



การบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลาย ด้วยวิธีเชื่อมโยงออนโทโลยี

Semantic Data Integration of Heterogeneous Information Systems using Ontology Mapping

กชกร เจตินัย (Kotchakorn Jetinai)*

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในองค์กรหนึ่งมีการพัฒนาระบบสารสนเทศหลายระบบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน แต่เลือกใช้คำศัพท์ในการอธิบายข้อมูลต่างกัน เนื่องจากไม่ได้มีข้อตกลงร่วมกันในการอธิบายข้อมูลไว้อย่างเป็นมาตรฐาน เมื่อต้องการนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันในองค์กร จึงก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมายของข้อมูล งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมายของข้อมูลจากระบบสารสนเทศที่หลากหลาย โดยใช้ออนโทโลยี (Ontology) เป็นเครื่องมือบูรณาการข้อมูล

ผลการวิจัยพบว่า สถาปัตยกรรมการบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลาย ด้วยวิธีเชื่อมโยงออนโทโลยีที่ออกแบบไว้ สามารถแก้ไขข้อขัดแย้งเชิงความหมายระหว่างระบบสารสนเทศได้ และระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมที่ออกแบบ จากการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นพบว่า ค่าความน่าจะเป็นของเอกสารที่ถูกดึงออกมาอย่างถูกต้อง (Precision) เท่ากับ 0.93 และค่าความน่าจะเป็นของเอกสารที่ต้องดึงที่ถูกดึงออกมา (Recall) เท่ากับ 0.93 ทำให้ได้ค่า F-measure เท่ากับ 0.93

คำสำคัญ: การเชื่อมโยงออนโทโลยี เว็บเชิงความหมาย ความขัดแย้งเชิงความหมาย การบูรณาการข้อมูลเชิงความหมาย ระบบสารสนเทศที่หลากหลาย

Abstract

Nowadays, an organization has developed a variety of independent Information System (IS) based on the same data set. These data are described using different ways without the standard description. This leads to the semantic conflicts when we want to share the information across the systems. This research proposes the semantic conflict resolving for data integration from heterogeneous ISs using ontology mapping.

The result shows that the architecture design of semantic information integration from heterogeneous systems can solve the semantic problems between the ISs. The semantic integration system was developed to enable the integration of information from various ISs as introduced in the architecture. The system evaluation using the fraction of retrieved documents that are relevant (Precision), the fraction of relevant documents retrieved (Recall), and the F-measure. The result presents 0.93, 0.93 and 0.93 respectively.

Keywords: Ontology Mapping, Semantic Web, Semantic Conflicts, Semantic Data Integration, Heterogeneous Information Systems.

* คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

* Faculty of Computer Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University.

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลมีความสำคัญเป็นอย่างมาก หลายองค์กรได้พัฒนาระบบสารสนเทศ (Information System) ขึ้นมาจัดเก็บข้อมูล แต่การจัดเก็บข้อมูลจะอยู่ในลักษณะกระจาย กล่าวคือต่างคนต่างเก็บไม่ได้มีการควบคุมแหล่งข้อมูลที่ศูนย์กลางหรือไม่ได้มีข้อตกลงร่วมกันเกี่ยวกับคำศัพท์ที่จะใช้กับข้อมูลไว้ให้เป็นมาตรฐาน นำไปสู่ปัญหาเรื่องความหลากหลายของข้อมูล (Data Heterogeneity) ส่งผลให้ระบบสารสนเทศต่างกันมีข้อมูลเหมือนกันแต่ใช้คำศัพท์ที่ต่างกัน หรือใช้คำศัพท์เหมือนกันแต่อธิบายข้อมูลต่างกัน สิ่งเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาในการนำข้อมูลมาใช้ร่วมกัน (Interoperability Problems) ผลการสืบค้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้สืบค้นแม้ว่าจะมีเครื่องมือช่วยสืบค้น (Search Engine) ก็ตาม แต่ผลลัพธ์การสืบค้นที่ได้ไม่ตรงกับความต้องการเสียเวลาในการเลือกผลการสืบค้น เช่น สถาบันการศึกษาบางแห่งใช้คำว่า Course แทนวิชา ในขณะที่บางแห่งใช้คำว่า Subject หรือบางแห่งใช้คำว่า Course แทนหลักสูตร ดังนั้นเมื่อต้องการสืบค้นข้อมูลโดยใช้คำว่า Course จะได้ผลลัพธ์ทั้งข้อมูลรายวิชาและข้อมูลหลักสูตร ส่วนข้อมูล Subject จะไม่ถูกสืบค้นออกมาด้วย ซึ่งในความเป็นจริง ข้อมูล Subject ควรจะต้องถูกสืบค้นออกมาด้วย ในขณะที่ข้อมูลหลักสูตรไม่ควรจะถูกสืบค้นออกมาเมื่อพิจารณาจากระบบสารสนเทศในมหาวิทยาลัยหนึ่ง ๆ ประกอบด้วยระบบสารสนเทศที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระบบสารสนเทศบุคลากร ระบบสารสนเทศงานทะเบียน ระบบการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ เป็นต้น ระบบสารสนเทศเหล่านี้พัฒนาขึ้นมาใช้ในองค์กรเดียวกัน แต่ต่างหน่วยงานต่างพัฒนา เมื่อมีความต้องการใช้งานข้อมูลร่วมกัน จะก่อให้เกิดปัญหาความขัดแย้งของข้อมูลขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการแก้ปัญหาเรื่องความหลากหลายของข้อมูลโดยการบูรณาการข้อมูลเชิงความหมาย (Semantic Data Integration) โดยอาศัยออนโทโลยีเป็นเครื่องมือในการบูรณาการ มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อออกแบบสถาปัตยกรรมการบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลายด้วยวิธีเชื่อมโยงออนโทโลยีให้สามารถรองรับและแลกเปลี่ยนข้อมูลบนพื้นฐานของออนโทโลยีร่วมกันได้ และ 2) เพื่อพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายให้สอดคล้องกับสถาปัตยกรรมที่ออกแบบ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เว็บเชิงความหมาย

เว็บเชิงความหมาย (Semantic Web) [1] เป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับเว็บในอนาคต ที่มีการนำเสนอโครงสร้างการอธิบายข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์รับรู้และเข้าใจความหมาย สามารถนำไปประมวลผลได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของเว็บเชิงความหมาย ได้แก่ ออนโทโลยี เครื่องจักรอนุมาน (Inference Engine) และภาษาสืบค้นข้อมูล (Query Language)

2.1.1 ออนโทโลยี [1] คือ การสร้างกรอบแนวคิดในการบรรยายความรู้อย่างมีขอบเขตหรือโดเมน (Domain) หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการนิยามเพื่อกำหนดโครงสร้างและความสัมพันธ์ของสิ่งที่เราสนใจให้มีความหมายตามขอบเขตขององค์ความรู้ อธิบายโดยใช้คลาส (Class) ความสัมพันธ์ระหว่างคลาส (Relations) และคุณสมบัติ (Property) ของคลาส การสร้างกรอบแนวคิดนี้จะช่วยแก้ปัญหาความกำกวมของข้อมูล ทำให้สามารถเข้าใจความหมายของข้อมูลร่วมกันได้ โดยจะทำให้คอมพิวเตอร์หรือเครื่องจักรอนุมานสามารถเข้าใจความหมายและประมวลผลข้อมูลนั้นได้

2.1.2 ภาษานิยามโครงสร้างออนโทโลยี อธิบายด้วย RDF และ RDFS พัฒนาขึ้นโดย W3C โดยที่ RDF (Resource Description Framework) เป็นมาตรฐานโครงสร้างของการอธิบาย Metadata บนเว็บ ใช้ในการอธิบายข้อมูลและความสัมพันธ์ของข้อมูลในขอบเขตที่สนใจโดยอาศัยแบบจำลองพื้นฐานจากกราฟและใช้ภาษา XML ส่วน RDFS (RDF Schema) เป็นการอธิบายโครงสร้างของ Metadata ในการอธิบาย Resource มีการนำคุณสมบัติและค่าของคุณสมบัติมากำหนดให้เป็นโหนดเพื่ออธิบาย Resource โดยส่วน Predicate ซึ่งเป็นคุณสมบัติจะถูกกำหนดมาเป็นโหนด Property และส่วนของ Object ซึ่งเป็นค่าของคุณสมบัติจะถูกกำหนดให้เป็น Class แล้วนำมาจัดวางความสัมพันธ์ระหว่างโหนดในรูปแบบของ RDF Schema

2.1.3 OWL (Ontology Web Language) เป็นภาษาที่สามารถกำหนดโครงสร้างข้อมูลในลักษณะลำดับชั้น และอธิบายข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ในระบบฐานข้อมูลได้ รวมทั้งสามารถรองรับการบรรยายข้อมูลเชิงตรรกะ ชนิดข้อมูล และตัวบ่งปริมาณได้ ทำให้ข้อมูลที่ถูกแทนที่นั้นมีความหมายมากยิ่งขึ้น ลักษณะการบรรยายจะอยู่ในรูปคลาส คุณสมบัติ

ของคลาส และความสัมพันธ์ระหว่างคลาส เพื่อใช้อธิบาย เอนทิตีและความสัมพันธ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ดังนั้น OWL จึงเป็นภาษาที่มีความสามารถในการบรรยายข้อมูลเชิงความหมาย และบรรยายโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบ ได้ดีกว่าภาษาอื่น

2.2 เครื่องจักรอนุมาน

เครื่องจักรอนุมาน เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Reasoner [2] เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่มีความสามารถวิเคราะห์ข้อมูลภายในโครงสร้างข้อมูลออนโทโลยี และนำมาซึ่งความรู้ใหม่อันเป็นคุณสมบัติของเว็บเชิงความหมาย โดยผู้ใช้สามารถใช้ตรรกะชั้นพื้นฐานในออนโทโลยีที่สร้างขึ้นได้โดยอยู่ภายใต้กฎ (Rule) ที่เป็นกำหนดไว้ โปรแกรม Reasoner มีอยู่จำนวนมาก ได้แก่ Pellet, FaCT++ และ RacerPro เป็นต้น การนำ Reasoner เข้ามาใช้ในการสืบค้นข้อมูลจะทำให้สามารถสืบค้นข้อมูลได้ละเอียดยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถอนุมาน (Infer) ข้อมูลซึ่งเป็นความรู้ใหม่และเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องจักรอนุมาน ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเอาความสามารถในส่วนนี้ไปใช้ในการอนุมานข้อมูลในการบูรณาการระบบสารสนเทศ

2.3 ภาษาสืบค้นข้อมูลเชิงความหมาย

ภาษาสืบค้นข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ SPARQL (The SPARQL Protocol And RDF Query Language) เป็นภาษาที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลจากออนโทโลยี พัฒนาโดย W3C โดยพัฒนามาจากภาษาที่ใช้ในการคิวรี RDF (ภาษา RQL และ SeRQL) โดยมีส่วนเพิ่มในการทำงานที่ช่วยให้ง่ายต่อการสกัดข้อมูลในรูปแบบของ URIs, Bnodes, Type literal และ RDF subgraphs สนับสนุนการใช้งานร่วมกับ Jena ซึ่งเป็น Java API สำหรับจัดการกับ RDF Model

2.4 ความขัดแย้งเชิงความหมาย

ความขัดแย้งเชิงความหมาย (Semantic Conflicts) เกิดจากข้อมูลที่มาจากแหล่งข้อมูลที่แตกต่างกันอาจจะใช้ศัพท์ที่ใช้ในการอธิบายความหมายให้กับข้อมูลแตกต่างกัน และอาจจะมีโครงสร้างที่แตกต่างกันด้วย เมื่อมีการนำข้อมูลมาใช้ร่วมกันจะเกิดปัญหาความขัดแย้งกันในเชิงความหมายของข้อมูลในระดับออนโทโลยี ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า ความขัดแย้งเชิงความหมาย ซึ่งมีหลายงานวิจัยได้ศึกษาไว้ สรุปได้ดังนี้ [3], [4]

2.4.1 Name conflicts เกิดจากการใช้คำนิยามที่

แตกต่างกันแต่มีความหมายเหมือนกัน เช่น ออนโทโลยี A ใช้คำนิยามว่า Subject แทนรายวิชา แต่ออนโทโลยี B ใช้คำนิยามว่า Course แทนรายวิชา เป็นต้น การเกิด Name conflicts เป็นการแทนความหมายของสิ่งที่เหมือนกันแต่ใช้คำนิยามต่างกัน เรียกว่า คำพ้องความหมาย (Synonyms) นอกจากนี้ยังมีคำที่เขียนเหมือนกันแต่นิยามถึงสิ่งที่ต่างกัน เช่น Program ในออนโทโลยี A แทนหลักสูตร ส่วนออนโทโลยี B ใช้คำว่า Program แทนโปรแกรมวิชาหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักสูตร กรณีนี้เรียกว่า คำพ้องรูป (Homonyms)

2.4.2 Order sensitive conflicts เกิดจากการที่ Class หรือ Property ของออนโทโลยีที่จะเชื่อมโยงกันมีการเรียงลำดับค่าข้อมูลที่ขัดแย้งกัน เช่น ออนโทโลยี A ใช้การเรียงลำดับข้อมูลแบบจากค่ามากไปหาค่าน้อย แต่ออนโทโลยี B ใช้การเรียงลำดับข้อมูลแบบจากค่าน้อยไปหาค่ามาก เป็นต้น

2.4.3 Scaling conflicts เป็นการเกิดความขัดแย้งเชิงความหมายระหว่างออนโทโลยีที่จะเชื่อมโยงกัน กล่าวคือมีการใช้หน่วยข้อมูล (Unit type) ต่างกัน เช่น ใช้หน่วยข้อมูลทางการเงินอ้างอิงถึงสกุลเงินต่างกัน เช่น \$ (ดอลลาร์) และ THB (บาท) เป็นต้น

2.4.4 Whole and part conflicts เกิดปัญหาของการรวมกันและการแยกแอทธิบิวต์ (Attribute) ในออนโทโลยีที่จะเชื่อมโยงกัน เช่น ออนโทโลยี A ใช้แอทธิบิวต์ Name เพื่อเก็บข้อมูลชื่อและนามสกุล ส่วนออนโทโลยี B ใช้แอทธิบิวต์ Surname และ givenName ในการแยกเก็บชื่อและนามสกุล ทำให้เกิดปัญหาการขัดแย้งในแบบบางส่วนหรือการขัดแย้งแบบทั้งหมด

2.4.5 Partial similarity conflicts เกิดปัญหาขึ้นในกรณีที่สอง Class มีการ Overlap กันทำให้เกิด Partial similarity เช่น การรวมข้อมูลของ ResearchAssistant และ GraduateStudent ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งสอง Class อาจจะทำให้เกิด Overlap ได้เนื่องจาก ResearchAssistant บางคนอาจจะเป็น GraduateStudent ด้วย

2.4.6 Swap conflicts กรณีการเกิดความขัดแย้งเชิงความหมายนี้จะเกิดเมื่อ Domain ของ Property ในออนโทโลยี A เป็น Range ของ Property ที่เหมือนกันในออนโทโลยี B และ Range ของ Property ในออนโทโลยี A เป็น Domain ของ Property ที่เหมือนกันของออนโทโลยีที่สอง จึงทำให้เกิดการ Swap กันระหว่างสองออนโทโลยี

2.4.7 กรณีอื่นๆ เช่น การกำหนดสมาชิกของ Class ให้มีความแตกต่างกันหรือไม่มีสมาชิกที่เกี่ยวข้องกันเลย (Disjoint) ในสอง Class ใดๆ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่นำออนโทโลยีมาแก้ปัญหาเรื่องความขัดแย้งเชิงความหมายของข้อมูล โดยการเชื่อมโยงออนโทโลยีอย่างแพร่หลาย ดังงานวิจัยของ Nguyen [5] ที่นำเสนอรูปแบบการนำออนโทโลยีมาแก้ปัญหาความขัดแย้งของข้อมูลเพื่อบูรณาการข้อมูลในระดับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ นอกจากนี้ Li and Yang [6] ได้นำเสนอเทคนิคการบูรณาการข้อมูลผ่านตัวกลาง หรือ Agent โดยวิธีการเชื่อมโยงออนโทโลยีที่หลากหลายเพื่อใช้ข้อมูลร่วมกัน โดยพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถแชร์ข้อมูลจากหลายแหล่งได้ ซึ่งยังขาดการบูรณาการข้อมูลในรูปแบบความขัดแย้งเชิงความหมายที่ปรากฏขึ้นจริงในระบบฐานข้อมูล

ในขณะที่ปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมายระหว่างออนโทโลยีนั้นก็มีผู้นำเสนอการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ ได้แก่ งานวิจัยของ Biletskiy [7] ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาเรื่อง Homonyms และ Synonyms ของอีลิเมนต์ (Element) ต่างๆ ในออนโทโลยี ซึ่งมุ่งเน้นแก้ปัญหาเรื่องความหมายของคำศัพท์เท่านั้น ยังไม่รวมถึงการแก้ปัญหาคำขัดแย้งด้านโครงสร้างของฐานข้อมูล

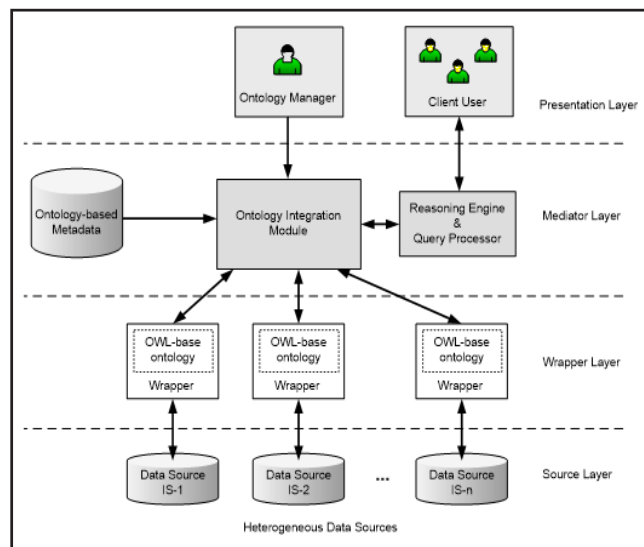
การเชื่อมโยงออนโทโลยีได้ถูกนำมาใช้ประยุกต์ใช้ในการศึกษาแพร่หลาย โดยเฉพาะในเรื่องการแชร์ทรัพยากรการเรียนรู้ร่วมกัน ได้แก่ [8], [9], [10] งานเหล่านี้ได้นำวิธีการเชื่อมโยงออนโทโลยีมาแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมายด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน แต่มุ่งเน้นเรื่องการนำข้อมูลไปใช้ร่วมกันให้เกิดประโยชน์ในองค์กร งานเหล่านี้ยังขาดการนำเสนอในรูปแบบของกฎที่มีความยืดหยุ่นให้นำไปประยุกต์ใช้ในระบบอื่นๆ ได้

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการบูรณาการระบบสารสนเทศ กรณีศึกษา: ระบบสารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี คือ ระบบสารสนเทศการจูงใจวิชาเรียน (Registration) และระบบบริหารจัดการเรียนการสอน (eLearning) มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.1 ออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลาย

ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมในการบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลายเพื่อบูรณาการข้อมูล แสดงดังภาพที่ 1 แบ่งชั้นการทำงานออกเป็น 4 Layer คือ ชั้นแหล่งข้อมูล (Source Layer) ชั้นการแปลงข้อมูล (Wrapper Layer) ชั้นรวมออนโทโลยี (Mediator Layer) และชั้นการแสดงผลข้อมูล (Presentation Layer) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากระบบสารสนเทศที่หลากหลาย

1) Source Layer เป็น Layer ที่เก็บ Data source และ Schemas ของแต่ละระบบสารสนเทศ อาจมีรูปแบบเป็นข้อมูลเชิงวัตถุ (Object) ข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational) ข้อมูล XML หรือข้อมูล RDF แต่ละรูปแบบจะมีอีลิเมนต์ และความสัมพันธ์ระหว่างอีลิเมนต์ ตามวัตถุประสงค์ของระบบสารสนเทศแต่ละระบบ

2) Wrapper Layer ประกอบด้วย Wrappers ที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลจากแต่ละแหล่งข้อมูล (Local source schema) โดย Wrapper จะแปลงโครงสร้างของ Data source แต่ละแหล่งข้อมูลเป็นออนโทโลยี (Local ontology) ของแต่ละ Data source อธิบายด้วยภาษา OWL โครงสร้างออนโทโลยีที่ได้จะถูกนำไปรวมกันในชั้น Mediator layer ดังนั้น Wrapper layer จึงทำหน้าที่เชื่อมต่อกับ Mediator layer และ Source layer ด้วย

3) Mediator Layer ทำหน้าที่หลักในการรวมข้อมูลเชิงความหมาย (Semantic reconciliation) ประกอบด้วย



โมดูลหลัก คือ Ontology Integration Module ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในรวมข้อมูลด้วยการเชื่อมโยงออนโทโลยีโดยอาศัยกฎ (OWL Rules) ที่ออกแบบมาแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมาย นอกจากนี้ Layer นี้จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผลคำสั่งสืบค้นจากผู้ใช้โดยอาศัยเครื่องจักรอนุมาน ซึ่งก็คือ Reasoning Engine ไปแสดงผลในชั้น Presentation Layer ดังนั้นในชั้นนี้จะทำหน้าที่ติดต่อกับชั้น Wrapper และชั้น Presentation

4) Presentation Layer เป็นส่วนอำนวยความสะดวกกับผู้ใช้ (Client User) ในการสืบค้นข้อมูลจาก Local data source เพื่อค้นหาข้อมูลที่ต้องการ โดยอาศัยภาษาสืบค้นในการดึงข้อมูลเชิงความหมาย นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงออนโทโลยีโดยผู้บริหารออนโทโลยี (Ontology Manager) ในกรณีที่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของระบบสารสนเทศ

3.2 ศึกษาโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของระบบสารสนเทศ

การศึกษาโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของระบบ Registration และระบบ eLearning พบว่า ประกอบด้วยตารางข้อมูลที่สำคัญโดยเลือกนำเสนอเพียงบางส่วนดังนี้

ตารางที่ 1 ข้อมูลระบบ Registration

ชื่อตาราง	คำอธิบาย
Curriculum	เก็บข้อมูลหลักสูตรที่เปิดสอน
Department	เก็บข้อมูลภาควิชา/โปรแกรมวิชา
Faculty	เก็บข้อมูลคณะ
StdGroup	เก็บข้อมูลรายละเอียดหมู่เรียนนักศึกษา
Major	เก็บข้อมูลสาขาวิชาที่เปิดสอน รายละเอียดจำนวนหน่วยกิต
StdType	เก็บข้อมูลประเภทนักศึกษา เช่น นักศึกษาปกติ นักศึกษามากด กศ.บป. บัณฑิตศึกษา เป็นต้น
Instructor	เก็บข้อมูลอาจารย์/อาจารย์พิเศษ
Subject	เก็บข้อมูลรายวิชาที่นักศึกษาลงทะเบียนเรียน
Student	เก็บข้อมูลทะเบียนนักศึกษา
Register	เก็บข้อมูลลงทะเบียนเรียนประจำภาคเรียน
Classroom	เก็บข้อมูลตารางเรียน วิชาที่เปิดสอนประจำภาคเรียน

สำหรับระบบ eLearning งานวิจัยนี้ได้ศึกษาโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของ Moodle จำนวน 198 ตาราง ซึ่งมีความซับซ้อนมาก งานวิจัยนี้ได้เลือกวิเคราะห์ความสัมพันธ์

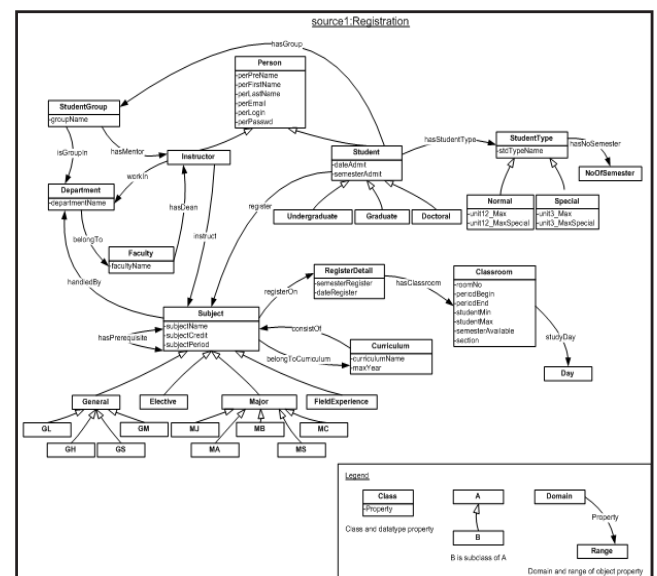
ของข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ระบบ (Users) และรายวิชา (Course) มีตารางที่สำคัญดังนี้

ตารางที่ 2 ข้อมูลระบบ eLearning

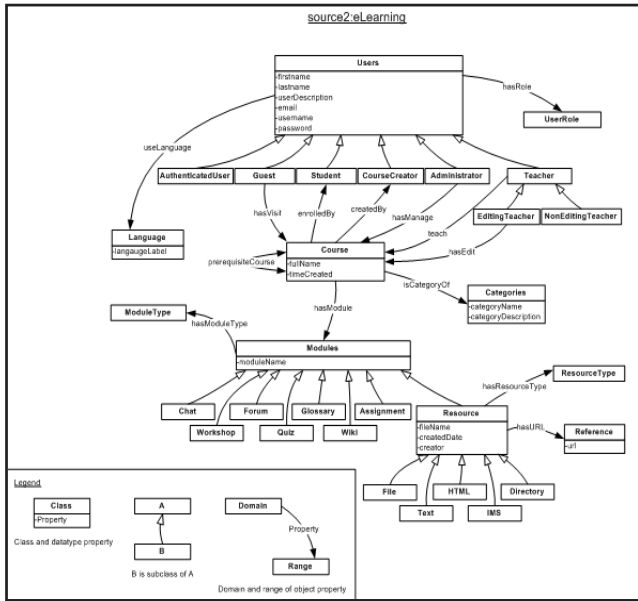
ชื่อตาราง	คำอธิบาย
mdl_course	เก็บรายวิชาที่เปิดสอนในระบบ
mdl_resource	เก็บรายละเอียดเกี่ยวกับ resource ที่ใช้ในการเรียนการสอน
mdl_user	เก็บชื่อผู้ใช้ระบบทั้งหมด
mdl_role	เก็บชื่อบทบาทผู้ใช้
mdl_role_assignments	เก็บบทบาทของผู้ใช้แต่ละคน
mdl_course_categories	เก็บประเภทรายวิชา
mdl_course_modules	เก็บรายละเอียดโมดูลที่มีในแต่ละรายวิชา
mdl_modules	เก็บชื่อโมดูลการเรียน

3.3 พัฒนาออนโทโลยี

ขั้นตอนการพัฒนาออนโทโลยี คือ กระบวนการแปลงฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นออนโทโลยี โดยตารางจะถูกสร้างเป็น Class ส่วนเขตข้อมูลจะถูกสร้างเป็น Property เขตข้อมูลที่มีคุณสมบัติสำคัญในการเชื่อมโยงคลาสก็จะถูกนำไปสร้างเป็น Property ตามโครงสร้างของ OWL และสร้างความสัมพันธ์เพิ่มเติมเพื่อให้สื่อความหมาย ผลลัพธ์การพัฒนาออนโทโลยีแสดงดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ออนโทโลยีระบบ Registration



ภาพที่ 3 ออนโทโลยีระบบ eLearning

3.4 บูรณาการข้อมูลเชิงความหมาย

3.4.1 พิจารณาข้อขัดแย้งเชิงความหมาย เมื่อนำออนโทโลยีระบบ Registration (Source1) และระบบ eLearning (Source2) มาบูรณาการด้วยวิธีการเชื่อมโยงออนโทโลยีด้วยโมดูล Ontology Integration Module ในชั้น Mediator แล้วจะพบว่ามีความขัดแย้งกันเชิงความหมายของคำศัพท์ที่ใช้สื่อความหมายถึงข้อมูล เช่น Source1 เลือกใช้ Subject แทนชื่อวิชา ส่วน Source2 เลือกใช้ Course แทนชื่อวิชา เป็นต้น เมื่อพิจารณาข้อขัดแย้งเชิงความหมายระหว่างออนโทโลยีทั้งสอง สามารถสรุปข้อขัดแย้งเชิงความหมายระหว่าง Class ระหว่าง Object property และระหว่าง Datatype property ดังตารางที่ 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 Class ที่ขัดแย้งเชิงความหมาย

Class of Source1	Class of Source2
Student	Student
Instructor	Teacher
Subject	Course
Curriculum	Categories

ตารางที่ 4 Object Property ที่ขัดแย้งเชิงความหมาย

Object Property of Source1	Object Property of Source2
Instruct	Teach
HasPrerequisite	PrerequisiteCourse
BelongToCurriculum	isCategoryOf

ตารางที่ 5 Datatype Property ที่ขัดแย้งเชิงความหมาย

Datatype Property of Source1	Datatype Property of Source2
PerFirstName	Firstname
PerLastName	Lastname
PerLogin	Username
PerPasswd	Password
CurriculumName	CategoryName

3.4.2 แก้ปัญหาข้อขัดแย้งเชิงความหมาย ในการเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อให้ได้ผลการสืบค้นข้อมูลอย่างมีความหมายนั้น จะต้องทำการแก้ไขข้อขัดแย้งเชิงความหมายก่อน จึงจะทำการสืบค้นข้อมูลได้ ซึ่งในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจะต้องอาศัยคุณสมบัติการเชื่อมโยงข้อมูลของ OWL มาประยุกต์ใช้เพื่อแสดงความสามารถของเว็บเชิงความหมายด้วย การแก้ปัญหาดังนี้

1) กำหนด Prefix ในภาษา OWL จะมีการใช้ Prefix เพื่อระบุที่มาของข้อมูล และแสดงความแตกต่างของข้อมูล เช่น Source1:Student กับ Source2:Student มีการใช้คำศัพท์ Student เหมือนกัน แต่การใช้ Prefix จะทำให้สามารถแยกได้ว่า Source1:Student เป็นคลาสของระบบ Registration ซึ่งมี Prefix คือ source1 ส่วน Source2:Student เป็นคลาสของระบบ eLearning ซึ่งมี Prefix เป็น Source2 ดังนั้นในการสร้างคลาสหรือพรอพเพอร์ตี้ จะต้องมีการกำหนด Prefix เสมอเพื่อช่วยในระบุที่มาของแหล่งข้อมูลที่ถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ได้กำหนด Prefix ระบุแหล่งที่มาของสองออนโทโลยี ดังนี้

Source1 = "http://www.source1.com/ubreregistration#"

Source2 = http://www.source2.com/ubruelearning#

2) การเชื่อมโยงคลาสจากตารางที่ 3 แสดงข้อขัดแย้งเชิงความหมายระหว่างคลาสที่เกิดขึ้น ดังนั้นในการเชื่อมโยงข้อมูลออนโทโลยีทั้งสองเข้าด้วยกันจึงใช้ owl:equivalentClass เพื่อบ่งบอกความเหมือนกันของคลาส แสดงผลการเชื่อมโยงคลาบบางส่วนดังภาพที่ 4

3) การเชื่อมโยง Property จากข้อขัดแย้งเชิงความหมายระหว่าง Object Property และ Datatype Property ในตารางที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ในการเชื่อมโยง Property ระหว่างออนโทโลยีนั้น ชนิดของ Property จะต้องเป็นชนิดเดียวกัน นั่นคือเป็น Object Property เหมือนกัน หรือ Datatype Property เหมือนกัน กำหนดด้วย owl:equivalentProperty ผลการเชื่อมโยงดังภาพที่ 5

```
...
<owl:Class rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#Student">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Class rdf:about="http://www.source2.com/ubruelearning#Student">
    </owl:equivalentClass>
  </owl:equivalentClass>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#Person">
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
...
<owl:Class rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#Instructor">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Person">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Class rdf:about="http://www.source2.com/ubruelearning#Teacher">
    </owl:equivalentClass>
  </owl:Class>
...
<owl:Class rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#Subject">
  <owl:equivalentClass rdf:resource="http://www.source2.com/ubruelearning#Course">
  </owl:Class>
...
```

ภาพที่ 4 การเชื่อมโยงคลาสในออนโทโลยีด้วยภาษา OWL

```
...
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#instruct">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Instructor">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Subject">
  <owl:equivalentProperty rdf:resource="http://www.source2.com/ubruelearning#teach">
  </owl:ObjectProperty>
...
<owl:DatatypeProperty rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#perLastName">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Person">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
  <owl:equivalentProperty rdf:resource="http://www.source2.com/ubruelearning#lastname">
  </owl:DatatypeProperty>
...
```

ภาพที่ 5 การเชื่อมโยงพรอพเพอร์ตี้ในออนโทโลยีด้วยภาษา OWL

4) การกำหนดคุณสมบัติเพิ่มเติม

4.1) TransitiveProperty เป็นคุณสมบัติที่กำหนดเพิ่มเติมให้กับพรอพเพอร์ตี้ คือ คุณสมบัติการส่งผ่าน นั่นคือในออนโทโลยี Source1 มีคุณสมบัติ hasPrerequisite ซึ่งมีโดเมนและเรนจ์เป็นคลาสเดียวกันคือคลาส Subject คุณสมบัติ TransitiveProperty นี้เมื่อกำหนดให้กับพรอพเพอร์ตี้ใดแล้ว จะทำให้สามารถอนุมานได้ครอบคลุมขึ้น เช่น ถ้ามีการสร้าง Statement “วิชา A hasPrerequisite วิชา B” และ “วิชา B hasPrerequisite วิชา C” จะทำให้เครื่องจักรอนุมานสามารถ

สร้าง Statement ใหม่เพิ่มขึ้นมาได้ว่า “วิชา A hasPrerequisite วิชา C” เป็นการอนุมานความรู้ใหม่ที่ได้จากการเชื่อมโยงออนโทโลยี และเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเว็บเชิงความหมายอีกด้วย คุณสมบัติ Transitive ที่เพิ่มเข้ามานี้ส่งผลให้สามารถสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันได้ คุณสมบัตินี้แทนด้วย Owl:TransitiveProperty ผลการเพิ่มคุณสมบัติให้กับพรอพเพอร์ตี้ Source1:hasPrerequisite แสดงดังภาพที่ 6

```
<owl:TransitiveProperty rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#hasPrerequisite">
  <rdftype rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#ObjectProperty">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Subject">
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.source1.com/ubruregistration#Subject">
  </owl:TransitiveProperty>
```

ภาพที่ 6 การกำหนดคุณสมบัติ TransitiveProperty ของออนโทโลยีด้วยภาษา OWL

เมื่อมีการกำหนดคุณสมบัติ TransitiveProperty เพิ่มเติมให้กับพรอพเพอร์ตี้ Source1:hasPrerequisite แล้วจะส่งผลให้พรอพเพอร์ตี้ Source2:prerequisiteCourse มีคุณสมบัติเป็น TransitiveProperty ไปด้วย เป็นผลการอนุมานมาจากการกำหนด Owl:equivalentProperty ให้ Source1:hasPrerequisite และ Source2:prerequisiteCourse ที่เกิดขึ้นตามตารางที่ 4

4.2) InverseOf คุณสมบัติที่กำหนดเพิ่มเติม คือ คุณสมบัติการเป็นส่วนกลับ (Inverse) ที่กำหนดให้กับพรอพเพอร์ตี้ที่มีโดเมนและเรนจ์สลับกัน นั่นคือ ใน Source1 จะเห็นว่าพรอพเพอร์ตี้ Register มีโดเมนคือ Student และเรนจ์คือ Subject ส่วนใน Source2 มีพรอพเพอร์ตี้ enrolledBy มีโดเมนคือ Course และเรนจ์คือ Student ซึ่งผลจากการเชื่อมโยงคลาส ได้กำหนดให้คลาส Source1:Student มีคุณสมบัติ EquivalentClass กับคลาส Source2:Student และคลาส Source1:Subject มีคุณสมบัติ EquivalentClass กับ Source2:Course ทำให้พรอพเพอร์ตี้ Source1:register กับ Source2:enrolledBy มีโดเมนและ เรนจ์สลับกัน ดังนั้นต้องกำหนดคุณสมบัติดังกล่าวด้วย Owl:inverseOf ผลการกำหนดคุณสมบัติดังภาพที่ 7

นอกจากนี้ยังได้สร้างพรอพเพอร์ตี้ใหม่ขึ้นมา คือ Source1:consistOf มีโดเมน คือ Source1:Curriculum และเรนจ์ คือ Source1:Subject และกำหนดให้เป็นส่วนกลับกับพรอพเพอร์ตี้ Source1:belongsToCurriculum ซึ่งมีโดเมน

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.source1.com/
ubruregistration#register">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.source1.com/
ubruregistration#Student"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.source1.com/
ubruregistration#Subject"/>
  <owl:inverseOf>
    <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.source2.com/
ubruelearning#enrolledBy"/>
  </owl:inverseOf>
</owl:ObjectProperty>
```

ภาพที่ 7 การกำหนดคุณสมบัติ *InverseOf* ของพรอพเพอร์ตี้ *Register* และ *enrolledBy*

และเรจิสต์กับพรอพเพอร์ตี้ *Source1:consistOf* ส่งผลให้พรอพเพอร์ตี้ *Source1:consistOf* นี้เป็นส่วนกลับกับพรอพเพอร์ตี้ *Source2:isCategoryOf* ด้วย เป็นผลการอนุมานจากการกำหนดให้ *Source1:belongToCurriculum owl:equivalentProperty* กับ *Source2:isCategoryOf* การสร้างพรอพเพอร์ตี้ขึ้นมาใหม่นี้จะช่วยให้สามารถสืบค้นข้อมูลได้ครอบคลุมยิ่งขึ้น ผลลัพธ์การสร้างพรอพเพอร์ตี้ *Source1:consistOf* และคุณสมบัติ *Owl:inverseOf* เป็น Statement ที่ถูกอนุมานขึ้นมาใหม่โดยความสามารถของเครื่องจักรอนุมานเมื่อมีการเชื่อมโยงออนโทโลยี แสดงดังภาพที่ 8

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.source1.com/
ubruregistration#consistOf">
  <rdfs:domain rdf:resource="http://www.source1.com/
ubruregistration#Curriculum"/>
  <rdfs:range rdf:resource="http://www.source1.com/
ubruregistration#Subject"/>
  <owl:inverseOf>
    <owl:ObjectProperty rdf:about="http://www.source1.com/ubruregistration#
belongToCurriculum"/>
  </owl:inverseOf>
</owl:ObjectProperty>
```

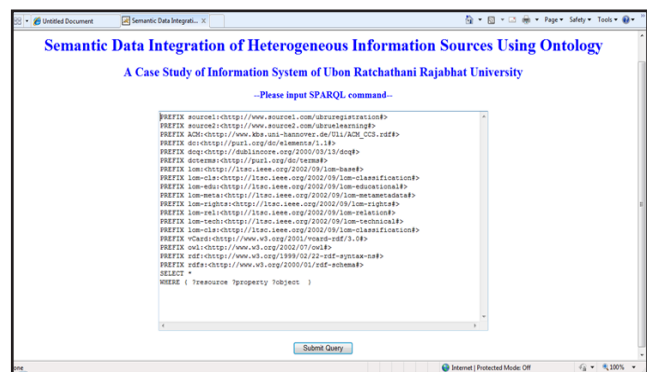
ภาพที่ 8 คุณสมบัติ *InverseOf* ของพรอพเพอร์ตี้ *belongTo* ที่ถูกอนุมานขึ้นมาใหม่

4.3) โปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย Protégé 4.3.0 ใช้ในการสร้างออนโทโลยี และเชื่อมโยงออนโทโลยี ส่วนโปรแกรมที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องจักรอนุมานคือ Pellet 2.3.1 ทำหน้าที่ในการอ่านและวิเคราะห์ข้อมูลในออนโทโลยีที่อธิบายด้วยภาษา OWL ซึ่งเรียกว่า OWL DL Reasoner และสามารถนำข้อมูลมาแสดงผลยังผู้ใช้ได้ โดยเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับออนโทโลยีผ่านไลบรารี (Library) Jena โดยใช้ภาษาจาวา (Java) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ Jena 2.6.2 มาใช้ในการติดต่อกับออนโทโลยี

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมาย

หลังจากทำการเชื่อมโยงออนโทโลยีแล้ว การตรวจสอบผลลัพธ์การเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งสารสนเทศนั้นขึ้นอยู่กับผลการสืบค้นข้อมูลที่ได้ว่าตรงความต้องการของผู้ใช้หรือไม่ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายผ่านเว็บ มาทดสอบการทำงานว่าสามารถสืบค้นข้อมูลได้ผลลัพธ์ตรงตามความต้องการผู้ใช้หรือไม่ โดยใช้ภาษาจาวา ในการพัฒนาระบบโดยสามารถทำงานผ่านเว็บเบราว์เซอร์ แสดงดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายผ่านเว็บ

ภาษาสืบค้นข้อมูลออนโทโลยีใช้ SPARQL ในการสืบค้นข้อมูลเชิงความหมายภายในออนโทโลยี เนื่องจากรองรับการทำงานร่วมกับ Inference Engine และสามารถแทรกคำสั่งโครงสร้างไว้ในภาษาจาวาได้ จึงทำให้ยืดหยุ่นต่อการขยายความสามารถของระบบในอนาคต ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้คำสั่งสอบถามที่ซับซ้อนได้ โดยอาศัยความสามารถของเครื่องจักรอนุมานในการอ่านและวิเคราะห์ข้อมูลออนโทโลยี

4.2 ผลการสืบค้นข้อมูลออนโทโลยี

ทดสอบการสืบค้นด้วยคุณสมบัติเว็บเชิงความหมาย โดยทดสอบคำสั่งสืบค้นรายวิชาทุกประเภท ดังนี้
 PREFIX source1:<http://www.source1.com/ubruregistration#>
 PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
 SELECT *
 WHERE { ?Course rdf:type source1:Subject.
 ?Course source1:subjectName ?CourseName }



UBRU Semantic Data Integration		
PREFIX source1:<http://www.source1.com/ubrueregistration#> PREFIX rdf:<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> SELECT * WHERE { ?Course rdf:type source1:Subject. ?Course source1:subjectName ?CourseName }		
Query Result : 21 answers		
No.	Course	CourseName
1	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122104	Object Oriented Programming
2	http://www.source1.com/ubrueregistration#_9022102	English for Learning of Information
3	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122603	Computer Graphic
4	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122504	Operation Research
5	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4123205	E-Commerce
6	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4121501	Algorithm and Data Structure
7	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122502	System Analysis and Design
8	http://www.source1.com/ubrueregistration#_9042101	Application of Mathematics and Statistics in Daily Life
9	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4111101	Fundamental of Statistic
10	http://www.source1.com/ubrueregistration#_9021103	English for Communication
11	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4121401	Operating System
12	http://www.source1.com/ubrueregistration#_3521101	Accounting I
13	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4111101	Fundamental of Statistic
14	http://www.source2.com/ubrueregistration#_9021103	English for Communication
15	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4123306	Software Engineering
16	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4123306	Software Engineering
17	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4123205	E-commerce
18	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4121501	Algorithm and Data Structure
19	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4121401	Operating System
20	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4122502	System Analysis and Design
21	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4122104	Object Oriented Programming

ภาพที่ 10 การสืบค้นข้อมูลรายวิชา

ผลลัพธ์การสืบค้นแสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งมีทั้งหมด 21 รายวิชาโดยดึงข้อมูลจากทั้งสองออนโทโลยี Source1 และ Source2 นั่นคือ เป็นผลการอนุมานข้อมูลโดยเครื่องจักรอนุมานที่ได้มาจากการเชื่อมโยงออนโทโลยีด้วย Owl:equivalentClass และ owl:equivalentProperty นั้นเอง

ทดสอบการสืบค้นด้วย TransitiveProperty จากการกำหนด TransitiveProperty ให้ Source1:hasPrerequisite ซึ่งระบุวิชาที่ต้องเรียนก่อน ทดสอบสืบค้นว่ามีรายวิชาใดที่ต้องเรียนก่อนวิชาใดบ้าง ผลลัพธ์แสดงดังภาพที่ 11

UBRU Semantic Data Integration		
Query Command PREFIX source1:<http://www.source1.com/ubrueregistration#> SELECT * WHERE { ?Course source1:hasPrerequisite ?PrerequisiteCourse }		
Query Result : 5 answers		
No.	Course	PrerequisiteCourse
1	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4123306	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4122104
2	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4121501	http://www.source2.com/ubrueregistration#_4122502
3	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122104	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4123306
4	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122104	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4121501
5	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4122502	http://www.source1.com/ubrueregistration#_4121501

ภาพที่ 11 การสืบค้นข้อมูลรายวิชาที่ต้องเรียนก่อน

4.3 ผลการวัดประสิทธิภาพของระบบ

จากการทดลองสืบค้นข้อมูลผ่านระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายที่พัฒนาขึ้นจำนวน 30 คิวรี แลวนำมาคำนวณเพื่อวัดประสิทธิภาพด้วย F-measure ซึ่งเป็นมาตรวัดค่าความถูกต้องในการสืบค้นข้อมูลที่ใช้กันอย่างแพร่หลายประกอบด้วย

Precision คือ อัตราส่วนของจำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนของเอกสารทั้งหมดที่ค้นออกมา มีค่า Precision = 0.93

Recall คือ อัตราส่วนจำนวนเอกสารที่เกี่ยวข้องที่ค้นคืนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนของเอกสารที่เกี่ยวข้องที่มีทั้งหมดในฐานข้อมูล มีค่า Recall = 0.93

F-measure คือ ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิกของ Precision และ Recall หรือเป็นการวัดโดยสรุปของ Precision และ Recall จากการทดลองนี้ได้ค่า F-measure เท่ากับ 0.93

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเว็บเชิงความหมายมาแก้ปัญหาเรื่องความหลากหลายของข้อมูลในระบบสารสนเทศที่มีความขัดแย้งเชิงความหมายเมื่อมีความต้องการใช้ข้อมูลร่วมกันจึงไม่สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้การสืบค้นข้อมูลไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของผู้สืบค้น ผลการวิจัยพบว่า การสืบค้นข้อมูลจากระบบบูรณาการข้อมูลเชิงความหมายจากแหล่งสารสนเทศที่หลากหลายโดยใช้ออนโทโลยี นั้น สามารถสืบค้นข้อมูลได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ สรุปได้ว่าออนโทโลยีเป็นเครื่องมือในการบูรณาการข้อมูลและแก้ปัญหาความขัดแย้งเชิงความหมายที่เกิดขึ้นได้ งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบูรณาการข้อมูลในระบบอื่นที่คล้ายคลึงกันได้

การวิจัยครั้งนี้ยังมีข้อจำกัด คือ การแปลงข้อมูลจากระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์เป็นออนโทโลยี ยังเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ เนื่องจากการแปลงด้วยมือมีความถูกต้องสูงกว่าการใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบัน และการเชื่อมโยงออนโทโลยีโดยอาศัยกฎการเชื่อมโยงในภาษา OWL ยังไม่สามารถแก้ปัญหาบางปัญหาที่ซับซ้อนได้ เนื่องจากกฎและเงื่อนไขในภาษา OWL ยังไม่สนับสนุน ในอนาคตจึงควรมีการพิจารณานำกฎการเชื่อมโยงในภาษาอื่นที่สนับสนุนการเชื่อมโยงออนโทโลยีเข้ามาช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. C. Daconta, L. J. Obrst, and K. T. Smith. "The Semantic Web: A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management." Wiley Computer Publishing, Indiana, 2003.



- [2] H. P. Alesso and C. F. Smith. *Thinking on the Web: Berners-Lee, Gödel, and Turing*. Wiley-Interscience, Hoboken, N.J., 2006.
- [3] C. Li and T. W. Ling. "OWL-Based Semantic Conflicts Detection and Resolution for Data Interoperability." in *ER (Workshops)*, Vol. 3289 of the series Lecture Notes in Computer Science, Springer. pp. 266-277, November, 2004.
- [4] C. F. Naiman and A. M. Ouksel. "A Classification of Semantic Conflicts in Heterogeneous Database Systems." *Journal of Organizational Computing*, Vol. 5, pp. 167-193, February, 1995.
- [5] N. T. Nguyen. "A Method for Ontology Conflict Resolution and Integration on Relation Level." *Cybernetics and Systems*, Vol. 38, pp. 781-797, November, 2007.
- [6] L. Li. and Y. Yang. "Agent-based Ontology Mapping and Integration towards Interoperability." *Expert Systems with Applications*, Vol. 25, pp. 197-220, July, 2008.
- [7] Y. Biletskiy, G. R. Ranganathan, and O. Vorochek, "Identification and Resolution of Conflicts during Ontological Integration using Rules." *Expert Systems*, Vol. 27, pp. 75-89, April, 2010.
- [8] K. Banlue, N. Arch-int, and S. Arch-int. "Ontology-based Metadata Integration Approach for Learning Resource Interoperability." *Proceedings of the International Conference on Semantics Knowledge and Grid*, China, pp.195-202, November, 2010.
- [9] M. P. Cuéllar, M. Delgado, and M. C. Pegalajar. "A Common Framework for Information Sharing in e-Learning Management Systems." *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 2260-2270, March, 2011.
- [10] K. Jetinai, N. Arch-int, W. Rungworawut, and S. Arch-int. "Ontology Reconciliation for Learning Resource Interoperability." *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, Vol. 7, pp. 191-200, March, 2013.
-