สถาปัตยกรรมเชิงบริการ OSGi แบบเบ็ดเสร็จ เพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกันระหว่างโพรโทคอลค้นหาบริการ ในสิ่งแวดล้อมของเครือข่าย UPnP

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

กิตติ เชี่ยวชาญ* และ สุนทร วิทูสุรพจน์*

บทคัดย่อ

แม้ว่าปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของเครือข่ายบ้านหรือสำนักงานอัจฉริยะตามมาตรฐาน UPnP สามารถแก้ไขได้โดยใช้กลไกแบบสะพานสื่อสารเข้ามาช่วยงานที่อุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย เพื่อช่วยให้สามารถค้นหาบริการข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ อย่างไรก็ตาม การจำกัดให้กลไกประสานงานจับคู่บริการระหว่างคู่โพรโทคอลหนึ่งๆ ดังที่พบในงานวิจัยจำนวนมากนั้น ยังไม่เพียงพอต่อการรองรับกับความหลากหลายของแอพพลิเคชันได้ บทความนี้จึงเสนอให้จัดการต่อปัญหานี้โดยนำคุณลักษณะของสถาปัตยกรรมเชิงบริการแบบ OSGi เข้าใช้งาน เพื่อสร้างความยืดหยุ่นให้กับกลไกแบบสะพานสื่อสารในการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอลได้อย่างหลากหลาย กลไกบริการเบ็ดเสร็จแบบสะพานสื่อสารที่นำเสนอนี้จะช่วยให้ผู้พัฒนาแอพพลิเคชัน มีความเป็นอิสระต่อการปรับเปลี่ยนเพื่อใช้งานกับโพรโทคอลต่างๆ ได้อย่างเป็นอิสระและยังสะดวกต่อการดำเนินการ

คำสำคัญ: โพรโทคอลค้นหาบริการ การประสานงานระหว่างกัน เครือข่าย UPnP สถาปัยตกรรมเชิงบริการOSGi

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

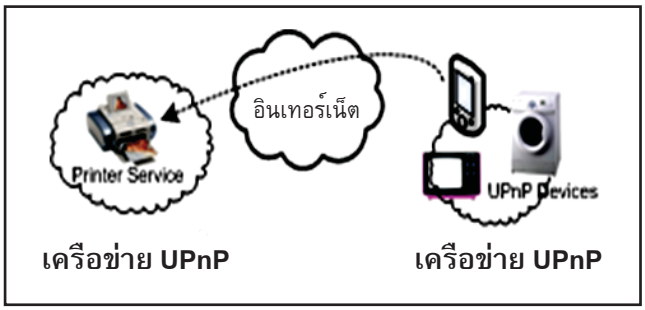
1. บทนำ

เครือข่ายตามมาตรฐาน UPnP [1] ออกแบบขึ้นเพื่อการ

* *คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*

สร้างเป็นกลุ่มเครือข่ายระหว่างคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์แบบชาญฉลาด (Smart Device) ที่อยู่ในบริเวณเดียวกันโดยอัตโนมัติ แต่ด้วยข้อจำกัดของทราฟิกข้อมูลแบบมัลติคาสก์ในโพรโทคอลของ UPnP จึงออกแบบให้รองรับการสื่อสารภายในเครือข่ายเดียว (Single network) เป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะได้มีงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามแก้ไขข้อจำกัดข้างต้นนี้ เช่น การออกแบบกลไกสะพานสื่อสาร (Bridging mechanism) ระหว่างคู่โพรโทคอลของเครือข่าย UPnP กับอินเทอร์เน็ต ดังแสดงในภาพที่ 1 แต่การจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอลเหล่านี้ มักระบุอย่างชัดเจนระหว่างคู่โพรโทคอลหนึ่งๆ เท่านั้น เช่น Jini-to-UPnP [2] หรือ SIP-to-SLP [3] เป็นต้น จึงขาดคุณลักษณะที่เรียกว่า Interoperability ทำให้ไม่สามารถปรับเปลี่ยน/เพิ่มขยายเพื่อให้รองรับการใช้งานกับโพรโทคอลตัวอื่นๆ ได้

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



ภาพที่ 1 *การสื่อสารข้ามเครือข่าย UPnP ผ่านอินเทอร์เน็ต*

2. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

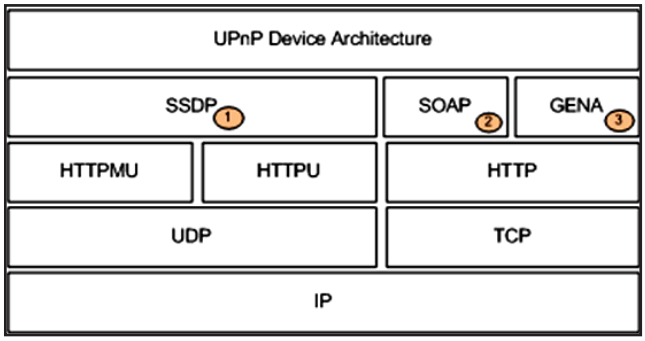
2.1 เครือข่าย Universal Plug and Play (UPnP)

สถาปัตยกรรมทางเครือข่าย UPnP [1] ออกแบบให้ทำงานอยู่บนพื้นฐานของโพรโทคอลอื่นๆ ที่มีใช้แพร่หลายอยู่เดิมแล้วในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ดังแสดงในภาพที่ 2 เพื่อให้ยอมรับมาตรฐานนี้ในการนำไปใช้งานได้ง่าย ตัวอย่างเช่น

1) โพรโทคอล SSDP เพื่อค้นพบบริการ (Service Discover) ใช้บริการของโพรโทคอล HTTP อีกต่อหนึ่ง ทั้งในโหมดทำงานแบบมัลติคาสต์ และยูนิคาสต์

2) โพรโทคอล SOAP เพื่อส่งข้อความชื่อและรายละเอียดของบริการ หรือข้อความที่เป็นผลลัพธ์จากบริการ ในลักษณะเหมือนกับบริการของเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิส และทำงานอยู่บนโพรโทคอล HTTP เช่นกัน

3) โพรโทคอล GENA เพื่อแจ้งเตือนเหตุการณ์ หรือสถานะที่เปลี่ยนไปของอุปกรณ์นั้นๆ ผ่านโพรโทคอล HTTP เช่นเดียวกับโพรโทคอลสองตัวข้างต้น



ภาพที่ 2 *แผนภาพการใช้งานโพรโทคอลของเครือข่าย UPnP*

2.2 โพรโทคอลค้นหาบริการ

โพรโทคอลที่จัดอยู่ในกลุ่มค้นหาบริการในเครือข่ายมีอยู่ด้วยกันหลายมาตรฐาน เช่น SSDP, SLP, Jini เป็นต้น ซึ่งแต่ละตัวก็มีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรม หรือความเหมาะสมในการใช้งานที่แตกต่างกัน และจากความหลากหลายดังกล่าวจึงมีการศึกษาและจำแนกกลุ่มของโพรโทคอลตามเกณฑ์ต่างๆ เช่น ลักษณะของเครือข่าย หรือกลไกเฉพาะในการค้นหาบริการ เป็นต้น ดังที่พบได้ในงานวิจัย [3- 5] อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้ให้ความสนใจเกณฑ์การแบ่งโพรโทคอลค้นหาบริการ ตามลักษณะจำกัดความของบริการ (Service Description) ซึ่งจัดอยู่ในรูปแบบของคู่ข้อมูลของ Attribute-value search ทำให้การสร้างกลไกของการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอลที่ใช้เกณฑ์ข้างต้นนี้กระทำได้สะดวกขึ้น ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งเปรียบเทียบฟังก์ชันทำงาน

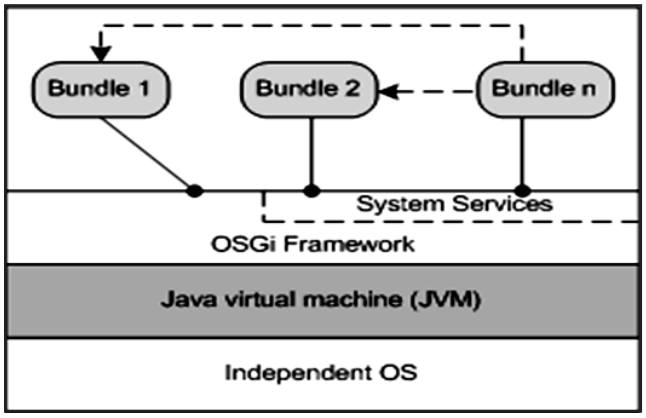
ตารางที่ 1 *ฟังก์ชันเปรียบเทียบโพรโทคอล SSDP กับ SLP*

	SLP	**SSDP**
Discovery Service	ServiceType	SSDP SearchRequest
Response Service	ServiceURL	SSDP SearchResponse
Request Description	ServiceAttribute	SSDP Search
Reply Description	getServiceAttribute	SSDP Response

ของบริการระหว่างโพรโทคอล SLP ของอินเทอร์เน็ตกับโพรโทคอล SSDP ของเครือข่าย UPnP

2.3 Open Service Gateway Initiative (OSGi)

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



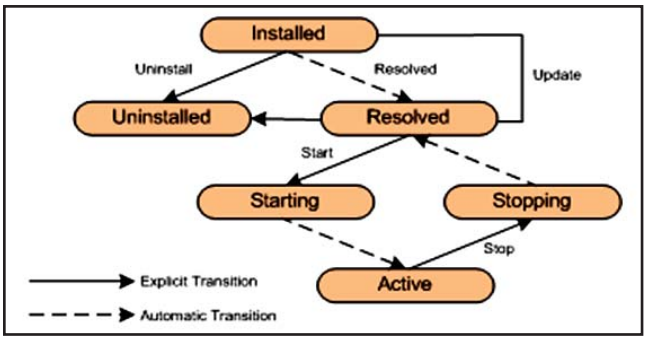
ภาพที่ 3 *กรอบงานซอฟต์แวร์แบบ OSGi*

ใช้แนวทางพัฒนาบันเดิ้ลในลักษณะของโมดูลทำงานจึงสะดวกต่อการจัดการหรือบำรุงรักษาซอฟต์แวร์ทำงานที่พัฒนาขึ้นด้วยภาษาจาวา

มีไลบรารี่บันเดิ้ลแบบโอเพ่นซอร์สของโพรโทคอลต่างๆ เป็นจำนวนมาก จึงลดภาระในการพัฒนาบันเดิ้ลขึ้นเองได้อย่างมาก อีกทั้งยังช่วยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับระบบโดยรวมได้อีกด้วย

ประหยัดหน่วยความจำ เนื่องจากสามารถรองรับการทำงานของบันเดิ้ลจำนวนมากได้ผ่านทางกรอบงาน OSGi และ Java Virtual Machine เพียงหนึ่งตัวเท่านั้น นอกจากนั้นบันเดิ้ลยังไม่ใช้งาน ก็จะยังไม่ถูกโหลดมายังหน่วยความจำ หรือเมื่อสิ้นสุดการใช้งาน ก็สามารถคืนหน่วยความจำได้

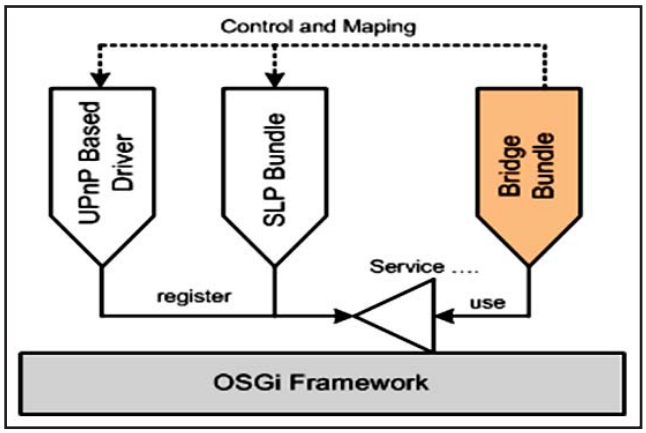
มีคุณลักษณะที่ดีในการช่วยจัดการทำงานของบันเดิ้ลต่างๆ ตามวัฏจักรของการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 4 เป็นอิสระต่อกัน



ภาพที่ 4 *วัฏจักรการทำงานของบันเดิ้ลในกรอบงาน OSGi*

3. สถาปัตยกรรมของระบบที่ออกแบบขึ้นใหม่

จากข้อดีของกรอบงาน OSGi ดังที่กล่าวในหัวข้อที่ผ่านมาได้นำมาใช้กับการออกแบบกลไกแบบสะพานสื่อสารเพื่อสร้างกลไกการจับคู่ระหว่างโพรโทคอลในกลุ่มที่ใช้การค้นหาบริการแบบคู่ข้อมูล Attribute-value search แต่ต่างมาตรฐานกันได้โดยการสร้างเป็นบันเดิ้ลควบคุม (เรียกชื่อว่า Bridge Bundle) เพื่อจับคู่บริการให้กับบันเดิ้ลของโพรโทคอลอื่นๆ ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งระบบงานทั้งหมดนี้จะนำไปใช้งานยังส่วนของอุปกรณ์เกตเวย์ของเครือข่าย UPnP

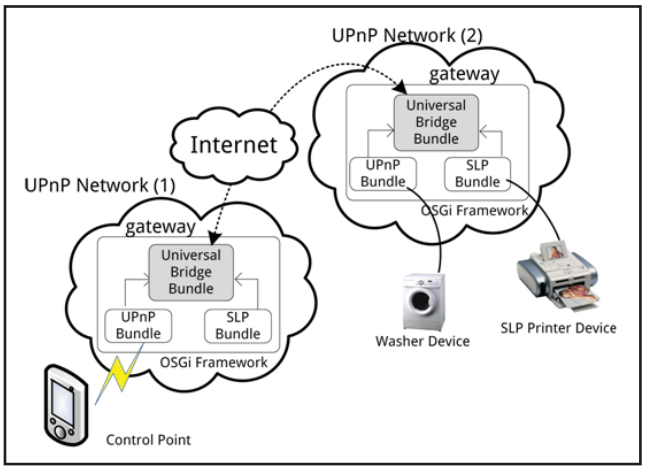


ภาพที่ 5 *แบบจำลองของกลไกจับคู่บริการที่อุปกรณ์เกตเวย์*

4. ระบบต้นแบบเพื่อจับคู่ระหว่าง SSDP กับ SLP

เพื่อให้เห็นถึงการนำสถาปัตยกรรมที่ออกแบบข้างต้นไปใช้งานในสิ่งแวดล้อมที่เป็นจริง ในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบนำร่องการจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอล SSDP ในเครือข่าย UPnP กับโพรโทคอล SLP ซึ่งมีหน้าที่เดียวกันแต่ทำงานอยู่ในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แผนภาพของเครือข่ายที่ใช้ประโยชน์ของกลไกทำงานนี้สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6

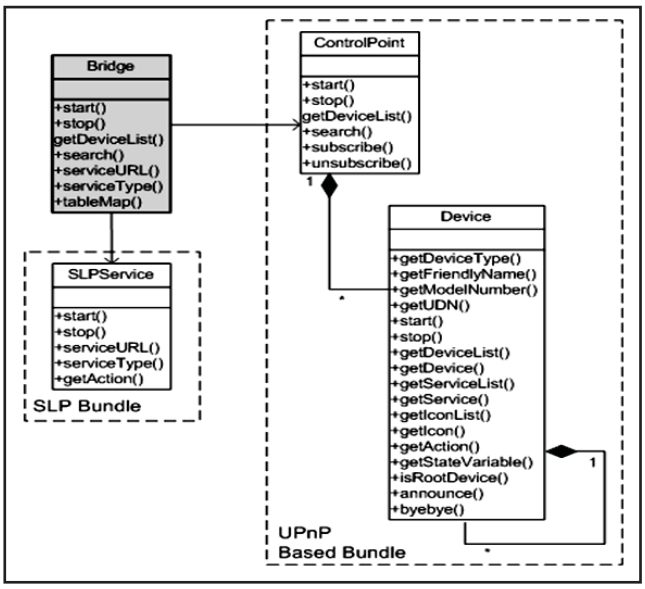
กล่าวคือ โพรโทคอล SLP จะช่วยโพรโทคอลค้นหาบริการ SSDP จากเครือข่าย UPnP ให้สามารถค้นหาบริการที่อยู่ในเครือข่าย UPnP อีกปลายทางได้



ภาพที่ 6 *แนวคิดของระบบนำร่องของกลไกสะพานสื่อสารระหว่างโพรโทคอล SSDP และ โพรโทคอล SLP*

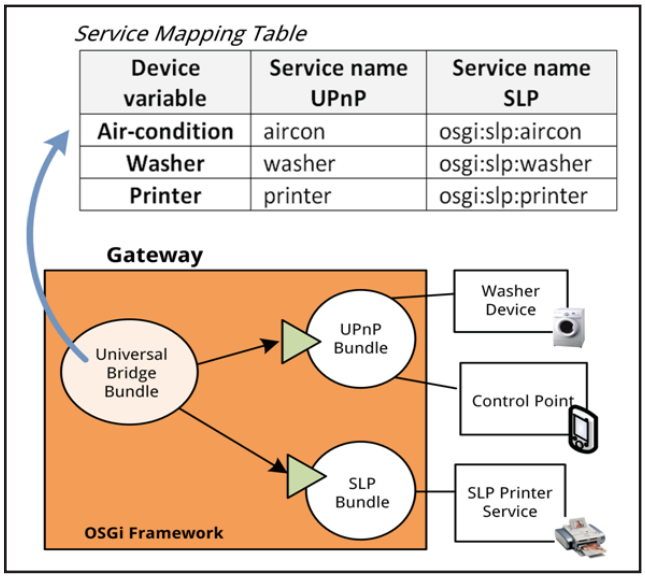
4.1 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์ที่อุปกรณ์เกตเวย์

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



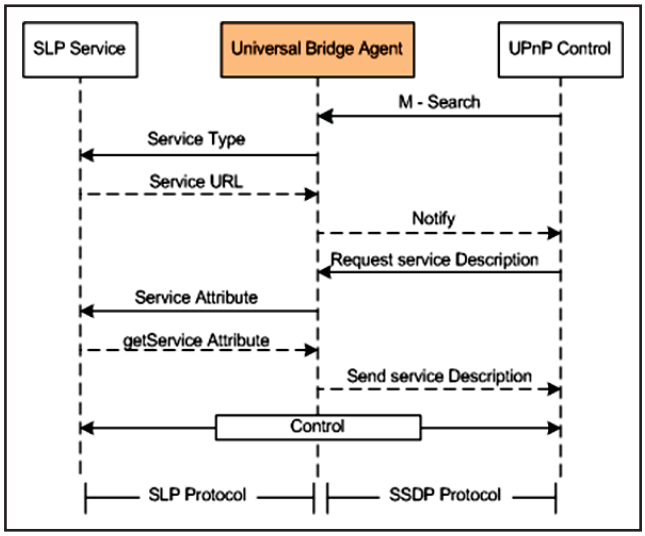
ภาพที่ 7 *Class diagram การทำงานทั้งหมด*

รายละเอียดภายในคลาส Bridge นั้นอ้างอิงพื้นฐานของกลไกการค้นหาบริการแบบกำหนดคุณลักษณะ (attribute-value structure) โดยนำคุณลักษณะของบริการมาเปรียบเทียบกันเพื่อให้สามารถค้นหาและเรียกใช้บริการระหว่างโพรโทคอลได้ดังสามารถแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบคุณลักษณะให้เห็นได้อย่างชัดเจนในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 *กลไกการทำงานของ Bridge*

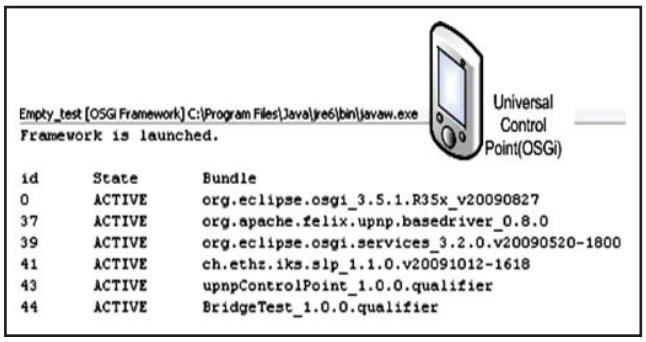
ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของระบบสามารถอธิบายได้ตามภาพที่ 9 ซึ่งเป็นการใช้อุปกรณ์ควบคุม (UPnP Control) ตามมาตรฐาน UPnP สามารถทำการค้นพบบริการของโพรโทคอล SLP ได้ผ่าน Universal Bridge Agent



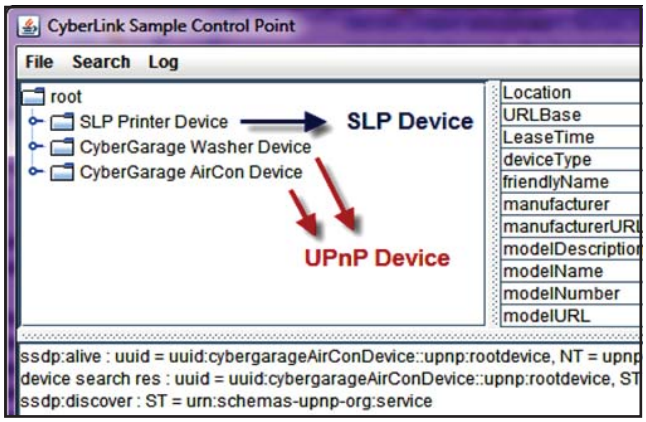
ภาพที่ 9 *กลไกการปรับเปลี่ยนโพรโทคอลเพื่อค้นหาบริการ*

5. ผลการทดสอบระบบต้นแบบ

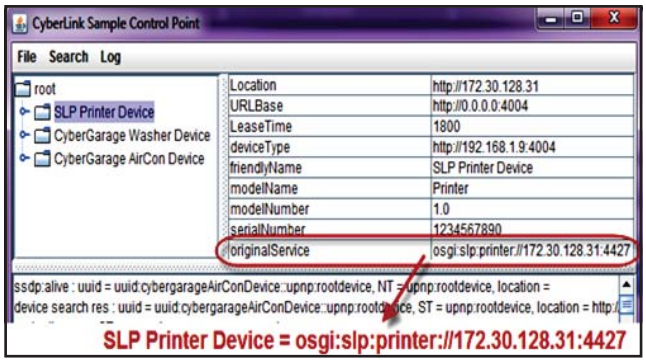
ในการดำเนินงานส่วนนี้ได้ใช้เครื่องมือด้านซอฟต์แวร์ Eclipse Equinox เพื่อช่วยการพัฒนากรอบงานด้านซอฟต์แวร์ตามมาตรฐาน OSGi โดยทำการติดตั้งบันเดิ้ลของโพรโทคอลมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (UPnP Bundle, SLP Bundle) และบันเดิ้ลที่พัฒนาขึ้น (BridgeTest) ลงไปบนกรอบงาน OSGi โดยในภาพที่ 10 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างรายการของบันเดิ้ลต่าง ๆ ที่ได้ถูกเรียกใช้เพื่อให้ทำงานที่อุปกรณ์ควบคุม ซึ่งจากสถานการณ์จำลองดังที่แสดงในภาพที่ 6 ข้างต้น ซึ่งจะเห็นว่าอุปกรณ์สื่อสารไร้สายภายในเครือข่าย UPnP (1) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุม (Control Point) ซึ่งในที่นี้ต้องการจะสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครือข่าย UPnP (2) อีกทางด้านหนึ่ง โดยในที่นี้ อุปกรณ์เครื่องพิมพ์สมมติให้ใช้โพรโทคอล SLP ส่วนอุปกรณ์เครื่องซักผ้าใช้โพรโทคอลของเครือข่าย UPnP ซึ่งโดยปกติจะไม่สามารถทำได้ แต่จากผลลัพธ์ที่แสดงในภาพที่ 11 จะพบว่าอุปกรณ์เหล่านี้สามารถจะถูกค้นพบได้ แม้ว่าจะทำงานด้วยโพรโทคอลต่างประเภทกัน หรือโพรโทคอลเดียวกันแต่อยู่ข้ามเครือข่ายกันก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากผลสำเร็จของกลไกทำงานแบบสะพานสื่อสารที่พัฒนาขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 10 *รายการบันเดิ้ลต่าง ๆ ที่ทำงาน ณ อุปกรณ์ควบคุม*

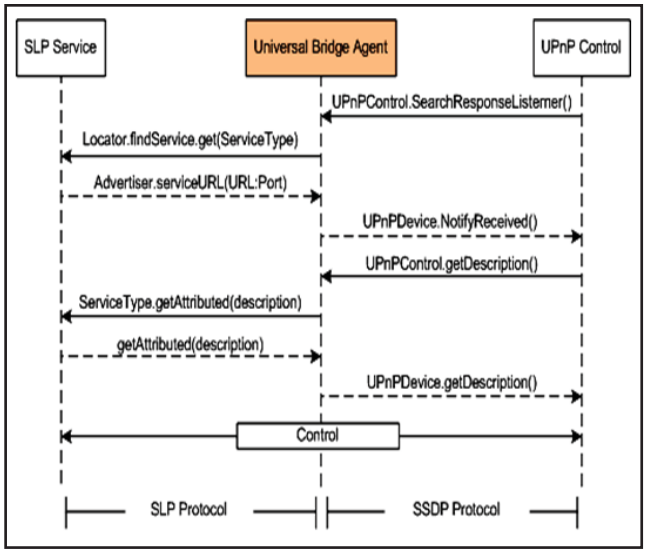


ภาพที่ 11 *รายการค้นพบบริการของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ*



ภาพที่ 12 *แสดงรายละเอียดการค้นหาบริการ*

ในภาพที่ 12 แสดงให้เห็นรายละเอียดอุปกรณ์เครื่องพิมพ์ที่ทำงานด้วยโพรโทคอล SLP โดยส่วนที่ได้ทำเครื่องหมายคือ รูปแบบของบริการที่เป็นไปตามมาตรฐานโพรโทคอล SLP แบบเดิม ซึ่งรูปแบบข้อความที่ทำงานส่วนค้นหาบริการตามแสดงให้เห็นการจับคู่บริการด้วยกลไกทำงานที่ออกดังสามารถแสดงเป็นลำดับกลไกการทำงานจริงได้ในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 *กลไกประสานการค้นหาระหว่างอุปกรณ์ต่างเครือข่าย*

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แม้ว่าจะมีการออกแบบกลไกสะพานสื่อสารเพื่อรองรับการทำงานกับโพรโทคอลต่าง ๆ เช่น Jini to UPnP [2], หรือ SIP กับ SLP [3] สามารถทำงานได้ แต่ไม่ได้มีการนำเสนอมุมมองเกี่ยวกับการรองรับการเพิ่มขยายการทำงานให้ครอบคลุมถึงกลุ่มโพรโทคอลกลุ่มค้นหาบริการที่มีหลากหลายมาตรฐาน ซึ่งมีความแตกต่างกับกลไกในบทความนี้ที่เสนอแนวทางเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดดังกล่าว ให้สามารถรองรับ

การทำงานของโพรโทคอลที่หลากหลายมาตรฐานได้ในรูปแบบของบริการผ่านกรอบงาน OSGi โดยระบบต้นแบบที่ได้ทำการสาธิตในบทความนี้เป็นกลไกการประสานการทำงานระหว่างโพรโทคอล SLP และโพรโทคอล SSDP ผ่านกรอบงาน OSGi เพื่อแสดงผลการทดสอบแนวคิดกลไกสะพานสื่อสารที่มีคุณลักษณะรองรับการเพิ่มขยายการทำงานคู่กับโพรโทคอลอื่นอย่างอิสระโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนมาตรฐานของโพรโทคอลเดิม โดยแนวทางการเลือกโพรโทคอลอย่างเหมาะสมเพื่อนำมาประสานการทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในส่วนการค้นหาบริการนั้น ได้เลือกคู่โพรโทคอลที่มีลักษณะกลไกค้นหาเชิงบริการแบบระบุเอกลักษณ์เหมือนกันเพื่อให้การทำงานร่วมกันเป็นไปอย่างราบรื่น และมีบันเดิ้ลมาตรฐานเพื่อใช้บนกรอบงาน OSGi ดังสามารถพบเห็นได้ในงานวิจัยอื่นอีกด้วย เช่น [8], [9]

7. สรุป

ผลจากศึกษาทดลองระบบจำลองแบบข้างต้นในงานวิจัยนี้ ช่วยยืนยันในเบื้องต้น ให้เห็นประโยชน์ของการนำกรอบงาน OSGi เข้ามาประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมการทำงานของซอฟต์แวร์กลไกแบบสะพานสื่อสาร เพื่อจับคู่บริการระหว่างโพรโทคอลที่นำมาศึกษา ซึ่งจากคุณลักษณะของบันเดิ้ลในการควบคุมการเปิดปิดการทำงานของบันเดิ้ลโดยไม่ต้องเริ่มต้นระบบใหม่นั้น คาดว่าจะเป็นพื้นฐานที่ดีให้กับงานวิจัยต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขยายให้เกิดคุณลักษณะของการทำงานร่วมระหว่างโพรโทคอลอื่นๆ ได้จากโครงสร้างพื้นฐานของซอฟต์แวร์ OSGi ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้

8. เอกสารอ้างอิง

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

[2] J. Allard, V. Chinta, 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, P. Sethuramalingam, 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.