บริการค้นหาเชิงความหมายแบบหลายภาษาในเครือข่าย UPnP
Multi-language, Semantic-based Searching Service in UPnP Networks

อาร์ตี อาบูดายอ
Artee Abudayor

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
2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บริการค้นหาเชิงความหมายแบบหลายภาษาในเครือข่าย UPnP
Multi-language, Semantic-based Searching Service in UPnP Networks

อาร์ตี อาบูดายอ
Artee Abudayor

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
2559
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ บริการค้นหาเชิงความหมายแบบหลายภาษาในเครือข่าย UPnP
ผู้เขียน นางสาวอาร์ตี อาบูดายอ
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทูสุรพจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ดร.สูรีนา มะตาหยง)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ)

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

.....กรรมการ
(ดร.สูรีนา มะตาหยง)

.....กรรมการ
(ดร.กันตภณ มะหาหมัด)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนทร วิทูสุรพจน์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
(ดร.สุรีนา มะตาหยง)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(นางสาวอาร์ตี อาบูดายอ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

.....
(นางสาวอาร์ตี อาบูดายอ)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ บริการค้นหาเชิงความหมายแบบหลายภาษาในเครือข่าย UPnP
ผู้เขียน นางสาวอาร์ตี อาบูดายอ
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

UPnP-AV เป็นระบบให้ความบันเทิงด้านมัลติมีเดียภายในเครือข่ายบ้านพักอาศัยตามมาตรฐาน UPnP แต่ในปัจจุบันก็ยังคงขาดคุณลักษณะสำคัญๆ จากข้อจำกัดทางสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นข้อจำกัดให้นำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในวิทยานิพนธ์นี้ให้ความสนใจข้อด้อยในสองประเด็น ได้แก่ 1) การไม่สามารถใช้คำค้นแบบหลายเงื่อนไขได้กับบริการค้นหาข้อมูลดั้งเดิม ซึ่งจำกัดเฉพาะการค้นหาตามลักษณะสมบัติต่าง ๆ ของข้อมูลเพลงหรือวิดีโอเท่านั้น แต่ไม่รองรับเงื่อนไขในการค้นหา หรือมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะสมบัติอื่นๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับเพลง เช่น ผู้แต่งเพลง หรือสมาชิกภายในวงที่ร้องเพลงนั้น เป็นต้น และ 2) การขาดกลไกบริการแบบชาญฉลาด ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากการเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูลภายนอกที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเพลงได้ เช่น การให้บริการใหม่เพื่อค้นหาเพลงที่มีทำนองเดียวกัน แต่มีเนื้อร้องต่างภาษากัน เป็นต้น ในประเด็นข้อด้อยแรก วิทยานิพนธ์นี้เสนอแนะให้นำกลไกการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple ในการทำดัชนีแทนที่การค้นหาพื้นฐานแบบเปรียบเทียบคำค้น เนื่องจากสามารถรองรับการค้นหาแบบมีหลายเงื่อนไขได้จำนวนมากขึ้นกว่าเดิม แต่ก็ยังจำเป็นต้องเพิ่มขยายบริบทของข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาด้วยคำค้นที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งสามารถใช้กลไกทำงานตามหลักการแบบ Linked Data ซึ่งใช้กันมากในเว็บเชิงความหมาย เพื่อเชื่อมโยงกับแหล่งข้อมูลภายนอกได้ สำหรับประเด็นข้อด้อยที่สองเรื่องการใช้ประโยชน์จากการเชื่อมโยงข้อมูลในการค้นหา โดยใช้กรณีศึกษาจากข้อมูลเพลงแบบหลายภาษา ในที่นี้ได้เสนอแนะให้เพิ่มเติมความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้วยคำศัพท์แบบ owl:sameas พร้อมเสนอกลไกเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของข้อมูล โดยพิจารณาจากรูปแบบการให้ค่าความสัมพันธ์แบบผสมผสานระหว่างโครงสร้างของตระกูลภาษา (เช่น กลุ่มประเทศอาเซียน) และระดับชั้นของโหนดข้อมูลที่นำมาพิจารณาร่วมกัน ซึ่งให้ความแม่นยำมากกว่าการพิจารณาแต่อย่างใดอย่างหนึ่งดังที่พบกันในงานวิจัยอื่นๆ ที่ได้นำมาศึกษาเปรียบเทียบร่วมกัน

Thesis Title Multi-language, Semantic-based Searching Service in UPnP Networks
Author Miss Artee Abudayor
Major Program Computer Engineering
Academic Year 2015

ABSTRACT

UPnP-AV is a multimedia entertainment system working on UPnP-based ubiquitous home network. To date, it remains lacking of some useful features that will obstruct the wide expansion of usages, due to the architectural weakness. A few of them are specified in this thesis particularly on the issues as follows: 1) no support of queries with multiple conditions in its basic search service, which limits user to ask for media-specific properties of audio/video resources, but cannot include advanced search with includes condition or is relevant to other properties, such as writers, or members of band, etc., and 2) the lack of intelligent service that can get benefits from the linkage of data, such as enabling a new service that can find the same songs in different lyrics. On the first issue, it is proposed that a new semantic-based search algorithm working on triple-table based indexing should be replaced the native one working on the keyword matching basis so that complexed queries or multi-conditional searches can be supported. However, external resources should be linked using Linked Data principle, which is commonly found in the Semantic Web, for allowing the wider conditions of search with different contexts of multimedia contents. On the second issue, the focus is on the linkage of data for serving multi-language search capability, but exploring a case study of multi-language song resources. It is suggested that the vocabulary owl:sameas should be used to specify the relationship of similarity between relevant songs. In this regard, we propose that the weight of similarity measure should be considered both the familiar language structure (like Asian language family) and the hierarchical order of nodes, which gives better precision and recall than considering either of them alone as found in many works in the literature.

กิตติกรรมประกาศ

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

ขอขอบพระคุณ ดร.สุรีนา มะตาหยง กรรมการที่ปรึกษางานวิจัยร่วม ที่ได้กรุณาอุทิศเวลาให้คำปรึกษา แนะนำความรู้ในด้านการทำวิจัย เอกสาร ข้อมูลต่าง ๆ เป็นอย่างดี รวมทั้งแนวความคิดและกำลังใจในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจทานวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.กันตภณ มะหาหมัด กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และตรวจทานวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุก ๆ ท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการประสานงานต่าง ๆ

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท-เอก ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยเฉพาะกลุ่มงานวิจัยห้อง WIG ซึ่งมี นางสาวกลิ่นสุคนท์ นิ่มกาญจนา นายแวซำซูดิน แวดอกอ นางสาวสุภาวดี มากอ้น นายฤทธิชัย จิตภักดีบดินทร์ นางสาวศศิธร หนูทอง นายณัฐวุติ วิจิตร นายจักรกฤตย์ โชติเกียรติคุณ และทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำคำปรึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของนางจิระนันท์ ตันหยงราโม๊ะ มารดาของข้าพเจ้า นางสาวดีนาร์ อาบูดายอ นายอาติค อาบูดายอ นางสาวอามีนี อาบูดายอ นายอันนัส อาบูดายอ นางสาวอาณิดา อาบูดายอ และเด็กหญิงนูร์รีม ตันหยงราโม๊ะ พี่น้องทุกคนของข้าพเจ้า ที่ส่งเสริมสนับสนุน ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจ และทุนทรัพย์แก่ข้าพเจ้าตลอดมาจนกระทั่งทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จ

อาร์ตี อาบูดายอ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (5)
ABSTRACT ..... (6)
กิตติกรรมประกาศ ..... (7)
สารบัญ ..... (8)
รายการตาราง ..... (10)
รายการภาพประกอบ ..... (11)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ ..... (12)
ศัพทานุกรม ..... (13)
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1
1.2 ประเด็นปัญหาและแนวทางการแก้ไขในงานวิจัย 2
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 5
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน 6
1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง
2.1 บทนำ 8
2.2 แนวทางการค้นหาบริการในระบบ UPnP-AV 8
2.3 ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV สำหรับการค้นหาบริการ 11
2.3.1 ที่มาของปัญหา 11
2.3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 12
2.3.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา 13
2.3.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 กลไกการเพิ่มขยายเมตาดาต้าเพื่อการค้นหาบริการเชิงความหมาย
3.1 บทนำ 17
3.2 สถาปัตยกรรมของระบบ 17
3.3 การจัดการเมตาดาต้า 18
3.4 การจัดการจัดเก็บข้อมูลและการค้นหา 22
3.5 การจัดการคำค้น 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6 การศึกษาของการออกแบบกลไกการค้นหาบริการเชิงความหมาย

3.6.1 วัตถุประสงค์ ... 24
3.6.2 การเตรียมการทดลอง ... 24
3.6.3 การทำงานของโปรแกรมสนับสนุนการทดลอง ... 25
3.6.4 ผลการทดสอบ ... 26
3.6.5 สรุปผลการทดลอง ... 27

บทที่ 4 การศึกษาความแม่นยำของการค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา

4.1 บทนำ ... 29
4.2 ปัญหาข้อด้อยในการค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา ... 29

4.2.1 ที่มาของปัญหา ... 29
4.2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ... 29
4.2.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา ... 32
4.2.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง ... 32

4.3 สถาปัตยกรรมของระบบ ... 38
4.4 การพิจารณาความคล้ายคลึงกันของบริการ ... 39
4.5 ศึกษาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ ... 41

4.5.1 วัตถุประสงค์ ... 41
4.5.2 การเตรียมการทดลอง ... 42
4.5.3 การทำงานของโปรแกรมสนับสนุนการทดลอง ... 44
4.5.4 ผลการทดสอบ ... 46
4.5.5 เปรียบเทียบและประเมินผลการทดสอบของกลไก ... 51
4.5.6 สรุปผลการทดลอง ... 55

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย ... 56
5.2 ข้อเสนอแนะ ... 57

บรรณานุกรม ... 58
ภาคผนวก ... 62
ประวัติผู้เขียน ... 69

รายการตาราง

หน้า

ตาราง 1-1 สรุปการเปรียบเทียบแนวทางการค้นหาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
ตาราง 2-1 คำศัพท์สำหรับอธิบายมัลติมีเดีย 10
ตาราง 2-2 แนวทางต่าง ๆ ในการค้นหาบริการในระบบ UPnP-AV 11
ตาราง 2-3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของรูปแบบการจัดเก็บ 13
ตาราง 3-1 การแปลงคำศัพท์จาก XML ไปยัง RDF 19
ตาราง 3-2 ตัวอย่างการเทียบคำค้นกับคำศัพท์มาตราฐาน 24
ตาราง 3-3 รายละเอียดของข้อมูลการจัดเก็บและวิธีการเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบการค้นหา 25
ตาราง 3-4 ตัวอย่างคำค้นของรูปแบบการค้นหา 26
ตาราง 3-5 เปรียบเทียบความสามารถของรูปแบบการค้นหา 27
ตาราง 3-6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง 28
ตาราง 4-1 สรุปการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าความคล้ายคลึงกันจากงานวิจัย 30
ตาราง 4-2 ชื่อของตระกูลภาษา 33
ตาราง 4-3 รายละเอียดภาษาและตระกูลภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน 33
ตาราง 4-4 ระดับเกณฑ์และความหมายของค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วน 37
ตาราง 4-5 สรุปเส้นทางของตระกูลภาษา 40
ตาราง 4-6 รายละเอียดของข้อมูลสำหรับการทดลอง 43
ตาราง 4-7 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล 46
ตาราง 4-8 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างภาษา 47
ตาราง 4-9 เปรียบเทียบผลการประเมินของการจับคู่ระหว่างภาษา 49
ตาราง 4-10 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา 50
ตาราง 4-11 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาจากหลายปัจจัย 51
ตาราง 4-12 การเปรียบเทียบการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากการทดลอง 52
ตาราง 4-13 สรุปการเปรียบเทียบความแม่นยำจากการทดลอง 54
ตาราง 4-14 เปรียบเทียบการวัดค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างตระกูลภาษากับการจัดเก็บข้อมูล 55

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1-1 การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานภายในระบบ UPnP-AV 2
ภาพประกอบ 1-2 ตัวอย่างคำอธิบายคุณลักษณะของเพลง 3
ภาพประกอบ 2-1 ภาพรวมของการค้นหาในระบบ UPnP-AV 8
ภาพประกอบ 2-2 ตัวอย่างการประกาศบริการเก็บในคลังมีเดีย 9
ภาพประกอบ 2-3 โครงสร้างข้อมูลของดีแอลดีไอไลต์ 9
ภาพประกอบ 2-4 เอกสารไฟล์ดีแอลดีไอไลต์ เพื่อแสดงรายละเอียดข้อมูลบริการต่าง ๆ 10
ภาพประกอบ 2-5 ผลการทดลองระหว่างมีการทำดัชนีและไม่มีการทำดัชนี 12
ภาพประกอบ 2-6 ภาพรวมของแนวคิดที่ได้นำเสนอ 14
ภาพประกอบ 2-7 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล 15
ภาพประกอบ 3-1 ภาพรวมการทำงานของกลไก 18
ภาพประกอบ 3-2 ภาพรวมของกลไกของระบบในส่วนของการจัดการเมตาดาต้า 18
ภาพประกอบ 3-3 ตัวอย่างการแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก XML เป็น RDF 19
ภาพประกอบ 3-4 ตัวอย่างการรวมเมตาดาต้าทั้งจากภายในและภายนอกระบบ 20
ภาพประกอบ 3-5 ตัวอย่างการแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก RDF เป็น JSON 21
ภาพประกอบ 3-6 ภาพรวมของการจัดการจัดเก็บและการค้นหาเชิงความหมาย 22
ภาพประกอบ 3-7 ภาพรวมของการจัดการคำค้น 23
ภาพประกอบ 3-8 ตัวอย่างขั้นตอนการจัดการคำค้น 23
ภาพประกอบ 3-9 การไหลของคำค้นจากผู้ใช้สู่การสกัดคำค้น 25
ภาพประกอบ 3-10 กราฟแสดงผลของการค้นหาเชิงความหมาย 27
ภาพประกอบ 4-1 สรุปแนวทางของการหาค่าความคล้ายคลึงกัน 30
ภาพประกอบ 4-2 ภาพรวมของการขยายสถาปัตยกรรมเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา 32
ภาพประกอบ 4-3 โครงสร้างของตระกูลภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน 34
ภาพประกอบ 4-4 สถาปัตยกรรมของเกตเวย์ระบบการค้นหาที่รองรับการค้นหาแบบหลายภาษา 38
ภาพประกอบ 4-5 ขั้นตอนของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ 39
ภาพประกอบ 4-6 การจัดเก็บข้อมูล 40
ภาพประกอบ 4-7 ตัวอย่างการทำงานเพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกัน 41
ภาพประกอบ 4-8 โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลสำหรับการทดลอง 42
ภาพประกอบ 4-9 ภาพรวมของการทดสอบกลไก 44
ภาพประกอบ 4-10 ขั้นตอนการทดสอบของกลไก 44

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

SOA	Service-Oriented Architecture
XML	Extended Markup Language
UPnP	Universal Plug and Play
UPnP-AV	Universal Plug and Play Audio Video
RDF	Resource Description Framework
OWL	Web Ontology Language
CDS	Content Directory Services
JSON	JavaScript Object Notation
CE	Compliance Evaluation
HJ	Human Judgement
E	Equivalent

ศัพทานุกรม

บริการ	Service
ระบบที่มีความแตกต่างกัน	Heterogeneous System
การค้นหาระดับสูง	Advances Search
เกตเวย์	Gateway
อุปกรณ์ชาญฉลาด	Intelligent Devices
เครือข่ายบ้านพักอัจฉริยะ	Home Intelligent System
สถาปัตยกรรม	Architecture
การค้นหาเชิงความหมาย	Semantic Search
การเปรียบเทียบคำค้น	Keyword Matching
เซิร์ฟเวอร์	Server
การใช้งานแบบหลายภาษา	Cross-language Searching Service
คลังมีเดีย	Media Server
สารบัญมีเดีย	Content Directory
ส่วนแสดงมีเดีย	Media Renderers
ส่วนควบคุม	Control Point
ตัวจัดการการเชื่อมต่อ	Connection Manager
การเรียกดู	Browse
ดับลินคอร์	Dublin Core
ดีไอดีแอลไลต์	DIDL-Lite
มัลติมีเดีย	Multimedia
การทำดัชนีเชิงความหมาย	Semantic Indexing
รูปแบบการจัดเก็บแบบแบ่งแนวตั้ง	Vertical Partitioning
รูปแบบการจัดเก็บแบบสามตาราง	Triple Table
รูปแบบการจัดเก็บแบบคุณลักษณะ	Property Table
วิธีการค้นคืนข้อมูลเอกสารแบบหลายภาษา	Multi-Language Information Retrieval
วิธีการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย	Semantic Similarity Measure
วิธีการที่พิจารณาตามโครงสร้างของข้อมูล	Structure Based Methods
วิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล	Feature Based Methods
วิธีการที่พิจารณาตามความหมายของข้อมูล	Information Content Methods
ตระกูลภาษา	Familiar Language
ค่าความแม่นยำ	Precision

ศัพทานุกรม (ต่อ)

ค่าความครบถ้วน	Recall
ค่าความถูกต้อง	F-Measure
เว็บเซอร์วิส	Web Service
เว็บแอพพลิเคชั่น	Web Application
คำค้น	Query

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ตามแนวคิดของสถาปัตยกรรมเชิงบริการ (Service-Oriented Architecture หรือ SOA) มุ่งเน้นการให้ “บริการ (Service)” ข่าวสาร หรือข้อมูลสื่อสารได้จากระบบ ที่ไม่จำเป็นต้องมีฮาร์ดแวร์ ระบบปฏิบัติการ หรือภาษาคอมพิวเตอร์แบบเดียวกัน โดยใช้ประโยชน์จากไฟล์เอกสารแบบ XML (Extended Markup Language) ซึ่งแนวคิดนี้นิยมนำไปใช้พัฒนาพื้นฐานให้กับมาตรฐานทางด้านซอฟต์แวร์ทั่วไปสำหรับระบบที่มีความแตกต่างกัน (Heterogeneous System) เช่น

- มาตรฐานเว็บเซอร์วิส (Web Services) [1] สำหรับการสื่อสารระหว่างเว็บแอพพลิเคชั่น (Web Application) จากแพลตฟอร์มต่าง ๆ ที่ทำงานอยู่ภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือ
- มาตรฐาน UPnP (Universal Plug and Play) [2] สำหรับการสื่อสารเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลควบคุม หรือสั่งการ ในสิ่งแวดล้อมของการสั่งการควบคุม หรือความบันเทิงจากงานประยุกต์ด้านมัลติมีเดีย (Universal Plug and Play Audio Video หรือ UPnP-AV) [3] ระหว่างแอพพลิเคชั่นของอุปกรณ์ชาญฉลาด (Intelligent Devices) หรือคอมพิวเตอร์ที่ทำงานอยู่ภายในเครือข่ายบ้านพักอัจฉริยะ (Home Intelligent System) ได้อย่างเป็นอัตโนมัติ เป็นต้น

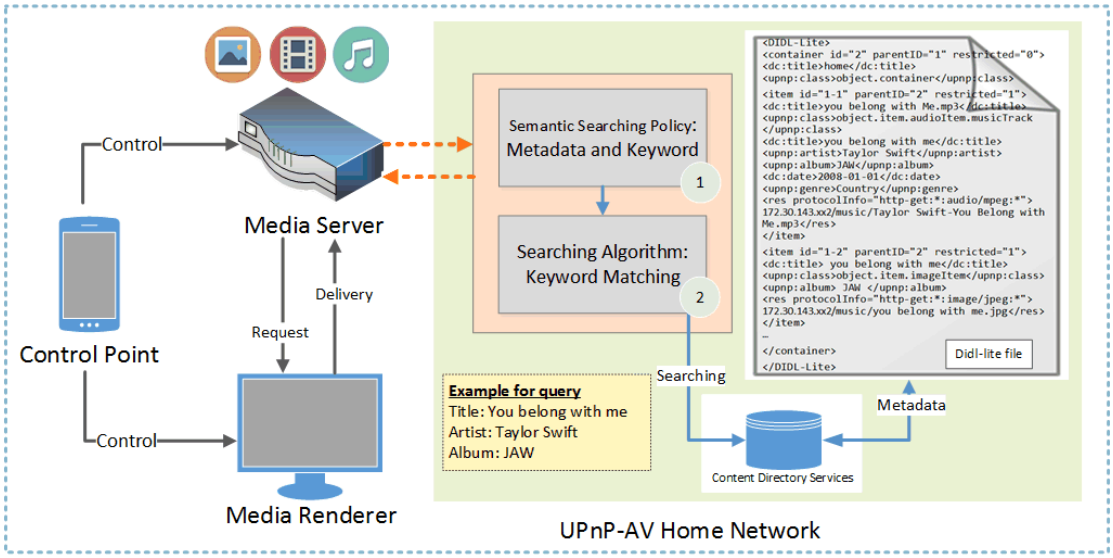
นอกจากนี้ หากพิจารณาเฉพาะระบบ SOA ของระบบ UPnP-AV มีความสนใจเนื่องจากเป็นระบบที่มีความยืดหยุ่น โดยสามารถสื่อสารระหว่างเว็บแอพพลิเคชั่นที่ทำงานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทั้งภายในและภายนอกเครือข่ายบ้าน อีกทั้งยังรองรับการทำงานบนอุปกรณ์ที่มีระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน โดยสอดคล้องกับเทคโนโลยีปัจจุบันที่สร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกภายในบ้านพักอาศัย โดยเห็นจากงานวิจัยมากมายที่นำระบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านความบันเทิงเพื่อการบริการมีเดียบนก้อนเมฆ (Media Cloud Service) [4], [5] และ ด้านการศึกษาเพื่อการเรียนรู้บนอุปกรณ์ไร้สายทุกหนทุกแห่ง (Ubiquitous Mobile Learning) [6]. เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ระบบ UPnP-AV นั้น จะพบเห็นข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมที่สำคัญ โดยจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

1.2 ประเด็นปัญหาและแนวทางการแก้ไขในงานวิจัย

1.2.1 การปรับปรุงเพื่อการค้นหาข้อมูลแบบเชิงความหมายแบบขั้นสูง

การใช้หลักการค้นหาแบบเชิงความหมายแบบพื้นฐาน โดยการเปรียบเทียบคำค้น (Keyword Matching) กับหัวข้อลักษณะสมบัติที่ต้องการของข้อมูลเพลง หรือวิดีโอ (หมายเลข 1 และหมายเลข 2 ตามภาพประกอบ 1-1) เช่น ค้นหาชื่อของเพลง จากหัวข้อลักษณะสมบัติ title หรือค้นหาชื่อของนักร้องจากหัวข้อลักษณะสมบัติ artist เป็นต้น โดยทำการค้นหาในสารบัญมีเดีย (Content Directory Service) อย่างไรก็ตาม จากแนวทางดังกล่าว ทำให้ไม่รองรับการค้นหาแบบขั้นสูง ซึ่งอาจต้องมีการประสมคำค้น หรือมีเงื่อนไขในการค้นหา ตัวอย่างเช่น การค้นหาเพลงของนักร้องรายหนึ่ง ที่เป็นแนวเพลงแบบป๊อป เป็นต้น โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อจำกัดด้านการค้นหาแบบมีหลายเงื่อนไขนั้น เป็นผลมาจากข้อจำกัดของอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาเปรียบเทียบคำค้นนั้นเอง

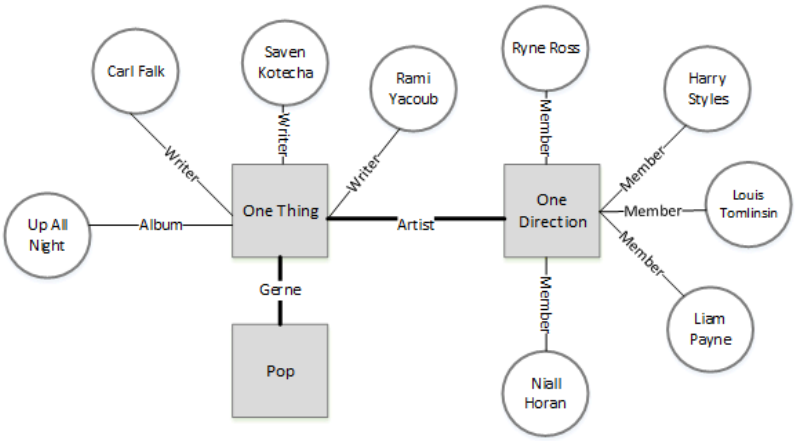


ภาพประกอบ 1-1 การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานภายในระบบ UPnP-AV

ตามหลักการค้นหาแบบเชิงความหมายแบบพื้นฐานภายในระบบ UPnP-AV นั้น พบว่ามีข้อด้อยประเด็นหลัก ๆ ดังนี้

- **ปัญหาด้านเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัด** เมื่อมีการค้นหาภายในระบบ UPnP-AV จำการเปรียบเทียบคำค้นกับเมตาดาต้า (ข้อมูลที่อธิบายมัลติมีเดีย) ที่มีอยู่ระบบ อย่างไรก็ตาม การค้นหามีข้อจำกัดเฉพาะชื่อเพลง ชื่อนักร้อง และชนิดของแนวเพลงเท่านั้น ซึ่งไม่สามารถค้นหาข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกันดังภาพประกอบ 1-2 ได้แสดงตัวอย่างของคำอธิบายคุณลักษณะเพลงโดยเป็นเพลงเดียวกัน ซึ่งรูปสี่เหลี่ยมเป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ในระบบ และรูปวงกลมเป็นคุณลักษณะที่มีอยู่ภายนอกระบบ ดังนั้น งานวิจัย [7]–[9] ได้นำเสนอนำกลไกเว็บเชิงความหมาย Linked Data ที่มี

การเผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ประโยชน์จากเมตาดาต้าที่เป็นมาตราฐาน อีกทั้งระบบก็สามารถเข้าใจและตีความ



สัญลักษณ์ สี่เหลี่ยม: ข้อมูลที่มีอยู่ภายในระบบ วงกลม: ข้อมูลที่มีอยู่ภายนอกระบบ

ภาพประกอบ 1-2 ตัวอย่างคำอธิบายคุณลักษณะของเพลง

- **ขาดประสิทธิภาพด้านความเร็วของการค้นหา และไม่รองรับการค้นหาที่ประสมคำของข้อมูล (Query)** เนื่องจากสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV ไม่มีการทำดัชนีข้อมูล และไม่รองรับการค้นหาแบบประสมคำได้ เมื่อนำดัชนีมาใช้งานภายในระบบ เพื่อปรับปรุงเรื่องความเร็ว แต่ยังคงไม่สามารถรองรับการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ โดยงานวิจัย [10], [11] นำเสนอการนำดัชนีเชิงความหมาย (Semantic Indexing) มาปรับปรุงข้อด้อยดังกล่าว นอกจากนี้ การทำดัชนีเชิงความหมายมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันในเรื่องการจัดเก็บและการค้นหาข้อมูล ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงสำหรับระบบ UPnP-AV เพื่อรองรับการค้นหาข้อมูลที่รวดเร็ว และแบบมีหลายเงื่อนไขมากยิ่งขึ้น

1.2.2 การปรับปรุงการค้นหาข้อมูลเพลงหรือวิดีโอที่รองรับบริการแบบหลายภาษา

การไม่รองรับบริการค้นหาข้อมูลเพลงหรือวิดีโอแบบหลายภาษา (Cross-Language Searching Service) ตัวอย่างเช่น การค้นหาเพลงที่มีทำนองเดียวกับเพลง “สามัคคีชุมนุม” ที่เป็นภาษาอื่น ๆ เป็นต้น ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องจากโครงสร้างของข้อมูลและการอธิบายความ (ด้วยเมตาดาต้า) ที่มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงไปยังข้อมูลเพลง หรือวิดีโออื่น ๆ ที่อาจมีความคล้ายคลึง หรือการทดแทนกันได้

จากการสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการปรับปรุงและพัฒนาด้านการค้นหาเชิงความหมายกันอย่างหลากหลาย อาทิเช่น การขยายเมตาดาต้า การรวม

ศูนย์ประสิทธิภาพด้านความเร็ว การค้นหาแบบหลายเงื่อนไข เป็นต้น อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เน้นการปรับปรุงและพัฒนาการค้นหาเชิงบริการที่รองรับได้หลายภาษายังมีจำนวนจำกัด

- มุ่งเน้นปรับปรุงโดยการขยายเมตาดาต้าเพื่อช่วยผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลเพลง หรือวิดีโอภายในเครือข่ายบ้าน เช่น งานวิจัย [12] ได้เสนอแนวทางการเพิ่มเมตาดาต้าเข้ายังไฟล์ XML หรืองานวิจัย [13] ได้เสนอแนวทางการเพิ่มเมตาดาต้าจากคำที่มีความหมายคล้ายคลึงกัน เป็นต้น จะเห็นได้ว่า การพยายามขยายเมตาดาต้าดังกล่าวไม่เป็นมาตราฐาน และไม่สามารถทำงานร่วมกับระบบอื่น ๆ ได้ เนื่องจากตามมาตราฐานสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV มีโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเพลงหรือวิดีโออยู่ในรูปแบบ XML
- มุ่งเน้นปรับปรุงโดยทำงานแบบรวมศูนย์เพื่อช่วยผู้ใช้งานค้นหาข้อมูลเพลง หรือวิดีโอภายในระบบ UPnP-AV เช่น งานวิจัย [14] เพื่ออำนวยการค้นหาตามความชอบของบุคคล หรืองานวิจัย [15] ลดเวลาการค้นหาจากหลาย ๆ อุปกรณ์ภายในเครือข่าย และงานวิจัย [5] ลดเวลาการค้นหาจากหลาย ๆ แหล่งทั้งจากภายใน และภายนอกเครือข่าย เป็นต้น

จากประเด็นวิจัยข้างต้นสามารถสรุปในตาราง 1-1 จะสังเกตุได้ว่างานวิจัยเหล่านั้นต่างดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งในประเด็นของ 1) การปรับปรุงข้อด้อยด้านประสิทธิภาพของความเร็วในการค้นหาข้อมูล/บริการ และ 2) รองรับการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขเพื่อการใช้งานแบบขั้นสูงภายในระบบ UPnP-AV จึงแตกต่างไปจากงานวิจัยที่จะได้ศึกษาวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งดำเนินการทั้งสองประเด็นร่วมกัน และรองรับการค้นหาเพื่อการใช้งานแบบหลายภาษา

ตาราง 1-1 สรุปการเปรียบเทียบแนวทางการค้นหาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย	แนวทางปรับปรุงการค้นหา		ประสิทธิภาพด้านความเร็ว	รองรับการค้นหาแบบหลายเงื่อนไข	รองรับการค้นหาหลายภาษา
	ขยายเมตาดาต้า	รวมศูนย์			
งานวิจัย [12]	✓	✗	✗	✓	✗
งานวิจัย [13]	✓	✗	✗	✓	✗
งานวิจัย [14]	✗	✓	✗	✓	✗
งานวิจัย [15]	✗	✓	✓	✗	✗
งานวิจัย [5]	✗	✓	✓	✗	✗
ในวิทยานิพนธ์นี้	✓	✓	✓	✓	✓

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะการแก้ไข/ปรับปรุงข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมทั้งสองข้างต้น เพื่อปรับปรุงบริการค้นหาแบบขั้นสูงภายในบริบทสิ่งแวดล้อมของระบบ UPnP-AV ซึ่งตอบสนองกับผู้ใช้ได้ในเวลาที่รวดเร็ว และมีคุณลักษณะที่สามารถค้นหาได้หลายเงื่อนไขมากยิ่งขึ้น ซึ่งคาดว่ากลไกที่ปรับปรุงนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน เพื่อสนับสนุนการค้นหา

เชิงความหมายภายในระบบ ให้สามารถค้นหาได้อย่างหลากหลาย และครอบคลุมการค้นหาแบบหลายภาษา ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปได้อย่างดี

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.3.1 ศึกษาและพัฒนากลไกการเพิ่มขยายเมตาดาต้าที่มีความเหมาะสมของระบบ UPnP-AV ด้วย Linked Data

1.3.2 ศึกษาและพัฒนากลไกการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง พร้อมการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเร็วนำมาใช้งานอย่างเหมาะสม ภายใต้ระบบ UPnP-AV

1.3.3 ศึกษาและพัฒนากลไกการค้นหาเชิงความหมายที่มีความแม่นยำ เพื่อรองรับการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา ที่มีต่อประสิทธิภาพการค้นหาของระบบในข้อที่ 1.3.2 ข้างต้น

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1.4.1 เสนอกลไกการเพิ่มขยายเมตาดาต้าภายในระบบ UPnP-AV ผ่านบริการของเกตเวย์ (Gateway) ด้วย Linked Data

1.4.2 ศึกษาเปรียบเทียบกลไกการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง จากการใช้แนวทางต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพความเร็วของการค้นหา และการจัดการกับการขยายของระบบในข้อที่ 1.4.1 ข้างต้น

1.4.3 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำเพื่อรองรับการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา ที่มีต่อประสิทธิภาพการค้นหาของระบบในข้อที่ 1.4.2 ข้างต้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ข้อมูลเชิงสรุปในการเพิ่มขยายเมตาดาต้าภายในบริบทของระบบ UPnP-AV ผ่านบริการของเกตเวย์ด้วย Linked Data

1.5.2 ข้อมูลเชิงสรุปในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านความเร็ว ในการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงของแนวทางต่าง ๆ ที่ใช้ และทำงานอยู่ในระบบของ UPnP-AV

1.5.3 แนวทางที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงที่จัดการได้ง่ายและมีประสิทธิด้านความเร็วที่สุด และทำงานอยู่ในระบบของ UPnP-AV

1.5.4 ข้อมูลเชิงประสิทธิภาพด้านความแม่นยำ เพื่อรองรับการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา และทำงานอยู่ในระบบ UPnP-AV

1.5.5 กลไกทำงานในการค้นหาเชิงความหมายภายในบ้าน เพื่อประโยชน์สำหรับงานประยุกต์ต่าง ๆ เช่น การค้นหาบริการที่รองรับการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา เป็นต้น

1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.6.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขยายเมตาดาต้า ตามมาตรฐาน UPnP เพื่องานประยุกต์ด้านบริการภายในระบบ UPnP-AV และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง

1.6.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับในการให้วัดค่าความคล้ายคลึง เพื่องานประยุกต์ด้านการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา

1.6.3 ศึกษาและพัฒนากลไกการเพิ่มขยายภายในบริบทของระบบ UPnP-AV ผ่านบริการของเกตเวย์ด้วย Linked Data

1.6.4 ศึกษาเปรียบเทียบและทดลองการค้นหาเชิงความหมายขั้นสูง ที่มีผลต่อความเร็วในการค้นหาบริการเชิงความหมายโดยโช้แนวทางต่าง ๆ กัน ข้างต้น พร้อมเลือกวิธีการที่ให้ความรวดเร็วสูงสุด และจัดการเมตาดาต้าได้ง่ายสุด

1.6.5 ศึกษาเปรียบเทียบแนวทางต่าง ๆ พร้อมเลือกแนวทางที่ให้ความแม่นยำที่สุด ในการวัดค่าความคลึงคล้ายกันระหว่างบริการ เพื่อรองรับการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลายภาษา

1.6.6 สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้จัดวางโครงสร้างเป็นบท ๆ รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 5 บท ดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัยรวมถึงประเด็นปัญหาในงานวิจัย วัตถุประสงค์ ขอบเขต ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และขั้นตอนการดำเนินงานในวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้
- บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขยายเมตาดาต้า ตามมาตรฐาน UPnP และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และแนะนำพื้นฐานการทำงานของแนวทางเชิงความหมายแบบขั้นสูง
- บทที่ 3 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำแนวทางเชิงความหมายแบบขั้นสูงที่มีประสิทธิภาพด้านความเร็ว และค้นหาแบบหลายเงื่อนไข จากนั้นจึงแนะนำแนวทางในการพัฒนาระบบการค้นหาเชิงควาหมายสำหรับงานเพิ่มขยายเมตาดาต้า และผลการศึกษาเปรียบเทียบเทคนิคการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงต่าง ๆ ในบริบทงานข้างต้นอีกด้วย
- บทที่ 4 กล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ด้านการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบหลาย

ภาษา และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งแนะนำแนวทางการวัดค่าความคล้ายคลึงกันแบบพื้นฐาน พร้อมผลการศึกษาความเป็นไปได้ในวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพด้านความแม่นยำ

- บทที่ 5 เป็นบทสรุป พร้อมข้อแนะนำที่มีประโยชน์ต่อการวิจัยต่อไป

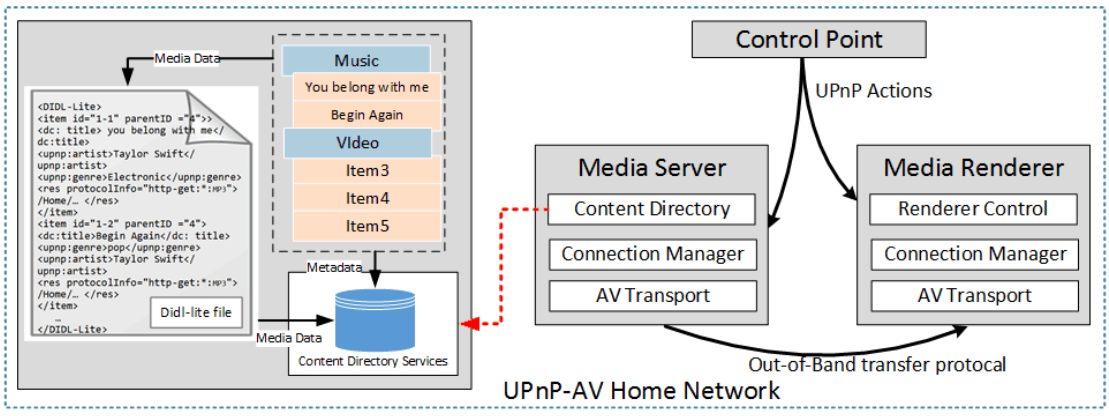
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

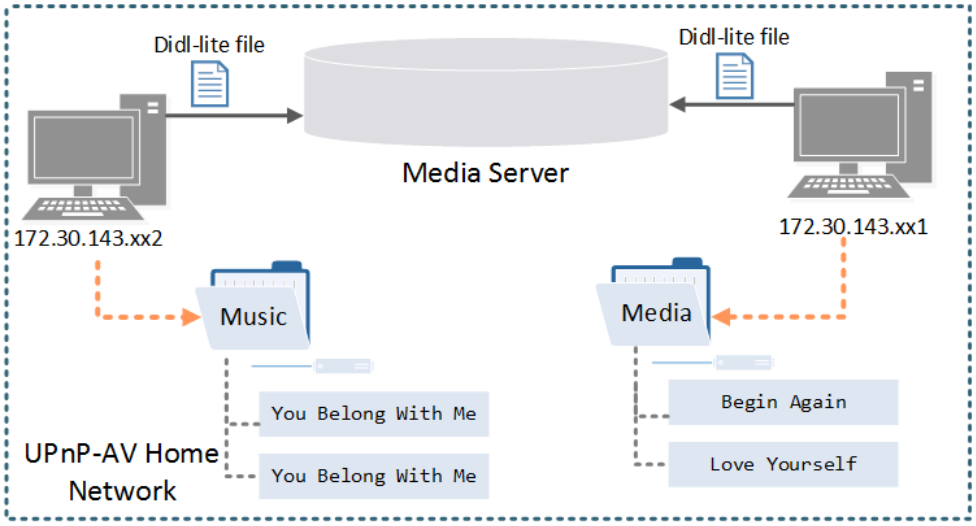
ในบทนี้ เริ่มต้นกล่าวถึงการค้นหาบริการเชิงความหมายแบบพื้นฐานภายในระบบ UPnP-AV และกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากลไกการค้นหาบริการเชิงความหมายที่มีประสิทธิภาพ พร้อมแก้ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV ซึ่งปัจจุบันไม่สามารถค้นหาบริการแบบหลายเงื่อนไขได้ ทั้งยังขาดประสิทธิภาพด้านความเร็ว

2.2 แนวทางการค้นหาบริการในระบบ UPnP-AV

ระบบ UPnP-AV เป็นระบบที่กำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์และอธิบายบริการต่าง ๆ โดยเจาะจงไปยังมีเดียที่เป็นออดิโอและวีดีโอ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนแสดงมีเดียและสามารถกำหนดความต้องการที่มีการให้บริการภายในระบบ ดังแสดงในภาพประกอบ 2-1 แสดงให้เห็นถึงแผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV ซึ่งประกอบด้วย 1) คลังมีเดีย (Media Server) เป็นคอมพิวเตอร์ให้บริการมัลติมีเดียพร้อมกับสารบัญมีเดีย (Content Directory Services หรือ CDS) 2) ส่วนแสดงมีเดีย (Media Renderers) เป็นอุปกรณ์ หรือคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่แสดงผลมัลติมีเดีย และ 3) ส่วนควบคุม (Control Point) เป็นอุปกรณ์ หรือคอมพิวเตอร์นอกจากจะทำหน้าที่รับข้อมูลสารบัญเพื่อให้ผู้ใช้ได้เลือกตามต้องการแล้ว ยังมีหน้าที่สั่งการควบคุมตัวจัดการ (Connection Manager) ในคลังมีเดีย เพื่อให้ส่งข้อมูลมัลติมีเดียไปยังตัวจัดการที่อยู่ในส่วนแสดงมีเดียที่ต้องการเพื่อการแสดงผลต่อไปอีกด้วย

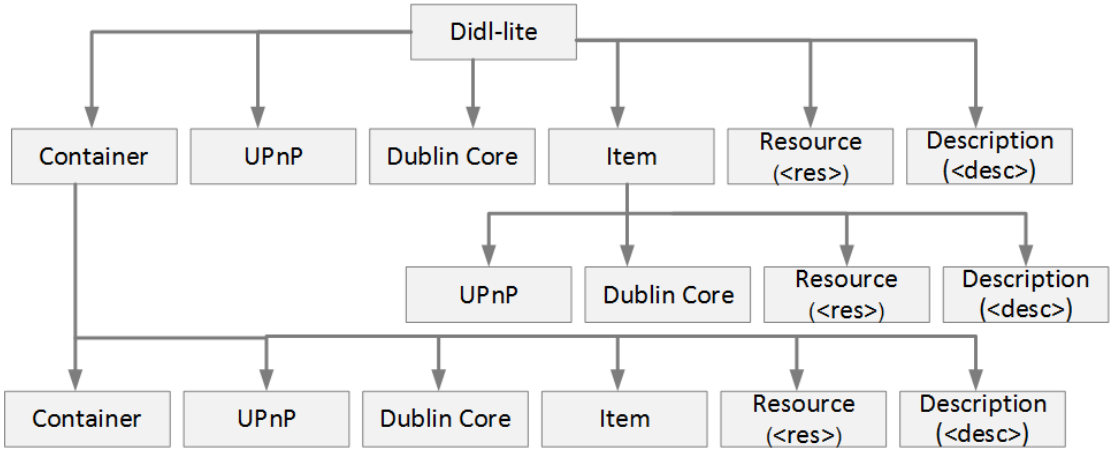


ภาพประกอบ 2-1 ภาพรวมของการค้นหาในระบบ UPnP-AV



ภาพประกอบ 2-2 ตัวอย่างการประกาศบริการเก็บในคลังมีเดีย

ภายในระบบ UPnP-AV มีบริการต่าง ๆ เช่น การเรียกดู (Browse) การค้นหา (Searching) เป็นต้น โดยการเรียกดูและการค้นหาบริการในระบบ UPnP-AV นั้น เริ่มต้นจากนำอุปกรณ์เข้ามายังสิ่งแวดล้อมดังกล่าว จากนั้นอุปกรณ์จะทำการประกาศบริการต่าง ๆ (ภาพประกอบ 2-2) โดยอยู่ในเค้าร่าง (Schema) โครงสร้างดีไอดีแอลไลต์ (DIDL-Lite) ดังแสดงในภาพประกอบ 2-3 โดยมี Container ที่ทำหน้าที่บรรจุข้อมูลต่าง ๆ สำหรับอธิบายบริการ ได้แก่



ภาพประกอบ 2-3 โครงสร้างข้อมูลของดีแอลดีไอไลต์

1) Dublin Core คือ คำศัพท์เมตาดาต้าของดับลินคอร์ (Dublin Core) สำหรับอธิบายมีเดีย โดยมีคำศัพท์ตามตาราง 2-1

2) UPnP คือ คำศัพท์เมตาดาต้าของ UPnP สำหรับอธิบายมีเดีย

3) Res คือ ป้ายบอกข้อมูล (Tag) ระบุตำแหน่งของบริการ

4) Item คือ สิ่งที่อธิบายข้อมูลบริการในแต่ละบริการ โดยประกอบด้วยคำศัพท์จาก Dublin Core UPnP Res และ Desc

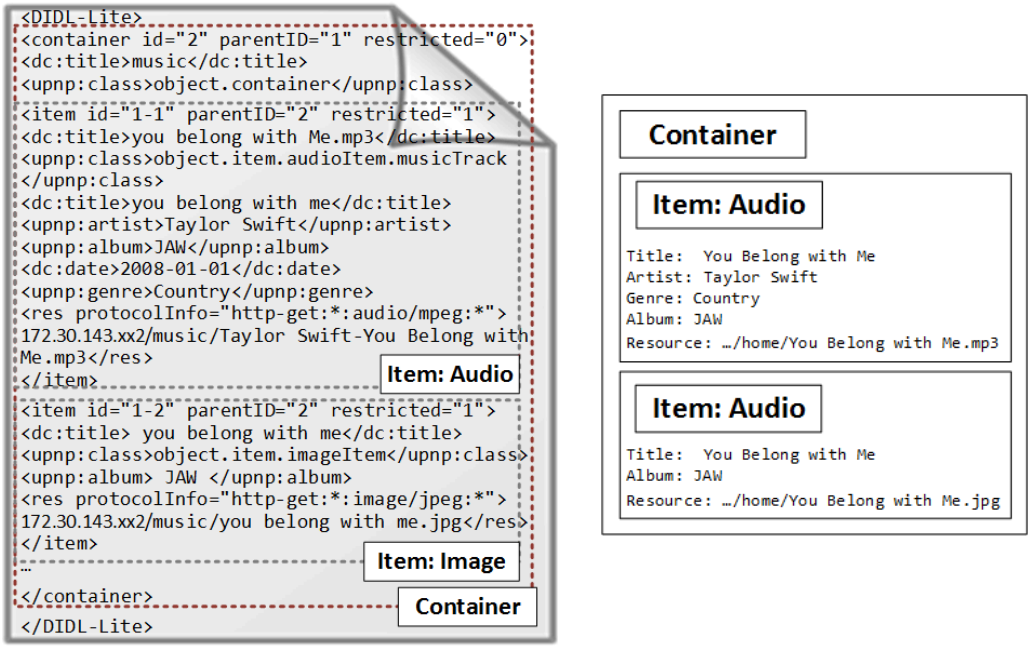
5) Container คือ สิ่งที่บรรจุข้อมูลต่าง ๆ ที่อธิบายข้อมูลบริการภายในเครือข่าย โดยสามารถเปรียบเทียบได้กับกล่องแฟ้มข้อมูล (Folder) จะเห็นได้ว่า โดยทั่วไปแล้ว Container มีอย่างน้อย 1 ระดับข้อมูล

6) Desc คือ ป้ายบอกข้อมูล สำหรับอธิบายมีเดียที่เพิ่มเติมจากคำศัพท์ Dublin Core หรือ UPnP

ตาราง 2-1 คำศัพท์สำหรับอธิบายมัลติมีเดีย

เมตาดาต้าของดับลินคอร์				
Subject	Description	Format	Relation	Publisher
Title	Contributor	Identifier	Source	Resource type
Creator	Date	Coverage	Rights	Language

นอกจากนี้ ภายใน Container เดียวกันคือกลุ่มข้อมูลบริการมาจากกล่องแฟ้มข้อมูลหรืออัลบั้มเดียวกัน โดยได้แสดงตัวอย่างของการส่งรายละเอียดข้อมูลที่ให้บริการ (ภาพประกอบ 2-4 ที่ได้จากภาพประกอบ 2-2) มายังส่วนของคลังมีเดียโดยจะทำการรวบรวมไฟล์ต่าง ๆ ที่ได้รับจากอุปกรณ์โดยเก็บไว้ในส่วนของสารบัญมีเดียนั้นเอง



ภาพประกอบ 2-4 เอกสารไฟล์ดีแอลดีไอไลต์ เพื่อแสดงรายละเอียดข้อมูลบริการต่าง ๆ

จากข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมต่าง ๆ เช่น เมตาดาต้าที่มีอยู่จำกัด และไม่รองรับการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ จึงเกิดแนวทางการปรับปรุงการค้นหาภายในระบบ UPnP-AV ประกอบด้วย 3 แนวทาง 1) การขยายเมตาดาต้าในไฟล์ Didl-lite เพื่อขยายเมตาดาต้าที่มีอยู่จำกัดภายในระบบ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุด เช่น งานวิจัย [12] เป็นต้น 2) การรวมคลังมีเดียเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านเวลาของการค้นหาบริการจากหลายแหล่ง เช่น งานวิจัย [15] เป็นต้น และ 3) การขยายคลังมีเดียด้วยเกตเวย์ เพื่อขยายกลไกการค้นหาให้สามารถทำงานได้หลากหลาย เช่น งานวิจัย [14] รองรับการค้นหาตามความชอบของบุคคล เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จากตาราง 2-2 พบว่าวิทยานิพนธ์นี้พิจารณาเลือก แนวทางการขยายคลังมีเดียด้วยเกตเวย์ จากเหตุผลข้อดีต่าง ๆ ได้แก่ ก) ง่ายต่อการนำเมตาดาต้าจากภายนอกเข้ามาขยายขอบเขตการค้นหา เนื่องจากเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัด และ ข) ความง่ายต่อการพัฒนารูปแบบการค้นหาแบบอื่น ๆ (เช่น การค้นหาเชิงความหมายแบบหลายเงื่อนไข)

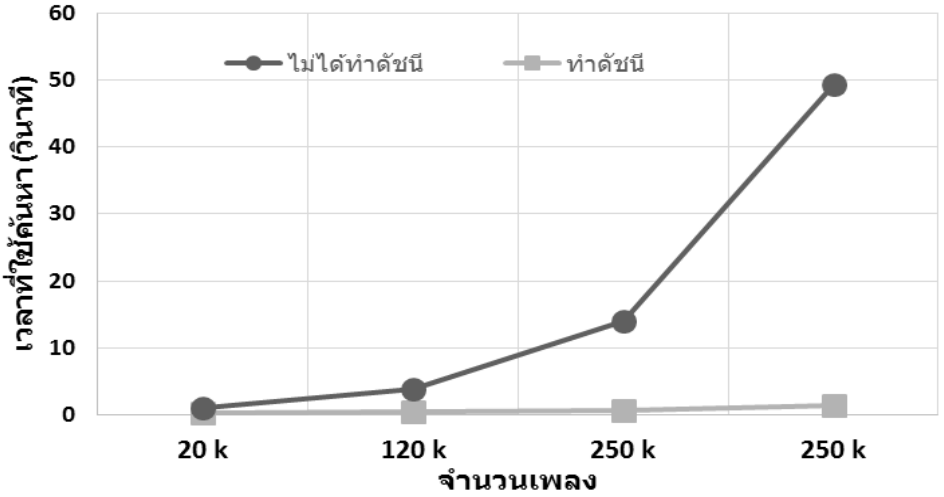
ตาราง 2-2 แนวทางต่าง ๆ ในการค้นหาบริการในระบบ UPnP-AV

แนวทางการค้นหาบริการ	**การประยุกต์ใช้เพื่อค้นหามัลติมีเดีย**	
	ความเหมาะสม	**เหตุผล**
1. การขยายเมตาดาต้าในไฟล์ Didl-lite	✗	เมตาดาต้าจำเป็นต้องเป็นคำศัพท์มาตรฐาน อีกทั้งมีความยุ่งยากในการเพิ่มขยาย
2. การรวมคลังมีเดีย	✗	ถึงแม้ว่าจัดเก็บรวมในที่เดียวกัน จะแก้ไขปัญหาการค้นหาในหลาย ๆ ที่ แต่ยังมีข้อด้อยในเรื่องของเวลาการค้นหา
3. การขยายคลังมีเดียด้วยเกตเวย์	✓	ไม่ต้องไปแก้ไขมาตรฐานการจัดเก็บบริการต่าง ๆ และง่ายต่อการเพิ่มขยายเมตาดาต้าและเพิ่มแนวทางการค้นหาแบบอื่น ๆ

2.3 ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV สำหรับการค้นหาบริการ

2.3.1 ที่มาของปัญหา

แม้ว่าในงานวิจัยนี้ได้พิจารณานำแนวทางการขยายคลังมีเดียไปใช้ในการปรับปรุงการค้นหา แต่ยังพบข้อด้อยเรื่องประสิทธิภาพด้านความเร็วของการค้นหาบริการต่าง ๆ โดยหากพิจารณารูปกราฟผลลัพธ์ในภาพประกอบ 2-4 แล้ว จะสังเกตเห็นว่า ความสัมพันธ์ของเวลาที่ใช้ในการค้นหาบริการระหว่างมีการทำดัชนีและไม่มีการทำดัชนี นั่นต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีของไม่มีการทำดัชนี เมื่อจำนวนเพลง มีมากขึ้นเวลาที่ใช้ในการค้นหามากขึ้นตามจำนวนของเพลง แต่หากมีการทำดัชนีไว้แล้ว จะเห็นได้ว่า จำนวนเพลงไม่มีผลต่อความเร็วในการค้นหาบริการนั่นเอง



ภาพประกอบ 2-5 ผลการทดลองระหว่างมีการทำดัชนีและไม่มีการทำดัชนี

ดังนั้น ในทางปฏิบัติแล้ว การทำดัชนีสามารถช่วยในเรื่องประสิทธิภาพด้านความเร็ว อย่างไรก็ตาม พบว่าการค้นหามีข้อจำกัดที่ไม่สามารถรองรับการค้นหามัลติมีเดียแบบหลายเงื่อนไขได้ เช่น ต้องการหาเพลงที่เขียนโดย “Taylor Swift” และนักร้อง “Taylor Swift” เป็นต้น เกิดจากข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของระบบเดิม เนื่องจากเมตาดาต้าที่มีอยู่จำกัด และจากโครงสร้างการจัดเก็บตามมาตราฐานอยู่ในรูปแบบ XML ทำให้มีความยุ่งยากในการเพิ่มขยายเมตาดาต้าเข้ายังระบบ ดังนั้น จึงได้ศึกษาทบทวนวรรณกรรมต่าง ๆ เพื่อแก้ไขข้อด้อยของสถาปัตยกรรมต่อไป

2.3.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อแก้ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมภายในระบบ UPnP-AV สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ 1) ศึกษาการขยายเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในระบบ UPnP-AV 2) ศึกษาแนวทางการค้นหาเพื่อให้สามารถค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ และ 3) ศึกษารูปแบบจัดเก็บของข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็วของการค้นหา

- งานวิจัยประเภทที่ 1 ศึกษาการขยายเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในระบบ UPnP-AV โดยในงานวิจัย [12] ได้เสนอการเพิ่มขยายไฟล์เอกสารแบบ XML ตามมาตรฐาน UPnP-AV ในสารบัญที่อธิบายมีเดียต่าง ๆ ในส่วนของคลังมีเดีย ซึ่งมีอยู่จำกัดภายในระบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานสูงสุด จะเห็นได้ว่า งานวิจัยข้างต้นสามารถนำเมตาดาต้าจากภายนอกมาแก้ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรม โดยงานวิจัย [7]–[9] ได้นำเสนอการนำ Linked Data ที่มีการเผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้ประโยชน์จากเมตาดาต้าที่เป็นมาตราฐาน โดยการอธิบายข้อมูลต่าง ๆ อีกทั้งระบบก็สามารถเข้าใจและตีความ
- งานวิจัยประเภทที่ 2 ศึกษาการค้นหามัลติมีเดียเชิงความหมาย เพื่อปรับปรุงการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ พบว่าใน [16] นำการค้นหาเชิงความหมาย ในข้อมูลที่เป็นข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data) หรือ มัลติมีเดีย (Multimedia) ให้สามารถค้นคืนมีเดียที่มีความคล้ายคลึงกันและ

[10], [11] นำเสนอการใช้ Semantic Indexing มาใช้ในบริบทของเอกสารเพื่อปรับปรุงการค้นหาได้เร็วมากยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถคืนเอกสารที่เกี่ยวข้องกันได้อีกด้วย

- งานวิจัยประเภทที่ 3 ศึกษารูปแบบจัดเก็บของข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านความเร็วของการค้นหา เพื่อทำดัชนีมัลติมีเดีย จากการศึกษาการจัดการของการจัดเก็บแบบ RDF สำหรับเตรียมข้อมูลในการทำดัชนีข้อมูลสำหรับการนำไปใช้งาน โดยในงานวิจัย [17]–[19] ได้เสนอแนวทางการจัดการข้อมูลสำหรับ RDF ให้เหมาะสมในแต่ละรูปแบบจาก งานวิจัยข้างต้นแบ่งรูปแบบการจัดเก็บออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบการจัดเก็บแบบตาราง Triple (Triple Table) รูปแบบการจัดเก็บแบบตารางคุณลักษณะ (Property Table) และรูปแบบการจัดเก็บแบบแบ่งแนวตั้ง (Vertical Partitioning) สามารถเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของทั้งสามรูปแบบ และอธิบายในตาราง 2-3 จะเห็นได้ว่า การจัดเก็บแบบแบ่งแนวตั้ง ไม่เหมาะสมในการจัดเก็บในวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากสร้างดัชนีตามจำนวนของคุณลักษณะของข้อมูล ส่งผลต่อประสิทธิภาพด้านความเร็วของการทำดัชนี ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการจัดเก็บแบบตาราง Triple และแบบตารางคุณลักษณะและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการทำดัชนีต่อไป

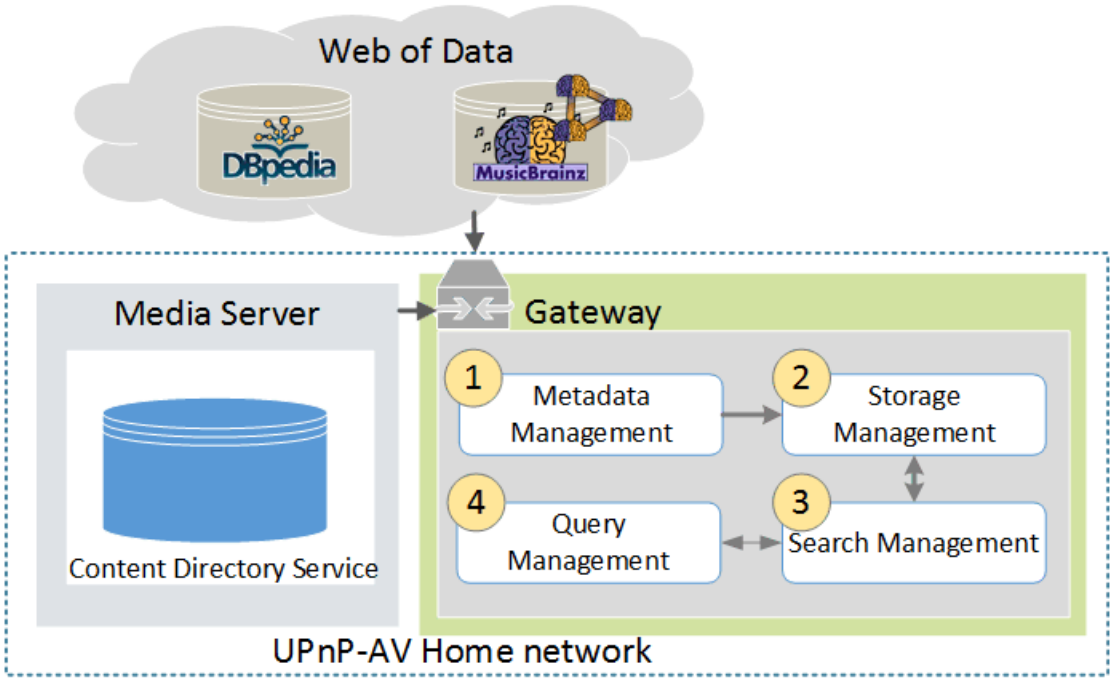
ตาราง 2-3 เปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของรูปแบบการจัดเก็บ

รูปแบบการจัดเก็บ	ข้อดี	ข้อด้อย
รูปแบบการจัดเก็บแบบแบ่งแนวตั้ง (Vertical Partitioning)	ให้ประสิทธิภาพที่ดีเมื่อ predicate มีจำนวนน้อย	1. ต้อง joins หรือ union จากหลายตาราง เมื่อต้องการข้อมูลที่ได้จัดเก็บ 2. ใช้เวลานาน จากที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น
รูปแบบการจัดเก็บแบบตาราง Triple (Triple Table)	จัดการข้อมูลได้ง่าย	1. ประมวลผลได้ช้า 2. ต้องการตัวช่วยในการ joins ข้อมูลภายในตาราง
รูปแบบการจัดเก็บแบบตารางคุณลักษณะ (Property Table)	ให้ประสิทธิภาพที่ดีเมื่อ ข้อมูลอยู่ในโครงสร้างเดียวกัน และลดการ joins ข้อมูลภายในตาราง	1. ขาดความสามารถในการจัดการข้อมูลที่มีหลายค่า 2. ข้อมูลที่ไม่มีโครงสร้างยากต่อการจัดการ

2.3.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา

แนวทางการดำเนินการของวิทยานิพนธ์ในส่วนนี้มีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยทั้งสามประเภท ที่ได้ยกตัวอย่างในข้อที่ 2.3.2 ข้างต้น กล่าวคือ มีการนำแนวคิดการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงมาใช้แทนการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานที่เป็นมาตราฐานในระบบ UPnP-AV และขยายเมตาดาต้าด้วย Linked Data เพื่อปรับปรุงเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัดในระบบ ดังนั้น ภาพรวม

ของแนวคิดที่ได้นำเสนอการทำงานของกลไกดังภาพประกอบ 2-5 โดยขยายคลังมีเดียด้วยเกตเวย์เพื่อรองรับการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง และขยายเมตาดาต้าจากภายนอก



ภาพประกอบ 2-6 ภาพรวมของแนวคิดที่ได้นำเสนอ

2.3.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.3.4.1 ข้อมูลที่มีการเชื่อมโยง (Linked Data)

ปัจจุบันนี้การจัดการการเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของ Semantic Web ซึ่งเป็นรูปแบบเชิงความหมาย โดยมีการเผยแพร่ข้อมูลให้สามารถเข้าถึงได้ ซึ่งรวบรวมคลังข้อมูลจากหลาย ๆ คลังข้อมูลมาจัดเก็บ และเชื่อมโยงกัน เรียกว่า Linked Data[1] ประกอบด้วย ข้อมูลสถานที่ บุคคล เพลง หนัง และอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้มุ่งเน้นข้อมูลของเพลง มีรายละเอียดของคลังข้อมูลดังนี้

- **DBTune**[2] เป็นคลังที่รวบรวมข้อมูลเพลงที่มีการเผยแพร่ในอินเทอร์เน็ต โดยมีโครงสร้างข้อมูลเดียวกัน ให้สามารถเชื่อมโยงกันเพื่อง่ายต่อการเข้าถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเพลงทั้งหมด โดยการเข้าถึงข้อมูลต้องอยู่ภายใต้พื้นฐานของมาตราฐานเว็บได้แก่ RDF และ SPARQL
- **Linkedbrainz**[3] เป็นส่วนที่เผยแพร่ข้อมูลในฐานข้อมูล Musicbrainz[4] สู่ Linked Data เพื่อสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ซึ่งมีการแปลงข้อมูลอยู่ในรูปแบบของ RDF จากนั้นทำการ

[1] http://linkeddata.org/
[2] http://dbtune.org/
[3] http://linkedbrainz.c4dmpresents.org/
[4] https://musicbrainz.org/

เทียบคำศัพท์เมตาดาต้ากับเมตาดาต้ามาตราฐาน และออนโทโลยีอื่น ๆ นอกจากนี้ สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวผ่าน URIs และ SPARQL Endpoint สำหรับการค้นหาใน Musicbrainz

- **DBPedia**[5] เป็นคลังที่เผยแพร่ข้อมูลสถานที่ บุคคล เพลง และอื่น ๆ ในแนวทางของ Linked Data ให้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย โดยข้อมูลมีความสัมพันธ์กัน และใช้คำศัพท์ที่เป็นมาตราฐาน โดยสามารถเข้าถึงผ่าน URIs หรือ SPARQL Endpoint สำหรับการค้นหา

2.3.4.2 การจัดเก็บเพื่อทำดัชนีมัลติมีเดียและการค้นหาเชิงความหมาย

แนวทางการจัดเก็บมัลติมีเดีย โดยข้อมูลอยู่ในรูปแบบ RDF ซึ่งได้กล่าวไว้ในงานวิจัยประเภทที่ 3 ในหัวข้อ 2.3.2 ประกอบด้วย 2 แบบ ดังภาพประกอบ 2-6 คือ รูปแบบการจัดเก็บแบบตาราง Triple (ก) รูปแบบการจัดเก็บแบบตารางคุณลักษณะ (ข) ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดการจัดเก็บแต่ละรูปแบบ ดังต่อไปนี้

- **รูปแบบการจัดเก็บแบบตาราง Triple** คือ การจัดเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบตาราง Triple ซึ่ง ประกอบไปด้วย ประธาน (Subject) คุณลักษณะ (Predicate) และกรรม (Object)

- **รูปแบบการจัดเก็บแบบตารางคุณลักษณะ** คือ การจัดเก็บข้อมูลที่ประกอบด้วย 2 ตาราง โดยตารางแรกเก็บคุณลักษณะของข้อมูล (Predicate) ที่ใช้ร่วมกันมาจัดเก็บอยู่ในตารางเดียวกัน และในตารางที่สองจะจัดเก็บข้อมูลที่คุณลักษณะของข้อมูลที่ไม่ใช้ร่วมกัน โดยจัดเก็บอยู่ในรูปแบบตาราง Triple

Subject	Predicate	Object
1-1	rdfs:subClassOf	4
1-1	dc:title	you belong with me
1-1	upnp:class	object.item.audioItem.musicTrack
1-1	upnp:artist	Taylor Swift
1-1	rdf:resources	…/home/You belong with me.mp3
1-2	rdfs:subClassOf	4
1-2	dc:title	Begin Again
1-2	upnp:artist	Taylor Swift
1-2	rdf:resources	…/Home/Begin again.mp3

(ก)

Subject	dc:title	upnp:artist	upnp:genre
1-1	you belong with me	Taylor Swift	Electronic
1-2	you belong with me	Taylor Swift	Pop

Subject	Predicate	Object
1-1	upnp:album	JAW

(ข)

ภาพประกอบ 2-7 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูล (ก) ตาราง Triple และ (ข) ตารางคุณลักษณะ

[5]http://wiki.dbpedia.org/

จากการศึกษาแนวทางการพัฒนาการค้นหาบริการต่าง ๆ ได้นำเสนอรายละเอียดการขยายกลไกด้วยเกตเวย์ในบทต่อไป เพื่อปรับปรุงการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง และเปรียบเทียบผลการทดลองประสิทธิภาพด้านความเร็วของการทำดัชนี สำหรับหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม ในการแก้ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมของระบบ UPnP-AV ต่อไป

บทที่ 3
กลไกการเพิ่มขยายเมตาดาต้าเพื่อการค้นหาบริการเชิงความหมาย

3.1 บทนำ

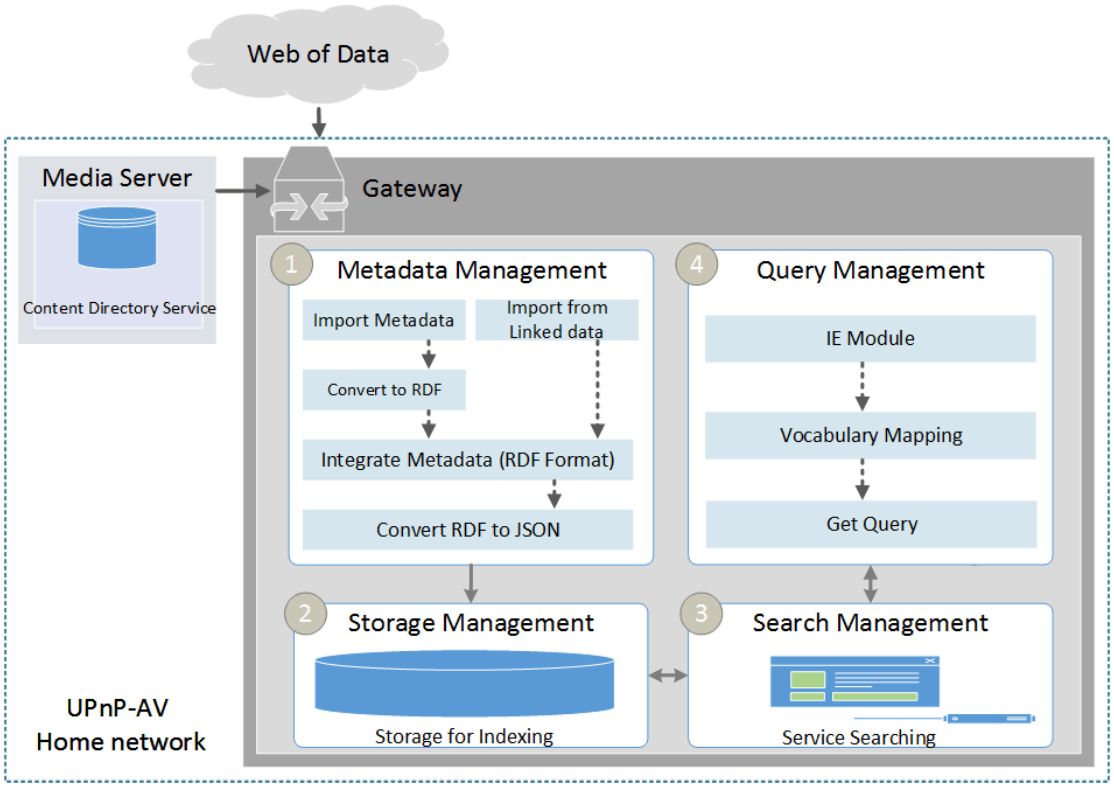
ในบทนี้ เริ่มต้นกล่าวถึงการออกแบบระบบตามสถาปัตยกรรมเพื่อทดสอบแนวคิดอันประกอบไปด้วย กลไกการเพิ่มขยายเมตาดาต้า และการค้นหาบริการภายในระบบ UPnP-AV เพื่อแก้ปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมสำหรับการค้นหาบริการ โดยทั้งนี้ได้นำเสนอผลการเปรียบเทียบการค้นหาบริการของระบบ UPnP-AV โดยวิธีการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน และวิธีการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง จากนั้นจึงเป็นการรายงานผลการศึกษาถึงการนำการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงมาแทนวิธีการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพด้านความเร็ว โดยทั้งนี้การค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาเพื่อให้ค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้มากขึ้น

3.2 สถาปัตยกรรมของระบบ

จากการมุ่งเน้นขยายกลไกด้วยเกตเวย์ เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการค้นหาที่ยังขาดการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ภายในระบบ โดยการนำกลไกการค้นหาเชิงความหมายแบบอื่น ๆ ที่มีรูปแบบการจัดเก็บตามมาตราฐานการจัดเก็บแบบ RDF มาใช้ โดยในภาพประกอบ 2-4 แสดงสถาปัตยกรรมของระบบ ซึ่งจะอธิบายการทำงานย่อยของกลไกทั้งระบบตามภาพประกอบ 3-1 โดยกลไกประกอบด้วย 2 กลไกการทำงาน คือ การเพิ่มขยายเมตาดาต้าด้วย Linked Data และการค้นหาบริการภายในระบบ UPnP-AV

นอกจากนี้ จากสองกลไกการทำงานข้างต้น จะแยกส่วนการทำงานหลัก 4 ส่วน และเป็นอิสระต่อกัน มีรายละเอียดการทำงานหลัก ดังนี้

1. **การจัดการเมตาดาต้า (Metadata Management)** เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลที่อธิบายรายละเอียดของบริการ (หมายเลข 1)
2. **การจัดการจัดเก็บข้อมูล (Storage Management)** เป็นส่วนของการจัดการการจัดเก็บข้อมูลที่อธิบายรายละเอียดข้อมูล (หมายเลข 2)
3. **การจัดการการค้นหา (Search Management)** เป็นส่วนของการจัดการค้นหาใน repository ของการทำดัชนีข้อมูล (หมายเลข 3)
4. **การจัดการคำค้น (Query Management)** เป็นส่วนของการจัดการคำค้นจากผู้ใช้งาน (หมายเลข 4)

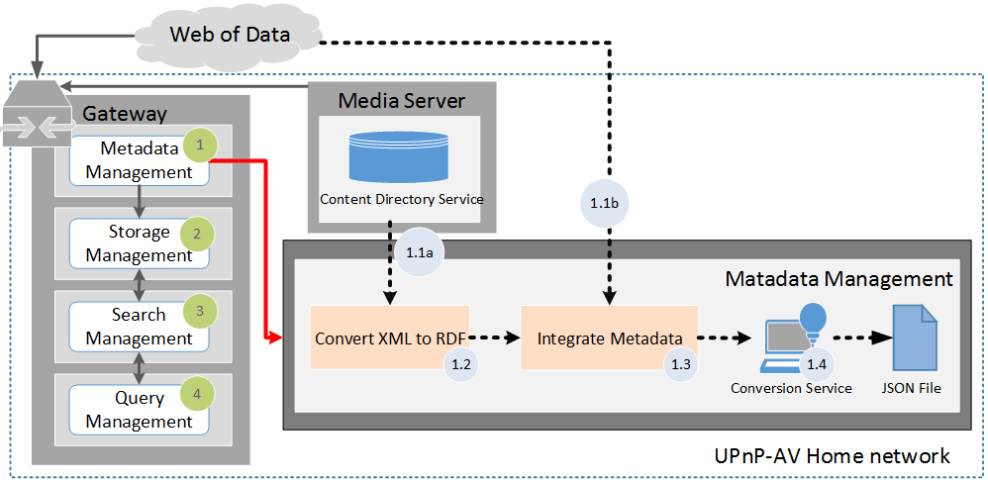


ภาพประกอบ 3-1 ภาพรวมการทำงานของกลไก

โดยจะแบ่งแยกอธิบายเป็นส่วน ๆ ในหัวข้อถัดไป เพื่อง่ายต่อการนำมาใช้และเข้าใจการทำงานมากยิ่งขึ้น

3.3 การจัดการเมตาดาต้า

หน่วยการทำงานหลักของการจัดการเมตาดาต้าของข้อมูลเพื่อเตรียมข้อมูลไปทำดัชนีและเตรียมการจัดเก็บ ได้แสดงตามภาพประกอบ 3-2 ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ



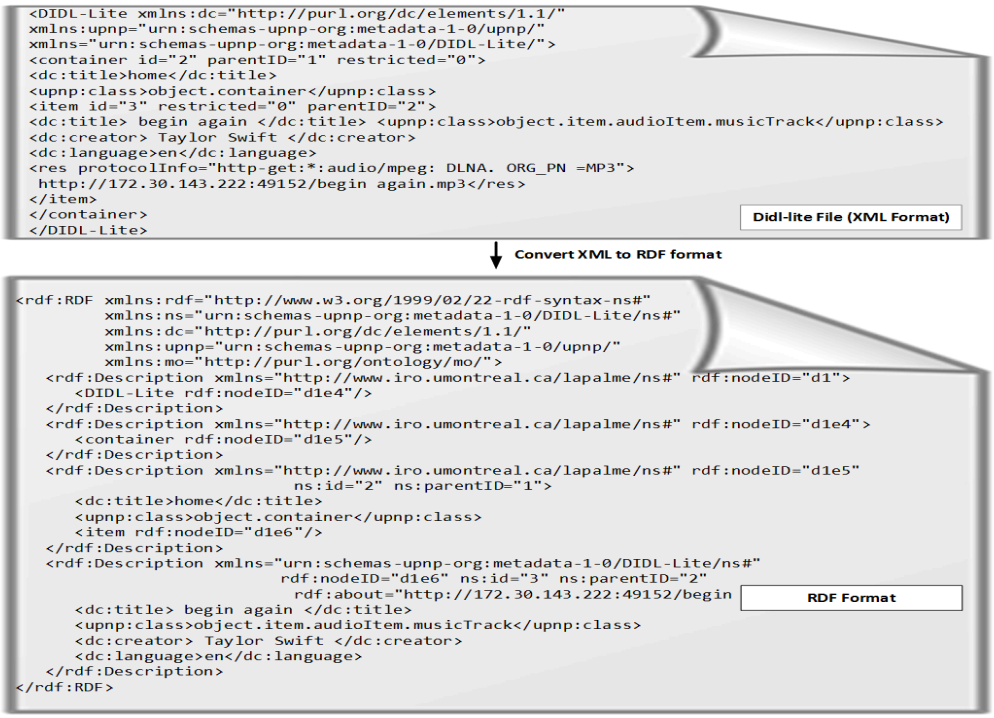
ภาพประกอบ 3-2 ภาพรวมของกลไกของระบบในส่วนของการจัดการเมตาดาต้า

ขั้นตอนที่ 1 การจัดการกับข้อมูลที่เข้ามาโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลจากภายในสารบัญมีเดีย (CDS) (หมายเลข 1.1a) และข้อมูลจากภายนอกโดยใช้ข้อมูลจาก Linked Data (หมายเลข 1.1b)

ขั้นตอนที่ 2 เมตาดาต้าจากภายใน (หมายเลข 1.1a) ที่ได้จากคลังมีเดียจำเป็นที่ต้องแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก XML เป็นรูปแบบ Resource Description Framework (RDF) โดยเปรียบเทียบกับคำศัพท์ที่มีอยู่ และคำศัพท์จาก music ontology (mo)[7] RDF schema (RDFs)[8] โดยแสดงรายละเอียดของคำศัพท์ในตาราง 3-1 และแสดงตัวอย่างในการแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก XML เป็น RDF ในภาพประกอบ 3-3

ตาราง 3-1 การแปลงคำศัพท์จาก XML ไปยัง RDF

DIDL-Lite (xml format)	RDFs
Item:id, Container:id	rdf:id
parentID	rdf:subClassOf
res	rdfs:resources
protocolInfo	mo:encoding
duration	mo:duration
resolution	mo:frameSize

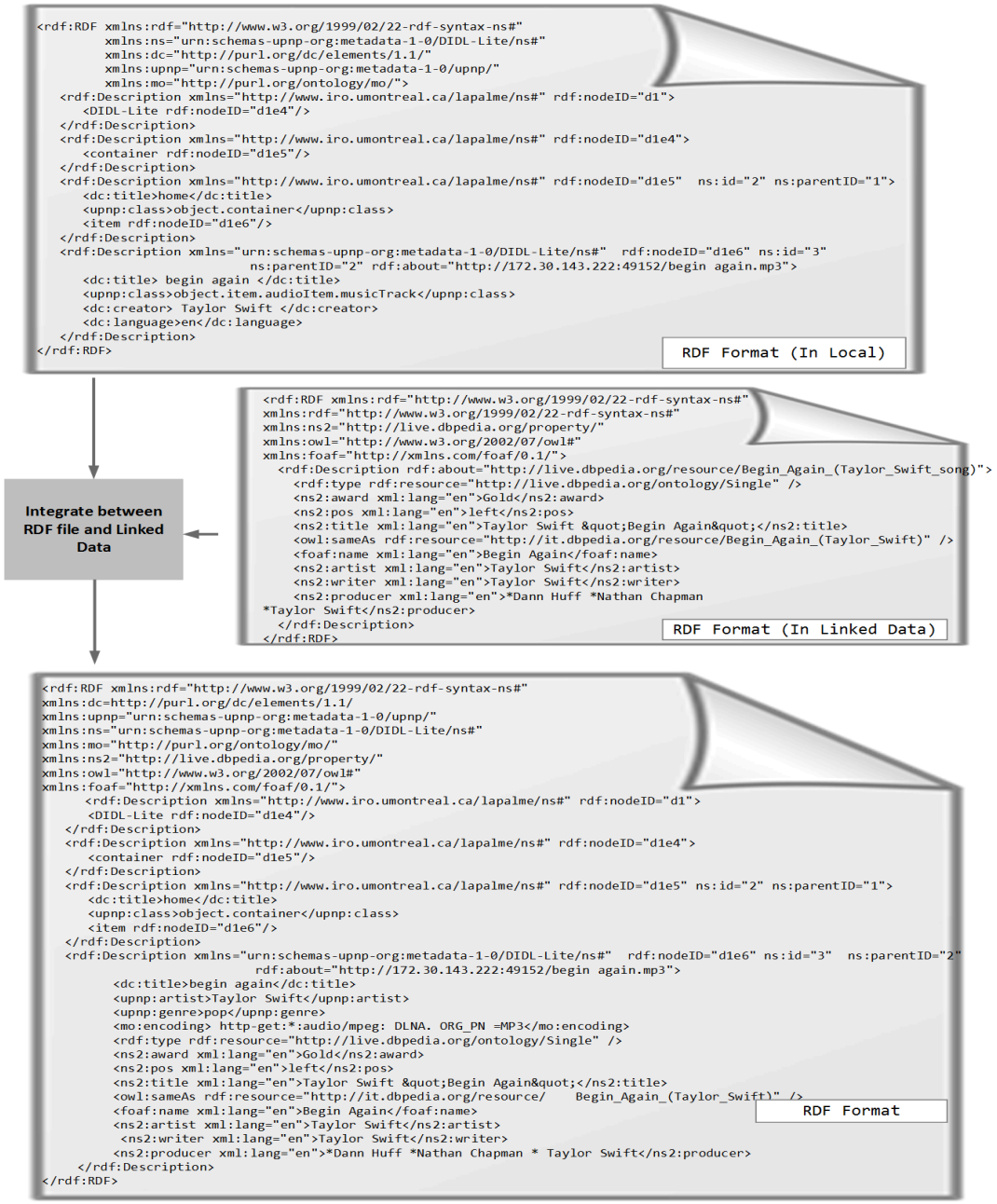


ภาพประกอบ 3-3 ตัวอย่างการแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก XML เป็น RDF

[7]http://musicontology.com/

[8]https://www.w3.org/TR/rdf-schema/

ขั้นตอนที่ 3 การรวมเมตาดาต้า (Integrate Metadata) (หมายเลข 1.3) ทั้งจากภายใน และภายนอก นั่นคือ แปลงข้อมูลอยู่ในรูปแบบ RDF (หมายเลข 1.2) และภายนอกที่อยู่ในรูปแบบ RDF (หมายเลข 1.1b) โดยจัดเก็บในรูปแบบ RDF ในภาพประกอบ 3-4 และแปลงในรูปแบบ JavaScript Object Notation (JSON) (หมายเลข 1.4) โดยแสดงตัวอย่างการแปลงจากรูปแบบ RDF ไปยังรูปแบบ JSON ตามภาพประกอบ 3-5



ภาพประกอบ 3-4 ตัวอย่างการรวมเมตาดาต้าทั้งจากภายในและภายนอกระบบ

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:dc=http://purl.org/dc/elements/1.1/
xmlns:upnp="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/upnp/"
xmlns:ns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#"
xmlns:mo="http://purl.org/ontology/mo/"
xmlns:ns2="http://live.dbpedia.org/property/"
xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
xmlns:foaf="http://xmlns.com/foaf/0.1/">
     <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1">
     <DIDL-Lite rdf:nodeID="d1e4"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1e4">
      <container rdf:nodeID="d1e5"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1e5" ns:id="2"
                           ns:parentID="1">
      <dc:title>home</dc:title>
      <upnp:class>object.container</upnp:class>
      <item rdf:nodeID="d1e6"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#"  rdf:nodeID="d1e6"
             ns:id="3"ns:parentID="2" rdf:about="http://172.30.143.222:49152/begin again.mp3">
         <dc:title>begin again</dc:title>
         <upnp:artist>Taylor Swift</upnp:artist>
         <upnp:genre>pop</upnp:genre>
         <mo:encoding> http-get:*:audio/mpeg: DLNA. ORG_PN =MP3</mo:encoding>
         <rdf:type rdf:resource="http://live.dbpedia.org/ontology/Single" />
         <ns2:award xml:lang="en">Gold</ns2:award>
         <ns2:pos xml:lang="en">left</ns2:pos>
         <ns2:title xml:lang="en">Taylor Swift &amp;quot;Begin Again&amp;quot;</ns2:title>
         <owl:sameAs rdf:resource="http://it.dbpedia.org/resource/Begin_Again_(Taylor_Swift)" />
         <foaf:name xml:lang="en">Begin Again</foaf:name>
         <ns2:artist xml:lang="en">Taylor Swift</ns2:artist>
          <ns2:writer xml:lang="en">Taylor Swift</ns2:writer>
         <ns2:producer xml:lang="en">*Dann Huff *Nathan Chapman * Taylor Swift</ns2:producer>
    </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

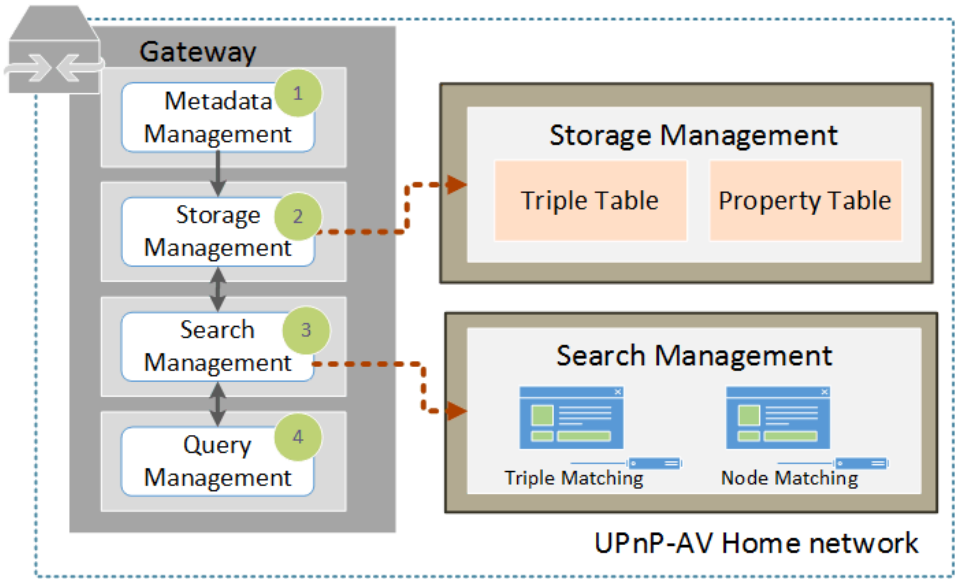
```
{
 "@context": {
   "rdf"="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
    "dc"="http://purl.org/dc/elements/1.1/",
    "ns"="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#",
    "upnp"="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/upnp/",
    "mo"="http://purl.org/ontology/mo/",
    "ns2"="http://live.dbpedia.org/property/",
    "owl"="http://www.w3.org/2002/07/owl#",
    "foaf"="http://xmlns.com/foaf/0.1/"  },

   { "@id": "_:N91fa3207499f4044a573678ebfac623a",
     "ns:DIDL-Lite ": {
       "@id": "_:N4fdfcaa6246943ca9293c8ba95471a72"
     }},
   {  "@id": "_:N4fdfcaa6246943ca9293c8ba95471a72",
     "dc:title" : "begin again",
     "upnp:class" : "object.container",
     "ns:item": {
       "@id": "_:N0bb7dd55a33342059be9fb4aa0d592eb"
     }},
     {   "@id": "_:N0bb7dd55a33342059be9fb4aa0d592eb",
         "dc:title" : "begin again",
         "mo:encoding" : " http-get:*:audio/mpeg:DLNA. ORG_PN =MP3",
         "rdf:id" : "1-1",
         "rdf:resource":"http://172.30.143.222:49152/ song for thesis
         "upnp:artist" : "Taylor Swift",
         "upnp:genre " : "pop",
         "ns2:award" : "Gold",
         "ns2:title" : "Taylor Swift &amp;quot;Begin Again&amp;quot;",
         "foaf:name" : "Begin Again",
         "ns2:writer" : "Taylor Swift",
         "ns2:producer":"*Dann Huff *Nathan Chapman * Taylor Swift"
   }}
```

ภาพประกอบ 3-5 ตัวอย่างการแปลงรูปแบบการจัดเก็บจาก RDF เป็น JSON

จากภาพรวมของการจัดการเมตาดาต้าทั้งจากภายใน และจากภายนอกระบบ UPnP-AV ต่อไปจะกล่าวถึงการจัดเก็บและการการค้นหาบริการในหัวข้อต่อไป

3.4 การจัดการจัดเก็บข้อมูลและการค้นหา

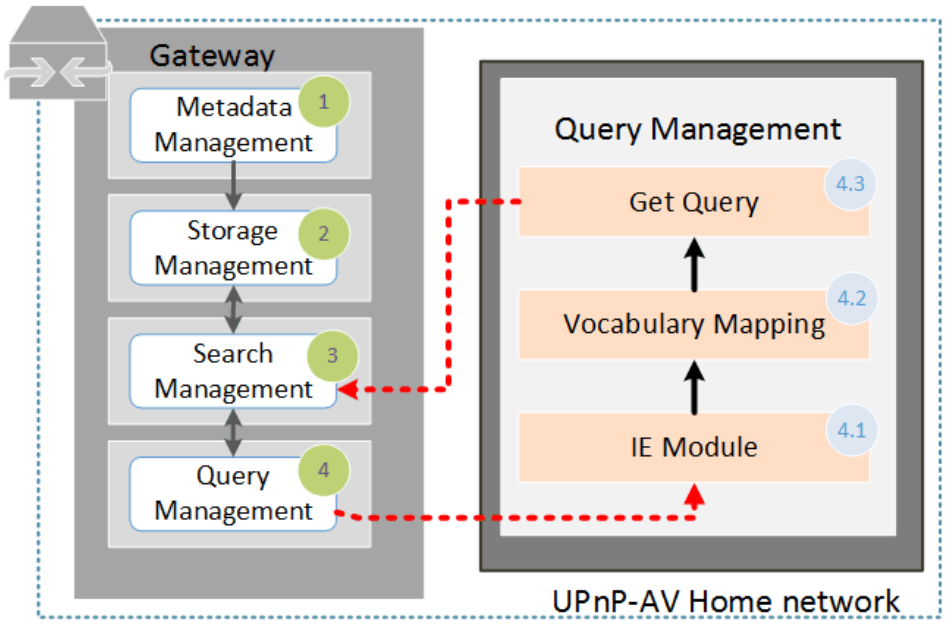
หน่วยการทำงานของการจัดการจัดเก็บและการค้นหา เพื่อมุ่งเน้นหารูปแบบการจัดเก็บที่เหมาะสม ที่ได้จากการจัดการเมตาดาต้าในหัวข้อ 3.3 ที่อยู่ในรูปแบบ RDF และ JSON เพื่อปรับปรุงการค้นหาให้มีความรวดเร็ว และสามารถค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ โดยจะเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสม นั่นคือ การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple มีการจัดเก็บแบบตาราง Triple และจัดเก็บแบบตารางคุณลักษณะสำหรับการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node ดังแสดงในภาพประกอบ 3-6 โดยจะแสดงให้เห็นวิธีการที่เหมาะสมในหัวข้อ 3.6 การศึกษาของการออกแบบกลไกการค้นหาเชิงความหมายบริการต่อไป



ภาพประกอบ 3-6 ภาพรวมของการจัดการจัดเก็บและการค้นหาเชิงความหมาย

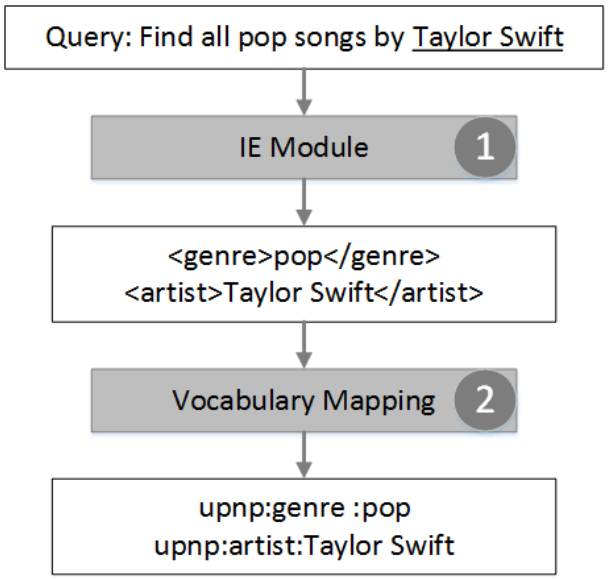
3.5 การจัดการคำค้น

หน่วยการทำงานของการจัดการคำค้นจากผู้ใช้งาน เพื่อทำการค้นหามีเดียที่ต้องการมาส่งยังผู้ใช้งาน ดังภาพประกอบ 3-7 ที่แสดงภาพรวมของการจัดการคำค้น ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ 1) การสกัดคำค้น (IE module) (หมายเลข 4.1) 2) การเทียบคำศัพท์ (vocabulary Mapping) (หมายเลข 4.2) และ 3) การส่งคำค้น (Get Query) (หมายเลข 4.3) โดยจะอธิบายการทำงานของแต่ส่วน ดังนี้



ภาพประกอบ 3-7 ภาพรวมของการจัดการคำค้น

- **การสกัดคำค้น** เป็นส่วนของการสกัดคำจากคำค้นที่ได้จากผู้ใช้งาน โดยสกัดคำเป็นเมตาดาต้า หลังจากนั่นจะเก็บอยู่ในรูปแบบของ tag <> จากภาพประกอบ 3-8 (หมายเลข 1) จะเห็นได้ว่า คำค้นคือ “Find all pop songs by Taylor Swift” เมื่อผ่านกระบวนการ IE module เมื่อผ่านการสกัดคำออกมา จะได้ว่า <genre>pop</genre> และ <artist>Taylor Swift</artist>



ภาพประกอบ 3-8 ตัวอย่างขั้นตอนการจัดการคำค้น

- **การเทียบคำศัพท์** เป็นการเทียบจากส่วน IE module ต่อมาจะเข้าส่วนของการเทียบคำศัพท์ตามภาพประกอบ 3-8 (หมายเลข 2) โดยเปรียบเทียบคำที่ได้จากสกัดกับคำศัพท์ ซึ่งคำศัพท์ดังกล่าว อยู่ในรูปแบบ RDF และแสดงตัวอย่างการเทียบคำศัพท์ในตาราง 3-2

ตาราง 3-2 ตัวอย่างการเทียบคำค้นกับคำศัพท์มาตราฐาน

Keyword	Vocabulary
Genre	mo:genre, upnp:genre
Artist	mo:artist, upnp:artist
Title	dc:title,mo:title
Writer	mo:composer, dbpedia:writer

3.6 การศึกษาของการออกแบบกลไกการค้นหาบริการเชิงความหมาย

3.6.1 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของสถาปัตยกรรมที่ได้ โดยแยกสถานการณ์ออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้ การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node โดยการออกแบบกลไกข้างต้นนั้น ต้องการประเมิณประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของการค้นหาบริการ เพื่อพิสูจน์วิธีการใดเหมาะสมในการนำมาปรับปรุงสถาปัตยกรรมเดิมในระบบ UPnP-AV ต่อไป

3.6.2 การเตรียมการทดลอง

ชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็นชุดข้อมูลมาตรฐานจาก the SWAT Projects - the Lehigh University Benchmark (LUBM)[9] ซึ่งจากโครงสร้างของชุดข้อมูลดังกล่าว สามารถแทนเป็นเพลง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกลไก โดยมีการจำนวนข้อมูล (เพลง) แบ่งออกเป็น 4 ขนาด ดังนี้ 20 k 120 k 250k และ 500 k นอกจากนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ทั้ง 3 รูปแบบการทดสอบ ประกอบด้วย Apache Lucene[10] Allegrograph[11] และ Apache Siren[12] โดยทั้งสามเครื่องมือใช้ทดสอบรูปแบบการทดสอบของการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน ทดสอบกลไกของการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และทดสอบกลไกของการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node ตามลำดับ

[9]http://swat.cse.lehigh.edu/projects/lubm

[10]https://lucene.apache.org/

[11]http://franz.com/agraph/allegrograph/

[12]http://siren.solutions/

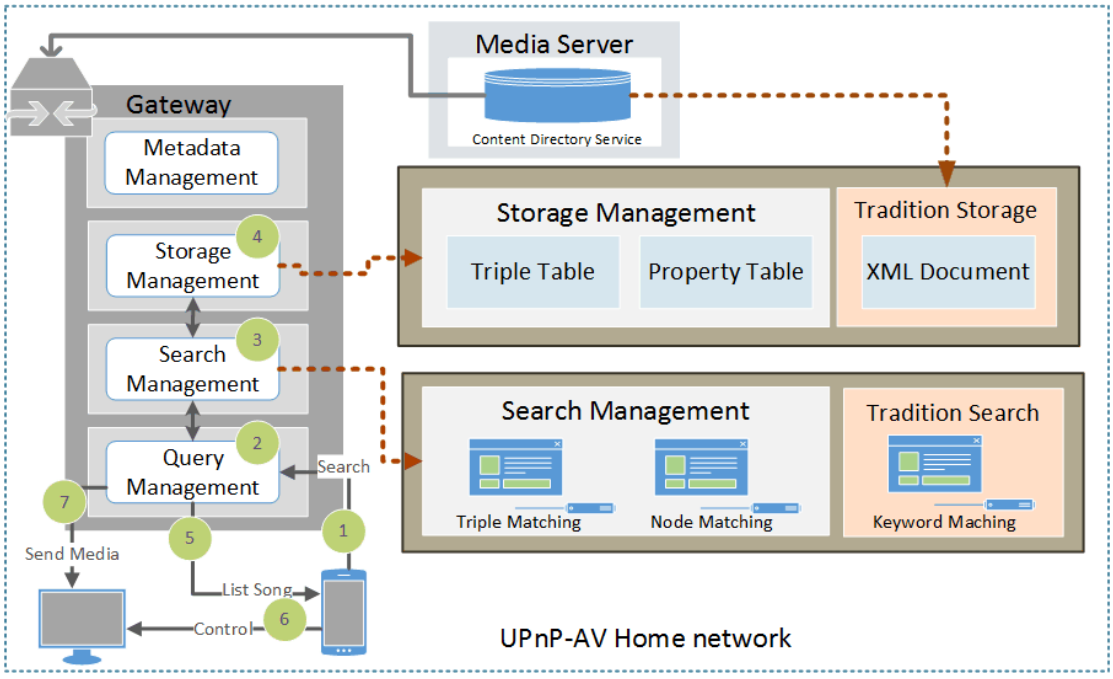
อย่างไรก็ตาม การทดสอบของแต่ละรูปแบบการค้นหาเชิงความหมายนั่น มีเครื่องมือที่ใช้ทดสอบแตกต่างกัน ส่งผลให้ข้อมูลการจัดเก็บและวิธีการเปรียบเทียบของรูปแบบการค้นหาแตกต่างกัน โดยในตาราง 3-3 ได้แสดงรายละเอียดของข้อมูลการจัดเก็บและวิธีการเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบการค้นหา

ตาราง 3-3 รายละเอียดของข้อมูลการจัดเก็บและวิธีการเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบการค้นหา

รูปแบบของการค้นหา	รูปแบบการจัดเก็บ	วิธีการเปรียบเทียบ
การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน (Keyword Matching)	XML	Keyword
การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple (Triple Matching)	RDF	Triple
การค้นหาเชิงความหมายแบบ Node (Node Matching)	JSON	Node

3.6.3 การทำงานของโปรแกรมสนับสนุนการทดลอง

สำหรับการทดสอบระบบโดยแยกสถาณการณ์ออกเป็น 3 รูปแบบการทดสอบประกอบด้วย การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน และการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง โดยในส่วนของการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงมี 2 วิธีการย่อย ได้แก่ การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple การค้นหาเชิงความหมายแบบ Node โดยอธิบายสถาณการณ์ดังภาพประกอบ 3-9 และแบ่งขั้นตอนการทดสอบได้ดังนี้



ภาพประกอบ 3-9 การไหลของคำค้นจากผู้ใช้สู่การสกัดคำค้น

1) ผู้ใช้งานส่งคำค้นมายังระบบ (หมายเลข 1) เช่น ค้นหาเพลงป๊อปทั้งหมดของนักร้องที่ชื่อว่า “Taylor Swift” (Find all pop songs of the singer named Taylor Swift)
2) ระบบจะทำการสกัดคำค้น (หมายเลข 2) ที่ได้จากคำค้นที่ส่งโดยผู้ใช้งาน (หมายเลข 1) โดยแยกคำค้นออกเป็นสามแบบ คือ การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน และการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง โดยในส่วนของการค้นหาเชิงความหมายประกอบด้วย 2 วิธีการย่อย ได้แก่ การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node โดยแสดงตามตาราง 3-4 เพื่อค้นหาในคลังที่จัดเก็บเมตาดาต้าต่อไป
3) ระบบจะทำการค้นหา (หมายเลข 3) ในการจัดการจัดเก็บข้อมูล (หมายเลข 4) ตามรูปแบบการค้นหาต่าง ๆ และส่งผลการค้นหามาให้ผู้ใช้งาน (หมายเลข 5) จากนั้นผู้ใช้งานเลือก (หมายเลข 6) แสดงผลของบริการ (หมายเลข 7) นั้น ๆ ต่อไป

ตาราง 3-4 ตัวอย่างคำค้นของรูปแบบการค้นหา

รูปแบบการค้นหา	**ตัวอย่างการ Query**
การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน (Keyword Matching)	`"upnp:artist" : "Taylor Swift"`

การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple (Triple Matching)	`SELECT ?songname`
	`WHERE`
	`{`
	`  ?song upnp:artist "Taylor Swift";`
	`  dc:title  ?songname;`
	`  upnp:genre  "pop".`
	`}`

การค้นหาเชิงความหมายแบบ Node (Node Matching)	`{ "node" :`
	`  { "attribute" : "upnp:genre",`
	`  "query" : "pop"}},`
	`{ "node" :`
	`  { "attribute" : "upnp:artist",`
	`  "query" : "Taylor Swift" }}`
	`}`

3.6.4 ผลการทดสอบ

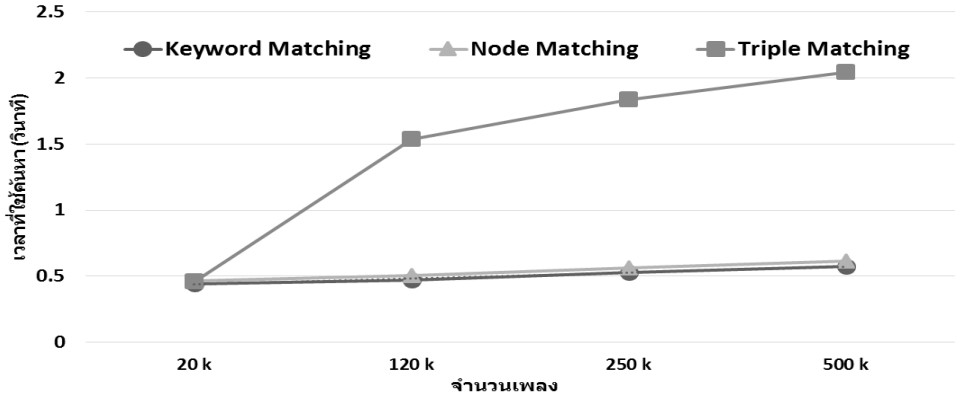
จากการนำเสนอ 3 รูปแบบการทดสอบ เพื่อแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ ได้แสดงผลการค้นหาตามตาราง 3-5 พบว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงทั้งการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node สามารถรองรับการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ ซึ่งต่างจากแนวทางการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานที่สามารถค้นหาได้เฉพาะชื่อเพลง หรือชนิดของเพลงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

ตาราง 3-5 เปรียบเทียบความสามารถของรูปแบบการค้นหา

วัตถุประสงค์	ตัวอย่างคำค้น	รูปแบบการค้นหา		
		MS	SS	
			TT	NT
Find name song	Title: “Begin Again”	✓	✓	✓
Find genre song	Genre: “Pop”	✓	✓	✓
Find genre and Artist	Genre: “Pop”and Artist: “Taylor Swift”	-	✓	✓
Find writer and Artist	Writer and Artist: “Taylor Swift”	-	✓	✓
Find year and Artist	Year: “2013”and Artist: “Taylor Swift”	-	✓	✓

คำย่อ: MS = การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐาน SS = การค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง
TT = Triple matching ของ SS NT = Node matching ของ SS
สัญลักษณ์: - = ไม่สามารถรองรับการค้นหา ✓ = สามารถรองรับการค้นหา

ในภาพประกอบ 3-10 กราฟแสดงเวลาที่ใช้การค้นหาทั้ง 3 วิธีการทดสอบ จากกราฟได้แสดงให้เห็นว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานใช้เวลาในการค้นหาเร็วที่สุด แต่จากผลการค้นหาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบพื้นฐานไม่สามารถค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง ซึ่งจากกราฟแสดงให้เห็นว่าการค้นหาเชิงความหมายตาราง Triple ใช้เวลาในการค้นหามากกว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node



ภาพประกอบ 3-10 กราฟแสดงผลของการค้นหาเชิงความหมาย

3.6.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองได้แสดงการเปรียบเทียบทั้งสองวิธีการทดสอบ ได้แก่ การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node โดยทั้งสองแนวทางสามารถค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ โดยสามารถค้นหาได้มากกว่า 1 เงื่อนไข และสูงสุดได้เท่ากับจำนวนของ

เมตาดาต้าที่มีการขยายเมตาดาต้าภายในระบบ นอกจากนี้ ในตาราง 3-6 ได้แสดงการเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของทั้งสองแนวทาง พบว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple ใช้เวลามากกว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาถึงการจัดการกับเมตาดาต้า พบว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple สามารถจัดการกับการจัดเก็บเมตาดาต้าได้ดีกว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node อย่างไรก็ตาม รูปแบบการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node ไม่สามารถค้นหาข้อมูลที่มีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กัน แต่การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple สามารถรองรับการค้นหาดังกล่าวได้ เช่น การค้นหาเพื่อการใช้งานแบบหลายภาษาได้ เป็นต้น

ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้จึงแนะนำการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple มีความเหมาะสมมากกว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node เนื่องจากกลไกนี้ได้นำเสนอ Linked Data มาช่วยขยายการค้นหา จะเห็นได้ว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple ทำให้จัดการจัดเก็บได้ง่ายและไม่ต้องแปลงการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบอื่น ๆ และสนับสนุนให้การเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการประมวลผลทำได้สะดวกมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถรองรับการค้นหาเพื่อการใช้งานแบบหลายภาษาได้

ตาราง 3-6 การเปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง

การค้นหาเชิงความหมาย	**ข้อดี**	**ข้อด้อย**
การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple	จัดการข้อมูลได้ง่าย	ค้นหาได้ช้า
การค้นหาเชิงความหมายแบบ Node	ค้นหาได้เร็ว	จัดการข้อมูลได้ยาก

บทที่ 4
การศึกษาความแม่นยำของการค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะอธิบายเกี่ยวกับการขยายขอบเขตการค้นหาบริการ เพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการค้นหาแบบหลายเงื่อนไขได้ ซึ่งการทดลองใช้โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และโครงสร้างของตระกูลภาษา มาพิจารณาร่วมกันในการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ อีกทั้งพิจารณาค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโครงสร้างทั้งสองที่เหมาะสม เพื่อให้มีความแม่นยำในการคืนผลลัพธ์กับผู้ใช้งาน

4.2 ปัญหาข้อด้อยในการค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา

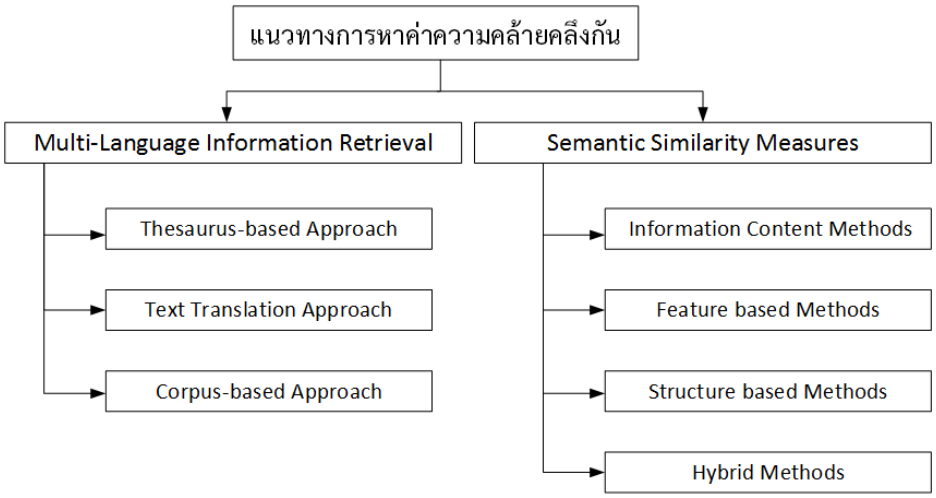
4.2.1 ที่มาของปัญหา

จากปัญหาข้อด้อยเชิงสถาปัตยกรรมภายในระบบ UPnP-AV ที่ไม่สามารถค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา เช่น ผู้ใช้งานต้องการหาชื่อเพลง “สามัคคีชุมนุม” ซึ่งเป็นเพลงไทย กลไกต้องสามารถคืนผลการค้นหาเพลงนี้ ที่มีทำนองเดียวกันแต่ต่างภาษา เช่น เพลง “Auld Lang Syne” (ชื่อเพลงอังกฤษ) “Bertemu dan Berpisah” (ชื่อเพลงมาเลย์) และ “Kini Tiba Saatnya” (ชื่อเพลงอินโด) เป็นต้น เนื่องจากเพลงทั้งหมดเป็นเพลงเดียวกัน ดังนั้น จำเป็นต้องมีกลไกเพื่อการค้นหาบริการที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษา และระบบต้องสามารถเรียงลำดับความคล้ายคลึงกันของบริการเหล่านั้นได้ เช่น เพลง “Bertemu dan Berpisah” และเพลง “Kini Tiba Saatnya” ควรได้ค่าความคล้ายคลึงกันมากกว่าเพลง “Auld Lang Syne” และเพลง “สามัคคีชุมนุม” เนื่องจากความคล้ายคลึงกันของภาษา

4.2.2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การแก้ไขปัญหาเพื่อให้สามารถค้นหาบริการที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษา ในงานวิจัย [20], [21] ได้เสนอแนะการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบริการ (เพลง และวิดีโอ) โดยใช้คำศัพท์ “owl:sameas” มีความหมายว่า “บริการทั้งสองมีความเหมือนกัน” อย่างไรก็ตาม ยังขาดความแม่นยำในการค้นหา จึงเกิดงานวิจัยที่ปรับปรุงความแม่นยำในการค้นคืนข้อมูลแบบหลายภาษา ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 4-1 คือ วิธีการให้การค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างข้อมูล โดยสามารถแบ่งได้ ออกเป็น 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางค้นคืนข้อมูลเอกสารแบบหลายภาษา (Multi-Language IR) และแนวทางวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย (Semantic Similarity Measure) จากแนวทางดังกล่าว ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการหาค่าความแม่นยำ 2) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการให้ความแม่นยำ

และ 3) ศึกษาการพิจารณาจากหลาย ๆ ปัจจัย ที่มีผลต่อความแม่นยำมากกว่าการพิจารณาเพียงตำแหน่งของข้อมูลอย่างเดียว



ภาพประกอบ 4-1 สรุปแนวทางของการหาค่าความคล้ายคลึงกัน

ตาราง 4-1 สรุปการเปรียบเทียบวิธีการหาค่าความคล้ายคลึงกันจากงานวิจัย

งานวิจัย	วิธีการ		ปัจจัยการพิจารณาให้ความแม่นยำ
	MLIR	SSM	
L. Zhuhadar [22]	✓	✘	พิจารณาจาก 2 แนวทาง คือ 1. สร้าง ontology ของแต่ละภาษา 2. หาค่าความคล้ายคลึงกันจากความหมายของข้อมูล
L. Zhuhadar et al. [23]	✓	✘	พิจารณาจาก 2 แนวทาง คือ 1. สร้าง ontology ของแต่ละภาษา 2. หาค่าความคล้ายคลึงกันจากความหมายของข้อมูล
R. Prasath et al. [24]	✓	✘	พิจารณาจากความหมายของข้อมูล
Wu et al. [25]	✘	✓	พิจารณาจากความลึกของข้อมูล
S.Jimenez et al. [26]	✘	✓	พิจารณาจากคุณลักษณะของข้อมูล

คำย่อ SSM: การวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย MLIR: การค้นคืนข้อมูลเอกสารแบบหลายภาษา

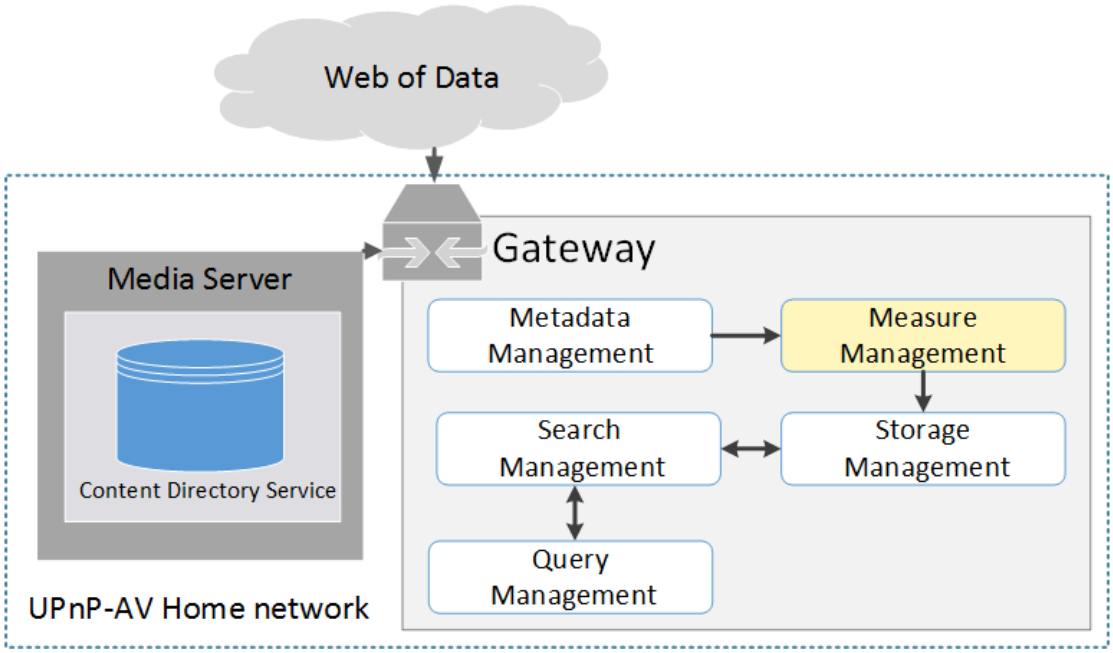
- งานวิจัยประเภทที่ 1 ศึกษาแนวทางในการหาค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างข้อมูลในหลาย ๆ แนวทาง ที่ได้นำเสนอในตาราง 4-1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า แนวทางการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย มุ่งเน้นนำโครงสร้างของข้อมูลในการหาค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ ความลึก ความห่าง หรือคุณลักษณะของโครงสร้างของข้อมูลในการหาค่าความคล้ายคลึง อย่างไรก็ตาม แนวทางการค้นคืนเอกสารแบบหลายภาษา มุ่งเน้นนำความหมายของข้อมูลทั้งสองหาค่าความคล้ายคลึงกันความคล้ายคลึง ดังนั้น แนวทางการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายมีความเหมาะสมมากกว่าแนวทางการค้นคืนเอกสารแบบหลายภาษา เนื่องจากชื่อข้อมูลไม่มีความคล้ายคลึง

กัน เช่น ชื่อเพลง “สามัคคีชุมนุม” ในภาษาไทย และเพลง “Auld Lang Syne” ซึ่งเป็นชื่ออังกฤษนั้นเอง

- งานวิจัยประเภทที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบวิธีการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายที่เหมาะสม พบว่าวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล (Feature Based Methods) เหมาะสมมากกว่าวิธีการที่พิจารณาตามโครงสร้างของข้อมูล (Structure Based Methods) และวิธีการที่พิจารณาตามความหมายของข้อมูล (Information Content Methods) โดยอธิบายเหตุผลได้ดังนี้
  - วิธีการที่พิจารณาตามความหมายของข้อมูล มุ่งเน้นการพิจารณาโดยคำนวณจากค่าความคล้ายคลึงจากการแปลความหมาย เช่น อัลกอริทึมของ Lin et al. [27] และ อัลกอริทึมของ Torres et al. [28] เป็นต้น โดยวิธีการนี้จะพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากการเปรียบเทียบความหมายของบริการทั้งสองแล้วได้ค่าความคล้ายคลึงกัน
  - วิธีการที่พิจารณาตามโครงสร้างของข้อมูล มุ่งเน้นการพิจารณาโดยคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันจาก ความลึก และความห่าง เช่น อัลกอริทึมของ Wu et al. [25] อัลกอริทึมของ Leacock et al. [29] และอัลกอริทึมของ Choi et al. [30] เป็นต้น โดยวิธีการนี้จะพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากการเปรียบเทียบความใกล้ ไกลระหว่างโหนด และความลึก แล้วได้ค่าความคล้ายคลึงกัน
  - วิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล มุ่งเน้นการพิจารณาโดยคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันจาก คุณลักษณะที่ใช้ร่วมกัน หรือต่างกัน เช่น Symmetric Tversky’s Index [31] Jaccard Index [32] Cosine [32] Inclusion Index [32] และ Dice Index [33] เป็นต้น โดยวิธีการนี้จะพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากการเปรียบเทียบคุณลักษณะที่ใช้ร่วมกัน หรือต่างกัน แล้วได้ค่าความคล้ายคลึงกัน
  - ดังนั้น จึงได้เลือกวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล เนื่องจากหาค่าความคล้ายคลึงกันจากคุณลักษณะ และความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งมีความเหมาะสมที่น่าจะนำไปประยุกต์ใช้ในการทดลองเพื่อค้นหาบริการที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษาในวิทยานิพนธ์นี้ศึกษา
- งานวิจัยประเภทที่ 3 ศึกษาแนวทางการพิจาณาถึงหลาย ๆ ปัจจัยในการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ โดยในงานวิจัย [34] ได้เสนอการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายโดยพิจารณาจาก 3 แนวทาง คือ 1) ความหมาย 2) คุณลักษณะของบริการ และ 3) คุณลักษณะของโหนดใกล้เคียงกัน โดยใช้วิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากหลาย ๆ ปัจจัย ทำให้ได้ความแม่นยำมากกว่าการพิจารณาเพียงปัจจัยเดียว อย่างไรก็ตาม แนวทางดังกล่าวก็ยังไม่สามารถรองรับการค้นหาบริการที่มีการใช้งานแบบหลายภาษาได้

4.2.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา

แนวทางการดำเนินการส่วนนี้ คล้ายคลึงกับงานวิจัยประเภทที่ 3 ที่ได้ยกตัวอย่างในข้อที่ 4.2.2 ข้างต้น โดยมุ่งเน้นพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากหลายปัจจัย เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสม สำหรับการค้นหาเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา ดังนั้น ภาพรวมของการขยายสถาปัตยกรรมเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษาแสดงตามภาพประกอบ 4-2 ที่มีการขยายสถาปัตยกรรมจากภาพประกอบ 2-4 อย่างไรก็ตาม การเพิ่มกลไกทำงาน Measure Management เป็นกลไกเพื่อการวัดค่าความคล้ายคลึงกันความแม่นยำการค้นหารองรับการใช้งานแบบหลายภาษา นอกจากนี้ ภายในกลไกจะพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายตามโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และโครงสร้างของตระกูลภาษา โดยใช้วิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษะของข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบหาอัลกอริทึมที่ให้ค่าความแม่นยำที่สุด



ภาพประกอบ 4-2 ภาพรวมของการขยายสถาปัตยกรรมเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา

4.2.4 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

4.2.4.1 โครงสร้างของตระกูลภาษา

โครงสร้างของตระกูลภาษา (Familiar Language) คือ การแยกที่มาของภาษา และความคล้ายคลึงกันของภาษา โดยแบ่งตระกูลภาษาออกเป็น 11 กลุ่ม ดังแสดงในตาราง 4-2 ซึ่งมีการเผยแพร่ให้สามารถเข้าถึง และนำไปใช้ประโยชน์ได้ [35]

ตาราง 4-2 ชื่อของตระกูลภาษา

ตระกูลภาษา			
Indo-European	Sino-tibetan	Nigar-congo	Dravidian
Austronesia	Afro-asiatic	Japonic	Austro-asiatic
Tai-kadia	Altaic	Tibeto burman	

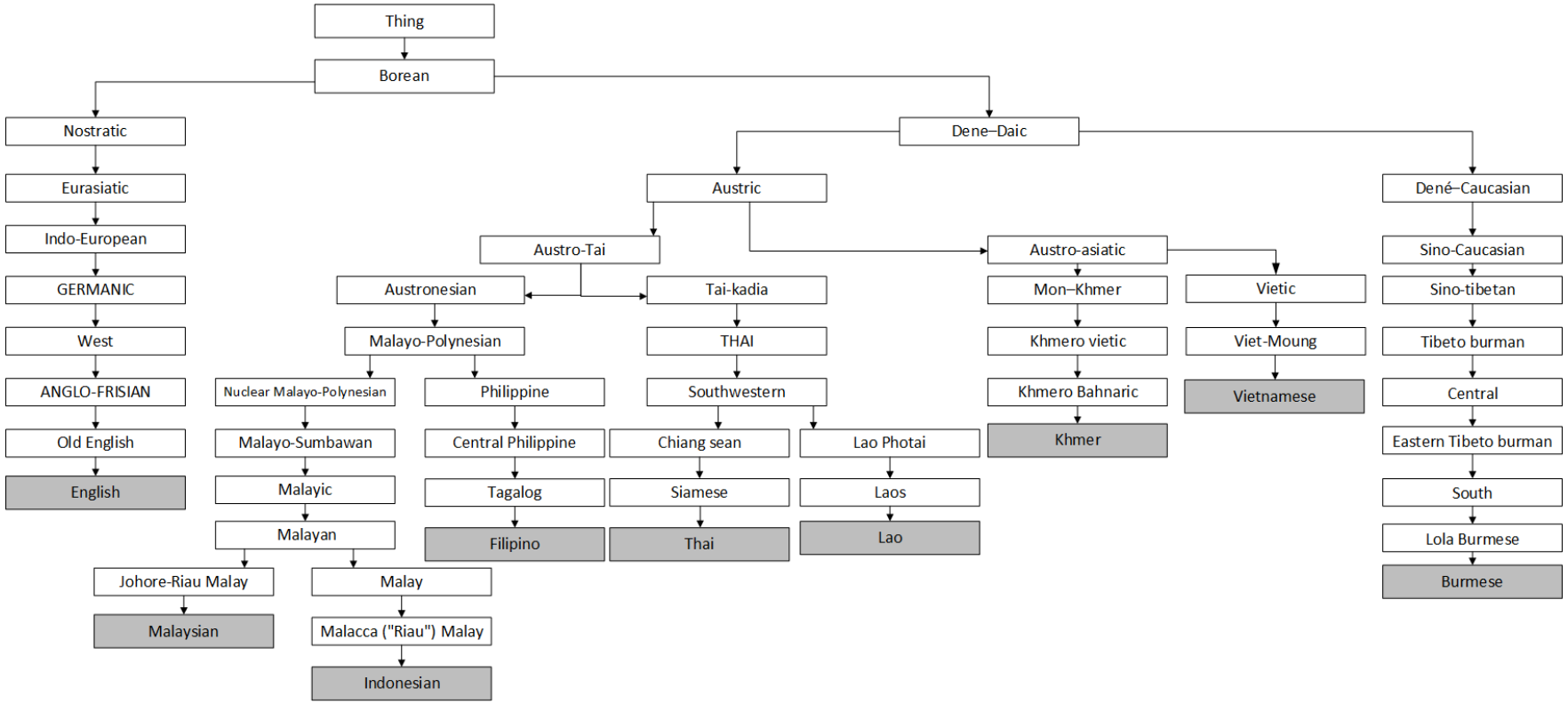
โดยในงานวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน ซึ่งประกอบด้วย 10 ประเทศ คือ บูรไน มาเลเซีย พม่า อินโดนีเซีย สิงคโปร์ เวียดนาม กัมพูชา ลาว ฟิลิปปินส์ และไทย โดยในตาราง 4-3 ได้แสดงรายละเอียดภาษา และตระกูลภาษาที่ใช้ในแต่ละประเทศ และแบ่งความคล้ายคลึงจากภาษาในกลุ่ม แบ่งออกเป็น 4 ตระกูลภาษา [36] ได้ดังนี้

1. Austronesia คือ ภาษามาเลย์ ภาษาอินโด และภาษาฟิลิปีโน
2. Tibeto burman คือ ภาษาพม่า
3. Tai-kadia คือ ภาษาไทย และภาษาลาว
4. Austro-Asiatic คือ ภาษาเวียดนาม

ตาราง 4-3 รายละเอียดภาษาและตระกูลภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน

ประเทศ	ภาษา	ตระกูลภาษา
บูรไน, มาเลเซีย	มาเลย์	Austronesia
พม่า	พม่า	Tibeto burman
อินโดนีเซีย	อินโด	Austronesia
สิงคโปร์	อังกฤษ	Indo-European
เวียดนาม	เวียดนาม	Austro-Asiatic
กัมพูชา	เขมร	Austro-Asiatic
ลาว	ลาว	Tai-kadia
ฟิลิปปินส์	ฟิลิปีโน	Austronesia
ไทย	ไทย	Tai-kadia

ในภาพประกอบ 4-3 แสดงโครงสร้างของตระกูลภาษาอยู่ในรูปของต้นไม้ เพื่อประยุกต์ไปใช้ในการพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันของแต่ละภาษาต่อไป



ภาพประกอบ 4-3 โครงสร้างของตระกูลภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน

4.2.4.2 วิธีการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย

การวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายของวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลระหว่างบริการ ซึ่งจะพิจารณาจากคุณลักษณะที่ใช้ร่วมกัน หรือต่างกัน ประกอบไปด้วยอัลกอริทึม ดังนี้ Symmetric Tversky's Index [31] Jaccard Index [32] Cosine [32] Inclusion Index [32] และ Dice Index [33] โดยจะอธิบายวิธีการของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันของอัลกอริทึม ดังนี้

- อัลกอริทึมของ Symmetric Tversky's Index [31] พิจารณาจากการนำคุณลักษณะของโหนดที่ใช้ร่วมกัน และต่างกันมาพิจารณา อีกทั้งยังนำความลึกของข้อมูลมาพิจารณาร่วมกันด้วย ซึ่งกำหนดให้ (A, B) คือตำแหน่งของโหนดเป้าหมายที่ต้องการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$S(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cap B| + \beta\{\alpha a + b|(1-a)|\}} \quad (4.1)$$

$$a = \min(|A-B|, |B-A|) \quad (4.1a)$$

$$b = \max(|A-B|, |B-A|) \quad (4.1b)$$

$$\alpha = \min\left(\frac{dep_A}{dep_A + dep_B}, \frac{dep_B}{dep_A + dep_B}\right) \quad (4.1c)$$

$$\beta = 1 - \left(\frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}\right) \quad (4.1d)$$

โดย

A	คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ A
B	คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ B
A ⋂ B	คือ จำนวนเส้นทางของโหนดที่ซ้ำกันระหว่าง A และ B
A ⋃ B	คือ จำนวนเส้นทางของโหนดทั้งหมดระหว่าง A และ B
A-B	คือ จำนวนเส้นทางของโหนด A ที่ไม่มีเส้นทางของโหนด B ร่วมด้วย
Dep (A)	คือ ความลึกระหว่างโหนดเริ่มต้น จนถึงโหนดของ A
Dep (B)	คือ ความลึกระหว่างโหนดเริ่มต้น จนถึงโหนดของ B

- อัลกอริทึมของงานวิจัย Dice Index [33] โดยจะพิจารณาจากการนำคุณลักษณะของโหนดที่ใช้ร่วมกัน และเส้นทางทั้งหมดของโหนดทั้งสอง ซึ่งกำหนดให้ (A, B) คือตำแหน่งของโหนดเป้าหมายที่ต้องการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$S(A,B) = \frac{2*|A \cap B|}{|A + B|} \quad (4.2)$$

โดย A คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ A
B คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ B
A ∩ B คือ จำนวนเส้นทางของโหนดที่ซ้ำกันระหว่าง A และ B

- อัลกอริทึมของงานวิจัย Jaccard Index [23] โดยจะพิจารณาจากการนำคุณลักษณะของโหนดที่ใช้ร่วมกัน และคุณลักษณะทั้งหมดของโหนดทั้งสอง ซึ่งกำหนดให้ (A, B) คือตำแหน่งของโหนดเป้าหมายที่ต้องการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายนั่นเอง โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$S(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (4.3)$$

โดย A คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ A
B คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ B
A ∩ B คือ จำนวนเส้นทางของโหนดที่ซ้ำกันระหว่าง A และ B
A ∪ B คือ จำนวนเส้นทางของโหนดทั้งหมดระหว่าง A และ B

- อัลกอริทึมของงานวิจัย Cosine [32] โดยจะพิจารณาจากการนำคุณลักษณะของโหนดที่ใช้ร่วมกัน และเส้นทางทั้งหมดของโหนดทั้งสอง ซึ่งกำหนดให้ (A, B) คือตำแหน่งของโหนดเป้าหมายที่ต้องการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$S(A,B) = \frac{|A \cap B|}{|\sqrt{A*B}|} \quad (4.4)$$

โดย A คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ A
B คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ B
A ∩ B คือ จำนวนเส้นทางของโหนดที่ซ้ำกันระหว่าง A และ B

- อัลกอริทึมของงานวิจัย Inclusion Index [32] โดยจะพิจารณาจากการนำคุณลักษณะของโหนดที่ใช้ร่วมกัน และเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างโหนดทั้งสอง ซึ่งกำหนดให้ (A, B) คือตำแหน่งของโหนดเป้าหมายที่ต้องการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$S(A, B) = \frac{|A \cap B|}{\min(A,B)} \quad (4.5)$$

โดย A คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ A
B คือ จำนวนเส้นทางของโหนด ระหว่างโหนดเริ่มต้นจนถึงโหนดของ B
A ∩ B คือ จำนวนเส้นทางของโหนดที่ซ้ำกันระหว่าง A และ B

4.2.4.3 แนวทางการประเมินค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วน

การประเมินประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการค้นหาบริการเชิงความหมายที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษาภายในระบบ UPnP-AV โดยพิจารณาจากระดับค่าความแม่นยำ (Precision ตามสมการที่ 4.6) และค่าความครบถ้วน (Recall ตามสมการที่ 4.7) ของการสืบค้น และผลลัพธ์รวมระหว่างค่าความแม่นยำ และค่าความครบถ้วน เรียกว่า ค่าความถูกต้อง (ตามสมการที่ 4.8) [37] โดยมีรายละเอียดสมการดังนี้

$$\text{ความแม่นยำ (Precision)} = \frac{A}{A+B} \times 100\% \quad (4.6)$$

$$\text{ค่าความครบถ้วน (Recall)} = \frac{A}{A+C} \times 100\% \quad (4.7)$$

$$\text{ค่าความถูกต้อง (F-Measure)} = \frac{2*\text{Precision}*\text{Recall}}{\text{Precision}+\text{Recall}} \quad (4.8)$$

โดย **A** คือ จำนวนของข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้ และถูกต้อง
B คือ จำนวนของข้อมูลที่สามารถสืบค้นได้ แต่ไม่ถูกต้อง
C คือ จำนวนของข้อมูลที่ต้องการ แต่ไม่สามารถสืบค้นได้

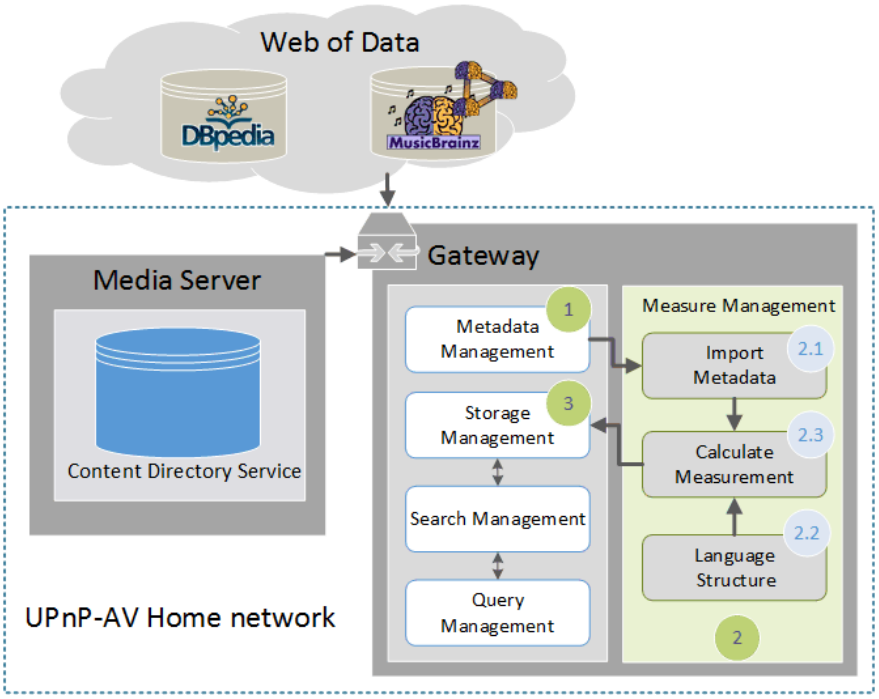
จากตาราง 4-4 แสดงระดับเกณฑ์ด้านความแม่นยำ และค่าความครบถ้วน [38] เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมต่าง ๆ ในการค้นหาบริการเชิงความหมาย

ตาราง 4-4 ระดับเกณฑ์และความหมายของค่าความแม่นยำและค่าความครบถ้วน

ระดับเกณฑ์	ความหมาย
0.85-1.00	ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดีมาก
0.75-0.84	ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดี
0.55-0.74	ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับปานกลาง
0.35-0.54	ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับน้อย
0.00-0.34	ประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

4.3 สถาปัตยกรรมของระบบ

สถาปัตยกรรมของกลไกเกตเวย์ที่ออกแบบในส่วนนี้ นำเสนอส่วนเน้นย้ำเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเพื่อค่าความแม่นยำในการคืนผลลัพธ์แบบหลายภาษาให้กับผู้ใช้งาน โดยออกแบบกลไกภายในเกตเวย์เพิ่มเติมจากกลไกที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 (ในหัวข้อ 2.3.3 แนวความคิดในการจัดการปัญหา) เพื่อรองรับการค้นหาบริการในการใช้งานแบบหลายภาษา ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงการจัดการการวัดค่าความคล้ายคลึงกัน เพื่อให้มีความแม่นยำในการค้นหาที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษา ดังแสดงในภาพประกอบ 4-4 ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ดังนี้

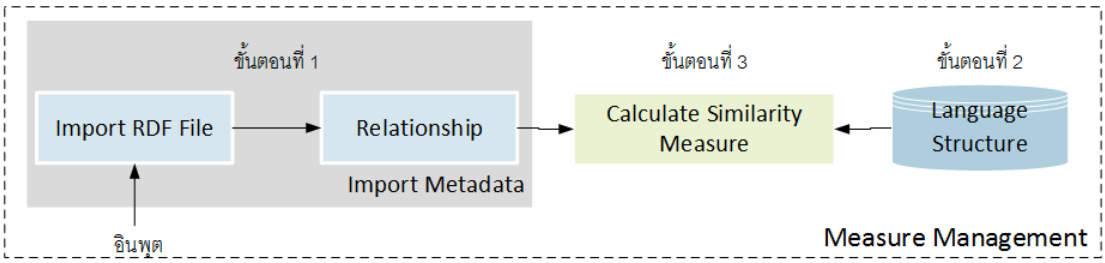


ภาพประกอบ 4-4 สถาปัตยกรรมของเกตเวย์ระบบการค้นหาที่รองรับการค้นหาแบบหลายภาษา

1. **การนำเข้าเมตาดาต้า (Import Metadata)** เป็นส่วนของการจัดการข้อมูลที่ได้จากระบบ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างบริการ
2. **โครงสร้างของภาษา (Language Structure)** เป็นส่วนจัดเก็บของโครงสร้างของตระกูลภาษา
3. **การคำนวณค่าความคล้ายคลึงกัน (Calculate Similarity Measure)** เป็นส่วนของการพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ โดยจะอธิบายขั้นตอนของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันความแม่นยำในหัวข้อถัดไป

4.4 การพิจารณาความคล้ายคลึงกันของบริการ

ส่วนนี้อธิบายขั้นตอนการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ โดยแสดงขั้นตอนดังภาพประกอบ 4-5 ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน

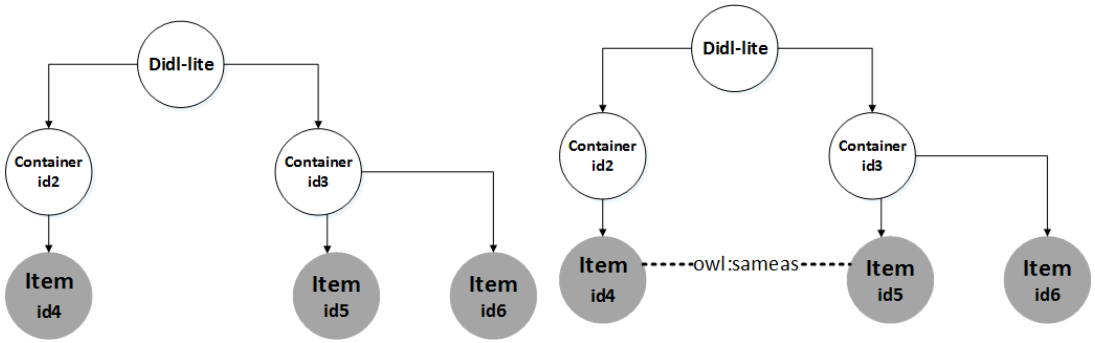


ภาพประกอบ 4-5 ขั้นตอนของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ

ขั้นตอนที่ 1 การนำเข้าเมตาดาต้า (Import Metadata) เริ่มต้นจากนำไฟล์ RDF ที่ได้จาก Metadata management เข้ามาในกลไกภาพ (ก) ดังแสดงในภาพประกอบ 4-4 ซึ่งข้อมูลถูกจัดเก็บอยู่ในโครงสร้างของต้นไม้ดังภาพประกอบ 4-6 ภาพ (ข) และภาพ (ค) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโหนด Itemid4 และ Itemid5 โดยใช้คำศัพท์ “owl:sameas” เพื่อนิยามความสัมพันธ์ (Relationship) ที่แสดงความคล้ายคลึงกัน ซึ่งถูกนิยามโดยผู้ใช้งาน ซึ่งจากภาพ (ก) จะเห็นได้ว่า ทั้งสองเพลงเป็นเพลงเดียวกัน แต่มีเนื้อร้องที่ภาษากัน

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
         xmlns:ns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#"
         xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
         xmlns:upnp="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/upnp/">
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1">
      <DIDL-Lite rdf:nodeID="d1e4"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1e4">
      <container rdf:nodeID="d1e5"/>
      <container rdf:nodeID="d1e122"/>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1e5" ns:id="2" ns:parentID="1">
      <item rdf:nodeID="d1e6"/>
      <dc:title>music</dc:title>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="http://www.iro.umontreal.ca/lapalme/ns#" rdf:nodeID="d1e122" ns:id="3" ns:parentID="1">
      <item rdf:nodeID="d1e35"/>
      <item rdf:nodeID="d1e54"/>
      <dc:title>song</dc:title>
   </rdf:Description>
   <rdf:Description xmlns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#" rdf:nodeID="d1e6"
            ns:id="4" ns:parentID="2" rdf:about="http://172.30.143.222:49152/music/Auld Lang Syne.mp3">
      <dc:title>Auld Lang Syne</dc:title>
      <upnp:class>object.item.audioItem.musicTrack</upnp:class>
      <dc:creator>Mariah Carey</dc:creator>
      <dc:language>en</dc:language>
  </rdf:Description>
    <rdf:Description xmlns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#" rdf:nodeID="d1e35"
             ns:id="5" ns:parentID="3" rdf:about="http://172.30.143.222:49152/song/ตามัคคีชุมนุม.mp3">
      <dc:title>ตามัคคีชุมนุม</dc:title>
      <upnp:class>object.item.audioItem.musicTrack</upnp:class>
      <dc:creator>สันติ อุนแก</dc:creator>
      <dc:language>en</dc:language>
    </rdf:Description>
    <rdf:Description xmlns="urn:schemas-upnp-org:metadata-1-0/DIDL-Lite/ns#" rdf:nodeID="d1e54"
            ns:id="6" ns:parentID="3" rdf:about="http://172.30.143.222:49152/song/what do you mean.mp3">
      <dc:title>what do you mean</dc:title>
      <upnp:class>object.item.audioItem.musicTrack</upnp:class>
      <dc:creator>Justin Bieber</dc:creator>
      <dc:language>en</dc:language>
    </rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

(ก)



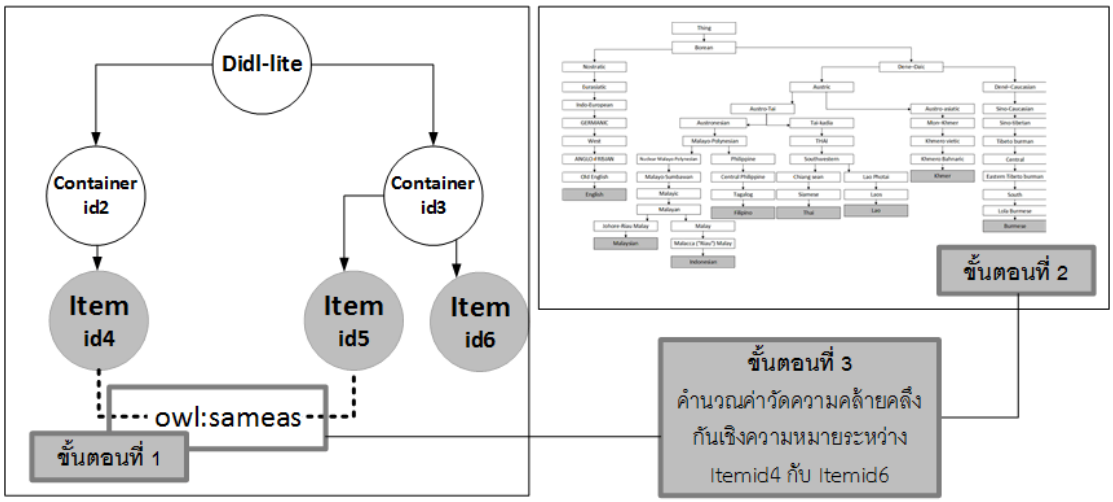
ภาพประกอบ 4-6 การจัดเก็บข้อมูล (ก) รูปแบบไฟล์อาร์ดีเอฟ (ข) โครงสร้างต้นไม้ และ (ค) โครงสร้างต้นไม้ที่มีความสัมพันธ์

ขั้นตอนที่ 2 โครงสร้างของตระกูลภาษา (Language Structure) โดยได้สรุปเส้นทางของตระกูลภาษาดังแสดงในตาราง 4-5 เพื่อใช้อัลกอริทึมในการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างภาษา เช่น ระหว่างภาษาไทยและภาษามาเลย์ หรือระหว่างภาษาไทยและภาษาลาว หรือระหว่างภาษาอินโดและภาษามาเลย์ และระหว่างภาษาไทยและภาษาอังกฤษ เป็นต้น

ตาราง 4-5 สรุปเส้นทางของตระกูลภาษา

ภาษา	เส้นทางของตระกลูภาษา
English	Borean -> Nostratic -> Eurasiatic -> Indo-European -> GERMANIC -> West -> ANGLO-FRISIAN -> Old English -> English
Malay	Borean ->Dene–Daic -> Austric -> Austro-Tai -> Austronesian -> Malayo-Polynesian -> Nuclear Malayo-Polynesian ->Malayo-Sumbawan -> Malayic -> Malayan -> Johore-Riau Malay -> Malaysian
Indo	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-Tai -> Austronesian -> Malayo-Polynesian -> Nuclear Malayo-Polynesian ->Malayo-Sumbawan -> Malayic -> Malayan -> Malay -> Malacca ("Riau") Malay -> Indonesian
Pilipino	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-Tai -> Austronesian -> Malayo-Polynesian -> Philippine -> Central Philippine -> Tagalog -> Filipino
Thai	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-Tai -> Tai-kadia -> THAI -> Southwestern -> Chiang sean -> Siamese -> Thai
Laos	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-Tai -> Tai-kadia -> THAI -> Southwestern -> Lao Photai -> Laos -> Lao
Khmer	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-asiatic -> Mon–Khmer -> Khmero vietic -> Khmero Bahnaric -> Khmer
Vietnamese	Borean -> Dene–Daic -> Austric -> Austro-asiatic -> Vietic -> Viet-Moung -> Vietnamese
Burmese	Borean -> Dene–Daic -> Dené–Caucasian -> Sino-Caucasian -> Sino-tibetan -> Tibeto burman -> Central -> Eastern Tibeto burman -> South -> Lola Burmese -> Burmese

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่าความคล้ายคลึงกัน (Calculate Similarity Measure) คือ ส่วนของการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ ซึ่งแสดงตัวอย่างดังภาพประกอบ 4-7 เป็นขั้นตอนการคำนวณโดยใช้โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (ขั้นตอนที่ 1) และโครงสร้างของตระกูลภาษา (ขั้นตอนที่ 2) มาผสมผสานเพื่อพิจารณาร่วมกัน (ขั้นตอนที่ 3) ซึ่งใช้วิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลมาคำนวณเพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกันระหว่าง Itemid4 และ Itemid5



ภาพประกอบ 4-7 ตัวอย่างการทำงานเพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกัน

โดยในส่วนต่อไป จะศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการวัดค่าความคล้ายคลึงกัน โดยจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

4.5 ศึกษาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ

4.5.1 วัตถุประสงค์

ทดสอบเพื่อหาความคล้ายคลึงกัน โดยนำวิธีการของการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลระหว่างปัจจัยทางด้านโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และปัจจัยทางด้านโครงสร้างของตระกูลภาษา เพื่อเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างการพิจารณาจากปัจจัยเดียว และการพิจารณาจากหลายปัจจัย

4.5.2 การเตรียมการทดลอง

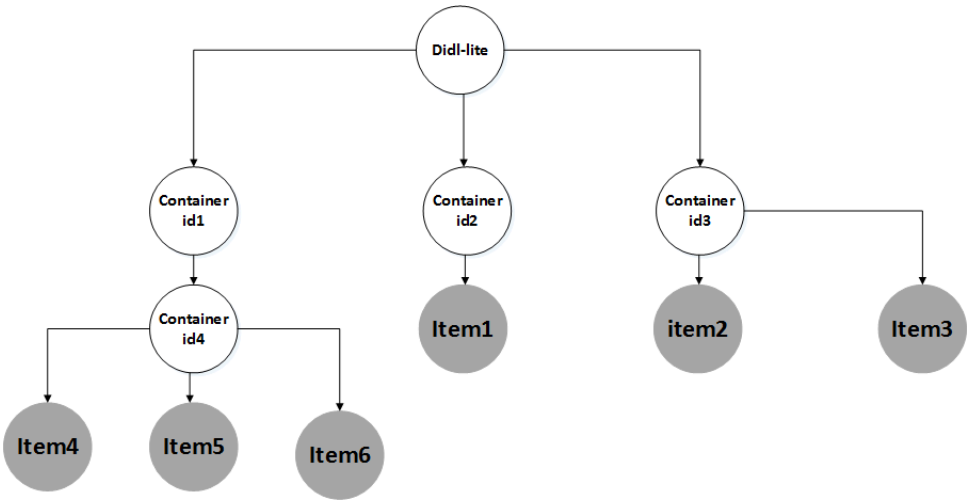
จากโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลตามภาพประกอบ 4-8 ได้แสดงรายละเอียดของแต่ละโหนดได้ถูกอธิบาย ดังตาราง 4-6 ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับเพลง (ได้แก่ ชื่อเพลง และภาษาของเนื้อร้อง) การพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย เพื่อหาอัลกอริทึมที่เหมาะสม โดยแบ่งกลไกการทดสอบออกเป็น 3 กลไก คือ 1) กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล 2) กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา และ 3) กลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย โดยทั้งสามกลไกใช้อัลกอริทึมของวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะ ดังที่ศึกษาในหัวข้อ 4.2.4.2 (วิธีการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายโดยวิธีการของการพิจารณาตามคุณลักษณะ) ประกอบไปด้วย 1) Symmetric Tversky's Index 2) Dice Index 3) Jaccard Index 4) Cosine และ 5) Inclusion Index เพื่อหาอัลกอริทึมที่วัดค่าความคล้ายคลึงกันได้อย่างแม่นยำในการค้นหาบริการแบบหลายภาษา

จากข้อมูลโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลจากภาพประกอบ 4-8 (โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล) สามารถจับคู่ เพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายได้ทั้งหมด ซึ่งมีจำนวนโหนดข้อมูลทั้งหมด 6 โหนด ซึ่งไม่จับคู่ข้อมูลชุดเดียวกัน เนื่องจากอัลกอริทึมที่เลือกใช้มีความสมมาตรกัน และไม่สามารถจับคู่ข้อมูลเหมือนกัน เช่น S(item1,item1) เป็นต้น ได้ดังนี้

การจับคู่ของข้อมูลโครงสร้างของการจัดเก็บทั้งหมด $= \frac{(n-1)(n)}{2} = \frac{(6-1)(6)}{2} = \frac{6*5}{2} = 15$ คู่

จากข้อมูลโครงสร้างของตระกูลภาษาจากภาพประกอบ 4-3 (โครงสร้างของตระกูลภาษาในกลุ่มประเทศอาเซียน) ซึ่งมีจำนวนโหนดข้อมูลทั้งหมด 9 โหนดภาษาสามารถจับคู่ เพื่อหาค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายได้ทั้งหมด ซึ่งไม่จับคู่ข้อมูลชุดเดียวกัน เนื่องจากอัลกอริทึมที่เลือกใช้มีความสมมาตรกัน ได้ดังนี้

การจับคู่ของข้อมูลโครงสร้างของตระกูลภาษาทั้งหมด $= \frac{(n)(n+1)}{2} = \frac{(9)(10)}{2} = \frac{90}{2} = 45$ คู่



ภาพประกอบ 4-8 โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลสำหรับการทดลอง

ตาราง 4-6 รายละเอียดของข้อมูลสำหรับการทดลอง

ข้อมูลบริการ	เพลง	ภาษา
item1	สามัคคีชุมนุม	ไทย
Item2	Auld Lang Syne	อังกฤษ
Item3	Bertemu dan Berpisah	มาเลย์
Item4	Kini Tiba Saatnya	อินโด
Item5	สามัคคีชุมนุม	ไทย
Item6	Begin Again	อังกฤษ

หลังจากได้วัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายจากการใช้ทั้ง 5 อัลกอริทึมแล้ว จะทำการประเมินอัลกอริทึมข้างต้น เพื่อหาค่าความแม่นยำ และค่าความครบถ้วน เทียบกับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ผู้เชี่ยวชาญด้านข้อมูลบริการ และ 2) ผู้เชี่ยวชาญด้านตระกูลภาษา [36] อย่างไรก็ตาม งานวิจัย [39] ให้นิยามค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายมากกว่า 0.6 หมายถึงมีความคล้ายคลึงกัน น้อยกว่า 0.6 หมายถึงไม่มีความคล้ายคลึงกัน และ 1.0 หมายถึงบริการเดียวกัน นอกจากนี้ งานวิจัย [40] ได้เสนอการประเมินสำหรับวิธีการของการเปรียบเทียบออนโทโลยี (Ontology Matching) โดยนิยามค่าความแม่นยำ (ตามสมการ 4.9) ค่าความครบถ้วน (ตามสมการ 4.10) และค่าความถูกต้อง (ตามสมการ 4.11) ดังนี้

$$\text{ความแม่นยำ (Precision)} = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP+FP}} \tag{4.9}$$

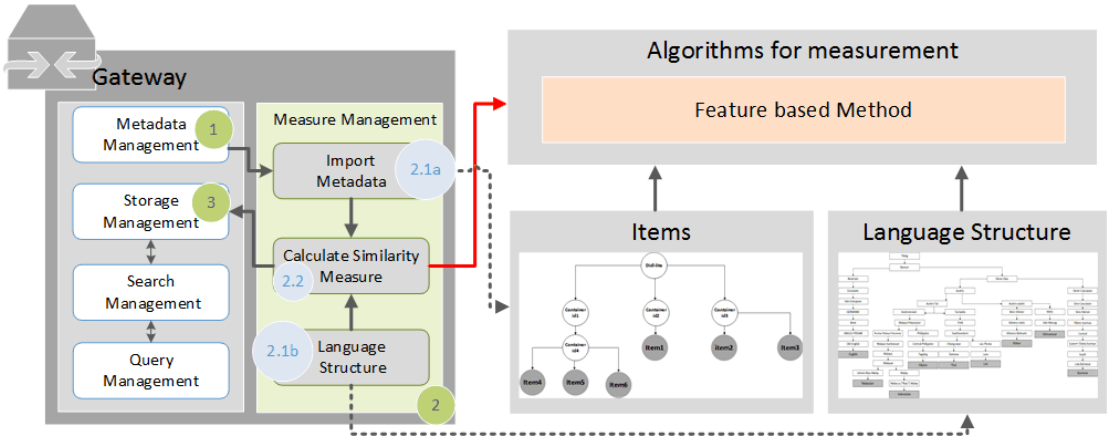
$$\text{ค่าความครบถ้วน (Recall)} = \frac{\mathrm{TP}}{\mathrm{TP+FN}} \tag{4.10}$$

$$\text{ค่าความถูกต้อง (F-Measure)} = \frac{2*\mathrm{Precision}*\mathrm{Recall}}{\mathrm{Precision+Recall}} \tag{4.11}$$

โดย True Positive (TP) คือ จำนวนของข้อมูลที่สอดคล้องระหว่างอัลกอริทึม และผู้เชี่ยวชาญ

False Positive (FP) คือ จำนวนของข้อมูลที่ไม่สอดคล้องระหว่างอัลกอริทึม และผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความคล้ายคลึงกันจากอัลกอริทึมไม่มีคล้ายคลึงกัน แต่ผู้เชี่ยวชาญนิยามว่ามีความคล้ายคลึงกัน หรือเป็นสิ่งเดียวกัน

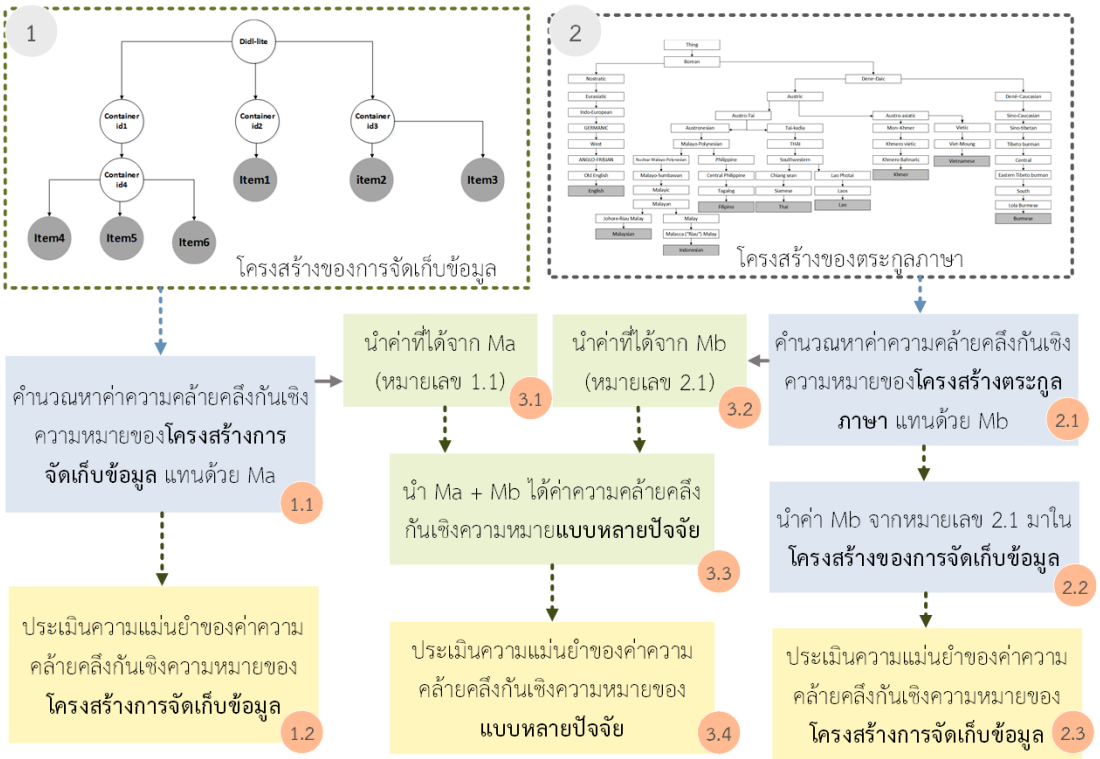
False Negative (FP) คือ จำนวนของข้อมูลที่ไม่สอดคล้องระหว่างอัลกอริทึม และผู้เชี่ยวชาญ โดยวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากอัลกอริทึมมีความคล้ายคลึงกัน หรือเป็นสิ่งเดียวกันไม่มี แต่ผู้เชี่ยวชาญนิยามว่าไม่มีคล้ายคลึงกัน



ภาพประกอบ 4-9 ภาพรวมของการทดสอบกลไก

4.5.3 การทำงานของโปรแกรมสนับสนุนการทดลอง

สำหรับการทดสอบระบบได้แบ่งวิธีการพิจารณาการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายออกเป็น 3 แบบ ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.2 (การเตรียมการทดลอง) และแสดงภาพรวมของขั้นตอนของการทดสอบดังภาพประกอบ 4-9 นอกจากนี้ จะอธิบายขั้นตอนของการทดสอบของแต่ละวิธีการทดลอง ดังภาพประกอบ 4-10 ดังนี้



ภาพประกอบ 4-10 ขั้นตอนการทดสอบของกลไก

- **กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล** แบ่งขั้นตอนดังนี้
  1) ใช้อัลกอริทึมจากวิธีการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลมาวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในโครงสร้างของการจัดเก็บของข้อมูล (หมายเลข 1.1)
  2) ทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของกลไก โดยคำนวณค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้องของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในข้อที่ 1 (หมายเลข 1.2)
- **กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา** แบ่งขั้นตอนดังนี้
  3) ใช้อัลกอริทึมจากวิธีการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลมาวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในโครงสร้างของตระกูลภาษา (หมายเลข 2.1) เพื่อหาอัลกอริทึมที่มีความแม่นยำ และค่าความครบถ้วนที่มีประสิทธิภาพที่ดี
  1) นำค่าวัดความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในข้อที่ 1 มาให้ตามโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (หมายเลข 2.2)
  2) ทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของกลไก โดยคำนวณค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้องของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในข้อที่ (หมายเลข 2.3)
- **กลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย** แบ่งขั้นตอนดังนี้
  1) ใช้อัลกอริทึมจากวิธีการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลมาวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในโครงสร้างของการจัดเก็บของข้อมูล (หมายเลข 3.1)
  2) ใช้อัลกอริทึมจากวิธีการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูลมาวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในโครงสร้างของตระกูลภาษา (หมายเลข 3.2)
  3) นำค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในข้อที่ 1 และข้อที่ 2 มาพิจารณาร่วมกัน (หมายเลข 3.3)
  4) ทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของกลไก โดยคำนวณค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้องของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายในข้อที่ 3 (หมายเลข 3.4)
  5) หาค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสมระหว่างโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และโครงสร้างของตระกูลภาษา เพื่อได้ค่าความแม่นยำ และค่าความครบถ้วนที่มีประสิทธิภาพ โดยหาค่าความคล้ายคลึงกันทั้งหมด (ตามสมการที่ 4.13) เกิดจากการความคล้ายคลึงระหว่างบริการ ซึ่งเกิดจากการแบ่งสัดส่วนของค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างค่าถ่วงน้ำหนักของค่าความคล้ายคลึงกันของตระกูลภาษา และค่าถ่วงน้ำหนักของค่าความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (ตามสมการ 4.14) โดยเมื่อรวมกันต้องได้เท่ากับ 1 เนื่องจากค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ดังนั้น เพื่อให้เกิดความสมดุลของค่าถ่วงน้ำหนักจำเป็นที่ค่าทั้งสองรวมกันต้องเท่ากับ 1 นั่นเอง

$$Mall = X1 * (Ma) + X2 * (Mb) \quad (4.13)$$

$$X1 + X2 = 1 \quad (4.14)$$

โดย Mall ค่าความคล้ายคลึงกันทั้งหมด

Ma ค่าความคล้ายคลึงกันของภาษา

Mb ค่าความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล

X1 ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างของตระกูลภาษา

X2 ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าความคล้ายคลึงกันของโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล

4.5.4 ผลการทดสอบ

จากภาพประกอบ 4-7 ซึ่งเป็นการจับคู่ระหว่างโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 15 คู่ และโครงสร้างของตระกูลภาษาได้ทั้งหมด 45 คู่ (ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.2 การเตรียมการทดลอง) โดยมีการประเมินการค่าความคล้ายคลึงกัน (Score) โดยนิยามค่าการประเมิน (Compliance Evaluation หรือ CE) ดังนี้ ถ้ามากกว่า 0.6 มีความหมายว่าทั้งคู่มีความคล้ายคลึงกันจะแทนด้วย “✓” หรือถ้าน้อยกว่า 0.6 มีความหมายว่าทั้งคู่ไม่มีความคล้ายคลึงกันจะแทนด้วย “-” และถ้าเท่ากับ 1.0 มีความหมายว่าทั้งคู่เป็นสิ่งเดียวกัน (Equalvalent) จะแทนด้วย “E” เพื่อมาพิจารณาคำนวณค่าความคล้ายคลึงเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ (Human Judgement หรือ HJ) ในการคำนวณค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง

4.5.5.1 กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล

ตาราง 4-7 แสดงค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างข้อมูลของทั้ง 5 อัลกอริทึมที่พิจารณาจากโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลมาพิจารณา และแสดงการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย (Score) และค่าการประเมิน (CE) และผู้เชี่ยวชาญ (HJ)

ตาราง 4-7 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(Item1,Item2)	0.38	-	0.33	-	0.20	-	0.33	-	0.33	-	✓
S(Item1,Item3)	0.38	-	0.33	-	0.20	-	0.33	-	0.33	-	✓
S(Item1,Item4)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	✓
S(Item1,Item5)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	E
S(Item1,Item6)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	-
S(Item2,Item3)	0.68	✓	0.57	-	0.40	-	0.58	-	0.67	✓	✓
S(Item2,Item4)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	✓
S(Item2,Item5)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	✓
S(Item2,Item6)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	-

ตาราง 4-7 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างภาษา (ต่อ)

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(Item3,Item4)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	✓
S(Item3,Item5)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	-		✓
S(Item3,Item6)	0.32	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.33	-	-
S(Item4,Item5)	0.88	✓	0.75	✓	0.60	✓	0.75	✓	0.75	✓	✓
S(Item4,Item6)	0.88	✓	0.75	✓	0.60	✓	0.75	✓	0.75	✓	-
S(Item5,Item6)	0.88	✓	0.75	✓	0.60	✓	0.75	✓	0.75	✓	-

คำย่อ HJ: Human Judgement CE: Compliance Evaluation (การประเมิน)

สัญลักษณ์ ✓ คือ คล้ายคลึงกัน - คือ ไม่คล้ายคลึงกัน E คือ สิ่งเดียวกัน

4.5.5.2 กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา

จากโครงสร้างของตระกูลภาษาสามารถจับคู่ระหว่างภาษาได้ทั้งหมด 45 คู่ ตามตาราง 4-8 และได้แสดงการค่าความคล้ายคลึงกัน (Score) และค่าการประเมิน (CE) และผู้เชี่ยวชาญ (HJ) ของทั้ง 5 อัลกอริทึมของวิธีการที่พิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล ซึ่งได้ยกตัวอย่างการจับคู่ของ S(THA,LAO) เป็นการวัดค่าความคล้ายคลึงกันของภาษาไทย และภาษาลาว โดยมีค่าความคล้ายคลึงกันของอัลกอริทึม ดังนี้ Symmetric Tversky's Index Dice Index Jaccard Index Cosine และ Inclusion Index เท่ากับ 0.83 0.70 0.54 0.70 และ 0.70 ตามลำดับ

ตาราง 4-8 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างภาษา

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(THA,THA)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(THA,ENG)	0.12	-	0.11	-	0.06	-	0.11	-	0.11	-	-
S(THA,MAL)	0.42	-	0.36	-	0.22	-	0.37	-	0.40	-	-
S(THA,IND)	0.40	-	0.35	-	0.21	-	0.35	-	0.40	-	-
S(THA,LAO)	0.83	✓	0.70	✓	0.54	✓	0.70	✓	0.70	✓	✓
S(THA,MYN)	0.20	-	0.18	-	0.10	-	0.18	-	0.20	-	-
S(THA,COM)	0.43	-	0.33	-	0.20	-	0.34	-	0.38	-	-
S(THA,VIE)	0.49	-	0.35	-	0.21	-	0.36	-	0.43	-	-
S(THA, PHI)	0.47	-	0.40	-	0.25	-	0.40	-	0.40	-	-
S(ENG,ENG)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(ENG,MAL)	0.10	-	0.10	-	0.05	-	0.10	-	0.11	-	-

ตาราง 4-8 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างภาษา (ต่อ)

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(ENG,IND)	0.09	-	0.09	-	0.05	-	0.09	-	0.11	-	-
S(ENG,LAO)	0.11	-	0.11	-	0.06	-	0.11	-	0.11	-	-
S(ENG,MYN)	0.10	-	0.10	-	0.05	-	0.10	-	0.11	-	-
S(ENG,COM)	0.13	-	0.12	-	0.06	-	0.12	-	0.13	-	-
S(ENG,VIE)	0.15	-	0.13	-	0.07	-	0.13	-	0.14	-	-
S(ENG,PHI)	0.11	-	0.11	-	0.06	-	0.11	-	0.11	-	-
S(MAL,MAL)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(MAL,IND)	0.92	✓	0.80	✓	0.67	✓	0.80	✓	0.83	✓	✓
S(MAL,LAO)	0.46	-	0.36	-	0.22	-	0.37	-	0.40	-	-
S(MAL,MYN)	0.20	-	0.17	-	0.10	-	0.17	-	0.18	-	-
S(MAL,COM)	0.42	-	0.30	-	0.18	-	0.31	-	0.38	-	-
S(MAL,VIE)	0.48	-	0.32	-	0.19	-	0.33	-	0.43	-	-
S(MAL,PHI)	0.71	✓	0.55	-	0.38	-	0.55	-	0.60	✓	✓
S(IND,IND)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(IND,LAO)	0.46	-	0.35	-	0.21	-	0.35	-	0.40	-	-
S(IND,MYN)	0.20	-	0.17	-	0.09	-	0.17	-	0.18	-	-
S(IND,COM)	0.42	-	0.29	-	0.17	-	0.29	-	0.38	-	-
S(IND,VIE)	0.48	-	0.30	-	0.18	-	0.31	-	0.43	-	-
S(IND,PHI)	0.70	✓	0.52	-	0.35	-	0.53	-	0.60	✓	✓
S(LAO,LAO)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(LAO,MYN)	0.21	-	0.19	-	0.11	-	0.19	-	0.20	-	-
S(LAO,COM)	0.43	-	0.33	-	0.20	-	0.34	-	0.38	-	-
S(LAO,VIE)	0.49	-	0.35	-	0.21	-	0.36	-	0.43	-	-
S(LAO,PHI)	0.47	-	0.40	-	0.25	-	0.40	-	0.40	-	-
S(MYN,MYN)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(MYN,COM)	0.27	-	0.21	-	0.12	-	0.21	-	0.25	-	-
S(MYN,VIE)	0.31	-	0.22	-	0.13	-	0.23	-	0.29	-	-
S(MYN,PHI)	0.21	-	0.19	-	0.11	-	0.19	-	0.20	-	-
S(COM,COM)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(COM, VIE)	0.68	✓	0.53	-	0.36	-	0.53	-	0.57	-	✓
S(COM,PHI)	0.38	-	0.33	-	0.20	-	0.34	-	0.38	-	-

ตาราง 4-8 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ระหว่างภาษา (ต่อ)

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(VIE,VIE)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E
S(VIE,PHI)	0.40	-	0.35	-	0.21	-	0.36	-	0.43	-	-
S(PHI,PHI)	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	1.00	E	E

คำย่อ THA: ภาษาไทย ENG: ภาษาอังกฤษ MAL: ภาษามาเลย์ MYN: ภาษาพม่า
LAO: ภาษาลาว COM: ภาษากัมพูชา PHI: ภาษาฟิลิปินโน VIE: ภาษาเวียดนาม
IND: ภาษาอินโด HJ: Human Judgement CE: Compliance Evaluation

สัญลักษณ์ ✓ คือ มีความคล้ายคลึงกัน - คือ ไม่มีความคล้ายคลึงกัน E คือ เป็นสิ่งเดียวกัน

ในตาราง 4-9 แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินของการจับคู่ระหว่างภาษา เพื่อหาความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง พบว่า อัลกอริทึมของ Symmetric Tversky's Index มีค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง เท่ากับ 1 ทั้งหมด นั่นหมายถึง ให้ผลที่มีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น จึงได้พิจารณาเลือกอัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index ในการวัดค่าความคล้ายคลึงกัน สำหรับโครงสร้างของตระกูลภาษา

ตาราง 4-9 เปรียบเทียบผลการประเมินของการจับคู่ระหว่างภาษา

Parameter	Symmetric Tversky's Index	Dice Index	Jaccard Index	Cosine	Inclusion Index
TP	45	42	42	42	44
FP	0	3	3	3	1
FN	0	0	0	0	0
Precision	1.0	0.93	0.93	0.93	0.98
Recall	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
F-Measure	1.0	0.97	0.97	0.97	0.99

นอกจากนี้ แสดงค่าวัดความคล้ายคลึงกัน (Score) และค่าการประเมินของอัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index กับผู้เชี่ยวชาญ ดังในตาราง 4-10

ตาราง 4-10 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา

S(A,B)	Score	Compliance Evaluation	
	Symmetric Tversky's Index	Symmetric Tversky's Index	Human Judgement
S(Item1,Item2)	0.12	-	✓
S(Item1,Item3)	0.42	-	✓
S(Item1,Item4)	0.40	-	✓
S(Item1,Item5)	1.00	E	E
S(Item1,Item6)	0.12	-	-
S(Item2,Item3)	0.10	-	✓
S(Item2,Item4)	0.09	-	✓
S(Item2,Item5)	0.12	-	✓
S(Item2,Item6)	1.00	E	-
S(Item3,Item4)	0.92	✓	✓
S(Item3,Item5)	0.42	-	✓
S(Item3,Item6)	0.10	-	-
S(Item4,Item5)	0.40	-	✓
S(Item4,Item6)	0.09	-	-
S(Item5,Item6)	0.12	-	-

สัญลักษณ์ ✓ คือ คล้ายคลึงกัน - คือ ไม่คล้ายคลึงกัน E คือ สิ่งเดียวกัน

4.5.5.3 กลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย

การวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากกลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ โครงสร้างของตระกูลภาษาโดยใช้อัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index และโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดยใช้ 5 อัลกอริทึมมาใช้ในการวัดค่าความคล้ายคลึงกัน โดยตาราง 4-11 ได้แสดงค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาจากหลายปัจจัย ประกอบด้วย ค่าความคล้ายคลึงกัน (Score) และค่าการประเมิน (CE) และผู้เชี่ยวชาญ (HJ)

นอกจากนี้ ได้ยกตัวอย่าง กรณี S(Item3,Item5) เป็นเพลงภาษาไทย และภาษามาเลย์มีค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างภาษาเท่ากับ 0.42 เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูลของอัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index ค่าความคล้ายคลึงกันเท่ากับ 0.37

ตาราง 4-11 ค่าความคล้ายคลึงกันของการจับคู่ที่พิจารณาจากหลายปัจจัย

S(A,B)	Symmetric Tversky's Index		Dice Index		Jaccard Index		Cosine		Inclusion Index		HJ
	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	Score	CE	CE
S(Item1,Item2)	0.25	-	0.23	-	0.16	-	0.23	-	0.23	-	✓
S(Item1,Item3)	0.40	-	0.38	-	0.31	-	0.38	-	0.38	-	✓
S(Item1,Item4)	0.36	-	0.35	-	0.29	-	0.35	-	0.37	-	✓
S(Item1,Item5)	0.66	✓	0.65	✓	0.59	-	0.65	✓	0.67	✓	E
S(Item1,Item6)	0.22	-	0.21	-	0.15	-	0.21	-	0.23	-	-
S(Item2,Item3)	0.39	-	0.34	-	0.25	-	0.34	-	0.39	-	✓
S(Item2,Item4)	0.21	-	0.19	-	0.13	-	0.19	-	0.21	-	✓
S(Item2,Item5)	0.22	-	0.21	-	0.15	-	0.21	-	0.23	-	✓
S(Item2,Item6)	0.65	✓	0.64	✓	0.58	-	0.64	✓	0.66	✓	-
S(Item3,Item4)	0.62	✓	0.61	✓	0.55	-	0.61	✓	0.63	-	✓
S(Item3,Item5)	0.37	-	0.36	-	0.30	-	0.36	-	0.23	-	✓
S(Item3,Item6)	0.21	-	0.20	-	0.14	-	0.20	-	0.22	-	-
S(Item4,Item5)	0.64	✓	0.58	-	0.50	-	0.58	-	0.58	-	✓
S(Item4,Item6)	0.49	-	0.42	-	0.35	-	0.42	-	0.42	-	-
S(Item5,Item6)	0.50	-	0.44	-	0.36	-	0.44	-	0.44	-	-

คำย่อ HJ: Human Judgement CE: Compliance Evaluation

สัญลักษณ์ ✓ คือ มีความคล้ายคลึงกัน - คือ ไม่มีความคล้ายคลึงกัน E คือ เป็นสิ่งเดียวกัน

4.5.5 เปรียบเทียบและประเมินผลการทดสอบของกลไก

ในส่วนนี้ได้แสดงการเปรียบเทียบของทั้งสามกลไก ประกอบด้วย การเปรียบเทียบผลการทดลอง และการเปรียบผลการประเมิน ดังนี้

4.5.5.1 การเปรียบเทียบผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลการทดลองได้แสดงตามตาราง 4-12 เป็นการเปรียบเทียบการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจาก 3 กลไก (ที่ได้จากการทดลองในหัวข้อข้างต้น 4.4.4 ผลการทดลอง) โดยนำค่าวัดความคล้ายคลึงกันจากกลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (จากตาราง 4-7) กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา (จากตาราง 4-10) และกลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย (จากตาราง 4-11) โดยนำค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสอง ถ้าค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายมากกว่า 0.6 หมายถึง คล้ายคลึงกัน ถ้าค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายน้อยกว่า 0.6 หมายถึง ไม่คล้ายคลึงกัน และถ้าค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายเท่ากับ 1.0 หมายถึง สิ่งเดียวกัน ตามที่ได้กล่าวไว้ในผลการทดลอง (หัวข้อ 4.5.4 ผลการทดลอง)

นอกจากนี้ ได้แสดงการสรุปโดยเปรียบเทียบจากข้อมูลที่เป็นเพลงเดียวกันแต่มีเนื้อร้องต่างภาษากัน โดยพิจารณาข้อมูลที่อยู่กิ่งเดียวกัน และข้อมูลที่อยู่ต่างกิ่งทั้ง 5 อัลกอริทึมในแต่ละกลไก

ตาราง 4-12 การเปรียบเทียบการวัดค่าความคล้ายคลึงกันจากการทดลอง

Plan	Algorithm	โหนดกิ่งเดียวกัน		โหนดต่างกิ่ง		
		S(item2,item3) (Eng, Mal)	S(item4,item5) (Ind, Tha)	S(item1,item3) (Tha, Mal)	S(item1,item5) (Tha, Tha)	S(item3,item4) (Mal, Ind)
CoL	A1	0.68	0.88	0.38	0.32	0.32
	A2	0.57	0.75	0.33	0.29	0.29
	A3	0.40	0.60	0.2	0.17	0.17
	A4	0.58	0.75	0.33	0.29	0.29
	A5	0.67	0.75	0.33	0.33	0.33
CoS	A1	0.1	0.4	0.42	1.00	0.92
หลายปัจจัย (แนวทางที่เสนอ)	A1	0.39	0.64	0.4	0.66	0.62
	A2	0.34	0.58	0.38	0.65	0.61
	A3	0.25	0.50	0.31	0.59	0.55
	A4	0.34	0.58	0.38	0.65	0.61
	A5	0.39	0.58	0.38	0.67	0.63

ตัวย่อ CoL: พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา CoS: พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล
A1: Symmetric Tversky's Index A2: Dice Index A3: Jaccard Index A4: Cosine
A5: Inclusion Index THA: ภาษาไทย ENG: ภาษาอังกฤษ MAL: ภาษามาเลย์ IND: ภาษาอินโด

1. กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล พบว่า อัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index และอัลกอริทึมของ Inclusion Index มีค่าวัดความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายสูงสุด เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น ๆ โดยพิจาณากรณีข้อมูล ดังนี้

- กรณีข้อมูลที่อยู่กิ่งเดียวกันของ S(item2,item3) และ (item4,item5) พบว่ามีค่าความคล้ายคลึงกัน เท่ากับ 0.68 0.88 ตามลำดับ ของอัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index และสำหรับอัลกอริทึมของ Inclusion Index เท่ากับ 0.67 0.75 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าทั้งสองคู่นั้นเป็นเพลงเดียวกัน
- กรณีข้อมูลที่อยู่ต่างกิ่งของ S(item1,item3) (item1,item5) และ (item3,item4) พบว่า ค่าความคล้ายคลึงกันของทุกอัลกอริทึมนั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลเพลงทุกคู่ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่ใช่เพลงเดียวกัน

2. กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา พบว่า อัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index มีความแม่นยำสูงสุดซึ่งสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญซึ่งได้อธิบายไว้ในการทดลองข้างต้น (4.5.4.2 กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา) ดังนั้น จึงได้นำค่าความคล้ายคลึงกันของตระกูลภาษามาแทนในโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดยพิจาณากรณีข้อมูล ดังนี้

- กรณีข้อมูลที่อยู่กิ่งเดียวกันของ S(item2,item3) และ (item4,item5) เป็นเพลงภาษา อังกฤษและมาเลย์ อินโดและไทย ตามลำดับ พบว่า ค่าความคล้ายคลึงกันของทุกอัลกอริทึมนั้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลเพลงทุกคู่ไม่มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่ใช่เพลงดียวกัน
- กรณีข้อมูลที่อยู่ต่างกิ่งของ S(item1,item3) (item1,item5) และ (item3,item4) เป็นเพลงภาษา ไทยและมาเลย์ ไทยและไทย มาเลย์และอินโด ตามลำดับ พบว่า สามารถเรียงลำดับความคล้ายคลึงของเพลงได้ดังนี้ 1. (item1,item5) 2. (item3,item4) และ 3. S(item1,item3) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเพลงทุกคู่มีความสัมพันธ์กัน หรือเป็นเพลงเดียวกัน

3. กลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย พบว่า อัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index และอัลกอริทึมของ Inclusion Index มีค่าวัดความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายสูงสุด เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่น โดยพิจาณากรณีข้อมูล ดังนี้

- กรณีข้อมูลที่อยู่กิ่งเดียวกันของ S(item2,item3) และ S(item4,item5) เป็นเพลงภาษาอังกฤษและมาเลย์ อินโดและไทย ตามลำดับ พบว่า อัลกอริทึม Symmetric Tversky's Index สามารถบอกความสัมพันธ์ของ S(item4,item5) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเพลงมีความสัมพันธ์กัน หรือเป็นเพลงเดียวกัน
- กรณีข้อมูลที่อยู่ต่างกิ่งของ S(item1,item3) (item1,item5) และ (item3,item4) เป็นเพลงภาษา ไทยและมาเลย์ ไทยและไทย มาเลย์และอินโด ตามลำดับ พบว่า สามารถเรียงลำดับความคล้ายคลึงของเพลงได้ดังนี้ 1. (item1,item5) 2. (item3,item4) และ 3. S(item1,item3) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลเพลงทุกคู่มีความสัมพันธ์กัน หรือเป็นเพลงเดียวกัน

จากผลของการทดลองของทั้ง 3 กลไก สามารถสรุปได้ดังนี้

1) กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล จะสามารถหาค่าความคล้ายคลึงกันที่สอดคล้องที่สุดเมื่อข้อมูลทั้งสองอยู่ในกิ่งเดียวกัน และจะไม่สอดคล้องกรณีที่อยู่ต่างกิ่ง

2) กลไกการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา จะสามารถหาค่าความคล้ายคลึงกันที่สอดคล้องเมื่อภาษามีความใกล้เคียงกัน และจะไม่สอดคล้องเมื่อภาษาไม่มีความใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ พบว่าค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายจะไม่เปลี่ยนแปลง เช่น กรณี เพลงไทยกับมาเลย์เท่ากับ 0.4 เพราะฉะนั้นค่าความคล้ายคลึงกันของทุกเพลง กรณีเพลงไทยและมาเลย์จะเท่ากับ 0.4 เสมอ โดยตำแหน่งของการจัดเก็บจะไม่มีผลต่อการคำนวณค่าความคล้ายคลึงกัน จะเห็นได้ว่าการวัดค่าความคล้ายคลึงของกลไกนี้ไม่มีความยืดหยุ่น เนื่องจากถูกกำหนดด้วยภาษาเพียงอย่างเดียว

3) กลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัย จะสามารถหาค่าความคล้ายคลึงกันที่เหมาะสมและสอดคล้องมากกว่า 2 กลไก เนื่องจากกลไกการพิจารณาจากหลายปัจจัยได้ปรับปรุงข้อบกพร่องของกลไกทั้งสองข้างต้น นั่นคือ ทำให้สามารถปรับปรุงการวัดค่าความคล้ายคลึงกันทั้งกิ่งเดียวกันและ

ต่างกิ่ง โดยใช้ประโยชน์จากโครงสร้างของตระกูลภาษาในการพิจารณากัน โดยนำทั้งสองปัจจัยมาพิจารณาร่วมกัน ทำให้ค่าความคล้ายคลึงกันมีความสอดคล้องในทุก ๆ กรณีนั่นเอง

4.5.5.2 การประเมินผลการทดลอง

การประเมินผลการทดลองได้แสดงตามตาราง 4-13 เป็นการเปรียบเทียบการประเมินหาความแม่นยำจากการทดลองทั้ง 3 กลไก ประกอบด้วย การพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (ตาราง 4-7) การพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา (ตาราง 4-10) และการพิจารณาจากหลายปัจจัย (ตาราง 4-11) จากค่า True Positive (TP) True Negative (TN) และ False Negative (FN) จากสมการ 4.9-4.11 โดยการเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญที่ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสอง ได้แก่ คล้ายคลึงกัน ไม่คล้ายคลึงกัน และสิ่งเดียวกัน แทนด้วย “✓” “-” และ “E” ตามลำดับ เพื่อประเมินความแม่นยำของทั้งสามกลไกของ มีค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง

การประเมินความแม่นยำของทั้งสามกลไก พบว่า กลไกที่พิจารณาจากหลายปัจจัยที่ได้เสนอในวิทยานิพนธ์นี้ของอัลกอริทึม Symmetric Tversky’s Index ของการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และอัลกอริทึม Symmetric Tversky’s Index ของการพิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษามีค่าการประเมินความแม่นยำสูงสุด โดยมีค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง คือ 0.50 0.88 และ 0.64 ตามลำดับ โดยสอดคล้องกับที่ได้อธิบายในการเปรียบเทียบผลการทดลองของการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายทั้งสามกลไก (หัวข้อ 4.5.5.1 ผลการทดลอง)

ตาราง 4-13 สรุปการเปรียบเทียบความแม่นยำจากการทดลอง

Plan	Algorithm	โหนดกิ่งเดียวกัน			โหนดต่างกิ่ง		
		TP	TN	FN	Precision	Recall	F-measure
CoL	A1	5	8	2	0.38	0.71	0.50
	A2	4	9	2	0.31	0.67	0.42
	A3	4	9	2	0.31	0.67	0.42
	A4	4	9	2	0.31	0.67	0.42
	A5	5	8	2	0.38	0.71	0.50
CoS	A1	6	8	1	0.43	0.86	0.57
หลายปัจจัย (แนวทางที่เสนอ)	A1	**7**	**7**	**1**	**0.50**	**0.88**	**0.64**
	A2	6	8	1	0.43	0.86	0.57
	A3	6	9	0	0.40	1.00	0.57
	A4	6	8	1	0.43	0.86	0.57
	A5	6	8	1	0.43	0.86	0.57

ตัวย่อ CoL: พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของตระกูลภาษา CoS: พิจารณาเฉพาะโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล
A1: Symmetric Tversky’s Index A2: Dice Index A3: Jaccard Index A4: Cosine A5: Inclusion Index

จากตาราง 4.13 แสดงให้เห็นว่า การประเมินความแม่นยำของกลไกที่เสนอในวิทยานิพินธ์นี้มีความแม่นยำสูงสุด ดังนั้น จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบการวัดค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโครงสร้างของตระกูลภาษา (X_L) และโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล (X_S) เพื่อหาช่วงการถ่วงน้ำหนักที่จะให้ค่าความคล้ายคลึงกันมีความสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญสูงได้ ได้แสดงในตาราง 4-14 การเปรียบเทียบการวัดค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโครงสร้างของตระกูลภาษา และโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล ตามสมการ 4.10 ($X_L + X_S = 1$) พบว่า ช่วง $X_L = 0.5$ $X_S = 0.5$ เป็นช่วงที่มีความเหมาะสม เนื่องจากมีความแม่นยำมากกว่าในช่วงอื่น ๆ โดยมีค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง เท่ากับ 0.5 0.88 และ 0.64 ตามลำดับ

ตาราง 4-14 เปรียบเทียบการวัดค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างตระกูลภาษากับการจัดเก็บข้อมูล

Proportion	Precision@1	Recall@1	F measure@1
$X_L = 0.1, X_S = 0.9$	0.38	0.71	0.5
$X_L = 0.2, X_S = 0.8$	0.31	0.67	0.42
$X_L = 0.3, X_S = 0.7$	0.31	0.67	0.42
$X_L = 0.4, X_S = 0.6$	0.43	0.86	0.57
$X_L = 0.5, X_S = 0.5$	0.5	0.88	0.64
$X_L = 0.6, X_S = 0.4$	0.43	0.86	0.57
$X_L = 0.7, X_S = 0.3$	0.43	0.86	0.57
$X_L = 0.8, X_S = 0.2$	0.43	0.86	0.57
$X_L = 0.9, X_S = 0.1$	0.43	0.86	0.57

สัญลักษณ์ X_L คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของโครงสร้างของตระกูลภาษา X_S คือ ค่าถ่วงน้ำหนักของโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล

4.5.6 สรุปผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาข้อมูลการทดลองข้างต้น จะเห็นได้ว่าสอดคล้องกับความคาดหวังของวิทยานิพนธ์นี้ กล่าวคือ

- การวัดค่าความคล้ายคลึงกันระหว่างบริการ โดยนำวิธีการของการพิจารณาตามคุณลักษณะของข้อมูล ระหว่างโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และตระกูลภาษามาพิจารณาร่วมกันให้ประสิทธิภาพด้านความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง สำหรับการค้นหาบริการเพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา
- ประสิทธิภาพด้านความแม่นยำในการให้ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างการค่าความคล้ายคลึงของโครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล และตระกูลภาษา กล่าวคือ หากให้ความสำคัญเรื่องภาษามากเกินไป อาจจะทำให้ขาดความแม่นยำ จากทดลองจึงได้ค่าถ่วงน้ำหนักที่เหมาะสม เนื่องจากตำแหน่งการจัดเก็บของข้อมูลมีความสำคัญ เพื่อบอกความสัมพันธ์บางอย่าง เช่น นักร้องคนเดียวกัน หรือเป็นชนิดเพลงเดียวกัน เป็นต้น

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการทบทวนงานวิจัยทางด้านการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงภายในระบบ UPnP-AV โดยมีการขยายสถาปัตยกรรมเดิม เพื่อหลีกเลี่ยงกับมาตราฐานเดิมของระบบ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีเทคนิควิธีหลายแบบในการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูง เพื่อรองรับการใช้งานแบบหลายภาษา แต่ในงานวิจัยนี้สนใจเฉพาะ การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node เท่านั้น เนื่องจากมีการรายงานในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องว่าให้ประสิทธิภาพด้านความเร็ว และการจัดการกับเมตาดาต้าที่ดีกว่าแบบอื่น ๆ และสำหรับการค้นคืนที่รองรับแบบหลายภาษาได้ใช้วิธีการที่พิจารณาจากคุณลักษณะของข้อมูล (Feature Based Methods) เนื่องจากเป็นแนวทางที่พิจารณาคุณลักษณะของข้อมูลเพลง และวิดีโอมากกว่าการตีความ หรือพิจารณาจากความใกล้ ไกลของข้อมูลเพลง และวิดีโอ

ในการศึกษาประสิทธิภาพด้านความเร็ว และการจัดเก็บข้อมูลเพลง และวิดีโอในการค้นหาเชิงความหมายขั้นสูงด้วยการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple และการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node และการรองรับการค้นคืนแบบหลายภาษาที่ให้ผลที่มีความแม่นยำในการค้นหาคืนแก่ผู้ใช้ พบว่า

1) สามารถนำกลไกของ Linked Data มาช่วยแก้ปัญหาข้อด้อยเมตาดาต้าที่มีอยู่อย่างจำกัดภายในระบบ UPnP-AV ทำให้ขยายขอบเขตการค้นหาจากเดิมที่ค้นหาได้เพียงจาก ชื่อเพลง หรือชื่อนักร้อง และชนิดของแนวเพลง อย่างไรก็ตาม กลไก Linked Data มีการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ RDF และภายในระบบ UPnP-AV มีการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ XML ส่งผลทำให้การจัดเก็บภายในระบบ UPnP-AV ต้องจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ RDF ด้วยเช่นกัน
2) การเปรียบเทียบความเร็ว และการจัดการกับการจัดเก็บของข้อมูลเพลง หรือวิดีโอของการค้นหาเชิงความหมายแบบขั้นสูงภายในระบบ UPnP-AV พบว่า การค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple มีความเหมาะสมมากกว่าการค้นหาเชิงความหมายแบบ Node เนื่องจากสามารถจัดการจัดเก็บได้ง่ายและไม่ต้องแปลงการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบอื่น ๆ และสนับสนุนให้การเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อการประมวลผลทำได้สะดวกมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถรองรับการค้นหาเพื่อการใช้งานแบบหลายภาษาได้ นอกจากนี้ สามารถค้นหาได้มากกว่า 1 เงื่อนไข และสูงสุดได้เท่ากับจำนวนของเมตาดาต้าที่มีการขยายเมตาดาต้าภายในระบบ
3) การเปรียบเทียบการประเมินการค้นคืนในการรองรับการค้นหาเชิงความหมายที่รองรับการใช้งานแบบหลายภาษา โดยพิจารณาปัจจัยระหว่างโครงสร้างของตระกูลภาษา และ

โครงสร้างของการจัดเก็บข้อมูล โดยเปรียบเทียบกับค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง พบว่า

- ทั้งสองปัจจัยนำอัลกอริทึมของ Symmetric Tversky's Index ใช้วัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมาย ทำให้มีความแม่นยำสูงสุด เมื่อเทียบกับอัลกอริทึมอื่นๆ ซึ่งมีค่าความแม่นยำ ค่าความครบถ้วน และค่าความถูกต้อง เท่ากับ 0.5 0.88 และ 0.64 ตามลำดับ
- ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างโครงสร้างของตระกูลภาษา และโครงสร้างการจัดเก็บของข้อมูลเท่ากับ 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการค้นหาบริการเชิงความหมายเพื่อรองรับการค้นคืนแบบหลายภาษา สามารถดำเนินการศึกษาเพิ่มเติม ในประเด็นต่างๆ ต่อไปนี้

1) แนวทางการค้นหาเชิงความหมายแบบ Triple (Triple Matching) ที่มีรูปแบบการจัดเก็บคำอธิบายบริการแบบตาราง Triple ที่ได้เสนอแนะในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นการทำดัชนีทั้งหมดทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่โดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากอาจมีข้อมูลที่ไม่ถูกเรียกใช้ ดังนั้น เพื่อลดการใช้ทรัพยากรของพื้นที่ในการจัดเก็บคำอธิบายบริการ ในกรณีอุปกรณ์มีพื้นที่การจัดเก็บที่จำกัด เช่น การทำดัชนีแค่บางส่วน เป็นต้น
2) ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการค้นคืนแบบหลายภาษา โดยใช้แนวทางการวัดค่าความคล้ายคลึงกันเชิงความหมายที่ได้เสนอแนะในงานวิจัยนี้ เช่น การจัดโครงสร้างของข้อมูลการจัดเก็บ หรือพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ข้อมูลที่อยู่ใกล้ หรือข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ที่คล้ายคลึงกัน เป็นต้น
3) ศึกษาถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ ในด้านผู้ใช้งานของการนำกลไกการค้นหาบริการเชิงความหมายเพื่อรองรับการค้นคืนแบบหลายภาษาไปประยุกต์ใช้งาน เช่น การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เป็นต้น

บรรณานุกรม

[1] S. Weerawarana, F. Curbera, F. Leymann, T. Storey, and D. F. Ferguson, *Web Services Platform Architecture: SOAP, WSDL, WS-Policy, WS-Addressing, WS-BPEL, WS-Reliable Messaging and More*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2005.

[2] M. Jeronimo and J. Weast, *UPnP Design by Example: A Software Developer's Guide to Universal Plug and Play*. Intel Press, 2003.

[3] J. Ritchie, T. Kuehnel, W. van der Beek Philips, and J. K. Philips, "UPnP AV Architecture: 2," *XP055032201 Retrieved Internet URL Httpupnp Orgspecsavupnp-Av-AVArchitecture-V2 Pdf*, 2010.

[4] Pérez Romero, L., Baltussen, L.B., Leeuwen, P. van, Hildebrand, M., Hardman, L., and EU, "Interaction Design and User Needs for TV Broadcasts Enriched with Linked Open Data," 2014.

[5] D. Diaz-Sanchez, F. Almenarez, A. Marin, D. Proserpio, and P. A. Cabarcos, "Media cloud: an open cloud computing middleware for content management," *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 57, no. 2, pp. 970–978, 2011.

[6] A. Rueangprathum, S. Limsiroratana, and S. Witosurapot, "Enabling semantic-based ubiquitous learning in upnp network environment," *Int. J. Inf. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 10, p. 794, 2015.

[7] Pérez Romero, L., Baltussen, L.B., Leeuwen, P. van, Hildebrand, M., Hardman, L., and EU, "Interaction Design and User Needs for TV Broadcasts Enriched with Linked Open Data," 2014.

[8] M. Wang, T. Kawamura, Y. Sei, H. Nakagawa, Y. Tahara, and A. Ohsuga, "Music Recommender Adapting Implicit Context Using 'renso' Relation among Linked Data," *J. Inf. Process.*, vol. 22, no. 2, pp. 279–288, 2014.

[9] M. Jovanovik, M. Petrov, B. Najdenov, and D. Trajanov, "Linked Music Data from Global Music Charts," in *Proceedings of the 10th International Conference on Semantic Systems*, New York, NY, USA, 2014, pp. 108–115.

[10] A. Hamadi, G. Quénot, and P. Mulhem, "Clustering based rescoring for semantic indexing of multimedia documents," in *2013 11th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)*, 2013, pp. 41–46.

[11] F. Amato, V. Moscato, F. Persia, A. Picariello, and F. Gargiulo, "An RDF-Based Framework for Semantic Indexing of Web Pages," in *2013 IEEE Seventh International Conference on Semantic Computing (ICSC)*, 2013, pp. 395–396.

[12] H. Miao and S. Park, “A semantic metadata infrastructure for UPnP AV to maximize quality of user experience,” in *2011 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, 2011, pp. 223–227.

[13] O. h Choi, J. e Lim, D. h Lee, H. s Na, and D. k Baik, “A multimedia contents management system based on a metadata-net in home network,” *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 54, no. 2, pp. 468–473, 2008.

[14] M. Rico, O. Corcho, V. Mendez, and J. M. Gomez-Perez, “A Semantically Enhanced UPnP Control Point for Sharing Multimedia Content,” *IEEE Internet Comput.*, vol. 15, no. 6, pp. 58–64, 2011.

[15] R. Tusch, M. Jakab, J. Köpke, A. Krätschmer, M. Kropfberger, S. Kuchler, M. Ofner, H. Hellwagner, and L. Böszörmenyi, “Context-Aware UPnP-AV Services for Adaptive Home Multimedia Systems,” *Int. J. Digit. Multimed. Broadcast.*, vol. 2008, p. e835438, Sep. 2008.

[16] K. Guo, W. Pan, M. Lu, X. Zhou, and J. Ma, “An effective and economical architecture for semantic-based heterogeneous multimedia big data retrieval,” *J. Syst. Softw.*, vol. 102, pp. 207–216, 2015.

[17] N. M. Idris and S. Z. Z. Abidin, “RDF data management for Web2.0 applications,” in *2014 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)*, 2014, pp. 112–116.

[18] Z. Kaoudi and I. Manolescu, “Cloud-based RDF Data Management,” in *Proceedings of the 2014 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, New York, NY, USA, 2014, pp. 725–729.

[19] “A survey of RDF storage approaches.” [Online]. Available: https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00665982/. [Accessed: 31-Mar-2016].

[20] L. Ding, J. Shinavier, Z. Shangguan, and D. L. McGuinness, “SameAs Networks and Beyond: Analyzing Deployment Status and Implications of owl:sameAs in Linked Data,” in *The Semantic Web – ISWC 2010*, P. F. Patel-Schneider, Y. Pan, P. Hitzler, P. Mika, L. Zhang, J. Z. Pan, I. Horrocks, and B. Glimm, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 145–160.

[21] T. Lesnikova, J. David, and J. Euzenat, “Interlinking English and Chinese RDF data sets using machine translation,” in *3rd ESWC workshop on Knowledge discovery and data mining meets linked open data (Know@LOD)*, Hersounisos, Greece, 2014.

[22] L. Zhuhadar, “A synergistic strategy for combining thesaurus-based and corpus-based approaches in building ontology for multilingual search engines,” *Comput. Hum. Behav.*, vol. 51, Part B, pp. 1107–1115, 2015.

[23] L. Zhuhadar, O. Nasraoui, R. Wyatt, and E. Romero, "Multi-language ontology-based search engine," in *Advances in Computer-Human Interactions, 2010. ACHI'10. Third International Conference on*, 2010, pp. 13–18.

[24] R. Prasath, S. Sarkar, and P. O'Reilly, "Improving Cross Language Information Retrieval Using Corpus Based Query Suggestion Approach," in *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing*, Springer, 2015, pp. 448–457.

[25] Z. Wu and M. Palmer, "Verbs Semantics and Lexical Selection," in *Proceedings of the 32Nd Annual Meeting on Association for Computational Linguistics*, Stroudsburg, PA, USA, 1994, pp. 133–138.

[26] Y. Li, Z. A. Bandar, and D. Mclean, "An approach for measuring semantic similarity between words using multiple information sources," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 15, no. 4, pp. 871–882, Jul. 2003.

[27] F. Lin and K. Sandkuhl, "A Survey of Exploiting WordNet in Ontology Matching," in *Artificial Intelligence in Theory and Practice II*, M. Bramer, Ed. Springer US, 2008, pp. 341–350.

[28] S. Torres and A. Gelbukh, *Comparing Similarity Measures for Original WSD Lesk Algorithm*. 2009.

[29] C. Fellbaum and G. Miller, "Combining Local Context and Wordnet Similarity for Word Sense Identification," in *WordNet:An Electronic Lexical Database*, MIT Press, 1998, pp. 265–283.

[30] I. Choi and M. Kim, "Topic Distillation Using Hierarchy Concept Tree," in *Proceedings of the 26th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Informaion Retrieval*, New York, NY, USA, 2003, pp. 371–372.

[31] S. Jimenez, C. Becerra, and A. Gelbukh, "SOFTCARDINALITY-CORE: Improving Text Overlap with Distributional Measures for Semantic Textual Similarity," in *Proceedings of the Main Conference and the Shared Task*, Atlanta, Georgia, USA, 2013, vol. 2013, pp. 194–201.

[32] N. J. van Eck and L. Waltman, "How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 60, no. 8, pp. 1635–1651, 2009.

[33] M. NEI, "Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases," *Proc Natl Acad Sci USA*, vol. 76, pp. 5269–5273, 1979.

[34] W. Du, R. Y. K. Lau, J. Ma, and W. Xu, "A multi-faceted method for science classification schemes (SCSs) mapping in networking scientific resources," *Scientometrics*, vol. 105, no. 3, pp. 2035–2056, Sep. 2015.

[35] A. Faiths, *English: Near Complete Phylogenetic Tree of Borean Language Families Based on Data from Ethnologue, and the data of Sergei Starostin.* 2013.

[36] มณฑิราตาเมือง, ภาษาสังคมและวัฒนธรรม: จุดร่วมจุดต่างของประเทศในกลุ่มอาเซียน, 4th ed., vol. 2012. 2011.

[37] J. Euzenat, M. Ehrig, and R. García, “Towards a methodology for evaluating alignment and matching algorithms Version 1.0.” 02-May-2005.

[38] อานนท์ไกรเสวกวิสัย, “ระบบสืบค้นรูปภาพบนอินเตอร์เน็ตโดยใช้หลักการเว็บเชิงความหมาย THE IMAGE SEARCH ENGINE USING SEMANTIC WEB,” มหาวิทยาลัยกรุงเทพ, 2552.

[39] H. S. Iroju O Ganiyat, “Resolving Semantic Heterogeneity in Healthcare: An Ontology Matching Approach,” *J. Comput. Sci. Eng. ING*, vol. 17, no. 2, pp. 28–34, 2013.

[40] F. Giunchiglia, F. McNeill, and P. Shvaiko, “Methodology for Ontology Matching Quality Evaluation,” *Open Knowl. FP6-027253*, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

1. A. Abudayor and S. Witosurapot, “Comparison of Semantic-Enhanced Search Services in UPnP-AV Multimedia Systems,” in *Proceeding of IACT Melbourne Conferences*, Melbourne, Australia, 2016, pp. 189–192.

Proceedings of IACT Melbourne Conferences

Comparison of Semantic-Enhanced Search Services in UPnP-AV Multimedia Systems

Awatif Abudayor and Suntorn Witosurapot
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand
Email: jamendat@gmail.com, wsuntorn@fivedots.coe.psu.ac.th

***Abstract*—Ubiquitous home multimedia systems can be realized by the use of UPnP-AV standard so that home users can play and share multimedia contents across a wide range of devices from any locations inside the local home network. However, due to the lack of semantic support in the native search service, user queries are merely limited to media-specific properties of audio/video resources in locality. This paper aims to investigate the performance of semantic-based searching mechanisms on the support of user queries with more usability advantages. Based on our simulated data set of enhanced UPnP-AV data with external annotation from the Linked Data cloud, the semantically enhanced search service semantic with indexing search algorithm is far more appropriate than the keyword-based counterpart. Thus, it should be recommended by default, especially in the latest version of UPnP-AV, where the power of new features is utterly driven by the semantic-based content description.**

***Index Terms*—UPnP-AV, RDF, Linked Data, semantic keyword search, semantic indexing search**

I. Introduction

Universal Plug and Play-Audio/Video (UPnP-AV) is an implementation framework for building ubiquitous home entertainment system [1], where users can search audio and video (AV) files from a networked device or computer, and manage to run or display these files on any AV devices locating in the same UPnP-based network environment. Over the last decade, the basic architecture of UPnP-AV system has been researched extensively to cope better with new demands of innovative applications in many domains, such as media cloud service [2]-[3], and ubiquitous mobile learning [4]. However, a problem of poor usability occurring in the primitive searching service remains existed so far. Therefore, due to the limitation of using keyword-based matching scheme by default, searching with a rather complex string, e.g. "Find all pop songs of the singer named Taylor Swift" will not be applicable in the scheme.

In this paper, the problem of limited search capability in the UPnP-AV system will be tackled. The goal is to enable advanced semantic searching functionality by the notable means of Semantic Web technologies and Linked Data principle [5]. Although our semantically-enhanced UPnP-AV system shares a common architecture with those works (such as [6]-[9]), our distinctive concerns are on the efficacy of different semantic searching algorithms, and related metadata management, deploying at the content sharing server. The key contribution is an advanced search engine that is capable of facilitating the user queries with more usability advantages and wider search coverage, i.e. including media description files from multiple devices or even the Cloud drives. Therefore, the user's burden can be relieved greatly.

The rest of this paper is organized as follows. In the next section, the discussion on why the UPnP searching mechanism must be worked on the semantic basis instead of the syntactic matching style is carried out, following with the semantically-enhanced UPnP-AV architecture under consideration including some extra functionalities. Then, the performance evaluations of retrieval system affected by different semantic indexing algorithms in the initial prototype is reported. Finally, the conclusion of this paper is in the last section.

II. Limited Search Capability In UPnP-AV

A. Limited Media Search Capability in UPNP-AV

According to the UPnP-AV reference [1], all media contents (i.e. .mp3 or .mp4 files) must be associated at least with a metadata (XML) file in order to specify their descriptions using the MPEG-7 metadata and structuring in the DIDL-Lite format. For instance, a DIDL-Lite XML document of media contents given in Fig. 1 is a logical package containing two digital items (DIs). In each DI, a sub-item (also called as Component) will be used for binding to actual media resource (i.e. a media stream or a picture file).

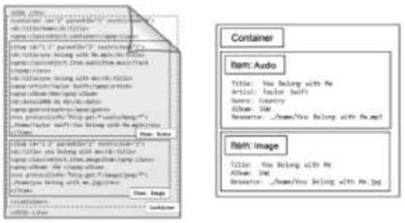


Figure 1. DIDL-Lite XML document and logical structure

Manuscript received December 20, 2015; revised January 10, 2016; accepted January 25, 2016.

To search for media information in hierarchical elements of the DIDL-Lite XML documents described above, users are demanded to consult the Content Directory Service (CDS) located in the Media Server as shown in Fig. 2 as the CDS works on a basis of syntactic comparisons, various attributes of MPEG-7 metadata (as shown in Table I) will be searched to find a good match for the given strings. In this regard, user's media queries are restricted merely to the media-specific properties of AV resources. Then, some users, who may prefer to specify their queries with broader properties or in an ambiguous manner, will never be friendly with the limited capability of native UPnP-AV search.

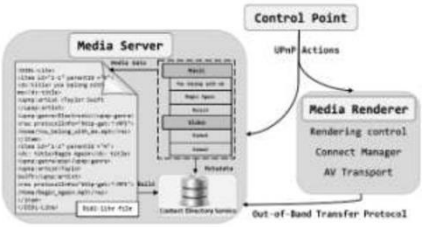


Figure 2. Simplified view of media search in UPnP-AV

TABLE I. METADATA FOR MEDIA DESCRIPTION

Metadata for media description		
Subject	Description	Format
Title	Contributor	Identifier
Creator	Date	Relation
Publisher	Resource type	Source
Language	Coverage	Rights

To resolve the limited UPnP-AV search capability, many solutions have been proposed in the literature. For example, a semantic model relying on the RDF storage was suggested in [6] for enabling the data linkage to collect more data from the web. In [7], a new repository is advocated for enabling users to search the contents from a single point, rather than browsing them on many servers by themselves. However, this work just facilitated users for having a convenient search, but ignoring the improvement of searching quality. This is in contrast to the studies in [10]-[12] where semantic-based methods are actively performed and better searched results can be then yielded. Therefore, it is certain that the semantic functionality must be involved for efficiently handling the limited media search capability in UPNP-AV.

B. Limited Storage for Advanced Semantic Search

The current form of media storage in UPnP-AV is particularly designed for basic XML document storage, since only the tag-based searching is required. This is inadequate for supporting the advanced semantic search, such as semantic indexing search, where the XML-to-RDF conversion is required [13]-[15] so that 3 different forms of RDF storages can be made possible, according to the storage organization, namely triple table, property table and vertical partitioning. Hence, it is our intention to be study further on the suitability of these RDF forms for serving our advanced searches.

III. UPNP-AV ARCHITECTUR UNDER EXPERIMENT

In this section, the proposed extension of UPnP-AV architecture, which contains three types of data storages will be described so that it can be used adequately to support our experiments.

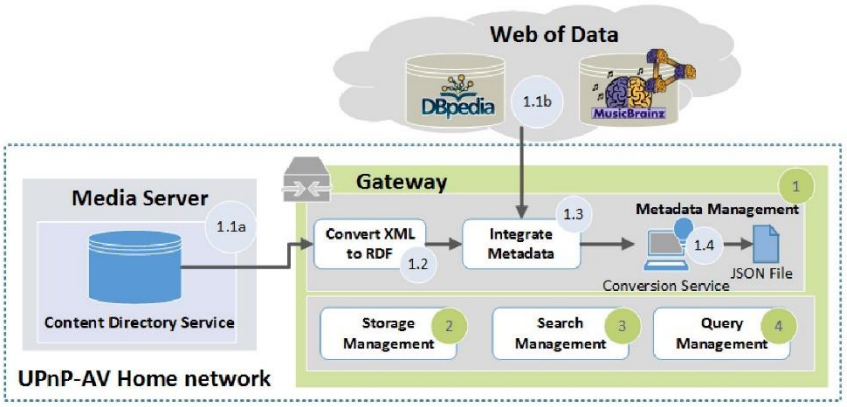


Figure 3. Extending UPnP AV infrastructure to exploit the external media contents

A. *Gateway Functionality*

The architecture that can alleviate the aforementioned limitations of search capability in UPnP-AV environment can be depicted in Fig. 3 Indeed, it is 3-tier standard UPnP-AV architecture [6]-[7], but the Media Server is now acting as a gateway and is proposed to provide advanced features: a) handling of the RDF data from the external sources (Web of Data) via the Linked Data [16] connectivity and b) enabling a more-capable search service of media contents via semantic-based operations. Three of four components serving for different management functions within a gateway will be described below.

B. *Metadata Management*

It includes two key processes: a) integrating metadata from two different sources of Media server (1.1a) and the external sources via Linked data (1.1b), and b) converting them to both RDF and JSON formats (1.3) by using the vocabulary mapping method. Table II gives examples of RDF conversions of metadata (on the left side) by using the annotations from the music ontology (mo) [17], RDF [18], RDF schema (RDFs) [19].

C. *Storage and Search Management*

To provide an effective search of the new type of contents integrated form external and internal source, the database manager must be carefully indexed the content so that the fast access and retrieval can be resulted. In this regard, two possible forms of data can be stored: One is in XML format as same as the other native data. The other one is in non-native formats (i.e. RDF or JSON format), which is a preferred choice of data format used in the semantic process related to the Linked Data. Hence, it is worth to investigate on the performance of different search mechanisms in order to identify which format should be used in the database storage.

TABLE II. EXAMPLE RULES OF VOCABULARY MAPPING

DIDL-Lite	RDFs
Item:id, Container:id	rdf:id
parentID	rdf:subClassOf
res	rdfs:resources
protocolInfo	mo:encoding
duration	mo:duration
resolution	mo:frameSize
bitsPerSample	mo:bitsPerSample

IV. PERFORMANCE EVALUATIONS

In this section, the experiments and results will be explained in the two following sub-sections:

A. *Evaluation Methodology*

The proposed architecture is evaluated by effectiveness and performance the searching in three situations to find the quality performance. Hence, three different searching mechanisms will be involved: Metadata search, Semantic search by triple table, and Semantic search by property table. This is corresponded to different types of data storage as shown in Table III, which demands the different searching mechanism for yielding effectiveness.

B. *Experiment Setup and Dataset*

The dataset used in our experiments contains different size of media contents, i.e. 20 k, 120 k, 250k and 500 k imported from the SWAT Projects - the Lehigh University Benchmark (LUBM) [20]. In the case of metadata indexing, we deploy the Apache Lucene [21] to perform the metadata search, while Allegrograph [22] is used for the case of semantic search by using the triple table. Finally, the Apache Siren [23] will be used in the case of semantic search by using the property table.

TABLE III. TYPES OF STORAGE AND MATCHING APPROACHES

Type of Searching	Data of Storage	Matching Approach
Metadata Search	XML	Keyword
Semantic Search (Triple table)	RDF	Triple Value
Semantic Search (Property table)	JSON	Node

V. RESULTS AND DISCUSSIONS

Based on the data shown in Table IV, we can see the possible queries that can be applied for several purposes in different searching mechanism. We can conclude the advantage of semantic searches that can allow users to do sophisticated query and hence gaining more usability than the counterpart of metadata search.

TABLE IV. RESULT OF SEARCHING FROM THREE MODELS

Purposes	Query examples	Searching		
		MS	SS	
			TT	PT
Find name song	Title: "Begin Again"	/	/	/
Find genre song	Genre: "Pop"	/	/	/
Find genre and Artist	Genre: "Pop" and Artist: "Taylor Swift"	-	/	/
Find writer and Artist	Writer and Artist: "Taylor Swift"	-	/	/
Find year and Artist	Year : "2013" and Artist: "Taylor Swift"	-	/	/

Abbreviation: MS = Metadata search SS = Semantic search
TT = Triple table of SS PT = Property- table of SS
- = Not support / = Support

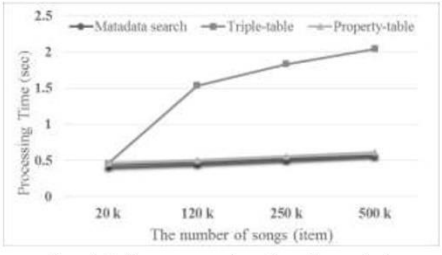


Figure 4. Performance comparison of searching mechanisms

Based on the result of comparison in Fig. 4, it can be seen that the performance of metadata searching is much better than the other two mechanisms, but on the expense of limitation as shown previously in Table IV. In this regard, the property table indexing, which shares a similar performance, becomes more attractive than the triple indexing counterpart.

TABLE V. COMPARISON OF SEMANTIC SEARCHES

Semantic Search	Advantage	Disadvantage
Triple-table	Easy to manage	Low Speed
Property-table	High speed	Complex to manage

In essence, when comparing between two searching mechanisms in our case, they both contain advantages and disadvantages in somewhat extent as shown in Table V. While the triple-table based semantic search is easy to manipulate on the RDF data, it is slow in searching response. In contrast, the property-table based semantic search has a fast response, but is complex in the manipulation of JSON data due to the relevant conversion of RDF to JSON at the beginning.

VI. CONCLUSIONS

In this paper, the weakness of typical media search merely on media-specific properties defined in MPEG-7 metadata are especially addressed. In favors of semantic technology, it can be possible that user queries can be facilitated with more usability advantages. Based on our experiments and results, the indexing semantic searching algorithm can be best confirmed on the features of fast and smart responses altogether. While the test system showed the feasibility of proposed approach, it unveiled the need for further research in semantics with ontology in order to enable automatic reasoning supports beyond the Linked Data queries.

REFERENCES

[1] UPnP. (2008). UPnP Forum. [Online]. Available: www.upnp.org/

[2] L. P. Romero, M. Hildebrand, L. B. Baltussen, L. Hardman, and P. van Leeuwen, "Interaction design and user needs for TV broadcasts enriched with linked open data," in *Proc. Workshop on Personalized Access to Cultural Heritage*, 2014.

[3] M. Wang, T. Kawamura, Y. Sei, H. Nakagawa, Y. Tahara, and A. Ohsuga, "Music recommender adapting implicit context using 'renso' relation among linked data," *J. of Info. Proc.*, vol. 22, no. 2, pp. 279-288, 2014.

[4] A. Rueangprathum, S. Limsiroratana, and S. Witosurapot, "Enabling semantic-based ubiquitous learning in UPnP network environment," *IJIET*, vol. 5, no. 10, pp. 794-798, 2015.

[5] M. Jovanovik, M. Petrov, B. Najdenov, and D. Trajanov, "Linked music data from global music charts," in *Proc. the 10th Int. Conf. on Semantic Systems*, New York, 2014, pp. 108–115.

[6] H. Miao and S. Park, "A semantic metadata infrastructure for UPnP AV to maximize quality of user experience," in *Proc. 2011 IEEE Consumer Communications and Networking Conf.*, 2011, pp. 223–227.

[7] M. Rico, O. Corcho, V. Mendez, and J. M. Gomez-Perez, "A semantically enhanced UPnP control point for sharing multimedia content," *IEEE Internet Computing*, vol. 15, no. 6, pp. 58–64, Nov. 2011.

[8] R. Tusch, M. Jakab, J. Köpke, A. Krätschmer, M. Kropfberger, S. Kuchler, et al., "Context-Aware UPnP-AV services for adaptive home multimedia systems," *Int. J. of Digital Multimedia Broadcasting*, vol. 2008, pp. 1-12, 2008.

[9] D. Diaz-Sanchez, F. Almenarez, A. Marin, D. Proserpio, and P. Cabarcos, "Media cloud: An open cloud computing middleware for content management," *IEEE Trans. On Consumer Electronics*, vol. 57, no. 2, pp. 970-978, 2011.

[10] N. M. Idris and S. Z. Z. Abidin, "RDF data management for Web2.0 applications," in *Proc. 2014 IEEE Conf. on Open Systems*, 2014, pp. 112–116.

[11] K. Guo, W. Pan, M. Lu, X. Zhou, and J. Ma, "An effective and economical architecture for semantic-based heterogeneous multimedia big data retrieval," *J. of Systems and Software*, vol. 102, pp. 207–216, Apr. 2015.

[12] F. Amato, V. Moscato, F. Persia, A. Picariello, and F. Gargiulo,"An RDF-Based Framework for Semantic Indexing of Web Pages," in *Proc. 2013 IEEE Seventh International Conference on Semantic Computing (ICSC)*, 2013, pp. 395–396.

[13] A. Hamadi, G. Quenot, and P. Mulhem, "Clustering based rescoring for semantic indexing of multimedia documents," in *Proc. 2013 11th Int. Workshop on Content-Based Multimedia Indexing (CBMI)*, 2013, pp. 41–46

[14] Z. Kaoudi and I. Manolescu, "Cloud-based RDF data management," in *Proc. of the 2014 ACM SIGMOD Int. Conf. on Management of Data*, New York, 2014, pp. 725–729.

[15] D. C. Faye, O. Curé, and G. Blin, "A survey of RDF storage approaches," *Revue Africaine de la Recherche en Informatique et Mathématiques Appliquées*, vol. 15, pp. 11-35, 2012.

[16] C. Bizer, T. Heath, and T. Berners-Lee, "Linked data-The story so far," *Int. J. on Semantic Web and Info. Systems*, vol. 5, no. 3, pp. 1-22, 2009.

[17] Musicontology. (2006). The Music Ontology. [Online]. Available: http://musicontology.com/

[18] W3. (2014). RDF - Semantic Web Standards. [Online]. Available: http://www.w3.org/RDF/

[19] W3.org. (2014). RDF Schema. [Online]. Available: http://www.w3.org/TR/rdf-schema/

[20] Swat. (2016). Lehigh University Benchmark. [Online]. Available: http://swat.cse.lehigh.edu/projects/lubm/

[21] Lucene. (2011). Apache Lucene. [Online]. Available: https://lucene.apache.org/

[22] T. Composer, S. Suite, and T. Studio. (2009). AllegroGraph RDFStore Web 3.0's Database. [Online]. Available: http://franz.com/agraph/allegrograph/

[23] Siren. (2011). Siren Solutions. [Online]. Available: http://siren.solutions/

Awatif Abudayor is currently a master degree in the field of computer engineering at faculty of engineering, Prince of Songkhla University. Her research interests include technology in ontology and the support of Multi-language in Semantic search.

Suntorn Witosurapot is an Assistant Professor in department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, in Prince of Songkla University (PSU), HatYai, Thailand. He received the bachelor and Master degrees in Electrical Engineering from PSU, Thailand and Ph.D. degree from Swinburne University of Technology, Melbourne, Victoria, Australia, with the thesis topics related to resolving network resource competition in the Internet. His research interests include Web engineering and applications, model-based software engineering, and Management of Information technology. Currently, most of his research work revolves around Information engineering in smart home network environment and smart grid infrastructure.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวอาร์ตี อาบูดายอ
รหัสประจำตัวนักศึกษา 5510120101
วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยนเรศวร	2554

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนบัณฑิตศึกษา	คณะวิศวกรรมศาสตร์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์	บัณฑิตวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ทุนผู้ช่วยสอน	บัณฑิตวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

A. Abudayor and S. Witosurapot, “Comparison of Semantic-Enhanced Search Services in UPnP-AV Multimedia Systems,” in Proceeding of IACT Melbourne Conferences, Melbourne, Australia, 2016, pp. 189–192.