บทที่ 3 โมเดลระบบฝึกสอนภาษาไทยอัจฉริยะบนเว็บ

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลงานวิจัยในเชิงการพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่

- การศึกษาค้นคว้า เพื่อให้ได้สถาปัตยกรรมใหม่ของระบบฝึกสอนอัจฉริยะ ซึ่งพัฒนาบนเว็บ และมีความสามารถในการจัดการการแสดงผลเป็นภาษาไทย
- การศึกษาหาแนวทางในการจัดการกับความรู้ (Knowledge Representation) เกี่ยวกับภาษาไทย และการตีความอย่างเป็นเหตุเป็นผล (Reasoning) เนื่องจากความรู้ในสาขาวิชา หรือเรื่องหนึ่งๆ มีธรรมชาติที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาหาโมเดลในการจัดการและการตีความที่ถูกต้องและสอดคล้องกัน

การนำเสนอผลงานวิจัยในบทนี้ อ้างอิงถึงผลงานตีพิมพ์ในงานประชุมวิชาการนานาชาติ 2 ฉบับ (Wetprasit, R., 2003 [1] และ [2]) ซึ่งเป็นผลงานตีพิมพ์ที่ได้จากการวิจัยในโครงการนี้

3.1 การพัฒนาสถาปัตยกรรมของระบบฝึกสอนภาษาไทยอัจฉริยะบนเว็บ

การออกแบบระบบฝึกสอนภาษาไทยอัจฉริยะบนเว็บนี้ ได้นำเอาโมเดลระบบฝึกสอนอัจฉริยะซึ่ง Alpert และคณะได้ทำการศึกษาไว้เมื่อปี 1999 ซึ่งได้กล่าวถึงในบทที่ผ่านมา มาทำการปรับปรุง โครงสร้างของระบบดังกล่าว ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ส่วน คือ

1. Student Model ทำหน้าที่ในการเก็บความรู้ปัจจุบันของผู้เรียน
2. Expert System ทำหน้าที่เก็บฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญ
3. Tutorial Module ทำหน้าที่ควบคุมกฎและแนวทางการสอน
4. Graphical/User Interface ทำหน้าที่แสดงผลและติดต่อกับผู้ใช้

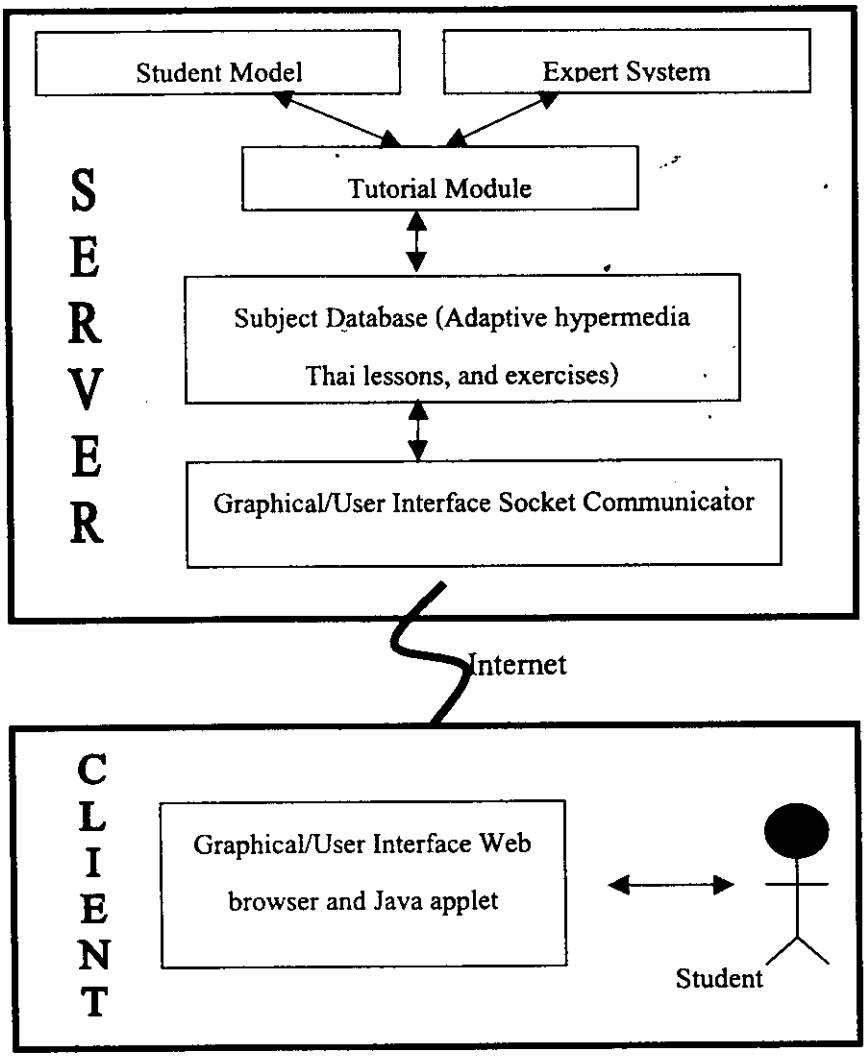
การทำงานของระบบทั้งหมดจะอยู่บนฝั่ง Server ดังนั้น ด้วยโมเดลนี้ ผู้ใช้สามารถเข้าใช้งานระบบจากคอมพิวเตอร์เครื่องใดก็ได้ ที่เชื่อมต่ออยู่กับอินเตอร์เน็ตและมี Web Browser ซึ่งรองรับมาตรฐานการแสดงผลในรูปแบบ HTML

การแสดงผลภาษาไทยบนเว็บ เป็นประเด็นที่ผู้พัฒนาระบบต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก ซึ่งแตกต่างจากบางภาษา เช่น ภาษาเยอรมัน ภาษาฝรั่งเศส ซึ่งไม่มีอักขระที่กำหนดขึ้นใหม่สำหรับภาษานั้น ภาษาเหล่านี้ใช้ตัวอักขระภาษาอังกฤษช่วยในการสะกด อย่างไรก็ตามภาษาไทย และ

ภาษาอื่นๆ เช่น ภาษาจีน มีอักขระเป็นของตนเอง นอกจากนั้น การแสดงผลภาษาไทยยังมีความยุ่งยาก เนื่องจากการสะกดคำในภาษาไทยสามารถมีได้ถึง 4 ระดับที่แตกต่างกัน เช่น คำว่า "นุ่น" มีการวางอักขระ สระ และวรรณยุกต์ รวม 3 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับของบรรทัดปกติ คือ อักขระ น 2) ระดับใต้บรรทัดปกติ คือ สระ อุ และ 3) ระดับเหนือบรรทัดปกติ คือ วรรณยุ์กต์ เอก หรือ คำว่า "ชั้น" มีการวางอักขระ สระ และวรรณยุกต์ รวม 3 ระดับเช่นกัน แต่ตำแหน่งต่างกัน ได้แก่ 1) ระดับของบรรทัดปกติ คือ อักขระ ช และ น 2) ระดับเหนือบรรทัดปกติ คือ สระ อะ หรือลดรูปเป็น ไม้หันอากาศ และ 3) ระดับเหนือบรรทัดปกติ คือ วรรณยุกต์โท เป็นต้น

การพัฒนาระบบให้สามารถใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยไม่ต้องคำนึงถึง Browser จึงเป็นประเด็นที่ต้องทำการศึกษาอย่างจริงจัง

ในการออกแบบระบบโดยการปรับปรุงโมเดลที่ Alpert และคณะได้ศึกษาไว้นั้น ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางในการออกแบบโดยคำนึงถึงความสามารถในการแสดงผลภาษาไทย ความสามารถในการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนที่มีความสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น และธรรมชาติของการเรียนรู้ภาษาไทยเบื้องต้น สถาปัตยกรรมของระบบฝึกสอนภาษาไทยอัจฉริยะบนเว็บ จึงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 . Web-based Thai tutoring system

3.1.1 Tutorial Model

Tutorial Model เป็นส่วนหนึ่ง ซึ่งทำให้ระบบฝึกสอนอัจฉริยะแตกต่างจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วไป เพราะ Tutorial Model ประกอบด้วยกฎหรือแนวทางการสอน ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่ไม่ขึ้นและขึ้นกับเนื้อหาวิชาที่สอน

ตัวอย่างของกฎที่ไม่ขึ้นกับเนื้อหาที่สอน

มักเป็นกฎทั่วไปที่สามารถใช้ในระบบฝึกสอนทั่วๆ ไป กฎใน Tutorial Model มีจำนวนมากมาย ส่วนใหญ่เป็นกฎที่ใช้กำหนดและควบคุมขั้นตอนในกระบวนการเรียนรู้ เช่น

กฎข้อที่ 1

หากผู้เรียนตอบคำถามผิด ให้ตรวจสอบว่า ผู้เรียนมีความรู้เบื้องต้นที่ควรรู้ก่อนที่จะเรียนบทเรียนนี้แล้วหรือไม่

If the student makes an error, check the prerequisite knowledge.

หากเงื่อนไขในกฎนี้เป็นจริง ระบบจะต้องค้นหาในฐานความรู้ เพื่อเลือกคำถามที่เกี่ยวกับเนื้อหาที่ควรจะรู้มาก่อนที่จะเรียนบทนี้มาให้ผู้เรียนตอบ

กฎข้อที่ 2

หากระบบไม่ได้รับการสนองตอบจากผู้เรียน ให้ตรวจสอบว่า ผู้เรียนยังคงใช้ระบบอยู่หรือไม่

If the student is not responding, ask if he or she is.

ระบบอาจต้องมีข้อความเพื่อถามผู้เรียนว่า จะต้องการเรียนต่อหรือไม่ หากยังคงไม่มีปฏิกิริยาโต้ตอบ ระบบจะ log out ผู้เรียนออกไป

กฎข้อที่ 3

หากผู้เรียนตอบคำถามผิดมาก และได้เข้าใช้ระบบเป็นเวลาเกินกว่า 30 นาที ให้เสนอแนะผู้เรียน ให้หยุดพัก

If the student is making lots of errors and has been working for more than thirty minutes, suggest taking a break.

กฎข้อที่ 4

หากผู้เรียนสามารถเรียนและตอบคำถามได้ถูกต้องดี ให้เปลี่ยนไปเรียนบทที่ยากหรือน่าสนใจมากขึ้น

If the student is doing very well, switch to more challenging material.

หากผู้เรียนทำบททดสอบหลายชุดได้ถูกหมด ระบบจะต้องนำบทเรียนถัดไปมานำเสนอให้ผู้เรียนเรียน แทนการสอนสิ่งที่รู้อยู่แล้วซ้ำๆ

ตัวอย่างของกฎที่ขึ้นกับเนื้อหาที่สอน

กฎในกลุ่มนี้ เป็นกฎที่ต้องอาศัยเนื้อหาวิชาที่เรียนมาประกอบ ทั้งในแง่ของคำถามที่จะใช้ตรวจสอบในกฎ และกิจกรรมที่จะทำต่อไป การระบุกฎในกลุ่มนี้ จะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่สามารถให้เวลาแก่ผู้พัฒนาระบบ เพื่อสรุปเนื้อหาเกี่ยวกับบทเรียนนั้น ออกมาเป็นกฎต่างๆ ตัวอย่างกฎที่ใช้ เช่น

กฎข้อที่ 1

หากผู้เรียน ไม่สามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับการสะกดคำให้ถูกต้อง ให้ย้อนกลับไปเรียนเรื่องกลุ่มของตัวอักขระ

เนื่องจากการสะกดคำในภาษาไทยให้ถูกต้อง ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจเรื่องเสียงของอักขระแต่ละตัว ที่มีเสียงที่แตกต่างกัน คือ สูง กลาง และต่ำ ซึ่งมีผลให้การผันวรรณยุกต์ในการสะกดคำต่างกัน

กฎข้อที่ 2

หากผู้เรียนไม่สามารถทำความเข้าใจ เกี่ยวกับความหมายของประโยคที่มีสรรพนาม ให้ย้อนกลับไปเรียนเรื่องหน้าที่ของคำแต่ละประเภท และตัวอย่างคำ

3.1.2 Student Model และ Expert System

โมเดลนักเรียน (Student Model) เป็นส่วนที่แสดงพัฒนาการในการเรียนรู้ที่เป็นปัจจุบันของผู้เรียนแต่ละคน โดยแสดงความรู้รวบยอดและทักษะที่ผู้เรียนได้รับ แสดงถึงสิ่งที่นักเรียนเข้าใจโดยมีกลไกที่จะพิจารณาถึงข้อบกพร่อง หรือคลาดเคลื่อนในความเข้าใจของผู้เรียน โดยจะต้องใช้การอนุมานข้อมูลจากคำตอบของผู้เรียน และพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่แสดงออกอย่างชัดเจน ร่วมกับ Tutorial module และฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญ ระบบจะทำการวินิจฉัย และปรับโมเดลให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของผู้เรียนแต่ละคน โมเดลนักเรียนจึงเป็นเสมือนหนึ่งแทนตัวตนของผู้เรียน และเมื่อผู้เรียนมีพัฒนาการในการเรียนดีขึ้น โมเดลนี้ก็จะถูกอัพเดทให้สอดคล้องต่อไป ส่งผลให้ระบบสามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนคนหนึ่งๆ ได้อย่างต่อเนื่อง

ตารางข้างล่างนี้ แสดงตัวอย่างเงื่อนไขบางส่วน ในการสร้างประโยคอย่างง่ายในภาษาต่างๆ ซึ่งถูกเก็บไว้ในระบบผู้เชี่ยวชาญ

	Subject	Verb	Object
Subject	*		
Verb	followed	*	
Object	followed	followed	*

ความหมายของ * ในที่นี้ แทนประเด็นต่าง ๆ เกี่ยวกับคำที่ทำหน้าที่เป็นประธาน เช่น ชนิดของคำ (คน สัตว์ สิ่งของ) สรรพนาม นามนับได้ / ไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาที่ผู้เรียนต้องศึกษา

เมื่อผู้เรียนใช้ระบบนี้ในการเรียนวิธีการสร้างประโยค โมเดลนักเรียนจะถูกอัพเดท ซึ่ง ณ เวลาหนึ่ง อาจเป็นดังนี้

	Subject	Verb	Object
Subject	covered		
Verb	?	not covered	
Object	followed	followed	covered

เราอาจตีความจากโมเดลนักเรียนนี้ว่า ผู้เรียนคนนี้เข้าใจดีว่า กรรมต้องตามหลังประธานและกริยา (followed) รวมทั้งเข้าใจประเด็นต่างๆ ทั้งหมดเกี่ยวกับประธานและกรรม (covered) แต่มีบางประเด็นยังเข้าใจไม่ครบถ้วนเกี่ยวกับกริยา (not covered)

โมเดลนักเรียนนอกจากเป็นที่เก็บข้อมูลพัฒนาการเกี่ยวกับผู้เรียน ซึ่งคุดล้ายคลึงกับฐานความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว ยังต้องสามารถใช้ความรู้ในฐานมาวินิจฉัยคำตอบของผู้เรียนว่าผู้เรียนเข้าใจถูกหรือผิดได้ด้วย เช่น ในกรณีนี้ ถ้าผู้เรียนตอบว่า *กริยาต้องมาก่อนประธาน* ซึ่งเป็นคำตอบที่ผิด โมเดลนักเรียนจะต้องมีขบวนการบันทึกข้อมูลเพื่อแสดงว่า ผู้เรียนเข้าใจผิดในเรื่องหรือหัวข้ออะไร พร้อมรายละเอียด เช่น ผิดในกรณีใด (เป็นประโยคสมบูรณ์หรือวลี) ซึ่งในที่นี้แสดงด้วยเครื่องความหมาย ?

การพัฒนาระบบในส่วนของ Student Model นี้ ใช้หลักการเดียวกับระบบ German Tutor ของ Heift และ คณะ 2000 นั่นคือ ระบบจะเก็บข้อมูลของผู้เรียนแต่ละคนไว้ในระบบจัดการฐานข้อมูล ซึ่งรายละเอียดของแต่ละคนจะถูกสร้างขึ้นเมื่อผู้เรียนเข้าสู่ระบบเป็นครั้งแรก ระบบจะให้ User ID และ Password แก่ผู้เรียนเพื่อใช้ในการเข้าใช้ระบบในครั้งต่อๆ ไป ในการเรียนภาษา ข้อมูลส่วนตัวของผู้เรียน จะถูกเก็บในระบบ เนื่องจากพื้นฐานและธรรมชาติของผู้เรียน จะมีผลต่อการเรียน โดยเฉพาะการเรียนภาษาที่สอง เช่น คนที่มีสัญชาติต่างกัน จะมีความสามารถและอุปสรรคในการเรียนภาษาในแง่ที่ต่างกัน ระบบจะนำข้อมูลเหล่านี้ มากำหนดขบวนการการสอนและแบบทดสอบของแต่ละคน

3.2 การแทนความรู้เกี่ยวกับเวลาในภาษาไทย และการตีความอย่างเป็นเหตุเป็นผล (Temporal Knowledge Representation and Reasoning)

3.2.1 Temporal Knowledge Representation

ภาษาไทยเป็นภาษาที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปของคำกิริยาตามประธาน กรรม หรือเวลาที่กิริยานั้นเกิด ระบบสอนภาษาไทยที่สมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องมีความสามารถในการแทน การเรียกใช้ และการตีความเหตุการณ์ของแต่ละประโยคได้ เพื่อที่ระบบจะได้สามารถเรียกใช้คำกิริยาที่ถูกต้องเหมาะสม แตกต่างจากภาษาอังกฤษ ที่สามารถใช้กฎไวยกรณ์ของภาษา เพื่อกำหนดรูปแบบของกิริยา เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน ลองพิจารณาเหตุการณ์ต่อไปนี้

ประโยคที่ 1 ฉันทานอาหารเที่ยงแล้ว
I had lunch.

ประโยคที่ 2 ฉันกำลังจะทานอาหารเที่ยง
I'm going to have lunch.

ในภาษาไทย การกำหนดเวลาที่เหตุการณ์เกิด จะใช้คำขยายมาเพิ่มใส่ในประโยค เพื่อให้เข้าใจว่า เป็นเหตุการณ์ในอดีต ปัจจุบัน หรือ อนาคต เช่น "แล้ว" "ตอนนี้" "พรุ่งนี้" "กำลังจะ" เป็นต้น

ประโยคที่ 1 คำ "แล้ว" บอกให้ทราบว่า ณ เวลานี้ฉันได้ทานอาหารเที่ยงเสร็จไปแล้ว

ประโยคที่ 2 คำ "กำลังจะ" บอกให้ทราบว่า ณ เวลานี้ฉันยังไม่ได้ทานอาหารเที่ยง และกำลังจะทาน

จะเห็นได้ว่า ในภาษาไทย การจะเข้าใจว่า ประโยค 2 ประโยค ข้างต้นมีความแตกต่าง จะต้องมีคำขยายมาช่วย ไม่ได้ใช้การเปลี่ยนรูปกิริยาตามหลักไวยกรณ์ แต่ในประโยคภาษาอังกฤษ รูปของคำกิริยา สามารถบอกได้ว่า เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นอดีต หรืออนาคต

การศึกษาครั้งนี้ ได้มุ่งเน้นพัฒนาความสามารถของระบบในการสร้างและจัดการประโยคภาษาไทย และแบบทดสอบให้ถูกต้องตรงตามหลักไวยกรณ์และการใช้ โดยเฉพาะการเลือกคำขยาย คำสัณฐาน ที่เกี่ยวกับเวลาที่เหมาะสม

ในการจัดการความรู้เกี่ยวกับข้อมูลหรือความรู้เกี่ยวกับ "เวลา" James Allen 1983 ได้เสนอแนวคิดไว้ โดยให้พิจารณาว่า หน่วยที่เล็กที่สุดของเวลา คือ ช่วงเวลา หรือที่เขาเรียกว่า Interval โดยที่ Interval หนึ่งๆ อาจแทนเหตุการณ์ 1 เหตุการณ์ หรือ กิจกรรม 1 กิจกรรม หรือ สถานการณ์ 1 สถานการณ์ ความสัมพันธ์ของ Interval 2 Interval อาจเป็นความสัมพันธ์เดียวหรือมากกว่าของความสัมพันธ์พื้นฐาน 13 อย่างต่อไปนี้

ลำดับที่	ความสัมพันธ์	สัญลักษณ์	รูปแสดงความสัมพันธ์
1	X เกิดก่อน Y	X {b} Y	XXXX YYYYYY
2	X เกิดหลัง Y	X {a} Y	XXXXXX YYYY
3	X เกิดพร้อม Y	X {e} Y	XXXXXXX YYYYYYY
4	X เกิดต่อกับ Y	X {m} Y	XXXXX YYYYYYY
5	X เกิดต่อหลัง Y	X {mi} Y	XXXXXX YYYYYY
6	X เกิดเหลื่อมก่อน Y	X {o} Y	XXXXXXX YYYYYYYYYY
7	X เกิดเหลื่อมหลัง Y	X {oi} Y	XXXXXXXXX YYYYYYY

8	X เกิดในช่วง Y	X {d} Y	XXXX YYYYYYYYYY
9	X เกิดคลุมช่วง Y	X {di} Y	XXXXXXXXXX YYYY
10	X เกิดพร้อมจบก่อน Y	X {s} Y	XXXXX YYYYYYYYYY
11	X เกิดพร้อมจบหลัง Y	X {si} Y	XXXXXXXXXX YYYYY
12	X เกิดหลังจบพร้อม Y	X {f} Y	XXXX YYYYYYYYYY
13	X เกิดก่อนจบพร้อม Y	X {fi} Y	XXXXXXXXXX YYYY

3.2.2 Temporal Knowledge Reasoning

เราสามารถแทนความสัมพันธ์ของ Interval คู่ใดๆ ด้วยความสัมพันธ์ของ Allen ข้างต้น ลองพิจารณาประโยคตัวอย่างต่อไปนี้

ฉันซื้ออาหาร ..... ฉันไปตลาด

ประโยคนี้ประกอบด้วยอนุประโยค 2 อนุประโยค ซึ่งต้องมีคำสัณฐานมาทำหน้าที่เชื่อมทั้ง 2 อนุประโยคเข้าด้วยกัน

หากระบบตั้งใจให้ประโยคนี้มีความหมายเช่นเดียวกับประโยคภาษาอังกฤษต่อไปนี้

I bought some food when I went to the market

คำสัณฐานที่จะผู้เรียนสามารถเลือกใช้ อาจเป็นได้หลายคำขึ้นอยู่กับลำดับว่า อนุประโยคใดเริ่มและจบก่อนหรือหลัง โดยมีเงื่อนไขว่า ทั้ง 2 อนุประโยค จะต้องเป็นเหตุการณ์ที่เกิดในอดีต เช่น

หากกำหนดให้	สัญญลักษณ์	C1 แทน เหตุการณ์	"ฉันซื้ออาหาร"
และ	สัญญลักษณ์	C2 แทน เหตุการณ์	"ฉันไปตลาด"

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ C1 และ C2 ไม่ได้ถูกกำหนดไว้อย่างชัดเจน ความหมายที่ต้องการจากการอนุมานประโยคภาษาอังกฤษ มีเพียงข้อมูลดังต่อไปนี้

- เหตุการณ์ C1 เริ่มต้นเวลาใดก็ได้ตั้งแต่เหตุการณ์ C2 เริ่ม
- เหตุการณ์ C1 จบก่อนที่เหตุการณ์ C2 จะจบ

ดังนั้น จากความสัมพันธ์พื้นฐานของ Allen ความเป็นไปได้ของความสัมพันธ์ระหว่าง C1 และ C2 มีดังนี้ คือ

C1 {s} C2 หมายถึง เหตุการณ์ที่ ฉันซื้ออาหาร *ได้เกิดพร้อมจบก่อนที่* ฉันไปถึงตลาด

C1 {f} C2 หมายถึง เหตุการณ์ที่ ฉันซื้ออาหาร *ได้เกิดหลังจบพร้อมที่* ฉันไปถึงตลาด

C1 {d} C2 หมายถึง เหตุการณ์ที่ ฉันซื้ออาหาร *ได้เกิดระหว่างที่* ฉันไปถึงตลาด

C1 {e} C2 หมายถึง เหตุการณ์ที่ ฉันซื้ออาหาร *ได้เกิดพร้อมกับที่* ฉันไปถึงตลาด

เพื่อให้สามารถจัดการกับความรู้เกี่ยวกับเวลา ที่เสนอข้างต้น การแทนประโยคหนึ่งๆ ซึ่งมีได้หลายอนุประโยค สามารถทำได้โดยเก็บรายละเอียดของส่วนต่างๆ โดยใช้โครงสร้างซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่อไปนี้

- **Clause_type** แสดงหน้าที่ของอนุประโยค เช่น อนุประโยคนั้น เป็นอนุประโยคหลัก (Main) หรือ รอง (Subordinate)
- **Clause_form** รูปแบบของอนุประโยค เช่น อนุประโยคนั้น มีความหมายเป็นประโยคคำถาม ขอร้อง ปฏิเสธ บอกเล่า หรือคำสั่ง
- **Relation** เซ็ตของความสัมพันธ์ของอนุประโยคนี้ กับอนุประโยคอื่น
- **Formality** ระดับความเป็นทางการ (Formality) ของประโยคนั้น
- **Part_to_solve** ส่วนของอนุประโยคที่ต้องพิจารณา

ดังนั้น ประโยคข้างต้น (S1) จึงสามารถแทนได้ ดังนี้

Sentence: S1
  Structure: C1, C2
  Part_to_solve: conjunction
Clause: C1
  Clause_type: main
  Clause_form: narrative
  Relation: (C2, *s, f, d, e*)
  Formality: 2
  Part_to_solve: none
Clause: C2
  Clause_type: subordinate
  Clause_form: narrative
  Relation: (C1, *si, fi, di, e*)
  Formality: 2
  Part_to_solve: none

ในการพัฒนาระบบฝึกสอนภาษาไทยนั้น จำเป็นจะต้องรวบรวมคำขยายต่างๆ ไว้ พร้อมกับหน้าที่ของคำนั้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ของแต่ละอนุประโยค เพื่อให้สามารถเลือกคำขยายที่เหมาะสม

ตัวอย่างประโยคข้างต้น มีเพียง 2 เหตุการณ์เท่านั้น แต่ในสถานการณ์จริง อาจมีมากกว่า 2 เหตุการณ์เข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้การพิจารณาคำขยายต่างๆ ยุ่งยากมากขึ้น

สมมติว่า จากสถานการณ์ในประโยค S1 เรามีประโยค S2 เพิ่มขึ้นอีก 1 ประโยค ซึ่งกล่าวว่า

มีเพื่อนคนหนึ่งแวะมาหาที่บ้าน เมื่อฉันออกจากบ้าน (เพื่อไปตลาด) แล้ว

หากกำหนดให้ สัญญลักษณ์ C3 แทน เหตุการณ์ "เพื่อนแวะมาหาที่บ้าน" ประโยคนี้แสดงว่า ณ เวลาที่ฉันออกจากบ้านไปแล้ว เพื่อนก็มาถึงบ้านฉัน หรือกล่าวว่า จุดเริ่มต้นของเหตุการณ์ C3 อยู่ก่อนจุดเริ่มต้นของเหตุการณ์ C2 ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า

C3 {a} C2	เหตุการณ์ C3 เกิดหลังจากเหตุการณ์ C2	หรือ
C3 {mi} C2	เหตุการณ์ C3 เกิดต่อหลังเหตุการณ์ C2	หรือ

C3 {oi} C2 เหตุการณ์ C3 เกิดเหลื่อมหลังเหตุการณ์ C2 หรือ

C3 {d} C2 เหตุการณ์ C3 เกิดในช่วงเหตุการณ์ C2

ประโยค (S2) จะสามารถแทนได้ ดังนี้

Sentence: S2
Structure: C3, C2
Part_to_solve: none
Clause: C3
Clause_type: main
Clause_form: narrative
Relation: (C2, *a, mi, oi, d, f*)
Formality: 2
Part_to_solve: none
Clause: C2
Clause_type: subordinate
Clause_form: narrative
Relation: (C3, *b, m, o, di, fi*)
Formality: 2
Part_to_solve: none

กรณีนี้ เราไม่ทราบความสัมพันธ์ระหว่างอนุประโยค C1 และ C3 ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเลือกคำขยายให้เหมาะสมระหว่างอนุประโยคทั้งสอง

เพื่อให้สามารถคำนวณหาความสัมพันธ์ดังกล่าวได้ จึงขอเสนอขั้นตอนวิธี (Algorithm) ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งดัดแปลงมาจากขั้นตอนวิธีที่เสนอโดย Ladkin และคณะ 1994 ดังนี้

Constraints (R1, R2)
$C \leftarrow \xi$
For each *r1* in *R1*
For each *r2* in *R2*
$C \leftarrow C \cup T(r1, r2)$
Return *C*

เมื่อ *R1* แทน ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่าง C1 และ C2

R2 แทน ความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่าง C2 และ C3

r1 แทน ความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่าง C1 และ C2

r2 แทน ความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่าง C2 และ C3

U แทน การยูเนี่ยนเซ็ตของความสัมพันธ์ตามหลักการทางคณิตศาสตร์

T (r1, r2) แทน ความสัมพันธ์ระหว่าง C1 และ C3 ที่ได้จากการถ่ายทอดความสัมพันธ์ *r1* ไปยัง *r2*

ตัวอย่างของการคำนวณ *T (r1, r2)* เช่น

สมมติ *r1 = {b}, r2= {b}* ดังนั้น *T (r1, r2) = {b}* หมายความว่า หาก *C1 เกิดก่อน C2* และ *C2 เกิดก่อน C3* ดังนั้น *C1 จะต้องเกิดก่อน C3*

โดยการใช้ Algorithm ข้างต้น จะทำให้ระบบสามารถอนุมานความสัมพันธ์ระหว่าง C1 และ C2 ได้อย่างเหมาะสม