การเพิ่มขยายเซอร์วิสยูพีเอ็นพีสำหรับการสื่อสารเสียง

UPnP Service Extensions for Voice Communication

กิตติ เชี่ยวชาญ

Kitti Chiewchan

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

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มขยายเซอร์วิสยูพีเอ็นพีสำหรับการสื่อสารเสียง
ผู้เขียน นายกิตติ เชี่ยวชาญ
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทูสุรพจน์)

คณะกรรมการสอบ

……..... ประธานกรรมการ
(ดร.อนันท์ ชกสุริวงค์)

……..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทูสุรพจน์)

……..... กรรมการ
(ดร.ณรงค์ฤทธิ์ วราภรณ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

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

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มขยายเซอร์วิสยูพีเอ็นพีสำหรับการสื่อสารเสียง

ผู้เขียน นายกิตติ เชี่ยวชาญ

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

ยูพีเอ็นพี (UPnP) เป็นเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบอัจฉริยะสำหรับบ้านพักอาศัย เพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าสมัยใหม่หรือคอมพิวเตอร์สามารถเชื่อมต่อโดยอัตโนมัติให้เป็นเครือข่ายได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งค่าใดๆ ล่วงหน้า แม้ว่าเครือข่าย UPnP จะพัฒนาขึ้นจากพื้นฐานของโปรโตคอลในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตและมาตรฐานเว็บ แต่ก็มีข้อจำกัดที่สนับสนุนการสื่อสารข้อมูลเฉพาะภายในเครือข่ายเดียวเท่านั้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากปริมาณของทราฟิกจำนวนที่เกิดขึ้นระหว่างการประกาศแจ้งและการค้นหาบริการ ส่งผลทำให้เกิดข้อจำกัดด้านการสื่อสารข้อมูลเสียงแบบดิจิตอล เนื่องจากไม่ทราบหมายเลขไอพีของคู่สนทนา ดังนั้น ในงานวิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการแก้ไขข้อจำกัดข้างต้น ผ่านทางกลไกแบบสะพานสื่อสารแบบยืดหยุ่นภายในอุปกรณ์ที่ทำหน้าเป็นเกตเวย์ของระบบ เพื่อให้สามารถค้นหาหมายเลยไอพีระหว่างเครือข่าย UPnP ข้ามเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจุดเด่นของกรอบงานมาตรฐาน OSGi ทำให้กลไกที่นำเสนอนั้นสามารถรองรับการเพิ่มขยายเพื่อให้เกิดการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอลค้นหาบริการคู่ใดๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งส่งผลให้ผู้ใช้มีทางเลือกในการจับคู่โพรโทคอลตามต้องการ และยังมีความสะดวกต่อการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับงานประยุกต์ของเครือข่ายที่มีความแตกต่างกันได้ง่ายขึ้น ในที่นี้ได้ศึกษากรณีตัวอย่างของการสื่อสารเสียงพูดข้ามเครือข่าย UPnP โดยสาธิตการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอล ค้นหาบริการ SSDP และ SLP ของเครือข่าย UPnP และของอินเตอร์เน็ต ตามลำดับ จึงสามารถค้นหาหมายเลขไอพีของเครื่องคู่สนทนาที่อยู่ต่างเครือข่าย UPnP กันได้ ผลจากการทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการได้แสดงให้เห็นว่าสามารถจะทำให้เกิดลักษณะใช้งานแอพพลิเคชั่นการสื่อสารเสียง SIP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายได้ผ่านทางกลไกสะพานสื่อสารแบบยืดหยุ่นที่นำเสนอนั้น ดั้งนั้น กลไกนี้จึงมีศักยภาพอย่างยิ่งที่จะนำไปสนับสนุนการสื่อสารเสียงพูดในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ Ad-hoc เฉพาะกิจสำหรับพื้นที่ประสบพิบัติภัยทั่วไปได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ UPnP, OSGi, โพรโทคอลค้นหาบริการ, การสื่อสารเสียงพูด, กลไกสะพานสื่อสาร

Thesis Title	UPnP Service Extensions for Voice Communication
Author	Mr. Kitti Chiewchan
Major Program	Computer Engineering
Academic Year	2009

ABSTRACT

UPnP network is that of intelligent home that allows all modern electrical appliances or computers to be connected in a form of local area network, without any configuration setting in priori. Although it adopts the Internet protocols and web standards, the UPnP network is inherently limited to support only for communication within a single network, due to the large amount of traffic generated during the broadcast message for announcing and discovering services. As a result, the digital voice application across UPnP networks is not possible unless the IP address of both parties cannot be known. Therefore, the work in this thesis aims to tackle this limitation through bridging mechanism applying at the gateway networked device for service discovery between multiple UPnP networks across the Internet. However, by working on the OSGi-standard, our proposed mechanism can be extended to support with any pair-wise bridge of service discovery protocols, hence enabling a wider selection of service discovery protocols and a more convenient way of modifications or adjustments to suit for heterogeneous network applications. For a case study of UPnP-based voice communication, a mapping of SSDP and SLP protocols for UPnP network and the Internet accordingly has been investigated so that the IP address of call party can be discovered even they are in the different UPnP network. Based on the empirical study, we show how the goal of serverless SIP (for both isolated and Internet-connected UPnP networks) can be achieved by means of a smart bridging mechanism located at the UPnP gateway device. Therefore, the proposed bridging mechanism has shown a great potential to be used for providing voice communication in the disaster area.

Keywords: UPnP, OSGi, Service discovery Protocol, Voice communication, Bridging mechanism

กิตติกรรมประกาศ

ขอแสดงคำขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทูสุรพจน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้กรุณาอุทิศเวลาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ในด้านการทำวิจัย เอกสาร ข้อมูลต่างๆ เป็นอย่างดี รวมทั้งแนวความคิดและกำลังใจในการแก้ปัญหา ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. อนันท์ ชกสุริวงค์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจทานวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร. ณรงค์ฤทธิ์ วราภรณ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจทานวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ทุก ๆท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ มาโดยตลอด จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการประสานงานต่าง ๆ

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อน ๆ และน้องๆ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยเฉพาะกลุ่มงานวิจัยห้อง Wireless Information Group (WIG) ประกอบด้วยนายกิติศักดิ์ วัฒนกุล นายจักรพันธ์ สัวบุตร นายพิทักษ์ เศวตสุนทร นายฤทธิชัย จิตภักดีบดินทร์ และทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดาและพี่สาวของข้าพเจ้า ที่ส่งเสริมสนับสนุน ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และทุนทรัพย์แก่ข้าพเจ้าตลอดมาจนกระทั่งทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

กิตติ เชี่ยวชาญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (3)

ABSTRACT (4)

กิตติกรรมประกาศ (5)

สารบัญ (6)

รายการภาพประกอบ (9)

รายการตาราง (11)

1. บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 2

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 บทนำตันเรื่อง..... 4

2.2 ปัญหาข้อจำกัดของกลไกสะพานสื่อสารในอุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย UPnP.. 4

2.2.1 ที่มาของปัญหา..... 4

2.2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.2.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา..... 5

2.2.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.2.4.1 โพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการในเครือข่ายUPnP..... 6

2.2.4.2 โพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต..... 7

2.2.4.3 กรอบงานมาตรฐาน OSGi..... 9

2.3 ปัญหาข้อจำกัดของระบบสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP.. 10

2.3.1 ที่มาของปัญหา..... 10

2.3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา..... 11
2.3.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง..... 11
2.3.4.1 ลักษณะการสื่อสารเสียงทั่วไป และการสื่อสารเสียงในเครือข่าย UPnP..... 12
3. การออกแบบ และพัฒนาระบบ..... 15
3.1 บทนำต้นเรื่อง..... 15
3.2 กลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย..... 15
3.2.1 สถาปัตยกรรมของระบบ..... 15
3.2.2 ลักษณะการค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล (Attribute-value search)..... 17
3.2.3 กลไกการทำงานการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอล..... 17
3.3 กลไกทำงานเอเจนต์เพื่อรองรับการสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP แบบไร้เครื่องแม่ข่าย..... 18
3.3.1 สถาปัตยกรรมของระบบ..... 18
3.3.2 การประยุกต์กลไกสะพานสื่อสารเพื่อทำงานในเอเจนต์..... 19
4. ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผล..... 22
4.1 บทนำตันเรื่อง..... 22
4.2 แนวทางการพัฒนา และผลการทดสอบของกลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย..... 22
4.2.1 การพัฒนาระบบตามแนวคิด..... 22
4.2.2 ผลการทดสอบ..... 25
4.3 แนวทางการพัฒนาและผลการทดสอบหน่วยทำงานเอเจนต์ที่สามารถสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP ได้แบบไร้เครื่องแม่ข่าย..... 28
4.3.1 การพัฒนาระบบตามแนวคิด..... 28
4.3.2 ผลการทดสอบ..... 31
5. สรุป..... 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1 บทนำต้นเรื่อง..... 37

5.2 สรุปสิ่งที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์..... 37

5.2.1 กลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย..... 37

5.2.2 กลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายที่สามารถสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnPได้แบบไร้เครื่องแม่ข่ายหลากหลาย..... 38

5.3 ข้อเสนอแนะ และงานในอนาคต..... 38

เอกสารอ้างอิง..... 40

ภาคผนวก

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์..... 44

ประวัติผู้เขียน..... 63

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1.1	การสื่อสารเสียงพูดด้วยเครือข่าย UPnP แบบมาตรฐานที่จำกัดเพียงในเครือข่ายเดียว และแบบการสื่อสารเสียงพูดข้ามเครือข่ายที่จะดำเนินการศึกษาวิจัย	2
2.1	การสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านอินเตอร์เน็ต	5
2.2	ภาพแนวคิดการทำงานของระบบเพื่อจัดการปัญหากลไกสะพานสื่อสาร	6
2.3	สถาปัตยกรรมโพรโทคอลมาตรฐานของเครือข่าย UPnP	6
2.4	กรอบงานซอฟต์แวร์แบบ OSGi	9
2.5	วัฏจักรการทำงานของบันเดิลในกรอบงาน OSGi	10
2.6	ภาพแนวคิดการทำงานของกลไกเอเจนต์	12
2.7	แสดงลักษณะการเชื่อมต่อกันของระบบสื่อสารเสียง	13
2.8	แผนภาพลำดับสัญญาณการติดต่อของโพรโทคอล	13
2.9	ขั้นตอนการสื่อสารเสียงในเครือข่าย UPnP	14
3.1	สถาปัตยกรรมของ Universal Bridge Agent (UBA)	16
3.2	โครงสร้างทำงานร่วมกันระหว่างบันเดิลผ่านกรอบงาน OSGi	17
3.3	กลไกการปรับเปลี่ยนโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ	18
3.4	สถาปัตยกรรมของเอเจนต์ที่ทำการออกแบบเพื่อค้นหาบริการ	19
3.5	ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ต่างเครือข่าย	20
3.6	ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการปกติในการสื่อสารระหว่างเครือข่าย	21
4.1	Class diagram การทำงานทั้งหมดของกลไกสะพานสื่อสาร	23
4.2	กลไกการทำงานของ Bridge	24
4.3	ตัวอย่างโปรแกรมของกลไกการทำงานจับคู่ระหว่างโพรโทคอล	25
4.4	ระบบจำลองการทดสอบกลไกสะพานสื่อสาร	26
4.5	รายการบันเดิลต่างๆ ที่ทำงาน ณ อุปกรณ์ควบคุม	26
4.6	รายการค้นหาบริการของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ	27
4.7	แสดงการเปลี่ยนสถานะทำงานของบันเดิลที่พัฒนาขึ้น	27
4.8	รายการอุปกรณ์ทำงานที่พบหลังจากเปลี่ยนสถานะทำงานของบันเดิล	28

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
4.9	แสดงคลาสไดอะแกรมของกลไกทำงานของเอเจนต์	29
4.10	ขั้นตอนการทำงานเพื่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้ผ่านเอเจนต์	29
4.11	หน้าจอแสดงผลโปรแกรมส่วนการค้นหาผู้ใช้	30
4.12	ระบบจำลองเพื่อทดสอบกลไกค้นหาบริการ	31
4.13	ขั้นตอนการทำงานของส่วนค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้	32
4.14	กราฟแสดงเวลาในการค้นหาบริการ	33
4.15	ขั้นตอนการทำงานของส่วนการเริ่มต้นการสื่อสาร	34
4.16	แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ	34
4.17	แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ	35

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	แสดงสรุปข้อมูลโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ SSDP	7
2.2	แสดงการเปรียบเทียบโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ	8
3.1	ฟังก์ชั่นเปรียบเทียบคำสั่งทำงานระหว่างโพรโทคอล SLP และ SSDP	17

บทที่ 1

บทนำ

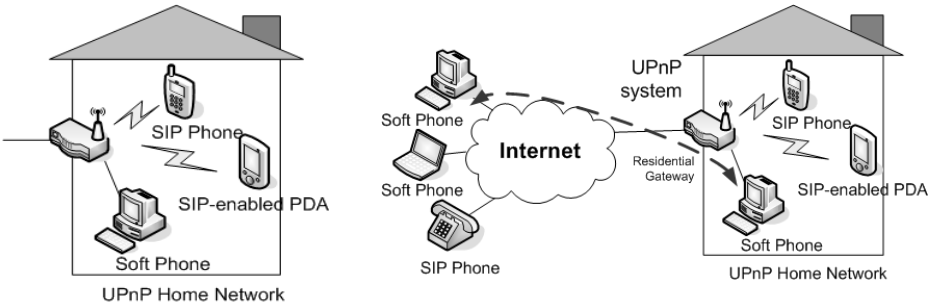
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันงานประยุกต์ด้านการสื่อสารเสียงภายในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (มักเรียกชื่อว่า VoIP หรือ Voice-over-Internet Protocol) มีพบเห็นมากขึ้น เช่น โปรแกรม Skype หรือ Instant Messaging เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้มักใช้โพรโทคอล SIP (Session Initial Protocol) ในการให้สัญญาณ (Signaling) ระหว่างเซิร์ฟเวอร์ให้บริการ (เทียบเท่ากับชุมสายโทรศัพท์) และเครื่องโทรศัพท์แบบ SIP (SIP Phones) โพรโทคอลนี้อยู่ในระดับชั้นทำงาน Application และใช้บริการโพรโทคอลช่วยการสื่อสารในระดับชั้นที่อยู่ต่ำลงมา ตามมาตรฐานของอินเตอร์เน็ต เช่น TCP และ IP เป็นต้น ดังนั้น จากการที่โพรโทคอล SIP นี้ สามารถทำงานในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ จึงได้รับการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบอื่นๆ ตัวอย่างเช่น เครือข่ายอัจฉริยะภายในบ้าน (Home Networking) ตามมาตรฐาน UPnP (Universal Plug-and-Play) สำหรับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าสมัยใหม่ (Smart Device) ซึ่งสามารถเชื่อมต่อโดยอัตโนมัติเข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นเครือข่ายได้ โดยไม่ต้องทำการติดตั้งค่าล่วงหน้าแต่อย่างใด (Zero Configuration)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารเสียงภายในเครือข่าย UPnP โดยใช้โพรโทคอล SIP มักจะนำเสนอถึงวิธีการที่จะนำโพรโทคอลนี้มาใช้ระหว่างอุปกรณ์ที่สื่อสารกันโดยตรง ปราศจากการพึ่งพาเครื่องแม่ข่ายให้บริการ (Serverless Configuration) ดังเช่นที่พบเห็นในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทั่วไป แต่ไม่ได้กล่าวถึงวิธีการที่จะทำให้ระบบสื่อสารเสียงเช่นนี้ สามารถติดต่อไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกเครือข่าย UPnP หนึ่งๆ ได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดเชิงสถาปัตยกรรมของเครือข่าย UPnP ที่สนับสนุนเฉพาะการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single Local Network) เท่านั้น (ดูภาพประกอบที่ 1-1(ก))

วิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งที่จะศึกษาและพัฒนากลไกทำงานที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (Bridging Device) ภายในอุปกรณ์เกตเวย์ (Gateway) เพื่อที่ทำให้การสื่อสารเสียงภายในเครือข่าย UPnP สามารถกระทำข้ามระหว่างอุปกรณ์เพื่อสื่อสารเสียงกันอุปกรณ์เครือข่าย UPnP ที่อยู่ห่างจากกันได้ (ดูในภาพประกอบ 1-1(ข)) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโพรโทคอลค้นหาบริการ (Service Discovery

Protocol) จะถูกนำมาใช้เพื่อสนับสนุนการค้นหาหมายเลขไอพีแอดเดรส (IP Address) ของคู่สื่อสารที่อยู่ปลายทางอีกด้านหนึ่ง ดังนั้น ในกรณีที่เครือข่ายอินเตอร์เน็ตถูกนำมาใช้เป็นเครือข่ายต่อผ่าน (Transit Network) ให้กับการสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP จึงควรคำนึงถึงปัจจัยด้านความแตกต่างของโพรโทคอลค้นหาบริการที่มีความหลากหลายมาตรฐานด้วย เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นสูงสุดในการนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมของเครือข่ายที่อาจแตกต่างกันได้ ซึ่งคาดว่ากลไกทำงานนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อสนับสนุนการสื่อสารเสียงด้วยโพรโทคอล SIP ภายในเครือข่ายฉุกเฉินเฉพาะกิจในเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุภัยพิบัติต่างๆ ได้เป็นอย่างดี



(ก) (ข)

ภาพประกอบ 1-1 การสื่อสารเสียงพูดด้วยเครือข่าย UPnP (ก) แบบมาตรฐานที่จำกัดเพียงในเครือข่ายเดียว และ (ข) แบบสื่อสารข้ามเครือข่ายที่จะดำเนินการศึกษาวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อศึกษาและพัฒนากลไกทำงานที่มีประสิทธิภาพในการทำงานในสภาพแวดล้อมจำเพาะ เช่น พื้นที่ประสบภัยธรรมชาติ เป็นต้น เพื่อรองรับการทำหน้าที่เป็นสะพานสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายในเครือข่าย UPnP กับอุปกรณ์สื่อสารที่อยู่ภายนอกเครือข่ายด้วยโพรโทคอลให้สัญญาณ SIP

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบกลไกทำงานที่เป็นสะพานสื่อสารภายในอุปกรณ์เกตเวย์ ด้านความยืดหยุ่นในการรองรับโพรโทคอลค้นหาบริการที่มีมาตรฐานแตกต่างกัน เพื่อการเพิ่มขยายความสามารถของเครือข่าย UPnP ได้

1.3.2 ศึกษาและพัฒนาสถาปัตยกรรมทำงานเพื่อรองรับการสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายระหว่างอุปกรณ์ SIP ของเครือข่าย UPnP ทั้งภายในเครือข่ายเดียวกัน และข้ามเครือข่าย

1.3.3 ทดสอบประสิทธิภาพการตอบสนองด้วยค่าหน่วงเวลา (Round-Trip-Time (RTT)) ของระบบจำลองต้นแบบเพื่อรองรับการสื่อสารเสียงพูดของระบบที่ได้ออกแบบ และพัฒนาขึ้น โดยอ้างอิงมาตรฐานของ VoIP ปกติ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ศึกษาเปรียบเทียบกลไกทำงานด้านการสื่อสารเสียงภายในเครือข่าย UPnP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายที่มีการเผยแพร่

1.4.2 ออกแบบและพัฒนากลไกทำงานเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโพรโทคอลค้นหาบริการตามมาตรฐานอื่นๆ กับโพรโทคอลของเครือข่าย UPnP

1.4.3 พัฒนาเพิ่มเติมส่วนขยายของกลไกทำงานข้างต้น เพื่อให้รองรับการสื่อสารเสียงระหว่างเครือข่าย UPnP กับอุปกรณ์สื่อสารเสียงพูดด้วยโพรโทคอล SIP ทั้งที่อยู่ภายในเครือข่ายเดียวกัน และต่างเครือข่าย

1.4.4 ทดสอบและปรับปรุงระบบโดยรวม

1.4.5 สรุปผลการวิจัย และเขียนวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 กลไกทำงานของสะพานสื่อสารที่มีความยืดหยุ่นในการรองรับมาตรฐานโพรโทคอลค้นหาบริการที่หลากหลายให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างเป็นมาตรฐาน

1.5.2 กลไกทำงานสำหรับการสื่อสารเสียงพูดในเครือข่าย UPnP แบบไร้เครื่องแม่ข่าย ซึ่งอาศัยกลไกสะพานสื่อสารในข้อ 1.5.1 เพื่อการประยุกต์ใช้งานข้ามเครือข่าย UPnP

1.5.3 แนวทางการติดตั้ง และกำหนดค่าเพื่อให้ซอฟต์แวร์ประเภท VoIP แบบมีเครื่องแม่ข่ายทั่วไปสามารถทำงานร่วมกับกลไกทำงานในข้อ 1.5.2 สำหรับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์เฉพาะกิจในเขตพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเหตุภัยพิบัติต่างๆ ได้

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำต้นเรื่อง

จากความต้องการที่จะศึกษาและพัฒนากลไกทำงานที่มีประสิทธิภาพ สำหรับทำหน้าที่เป็นสะพานสื่อสาร เพื่อสนับสนุนการสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายด้วยโพรโทคอลให้สัญญาณ SIP ระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย UPnP ทั้งที่อยู่ภายในหรือต่างเครือข่าย ได้กำหนดหัวข้อปัญหาไว้ ดังนี้

- ปัญหาข้อจำกัดของกลไกสะพานสื่อสารในเครือข่ายยูพีเอ็นพี ซึ่งปัจจุบันไม่รองรับการทำงานร่วมกับโพรโทคอลค้นหาบริการอื่นๆ ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ทำให้ไม่สามารถส่งผ่านข้อมูลค้นหาบริการของโพรโทคอลเครือข่าย UPnP เพื่อค้นหาหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารที่อยู่ระยะห่างไกลกันได้เลย
- ปัญหาข้อจำกัดของการสื่อสารเสียงผ่านเครือข่าย (VoIP) ด้วยโปรแกรม SIP จากอุปกรณ์ UPnP ที่อยู่ต่างเครือข่ายกัน และไม่มีเครื่องแม่ข่ายเข้ามาช่วยสนับสนุน

2.2 ปัญหาข้อจำกัดของกลไกสะพานสื่อสารภายในอุปกรณ์เกตเวย์ ของเครือข่าย UPnP

2.2.1 ที่มาของปัญหา

เครือข่ายตามมาตรฐาน UPnP [1] นั้นถูกออกแบบขึ้นเพื่อการสร้างเป็นกลุ่มเครือข่ายระหว่างคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แบบชาญฉลาด (Smart Device) ที่อยู่ในบริเวณเดียวกันโดยอัตโนมัติ แต่ด้วยข้อจำกัดของทราฟิกข้อมูลแบบมัลติคาสก์ในโพรโทคอลของ UPnP จึงถูกจำกัดการทำงานให้รองรับการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single network) เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามแก้ไขข้อจำกัดข้างต้นนี้ เช่น การออกแบบกลไกสะพานสื่อสาร (Bridging mechanism) ระหว่างคู่โพรโทคอลของเครือข่าย UPnP กับอินเตอร์เน็ต ดังแสดงในภาพประกอบ 2-1 ก็ยังมีความไม่ยืดหยุ่นในทำงานร่วมกับโพรโทคอลที่หลากหลายได้

ภาพประกอบ 2-1 การสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านอินเตอร์เน็ต

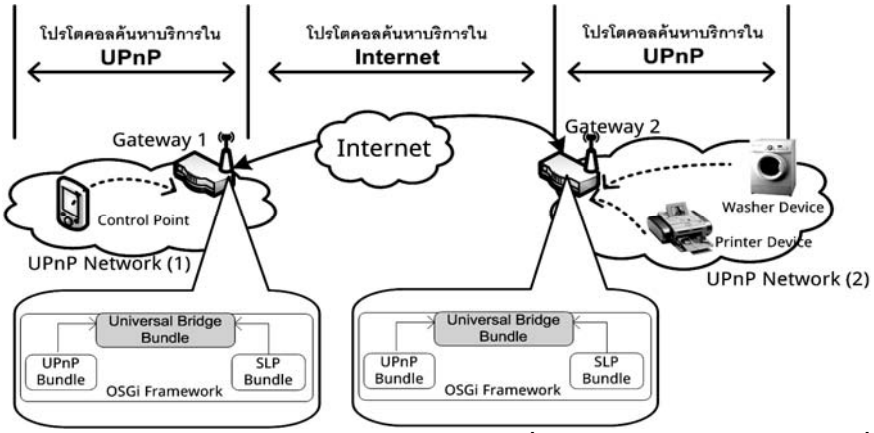
2.2.2 ทบทวนวรรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

กลไกทำงานแบบสะพานสื่อสารเป็นกลไกพื้นฐานที่มักนำไปใช้ในการแปรความหมายคำสั่งของโพรโทคอลหนึ่งให้เป็นของอีกโพรโทคอลหนึ่งที่สมนัยกันด้วยวิธีการจับคู่ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยทั่วไปมักระบุการจับคู่ระหว่างโพรโทคอลคู่หนึ่งๆ (Pair-wise Mapping) เท่านั้น ตัวอย่างการจับคู่ระหว่างมาตรฐานโพรโทคอลค้นหาบริการแบบต่างๆ เช่น Jini-to-UPnP [2], SIP-to-SLP [3] และ UPnP-to-SIP [4] เป็นต้น ซึ่งการระบุโดยชัดเจนระหว่างโพรโทคอลที่นำมาจับคู่ โดยทำการสร้างเอเจนต์ตัวกลางเพื่อทำหน้าที่ประสานการทำงานระหว่างคู่โพรโทคอล แต่ก็ยังมีข้อจำกัดการทำงานที่สำคัญ ดังที่พบในงานวิจัยทั่วไป เช่น

- มักเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบปิด (Proprietary Software) ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำไปเผยแพร่เพื่อใช้งาน หรือใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ที่พัฒนาตามมาตรฐานแบบโอเพ่นซอร์สได้ยาก
- มักไม่ได้คำนึงถึงการออกแบบเพื่อให้ซอฟต์แวร์รองรับต่อการเพิ่มขยาย หรือการปรับเปลี่ยน ต่อการจับคู่กับโพรโทคอลตัวอื่นๆ นอกเหนือไปจากที่ผู้วิจัยเองต้องการได้ จึงไม่อาจนำไปใช้ในสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันของโพรโทคอล ดังที่พบในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตปัจจุบันได้

2.2.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา

ในที่นี้เป็นการนำแนวคิดของสถาปัตยกรรมเชิงบริการ (Service Oriented Architecture (SOA)) เข้ามาใช้กับการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามกรอบงานมาตรฐาน OSGi (Open Service Gateway initiative) เพื่อให้ฟังก์ชั่นทำงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการจับคู่แบบสะพานสื่อสาร มีความเป็นมาตรฐาน และเกิดความยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนไปใช้โพรโทคอลอื่นๆ ที่จะนำมาใช้จับคู่ทำงานกันได้อย่างเป็นอิสระ และมีความเหมาะสมในการทำงานร่วมกับเครือข่ายแบบไร้สายอีกด้วยดังแสดงแนวคิดการทำงานทั้งหมดในภาพประกอบ 2-2

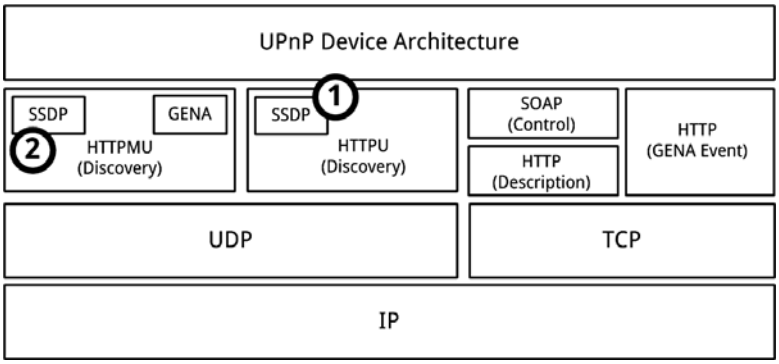


ภาพประกอบ 2-2 ภาพแนวคิดการทำงานของระบบเพื่อจัดการปัญหากลไกสะพานสื่อสาร

2.2.4 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.2.4.1 โพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการในเครือข่าย UPnP

สถาปัตยกรรมทางเครือข่าย UPnP ออกแบบให้ทำงานอยู่บนพื้นฐานของโพรโทคอลอื่นๆ ที่มีใช้แพร่หลายอยู่เดิมแล้วในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ดังแสดงเป็นภาพประกอบ 2-3 เพื่อให้มาตรฐานนี้เป็นที่ยอมรับในการนำไปใช้งานได้ง่ายมากขึ้น



ภาพประกอบ 2-3 สถาปัตยกรรมโพรโทคอลมาตรฐานของเครือข่าย UPnP

ตามสถาปัตยกรรมของเครือข่าย UPnP นั้น อุปกรณ์ทุกตัวในระบบสามารถติดตั้งค่าให้มีการประสานงานระหว่างกันเพื่อทำงานเป็นลักษณะของเครือข่ายได้เองโดยอัตโนมัติ (Automatic configuration) โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวที่ทำหน้าที่เป็น Directory Name Service (DNS) ดังเช่นที่พบในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตทั่วไป ภายในเครือข่าย UPnP นี้จะใช้โพรโทคอล Simple Service Discovery Protocol (SSDP) สำหรับการค้นหาบริการ (Service Discovery) ที่อุปกรณ์ต่างๆ มีให้บริการ (ซึ่งขึ้นกับประเภทของอุปกรณ์นั้นๆ เช่น บริการเปิด/ปิดสวิตช์ สำหรับอุปกรณ์ที่ควบคุม

การทำงานของโคมไฟฟ้า เป็นต้น) อย่างไรก็ตาม โพรโทคอลนี้สามารถจะใช้วิธีการกระจายข้อมูลเพื่อสอบถามไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ภายในเครือข่าย ได้ทั้งแบบยูนิคาสต์ (Unicast) และแบบบรอดคาสต์ (Broadcast) (ดูวงกลม 1 และ 2 ตามลำดับ ในภาพประกอบ 2-3) ซึ่งหากเป็นกรณีแบบหลังก็จะจำกัดเฉพาะกับการใช้งานภายในเครือข่ายเดียวเท่านั้น เนื่องจากว่าหากจำนวนของอุปกรณ์ภายในเครือข่ายมีมากขึ้น หรือจำนวนเครือข่ายมากขึ้น ก็อาจจะทำให้มีการชนกันกับข้อมูลของโพรโทคอลอื่นๆ สูง หากว่ามีการค้นหาบริการข้อมูลบ่อยครั้ง ในตารางที่ 2-1 แสดงข้อมูลการทำงานโดยสรุปของโพรโทคอล SSDP นี้

ตารางที่ 2-1 แสดงสรุปข้อมูลโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ SSDP [5]

โพรโทคอล	สถาปัตยกรรมทำงาน	แหล่งเก็บข้อมูลบริการ	วิธีการค้นหาบริการ	ขอบเขตการใช้งาน
SSDP	แบบเพียร์ทูเพียร์ (Peer-to-Peer)	ในอุปกรณ์แต่ละตัวภายในเครือข่าย	ใช้การค้นหาแบบบรอดคาสต์ ทั้งแบบ Active และ Passive ไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในเครือข่าย	ภายในเครือข่ายเดียวเท่านั้น

2.2.4.2 โพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

โพรโทคอลที่จัดอยู่ในกลุ่มค้นหาบริการสำหรับเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มีอยู่ด้วยกันหลายมาตรฐาน เช่น SLP, Jini เป็นต้น ซึ่งแต่ละตัวได้รับการออกแบบทางทางสถาปัตยกรรมเพื่อความเหมาะสมในสภาพแวดล้อมการทำงานที่แตกต่างกันไป ซึ่งจากความหลากหลายของโพรโทคอลเหล่านี้ จึงได้มีงานวิจัยเชิงสำรวจเพื่อศึกษาเปรียบเทียบ [6][7] พร้อมกับการจำแนกกลุ่มตามเกณฑ์ต่างๆ เช่น ตามลักษณะของเครือข่าย หรือตามเทคนิควิธีของกลไกทำงาน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ในที่นี้ขอสรุปการเปรียบเทียบเฉพาะกับโพรโทคอลที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้

ตารางที่ 2-2 แสดงการเปรียบเทียบโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ [6]

โพรโทคอล	สถาปัตยกรรมทำงาน	แหล่งเก็บข้อมูลบริการ	วิธีการค้นหาบริการ	ขอบเขตการใช้งาน
Jini	แบบมีศูนย์กลาง	On Lookup Service	ใช้การค้นหา (Lookup) ทั้งแบบ Active และ Passive จากสมาชิกต่างๆ ในระบบ	เครือข่ายขนาดใหญ่โดยการใช้เทคนิค Service Grouping
SLP	1. แบบมีศูนย์กลาง (ใช้ DA)	1. บนอุปกรณ์ DA	1. ใช้การค้นหาทั้งแบบ Active และ Passive	เครือข่ายขนาดใหญ่โดยการใช้ผ่านกลไกของ DA
	2. แบบเพียร์ทูเพียร์ (ไม่ใช้ DA)	2. บนอุปกรณ์ UA และ SA	2. ใช้การค้นหา (Broadcast) ทั้ง Active และ Passive	

หมายเหตุ DA = Directory Agent UA = User Agent และ SA = Service Agent

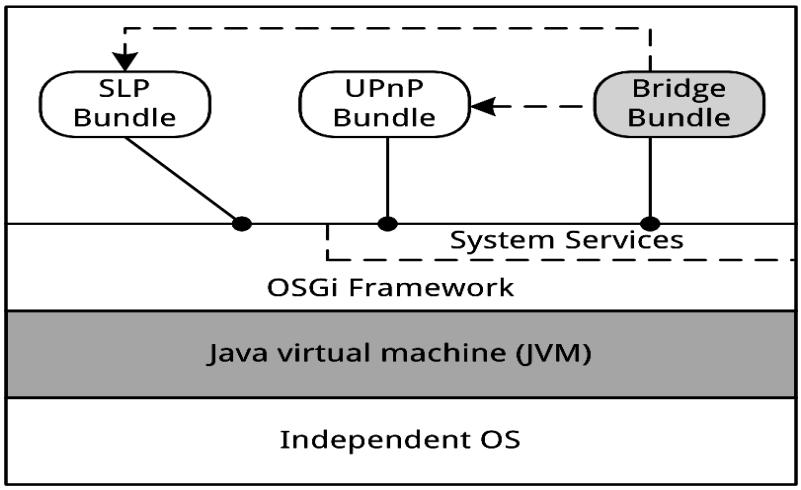
จากข้อมูลในตารางที่ 2-2 จะเห็นได้ว่า โพรโทคอลแต่ละตัวนั้น ต่างมีข้อดีและมีความเหมาะสมในการทำงานที่แตกต่างกันไป ตัวอย่างเช่น

- โปโตรคอล Jini มีข้อดีทางด้านความง่ายของกลไกทำงานจากแบบที่มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลาง ซึ่งจะคอยเวียนสอบถามอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อค้นหาชื่อของบริการที่ต้องการ (Service Lookup) แต่มีข้อเสียทางด้านเวลาที่ใช้ไปในการค้นหา โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากบริการที่ต้องการอยู่ที่อุปกรณ์ซึ่งได้รับการสอบถามในช่วงหลังๆ
- โพรโทคอล SLP สามารถทำงานได้ทั้งในเครือข่ายเดียว (without DA) และรองรับการข้ามเครือข่ายผ่านอินเทอร์เน็ต (With DA) เป็นต้น

ในบริบทของงานส่วนนี้ในวิทยานิพนธ์จะเป็นการบูรณาการโพรโทคอลค้นหาบริการที่ทำงานอยู่ในเครือข่ายนี้ คือ โพรโทคอล SLP มาทำงานร่วมกับโพรโทคอลค้นหาบริการ SSDP ซึ่งทำงานภายในเครือข่าย UPnP เนื่องจากมีคุณลักษณะการค้นหาบริการแบบเดียวกันและรองรับการทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งการบูรณาการนี้จะสามารถช่วยให้โปรโตตอล SSDP เพิ่มขยายขอบเขตการทำงานข้ามไปยังเครือข่าย UPnP อื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ผ่านทางกลไกการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามกรอบงานมาตรฐาน OSGi ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในบทถัดไป

2.2.4.3 กรอบงานมาตรฐาน OSGi (Open Service Gateway initiative) [8][9]

เป็นมาตรฐานของกรอบงานแบบสถาปัตยกรรมเชิงบริการ (SOA) สำหรับซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาจาวา โดยมีลักษณะเด่นด้านการสร้างสิ่งแวดล้อมในการประมวลผล (Execution Environment) ในการทำงานร่วมกันของซอฟต์แวร์เชิงบริการที่เรียกว่า บันเดิล (Bundle) อย่างเป็นอิสระ ทำให้สามารถเพิ่มเติม/ปรับเปลี่ยน หรือเรียกใช้บริการจากบันเดิลอื่นๆ ได้โดยง่าย โดยกลไกทำงานของกรอบงานนี้จะเอื้อให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ หรือแอพลิเคชั่นที่มีมาตรฐานแตกต่างกันสามารถทำได้สะดวกยิ่งขึ้น ดังแสดงในบริบทงานวิทยานิพนธ์นี้ที่ดำเนินการศึกษาและพัฒนาการเพิ่มขยายขอบเขตทำงานของโพรโทคอลค้นหาบริการ ด้วยกลไกสะพานสื่อสารที่ประสานการทำงานระหว่างโพรโทคอล SSDP และโพรโทคอล SLP เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของเครือข่าย UPnP ให้สามารถค้นหาบริการไปข้ามไปยังเครือข่ายอื่นได้ ดังแสดงในภาพประกอบ 2-4

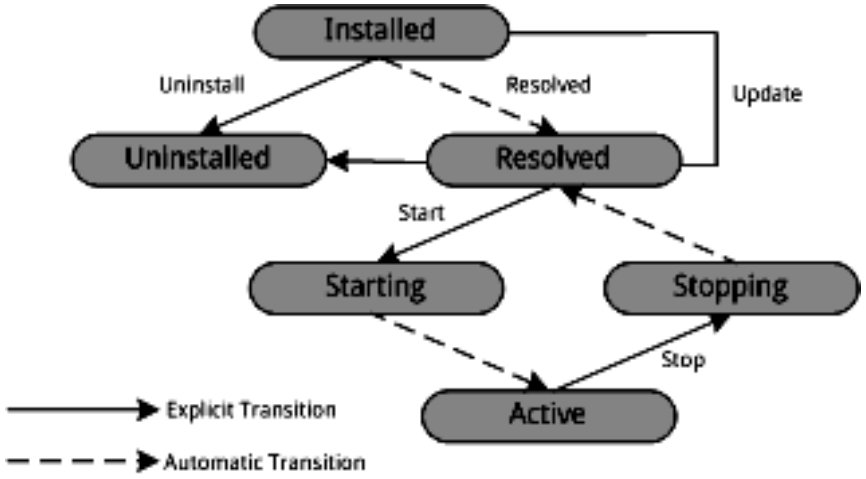


ภาพประกอบ 2-4 กรอบงานซอฟต์แวร์แบบ OSGi

อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่นที่วิทยานิพนธ์นี้สนใจเพิ่มเติม อาทิเช่น ความสามารถในการเพิ่มขยายบริการ หรือมาตรฐานงานอื่นได้อย่างยืดหยุ่น และต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์เกตเวย์ หรืออุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ (Mobile device) ที่มีทรัพยากรจำกัดซึ่งมีความสอดคล้องกับวัฏจักรทำงานของบันเดิลในกรอบงานมาตรฐาน OSGi คือ

- มีการกำหนดสถานะทำงานของบันเดิลเป็น วัฏจักรของการทำงาน (ดูภาพประกอบ 2-5) ทำให้ง่ายต่อการสั่งงานในลักษณะของบริการเพื่อเปลี่ยนสถานะ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการเพิ่มขยาย หรือปรับเปลี่ยนบริการในกรอบงาน

- สามารถรองรับการทำงานของบันเดิลจำนวนมากได้ ผ่านทางกรอบงาน OSGi และ Java Virtual Machine เพียงตัวเดียวเท่านั้น ทำให้ประหยัดหน่วยความจำ และใช้พลังงานน้อยลงซึ่งสอดคล้องกับการนำไปทำงานร่วมกับอุปกรณ์สื่อสารไร้สาย (mobile device)



ภาพประกอบ 2-5 วัฏจักรการทำงานของบันเดิลในกรอบงาน OSGi

- มีความแพร่หลายของไลบรารี่บันเดิลแบบโอเพ่นซอร์สของโพรโทคอลต่างๆ มาก จึงลดภาระงานลงได้มาก หากต้องการนำมาใช้ในบันเดิลที่พัฒนาขึ้นเอง นอกจากนั้น ทั้งยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับระบบที่พัฒนาขึ้นโดยรวมได้อีกด้วย

จากข้อดีของกรอบงานมาตรฐาน OSGi ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้น พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของกลไกสะพานสื่อสารในเครือข่ายยูพีเอ็นพีให้สามารถรองรับการทำงานร่วมกับโพรโทคอลค้นหาบริการอื่นๆ ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับการนำไปใช้งานในเครือข่ายไร้สายอีกด้วย

2.3 ปัญหาข้อจำกัดของระบบสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP

2.3.1 ที่มาของปัญหา

การจัดเตรียมระบบสื่อสารเสียงพูดในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต มักดำเนินการในรูปของแพ็กเก็ตข้อมูลของข้อมูลดิจิตอลของสัญญาณเสียงโดยใช้โพรโทคอลไอพี (IP Protocol) และให้สัญญาณระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยใช้โพรโทคอล SIP [9] อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของสถาปัตยกรรมทำงานของโพรโทคอล SIP ซึ่งมีพื้นฐานการทำงานในลักษณะของ

สถาปัตยกรรมแบบแม่ข่าย/ลูกข่าย (Client/Server Architecture) จึงไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในสิ่งแวดล้อมของเครือข่ายแบบ Mobile Ad-hoc (เช่นที่พบในเครือข่าย UPnP) ซึ่งทุกเครื่องทำงานในลักษณะของ Peer-to-peer (P2P) โดยไม่มีเซิร์ฟเวอร์ที่ระบุอย่างชัดเจนภายในระบบโดยตรง

2.3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

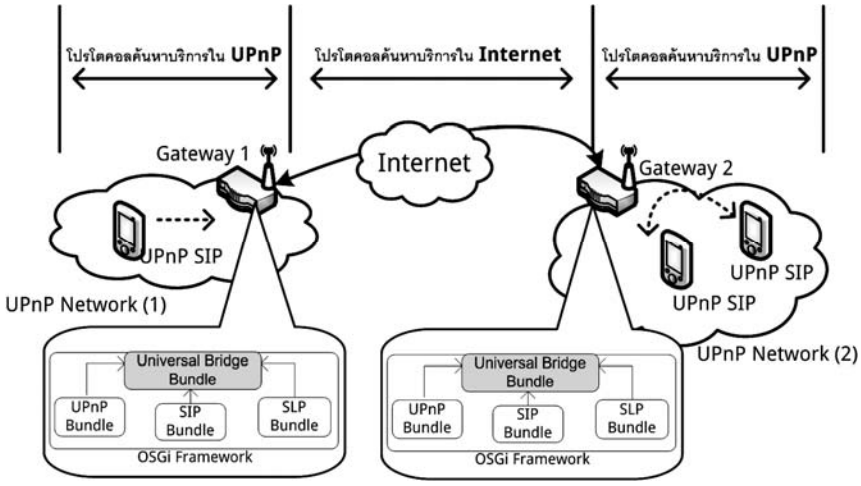
การแก้ไขปัญหาเพื่อให้การสื่อสารเสียงดำเนินการโดยไม่มีเครื่องแม่ข่าย (เช่น ในสถานการณ์เฉพาะที่ไม่สะดวกต่อการติดตั้ง หรือติดต่อกับเครื่องแม่ข่าย เช่น พื้นที่ประสบพิบัติภัย เป็นต้น) เป็นปัญหาเดียวกับที่พบในเครือข่าย Ad-hoc ทั่วไป และมีงานนำเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ต่างๆ เช่น

- เพิ่มหน่วยทำงานพิเศษที่เครื่องผู้ใช้เพื่อให้บริการเสมือนเครื่องแม่ข่าย สำหรับค้นหาหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารให้กับแอพลิเคชั่นที่ใช้สื่อสารเสียง เช่น Pseudo SIP Server ในงานวิจัย [10] สำหรับค้นหาบริการด้วยโพรโทคอล SIP เป็นต้น ถึงแม้ว่างานวิจัยนี้จะไม่ต้องการเครื่องแม่ข่าย SIP เนื่องจากย้ายฟังก์ชั่นบริการเท่าที่จำเป็นมาอยู่ในลักษณะของเอเจนต์ประจำเครื่องผู้ใช้แทนแล้ว แต่ก็ยังจำกัดการใช้งานได้อยู่เฉพาะภายในเครือข่ายเดียวเท่านั้น
- นำโพรโทคอลค้นหาบริการเข้ามาใช้ในการค้นหาหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารที่ต้องการสนทนาด้วย ทดแทนการใช้บริการนี้จากเครื่องแม่ข่ายเช่นกรณีปกติ ตัวอย่างเช่น งานวิจัย [11][12][13] โดยนำเสนอกลไกทำงานเพื่อค้นหาบริการเพิ่มเติมผ่านการปรับเปลี่ยนมาตรฐาน UPnP เพื่อนำไปใช้ในการสื่อสารเสียง (เพิ่ม SIP UAไปที่อุปกรณ์ในเครือข่าย UPnP) ทำให้สามารถใช้คุณสมบัติการค้นหาบริการในเครือข่ายและสื่อสารเสียงระหว่างกันได้ตามมาตรฐานในเครือข่าย UPnP ได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการเพิ่มเติมใดๆ ที่อุปกรณ์เกตเวย์เครือข่าย UPnP การใช้งานจึงจำกัดอยู่เฉพาะภายในเครือข่ายเดียวเท่านั้น

2.3.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา

แนวทางการดำเนินการส่วนนี้ในวิทยานิพนธ์ คล้ายคลึงกับงานวิจัยทั้งสองที่ยกตัวอย่างในข้อที่ 2.3.2 ข้างต้น กล่าวคือ มีการนำแนวคิดของโพรโทคอลค้นหาบริการมาใช้เพื่อแทนการมีเครื่องแม่ข่าย SIP ประจำอยู่ภายในเครือข่าย UPnP แต่ดำเนินการเพียงเฉพาะที่อุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย UPnP ซึ่งจะมีหน่วยทำงานแบบเอเจนต์ที่ออกแบบพัฒนาขึ้นใหม่ ทำหน้าที่ค้นหาบริการหรือหมายเลยไอพีของคู่สื่อสาร ไม่เฉพาะภายในเครือข่าย UPnP ที่ทำงานอยู่เท่านั้น แต่ยังข้ามไปยัง

เครือข่าย UPnP อื่นๆ ได้ด้วย โดยใช้กลไกทำงานสะพานสื่อสารที่ศึกษาวิจัยขึ้นใหม่ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2.3 นั่นเอง ดังนั้นภาพแนวคิดทำงานของระบบจะคล้ายกับภาพประกอบ 2-2 โดยมีการเพิ่มกลไกทำงาน (กลไกเพื่อรองรับการทำงานร่วมกับโพรโทคอล SIP) เข้าไปดังแสดงในภาพประกอบ 2-6



ภาพประกอบ 2-6 ภาพแนวคิดการทำงานของกลไกเอเจนต์

2.3.4 ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.3.4.1 ลักษณะการสื่อสารเสียงทั่วไป และการสื่อสารเสียงในเครือข่าย UPnP

ลักษณะการสื่อสารเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นมีการใช้โพรโทคอล SIP ในการเริ่มต้น และสิ้นสุดการสื่อสาร สามารถทำงานได้ทั้งแบบมีเครื่องแม่ข่าย (Client-server) และการคุยกันระหว่างผู้ใช้โดยตรง (Direct call) ดังสามารถแสดงในภาพประกอบ 2-7 ซึ่งจากการเปรียบเทียบกลไกทำงานระหว่างการทำงานสองระบบ คือ

- **การทำงานแบบมีเครื่องแม่ข่าย (Client/server)**

การเชื่อมต่อการทำงานลักษณะนี้เครื่องแม่ข่ายจะทำหน้าที่ค้นหา และเชื่อมต่อกับผู้ใช้ปลายทางให้ โดยเครื่องลูกข่ายทุกเครื่องจะต้องลงทะเบียนไว้ที่เครื่องแม่ข่ายก่อนเสมอจึงจะสามารถเชื่อมต่อกันได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะสามารถทำงานผ่านอินเตอร์เน็ตได้ แต่ถ้าเกิดปัญหาที่เครื่องแม่ข่าย หรือระบบเครือข่ายล้มเหลวก็จะไม่สามารถทำงานได้

- **การสื่อสารระหว่างผู้ใช้กันเองโดยตรง (Direct call)**

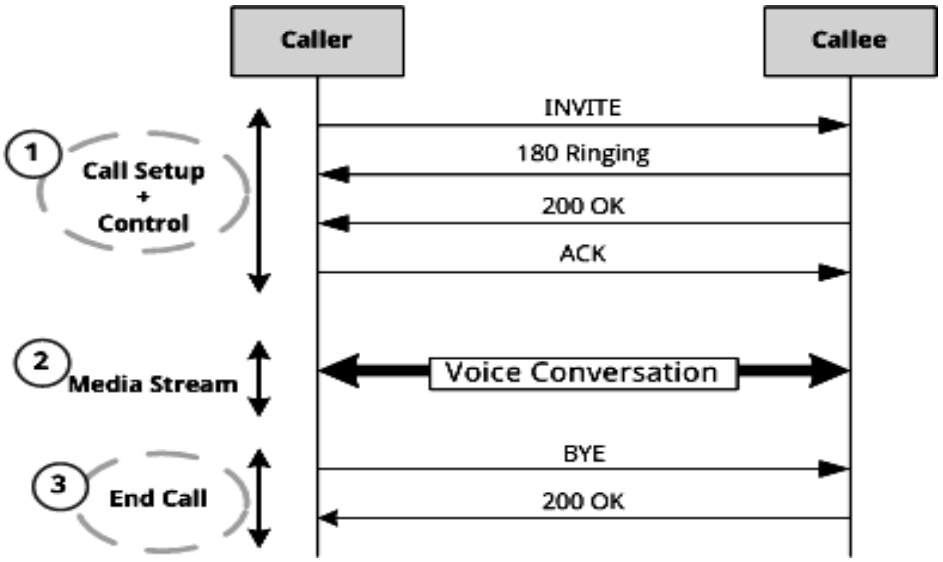
การเชื่อมต่อการทำงานลักษณะนี้ เครื่องที่ทำการสื่อสารกันจำเป็นที่จะต้องรู้จักหมายเลขไอพีของเครื่องคู่สายที่ต้องการสื่อสารด้วย เพื่อเริ่มดำเนินการสื่อสาร โดยไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถทำการสื่อสารได้ นิยมใช้ในเครือข่ายแบบไร้สาย (Ad-hoc Network) อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะ

มีข้อดีในการทำงานอย่างอิสระ แต่สามารถรองรับการทำงานได้ในเครือข่ายเดียวเท่านั้น เนื่องจากมี่เครื่องแม่ข่ายมาช่วยในการจัดการสื่อสารให้นั่นเอง ซึ่งการทำงานในเครือข่ายแบบ Ad-hoc นั้นมีลักษณะการเชื่อมต่อแบบ Peer-to-Peer (P2P) ซึ่งไม่มีเครื่องแม่ข่ายแน่นอนทำให้ไม่เหมาะสมกับการทำงาน และเกิดปัญหาในการสื่อสารไปในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต หรือเครือข่ายอื่นๆ

(ก) การสื่อสารกันเองโดยตรง (ข) การสื่อสารกันผ่านเครื่องแม่ข่าย

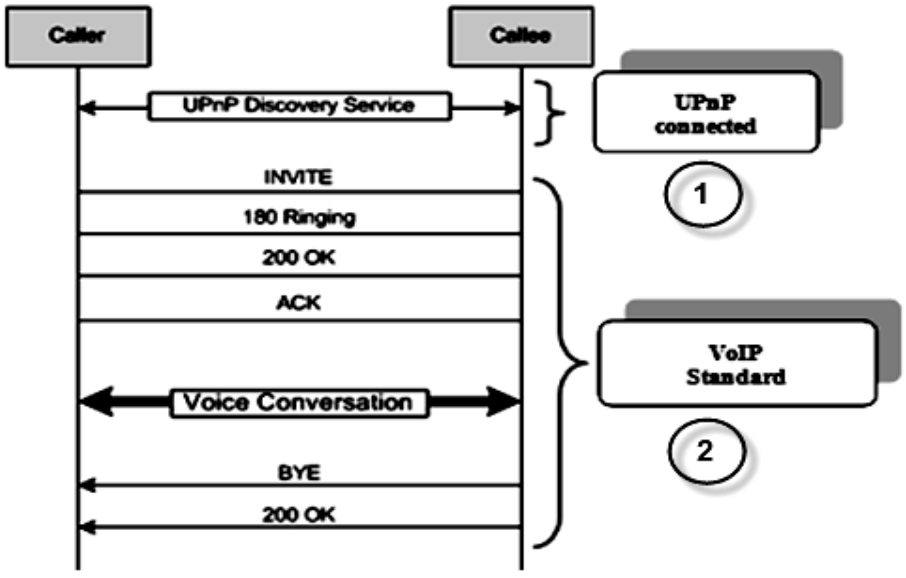
ภาพประกอบ 2-7 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อกันของระบบสื่อสารเสียง

ลักษณะการสื่อสารทั้งสองแบบนี้แม้ว่าจะมีความแตกต่างกัน แต่รูปแบบการทำงานด้วยโพรโทคอลให้ SIP ก็ยังคงมีกระบวนการที่เป็นลักษณะเดียวกัน โดยการทำงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ Call Setup, Media Control และ End Call (แสดงในวงกลมหมายเลข 1-3 ตามลำดับในภาพประกอบ 2-8)



ภาพประกอบ 2-8 แผนภาพลำดับสัญญาณการติดต่อของโพรโทคอล

จากภาพประกอบ 2-8 จะพบว่าในช่วงการทำงานทั้งสามนั้น จะมีเพียงช่วงที่ 1 และ 3 เท่านั้นที่ใช้โพรโทคอลให้สัญญาณ SIP เนื่องจากโพรโทคอล SIP นั้นทำหน้าที่ในการกำหนดค่าการเชื่อมต่อเท่านั้น จึงมีการทำงานแค่เพียงในช่วงเริ่มต้น และช่วงสิ้นสุดของการเชื่อมต่อ โดยช่วงที่ 2 นั้นเป็นการใช้โพรโทคอลอื่นๆ สำหรับสื่อสารข้อมูลเสียงพูดระหว่างคู่สื่อสารทั้งสองด้าน เช่น โพรโทคอล RTP (Real-time Protocol) เป็นต้น สิ่งสำคัญสำหรับการสื่อสารเสียงระหว่างผู้ใช้ คือ การรับรู้ไอพี ซึ่งจากลักษณะโครงสร้างของเครือข่ายแบบ Ad-hoc ที่มีการก่อตั้งและแจกไอพีกันเองในเครือข่ายแล้ว ดังนั้นการสื่อสารเสียงในเครือข่ายแบบ Ad-hoc จะเป็นแบบ Direct call โดยเครือข่าย UPnP นั้นเป็นเครือข่าย Ad-hoc รูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถค้นหาบริการ และเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้แบบไม่ต้องตั้งค่าล่วงหน้า (Zero configuration) ดังนั้นกระบวนการสื่อสารจะแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการค้นหาหมายเลขไอพี โดยอาศัยกลไกค้นหาบริการตามมาตรฐานเครือข่าย UPnP ซึ่งใช้โปรโตคอล SSDP ในการทำงาน และหลังจากได้หมายเลขไอพีแล้ว จะเป็นขั้นตอนการสื่อสารด้วยโพรโทคอล SIP เพื่อให้สัญญาณการสื่อสารระหว่างคู่สาย และดำเนินการสื่อสารเสียง (แสดงในวงกลมหมายเลข 1 และ 2 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพประกอบ 2-9)



ภาพประกอบ 2-9 ขั้นตอนการสื่อสารเสียงในเครือข่าย UPnP

อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของโพรโทคอลค้นหาบริการในเครือข่าย UPnP ที่ไม่รองรับการทำงานข้ามเครือข่าย เนื่องจากทราฟิกข้อมูลแบบมัลติคาสท์ในโพรโทคอลของ UPnP จึงถูกออกแบบให้รองรับการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single network) ส่งผลให้ไม่สามารถค้นหาบริการ VoIP ที่อยู่ต่างเครือข่ายกันได้นั่นเอง

บทที่ 3

การออกแบบ และพัฒนาระบบ

3.1 บทนำต้นเรื่อง

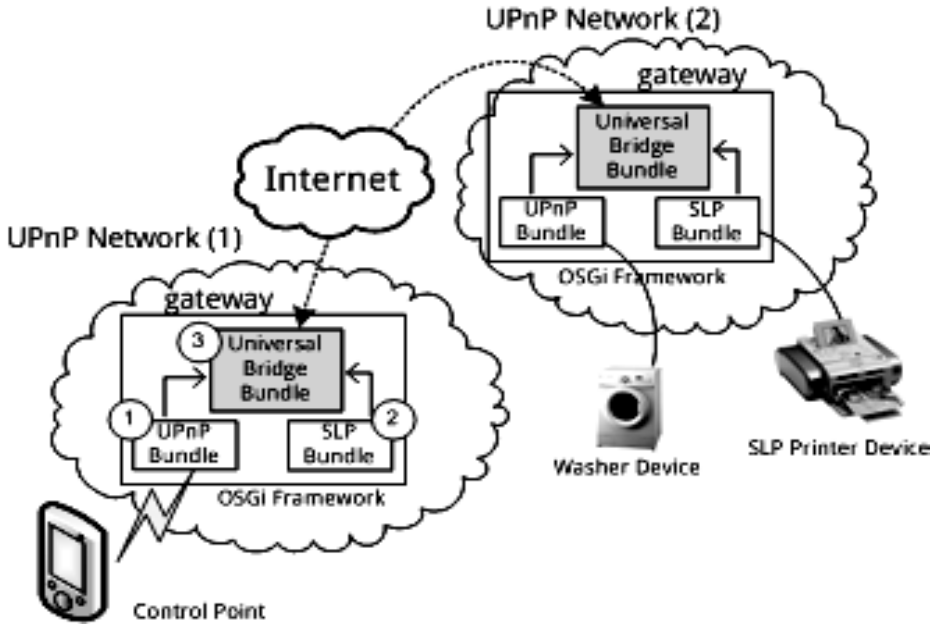
เป็นการออกแบบระบบตามสถาปัตยกรรมเพื่อทดสอบแนวคิด อันประกอบไปด้วยกลไกสะพานสื่อสารเพื่อประสานการทำงานระหว่างโปรโตคอลเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดการสื่อสารข้ามเครือข่ายของเครือข่าย UPnP โดยเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างโพรโทคอล SSDP และ SLP ผ่านกลไกการพัฒนาซอฟต์แวร์มาตรฐาน OSGi และนำกลไกดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้งานในกลไกเอเจนต์ที่ทำงานในอุปกรณ์เกตเวย์ เพื่อนำมาจัดสร้างเป็นระบบต้นแบบสำหรับการสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายระหว่างเครือข่าย UPnP ตามลำดับ

3.2 กลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย

3.2.1 สถาปัตยกรรมระบบ

สถาปัตยกรรมชั้นต้นของกลไกสะพานสื่อสารในส่วนนี้มุ่งเน้นทดสอบแนวคิดทำงานเชิงบริการหลากหลายมาตรฐานโดยอาศัยกลไกการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi โดยนำเสนอการประสานกลไกทำงานของโปรโตคอล SSDP และโปรโตคอล SLP ซึ่งเหมาะสมต่อการทำงานในเครือข่ายอินเตอร์เน็ตตามที่ได้นำเสนอไปแล้ว เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดการค้นหาบริการของเครือข่าย UPnP เพื่อเพิ่มขยายขอบเขตการทำงานข้ามไปยังเครือข่าย UPnP อื่นๆ โดยการนำกลไกการพัฒนาซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi มาใช้

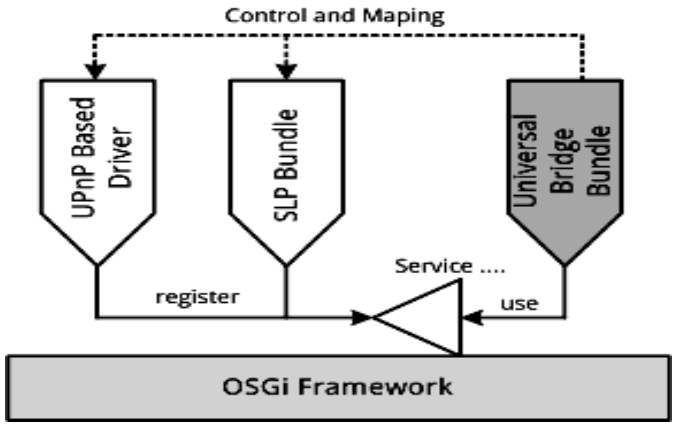
กลไกสะพานสื่อสารที่นำเสนอผ่านกรอบงานนั้น จะมีการแยกส่วนทำงานย่อยให้เป็นอิสระต่อกันผ่านบันเดิล (แสดงในภาพประกอบ 3-1) ให้สามารถเพิ่มขยาย หรือปรับปรุงการทำงานของเกตเวย์ผ่านกรอบงานมาตรฐานได้อย่างอิสระโดยมีส่วนทำงานหลัก 3 ส่วน (แสดงในวงกลมหมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) ดังนี้



ภาพประกอบ 3-1 สถาปัตยกรรมของ Universal Bridge Agent

1. **UPnP Bundle:** เป็นบันเดิลที่มีบริการของโปรโตคอลมาตรฐานของ UPnP ทั้งหมด
2. **SLP Bundle:** เป็นบันเดิลที่มีบริการของโปรโตคอล SLP เพื่อการค้นหาบริการ
3. **Universal Bridge Agent (UBA):** เป็นบันเดิลที่เป็นกลไกสะพานสื่อสารที่ประสานการทำงานระหว่างโปรโตคอล SSDP และ SLP ที่สมนัยกันด้วยวิธีการจับคู่ โดยแปรความหมายคำสั่งของโปรโตคอล SSDP ให้อยู่ในรูปของโปรโตคอล SLP เพื่อทำการค้นหาบริการผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้

ส่วนโครงสร้างการทำงานเพื่อเชื่อมต่อกันระหว่างบันเดิลสามาแสดงให้เห็นได้ในภาพประกอบ 3-2 ที่แสดงการเชื่อมต่อเพื่อทำงานระหว่างบันเดิลมาตรฐาน และบันเดิลที่พัฒนาขึ้นเอง (UBA) โดยเมื่อบันเดิลทั้งหมดติดตั้งและทำงานภายใต้กรอบงานเดียวกัน UBA ซึ่งทำหน้าที่เป็นสะพานสื่อสารทำหน้าที่เลือก และเชื่อมต่อการทำงานระหว่างบันเดิลมาตรฐานอื่น เพื่อให้อุปกรณ์ต่างมาตรฐานกันสามารถทำงานร่วมกันได้ผ่านกลไกการจับคู่บริการแบบคู่ข้อมูล (Attribute-value search) ระหว่างมาตรฐานโปรโตคอลที่แตกต่างกันซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดในส่วนถัดไป



ภาพประกอบ 3-2 โครงสร้างทำงานร่วมกันระหว่างบันเดิลผ่านกรอบงาน OSGi

3.2.2 ลักษณะการค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล (Attribute-value search)

กลไกสะพานสื่อสารใน UBA ทำหน้าที่เปรียบเทียบบริการที่เป็นผลลัพธ์ทำงานจากโปรโตคอลที่แตกต่างกัน และถ้าลักษณะการค้นหาบริการของโปรโตคอลที่จะนำมาจับคู่มีความคล้ายคลึงกันจะสามารถพัฒนากลไกเปรียบเทียบบริการระหว่างกันได้ง่าย ซึ่งโปรโตคอล SSDP และ SLP ต่างก็มีลักษณะการค้นหาบริการแบบเดียวกัน คือ ลักษณะแบบคู่ข้อมูล (Attribute-value search) [6] โดยเป็นการค้นหาจำกัดความของบริการ (Service Description) เป็นหลัก จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาทำงานร่วมกันได้ โดยข้อมูลดังกล่าวอ้างอิงมาจากลักษณะคำสั่งทำงานเพื่อดำเนินการค้นหาบริการที่คุณสมบัติทำงานคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันเฉพาะวิธีการเรียกใช้ และมาตรฐานทำงานเท่านั้น ดังสามารถแสดงให้เห็นในตารางที่ 3-1

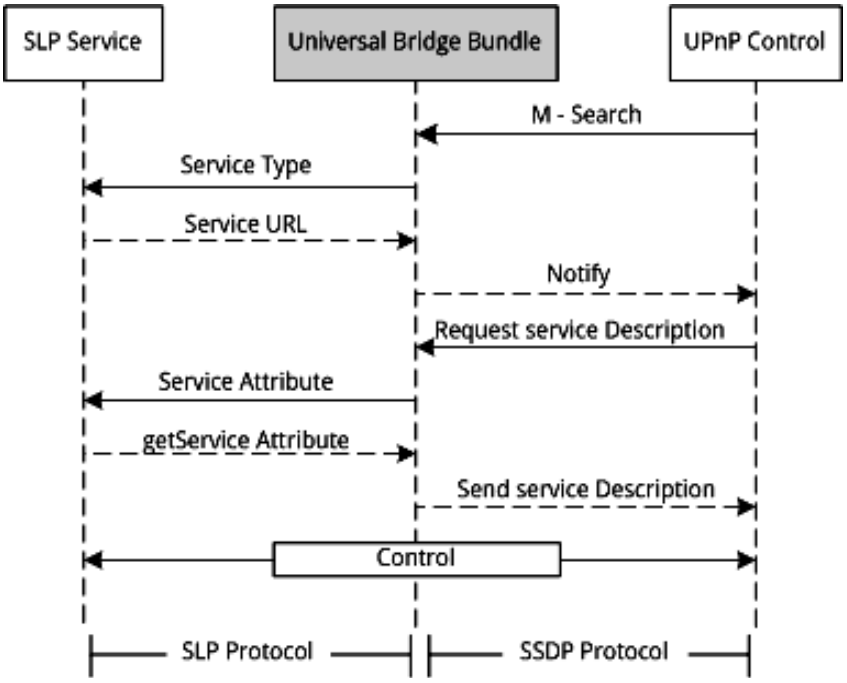
ตารางที่ 3-1 ฟังก์ชั่นเปรียบเทียบคำสั่งทำงานระหว่างโปรโตคอล SLP และ SSDP

	SLP	SSDP
Discovery Service	ServiceType	SSDPSearchRequest
Response Service	ServiceURL	SSDPSearchResponse
Request Description	ServiceAttribute	SSDPSearch
Reply Description	getServiceAttribute	SSDPResponse

3.2.3 กลไกการทำงานการจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอล

กลไกสะพานสื่อสารเพื่อจับคู่ระหว่างโปรโตคอลในกลุ่มที่ใช้การค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล Attribute-value search แต่ต่างมาตรฐานกัน ซึ่งในที่นี้เป็นการทำงานระหว่างโปรโตคอล

SSDP และ โปรโตคอล SLP โดยทำงานผ่านกลไกสะพานสื่อสารที่อยู่ในรูปแบบของบันเดิล (UBA) ซึ่งลำดับขั้นตอนการทำงานสามารถอธิบายได้ตามภาพประกอบ 3-3 ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุม (UPnP Control) ตามมาตรฐาน UPnP สามารถทำการค้นพบบริการของโปรโตคอล SLP ได้ผ่าน UBA และเนื่องจากลักษณะการค้นหาแบ่งเป็น 2 ส่วนเหมือนกัน (Discovery Service และ Service Description) ทำให้การดำเนินการจับคู่บริการสามารถกระทำได้อย่างสะดวก ซึ่งผลลัพธ์การทำงานส่วนจับคู่บริการนี้จะกล่าวถึงในผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผลต่อไป

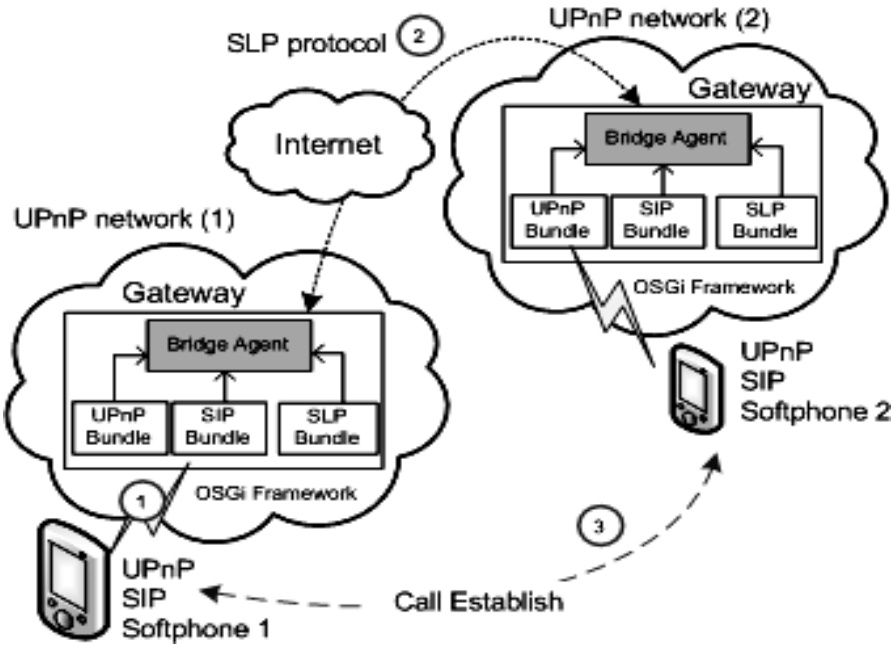


ภาพประกอบ 3-3 กลไกการปรับเปลี่ยนโปรโตคอลเพื่อค้นหาบริการ

3.3 กลไกทำงานเอเจนต์เพื่อรองรับการสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP แบบไร้เครื่องแม่ข่าย

3.3.1 สถาปัตยกรรมระบบที่ออกแบบ

สถาปัตยกรรมของกลไกเอเจนต์ที่ออกแบบในส่วนนี้ นำเสนอส่วนเน้นย้ำเกี่ยวกับแนวความคิดเรื่องความยืดหยุ่นต่อการรองรับส่วนทำงานที่หลากหลาย โดยออกแบบกลไกเอเจนต์เพิ่มเติมจากหัวข้อ 3.2.1 เพื่อรองรับการทำงานร่วมกับโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP ให้สามารถค้นหาหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารที่อยู่ต่างเครือข่าย เพื่อดำเนินการสื่อสารเสียงกันได้ ดังนั้นกลไกเอเจนต์จะถูกปรับเปลี่ยนให้รองรับการเพิ่มบริการของโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP เข้าไปดังแสดงในภาพประกอบ 3-4 โดยมีส่วนทำงานหลักทั้งหมดอยู่ด้วยกัน 3 ส่วน (ดังแสดงในวงกลมหมายเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ) ประกอบด้วย



ภาพประกอบ 3-4 สถาปัตยกรรมของเอเจนต์ที่ทำการออกแบบเพื่อค้นหาบริการ

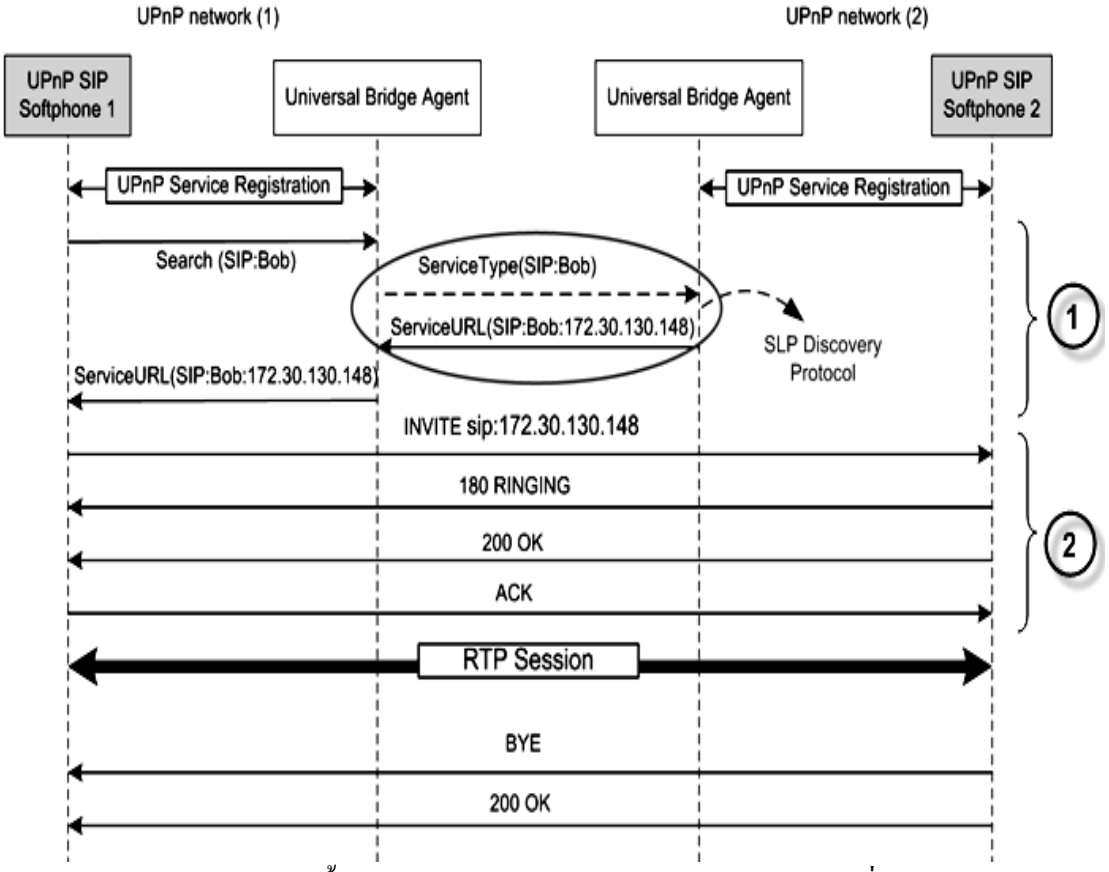
1. ส่วนลงทะเบียน และค้นหาบริการของอุปกรณ์ในเครือข่าย: เป็นการดำเนินการตามมาตรฐานของเครือข่าย UPnP โดยผู้ใช้ทำการประกาศตัวเองไปในเครือข่าย และเกตเวย์จะดำเนินการจดจำ และเชื่อมต่อกับผู้ใช้ได้ โดยกลไกในการค้นหาบริการและเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์จะใช้โปรโตคอล SSDP ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน UPnP

2. การค้นหาบริการไปยังเครือข่ายอื่น: เป็นการดำเนินการผ่านกลไกสะพานสื่อสารเพื่อค้นหาบริการไปยังอีกเครือข่าย UPnP ที่อยู่ห่างออกไป ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้โปรโตคอล SLP ในการทำงาน โดยบริการที่ค้นหา คือ ไอพีของคู่สายปลายทาง

3. การสื่อสารเสียงระหว่างผู้ใช้: เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงาน โดยการสื่อสารแบบไร้เครื่องแม่ข่ายนั้นสามารถกระทำได้ แต่จำเป็นที่จะต้องรู้หมายเลขไอพีของคู่สื่อสารปลายทางเพื่อทำการสื่อสารก่อน ซึ่งกลไกการค้นหาไอพีสามารถดำเนินการได้ในส่วนที่สองแล้ว จึงสามารถสื่อสารไปยังคู่สายปลายทางได้โดยตรงแบบ Direct call ได้ โดยจากลำดับขั้นทำงานจะเป็นการเริ่มการส่งสัญญาณ (SIP INVITE) ไปยังคู่สื่อสนทนาเพื่อเริ่มกระบวนการสื่อสารเสียงตามมาตรฐานโปรโตคอล SIP นั่นเอง โดยที่ส่วนทำงานนี้เป็นการเพิ่ม SIP Bundle เข้าไปในกรอบงาน OSGi เพื่อสามารถทำงานร่วมกับโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP ได้

3.3.2 การประยุกต์กลไกสะพานสื่อสารเพื่อทำงานในเอเจนต์

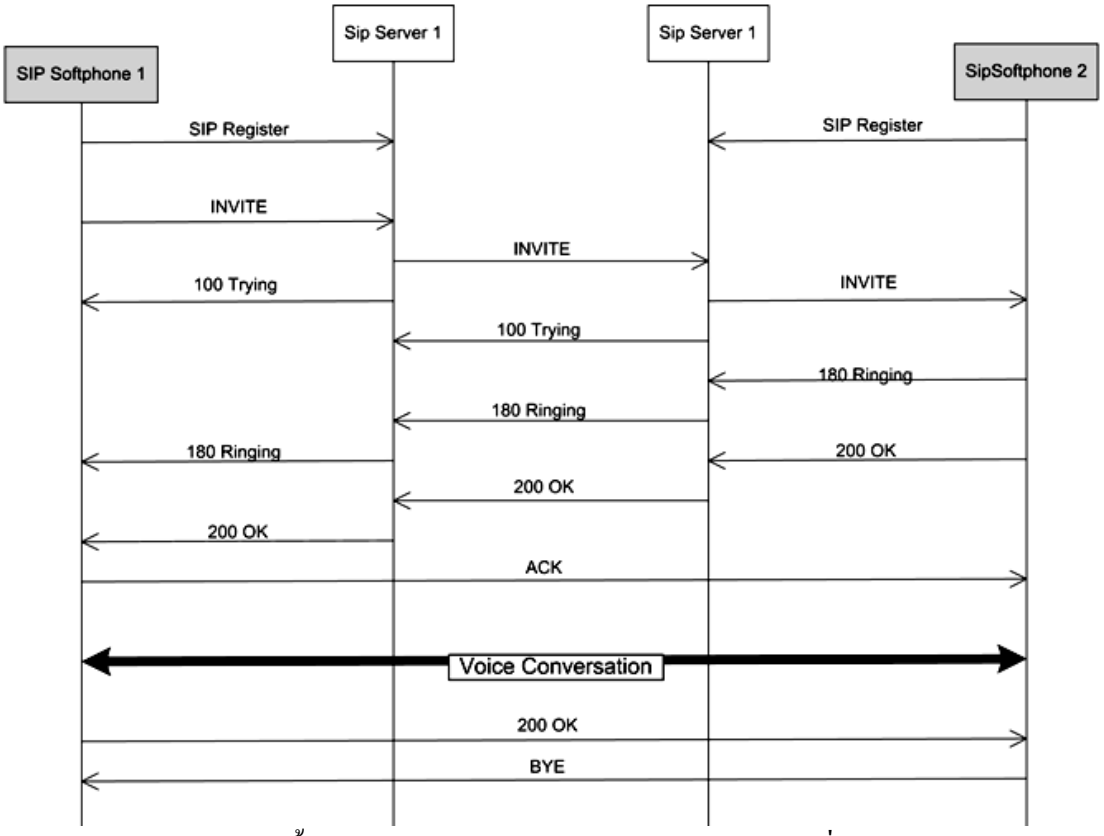
จากสถาปัตยกรรมที่ได้ดำเนินการออกแบบเพิ่มเติมดังที่ได้มีการนำเสนอไปแล้ว เมื่อนำกลไกที่เพิ่มเติมส่วนทำงานกับโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP เข้าไปในระบบ ส่งผลให้ลำดับขั้นการทำงานของกลไกทำงานเปลี่ยนไปจากการใช้กลไกสะพานสื่อสารที่นำเสนอในหัวข้อ 3.2.1 (แสดงในภาพประกอบ 3-5) โดยกลไกทำงานที่เพิ่มเติม และมีความแตกต่างกับระบบแบบมีเครื่องแม่ข่าย คือ กลไกการค้นหาบริการข้ามเครือข่าย โดยอาศัยกลไกสะพานสื่อสาร เพื่อดำเนินการค้นหาบริการซึ่งก็คือหมายเลขไอพีของผู้ใช้ (แสดงในวงกลมหมายเลข 1) และเมื่อได้รับการแจ้งหมายเลขไอพีกลับมาแล้ว จะเป็นการดำเนินการสื่อสารด้วยโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP (แสดงในวงกลมหมายเลข 2)



ภาพประกอบ 3-5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ต่างเครือข่าย

จากแผนภาพลำดับขั้นตอนทำให้ได้ทราบว่าลักษณะการทำงานจะมีความแตกต่างกับระบบสื่อสารเสียงแบบปกติ (ลักษณะทำงานแบบแม่ข่าย/ลูกข่าย) ซึ่งเปรียบได้กับการสื่อสารระหว่างเครือข่ายด้วยเครื่องแม่ข่าย 2 เครื่อง เพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างเครือข่ายและสื่อสารเสียง

ระหว่างกันได้ ดังแสดงลำดับขั้นการทำงานในภาพประกอบ 3-6 ซึ่งพบว่า ลักษณะทำงานจะมีขั้นตอนดำเนินงานทั้งหมดผ่านเครื่องแม่ข่าย (SIP Server) ซึ่งต้องมีการติดตั้ง และลงทะเบียนกับเครื่องลูกข่าย และระหว่างเครื่องแม่ข่ายกันจึงสามารถทำงานได้ และการร้องขอเพื่อสื่อสารไปยังผู้ใช้ที่อยู่ในอีกเครือข่ายหนึ่งจะทำงานงานผ่านเครื่องแม่ข่ายทั้งสองตัวก่อนเสมอ ทำให้มีขั้นตอนการทำงานที่มากกว่ากลไกที่นำเสนอในงานวิทยานิพนธ์นี้นั่นเอง ซึ่งผลลัพธ์ทำงานที่เกี่ยวกับการค้นหา เชื่อมต่อบริการ รวมไปถึงการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกลไกทำงานที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะกล่าวถึงในผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผลต่อไป



ภาพประกอบ 3-6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการปกติในการสื่อสารระหว่างเครือข่าย

บทที่ 4

ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ผล

4.1. บทนำต้นเรื่อง

จากกผลการวิจัยที่ได้ออกแบบกลไกสะพานสื่อสารที่รองรับการทำงานร่วมกับโพรโทคอลได้อย่างหลากหลายผ่านแนวคิดของกรอบงานซอฟต์แวร์เชิงบริการ OSGi และได้นำกลไกดังกล่าวไปปรับใช้กับหน่วยทำงานเอเจนต์เพื่อสามารถดำเนินการสื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายแล้วนั้น ในบทนี้ได้กำหนดแนวทางการพัฒนาระบบต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด และวิเคราะห์ผลการทดลองของกลไก ดังนี้

- แนวทางการพัฒนา และผลการทดสอบกลไกสะพานสื่อสารผ่านกรอบงานมาตรฐาน OSGi ซึ่งเป็นการรองรับการทำงานระหว่างโพรโทคอลค้นหาบริการ 2 มาตรฐาน อันประกอบด้วย โพรโทคอล SSDP และ โพรโทคอล SLP
- แนวทางการพัฒนา และผลการทดสอบหน่วยทำงานเอเจนต์ที่สามารถสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP ได้แบบไร้เครื่องแม่ข่าย

4.2. แนวทางการพัฒนา และผลการทดสอบของกลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย

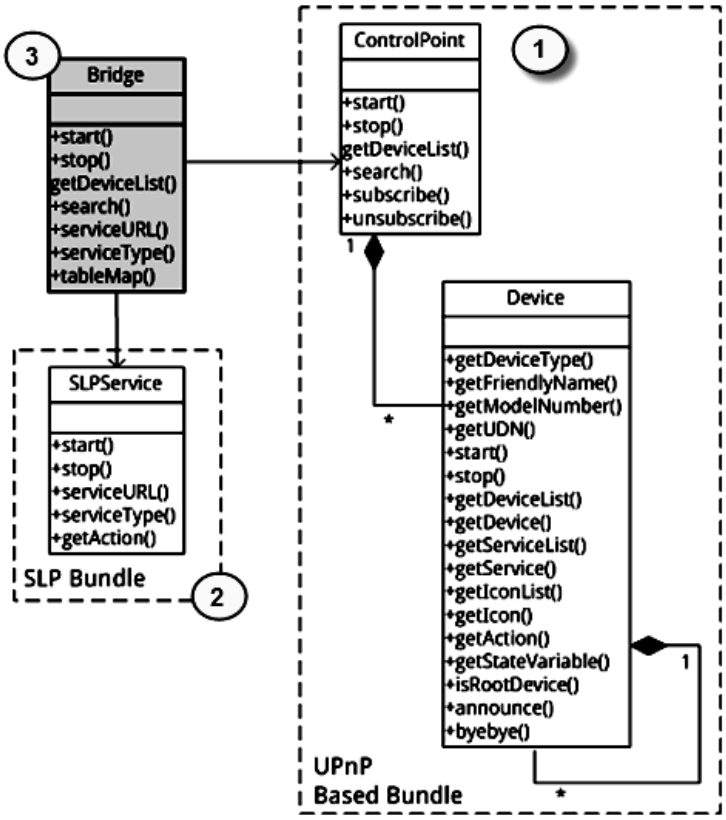
4.2.1. การพัฒนาระบบตามแนวคิด

การพัฒนาระบบต้นแบบนี้ดำเนินงานโดยการใช้ภาษาจาวาทั้งหมด และเพิ่มเติมส่วนทำงานมาตรฐาน OSGi ที่เป็นเครื่องมือทางซอฟต์แวร์ คือ Eclipse Equinox [14] เพื่อช่วยการพัฒนากรอบงานด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi โดยองค์ประกอบต่างๆ ทางด้านซอฟต์แวร์เพื่อทำการเชื่อมต่อการทำงานกันสามารถแสดงเป็นรูปแบบของคลาสไดอะแกรมให้เห็นได้ในภาพประกอบ 4-1 ที่มีส่วนทำงานหลักเชื่อมต่อกันอยู่ 3 ส่วน (แสดงในวงกลมหมายเลข 1, 2 และ 3) ดังสามารถอธิบายได้ ดังนี้

1. **UPnP Based Bundle:** เป็นคลาสการทำงานที่มีไลบรารีสำหรับพัฒนาโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับโพรโทคอลที่อยู่ในมาตรฐาน UPnP ซึ่งอยู่ในรูปแบบของบันเดิล
2. **SLP Bundle :** เป็นคลาสทำงานที่อยู่ในบันเดิลโอเพ่นซอร์ส ซึ่งถูกสร้างขึ้นตาม

มาตรฐานของโพรโทคอลซึ่งรองรับการทำงานกับ DA ที่เป็นส่วนเสริมการทำงานได้

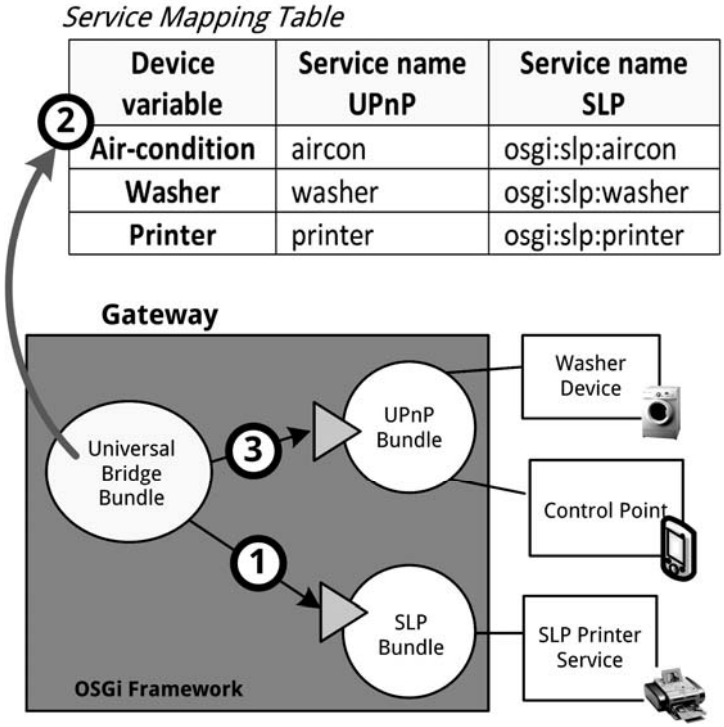
3. Bridge Bundle: เป็นคลาสทำงานที่พัฒนาขึ้นจากผลการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งทำหน้าที่จับคู่บริการของโพรโทคอล SSDP และ SLP ซึ่งเป็นคลาสทำงานภายในบันเดิล UPnP Based Bundle และ SLP Bundle ตามลำดับ ดังนั้น ตามลักษณะของบันเดิล OSGi คลาสทำงานทั้งหมดจึงมีเมธทอด (Method) start และ stop เพื่อให้รองรับการสั่งงานตามแนวทางของสิ่งแวดล้อมในประมวลผลแบบ OSGi ดังที่ได้อธิบายไปแล้วในหัวข้อ 2.3.3



ภาพประกอบที่ 4-1 Class diagram การทำงานทั้งหมดของกลไกสะพานสื่อสาร

โดยในรายละเอียดของคลาส Bridge นั้นอ้างอิงพื้นฐานของกลไกการค้นหาบริการแบบกำหนดคุณลักษณะ (attribute-value search) โดยนำคุณลักษณะของบริการมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้สามารถค้นหาและเรียกใช้บริการระหว่างโพรโทคอลได้ ดังสามารถแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะให้เห็นได้อย่างชัดเจนในภาพประกอบ 4-2 ที่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ที่รองรับการทำงาน 2 มาตรฐาน คือ อุปกรณ์ที่รองรับมาตรฐาน UPnP (Washer Device, Control Point) และอุปกรณ์ที่รองรับการทำงานกับโพรโทคอล SLP (SLP Printer) ซึ่งพบว่าอุปกรณ์ต่างๆ ก็

ทำการเชื่อมต่อเข้ากับส่วนทำงานที่รองรับมาตรฐานของตนเอง (Washer Device และ Control Point เชื่อมกับ UPnP Bundle และ SLP Printer เชื่อมต่อกับ SLP Bundle) โดยมี Universal Bridge Agent (UBA) จะเป็นผู้เรียก และทำการเปรียบเทียบบริการผ่านกลไกการจับคู่บริการที่นำเสนอไปแล้วในหัวข้อ 3.2.3



ภาพประกอบที่ 4-2 กลไกการทำงานของ Bridge

กลไกการเปรียบเทียบการทำงานใน UBA ที่แสดงในภาพประกอบ 4-2 นั้นสามารถแสดงตัวอย่างส่วนทำงานสำคัญที่เป็นขั้นตอนการเปรียบเทียบ และจับคู่บริการด้วยการอธิบายโค๊ดภาษาจาวาที่สอดคล้องกับภาพประกอบ 4-2 ซึ่งกลไกทำงานแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก (แสดงในภาพประกอบ 4-3) คือ

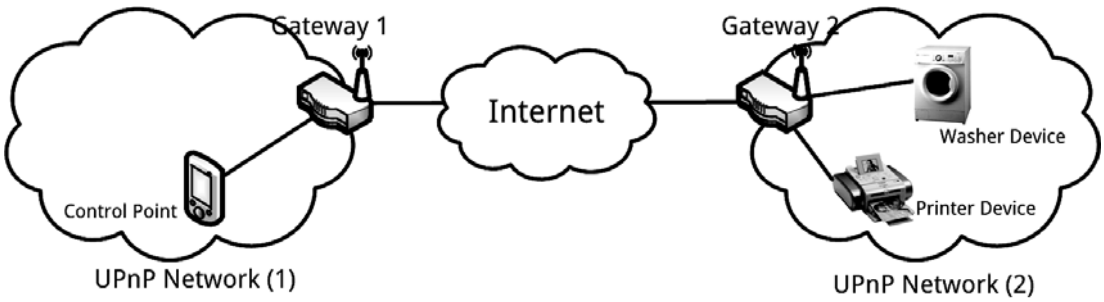
```
public class UniversalBridgeAct implements BundleActivator { //Osgi activator
 public void start(BundleContext context) throws Exception { //Main function
  //get SLP Service reference
  ServiceReference SLPUA = context.getServiceReference("...SLP.Bundle..");  (1)
  //search for SLP service
  ServiceList serviceList = SLPUA.getServiceList();
  for(int i = 0 ; i < serviceList.size() ; i++){
   //get Header name and value
   String headerName = serviceList.getService(i).getHeader(...);
   //SLP-UPnP header mapping
(2) if(headerName.equal("service:osgi:..header..name...")){
    String UPnPService = "urn:"+SLPserviceAttrb;
    ...
   }
  }
  ServiceReference UPnPServiceBundle
              = context.getServiceReference("...UPnP.Bundle.."); (3)
  Device UPnPdev = UPnPServiceBundle.getDevice("...");
  UPnPdev.start(); //announce UPnP services
  }
 ...
}
```

ภาพประกอบที่ 4-3 ตัวอย่างโปรแกรมของกลไกการทำงานจับคู่ระหว่างโพรโทคอล

1. ส่วนเรียกใช้บริการ SLP Bundle เพื่อค้นหาบริการตามมาตรฐานโพรโทคอล SLP
2. ส่วนการจับคู่บริการของโพรโทคอล SLP และ SSDP ด้วยการเปรียบเทียบ Header ของบริการโดยมาการตั้งค่าการทำงานหรือ mapping table เอาไว้ก่อนซึ่งกลไกการจับคู่จะใช้รูปแบบการเปรียบเทียบคุณลักษณะเพื่อประสานการทำงาน
3. เรียกใช้ UPnP Bundle เพื่อประกาศบริการที่ถูกแปลงในขั้นตอนที่ 2 ในรูปแบบของโพรโทคอล SLP

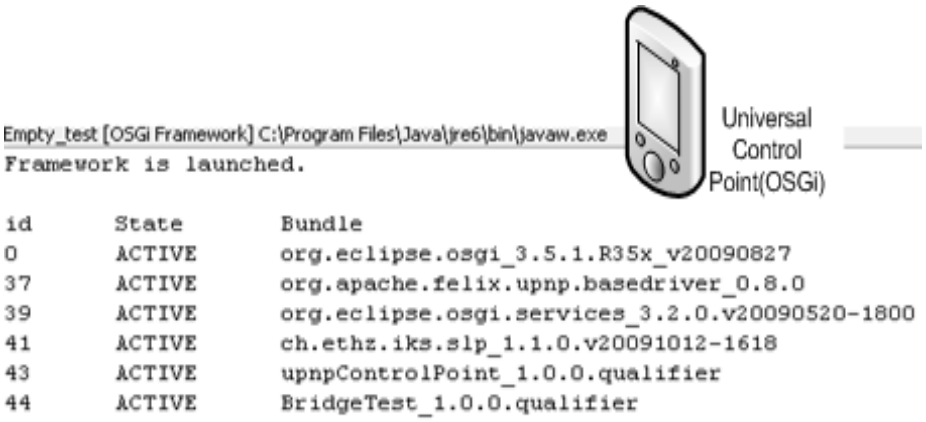
4.2.2. ผลการทดสอบ

ระบบจำลองการทำงานดังแสดงในภาพประกอบ 4-4 ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ที่อยู่ต่างเครือข่ายกันโดยอุปกรณ์สื่อสารไร้สายภายในเครือข่าย UPnP (1) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุม (Control Point) ซึ่งในที่นี้ต้องการจะสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในเครือข่าย UPnP (2)

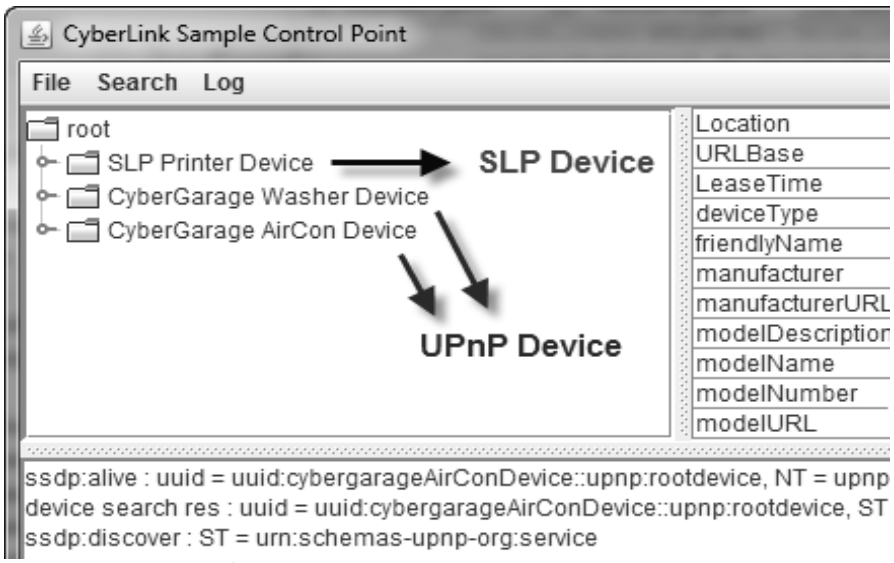


ภาพประกอบที่ 4-4 ระบบจำลองการทดสอบกลไกสะพานสื่อสาร

การทดสอบระบบจำลองกระทำโดยทำการติดตั้งบันเดิลของโพรโทคอลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (UPnP Bundle, SLP Bundle) และบันเดิลที่พัฒนาขึ้น (BridgeTest) ซึ่งก็คือส่วนทำงานหนึ่งของ UBA ลงไปบนกรอบงาน OSGi โดยในภาพประกอบ 4-5 เป็นการแสดงให้เห็นถึงตัวอย่างรายการของบันเดิลต่างๆ ที่ได้ถูกเรียกใช้เพื่อให้ทำงานที่อุปกรณ์ควบคุมโดยกำหนดให้สถานะการทำงานเป็น Active ซึ่งหมายถึง ติดตั้งและพร้อมใช้งาน ให้กับทุกบันเดิล โดยในที่นี้ อุปกรณ์เครื่องพิมพ์สมมติให้ใช้โพรโทคอล SLP ส่วนอุปกรณ์เครื่องซักผ้าใช้โพรโทคอลของเครือข่าย UPnP ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถถูกพบผ่านอุปกรณ์ควบคุมที่ต่างมาตรฐานกันได้ แต่จากผลลัพธ์ที่แสดงในภาพประกอบ 4-6 จะพบว่าอุปกรณ์เหล่านี้สามารถจะถูกค้นพบได้ แม้ว่าจะทำงานด้วยโพรโทคอลต่างประเภทกัน หรือโพรโทคอลเดียวกันแต่อยู่ข้ามเครือข่ายกันก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากผลสำเร็จของกลไกทำงานแบบสะพานสื่อสารที่พัฒนาขึ้นนั่นเอง



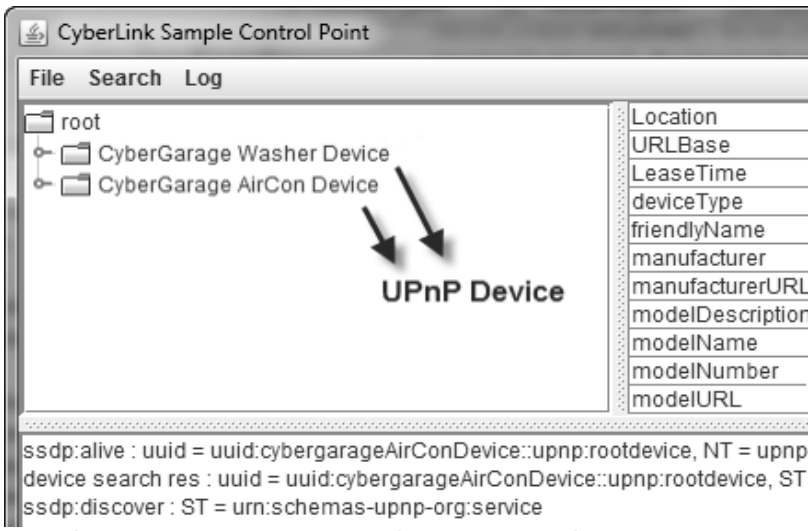
ภาพประกอบ 4-5 รายการบันเดิลต่างๆ ที่ทำงาน ณ อุปกรณ์ควบคุม



ภาพประกอบที่ 4-6 รายการค้นหาบริการของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

จากการทดสอบกลไกสะพานสื่อสารที่พัฒนาขึ้นนั้น เนื่องจากเป็นการทำงานผ่านกรอบงานมาตรฐานที่สามารถเพิ่มขยายการรองรับบริการได้อย่างอิสระ ดังนั้น เพื่อแสดงให้เห็นคุณสมบัติดังกล่าวจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมด้วยการปิดการทำงานของบันเดิลที่พัฒนาขึ้นเอง (BridgeTest) (แสดงในภาพประกอบ 4-7) จะพบว่า สถานะของบันเดิลที่ปิดมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็น Resolved ซึ่งหมายถึง ถูกปิดการทำงาน แต่ว่าไม่ได้ลบออกไปจากระบบ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองพบว่า ไม่สามารถพบบริการของเครื่องพิมพ์ได้อีก ดังแสดงในภาพประกอบ 4-8

ภาพประกอบที่ 4-7 แสดงการเปลี่ยนสถานะทำงานของบันเดิลที่พัฒนาขึ้น

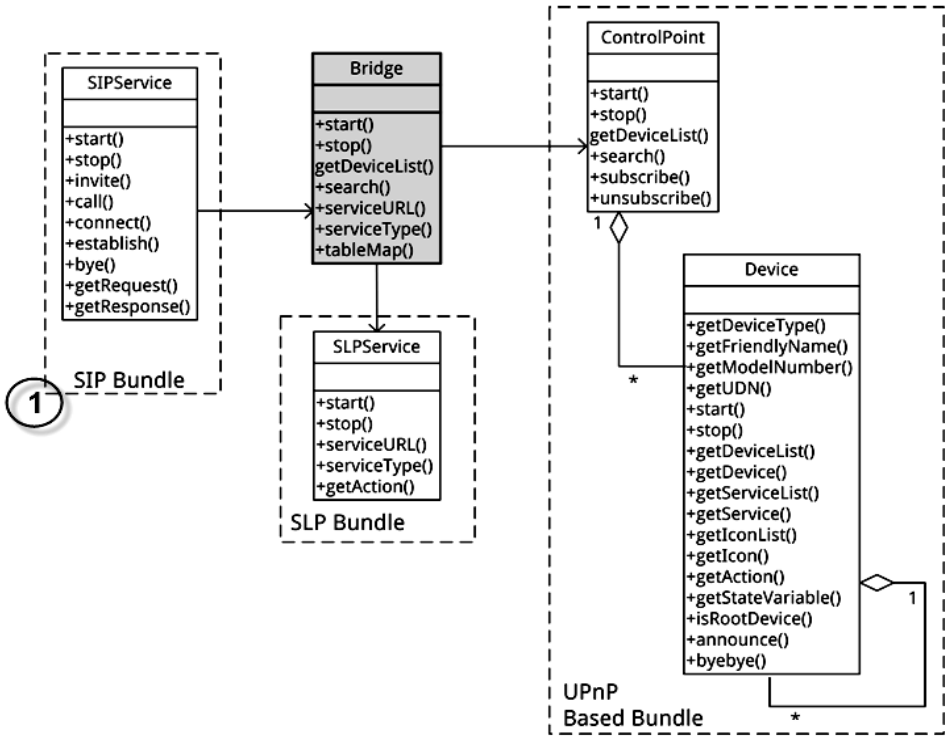


ภาพประกอบที่ 4-8 รายการอุปกรณ์ทำงานที่พบหลังจากเปลี่ยนสถานะทำงานของบันเดิล

4.3. แนวทางการพัฒนา และผลการทดสอบหน่วยทำงานเอเจนต์ที่สามารถสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP ได้แบบไร้เครื่องแม่ข่าย

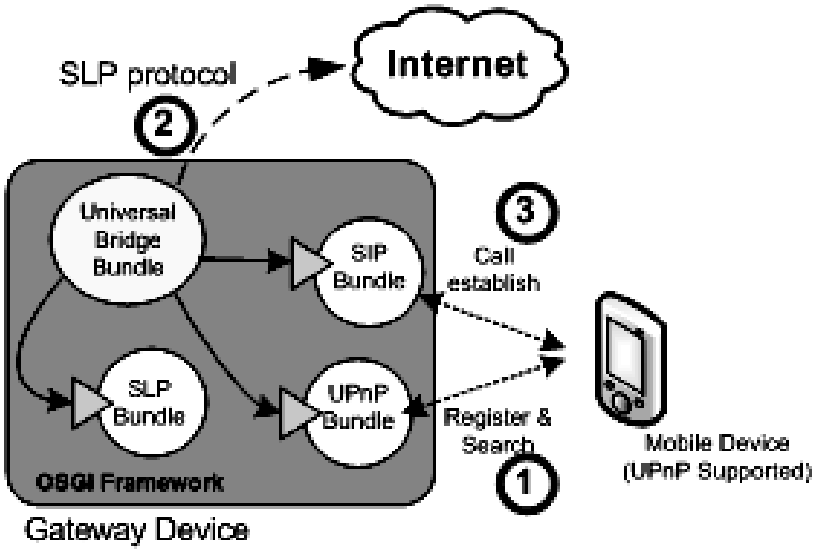
4.3.1. การพัฒนาระบบตามแนวคิด

การพัฒนาระบบต้นแบบนี้ดำเนินงานต่อเนื่องจากกลไกที่นำเสนอก่อนหน้านี้โดยทำการเพิ่มการทำงานของบันเดิลอื่นเข้าไปในระบบเพื่อทำงานส่วนของการสื่อสารเสียง ดังนั้นจะกล่าวถึงส่วนทำงานเพิ่มเติม (SIP Bundle) และส่วนทำงานของ UBA ที่ถูกปรับเปลี่ยนการทำงานเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพประกอบ 4-9 ซึ่งจะพบว่ามีองค์ประกอบต่างๆ ทางด้านซอฟต์แวร์ที่เพิ่มเติมมาจากเดิม (แสดงในวงกลมหมายเลข 1) โดยเป็นการเพิ่มการทำงานของโพรโทคอล SIP เข้ามาในระบบ เพื่อรองรับการเชื่อมต่อการทำงานเพื่อดำเนินการสื่อสารเสียงให้สามารถกระทำได้ โดยการนำมาใช้ก็เป็นรูปแบบของบันเดิลทำงานเช่นกัน ส่วนรายละเอียดของคลาสทำงานเดิมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับกลไกสะพานสื่อสารนั้นไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพียงเปลี่ยนบริการที่ต้องการค้นหาเป็นการหาหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารปลายทาง เพื่อให้ทราบถึงปลายทาง และดำเนินการสื่อสารเสียงได้โดยตรง



ภาพประกอบที่ 4-9 แสดงคลาสไดอะแกรมของกลไก

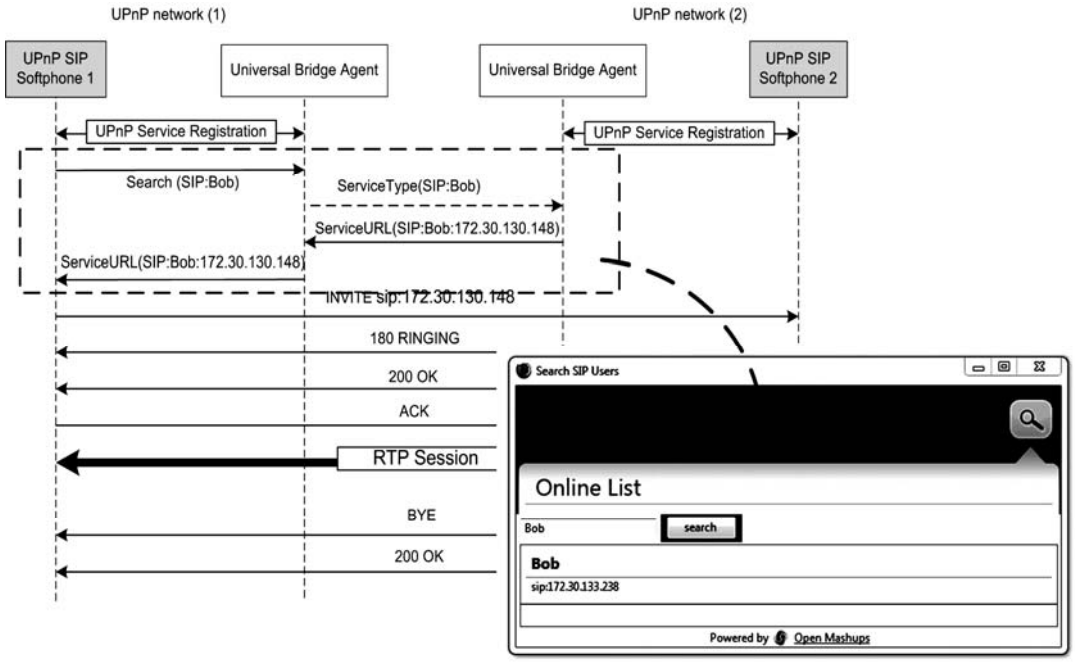
ดังนั้นจากกลไกทำงานสะพานสื่อสารที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 4.2.1 เมื่อมีการเพิ่มการทำงาน (SIP Bundle) เข้าไปในกรอบงาน เพื่อทำให้เกตเวย์ทำหน้าที่เป็นเอเจนต์ในการสื่อสารเสียงแล้ว สามารถแสดงกลไกทำงานที่เพิ่มเติมขึ้นจากกลไกสะพานสื่อสารเดิมได้ดังแสดงในภาพประกอบที่ 4-10



ภาพประกอบ 4-10 ขั้นตอนการทำงานเพื่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้ผ่านเอเจนต์

จากภาพประกอบ 4-10 เป็นการแสดงกลไกทำงานภายในเกตเวย์ที่เป็นเสมือนเอเจนต์ทำงานประกอบไปด้วยส่วนทำงานหลัก 3 ส่วน เพื่อเรียกใช้บริการแตกต่างกัน คือ ส่วนการค้นหาและลงทะเบียนกับอุปกรณ์เกตเวย์ (Register and Search) ทำงานผ่านบริการ UPnP Bundle (แสดงในวงกลมหมายเลข 1) และส่วนการค้นหาบริการข้ามเครือข่ายนั้น จะใช้โพรโทคอลมาตรฐาน SLP ไปยังอินเทอร์เน็ตผ่านบริการของ SLP Bundle และการเริ่มต้นการสื่อสารเสียงตามมาตรฐานโพรโทคอล SIP ตามลำดับ (แสดงในวงกลมหมายเลข 2 และ 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ได้ออกแบบกลไกไว้ในหัวข้อ 3.3.2 ที่ UBA ทำหน้าที่ในการควบคุมกลไกทั้งหมด ผ่านการเรียกใช้บริการที่หลากหลายในบันเดิลที่ติดต่อกันผ่านกรอบงานมาตรฐาน (UPnP Bundle, SLP Bundle, SIP Bundle) นั่นเอง

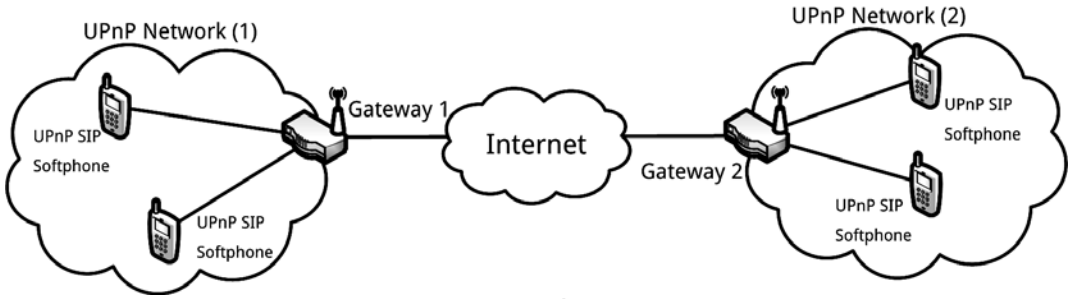
ส่วนของระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นเป็นการนำส่วนประกอบซอฟต์แวร์ของกลไกสะพานสื่อสารทั้งหมดในหัวข้อ 4.2.1 มาทำงานทั้งหมด โดยทำการเพิ่มองค์ประกอบทางด้านซอฟต์แวร์อื่นอันประกอบไปด้วยไลบรารี่ CyberLink for java [15] สำหรับพัฒนา อุปกรณ์ตามมาตรฐาน UPnP แบบพื้นฐานเพื่อมาประกอบกับไลบรารี่ของโพรโทคอล SIP เพื่อนำไปใช้ทดสอบการสร้างการสื่อสารขั้นต้น [16] และนำกลไกสะพานสื่อสารมาพัฒนาเพิ่มเติมร่วมกับร่วมกับ Open Mashups Studio [17] เพื่อใช้เป็แอพพลิเคชั่นในการเชื่อมต่อบริการระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์เกตเวย์ในเครือข่ายเดียวกันเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ดังแสดงในภาพประกอบ 4-11



ภาพประกอบ 4-11 หน้าจอแสดงผลโปรแกรมส่วนการค้นหาผู้ใช้

4.3.2. ผลการทดสอบ

ระบบต้นแบบสำหรับการทดลองในส่วนนี้มีสภาพแวดล้อมเดียวกันกับระบบในภาพประกอบ 4-4 เนื่องจากเป็นการเพิ่มส่วนทำงานที่เป็นบันเดิล เข้าไปไปอุปกรณ์เกตเวย์เพื่อรองรับการทำงานของโพรโทคอล SIP โดยเป็นการค้นหาบริการผู้ใช้จากเครือข่าย UPnP Network (1) ไปยังเครือข่าย UPnP Network (2) เพื่อหาบริการซึ่งในที่นี้คือหมายเลขไอพีของคู่สื่อสารที่อยู่ต่างเครือข่าย จากนั้นจึงดำเนินการสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้ด้วยโพรโทคอล SIP เพื่อเริ่มการสื่อสารเสียงในขั้นตอนต่อไป



ภาพประกอบ 4.12 ระบบจำลองเพื่อทดสอบกลไกค้นหาบริการ

เนื่องจากเป็นการนำกลไกสะพานสื่อสารมาดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อเอื้อให้เกิดการค้นหาบริการ (ไอพีแอดเดรสของคู่สื่อสาร) ซึ่งได้ดำเนินการไปแล้วในส่วนทดสอบการทำงานของการทดลองแรก ดังนั้นผลการทดสอบส่วนนี้จะมุ่งเน้นไปที่ประสิทธิภาพของการค้นหาบริการโดยมีปัจจัยที่เพิ่มเติมขึ้น คือ ปริมาณผู้ใช้ที่ทำการค้นหาบริการพร้อมกันในเครือข่าย และเวลาที่ใช้การส่วนค้นหาบริการเพื่อทำการสื่อสารเสียงพร้อมกับการเริ่มต้นการสื่อสาร โดยกำหนดสภาพแวดล้อมการทดสอบระบบเป็นดังนี้

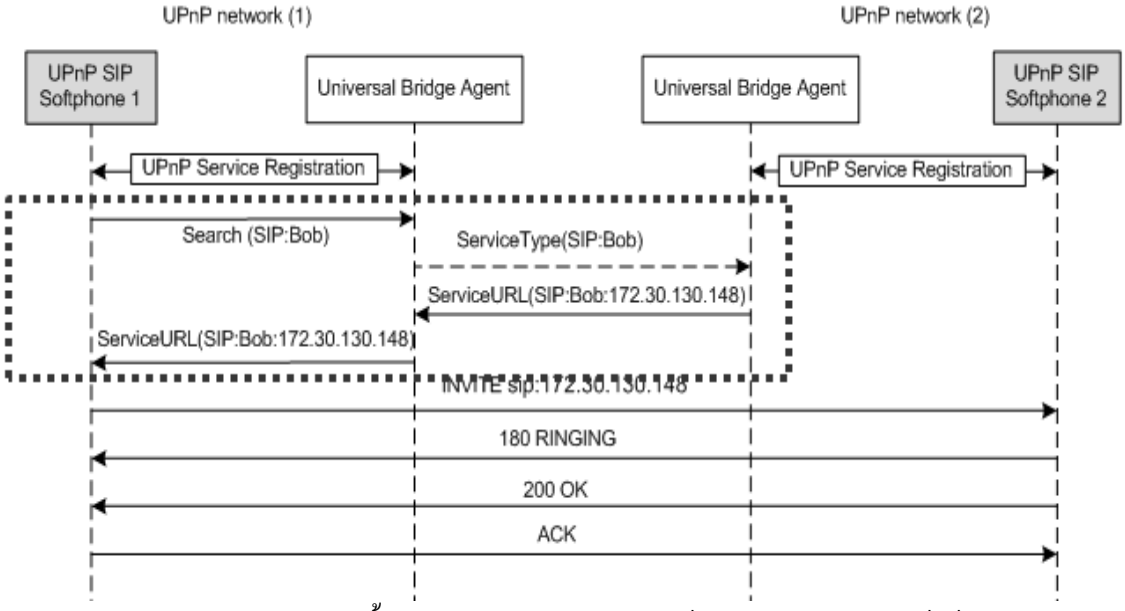
- **จำนวนผู้ใช้งาน** กำหนดให้มีการใช้งานพร้อมกันสูงสุด 50 คน หรือ 25 คู่สาย เนื่องจากมุ่งเน้นการนำไปใช้กับพื้นที่พิบัติภัย ซึ่งไม่มีเครือข่ายหรือการสื่อสารอื่น ซึ่งเน้นการสื่อสารระหว่างกันเป็นหลัก โดยไม่คำนึงถึงการรองรับการเพิ่มขยายมากนัก และการกำหนดค่าทำงานพร้อมกัน 25 คู่สายก็เพียงพอสำหรับการทำงาน
- **สภาพแวดล้อมการเชื่อมต่อ** จำกัดการเชื่อมต่อของระบบเท่ากับเครือข่ายไร้สายแบบ ad-hoc ซึ่งเหมาะสมกับการนำไปใช้สื่อสารในพื้นที่พิบัติภัย ซึ่งไม่มีเครือข่ายหรือการเชื่อมต่อใด ๆเลย โดยแบนด์วิดท์ที่กำหนดในการสื่อสารไร้สายนี้ไม่เกิน 54 เมกกะไบต์ต่อวินาที

- **ลักษณะการร้องขอ หรือค้นหาบริการ** ดำเนินการร้องขอบริการแบบสุ่ม (Random times service request) เพื่อทดสอบค่าหน่วงเวลาทำงาน โดยกำหนดการสุ่มเวลาร้องขอบริการเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่คู่สายแรก ไปจนถึง คู่สายที่ 25 (1 คู่สาย เท่ากับ 2 ผู้ใช้ ซึ่ง 25 คู่สายจะมีผู้ใช้งาน 50 คน ตามค่าสูงสุดสำหรับการทดลองในสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ในการทดลอง

จากข้อกำหนดของสภาพแวดล้อมการทดสอบ การแบ่งส่วนทดสอบประสิทธิภาพการทำงานสำหรับการค้นหาบริการของกลไกสะพานสื่อสารนี้สามารถแบ่งการทดสอบออกได้เป็น 3 ส่วนอันประกอบด้วย กาทดสอบเวลาของการค้นหาบริการผู้ใช้ ทดสอบการเริ่มต้นการสื่อสาร และการทดสอบเวลาสื่อสารรวม โดยกลไกทำงานทั้งหมดส่วนนี้ดำเนินการผ่านระบบต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด และจำลองการทำงานของระบบเพื่อหาค่าเวลาเพื่อวิเคราะห์เป็นผลการทดลอง ดังนี้

1. การค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้ (Discovery service)

การค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้ในส่วนงานนี้ ได้ดำเนินการทดสอบเพื่อค้นหาเวลาทำงานเพื่อค้นหาบริการทั้งหมด (ดังแสดงในกรอบสี่เหลี่ยมในภาพประกอบ 4-13)



ภาพประกอบ 4-13 ขั้นตอนการทำงานของส่วนค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้

จากขั้นตอนการทำงานในภาพประกอบ 4-13 ดังนั้นค่าหน่วงเวลาทั้งหมดสำหรับขั้นตอนการค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้จะสามารถแสดงเป็นสมการได้ ดังนี้

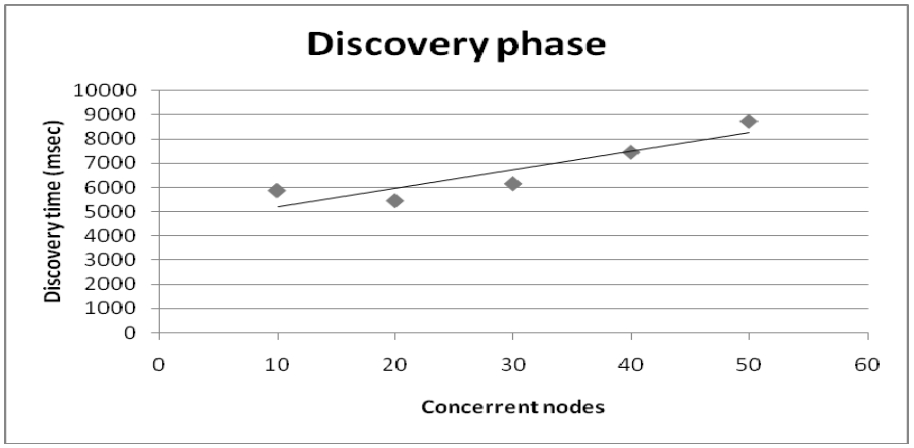
$$T_{Dis_All} = 2T_{UA \Leftrightarrow GW} + 2T_{GW \Leftrightarrow GW}$$

โดย T_{Dis_All} = เวลารวมทั้งหมดของการค้นหาบริการ

$T_{UA \Leftrightarrow GW}$ = เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับเกตเวย์

$T_{GW \Leftrightarrow GW}$ = เวลาที่ใช้ในการค้นหาบริการข้ามเครือข่ายระหว่างเกตเวย์

ซึ่งจากการเพิ่มจำนวนผู้ใช้เข้าไปในระบบ ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 50 คน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบสามารถแสดงได้ในภาพประกอบ 4-14 โดยผลการทดสอบพบว่าการค้นหาบริการที่เพิ่มขึ้นในระบบ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการค้นหาบริการเพิ่มขึ้น ซึ่งที่จำนวนผู้ใช้ไม่เกิน 50 คน จะสามารถรองรับการค้นหาบริการได้ตามมาตรฐานของโพรโทคอลค้นหาบริการ SLP (ไม่เกิน 15000 มิลลิวินาที)



ภาพประกอบ 4-14 กราฟแสดงเวลาในการค้นหาบริการ

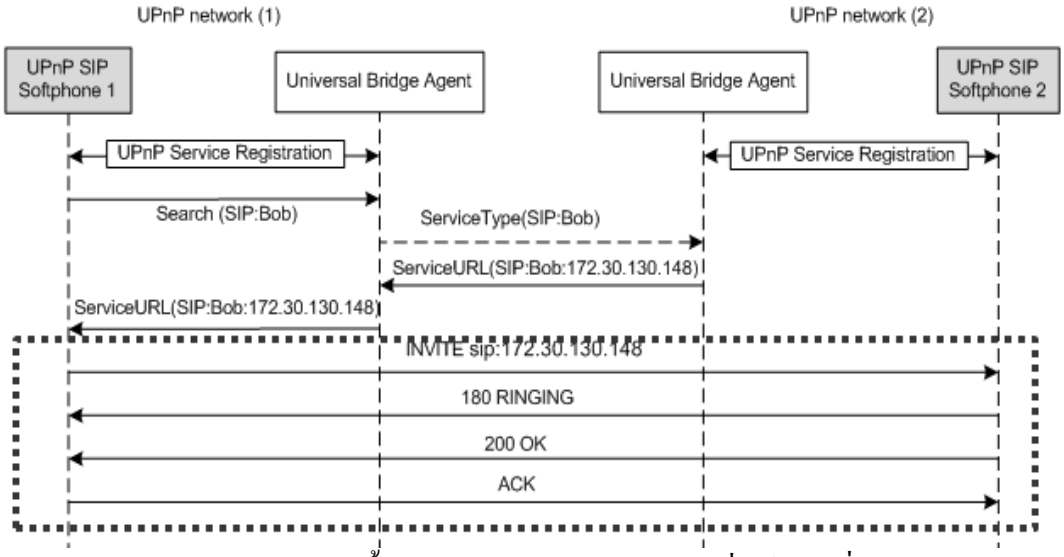
2. กระบวนการเริ่มต้นการสื่อสาร (Call setup)

เป็นการทดสอบการทำงานของการดำเนินการด้วยโพรโทคอล SIP เพื่อเริ่มการสื่อสารเสียง โดยกระบวนการนี้ดำเนินการหลังจากค้นหาหมายเลขไอพีของผู้ใช้ที่อยู่ปลายทางสำเร็จแล้ว (ดังแสดงในกรอบสี่เหลี่ยมในภาพประกอบ 4-15) ซึ่งจากขั้นตอนการทำงานนั้นค่าหน่วงเวลาทั้งหมดสำหรับขั้นตอนการเริ่มต้นการสื่อสารระหว่างผู้ใช้จะสามารถแสดงเป็นสมการได้ ดังนี้

$$T_{Call_Establish} = 4T_{UA_1 \Leftrightarrow UA_2}$$

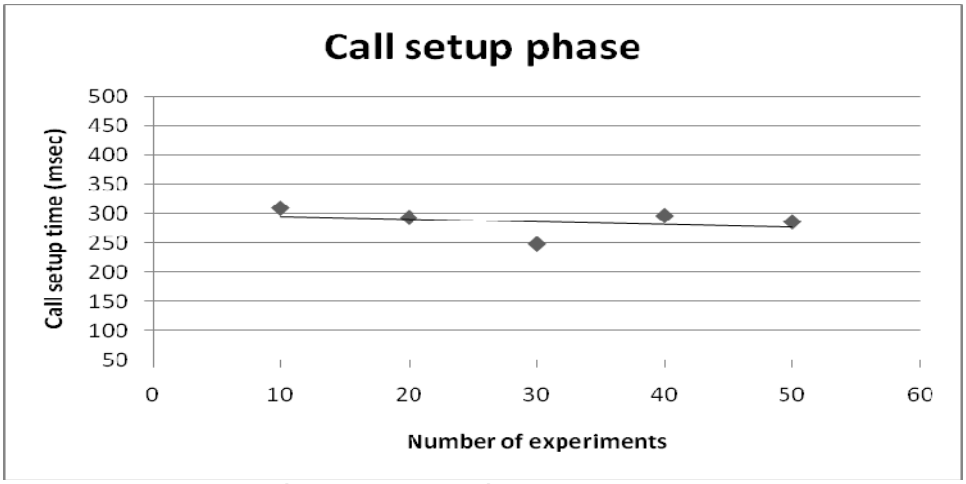
โดย $T_{Call_Establish}$ = เวลารวมของการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างผู้ใช้ด้วยโพรโทคอล SIP

$T_{UA_1 \Leftrightarrow UA_2}$ = เวลาที่ใช้ในการสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้



ภาพประกอบ 4-15 ขั้นตอนการทำงานของส่วนการเริ่มต้นการสื่อสาร

ผลการทดสอบการทำงานของระบบจำลองด้วยการทำงานซ้ำ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานในการสื่อสารเสียงโดยทำการทดสอบ 50 ครั้ง ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ในภาพประกอบ 4-16 พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นมีค่าเฉลี่ยในการทำงานที่ประมาณ 100 มิลลิวินาที ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าเนื่องจาก การสื่อสารเป็นลักษณะสื่อสารโดยตรงระหว่างผู้ใช้ ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับกลไกการค้นหาบริการ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของการสื่อสารจะคงที่ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าหน่วงเวลามาตรฐานของโพรโทคอล SIP (ไม่เกิน 500 มิลลิวินาที) พบว่ายังสามารถดำเนินการได้อย่างเหมาะสม



ภาพประกอบที่ 4-16 แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ

3. กระบวนการสื่อสารโดยรวม (Overall Time)

การทดสอบส่วนสุดท้ายเป็นผลรวมการทำงานระหว่างการค้นหาบริการและการเริ่มสื่อสารเสียงด้วยโพรโทคอล SIP โดยกำหนดให้

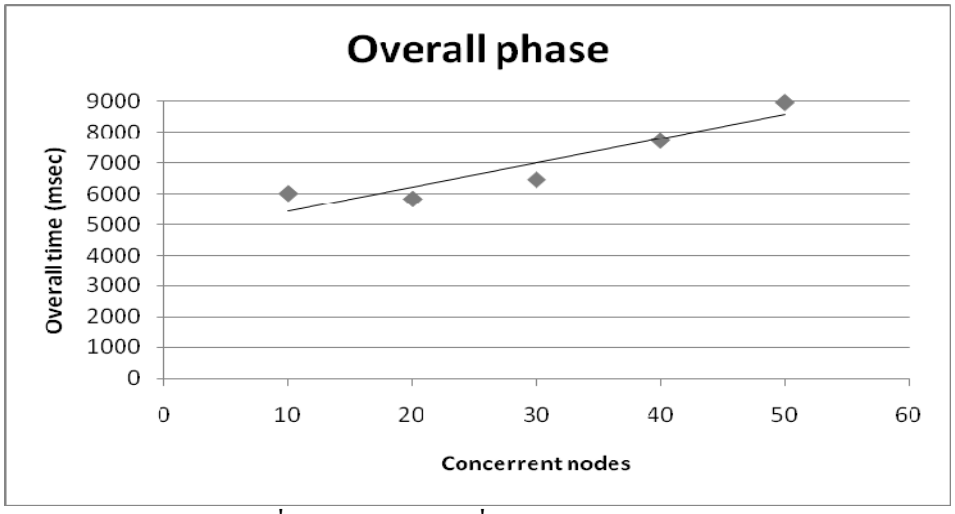
$$T_{Overall_Time} = T_{Dis_All} + T_{Call_Establish}$$

โดย $T_{Overall_Time}$ = เวลารวมการทำงานทั้งหมด

T_{Dis_All} = เวลารวมของการเชื่อมต่อการทำงานระหว่างผู้ใช้ด้วยโพรโทคอล SIP

$T_{Call_Establish}$ = เวลาที่ใช้ในการสื่อสารกันระหว่างผู้ใช้

ซึ่งหลังจากดำเนินการทดสอบด้วยการนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันทำให้ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพประกอบ 4-17 ที่สามารถสรุปผลการทำงานว่าการเวลารวมสำหรับการค้นหาหมายเลขไอพีผ่านกลไกสะพานสื่อสาร และดำเนินการสื่อสารเสียงโดยตรงสำหรับการสื่อสารเสียงพบว่า การเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในกลไกทำงานทั้งหมดยังอยู่ในช่วงทำงานที่เหมาะสมที่จะดำเนินการค้นหาบริการ เนื่องจากกลไกทำงานของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ดำเนินการคนละส่วนงานกัน ดังนั้นค่าที่เพิ่มขึ้นจากการทดลองจะเป็นค่าคงที่ตามการทดลองที่ 2 ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับการทำงานทั้งหมด



ภาพประกอบที่ 4-17 แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ

จากผลการทดลองส่วนทำงานผ่านระบบจำลอง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของกลไกทำงานในส่วนการค้นหาหมายเลขไอพีนั้น พบว่า กระบวนการทำงานทั้งหมดสามารถทำงานได้อยู่ภายใต้มาตรฐานสำหรับการค้นหาบริการผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (โพรโทคอล SLP) ซึ่งไม่เกิน 15000 มิลลิวินาที โดยดำเนินการทดสอบแยกกันกับขั้นตอนการสื่อสารด้วยโปรโตคอล SIP ซึ่งมีส่วนงานคนละขั้นตอนกัน และเมื่อนำมาทดสอบการทำงานงานร่วมกันเพื่อหาเวลาที่ต้องใช้ทั้งหมดในการสื่อสารก็พบว่า ยังสามารถทำงานได้ไม่เกินมาตรฐานทำงานของโปรโตคอล SLP ซึ่งทำให้สามารถสรุปได้ว่า ในสภาพแวดล้อมทำงานที่มีผู้ใช้ไม่เกิน 50 คนนั้น กลไกทำงานเอเจนต์ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้มีประสิทธิภาพพอที่จะรองรับการทำงานได้อย่างเหมาะสม และการสรุปการทำงานทั้งหมดของการวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จะนำเสนอในส่วนสรุปผลการทดองต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และภาพรวมของวิทยานิพนธ์

5.1 บทนำต้นเรื่อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ที่ต้องการศึกษาและพัฒนากลไกทำงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการทำงานหน้าที่เป็นสะพานสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายในเครือข่าย UPnP กับอุปกรณ์สื่อสารที่อยู่ภายนอกเครือข่ายด้วยโพรโทคอล SIP ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้เสนอแนะการจัดการปัญหาข้างต้นโดย

- แนะนำแนวคิดการพัฒนาซอฟต์แวร์เชิงบริการ (SOA) ผ่านกรอบงานมาตรฐาน OSGi เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับความไม่ยืดหยุ่นในการเพิ่มขยายกลไกสะพานสื่อสารแบบเดิม ซึ่งสามารถนำไปใช้งาน และเพิ่มขยายไปสู่การทำงานในรูปแบบอื่นได้อย่างหลากหลาย
- แสดงให้เห็นถึงแนวทางการพัฒนากลไกสะพานสื่อสารต้นแบบผ่านกรอบงานมาตรฐาน OSGi ที่สามารถรองรับการทำงานร่วมกับโพรโทคอลหลากหลายมาตรฐาน เช่น SSDP, UPnP, SIP เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาการสื่อสารเสียงพูดข้ามเครือข่าย UPnP ได้แบบไร้เครื่องแม่ข่ายได้

โดยสามารถแยกสรุปปัญหาวิจัยออกเป็น 2 ส่วนได้ ดังนี้

5.2 สรุปสิ่งที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์

5.2.1 กลไกสะพานสื่อสารข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย

การนำกรอบงานพัฒนาซอฟต์แวร์มาตรฐาน OSGi มาใช้เพื่อแก้ปัญหาความไม่ยืดหยุ่นของกลไกทำงานที่นำเสนอทั่วไป และยังสามารถนำใช้พัฒนาต่อเนื่องได้อย่างเป็นมาตรฐานนั้น จากการทดสอบสามารถทำได้โดยนำเสนอผ่านกลไกจับคู่ทำงานของโพรโทคอลค้นหาบริการมาตรฐานที่แตกต่างกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยเนื้อหาส่วนนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นบทความชื่อ “การประยุกต์กลไกเชิงบริการ OSGi เพื่อประสานงานระหว่างเครือข่าย UPnP ด้วยโพรโทคอล SLP” ในการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 (STCD 2010),

ปทุมธานี, ประเทศไทย, 19 มีนาคม 2553 และ บทความ “สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi แบบเบ็ดเสร็จเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโพรโทคอลค้นหาบริการในสิ่งแวดล้อมของเครือข่าย UPnP” ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06), กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน 2553

5.2.2 กลไกทำงานเอเจนต์ข้ามเครือข่ายแบบรองรับการทำงานที่หลากหลาย

เป็นผลวิจัยต่อเนื่องมาจากกลไกสะพานสื่อสารที่นำเสนอไปแล้วข้างต้นมาประยุกต์การทำงานหลากหลายไปสู่การใช้ค้นหาผู้ใช้ต่างเครือข่ายเพื่อดำเนินการสื่อสารแบบไร้เครื่องแม่ข่าย ซึ่งตอบโจทย์การทำงานเกี่ยวกับการเพิ่มเติมการทำงานอย่างยืดหยุ่นได้เป็นอย่างดี และจากวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ที่เป็นการศึกษาและพัฒนากลไกทำงานที่มีประสิทธิภาพในการทำงานในสภาพแวดล้อมจำเพาะ เพื่อรองรับการทำหน้าที่เป็นสะพานสื่อสาร ระหว่างอุปกรณ์สื่อสารเสียงแบบไร้เครื่องแม่ข่ายในเครือข่าย UPnP กับอุปกรณ์สื่อสารที่อยู่ภายนอกเครือข่ายได้ ซึ่งกลไกที่นำเสนอนี้เป็นแนวทางหนึ่งเพื่อนำไปพัฒนาเป็นระบบสื่อสารที่สมบูรณ์ต่อไปในอนาคต โดยงานส่วนนี้ ได้ถูกนำเสนอเป็นบทความเรื่อง “ระบบสื่อสารด้วยโพรโทคอล SIP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP” ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06), กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน 2553

5.3 ข้อเสนอแนะและงานในอนาคต

- ควรเพิ่มเติมการทดลองนำกลไกสะพานสื่อสารที่นำเสนอ ไปเพิ่มขยายการใช้งานกับโพรโทคอลอื่นๆ ให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อทดสอบความสามารถในการเชื่อมต่อกับโพรโทคอลอื่นว่าสามารถทำงานได้อย่างเป็นอิสระต่อกันได้มากน้อยเพียงไร
- เนื่องจากระบบต้นแบบเพื่อดำเนินการทดสอบกลไก เป็นการค้นหาหมายเลขไอพีเท่านั้น ซึ่งถ้ามีการเพิ่มการค้นหาบริการให้รองรับการทำงานอื่นที่มีความหลากหลาย เช่น การรองรับการเชื่อมต่อเพื่อทำงานร่วมกับโพรโทคอลอื่น ๆที่อยู่ในมาตรฐาน UPnP ทำให้กลไกสะพานสื่อสารสามารถรองรับการทำงานที่หลากหลาย และมีประโยชน์มากขึ้น
- ทำการทดสอบกับการสื่อสารเสียงจริงทั้งกระบวนการ เพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบโดยรวม และเก็บข้อมูลเพื่อนำไปปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น
- ศึกษาเพิ่มเติมประสิทธิภาพของกลไกสะพานสื่อสารที่นำเสนอ ในการรองรับกรณีทดสอบการใช้งานโปรแกรมประยุกต์เพื่อการสื่อสารเสียงด้วยโพรโทคอล SIP ทั้งแบบที่ประสบความสำเร็จ (Good case) และแบบที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น (False case)

- การพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถสั่งการทำงานควบคุมกลไกสะพานสื่อสารที่พัฒนาขึ้นผ่านทางการอินเตอร์เฟสผู้ใช้แบบกราฟิก (Graphical User Interface) นอกเหนือจากภาพประกอบแบบการพิมพ์คำสั่งโดยตรง (Command line) ที่นำเสนอในการทดลองข้างต้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้งานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] UPnP Forum, UPnP Standards, Retrieved December 15, 2009, Retrieved February 28, 2009, from http://www.upnp.org/

[2] J. Allard, V. Chinta and S. Gundala, and G. Richard III, “Jini Meets UPnP: An Architecture for Jini/UPnP Interoperability,” *Symposium on Applications and the Internet*, 268, 2002.

[3] C. Bettstetter and C. Renner, “A Comparison of Service Discovery Protocols and Implementation of The Service Location Protocol,” *in Proceedings of the EUNICE Open European Summer School*, Twente, Netherlands, 2000.

[4] S. Chintada, Sethuramalingam P. and G. Goffin, “Converged Service s for Home using a SIP/UPnP software bridge solution,”*in Proceedings of the Consumer Communications and Networking Conference 5th* , Motorola India Res. Labs, Bangalore, January 2008.

[5] R. Marin-Perianu, P. Hartel and H. Scholten, “A Classification of Service Discovery Protocols,” internal report, Dept. Electrical Eng., Mathematics, and Computer Science, Univ. of Twente, Netherlands, June 2005.

[6] C. Cho and D. Lee, "Survey of Service Discovery Architectures for Mobile Ad hoc Networks," term paper, Mobile Computing, CEN 5531, Dept. Computer and Information Science and Eng., Univ. Florida, Fall, 2005.

[7] A. N. Mian, R. Baldoni and R. Beraldi, "A Survey of Service Discovery Protocols in Multihop Mobile Ad Hoc Networks," *in IEEE Pervasive Computing*, vol. 8, Issue 1 (January 2009) , pp. 66-74

[8] S.Bu and F. Naghdy, "Service Discovery in Wireless Ad-hoc Control Network," 2005. *in Proceedings of the 2005 International Conference on Sensor Networks and Information Procession Conference Intelligent Sensors*, 5-8 Dec. 2005, pp. 157-162

[9] OSGi Specification, Retrieved February 28, 2009, from http://www.osgi.org

[10] C. Lee, J.Yi and W. Lee, "Bridging OSGi Islands Through SLP Protocol," *in Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing 2007*, Hong Kong, China, July 2007

[11] Session Initiation Protocol RFC 3261, Retrieved February 28, 2009, from http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt/

[12] L. H. Chang, P. D. Chuang and Y. J. Chen, "Intelligent VoIP System in Ad-Hoc Network with Embedded Pseudo SIP Server," Lecture Notes in Computer Science, Volume 5060/2010, pp. 641-654, 2008

[11] L. H. Chang, P. D. Chuang and Y. J. Chen, "An Ad-Hoc VoIP System Implementation using UPnP," *Int. Computer Symposium*, December 15-17, Taipei, Taiwan, 2004.

[12] LEGGIO S., MANNER J., HULKKONEN A. and RATTIKAINEN K., "Session Initiation Protocol deployment in ad-hoc networks:a decentralized approach.", *in Proceedings of the Int. Workshop on Wireless Ad-Hoc Networks*, 23-26 May, 2005

[13] LEGGIO S., MIRINDA H., RATTIKAINEN K., RODRIGUES L., "SIPCache : distributed SIP location service for mobile ad-hoc networks." *in Proceedings of the Mobile and Ubiquitous Systems*, 17-21 July 2006, pp. 1-4

[14] Eclipse Equinox website Retrieved December 15, 2009, from http://www.eclipse.org/equinox/

[15] S. Konno, “CyberLink for Java Development Package for UPnP Devices”, Retrieved February 28, 2009, from http://cgupnpjava.sourceforge.net/

[16] JainSIP, Java.net Retrieved December 15, 2009,from https://jain-sip.dev.java.net/

[17] O. Lab, “Open Mashups Studio Retrieved February 28, 2009, from http://www.open-mashups.org, 2010.

ภาคผนวก

ลำดับบทความที่ได้นำเสนอในงานประชุมวิชาการ

1. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์,“การประยุกต์กลไกเชิงบริการ OSGi เพื่อประสานงานระหว่างเครือข่าย UPnP ด้วยโปรโตคอล SLP,” *ในการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 (STCD 2010)*, ปทุมธานี, ประเทศไทย, 19 มีนาคม, 2553
2. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์, “สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi แบบเบ็ดเสร็จเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอลค้นหาบริการในสิ่งแวดล้อมของเครือข่าย UPnP,” *ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06)*, กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน, 2553
3. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์, “ระบบสื่อสารด้วยโปรโตคอล SIP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP,” *ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06)*, กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน, 2553

การประยุกต์กลไกเชิงบริการ OSGi เพื่อประสานงานระหว่างเครือข่าย UPnP ด้วยโปรโตคอล SLP

Applying OSGi-based Services for Cooperation between UPnP networks with SLP Protocol

กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูสุรพจน์

Kitti Chiewchan and Suntorn Witosurapot

บทคัดย่อ

การสื่อสารข้อมูลภายในเครือข่าย UPnP สนับสนุนและใช้งานบริการระหว่างอุปกรณ์ชาญฉลาดภายในบ้านอัจริยะภายในเครือข่ายเดี่ยวๆ จึงมีข้อจำกัดเชิงสถาปัตยกรรมที่ไม่อาจดำเนินการสื่อสารข้ามเครือข่ายได้ แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามแก้ไขข้อจำกัดนี้ แต่เป็นในลักษณะของสะพานข้ามประสานการทำงานให้กับโปรโตคอลของเครือข่ายท้องถิ่น UPnP กับโปรโตคอลสื่อสารของเครือข่ายอินเตอร์เน็ตตัวหนึ่งๆ เป็นการเฉพาะเท่านั้น จึงแตกต่างอย่างมากจากแนวทางที่ได้นำเสนอในบทความนี้ ซึ่งมุ่งสร้างคุณลักษณะของกลไกสะพานข้ามที่ยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนให้ใช้ได้กับคู่โปรโตคอลต่างๆ อย่างหลากหลาย โดยนำข้อดีของกลไกเชิงบริการด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi เข้ามาประยุกต์ใช้งาน ซึ่งผลการศึกษาพัฒนาและทดสอบเบื้องต้นในการจับคู่บริการค้นพบทรัพยากรโดยโปรโตคอล SSDP ของเครือข่าย UPnP กับโปรโตคอล SLP ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต พบว่าสอดคล้องตามที่คาดหวังไว้ จึงมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ประยุกต์ OSGi เพื่อให้เกิดคุณลักษณะของ “Interoperability” ระหว่างคู่โปรโตคอลสื่อสารอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

ABSTRACT

The UPnP network has been designed to support for communication among smart home devices in the single network. Therefore, it could not communicate between remote UPnP networks e.g. via the Internet, due to the inherent limitation in its architecture. A number of researches have been attempted to solve this limitation by means of bridging mechanism. However, almost all of them focus on the mapping between a certain pair of interested protocol. This is, therefore, different significantly from our approach presented in this paper, where the benefits of OSGi standard are employed. From the result of initial prototype, it is shown that the experimental mapping service between the SSDP protocol of UPnP network and SLP protocol of the Internet can be done at ease and yields the results as expected. So, it is likely to have a potential for developing a mechanism that take into account the issue of interoperability among any other protocols as well.

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

15 ถ.กาญจนวณิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

บทนำ

อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายแบบสาธารณะ (Public Network) ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายที่สุดในปัจจุบัน จึงนิยมนำมาใช้เป็นเครือข่ายต่อผ่าน (Transit Network) เพื่อการสื่อสารระหว่างเครือข่ายขององค์กรต่างๆ หรือส่งข้อมูลควบคุมจากระยะไกลไปยังเครือข่ายอื่น เช่น เครือข่ายตามมาตรฐาน Universal-Plug-n-Play (UPnP) [1] เพื่อสั่งการ/ควบคุมไปยังอุปกรณ์แบบชาญฉลาด (Smart devices) ภายในบ้านอัจฉริยะ (Smart Home Network) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม กรณีของการสื่อสารระหว่างเครือข่าย UPnP ที่อยู่ห่างจากกันผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (ดังรูปที่ 1) นั้นไม่สามารถทำได้ ด้วยข้อจำกัดทางสถาปัตยกรรมซึ่งได้ถูกออกแบบมาให้รองรับเฉพาะการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single network) เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่เน้นแก้ไขข้อจำกัดข้างต้นนี้ (ดังตัวอย่างในบรรณานุกรม) ด้วยกลไกสะพานข้าม (Bridging mechanism) ระหว่างคู่โปรโตคอลของเครือข่าย UPnP กับอินเตอร์เน็ต ซึ่งการจับคู่โปรโตคอลนี้ มักระบุโดยชัดเจนระหว่างคู่โปรโตคอลหนึ่งๆ เท่านั้น เช่น Jini-to-SLP หรือ UPnP-to-SLP เป็นต้น จึงขาดคุณลักษณะที่เรียกว่า Interoperability ทำให้ไม่สามารถปรับเปลี่ยน/เพิ่มขยายเพื่อให้รองรับการใช้งานกับโปรโตคอลตัวอื่นๆ ได้

ในบทความนี้ นำเสนอการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้กลไกซอฟต์แวร์เชิงบริการตามมาตรฐาน OSGi (Open Service Gateway initiative) ในการแก้ไขข้อจำกัดที่พบในงานวิจัยอื่นๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมุ่งให้เกิดคุณลักษณะที่ยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนโปรโตคอล ที่จะนำมาใช้จับคู่กันภายในกลไกทำงานแบบสะพานข้ามได้อย่างเป็นอิสระ

รูปที่ 1 การสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านอินเตอร์เน็ต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบประยุกต์ตามโครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์เชิงบริการตามมาตรฐาน OSGi ในการสนับสนุนคุณลักษณะ Interoperability ให้กับกลไกการทำงานแบบสะพานข้าม เพื่อให้สามารถจับคู่โปรโตคอลได้อย่างเป็นอิสระ
2. เพื่อทดสอบระบบต้นแบบข้างต้น โดยใช้ตัวอย่างการประสานงานร่วมกัน ระหว่างโปรโตคอลค้นหาบริการ (Simple Service Description Protocol) SSDP ของเครือข่าย UPnP [4] และโปรโตคอล SLP [5] ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

วัสดุและระเบียบวิธีวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ ใช้เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ ดังนี้

1. ซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ส Eclipse เพื่อช่วยการพัฒนาโปรแกรม Java แบบเบ็ดเสร็จ
2. ซอฟต์แวร์ไลบรารี่ Cyberlink for Java เพื่อช่วยการพัฒนาระบบสื่อสารข้อมูลด้วยโปรโตคอล UPnP
3. ซอฟต์แวร์ไลบรารี่ Equinox เพื่อช่วยการพัฒนากรอบงานด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi

เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นการออกแบบและพัฒนากลไกแบบสะพานข้าม (ภายในอุปกรณ์ทำงานแบบ Control Point ของเครือข่าย UPnP) ซึ่งมีหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมประสานการทำงาน ระหว่างกลุ่มโปรโตคอลค้นหาบริการ (Service Discovery Protocol) ที่เป็นมาตรฐาน ดังนั้นปัจจัยสำคัญในการออกแบบกลไกงานจึงประกอบไปด้วย

- ความสามารถที่จะทำงานร่วมกันได้ โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยน/แก้ไขโปรโตคอลมาตรฐานเลย
- ความยืดหยุ่นในการรองรับ/เพิ่มขยายการทำงานไปยังโปรโตคอลอื่นๆ ได้อย่างเป็นอิสระ

ซึ่งการปรับปรุงกลไกนี้จะแตกต่างไปจากงานวิจัยอื่นๆ ซึ่งปรากฏข้อด้อยสำคัญๆ ดังนี้

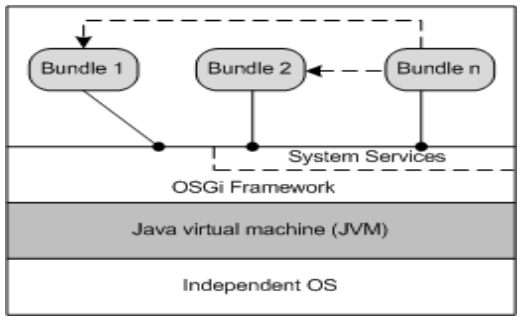
- มักต้องการให้ปรับแก้โปรโตคอลต่างไปจากมาตรฐานเพื่อประโยชน์ของการทำงานร่วมกันได้ (ตัวอย่างเช่น

การดัดแปลงโปรโตคอล SIP เพื่อสนับสนุนการสื่อสารเสียงพูด VoIP ภายในเครือข่าย UPnP ใน [2])

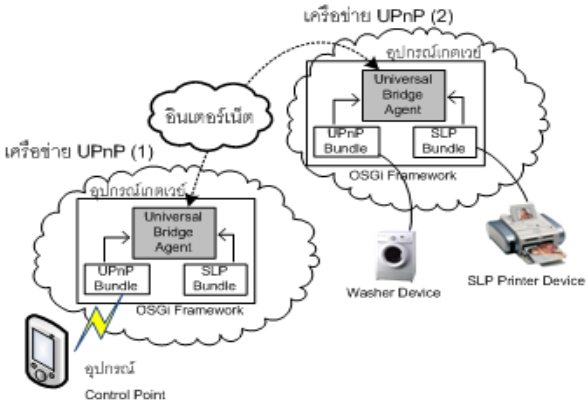
- มักเป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบปิด (Proprietary software) จึงไม่อาจทำความเข้าใจโปรแกรมเพื่อแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้น การปรับปรุงจากสาเหตุต่างๆ เช่น เปลี่ยนรุ่นของซอฟต์แวร์บริการ หรือเปลี่ยนโปรโตคอลที่นำมาจับคู่ด้วย เป็นต้น จึงมีความยุ่งยาก ตัวอย่างเช่นงานวิจัยใน [3]

ในงานวิจัยนี้ ได้นำลักษณะเด่นของสถาปัตยกรรมทำงานเชิงบริการตามมาตรฐาน OSGi มาสนับสนุนการพัฒนาซอฟต์แวร์ควบคุม (ตามกรอบงาน OSGi) เพื่อการจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลที่นำมาทำงานร่วมกัน ดังนี้

1. ใช้แนวทางพัฒนาเป็นโมดูลทำงาน ของซอฟต์แวร์เชิงบริการที่เรียกว่า บันเดิ้ล (Bundle) จึงทำให้จัดการซอฟต์แวร์ทำงาน (ที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษา Java) ของโปรโตคอลมาตรฐานต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และยังสะดวกต่อการจัดการ
2. มีไลบรารี่เผยแพร่แบบโอเพ่นซอร์สในแบบบันเดิ้ล ของโปรโตคอลต่างๆ เป็นจำนวนมาก จึงลดภาระในการพัฒนาบันเดิ้ลขึ้นเองได้อย่างมาก และยังสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบโดยรวมอีกด้วย
3. มีคุณลักษณะในการจัดการทำงานของบันเดิ้ลต่างๆ ได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน ทั้งในด้านการสั่งให้เริ่มต้นตามสถาปัตยกรรมทำงาน OSGi ที่ได้แสดงในรูปที่ 2 จึงเพิ่มประสิทธิภาพในการนำไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริงได้เป็นอย่างดี



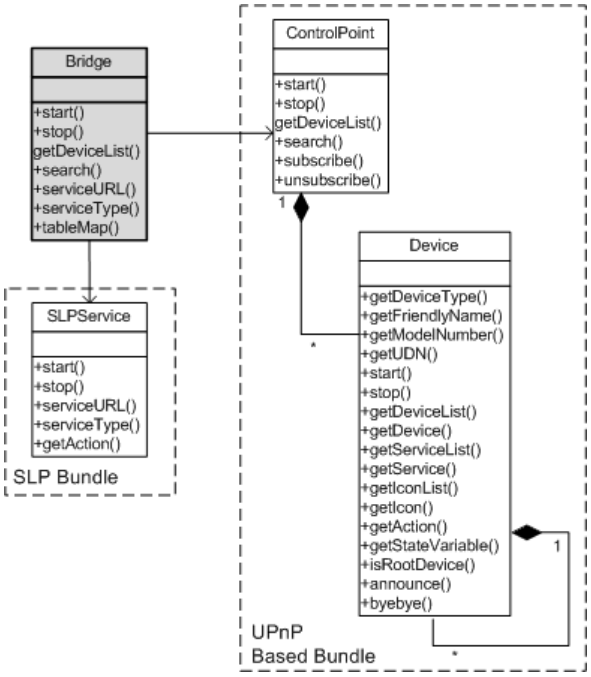
รูปที่ 2 กรอบงานซอฟต์แวร์แบบ OSGi



รูปที่ 3 แนวความคิดของกลไกลทำงานแบบสะพานข้ามระหว่างโปรโตคอล SSDP และ โปโตคอล SLP

ตามที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า เครือข่าย UPnP ไม่สามารถทำงานข้ามเครือข่ายได้ ส่งผลให้โปรโตคอล SSDP ซึ่งทำหน้าที่ค้นหาบริการ จึงไม่อาจใช้โปรโตคอลนี้สื่อสารกับเครือข่าย UPnP ที่อยู่ ณ ปลายทางอีกด้านหนึ่งผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตภายนอกได้ ในที่นี้เป็นการสาธิตให้นำโปรโตคอล SLP ซึ่งมีหน้าที่เดียวกันนี้ แต่ทำงานได้เฉพาะกับเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเข้ามาช่วย ทำให้ลักษณะงานของซอฟต์แวร์ควบคุมในกลไกสะพานข้าม (ที่อยู่ในอุปกรณ์เกตเวย์) มีหน้าที่ประสานการทำงานในการค้นพบทรัพยากรระหว่างโปรโตคอล SSDP ของเครือข่าย UPnP กับโปรโตคอล SLP ของเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เพื่อให้สามารถส่งต่อบริการจากโปรโตคอลทั้งคู่ได้อย่างราบรื่น ดังได้แสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 3

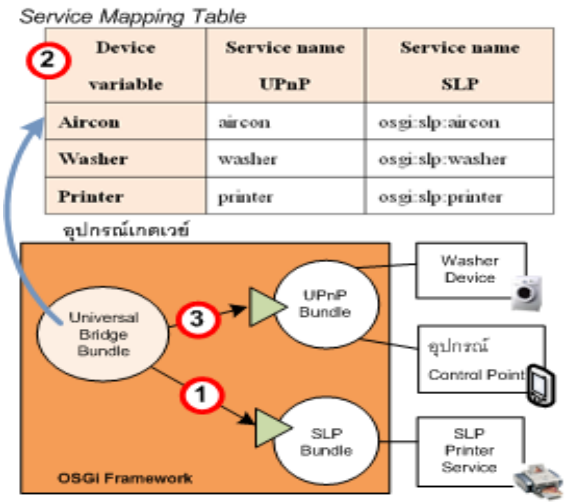
ในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ของกลไกทำงานที่พัฒนาขึ้น โดยคลาส Bridge เป็นบันเดิ้ลทำหน้าที่จับคู่บริการของโปรโตคอล SSDP และ SLP ซึ่งเป็นคลาสทำงานภายในบันเดิ้ล UPnP Based Bundle และ SLP Bundle ตามลำดับ ดังนั้น ตามลักษณะของบันเดิ้ล OSGi คลาสทำงานทั้งหมดจึงมีเมธทอด (Method) start และ stop เพื่อให้รองรับการสั่งงานตามแนวทางของสิ่งแวดล้อมในประมวลผลแบบ OSGi ดังที่ได้อธิบายผ่านมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 4 Class diagram การทำงานทั้งหมด

ผลการทดลอง

รายละเอียดภายในคลาส Bridge นั้นอ้างอิงพื้นฐานของกลไกการค้นหาบริการแบบกำหนดคุณลักษณะ (attribute-value structure) โดยนำคุณลักษณะของบริการมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้สามารถค้นหาและเรียกใช้บริการระหว่างโปรโตคอลได้ ดังสามารถแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะให้เห็นได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กลไกการทำงานของ Bridge

```
public class UniversalBridgeAct implements BundleActivator { //Osgi activator
  public void start(BundleContext context) throws Exception { //Main function
    //get SLP Service reference
    ServiceReference SLPUA = context.getServiceReference("...SLP.Bundle..");  (1)
    //search for SLP service
    ServiceList serviceList = SLPUA.getServiceList();
    for(int i = 0 ; i < serviceList.size() ; i++){
      //get Header name and value
      String headerName = serviceList.getService(i).getHeader(...);
      //SLP-UPnP header mapping
  (2) if(headerName.equal("service:osgi:..header..name...")){
        String UPnPService = "urn:"+SLPserviceAttrb;
        ...
      }
    }
    ServiceReference UPnPServiceBundle
                = context.getServiceReference("...UPnP.Bundle.."); (3)
    Device UPnPdev = UPnPServiceBundle.getDevice("...");
    UPnPdev.start(); //announce UPnP services
    }
  ...
}
```

รูปที่ 6 ตัวอย่างรหัสโปรแกรมของกลไกการทำงานจับคู่ระหว่างโปรโตคอล

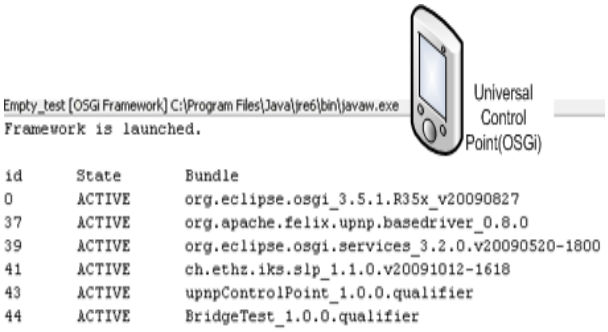
ในรูปที่ 6 แสดงส่วนของโค๊ดภาษาจาวาที่เชื่อมโยงกับแผนภาพการออกแบบ Bridge Agent ในรูปที่ 5 ซึ่งกลการการทำงาน โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ

1) เรียกใช้บริการ SLP Bundle เพื่อค้นหาบริการตามาตรฐาน SLP (ในวงกลมหมายเลข 1)

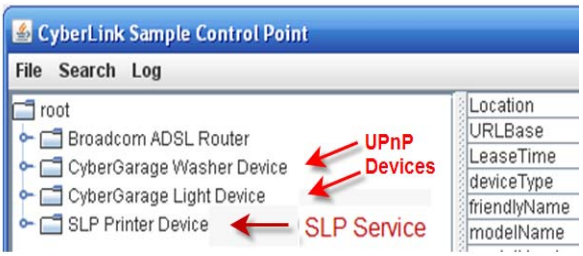
2) ส่วนการจับคู่บริการ SLP และ UPnP ด้วยการเปรียบเทียบ Header ของบริการโดยมีการตั้งค่า หรือสร้าง mapping table เอาไว้ก่อน (วงกลมหมายเลข 2)

3) เรียกใช้ UPnP Bundle เพื่อประกาศบริการที่ถูกแปลงในขั้นตอนที่ 2 ในรูปของโปรโตคอล SLP

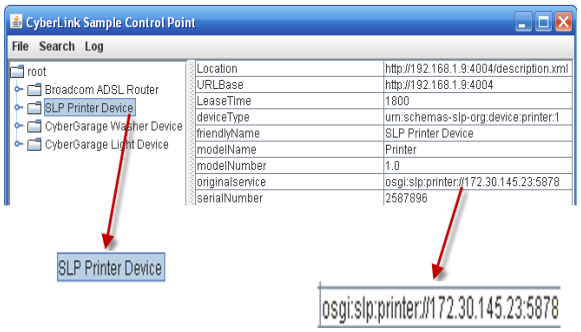
ในรูปที่ 7 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างรายการของบันเดิ้ลต่างๆ ที่ได้ถูกเรียกใช้เพื่อให้ทำงานที่อุปกรณ์ควบคุม ซึ่งจากสถานการณ์จำลองดังที่แสดงในรูปที่ 3 ข้างต้น ซึ่งจะเห็นว่าอุปกรณ์สื่อสารไร้สายภายในเครือข่าย UPnP (1) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุม (Control Point) ซึ่งในที่นี้ต้องการจะสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในเครือข่าย UPnP (2) อีกทางด้านหนึ่ง โดยในที่นี้ อุปกรณ์เครื่องพิมพ์สมมติให้ใช้โปรโตคอล SLP ส่วนอุปกรณ์เครื่องซักผ้าใช้โปรโตคอลของเครือข่าย UPnP ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถทำได้ แต่จากผลลัพธ์ที่แสดงในรูปที่ 8 จะสังเกตเห็นว่า



รูปที่ 7 รายการบันเดิ้ลต่างๆ ที่ทำงาน ณ อุปกรณ์ควบคุม



รูปที่ 8 รายการค้นหาบริการของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

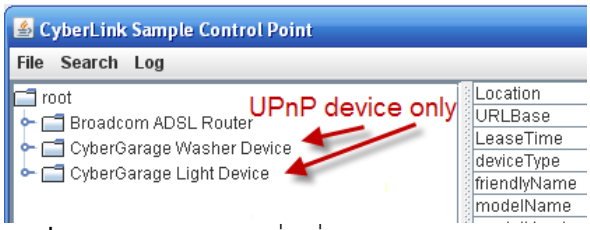


รูปที่ 9 หน้าจอแสดงผลการค้นหาบริการ

อุปกรณ์เหล่านี้สามารถจะถูกค้นพบได้ แม้ว่าจะทำงานด้วยโปรโตคอลต่างประเภทกัน หรือโปรโตคอลเดียวกันแต่อยู่ข้ามเครือข่ายกันก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากผลสำเร็จของกลไกทำงานแบบสะพานข้ามที่พัฒนาขึ้นนั่นเอง ในรูปที่ 9 แสดงให้เห็นรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล SLP ซึ่งเป็นผลจากการทำงานตามมาตรฐานบันเดิ้ลของ OSGi นั่นเอง

เพื่อแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่น และลักษณะการทำงานของกลไกสะพานข้ามดังกล่าวนั้น ในรูปที่ 10 เป็นการแสดงการปิดการทำงานของบันเดิ้ล BridgeTest ทำให้พบว่าไม่สามารถค้นพบริการของเครื่องพิมพ์ได้ (แสดงในรูปที่ 11)

รูปที่ 10 รายการบันเดิ้ลโดย Bridge ถูกปิดการทำงาน



รูปที่ 11 การค้นพบบริการที่เปลี่ยนแปลงไป

วิจารณ์และสรุปผล

ผลจากศึกษาทดลองระบบจำลองแบบข้างต้นในงานวิจัยนี้ช่วยยืนยันในเบื้องต้น ให้เห็นประโยชน์ของการนำกรอบงาน OSGi เข้ามาประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมการทำงานของซอฟต์แวร์กลไกแบบสะพานข้าม เพื่อจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลที่นำมาศึกษา ซึ่งจากคุณลักษณะของบันเดิ้ลในการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของบันเดิ้ล โดยไม่ต้องเริ่มต้นระบบใหม่นั้น คาดว่าจะเป็นพื้นฐานที่ดีให้กับงานวิจัยต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขยายให้เกิดคุณลักษณะของการทำงานร่วมระหว่างโปรโตคอลอื่นๆ ได้จากโครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์ OSGi ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

บรรณานุกรม

1. UPnP Forum, UPnP Standards, Retrieved December 15, 2009, from www.upnp.org
2. L. H. Chang, P. D. Chuang and Y. J. Chen, An Ad-Hoc VoIP System Implementation using UPnP,

Int. Computer Symposium, December 15-17, Taipei, Taiwan, 2004.

3. J. Allard, V. Chinta, S. Gundala, and G. Richard III, 2003, Jini Meets UPnP: An Architecture for Jini/UPnP Interoperability, Proc. of the 2003 Symposium on Applications and the Internet, ISBN:0-7695-1872-9, 268.

4. Simple Service Discovery Protocol (SSDP), Wikipedia, Retrieved February 28, 2009, from http://en.wikipedia.org/wiki/Simple_Service_Discovery_Protocol

5. Erik Guttman, 1999, SERVICE LOCATION PROTOCOL: Automatic Discovery of IP Network Services, IEEE Internet Computing, vol. 3, no. 4 July- August 1999, pp.71-80.

สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi แบบเบ็ดเสร็จเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอลค้นหาบริการในสิ่งแวดล้อมของเครือข่าย UPnP

An OSGi-based Integrated Architecture for Supporting Interoperability among Service Discovery Protocols in UPnP Network Environments

กิตติ เชี่ยวชาญ (KittiChiewchan)[1] และ สุนทร วิทูสุรพจน์ (Suntorn Witosurapot)[2]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

nuipsu@gmail.com, wsuntorn@coe.psu.ac.th

บทคัดย่อ

แม้ว่าปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของเครือข่ายบ้านหรือสำนักงานอัจฉริยะตามมาตรฐาน UPnP สามารถแก้ไขได้โดยใช้กลไกแบบสะพานสื่อสารเข้ามาช่วยงานที่อุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย เพื่อช่วยให้สามารถค้นหาบริการข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านทางเครือข่ายอินเตอร์เน็ตได้ อย่างไรก็ตาม การจำกัดให้กลไกประสานงานจับคู่บริการระหว่างคู่โปรโตคอลหนึ่งๆ ดังที่พบในงานวิจัยจำนวนมากนั้น ยังไม่เพียงพอต่อการรองรับกับความหลากหลายของแอพพลิเคชั่นได้ บทความนี้จึงเสนอให้จัดการต่อปัญหานี้โดยนำคุณลักษณะของสถาปัตยกรรมเชิงบริการแบบ OSGi เข้าใช้งาน เพื่อสร้างความยืดหยุ่นให้กับกลไกแบบสะพานสื่อสารในการจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลได้อย่างหลากหลาย กลไกบริการเบ็ดเสร็จแบบสะพานสื่อสารที่นำเสนอนี้จะช่วยให้ผู้พัฒนาแอพพลิเคชั่นมีความเป็นอิสระต่อการปรับเปลี่ยนเพื่อใช้งานกับโปรโตคอลต่างๆได้อย่างเป็นอิสระและยังสะดวกต่อการดำเนินการ

คำสำคัญ: โปรโตคอลค้นหาบริการ การประสานงานระหว่างกัน เครือข่าย UPnP สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi

Abstract

Although the architectural weakness of UPnP networks in smart homes or offices can be alleviated by means of bridging mechanism applying at the gateway networked device for service discovery between multiple UPnP networks across the Internet. However, merely limiting to a pair-wise bridge of certain service discovery protocols as often found in many research works are considered inadequate for supporting heterogeneous network applications. To solve this limitation, we propose a flexible OSGi-based bridging mechanism that is capable of matching available services between existing service discovery protocols. The proposed mechanism is, hence, expected to provide users with a wider selection of service discovery protocols and a more convenient way of modifications or adjustments.

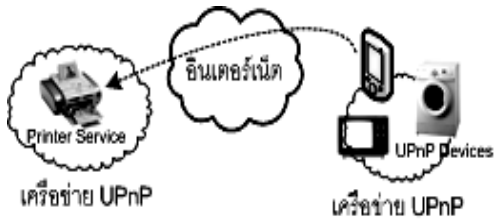
Keyword: Service Discovery Protocol, Interoperability, UPnP Network, OSGi Service-oriented Architecture

1. บทนำ

เครือข่ายตามมาตรฐาน UPnP [1] ออกแบบขึ้นเพื่อการสร้างเป็นกลุ่มเครือข่ายระหว่างคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แบบชาญฉลาด (Smart Device) ที่อยู่ในบริเวณเดียวกันโดยอัตโนมัติ แต่ด้วยข้อจำกัดของทราฟิกข้อมูลแบบมัลติคาสก์ในโปรโตคอลของ UPnP จึงออกแบบให้รองรับการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single network) เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามแก้ไขข้อจำกัดข้างต้นนี้ เช่น การออกแบบกลไกสะพานสื่อสาร (Bridging mechanism) ระหว่างคู่โปรโตคอลของเครือข่าย UPnP กับ

อินเตอร์เน็ต (ดังแสดงเป็นภาพในภาพที่ 1) แต่การจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลเหล่านี้ มักระบุอย่างชัดเจนระหว่างคู่โปรโตคอลหนึ่งๆ เท่านั้น เช่น Jini-to-UPnP [2] หรือ SIP-to-SLP [3] เป็นต้น จึงขาดคุณลักษณะที่เรียกว่า Interoperability ทำให้ไม่สามารถปรับเปลี่ยน/เพิ่มขยาย เพื่อให้รองรับการใช้งานกับโปรโตคอลตัวอื่นๆ ได้

ในบทความนี้ นำเสนอการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้กลไกซอฟต์แวร์เชิงบริการตามมาตรฐาน OSGi (Open Service Gateway initiative) ในการแก้ไขข้อจำกัดที่พบในงานวิจัยอื่นๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น โดยมุ่งให้เกิดคุณลักษณะที่ยืดหยุ่นต่อการปรับเปลี่ยนโปรโตคอล ที่จะนำมาใช้จับคู่กันภายในกลไกทำงานแบบสะพานสื่อสารได้อย่างเป็นอิสระ



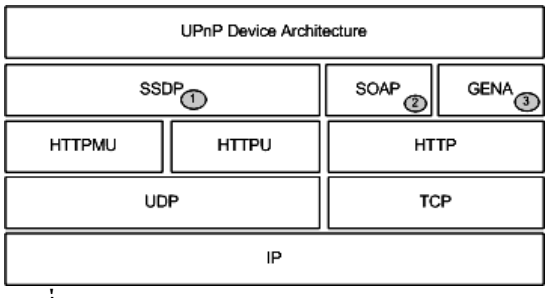
ภาพที่ 1: การสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านอินเตอร์เน็ต

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครือข่าย Universal Plug and Play (UPnP)

สถาปัตยกรรมทางเครือข่าย UPnP [1] ออกแบบให้ทำงานอยู่บนพื้นฐานของโปรโตคอลอื่นๆ ที่มีใช้แพร่หลายอยู่เดิมแล้วในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (ดูภาพที่ 2 ประกอบ) เพื่อให้ยอมรับมาตรฐานนี้ในการนำไปใช้งานได้ง่าย ตัวอย่างเช่น

1. โปรโตคอล SSDP เพื่อค้นพบบริการ (Service Discover) ใช้บริการของโปรโตคอล HTTP อีกต่อหนึ่ง ทั้งในโหมดทำงานแบบมัลติคาสต์ และยูนิคาสต์
2. โปรโตคอล SOAP เพื่อส่งข้อความชื่อและรายละเอียดของบริการ หรือข้อความที่เป็นผลลัพธ์จากบริการ ในลักษณะเหมือนกับบริการของเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส และทำงานอยู่บนโปรโตคอล HTTP เช่นกัน
3. โปรโตคอล GENA เพื่อแจ้งเตือนเหตุการณ์ หรือสถานะที่เปลี่ยนไปของอุปกรณ์นั้นๆ ผ่านโปรโตคอล HTTP เช่นเดียวกับโปรโตคอลสองตัวข้างต้น



ภาพที่ 2: แผนภาพการใช้งานโปรโตคอลของเครือข่าย UPnP

2.2 โปรโตคอลค้นหาบริการ

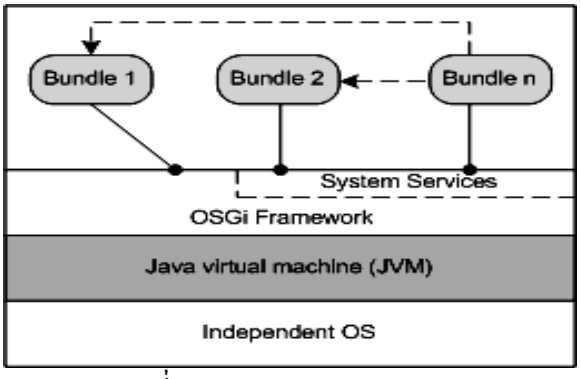
โปรโตคอลที่จัดอยู่ในกลุ่มค้นหาบริการในเครือข่าย มีอยู่ด้วยกันหลายมาตรฐาน เช่น SSDP, SLP, Jini เป็นต้น ซึ่งแต่ละตัวก็มีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม หรือความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน และจากความหลากหลายดังกล่าว จึงมีการศึกษาและจำแนกกลุ่มของโปรโตคอลตามเกณฑ์ต่างๆ เช่น ลักษณะของเครือข่าย หรือกลไกเฉพาะในการค้นหาบริการ เป็นต้น ดังที่พบได้ในงานวิจัย [3- 5] อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจเกณฑ์การแบ่งโปรโตคอลค้นหาบริการ ตามลักษณะจำกัดความของบริการ (Service Description) ซึ่งจัดอยู่ในรูปแบบของคู่ข้อมูลของ Attribute-value search ทำให้การสร้างกลไกของการจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลที่ใช้เกณฑ์ข้างต้นนี้กระทำได้สะดวกขึ้น ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเปรียบเทียบฟังก์ชั่นทำงานของบริการระหว่างโปรโตคอล SLP ของอินเตอร์เน็ตกับโปรโตคอล SSDP ของเครือข่าย UPnP

ตารางที่ 1: ฟังก์ชั่นเปรียบเทียบโปรโตคอล SSDP กับ SLP

	SLP	**SSDP**
Discovery Service	ServiceType	SSDPSearchRequest
Response Service	ServiceURL	SSDPSearchResponse
Request Description	ServiceAttribute	SSDPSearch
Reply Description	getServiceAttribute	SSDPResponse

2.3 Open Service Gateway Initiative (OSGi)

เป็นมาตรฐานสถาปัตยกรรมทำงานเชิงบริการ (Service Oriented Architecture) แบบหนึ่ง [5] ซึ่งพัฒนาจากภาษาจาวา โดยมีลักษณะเด่น ด้านการสร้างสิ่งแวดล้อมในการประมวลผล (Execution Environment) ในการทำงานร่วมกันของซอฟต์แวร์เชิงบริการที่เรียกว่า บันเดิ้ล (Bundle) อย่างเป็นอิสระ (ดังแสดงในภาพที่ 3) ทำให้สามารถเพิ่มเติม/ปรับเปลี่ยนหรือเรียกใช้บริการจากบันเดิ้ลอื่นๆ ได้โดยง่าย ซึ่งข้อดีของการพัฒนาแอพลิชั่นเชิงบริการตามมาตรฐาน OSGi มีดังต่อไปนี้



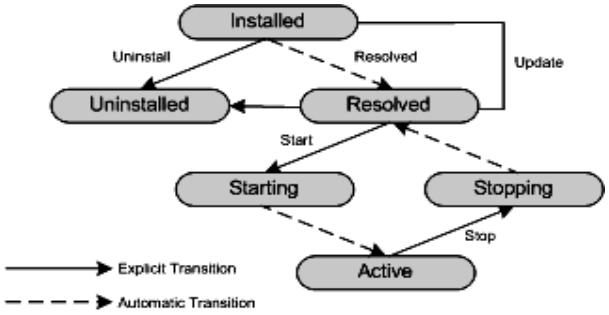
ภาพที่ 3: กรอบงานซอฟต์แวร์แบบ OSGi

ใช้แนวทางพัฒนาบันเดิ้ลในลักษณะของโมดูลทำงาน จึงสะดวกต่อการจัดการหรือบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ทำงานที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาจาวา

มีไลบรารี่บันเดิ้ลแบบโอเพ่นซอร์สของโปรโตคอลต่างๆ เป็นจำนวนมาก จึงลดภาระในการพัฒนาบันเดิ้ลขึ้นเองได้อย่างมาก อีกทั้งยังช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบโดยรวมได้อีกด้วย

ประหยัดหน่วยความจำ เนื่องจากสามารถรองรับการทำงานของบันเดิ้ลจำนวนมากได้ ผ่านทางกรอบงาน OSGi และ Java Virtual Machine เพียงหนึ่งตัวเท่านั้น นอกจากนั้น บันเดิ้ลยังไม่ใช้งาน ก็จะยังไม่ถูกโหลดมายังหน่วยความจำ หรือเมื่อสิ้นสุดการใช้งาน ก็สามารถคืนหน่วยความจำได้

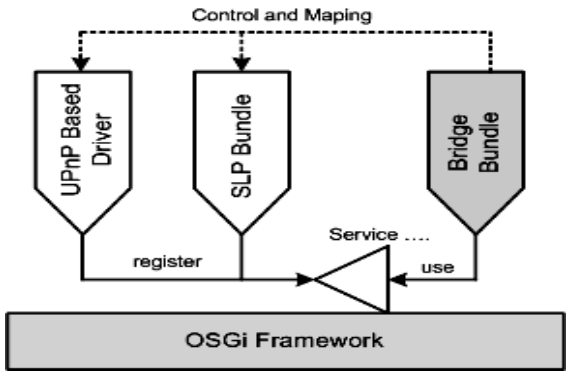
มีคุณลักษณะที่ดีในการช่วยจัดการทำงานของบันเดิ้ลต่างๆ ตามวัฏจักรของการทำงาน (ดูภาพที่ 4) เป็นอิสระต่อกัน



ภาพที่ 4: วัฏจักรการทำงานของบันเดิ้ลในกรอบงาน OSGi

3. สถาปัตยกรรมของระบบที่ออกแบบขึ้นใหม่

จากข้อดีของกรอบงาน OSGi ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมา ได้นำมาใช้กับการออกแบบกลไกแบบสะพานสื่อสาร เพื่อสร้างกลไกการจับคู่ระหว่างโปรโตคอลในกลุ่มที่ใช้การค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล Attribute-value search แต่ต่างมาตรฐานกันได้ โดยการสร้างเป็นบันเดิ้ลควบคุม (เรียกชื่อว่า Bridge Bundle) เพื่อจับคู่บริการให้กับบันเดิ้ลของโปรโตคอลอื่นๆ ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งระบบงานทั้งหมดนี้จะนำไปใช้งานยังส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย UPnP



ภาพที่ 5: แบบจำลองของกลไกจับคู่บริการที่อุปกรณ์เกตเวย์

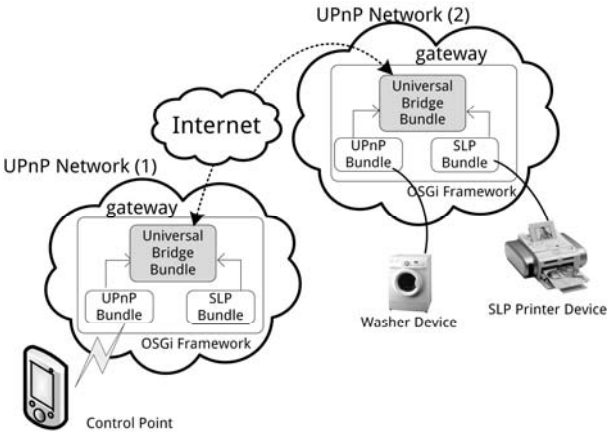
4. ระบบต้นแบบเพื่อจับคู่ระหว่าง SSDP กับ SLP

เพื่อให้เห็นถึงการนำสถาปัตยกรรมที่ออกแบบข้างต้นไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริง ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบนำร่องการจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอล SSDP ในเครือข่าย UPnP กับโปรโตคอล SLP ซึ่งมีหน้าที่เดียวกัน แต่ทำงานอยู่ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต แผนภาพของเครือข่ายที่ใช้ประโยชน์ของ

กลไกทำงานนี้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6 กล่าวคือ โปรโตคอล SLP จะช่วยโปรโตคอลค้นหาบริการ SSDP จากเครือข่าย UPnP ให้สามารถค้นหาบริการที่อยู่ในเครือข่าย UPnP อีกปลายทางได้

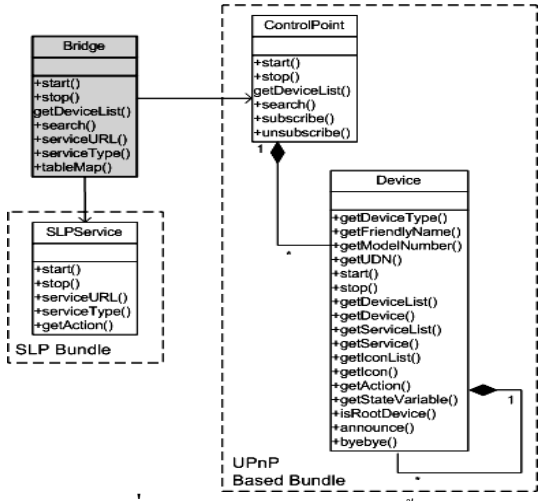
4.1 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ที่อุปกรณ์เกตเวย์

ในภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ของกลไกทำงานที่พัฒนาขึ้น โดยคลาส Bridge เป็นบันเดิ้ลทำหน้าที่จับคู่บริการของโปรโตคอล SSDP และ SLP ซึ่งเป็นคลาสทำงานภายในบันเดิ้ล UPnP Based Bundle และ SLP Bundle ตามลำดับ ดังนั้น ตามลักษณะของบันเดิ้ล OSGi คลาสทำงานทั้งหมดจึงมีเมธทอด (Method) start และ stop เพื่อให้รองรับการสั่งงานตามแนวทางของสิ่งแวดล้อมในประมวลผลแบบ OSGi ดังที่ได้อธิบายผ่านมาแล้วข้างต้น



ภาพที่ 6: แนวคิดของระบบนำร่องของกลไกสะพานสื่อสารระหว่างโปรโตคอล SSDP และ โปโตคอล SLP

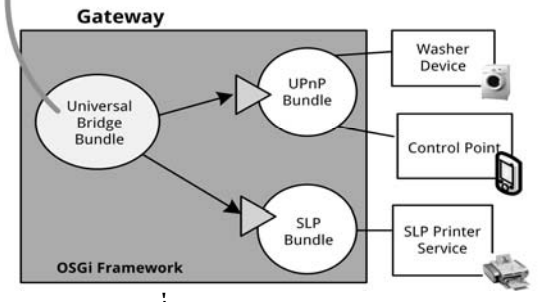
รายละเอียดภายในคลาส Bridge นั้นอ้างอิงพื้นฐานของกลไกการค้นหาบริการแบบกำหนดคุณลักษณะ (attribute-value structure) โดยนำคุณลักษณะของบริการมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้สามารถค้นหาและเรียกใช้บริการระหว่างโปรโตคอลได้ดังสามารถแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะให้เห็นได้อย่างชัดเจนในภาพที่ 8



ภาพที่ 7: Class diagram การทำงานทั้งหมด

Service Mapping Table

Device variable	Service name UPnP	Service name SLP
Air-condition	aircon	osgi:slp:aircon
Washer	washer	osgi:slp:washer
Printer	printer	osgi:slp:printer



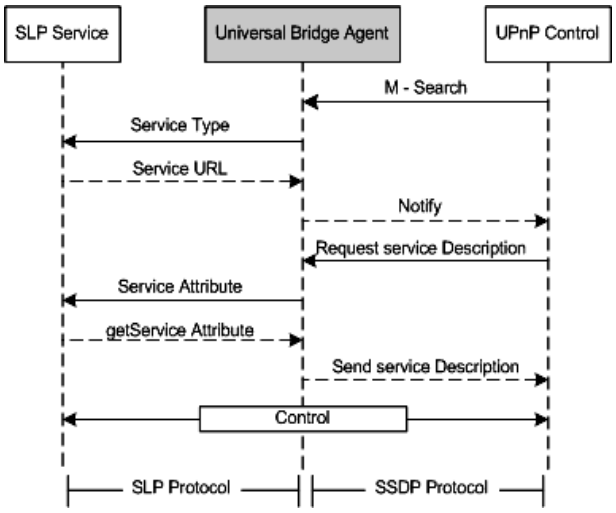
ภาพที่ 8: กลไกการทำงานของ Bridge

ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของระบบสามารถอธิบายได้ตามภาพที่ 9 ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุม (UPnP Control) ตามมาตรฐาน UPnP สามารถทำการค้นพบบริการของโปรโตคอล SLP ได้ผ่าน Universal Bridge Agent

5. ผลการทดสอบระบบต้นแบบ

ในการดำเนินงานส่วนนี้ได้ใช้เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ Eclipse Equinox เพื่อช่วยการพัฒนากรอบงานด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi โดยทำการติดตั้งบันเดิ้ลของโปรโตคอลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (UPnP Bundle, SLP Bundle) และ

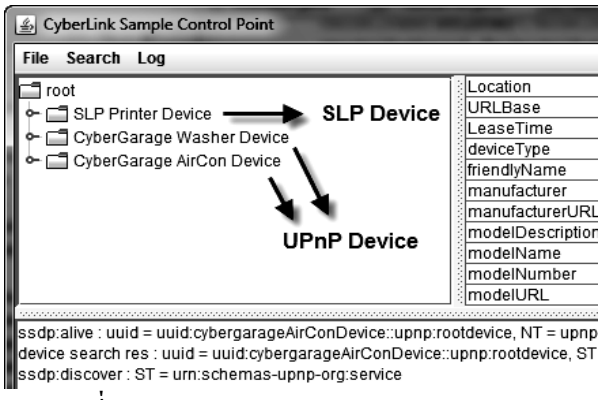
บันเดิ้ลที่พัฒนาขึ้น (BridgeTest) ลงไปบนกรอบงาน OSGi โดยในภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างรายการของบันเดิ้ลต่างๆ ที่ได้ถูกเรียกใช้เพื่อให้ทำงานที่อุปกรณ์ควบคุม ซึ่งจากสถานการณ์จำลองดังที่แสดงในภาพที่ 6 ข้างต้น ซึ่งจะเห็นว่าอุปกรณ์สื่อสารไร้สายภายในเครือข่าย UPnP (1) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุม (Control Point) ซึ่งในที่นี้ต้องการจะสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในเครือข่าย UPnP (2) อีกทางด้านหนึ่ง โดยในที่นี้ อุปกรณ์เครื่องพิมพ์สมมติให้ใช้โปรโตคอล SLP ส่วนอุปกรณ์เครื่องซักผ้าใช้โปรโตคอลของเครือข่าย UPnP ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถทำได้ แต่จากผลลัพธ์ที่แสดงในภาพที่ 11 จะพบว่าอุปกรณ์เหล่านี้สามารถจะถูกค้นพบได้ แม้ว่าจะทำงานด้วยโปรโตคอลต่างประเภทกัน หรือโปรโตคอลเดียวกันแต่อยู่ข้ามเครือข่ายกันก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากผลสำเร็จของกลไกทำงานแบบสะพานสื่อสารที่พัฒนาขึ้นนั่นเอง



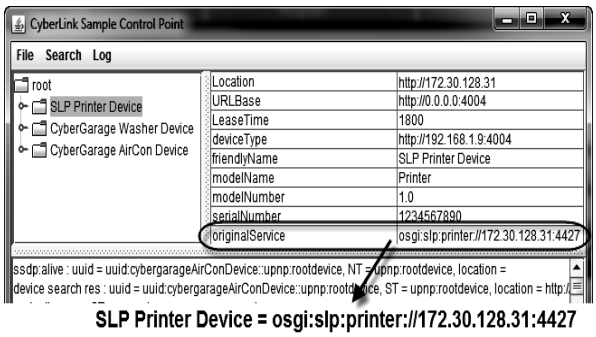
ภาพที่ 9: กลไกการปรับเปลี่ยนโปรโตคอลเพื่อค้นหาบริการ

ในภาพที่ 12 แสดงให้เห็นรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ที่ทำงานด้วยโปรโตคอล SLP โดยส่วนที่ได้ทำเครื่องหมายคือรูปแบบของบริการที่เป็นไปตามมาตรฐานโปรโตคอล SLP แบบเดิม ซึ่งรูปแบบข้อความที่ทำงานส่วนค้นหาบริการตามแสดงให้เห็นการจับคู่บริการด้วยกลไกทำงานที่ออก ดังสามารถแสดงเป็นลำดับกลไกการทำงานจริงได้ในภาพที่ 13

ภาพที่ 10: รายการบันเดิ้ลต่างๆ ที่ทำงาน ณ อุปกรณ์ควบคุม



ภาพที่ 11: รายการค้นพบบริการของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

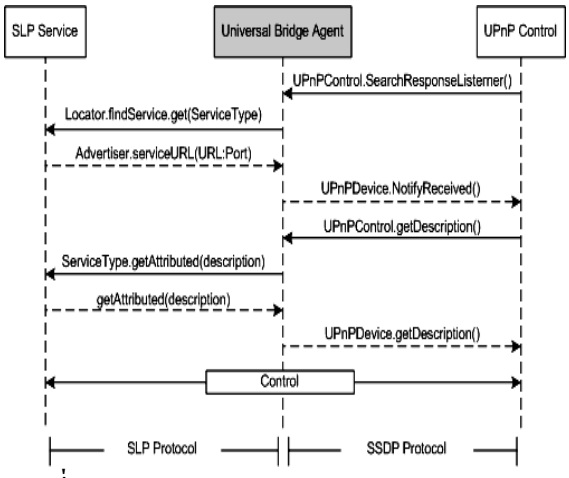


ภาพที่ 12: แสดงรายละเอียดการค้นหาบริการ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แม้ว่าจะมีการออกแบบกลไกสะพานสื่อสารเพื่อรองรับการทำงานกับโปรโตคอลต่างๆ เช่น Jini to UPnP [2], หรือ SIP กับ SLP [3] สามารถทำงานได้ แต่ไม่ได้มีการนำเสนอมุมมองเกี่ยวกับการรองรับการเพิ่มขยายการทำงานให้ครอบคลุมถึงกลุ่มโปรโตคอลกลุ่มค้นหาบริการที่มีหลากหลายมาตรฐาน ซึ่งมีความแตกต่างกับกลไกในบทความนี้ที่เสนอแนวทางเพื่อ

แก้ปัญหาข้อจำกัดดังกล่าว ให้สามารถรองรับการทำงานของโปรโตคอลที่หลากหลายมาตรฐานได้ในรูปแบบของบริการผ่านกรอบงาน OSGi โดยระบบต้นแบบที่ได้ทำการสาธิตในบทความนี้เป็นกลไกการประสานการทำงานระหว่างโปรโตคอล SLP และโปรโตคอล SSDP ผ่านกรอบงาน OSGi เพื่อแสดงผลการทดสอบแนวคิดกลไกสะพานสื่อสารที่มีคุณลักษณะรองรับการเพิ่มขยายการทำงานคู่กับโปรโตคอลอื่นอย่างอิสระโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนมาตรฐานของโปรโตคอลเดิม โดยแนวทางการเลือกโปรโตคอลอย่างเหมาะสมเพื่อนำมาประสานการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุดในส่วนการค้นหาบริการนั้น ได้เลือกคู่โปรโตคอลที่มีลักษณะกลไกค้นหาเชิงบริการแบบระบุเอกลักษณ์เหมือนกันเพื่อให้การทำงานร่วมกันเป็นไปอย่างราบรื่น และมีบันเดิ้ลมาตรฐานเพื่อใช้บนกรอบงาน OSGi ดังสามารถพบเห็นได้ในงานวิจัยอื่นอีกด้วย เช่น [8][9]



ภาพที่ 13: กลไกประสานการค้นหาระหว่างอุปกรณ์ต่างเครือข่าย

7. สรุป

ผลจากศึกษาทดลองระบบจำลองแบบข้างต้นในงานวิจัยนี้ช่วยยืนยันในเบื้องต้น ให้เห็นประโยชน์ของการนำกรอบงาน OSGi เข้ามาประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมการทำงานของซอฟต์แวร์กลไกแบบสะพานสื่อสาร เพื่อจับคู่บริการระหว่างโปรโตคอลที่นำมาศึกษา ซึ่งจากคุณลักษณะของบันเดิ้ลในการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของบันเดิ้ล โดยไม่ต้องเริ่มต้นระบบใหม่นั้น คาดว่าจะเป็นพื้นฐานที่ดีให้กับงานวิจัยต่อเนื่องเพื่อเพิ่มขยายให้เกิดคุณลักษณะของการทำงานร่วมระหว่างโปรโตคอลอื่นๆ ได้จากโครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์ OSGi ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

[1] UPnP Forum, UPnP Standards, RetrievedDecember 15, 2009, from http://www.upnp.org/

[2] J. Allard, V. Chinta and S. Gundala, and G. Richard III, Jini Meets UPnP: An Architecture for Jini/UPnP Interoperability, *Symposium on Applications and the Internet*, 268, 2002.

[3] C. Bettstetter and C. Renner, “A Comparison of Service Discovery Protocols and Implementation of The Service Location Protocol”, *EUNICE Open European Summer School*, Twente, Netherlands, 2000.

[4] R. Marin-Perianu, P. Hartel and H. Scholten, “A Classification of Service Discovery Protocols”, internal report, Dept. Electrical Eng., Mathematics, and Computer Science, Univ. of Twente, Netherlands, June 2005.

[5] C. Cho and D. Lee, "Survey of Service Discovery Architectures for Mobile Ad hoc Networks," term paper, Mobile Computing, CEN 5531, Dept. Computer and Information Science and Eng., Univ. Florida, Fall, 2005.

[6] A. N. Mian, R. Baldoni and R. Beraldi, "A Survey of Service Discovery Protocols in Multihop Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 8, no. 1, pp. 66-74, Jan.-Mar. 2009.

[7] OSGi Specification, from http://www.osgi.org

[8] C. Lee, J.Yi and W. Lee, “Bridging OSGi Islands Through SLP Protocol”, Appeared in Proceedings of the 4th International Conference on *Ubiquitous Intelligence and Computing 2007*, Hong Kong, China, July 2007.

[9] S. Chintada, Sethuramalingam P and G. Goffin, “Converged Service s for Home using a SIP/UPnP software bridge solution”, Motorola India Res. Labs, Bangalore, *Consumer Communications and Networking Conference 5th* , January 2008.

ระบบสื่อสารด้วยโปรโตคอล SIP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP
A Serverless SIP Communication System across UPnP Networks

กิตติ เชี่ยวชาญ (KittiChiewchan)[1] และ สุนทร วิทูสุรพจน์ (Suntorn Witosurapot)[2]

[1,2]ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

nuipsu@gmail.com, wsuntorn@coe.psu.ac.th

บทคัดย่อ

โปรโตคอล SIP มักใช้ในการสร้างส่วนงานเพื่อการสื่อสารเสียงพูดระหว่างคู่สื่อสารหนึ่งๆ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (VoIP) แต่เนื่องจากโปรโตคอลนี้ต้องการเครื่องแม่ข่าย SIP ในการทำงาน จึงยากที่จะนำไปใช้ในเครือข่ายแบบ Ad hoc ดังเช่นเครือข่าย UPnP ในบทความนี้จึงจะแสดงให้เห็นว่าเป้าประสงค์ที่จะให้โปรโตคอลนี้ทำงานแบบไร้เครื่องแม่ข่าย SIP ในงานประยุกต์ VoIP นั้นสามารถทำได้ ผ่านทางกลไกทำงานในการจับคู่โปรโตคอลแบบชาญฉลาด ซึ่งติดตั้งยังอุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย UPnP เท่านั้น นอกจากนี้ ยังหารือถึงแนวทางที่จะนำไปใช้กับโปรแกรม VoIP ทั่วไปโดยไม่มีการแก้ไขใดๆ อีกด้วย

คำสำคัญ: SIP VoIP เครือข่าย UPnP

Abstract

The Session Initiation Protocol (SIP) is used for setting up a session of voice communication between two parties of a VoIP call through the Internet. However, as SIP relies on centralized server, setting up a VoIP session using SIP is difficult in any Mobile Ad Hoc Networks, like UPnP. In this paper, we show how the goal of serverless SIP (for both isolated and Internet-connected UPnP networks) can be achieved by means of a smart bridging mechanism located at the UPnP gateway device. In addition, we discuss the deployment with out-of-the-box VoIP applications so that any modification is not required.

Key Words: SIP, VoIP, UPnP Networks

1. บทนำ

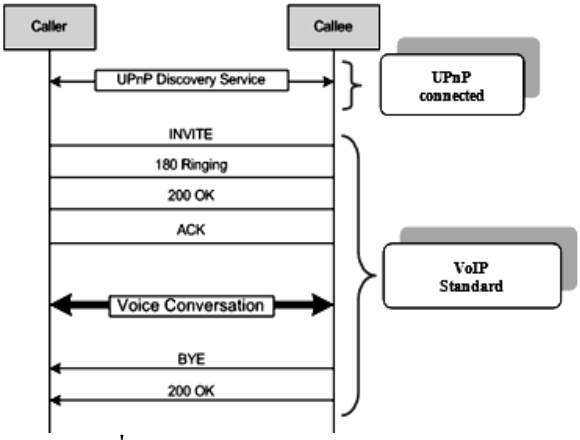
การจัดเตรียมระบบสื่อสารด้วยเสียงพูด (Voice Communication) ในเครือข่ายอินเตอร์เน็ต โดยสื่อสารแพ็กเก็ตข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลไอพี (IP Protocol) และให้สัญญาณ (Signaling) ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้โปรโตคอลให้สัญญาณ เช่น Session Initiation Protocol (SIP) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของสถาปัตยกรรมทำงานของโปรโตคอล SIP ซึ่งมีพื้นฐานเป็นแบบ Client/Server Architecture จึงยุ่งยากต่อการนำไปใช้ในเครือข่ายแบบ Mobile Ad-hoc ซึ่งทุกเครื่องทำงานในลักษณะของ Peer-to-peer จึงไม่มีเซิร์ฟเวอร์ที่ระบุอย่างชัดเจนภายในระบบ ข้อจำกัดข้างต้นนี้เกิดขึ้นในเครือข่าย Universal Plug-n-Play (UPnP) เช่นกัน

ในบทความนี้นำเสนอกลไกที่สนับสนุนการสื่อสารเสียงแบบไม่มีเครื่องแม่ข่าย โดยมุ่งเน้นให้สามารถค้นหา peer ที่อยู่ภายใน หรือภายนอกเครือข่ายได้

2. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การสื่อสารเสียงผ่านอินเตอร์เน็ต และในเครือข่าย UPnP

ลักษณะการสื่อสารเสียงผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นมีการใช้โปรโตคอล SIP ในการเริ่มต้น และสิ้นสุดการสื่อสาร สามารถทำงานได้ทั้งแบบมีเครื่องแม่ข่าย (Client-server) และการคุยกันระหว่างผู้ใช้โดยตรง (Direct call) ซึ่งสามารถกระทำได้ก็ต่อเมื่อทราบไอพีแอดเดรส (IP Address) ของผู้ใช้ปลายทางเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเป็นการสื่อสารเสียงผ่านเครือข่าย UPnP ซึ่งเป็นเครือข่ายAd-hoc ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีจุดเด่นเรื่องการค้นหา เชื่อมต่อกันเองเป็นเครือข่ายได้อย่างอัตโนมัติ ผ่านโปรโตคอลค้นหาบริการมาตรฐาน SSDP (Simple Service Discovery Protocol) ส่งผลให้สามารถรับรู้ IP ได้อย่างอัตโนมัติ และทำการเชื่อมต่อแบบ Direct call เพื่อดำเนินการสื่อสารเสียงในเครือข่ายได้ (แสดงในรูป 2)

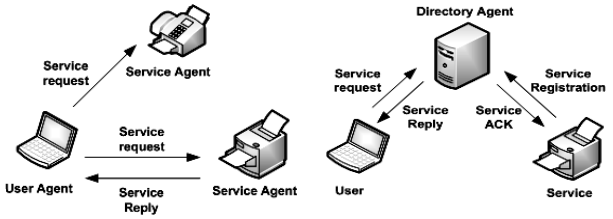


ภาพที่ 1: ขั้นตอนการสื่อสารเสียงในเครือข่าย UPnP

อย่างไรก็ตามด้วยข้อจำกัดของโปรโตคอล SSDP ที่ไม่รองรับการค้นหาบริการข้ามเครือข่าย [1] เนื่องจากใช้ทราฟิกข้อมูลแบบมัลติคาสก์ในการค้นหาบริการซึ่งถูกจำกัดการทำงานให้ทำได้เฉพาะในเครือข่ายเท่านั้น ส่งผลให้ไม่สามารถค้นหาบริการ VoIP ที่อยู่ต่างเครือข่ายกันได้

2.2 Service Location Protocol (SLP)

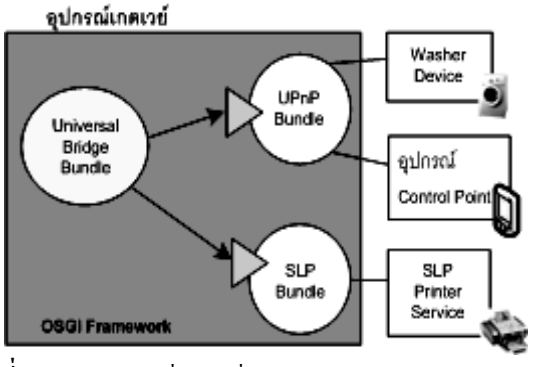
โปรโตคอล SLP [2] เป็นโปรโตคอลค้นหาบริการแบบอัตโนมัติผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตลักษณะเดียวกันกับเครือข่าย UPnP แต่มีความแตกต่างกันที่สถาปัตยกรรม การค้นหาบริการของ SLP ที่รองรับการค้นหาบริการทั้งภายในเครือข่ายท้องถิ่นลักษณะเดียวกันกับเครือข่าย UPnP (แสดงในรูป ก) และค้นหาบริการข้ามเครือข่ายโดยอาศัยศูนย์กลาง (แสดงในรูป ข) ทำให้รองรับการค้นหาบริการที่ต่างเครือข่ายออกในอินเทอร์เน็ตได้ อย่างไรก็ตามการนำโปรโตคอลค้นหาบริการที่มีอยู่หลากหลายมาตรฐาน [8-10] มาทำงานร่วมกันนั้น ไม่สามารถทำได้โดยตรง จำเป็นจะต้องมีกลไกสะพานสื่อสาร เพื่อประสานการทำงานระหว่างโปรโตคอล โดยในงานวิจัยนี้เป็นการนำโปรโตคอล SSDP มาทำงานร่วมกับโปรโตคอล SLP ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีลักษณะค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล (Attributed value search) เหมือนกัน ส่งผลให้การประสานการทำงานสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น



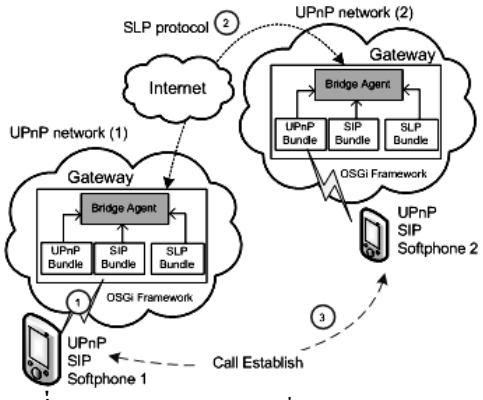
ภาพที่ 2: แสดงรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกันของ SLP

2.3 กลไกสะพานสื่อสารเพื่อข้ามเครือข่าย

กลไกสะพานสื่อสารเป็นรูปแบบของการปรับเปลี่ยนบริการระหว่างโปรโตคอลหนึ่ง ไปเป็นอีกโปรโตคอลหนึ่งเพื่อแก้ปัญหาการทำงานร่วมกันระหว่างมาตรฐานโปรโตคอลที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ การทำงานระหว่างมาตรฐานโปรโตคอลยังสามารถสืบทอดข้อดีของอีกโปรโตคอลหนึ่ง เช่น การทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอลค้นหาบริการใน UPnP กับโปรโตคอล SLP ที่ทำให้ UPnP สามารถค้นหาบริการข้ามเครือข่ายได้ ดังปรากฏในบทความที่ได้เผยแพร่ไปก่อนหน้านี้ [3] โดยกลไกสะพานสื่อสารถูกสร้างขึ้น เรียกว่า Universal Bridge Agent (UBA) ที่คอยประสานการทำงานระหว่างโปรโตคอลทั้งสอง เพื่อให้อุปกรณ์ควบคุม (Control Point) สามารถค้นหา และสั่งการทำงานอุปกรณ์ที่รองรับโปรโตคอลมาตรฐานแตกต่างกันได้ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3: กลไกสะพานสื่อสารเพื่อการทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอล



ภาพที่ 4: แนวคิดระบบสาธิตการสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำกลไกสะพานสื่อสารมาปรับใช้กับงานนี้ในส่วนของการค้นหาผู้ใช้ หรือคู่สายที่อยู่ในเครือข่าย UPnP อื่นและทำการเพิ่มเติมบันเดิ้ลที่รองรับการทำงานมาตรฐานโปรโตคอล SIP (SIP Bundle) เพื่อให้สามารถสื่อสาร VoIP แบบเชื่อมต่อโดยตรง (Direct call) ได้

3. สถาปัตยกรรมระบบที่ออกแบบขึ้นใหม่

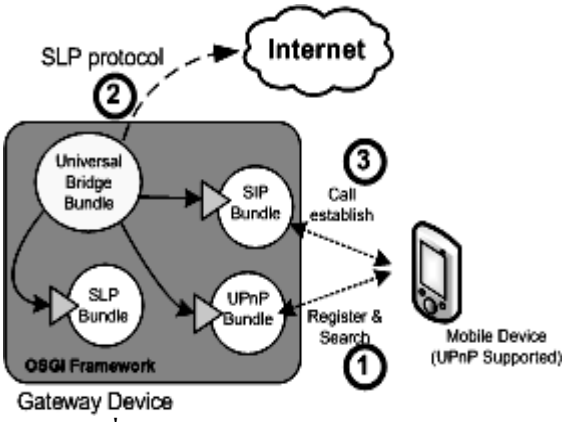
ในภาพที่ 4 แสดงแผนภาพอย่างง่ายของกลไกการทำงานในการค้นหา และสื่อสารข้ามเครือข่าย โดยเป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างเครือข่าย UPnP 2 เครือข่ายด้วยอุปกรณ์เกตเวย์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และภายในแต่ละเครือข่าย UPnP นั้น อุปกรณ์ UPnP SIP Softphone จะสื่อสารกันข้ามเครือข่ายได้ผ่าน UBA ที่อุปกรณ์เกตเวย์ ซึ่งมีการทำงานหลักอยู่ 3 ส่วน คือ การค้นหาบริการ (แสดงในวงกลมหมายเลข 1) ที่มีกลไกการเชื่อมต่อ และลงทะเบียนปกติตามมาตรฐาน UPnP และเมื่อต้องการค้นหาผู้ใช้ที่อยู่ต่างเครือข่ายก็สามารถทำได้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอล SLP (แสดงในวงกลมหมายเลข 2) และเมื่อสามารถค้นพบบริการแล้ว จะเป็นการทำงานส่วนของการเริ่มต้นการสื่อสารเสียง (Call establish) (แสดงในวงกลมหมายเลข 3) โดยการส่งแบบ Direct call ที่เป็นกระบวนการตามมาตรฐานของโปรโตคอล SIP

4. การพัฒนาระบบต้นแบบ

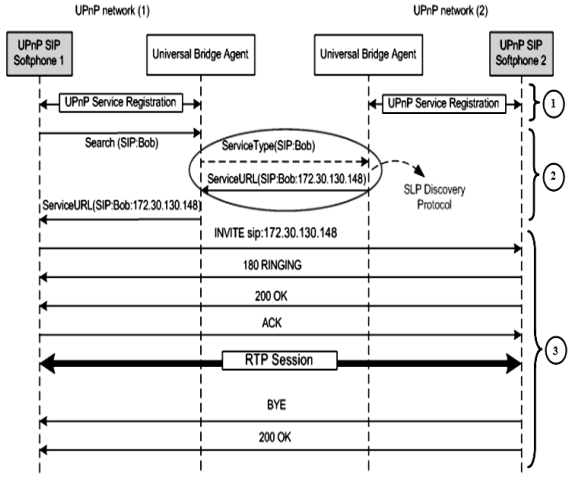
จากแนวคิดระบบในภาพที่ 4 สามารถแสดงกลไกทำงานภายในเกตเวย์ได้ในภาพที่ 5 ซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง UBA กับบันเดิ้ลอื่นที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน โดยที่ UBA ทำหน้าที่ในการควบคุมกลไกทั้งหมด ผ่านการเรียกใช้บริการที่หลากหลายในบันเดิ้ลที่ติดต่อกันผ่านกรอบงานมาตรฐาน (UPnP Bundle, SLP Bundle, SIP Bundle) โดยแบ่งการทำงานเป็น 3 ส่วนเพื่อเรียกใช้บริการแตกต่างกัน คือ ส่วนการค้นหา และลงทะเบียนกับอุปกรณ์เกตเวย์ (Register and Search) ทำงานผ่านบริการ UPnP Bundle (แสดงในวงกลมหมายเลข 1) และส่วนการค้นหาบริการข้ามเครือข่ายนั้น จะใช้โปรโตคอลมาตรฐาน SLP ไปยังอินเทอร์เน็ตผ่านบริการของ SLP Bundle และการเริ่มต้นการสื่อสารเสียงตามมาตรฐานโปรโตคอล SIP ตามลำดับ (แสดงในวงกลมหมายเลข 2 และ3)

ดังนั้นลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการสื่อสารเสียงระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ต่างเครือข่ายกันทั้งหมดสามารถแสดงรายละเอียดกระบวนการทำงานทั้งหมดได้ในภาพที่ 6

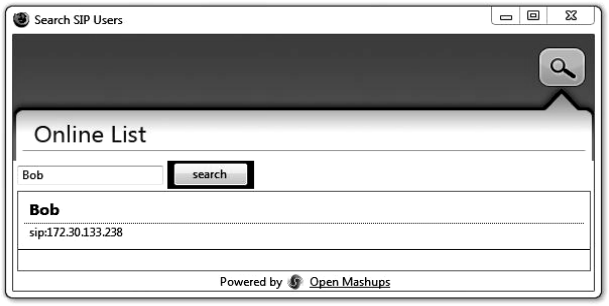
จากกลไกการทำงานดังกล่าวไปแล้วในข้างต้น ส่วนของระบบต้นแบบที่สร้างขึ้นเพื่อทดสอบแนวคิดประกอบไปด้วยไลบรารี่ CyberLink for java [4] สำหรับพัฒนา อุปกรณ์ตามมาตรฐาน UPnP มาประกอบกับไลบรารี่ของโปรโตคอล SIP เพื่อนำไปใช้ทดสอบการสร้างการสื่อสารขั้นต้น และแอพลิเคชั่นที่พัฒนาเป็นโปรแกรมค้นหาบริการนั้นถูกพัฒนาด้วย Open Mashups Studio [5] ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 5: ขั้นตอนการทำงานเพื่อสื่อสารระหว่างผู้ใช้



ภาพที่ 6: ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ต่างเครือข่าย



ภาพที่ 7: หน้าจอแสดงผลโปรแกรมค้นหา SIP Users

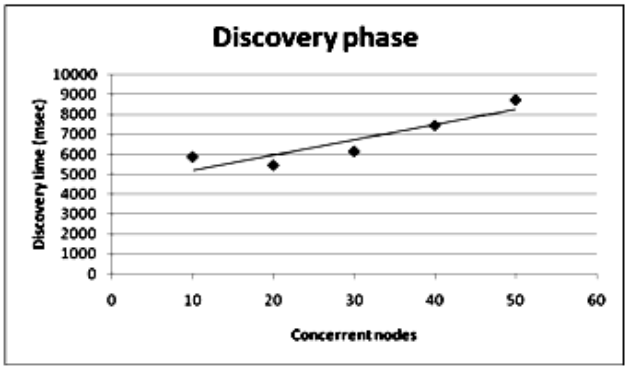
ส่วน UBA พัฒนาขึ้นโดยใช้เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ Eclipse Equinox เพื่อช่วยการพัฒนากรอบงานด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi (Open Service Gateway initiative) โดยโดยทำการติดตั้งบันเดิ้ลของโปรโตคอลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (UPnP Bundle, SLP Bundle, SIP Bundle) เพื่อเรียกใช้บริการต่างๆ ตามที่ต้องการได้

5. การทดสอบประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบส่วนนี้จะมุ่งเน้นไปที่ประสิทธิภาพของการค้นหาบริการโดยมีปัจจัยที่เพิ่มเติมขึ้น คือ ปริมาณผู้ใช้ที่ทำการค้นหาบริการพร้อมกันในเครือข่าย และเวลาที่ใช้การส่วนค้นหาบริการเพื่อทำการสื่อสารเสียงพร้อมกับการเริ่มต้นการสื่อสาร โดยส่วนทดสอบประสิทธิภาพการทำงานสำหรับการค้นหาบริการของกลไกสะพานสื่อสารนี้สามารถแบ่งการทดสอบออกได้เป็น 3 ส่วนอันประกอบด้วย กาทดสอบเวลาของการค้นหาบริการผู้ใช้ ทดสอบการเริ่มต้นการสื่อสาร และการทดสอบเวลาสื่อสารรวม โดยกลไกทำงานทั้งหมดส่วนนี้ดำเนินการผ่านระบบต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิด และจำลองการทำงานของระบบเพื่อหาค่าเวลาเพื่อวิเคราะห์เป็นผลการทดลอง ดังนี้

5.1 การค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้ (Discovery service)

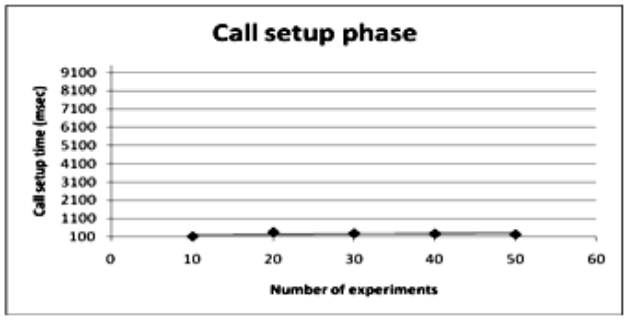
การค้นหาบริการระหว่างผู้ใช้ในส่วนงานนี้ ได้ดำเนินการทดสอบเพื่อค้นหาเวลาทำงานเพื่อค้นหาบริการทั้งหมด ซึ่งจากการเพิ่มจำนวนผู้ใช้เข้าไปในระบบ ซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 50 คน ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบสามารถแสดงได้ในภาพที่ 8 โดยผลการทดสอบพบว่าการค้นหาบริการที่เพิ่มขึ้นในระบบ ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการค้นหาบริการเพิ่มขึ้น ซึ่งที่จำนวนผู้ใช้ไม่เกิน 50 คน จะสามารถรองรับการค้นหาบริการได้ตามมาตรฐานของโปรโตคอลค้นหาบริการ SLP (ไม่เกิน 15000 มิลลิวินาที)



ภาพที่ 8: เวลาในการค้นหาบริการ

5.2 กระบวนการเริ่มต้นการสื่อสาร (Call setup)

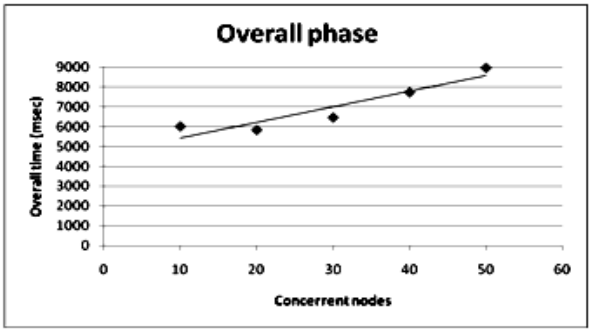
เป็นการทดสอบการทำงานของการดำเนินการด้วยโปรโตคอลให้สัญญาณ SIP ที่ดำเนินการสื่อสารหลังจากค้นหาหมายเลขไอพีสำเร็จโดย ผลการทดสอบการทำงานของระบบจำลองด้วยการทำงานซ้ำ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการทำงานในการสื่อสารเสียงโดยทำการทดสอบ 50 ครั้ง ซึ่งสามารถแสดงผลการทดสอบได้ในภาพที่ 9 พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานนั้นมีค่าเฉลี่ยในการทำงานที่ 100 มิลลิวินาที ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดลองพบว่าเนื่องจาก การสื่อสารเป็นลักษณะสื่อสารโดยตรงระหว่างผู้ใช้ ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องกับกลไกการค้นหาบริการ ดังนั้นค่าเฉลี่ยของการสื่อสารจะคงที่



ภาพที่ 9: แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ

5.3 กระบวนการสื่อสารโดยรวม (Overall Time)

การทดสอบส่วนสุดท้ายเป็นผลรวมการทำงานระหว่างการค้นหาบริการและการเริ่มสื่อสารเสียงด้วยโปรโตคอลให้สัญญาณ SIPผลลัพธ์ที่ได้มารวมกันทำให้ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 10 ที่สามารถสรุปผลการทำงานว่าการเวลารวมสำหรับการค้นหาหมายเลขไอพีผ่านกลไกสะพานสื่อสาร และดำเนินการสื่อสารเสียงโดยตรงสำหรับการสื่อสารเสียงพบว่าการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในกลไกทำงานทั้งหมดยังอยู่ในช่วงทำงานที่เหมาะสมที่จะดำเนินการค้นหาบริการ ซึ่งมีมาตรฐานการทำงานที่ไม่เกิน 15000 มิลลิวินาที



ภาพที่ 10: แสดงเวลาที่ใช้อย่างสุ่มกับการค้นหาบริการ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขยายบริการสื่อสารเสียงของเครือข่ายแบบ Ad-hoc นั้นสามารถพบเห็นได้ทั่วไป ทว่ารองรับการทำงานในเครือข่ายเดียวเท่านั้น เช่น งานวิจัยของ L. H. Chang และคณะ [6] ได้เสนอกลไกใหม่ (เพิ่ม SIP UA ไปที่อุปกรณ์ในเครือข่าย UPnP) ทำให้สามารถใช้คุณสมบัติการค้นหาบริการในเครือข่าย และสื่อสารเสียงระหว่างกันได้ตามมาตรฐานในเครือข่าย UPnP หรือในงานวิจัยของ L. H. Chang และคณะ [7] ที่มีการเพิ่ม Pseudo SIP Server เข้ามาทำงานที่อุปกรณ์แต่ละชิ้น โดยประยุกต์ให้โปรโตคอล SIP สามารถเชื่อมต่อ และค้นหาบริการให้กับแอพลิเคชั่นที่ใช้สื่อสารเสียงได้ อย่างไรก็ตามกลไกทำงานที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถแก้ปัญหาข้างต้นได้ เนื่องจากมีการนำกลไกสะพานสื่อสารมาใช้เพื่อค้นหาบริการสื่อสารเสียงข้ามเครือข่ายผ่านโปรโตคอล SLP ซึ่ง กิตติ และคณะ [3] ได้แสดงให้เห็นว่ากลไกดังกล่าวสามารถทำการค้นหาบริการไปยังเครือข่าย UPnP ที่อยู่ภายนอกผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ เป็นต้น

7. สรุป

จากผลการศึกษาทดลองระบบจำลองข้างต้นในงานวิจัยนี้ได้ช่วยยืนยันผลลัพธ์ของแนวคิดว่า การสื่อสารเสียงข้ามเครือข่าย UPnP แบบไม่ต้องมีเครื่องแม่ข่ายนั้นสามารถกระทำได้ โดยอาศัยกลไกสะพานสื่อสารในการค้นหาที่อยู่ของบริการที่ทำงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโปรโตคอล SLP โดยผลทดสอบ

การทำงาน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการค้นหาบริการด้วยโปรโตคอล SLP (ไม่เกิน 15 วินาที) โดยจำลองระบบการทำงานร่วมกับจำนวนผู้ใช้ 50 คน ซึ่งสามารถทำงานได้โดยไม่เกินมาตรฐาน และเมื่อนำไปทำงานร่วมกับการสื่อสารเสียงหรือการทำงานของโปรโตคอล SIP ส่วนของการเริ่มต้นการสื่อสารก็สามารถดำเนินการได้ ซึ่งระบบต้นแบบนี้คาดว่าจะเป็นพื้นฐานที่ดีให้กับงานวิจัยต่อเนื่องเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานร่วมกับโปรแกรม VoIP ทั่วไปอีกด้วย

8. เอกสารอ้างอิง

[1] UPnP Forum, UPnP Standards, Retrieved December 15, 2009, from www.upnp.org

[2] Service Location Protocol (SLP), Livetribe systems management, Retrieved February 28, 2009, from http://www.livetribe.org/LiveTribe-SLP

[3] กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทรวิทูสุรพจน์, “การประยุกต์กลไกเชิงบริการ OSGi เพื่อประสานงานระหว่างเครือข่าย UPnP ด้วยโปรโตคอล SLP”, *Science and Technology for Community Development 2010 (STCD 2010)*, Tammasat University, 2010

[4] S. Konno, “CyberLink for Java Development Package ForUPnPDevices Retrieved December 15 ,2009, from http://cgupnpjava.sourceforge.net/.

[5] O. Lab, “Open Mashups Studio,” from http://www.open-mashups.org, 2010.

[6] L. H. Chang, P. D. Chuang and Y. J. Chen, An Ad-Hoc VoIP System Implementation using UPnP, Int. Computer Symposium, December 15-17, Taipei, Taiwan, 2004.

[7] L. H. Chang, P. D. Chuang and Y. J. Chen,” Intelligent VoIP System in Ad-Hoc Network with Embedded Pseudo SIP Server,” Lecture Notes in Computer Science, Volume 5050/2010, pp. 641-654, 2008

[8] C. Bettstetter and C. Renner, “A Comparison of Service Discovery Protocols and Implementation of The Service Location Protocol”, EUNICE Open European Summer School, Twente, Netherlands, 2000.

[9] R. Marin-Perianu, P. Hartel and H. Scholten, “A Classification of Service Discovery Protocols”, internal report, Dept. Electrical Eng., Mathematics, and Computer Science, Univ. of Twente, Netherlands, June 2005.

[10] C. Cho and D. Lee, "Survey of Service Discovery Architectures for Mobile Ad hoc Networks," term paper, Mobile Computing, CEN 5531, Dept. Computer and Information Science and Eng., Univ. Florida, Fall, 2005

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายกิตติ เชี่ยวชาญ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4910120112

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (สถิติ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2548

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์	บัณฑิตวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียม	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ทุนผู้ช่วยสอน	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

1. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์,“การประยุกต์กลไกเชิงบริการ OSGi เพื่อประสานงานระหว่างเครือข่าย UPnP ด้วยโปรโตคอล SLP,” *ในการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 (STCD 2010)*, ปทุมธานี, ประเทศไทย, 19 มีนาคม, 2553
2. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์, “สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi แบบเบ็ดเสร็จเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโปรโตคอลค้นหาบริการในสิ่งแวดล้อมของเครือข่าย UPnP,” *ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06)*, กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน, 2553
3. กิตติ เชี่ยวชาญ และสุนทร วิทูรสุรพจน์, “ระบบสื่อสารด้วยโปรโตคอล SIP แบบไร้เครื่องแม่ข่ายข้ามเครือข่าย UPnP,” *ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 (NCCIT’ 06)*, กรุงเทพ, ประเทศไทย, 3-5 มิถุนายน, 2553