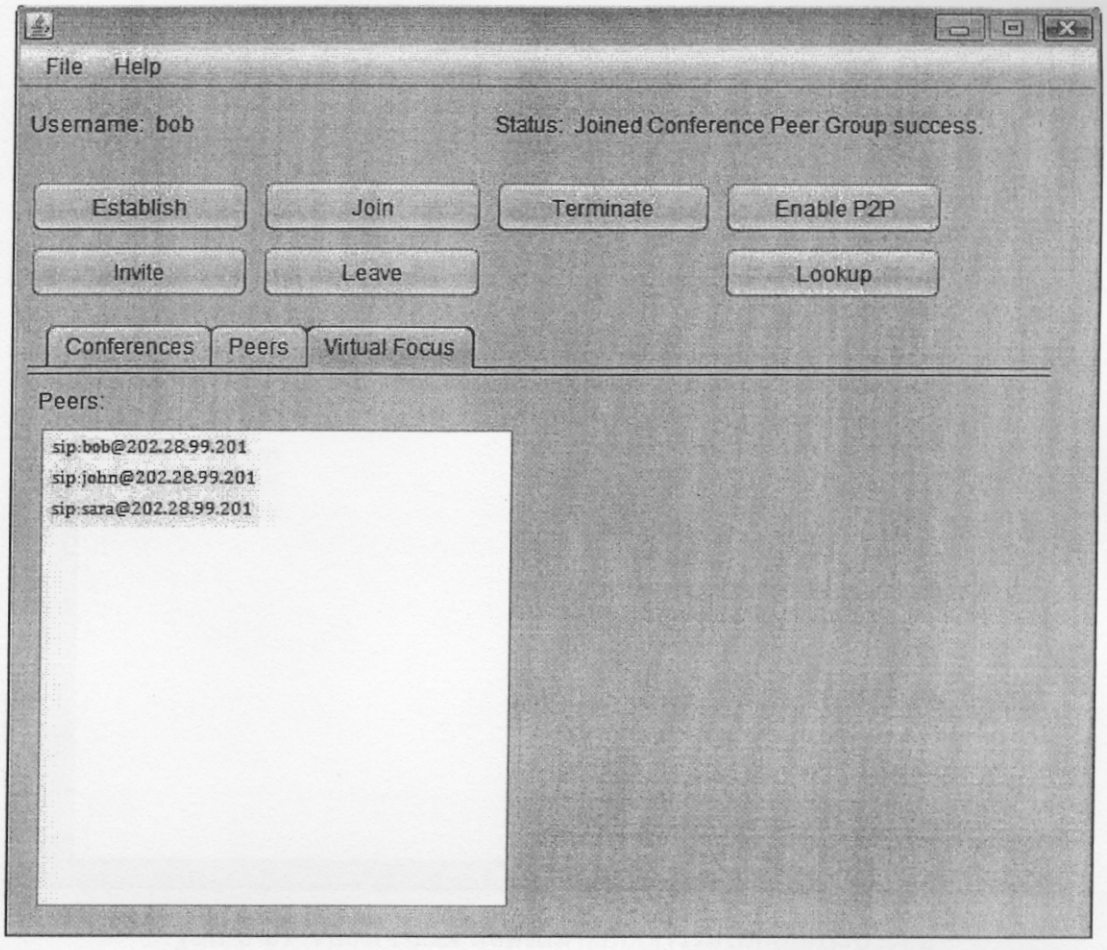
รูปที่ 6-18 ลำดับสัญญาณร้องขอและตอบกลับที่ John ส่งไปยัง Virtual Focus

จากนั้นเมื่อ John และ Sara ทำการเข้าร่วมกลุ่มการประชุมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมประยุกต์ในส่วนของ John และ Sara จะแสดงโหนดที่อยู่ร่วมใน World Peer Group และ Conference Peer Group ดังแสดงในรูปที่ 6-19



รูปที่ 6-19 โปรแกรมประยุกต์แสดงสมาชิกที่อยู่ร่วมใน World Peer Group และ Conference Peer Group

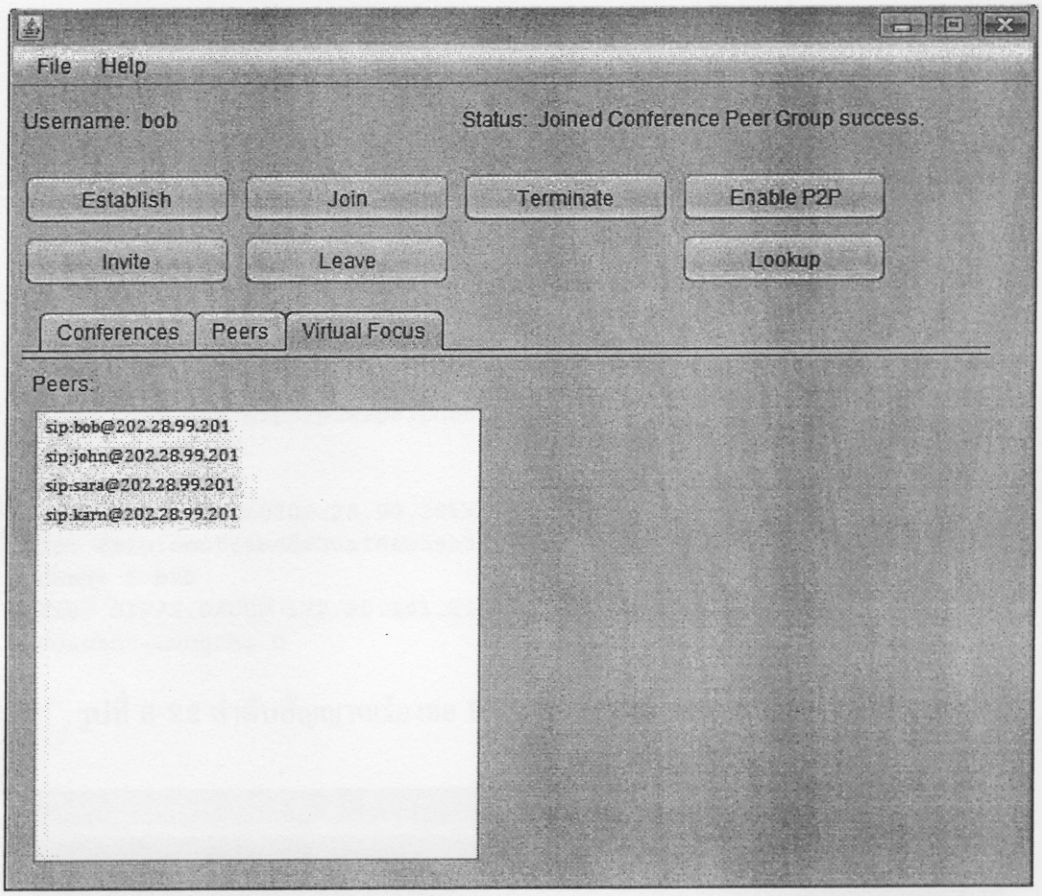
ในส่วนของ Virtual Focus ซึ่งมีการเก็บข้อมูลสมาชิกที่เข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะแสดงสมาชิกที่เข้าร่วมการประชุมในขณะนั้นดังแสดงในรูปที่ 6-20 โดยจะเห็นได้ว่าในขณะนี้สมาชิกที่เข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะมีด้วยกัน 3 คนด้วยกันคือ Bob, John และ Sara



รูปที่ 6-20 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เข้าร่วมในกลุ่มการประชุม

เมื่อ Karn ทำการลงทะเบียนกับระบบ และรับทราบว่าต้องเข้าร่วมกลุ่มการประชุมที่ Bob ได้สร้างขึ้นก็จะทำการเข้าร่วมเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยเข้าไปสู่ World Peer Group และทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้นและใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการเชิญจาก Bob เข้าร่วมการประชุม โดยทำการค้นหาข้อมูลกลุ่มกาประชุม จากนั้นจึงทำการเข้าร่วม Conference Peer Group และส่งสัญญาณร้องขอ INVITE ไปยัง Virtual Focus โดยลำดับสัญญาณที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับสัญญาณที่ John และ Sara เข้าร่วมกลุ่มการประชุม จากจุดนี้ทำให้เห็นได้ว่าสมาชิกที่เข้ามายัง World Peer Group สามารถทำการค้นหากลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นกระจายอยู่ภายใน World Peer Group ได้

จากนั้นเมื่อ Karn ได้เข้าร่วมกลุ่มการประชุมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว Virtual Focus จะแสดงรายชื่อสมาชิกที่เข้าร่วมกลุ่มการประชุมดังแสดงในรูปที่ 6-21 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในขณะนี้สมาชิกที่เข้าร่วมกลุ่มการประชุมมีทั้งหมดด้วยกัน 4 คน โดยเพิ่มสมาชิกที่ชื่อ Karn เข้ามาในการประชุม

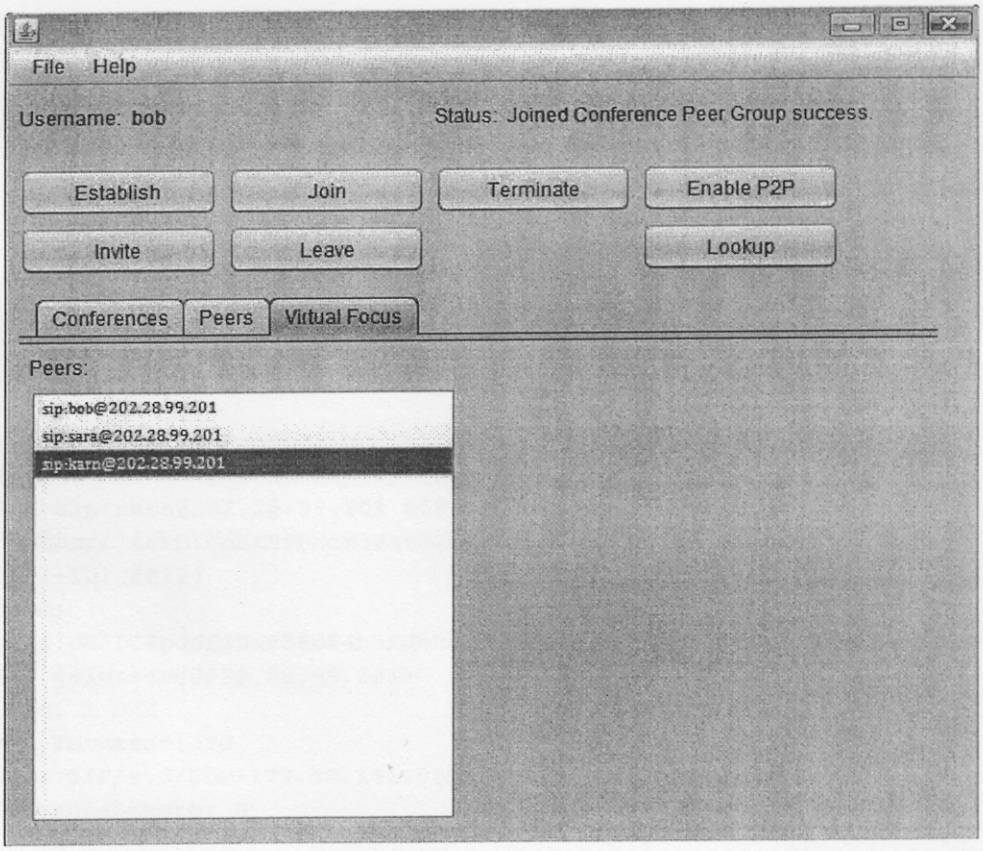


รูปที่ 6-21 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เข้าร่วมในกลุ่มการประชุม
เมื่อ Karn เข้าร่วมกลุ่มการประชุม

จากนั้นเมื่อ John เกิดมีธุระสำคัญขึ้นและต้องการออกจากกลุ่มการประชุม John จะทำการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ไปยัง Virtual Focus โดยรายละเอียดของสัญญาณที่ John ส่งไปยัง Virtual Focus จะแสดงดังในรูปที่ 6-22 และหลังจากที่ John ได้รับสัญญาณตอบกลับจาก Virtual Focus สมาชิกที่แสดงใน Virtual Focus จะเหลือเพียงแค่ 3 คน คือ Bob, Sara และ Karn ดังแสดงในรูปที่ 6-23

```
INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
BYE sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Contact: <sip:john@202.28.99.201>
Call-ID: 56324
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=56324
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 BYE
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: 56324
From: <sip:john@202.28.99.201>;tag=56324
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
CSeq: 1 BYE
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.144:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-22 ลำดับสัญญาณร้องขอ BYE ที่ John ใช้ในการออกจากการประชุม



รูปที่ 6-23 Vitual Focus แสดงสมาชิกที่เหลืออยู่หลังจาก John ออกจากการประชุม

จากนั้นสุดท้ายจะเป็นขั้นตอนการสิ้นสุดการประชุม โดย Bob ซึ่งมีสิทธิในการสิ้นสุดการประชุมจะทำการส่งสัญญาณร้องขอ BYE ไปยัง Virtual Focus ดังแสดงในรูปที่ 6-24 หลังจากนั้น Vitual Focus จะทำการตรวจสอบและรับทราบว่าเป็นสัญญาณในการสิ้นสุดการประชุม Virtual Focus ก็จะทำการสร้างสัญญาณร้องขอ BYE ชุดใหม่เพื่อส่งไปยังสมาชิกที่เหลืออยู่ในการประชุม จากนั้น Virtual Focus จะรอสัญญาณตอบกลับจากสมาชิกที่เหลือทุกคนและทำการสิ้นสุดการประชุม โดยสัญญาณร้องขอ BYE ที่ Virtual Focus สร้างขึ้นจะแตกต่างจากสัญญาณร้องขอ BYE ที่ Bob ได้สร้างขึ้น ดังแสดงใน

```
INFO [com.cnr.sip.SipController] -
BYE sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: 20f53bc1913623e822eea88e01c0ac1f@172.30.141.0
CSeq: 1 BYE
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=28124
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK37360
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:bob@172.30.141.0>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0


INFO [com.cnr.sip.SipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: 20f53bc1913623e822eea88e01c0ac1f@172.30.141.0
CSeq: 1 BYE
From: <sip:bob@202.28.99.201>;tag=28124
To: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK37360
Content-Length: 0
```

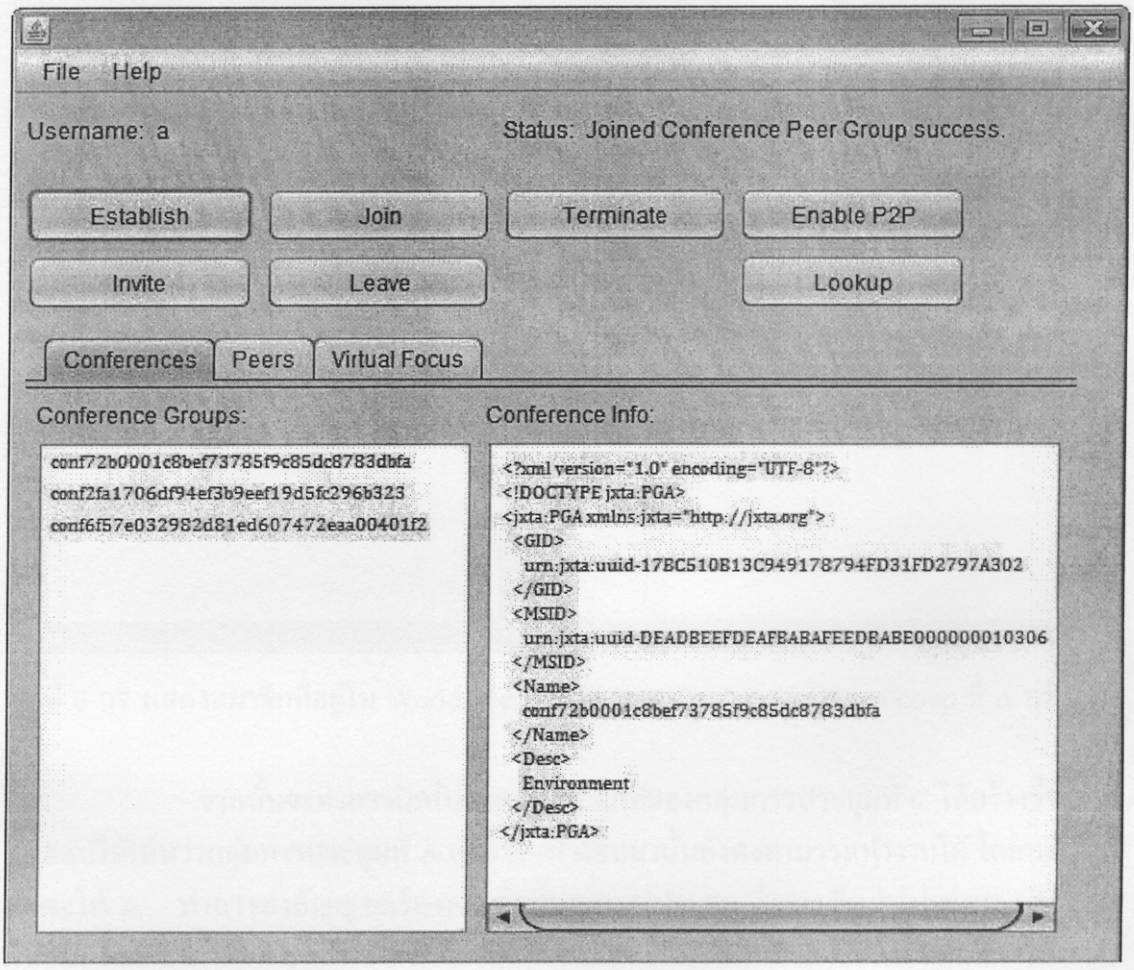
รูปที่ 6-24 สัญญาณร้องขอ BYE ที่ Bob ส่งไปยัง Virtual Focus เพื่อขอสิ้นสุดการประชุม

```
INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
BYE sip:sara@202.28.99.201 SIP/2.0
Contact: <sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>
Call-ID: 28124
From:
<sip:conf84bddf30af86b54b3fdbba5d9c1ce95f@202.28.99.201>;tag=28124
To: <sip:sara@202.28.99.201>
CSeq: 1 BYE
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-25 สัญญาณร้องขอ BYE ที่ Vitual Focus ส่งไปยัง Sara เพื่อสิ้นสุดการประชุม

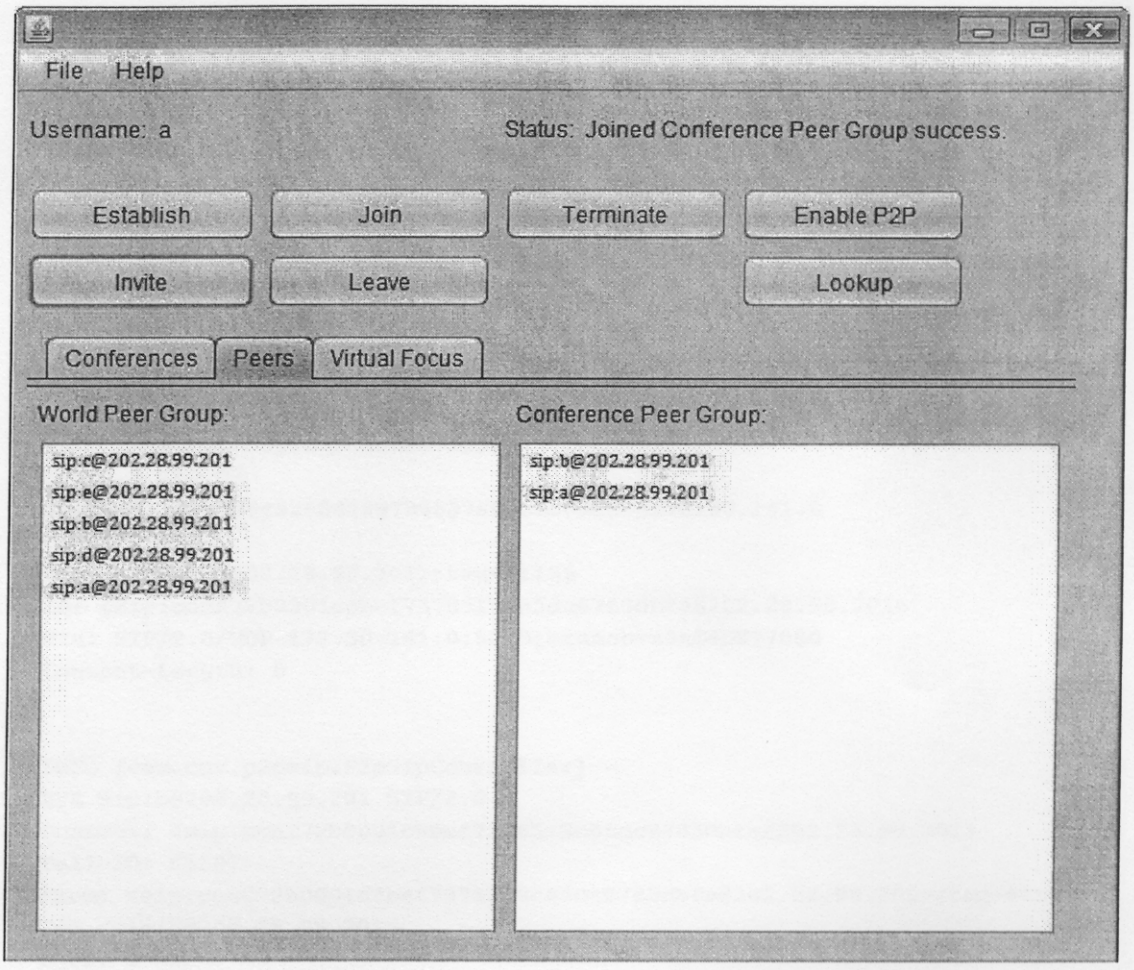
กรณีศึกษา 2 การสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจาย

กรณีศึกษานี้โปรแกรมจะทำการสร้างกลุ่มการประชุมขึ้นมา 3 กลุ่มด้วยกัน กระจายอยู่ภายใน World Peer Group โดยผู้ที่สร้างกลุ่มการประชุมขึ้นมาได้แก่ A, C และ E ซึ่งโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบจะแสดงให้เห็นกลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 6-26



รูปที่ 6-26 Conference Peer Group 3 กลุ่มถูกสร้างขึ้นใน World Peer Group

สมาชิกทุกคนที่จะเข้าร่วมกลุ่มการประชุมจะต้องทำการเข้าร่วม World Peer Group เป็นอันดับแรก หลังจากนั้นสมาชิกจะแยกย้ายกันเข้า Conference Peer Group ที่ตนได้รับเชิญ โดยในโปรแกรมยุกต์ต้นแบบจะทำการแสดงสมาชิกทั้งหมดที่อยู่ใน World Peer Group และสมาชิกที่เข้าร่วม Conference Peer Group ที่เข้าร่วม ในที่นี้เป็น Conference Peer Group ที่สร้างขึ้นโดย A และมีสมาชิกที่เข้าร่วมการประชุมคือ B ในกลุ่มการประชุมที่ Conf-ID เป็น "conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa" ดังแสดงในรูปที่ 6-27



รูปที่ 6-27 แสดงสมาชิกที่อยู่ใน World Peer Group และ Conference Peer Group ที่ A สร้างขึ้น

จากนั้นจะทำการปิดโปรแกรมประยุกต์ของกลุ่มการประชุมที่ C ได้สร้างขึ้น เพื่อทดสอบให้เห็นว่ากลุ่มการประชุมที่ A และ E สร้างขึ้นมานั้นยังคงสามารถทำงานได้ โดยหลังจากนั้นจะให้ A ทำการส่งสัญญาณร้องขอเพื่อสิ้นสุดการประชุม ซึ่งจะเห็นว่าโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบยังคงสามารถทำงานได้และทำการบันทึกสัญญาณที่ส่งในการร้องขอเพื่อสิ้นสุดการประชุมลงไฟล์ ดังแสดงในรูปที่ 6-28

```
INFO [com.cnr.sip.SipController] -
BYE sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201 SIP/2.0
Call-ID: d9c5064525632897365 37a9acfb02287@172.30.141.0
CSeq: 1 BYE
From: <sip:a@202.28.99.201>;tag=81196
To: <sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK77080
Max-Forwards: 70
Contact: <sip:a@172.30.141.0>
User-Agent: p2p-sip-app
Content-Length: 0

INFO [com.cnr.sip.SipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: d9c5064525632897365 37a9acfb02287@172.30.141.0
CSeq: 1 BYE
From: <sip:a@202.28.99.201>;tag=81196
To: <sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201>
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bK77080
Content-Length: 0

INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
BYE sip:b@202.28.99.201 SIP/2.0
Contact: <sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201>
Call-ID: 81197
From: <sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201>;tag=81197
To: <sip:b@202.28.99.201>
CSeq: 1 BYE
Max-Forwards: 70
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0

INFO [com.cnr.p2psip.P2pSipController] -
SIP/2.0 200 OK
Call-ID: 81197
From: <sip:conf72b0001c8bef73785f9c85dc8783dbfa@202.28.99.201>;tag=81197
To: <sip:b@202.28.99.201>
CSeq: 1 BYE
Via: SIP/2.0/UDP 172.30.141.0:5060;branch=z9hG4bKxxx
Content-Length: 0
```

รูปที่ 6-28 สัญญาณที่ A ส่งใน Conference Peer Group เพื่อสิ้นสุดการประชุม

6.3 สรุป

บทนี้เป็นการทดสอบการทำงานของโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการพิสูจน์ให้เห็นว่าระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียนร์ทูเพียร์สามารถนำไปใช้งานได้ในสิ่งแวดล้อมจริง ลำดับสัญญาณที่เกิดขึ้นถูกต้องตามมาตรฐาน และแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจายที่ได้มาจากข้อดีของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ สำหรับการทดสอบการทำงานได้กำหนดกรณีศึกษาออกเป็น 2 กรณีด้วยกัน คือ กรณีศึกษาที่หนึ่งจะเป็นการทดสอบการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม ซึ่งโดยปกติแล้วขั้นตอนการทำงานจะมีลักษณะเหมือนกับระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม แต่กลไกการทำงานที่เกิดในกรณีศึกษานี้จะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนพื้นฐานที่ต้องทำงานอยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยเมื่อได้ทำการทดสอบแล้วปรากฏว่าระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์สามารถทำงานได้บนสิ่งแวดล้อมจริงและถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ ส่วนกรณีศึกษาที่สองนั้นเป็นการทดสอบการสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจาย ที่จะแสดงให้เห็นถึงระบบการประชุมที่ปราศจากเครื่องแม่ข่ายเข้ามาช่วยในการควบคุมการประชุม ซึ่งจะทำให้เมื่อกลุ่มการประชุมใดกลุ่มเกิดปัญหาหรือหายไปจากระบบ กลุ่มการประชุมอื่น ๆ ที่เหลืออยู่ก็สามารยังคงทำงานอยู่ได้ ซึ่งจะแตกต่างจากระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมที่ถูกกลุ่มการประชุมจะถูกควบคุมโดยเครื่องแม่ข่าย Focus เพียงเครื่องเดียว โดยเมื่อใดก็ตามที่ Focus เกิดปัญหาหรือหายไปจากระบบจะทำให้กลุ่มการประชุมที่เกิดขึ้นไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้

บทที่ 7
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

บทนี้จะกล่าวสรุปผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งข้อเสนอแนะและแนวทางต่าง ๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไปใช้ในการวิจัยเพิ่มเติมในการปรับปรุงระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในการทำวิจัยสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้มีการกล่าวถึงปัญหาหรือข้อจำกัดที่เกิดขึ้นของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม การนำเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาช่วยในระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ในรูปแบบต่าง ๆ ที่มีการนำเสนอในปัจจุบัน จึงทำให้มีการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่มีการใช้ความสามารถของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์เข้ามาช่วยเพิ่มความเสถียรภาพและรองรับการขยายขนาดของระบบ อีกทั้งระบบที่ออกแบบขึ้นมานั้นยังคงสามารถทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้าง หรือโปรแกรมประยุกต์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และสุดท้ายจะเป็นการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยกำหนดเป็นกรณีศึกษาขึ้นมาเพื่อใช้ทดสอบ สำหรับรายละเอียดของการสรุปผลการวิจัยจะถูกแยกอธิบาย ดังนี้

7.1.1 การออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์

สำหรับการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำความสามารถของ SIP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีหน้าที่ในการสร้าง แก้ไขและสิ้นสุดเซสชันของการติดต่อสื่อสาร ทำงานร่วมกับเทคโนโลยีเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ซึ่งเป็นระบบเครือข่ายเสมือนที่ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่งในการทำงานร่วมกันระหว่างผู้ใช้งาน เนื่องจากโหนดภายในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะมีสิทธิเท่าเทียมกัน และสามารถกระจายภาระงานให้โหนดในระบบช่วยกันประมวลผล ซึ่งจะส่งผลให้ระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้รับการออกแบบไม่จำเป็นต้องมีเครื่องศูนย์กลางเข้ามาช่วยในการควบคุมดูแลการประชุม ทำให้ระบบการประชุมเป็นระบบการประชุมแบบกระจาย อีกทั้งยังส่งผลให้ระบบสามารถมีเสถียรภาพและรองรับการขยาย

ขนาด และที่สำคัญระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้รับการออกแบบจะยังคงทำงานร่วมกับระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อโครงสร้างระบบเดิม และโปรแกรมประยุกต์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

ในการออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมจะนำเสนอภาพรวมของระบบที่จะเกิดขึ้น ซึ่งเป็นการร่วมกันทำงานระหว่างระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิมกับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้สำหรับระบบการประชุมโดยเฉพาะ ทั้งนี้การวิจัยจะกล่าวถึงข้อเสียของระบบการประชุมโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม และนำเสนอโปรโตคอลและรูปแบบที่เลือกนำมาใช้ในการออกแบบ และกล่าวขั้นตอนพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม ซึ่งจะมีขั้นตอนที่แตกต่างจากระบบการประชุมแบบเดิมในเรื่องของการจัดการเรื่องของเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ซึ่งจะเข้ามาช่วยให้ระบบการประชุมมีลักษณะเป็นการประชุมแบบกระจายที่ปราศจากเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลางในการควบคุมการประชุม ส่งผลให้การประชุมที่เกิดขึ้นมีประสิทธิภาพและรองรับการขยายนาด

7.1.2 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบและการทดสอบการทำงาน

เมื่อได้ทำการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์แล้วจากนั้นจะเป็นการทดสอบการทำงานของระบบที่ได้รับการออกแบบไว้ โดยวิธีการที่ใช้ทดสอบการทำงานสามารถทำได้ 2 วิธีการด้วยกัน คือ การใช้เครื่องมือสร้างแบบจำลองและการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบในการทดสอบ โดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เป็นเครื่องมือในการทดสอบ เนื่องจากได้มีการศึกษาและทำการทดสอบการทำงานของเครื่องมือสร้างแบบจำลองและพบข้อจำกัดทำให้ไม่สามารถทดสอบการทำงานของระบบที่ออกแบบไว้ได้

ในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ต้นแบบใช้ภาษาโปรแกรมจาวา โปรแกรมประยุกต์ที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการทำงานอยู่บนระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเดิม และระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ โดยทำการทดสอบในเรื่องของการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม ตั้งแต่ขั้นตอนการสร้างการประชุม การเข้าร่วมการประชุม ไปจนถึงการสิ้นสุดการประชุม และแสดงให้เห็นถึงระบบการประชุมแบบกระจายที่แต่ละกลุ่มการประชุมที่ถูกสร้างขึ้นจะดูแลควบคุมกันเอง โดยปราศจากเครื่องแม่ข่ายศูนย์กลางในการควบคุม แต่โปรแกรมประยุกต์ต้นแบบนี้จะไม่ครอบคลุมในส่วนของการส่งข้อมูลสื่อประสม

สำหรับการทดสอบการทำงานของระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ได้มีการกำหนดกรณีศึกษาขึ้นมา 2 กรณีด้วยกัน โดยในกรณีศึกษาแรกจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงการทำงานพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบการประชุม และกรณีศึกษาที่สองจะ

แสดงให้เห็นถึงการสร้างกลุ่มการประชุมแบบกระจาย ทั้งนี้เมื่อได้นำโปรแกรมประยุกต์มาทดสอบตามกรณีศึกษาที่ได้กำหนดไว้ข้างต้น ปรากฏว่าผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไปโดยสอดคล้องกับการออกแบบ ทำให้กล่าวได้โครงสร้างสถาปัตยกรรมการประชุมแบบกระจายผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์สามารถที่จะทำงานได้บนระบบเครือข่ายจริง

7.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะและแนวทางที่จะกล่าวนี้จะเป็นข้อเสนอแนะที่จะนำความรู้ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพื่อทำการศึกษาเพิ่มเติม และขยายผลมีดังนี้

7.2.1 การส่งข้อมูลสื่อประสม

วิทยานิพนธ์ได้มีการกล่าวถึงเรื่องของการส่งข้อมูลสื่อประสมอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากในการออกแบบระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ไม่ได้ครอบคลุมการส่งข้อมูลสื่อประสมในระบบการประชุม แต่อย่างไรก็ตามใน ดังนั้นในส่วนของการส่งข้อมูลสื่อประสมที่จะเกิดขึ้นบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้งในเรื่องของรูปแบบและกลไกต่าง ๆ ที่มีการนำเสนออยู่ในปัจจุบัน และนำมาเปรียบเทียบถึงข้อดีและข้อเสีย เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงระบบการประชุมที่ได้ออกแบบไว้นี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

7.2.2 การจัดการควบคุมดูแลการประชุม

การที่โหนดในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มีสิทธิเท่าเทียมกัน และทำให้ในระบบการประชุมที่ออกแบบไว้ปราศจากเครื่องศูนย์กลางในการควบคุมการประชุม ทำให้การควบคุมดูแลจัดการประชุมมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยโหนดที่อยู่ในกลุ่มการประชุมจะต้องมีความสามารถในการแบ่งภาระหน้าที่ในการดูแลควบคุมการประชุมแบบแปรผัน ซึ่งในส่วนนี้วิทยานิพนธ์ไม่ได้มีนิยามไว้ ดังนั้นถ้าหากให้ระบบการประชุมมีการจัดการดูแลการประชุมที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะต้องมีการศึกษาในการเรื่องของการกระจายภาระงานให้กับโหนดที่อยู่ในเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์รวมถึงการย้ายเซสชันที่เกิดขึ้นบนระดับชั้นแอพพลิเคชันด้วย

7.2.3 ความปลอดภัยของระบบการประชุม

ในการติดต่อสื่อสารไม่ว่าจะเป็นด้วยวิธีการใด ๆ ก็ตามความปลอดภัยถือเป็นสิ่งสำคัญอันดับต้นซึ่งในวิทยานิพนธ์ไม่ได้มีการกล่าวไว้ในโครงสร้างสถาปัตยกรรมการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ ดังนั้นในเมื่อต้องการให้ระบบการประชุมที่อยู่บนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มีความปลอดภัย จำเป็นต้องศึกษาในเรื่องของความปลอดภัยทั้งในส่วนของระบบการติดต่อสื่อสารโดยใช้ SIP และความปลอดภัยบนเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์ เพื่อนำมาปรับปรุงให้กับระบบการประชุมแบบกระจายโดยใช้ SIP ผ่านเครือข่ายเพียร์ทูเพียร์มีความน่าเชื่อถือในเรื่องของความปลอดภัยในขณะทำการประชุมมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. R. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley and E. Schooler, "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, Internet Engineering Task Force, June 2002.

[2] V. Kumar, M. Korpi and S. Sengoodan, "IP Telephony with H.323: Architectures for Unified Networks and Integrated Services", USA: John Wiley & Sons, 2001.

[3] O. Levin and R. Even, "High-Level Requirements for Tightly Coupled SIP Conferencing", RFC 4245, Internet Engineering Task Force, November 2005.

[4] J. Rosenberg, "A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol (SIP)", RFC 4353, Internet Engineering Task Force, February 2006.

[5] J. Rosenberg, H. Schulzrinne and O. Levin, "A SIP Event Package for Conference State", RFC 4575, Internet Engineering Task Force, August 2006.

[6] A. Johnston and O. Levin, "SIP Call Control - Conferencing for User Agents", RFC 4579, Internet Engineering Task Force, August 2006.

[7] R. Even and N. Ismail, "Conferencing Scenarios", RFC 4597, Internet Engineering Task Force, July 2006.

[8] M. Barnes, C. Boulton and O. Levin, "A Framework for Centralized Conferencing", RFC 5239, Internet Engineering Task Force, June 2008.

[9] Bittorrent, Available from: http://www.bittorrent.org, Last Accessed: March 20, 2009.

[10] Napster. Available from: http://www.free.napster.com, Last Accessed: March 20, 2009.

[11] KaZaa. Available from: http://kazaa.com, Last Accessed: March 20, 2009.

[12] E. Adar and B. Huberman, "Free riding on Gnutella", Xerox PARC Technical Report, 2000.

[13] M. Ripeanu, "Peer-to-Peer Architecture Case Study: Gnutella Network", 1st IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, August 2001.

[14] Gnutella, Available from: http://gnutellaforums.com, Last Accessed: March 20, 2009.

[15] I. Clarke, O. Sandberg, B. Wiley and T. W. Tong, "Freenet: A Distributed Anonymous Information Storage and Retrieval System, Lecture Notes in Computer Science, 2002.

[16] K. Singh and H. Schulzrinne, "Using an External DHT as a SIP Location Service", Columbia University Technical Report CUCS-007-06, New York, NY, February 2006.

[17] K. Singh and H. Schulzrinne, "Peer-to-Peer Internet Telephony using SIP", Columbia University Technical Report CUCS-044-04, New York, NY, October 2004.

[18] D. Bryan, B. Lowekcamp and C. Jennings, "SOSIMPLE: A Serverless, Standards-based, P2P SIP Communication System", AAA-IDEA'05, IEEE, 2005.

[19] D. Bryan, and B. Lowekamp, "SOSIMPLE: A SIP/SIMPLE Based P2P VoIP and IM System", Computer Science Department, College of William and Mary, Williamsburg, VA, November 2004.

[20] Fan Pu, "P2P Architecture for IP Telephony using SIP", Mobile Communities Seminar on Internetworking, Spring 2006.

[21] Hongyan Ma, Baomin Xu, Huaxu Wan and Chunyan Li, "A Hierarchical P2P Architecture for SIP Commmunication", NGMAST' 2007.

[22] Yijun Mo, Fei Weng Benxiong Huang and Fu Luo, "Real-time Multimedia Service Using Hybrid P2P SIP", ISCIT' 2006.

[23] A. Rios, A. J. Gonzales, A. Oller, J. Lopez and J. Alcober, "P2P Multipoint Conference System using SIP", HET-NET' 2008.

[24] Hari Balakrishnan, M. F. Kaashoek, David Karger, Robert Morris and Ion Stoica, "Looking Up Data in P2P Systems", Communications of the ACM, Vol. 46, No. 2, February 2003, pp. 43-48.

[25] I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M. F. Kaashoek and H. Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications", SIGCOMM' 01, August 2001.

[26] S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp and S. Shenker, "A Scalable Content Addressable Network", ACM SIGCOMM, San Diego, CA, August 2001.

[27] A. Rowstron and P. Druschel, "Pastry: Scalable Distributed Object Location and Routing for Large Scale Peer-to-Peer System". 18th IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms, November 2001.

[28] G. Camarillo, J. Ott and K. Drage, "The Binary Floor Control Protocol (BFCP)", RFC 4582, Internet Engineering Task Force, November 2006.

[29] Jain-SIP, Avaliable from: https://jain-sip.dev.java.net, Last Accessed: April 29, 2009.

[30] Jxta, Avaliable from: https://jxta.dev.java.net, Last Accessed: April 29, 2009.

[31] Jxta-Meteor, Available from: https://jxta-meteor.dev.java.net, Last Accessed: April 29, 2009.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายกานต์ ถิรสุนทร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910120069

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2549

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนศิษย์ก้นกุฏิ คณะวิศวกรรมศาสตร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

K. Tirasoontorn, S. Kamolphiwong, S. Sae-Wong, "Distributed P2P-SIP Conference Construction", Proceedings of the International Conference on Mobile Technology Applications and Systems (Mobility Conference 2008), Yilan, August 2008, SESSION: Special session (II) - Next generation communication services, Article No. 20.