บทที่ 4

โมเดลข้อมูลที่อิงไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ

4.1 องค์ประกอบพื้นฐานของโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ

การออกแบบโมเดลข้อมูลนี้จะอาศัยแนวความคิดของภาษาไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟเป็นพื้นฐาน โดยนำเอาลักษณะเด่น 3 ประการของภาษานี้ คือ ไฮเพอร์กราฟ รีเคอร์ซีฟกราฟ เลเบลโหนดกราฟ มาเป็นแนวทางในการออกแบบโมเดลข้อมูล และเพื่อความสะดวกในการอ้างถึงต่อไป จะเรียกโมเดลข้อมูลที่อิงไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟว่า โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ

สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเฉพาะองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ คือ หน่วยข้อมูล เลเบลโหนด ไฮเพอร์กราฟ และตัวทำเครื่องหมายเท่านั้น เพื่อนำเข้าสู่นิยามของโมเดลข้อมูลที่แท้จริง

4.1.1 หน่วยข้อมูล

ในโมเดลข้อมูลแบบดั้งเดิมจะไม่มีการแยกกันระหว่างโครงสร้างของสารสนเทศกับเนื้อหา ทำให้การใช้เนื้อหาร่วมกันทำได้ไม่สะดวก

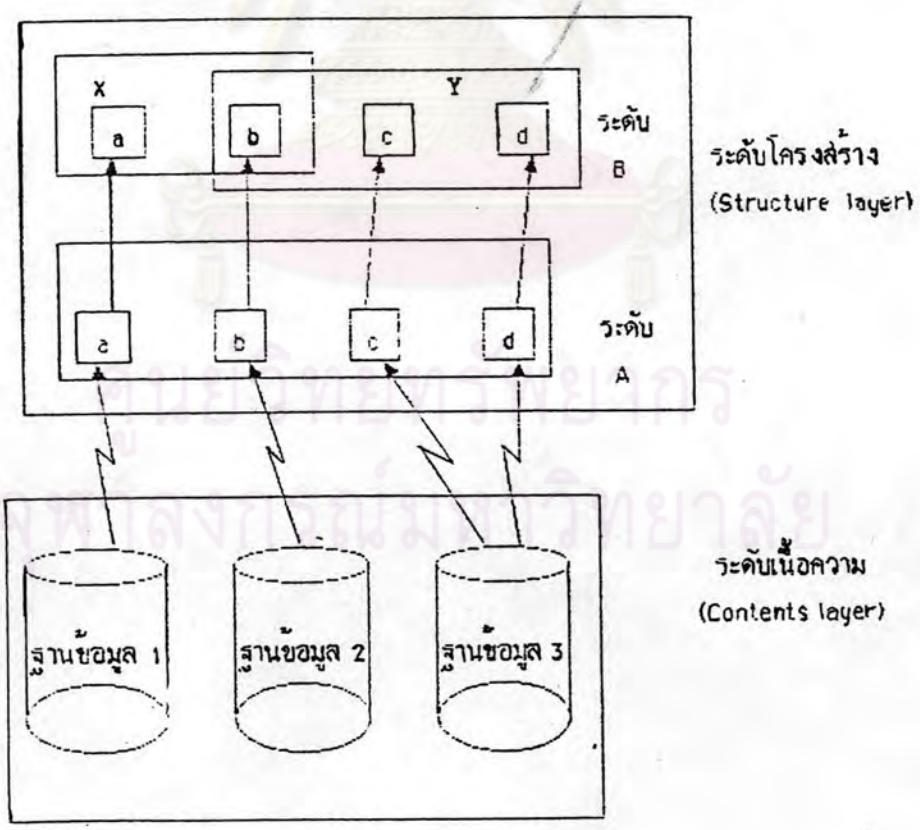
ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ จะแยกกันระหว่างโครงสร้างของสารสนเทศกับเนื้อหา สำหรับในโมเดลข้อมูลนี้จะใช้ หน่วยข้อมูล บรรจุเนื้อหา โดยที่ความหมายของหน่วยข้อมูลจะนิยามได้ดังนิยาม 4.1

นิยาม 4.1 (หน่วยข้อมูล)

หน่วยข้อมูลเป็นหน่วยที่ประกอบด้วยเนื้อหาชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เพียงชนิดเดียวเท่านั้น โดยที่เนื้อหาอาจเป็น ชนิดข้อความ รูปภาพ กราฟฟิกส์ หรือเสียงที่ได้ใจความหนึ่งหน่วย หรือ โปรแกรมที่สามารถประมวลผลได้ เป็นต้น

จากนิยาม 4.1 หน่วยข้อมูลจะเป็นหน่วยที่บรรจุเนื้อหาที่สัมพันธ์กับโครงสร้างของสารสนเทศ สำหรับการแสดงผลของหน่วยข้อมูลจะขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อหานั้น ๆ เช่นข้อมูลรูปภาพ จะผ่าน โปรแกรมจัดการรูปภาพ เป็นต้น สำหรับเซตของหน่วยข้อมูล จะแทนด้วย IU

การแยกโครงสร้างของสารสนเทศออกจากเนื้อหาและตามสถาปัตยกรรมของฐานข้อมูลที่กลาส (Klas, et al., 1989) เสนอ จะได้แบบแผนของฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์ภายใต้โมเดลข้อมูลนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แบบแผนของฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์ภายใต้โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าแบบแผนของฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์ภายใต้โมเดลข้อมูลนี้ จะมี 2 ระดับ คือ ระดับเนื้อความ และระดับโครงสร้าง โดยที่ระดับเนื้อความเป็นระดับต่ำสุดที่ใช้เก็บหน่วยข้อมูล หน่วยข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับชนิดของเนื้อหาภายใน เช่น ฐานข้อมูล-1 เป็นฐานข้อมูลประเภทข้อความ ฐานข้อมูล-2 เป็นฐานข้อมูลประเภทรูปภาพ ฐานข้อมูล-3 เป็นฐานข้อมูลประเภทเสียง เป็นต้น (ความต้องการที่ 3.8)

ส่วนในระดับโครงสร้าง เป็นระดับที่ใช้เก็บโครงสร้างของสารสนเทศทั้งหมดตลอดจนความสัมพันธ์ต่าง ๆ โดยที่ระดับโครงสร้างจะประกอบด้วย 2 ระดับคือ ระดับ A และระดับ B ระดับ A เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล ส่วนระดับ B เป็นส่วนที่ใช้เก็บโครงสร้างของสารสนเทศและความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของหน่วยข้อมูลจากแบบแผนดังกล่าวนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้สะดวก เช่น ในรูป โครงสร้าง x ประกอบด้วย a และ b ส่วนโครงสร้าง Y ประกอบด้วย b c และ d ทั้งสองโครงสร้างจะมีการใช้ข้อมูลร่วมกันคือ b ในที่นี้ a อาจเป็นข้อความ 1 ย่อหน้า b อาจเป็นรูปภาพหนึ่งรูป c และd อาจเป็นเสียงหนึ่งหน่วยเป็นต้น

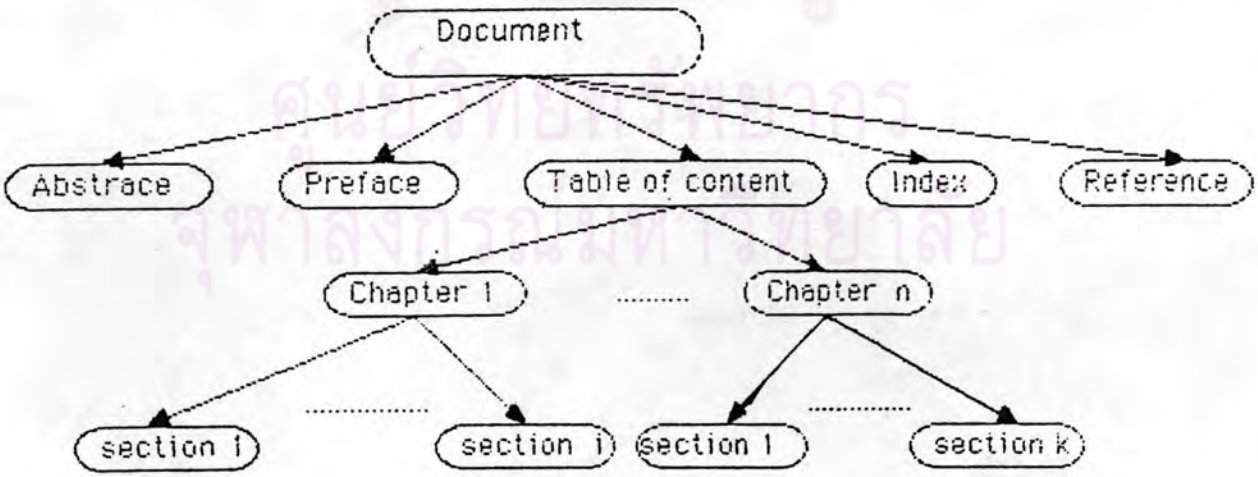
4.1.2 เลเบลโหนด

โครงสร้างของสารสนเทศที่อยู่บนฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์นั้นจะประกอบด้วย หน่วยของสารสนเทศที่สัมพันธ์กัน โดยที่หน่วยของสารสนเทศอาจมีลักษณะแตกต่างกันไปตามแต่โมเดลข้อมูลที่ใช้ เช่น ในโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดเลเบลกราฟ และโมเดลข้อมูลแบบไฮเพอร์กราฟ จะแทนหน่วยของสารสนเทศด้วยโหนด หรือในโมเดลข้อมูลแบบเพตริ-เนต (Scotts, Furuta, 1989) จะแทนหน่วยของสารสนเทศด้วย แพล เป็นต้น แต่สำหรับในโมเดลข้อมูลที่จะนำเสนอนี้จะแทนหน่วยของสารสนเทศด้วย เลเบลโหนด โดยสามารถนิยามความหมายของเลเบลโหนดได้ดังนิยาม 4.2

นิยาม 4.2 (เลเบลโหนด)

เลเบลโหนด เป็นองค์ประกอบของโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟ เลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ ที่ใช้แสดงหน่วยของสารสนเทศ โดยที่เลเบลโหนดสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเลเบลและโหนดที่ใช้ในกราฟธรรมดา

จากนิยาม 4.2 เลเบลโหนดสามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเลเบลและโหนดจากคุณสมบัติดังกล่าวนี้เอง ทำให้เลเบลโหนดสามารถอธิบาย หรือแทนโครงสร้างของสารสนเทศที่ซับซ้อนได้ โดยที่โครงสร้างของสารสนเทศอาจเป็นได้ทั้งแบบลำดับชั้น (hierarchy) หรือ แบบไม่เป็นลำดับชั้น (non-hierarchy) ก็ได้ ตัวอย่างเช่นดังรูปที่ 4.2 เป็นโครงสร้างของสารสนเทศหนังสือ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบลำดับชั้น นอกจากนั้นเลเบลโหนดยังมีหน้าที่เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูลดังในรูปที่ 4.1 นั้น เลเบลโหนดจะถูกจัดอยู่ในระดับโครงสร้าง โดยอยู่ได้ทั้งในระดับ A และระดับ B จากหน้าที่ต่าง ๆ ดังกล่าวของเลเบลโหนดนั้น ในโมเดลข้อมูลนี้จะแบ่งเลเบลโหนดออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้คือ อะตอมมิคเลเบลโหนด (Atomic LabelNode) และเลเบลโหนดเชิงซ้อน (Complex LabeNode)



รูปที่ 4.2 โครงสร้างของสารสนเทศหนังสือ

สำหรับรายละเอียดเลเบลโหนดแต่ละประเภทเป็นดังนี้

4.1.2.1 อะตอมมิคเลเบลโหนด

จากรูปที่ 4.1 การใช้เลเบลโหนดนอกจากจะใช้แทนโครงสร้างของสารสนเทศ แล้วยังทำหน้าที่เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล เลเบลโหนดที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้คืออะตอมมิคเลเบลโหนด ซึ่งความหมายของอะตอมมิคเลเบลโหนด จะนิยามได้ดังนิยาม 4.3

นิยาม 4.3 (อะตอมมิคเลเบลโหนด)

อะตอมมิคเลเบลโหนดเป็นเลเบลโหนดที่เล็กที่สุดที่แบ่งแยกไม่ได้ โดยมีหน้าที่เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล

จากนิยาม 4.3 จะเห็นว่า หน้าที่ของอะตอมมิคเลเบลโหนด คือเป็นตัวเชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล การเชื่อมโยงดังกล่าวนี้สามารถแทนด้วยฟังก์ชัน M_{IU} ดังนิยาม 4.4 นอกจากนั้นเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปในโมเดลข้อมูลนี้จะกำหนดให้ A แทน เซตของอะตอมมิคเลเบลโหนด

นิยาม 4.4

ฟังก์ชัน M_{IU} เป็นฟังก์ชันแมปจากอะตอมมิคเลเบลโหนด ไปบนหน่วยข้อมูล เขียนแทนได้เป็น

$$M_{IU}: A \longrightarrow IU \cup \{ช\}$$

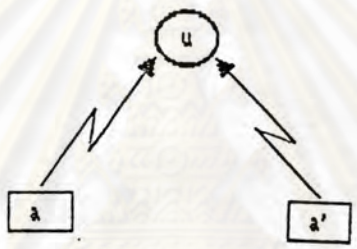
โดยที่ A เป็นเซตของอะตอมมิคเลเบลโหนด

IU เป็นเซตของหน่วยข้อมูล

{ช} เป็นค่าว่างเปล่า(null value)

จากนิยาม 4.4 จะเห็นว่า สำหรับ $a \in A$ แล้ว ค่าของ $M_{IU}(a)$ เป็นเนื้อหาของอะตอมมิคเลเบลโหนด $M_{IU}(a)$ อาจจะเป็น

ค่าว่างเปล่า หรือ เป็นหน่วยข้อมูล อย่างใดอย่างหนึ่ง นั่นหมายความว่าการกำหนดค่าว่างเปล่าให้กับอะตอมมิคเลเบลโหนด อาจเกิดขึ้นได้ในระยะเริ่มต้นของการเขียนโดยผู้เขียน หรือผู้ออกแบบอาจจะยังไม่ใส่เนื้อหาลงไป ทำให้โมเดลข้อมูลนี้สามารถกำหนดโครงสร้างของสารสนเทศไว้ล่วงหน้าได้ ผู้เขียนสามารถบรรจุเนื้อหาลงไปภายหลังได้ (ความต้องการที่ 3.7) นอกจากนั้นอะตอมมิคเลเบลโหนดใด ๆ ยังสามารถใช้เนื้อหาร่วมกันได้ ตัวอย่างเช่น ให้ $a \in A$ และ $a' \in A$ โดยที่ $M_{I,U}(a) = u$ และ $M_{I,U}(a') = u$, $u \in IUU\{\delta\}$ จะเห็นว่าอะตอมมิคเลเบลโหนด a และ a' มีเนื้อหาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 เป็นต้น



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 แสดงการเชื่อมโยงระหว่างอะตอมมิคเลเบลโหนดกับหน่วยข้อมูล

โดยที่สัญลักษณ์สี่เหลี่ยม แทนอะตอมมิคเลเบลโหนด วงกลม แทน หน่วยข้อมูล

เครื่องหมาย ⟶ แทนการเชื่อมโยงจากอะตอมมิคเลเบลโหนด ไปยังหน่วยข้อมูล

4.1.2.2 <u>เลเบลโหนดเชิงซ้อน</u>

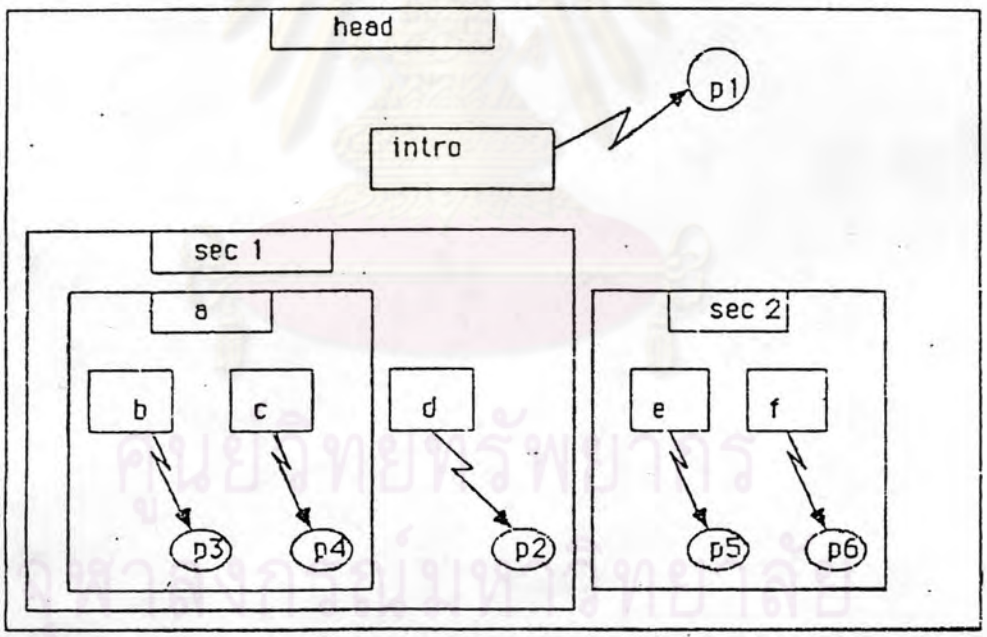
สำหรับในโมเดลข้อมูลแบบดั้งเดิม จะมีโหนดเป็นแบบโหนดเดี่ยว ลักษณะของโหนดเดี่ยว ทำให้ระบบไฮเพอร์เท็กซ์ไม่สามารถจำแนกกลุ่มของโหนดหนึ่ง ๆ ออกจากโหนดกลุ่มอื่น ๆ ได้อย่างชัดเจน นอกจากนั้นโมเดลข้อมูลที่มีโหนดเป็นโหนดเดี่ยว จะมีผลต่อลักษณะการเบราส์ ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถเบราส์แบบซูมอิน หรือแบบซูมเอาท์ และการเบราส์แบบจวบกันได้ โดยที่การเบราส์แบบซูมอินเป็นการเบราส์ที่ผู้ใช้ต้องการทราบในรายละเอียดยิ่งขึ้น ส่วนการเบราส์แบบซูมเอาท์เป็นการเบราส์ ที่ผู้ใช้ต้องการไปยังหน่วยของสารสนเทศที่อยู่ในระดับที่เหนือขึ้นไปกว่าระดับปัจจุบัน

ดังนั้นโมเดลข้อมูลนี้จะใช้เลเบลโหนดเชิงซ้อนมาแก้ปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนั้นคุณสมบัติของเลเบลโหนดเชิงซ้อนยังสนับสนุนกลไกการประกอบได้เป็นอย่างดี (ความต้องการที่ 3.5) โดยที่ความหมายของเลเบลโหนดเชิงซ้อนสามารถนิยามได้ดังนิยาม 4.5

นิยาม 4.5 (เลเบลโหนดเชิงซ้อน)

เลเบลโหนดเชิงซ้อน เป็นเลเบลโหนดที่สามารถบรรจุ เลเบลโหนดอื่นๆ และ ไฮเพอร์อาร์คได้(ดูนิยาม 4.8)โดยที่สมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนใด ๆ อาจได้แก่อะตอมมิคเลเบลโหนด เลเบลโหนดเชิงซ้อน และ ไฮเพอร์อาร์ค

ในรูปที่ 4.4 เป็นตัวอย่างเลเบลโหนดเชิงซ้อน



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างโครงสร้างของเลเบลโหนดเชิงซ้อนชื่อ head

จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่า head เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยสมาชิกคือ เลเบลโหนดเชิงซ้อน sec1 เลเบลโหนดเชิงซ้อน sec2 และอะตอมมิคเลเบลโหนด intro โดยที่ sec1 ประกอบด้วยสมาชิกคือ เลเบลโหนดเชิงซ้อน a และอะตอมมิคเลเบลโหนด d ส่วน sec2 เป็น

เลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยสมาชิก คือ อะตอมมิคเลเบลโหนด e และ f จากโครงสร้างดังกล่าว ผู้อ่านสามารถอ่านเนื้อหาของ intro sec1 และ sec2 ในลักษณะแบบจวบกันได้ (ความต้องการที่ 3.1) โดยผู้ออกแบบเอกสาร อาจจัดให้แต่ละเลเบลโหนดเหล่านี้ แสดงบนหน้าต่างเฉพาะของแต่ละเลเบลโหนด นอกจากนั้นผู้ใช้อาจเบราส์แบบชูมอินเข้าไปอ่านรายละเอียดภายใน sec1 หรือ sec2 ได้

จากนิยาม 4.4 4.5 เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงในโมเดลข้อมูลนี้จะกำหนดให้

CP แทนเซตของเลเบลโหนดเชิงซ้อน

LN แทนเซตของเลเบลโหนดทั้งหมด

โดยที่ LN = A ∪ CP

HP แทน เซตของไฮเพอร์อาร์ค (ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป)

ก. การนิยามการบรรจุสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน

การบรรจุสมาชิกเข้าไปในเลเบลโหนดเชิงซ้อน จะเป็นไปตามนิยาม 4.6

นิยาม 4.6

(1) ฟังก์ชันแทนการบรรจุสมาชิกภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อนใดๆ เขียนแทนได้ดังนี้

$$M_{CP}: CP \longrightarrow 2^{LNUHP}$$

โดยที่ $M_{CP}(c)$ เป็นเซตของสมาชิกที่บรรจุภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อน c และ $c \notin M_{CP}(c)$

(2) สัญลักษณ์ แทนเลเบลโหนดเชิงซ้อน c ที่ประกอบด้วยสมาชิก $h_1 \ldots h_n$ เขียนแทนได้เป็น

$$c = \{h_1 \; h_2 \; \ldots \; h_n\}$$

โดยที่ $c \in CP$, $h_i \in LNUHP$, และ h_i ทุกตัวมีลำดับการเข้าถึงพร้อมกัน, $i=1,\ldots,n$

จากนิยาม 4.6 จะเห็นว่าสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนเป็นได้ทั้งเลเบลโหนด และไฮเพอร์อาร์ค หรือเป็นค่าว่างเปล่าก็ได้ ตัวอย่างการแมปตามนิยาม 4.6 ดังในตัวอย่าง 4.1

ตัวอย่าง 4.1

กำหนดให้ LN = {x0, x1, x2, x3, x4}

HP = {} (เป็นเซตว่าง)

CP = {x0, x1}

A = {x2, x3, x4}

จากนิยาม 4.6 และข้อกำหนดข้างต้น อาจสามารถแจกแจงสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนต่าง ๆ ได้ดังนี้

x0 = {x1 x4}

x1 = {x2 x3}

จากตัวอย่างที่ 4.1 จะเห็นว่าสมาชิกของ x0 จะเป็นได้ทั้งเลเบลโหนดเชิงซ้อนคือ x1 และอะตอมมิคเลเบลโหนดคือ x4 จากลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้โมเดลข้อมูลนี้สามารถแสดงโครงสร้างของสารสนเทศที่ซับซ้อนได้ นอกจากนั้นเลเบลโหนดเชิงซ้อนใด ๆยังสามารถบรรจุความสัมพันธ์ระหว่างเลเบลโหนด (ไฮเพอร์อาร์ค) ได้อีกด้วย

ข. การระบุการเป็นสมาชิกแบบขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อน

ตามที่นิยามที่ 4.6 จะเป็นการกำหนดการบรรจุสมาชิกโดยทั่วไปเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งานในโมเดลข้อมูลนี้จะแบ่งประเภทของการเป็นสมาชิกได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่ไม่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สมาชิกนั้นอยู่ และประเภทที่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สมาชิกนั้นอยู่ โดยนิยามได้ด้วยนิยาม 4.7

นิยาม 4.7

กำหนดให้ b c และ e เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อน

a เป็นสมาชิกของ b, b เป็นสมาชิกของ c และ a ε LN HP

ถ้า a ขึ้นอยู่กับ b แล้ว จะเป็นดังนี้

(1) เมื่อ b ถูกลบ a จะถูกลบตาม แต่ ถ้า a ถูกลบ b จะไม่ถูกลบตาม

(2) ถ้า b ขึ้นอยู่กับ c แล้ว a จะขึ้นอยู่กับ c ด้วย

(3) ถ้า a ขึ้นอยู่กับ b และ a จะขึ้นอยู่กับ e และ b, e ไม่ขึ้นต่อกัน แล้ว a จะถูกลบตาม เมื่อ b และ e ถูกลบไปแล้วทั้งคู่

(4) การเขียนชื่อของสมาชิกภายใต้นิพจน์ของเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ จะแทนชื่อของสมาชิกที่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อน ให้ขึ้นต้นด้วยเครื่องหมาย ~ แล้วตามด้วยชื่อของสมาชิก ส่วนสมาชิกที่ไม่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สมาชิกนั้น บรรจุอยู่ก็เขียนโดยไม่มีเครื่องหมาย ~ นำหน้าชื่อของสมาชิก

(5) การแทนว่า a ขึ้นอยู่กับ b จะแทนด้วย a depend_on(b)

จากนิยาม 4.7 จะเห็นว่าการกำหนดการเป็นสมาชิกที่สมาชิกนั้นขึ้นอยู่กับ เลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สมาชิกนั้นบรรจุอยู่ จะช่วยให้การควบคุมเนื้อหาให้มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันได้ดียิ่งขึ้น (Meyer, 1988) ตัวอย่างการกำหนดการเป็นสมาชิกนี้เช่น เลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ใช้เก็บประวัติของบุคคลผู้หนึ่ง ที่อาจประกอบด้วยเลเบลโหนดที่เก็บภาพถ่าย ประวัติการศึกษา และอื่น ๆ ถ้าหากเลเบลโหนดเชิงซ้อนนี้ถูกลบเลเบลโหนดต่าง ๆ หรือไฮเพอร์อาร์คต่าง ๆ ที่มีการระบุการเป็นสมาชิกที่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนนี้ก็ควรถูกลบตามไปด้วยเป็นต้น จากการกำหนดการเป็นสมาชิกเช่นนี้ ผู้ออกแบบจะพิจารณาจากเนื้อหาที่เกี่ยวพันธ์กันว่าสมาชิกใดควรจะขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ ซึ่งจะเป็นการตอบสนองต่อการอ้างอิงแบบคอนเท็กซ์-เซ็นซิทีฟนั่นเอง (ความต้องการที่ 3.6) นอกจากนั้นการเขียนชื่อของสมาชิกที่ขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สมาชิกนั้นอยู่จะช่วยให้การแทน หรือสื่อความหมายได้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น L1 = {a1 ~a2} หมายความว่า L1 เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยสมาชิกคือ a1 และ a2 โดยที่ a2 จะขึ้นอยู่กับ L1 เป็นต้น

ค. การอ้างอิงถึงเลเบลโหนดเชิงซ้อน

การอ้างอิงถึงเลเบลโหนดเชิงซ้อน จะมีลักษณะการอ้างอิง 2 ลักษณะด้วยกันคือ การอ้างอิงไปยังเลเบลโหนดเชิงซ้อน และการอ้างอิงไปยังสมาชิกภายในของเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยทั่วไปแล้วการอ้างอิงถึงเลเบลโหนดเชิงซ้อนโดยตรง จะเป็นไปตามนิยาม 4.6 ส่วนการอ้างถึงเลเบลโหนดที่เป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน จะเป็นไปตามนิยาม 4.8

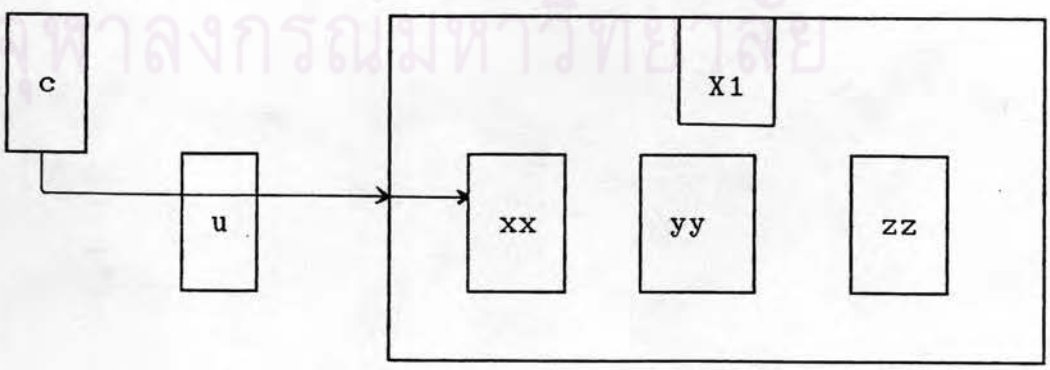
นิยาม 4.8

ถ้า $c \in CP$ และ $h' \in c$ เป็นเลเบลโหนดที่เป็นสมาชิกของเลเบลโหนดซ้อนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงกับเลเบลโหนดภายนอก แล้ว จะเป็นดังนี้

- h' จะเรียกว่า เลเบลโหนดเชื่อมต่อ
- h' เป็นเลเบลโหนดแรกที่ถูกเข้าถึง
- นิพจน์แทนเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่มีเลเบลโหนดเชื่อมต่อแทนด้วย

$[h' \; h_1 \; h_2 \; .. h_i .. h_n]$; $i=1,...,n$ โดยที่ $h_i \in LN \cup HP$ และการเข้าถึง h_i (ยกเว้น h') สามารถเข้าถึงพร้อมกัน

จากนิยาม 4.7 เลเบลโหนด h' จะเป็นเลเบลโหนดที่ถูกอ้างอิงจากเลเบลโหนดใด ๆ ภายนอกเข้ามายังเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ h' เป็นสมาชิก โดยที่ h' จะแสดงผลก่อนสมาชิกตัวอื่น ๆ ดังในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการอ้างอิงจากเลเบลโหนด u มายังสมาชิกภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อน X1

จากรูปที่ 4.5 เลเบลโหนด u จะมีการอ้างอิงเข้าไปยังสมาชิก xx ของเลเบลโหนดเชิงซ้อน X1 เลเบลโหนด xx จะถูกแสดงก่อน ส่วนเลเบลโหนด yy และzz จะแสดงหลังจากเลเบลโหนด xx แสดงหรือถูกกระทำ ในทางปฏิบัติอาจกำหนดเงื่อนไขว่ายอมให้เลเบลโหนดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เลเบลโหนดเชื่อมต่อขณะนั้นแสดงหรือให้ผู้ใช้เข้าถึงได้หรือไม่

4.1.3 ไฮเพอร์อาร์ค

ระบบไฮเพอร์เท็กซ์มีลักษณะเด่นคือให้ผู้ใช้สามารถติดตามอ่านสารสนเทศที่ต้องการทราบขณะนั้นได้ทันที เพียงแต่ผู้ใช้เลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังตำแหน่งที่เลเบลอยู่ แล้วกดปุ่มก็จะมีการเชื่อมโยงจากโหนดปัจจุบันไปยังโหนดเป้าหมายที่เก็บสารสนเทศที่ผู้ใช้ต้องการอ่าน จากลักษณะการใช้งานและการเชื่อมโยงดังกล่าว จำเป็นต้องมีเส้นเชื่อมเพื่อเชื่อมโยงระหว่างโหนด โดยที่ลักษณะของเส้นเชื่อมในโมเดลข้อมูลแบบดั้งเดิมนั้น จะมีลักษณะดังนี้คือ เส้นเชื่อม 1 เส้น จะเชื่อมโยงได้เพียงโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางเท่านั้น เช่น ในโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดเลเบลกราฟ เป็นต้น ซึ่งลักษณะของเส้นเชื่อมเช่นนี้ทำให้มีผลดังนี้

- เส้นเชื่อมเส้นหนึ่ง ๆ ไม่สามารถเชื่อมโยงโหนดให้มีลักษณะการเข้าถึงแบบลำดับได้ เพราะว่าการกำหนดการเข้าถึงแบบลำดับ จะช่วยให้ผู้ออกแบบเอกสารแบบไฮเพอร์เท็กซ์สามารถที่จะควบคุมทิศทางการอ่านของผู้ใช้ไปในทิศทางตามที่ตนต้องการได้ ดังรูปที่ 4.6 4.7 เมื่อผู้ออกแบบต้องการเชื่อมโยงโหนด a b และ c แบบเป็นลำดับ โดยมีเลเบลคือ next จะเห็นว่า ผู้ออกแบบต้องสร้างเส้นเชื่อมถึงสองเส้น จึงจะทำให้มีการเชื่อมโยงโหนดทั้งสามเป็นแบบเชิงเส้นได้ สำหรับการใช้งานสมมุติว่า ปัจจุบันผู้ใช้ ใช้งานอยู่ที่โหนด a เมื่อผู้ใช้เลือกเลเบล next โหนดต่อไปคือ โหนด b ที่โหนด b เมื่อผู้ใช้ต้องการไปยัง โหนด c ผู้ใช้ต้องเลือกเลเบล next เอง จากลักษณะการใช้งานดังกล่าวในบางครั้งผู้ออกแบบต้องการควบคุมทิศทางของผู้อ่านให้ไปตามทิศทางที่ต้องการ ผู้ออกแบบไม่สามารถทำได้ ทุกอย่างจะขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะไปในทิศทางใด ในบางครั้งอาจหลง

ทางในเครือข่ายได้ง่าย

- ผู้ใช้ไม่สามารถทดสอบเส้นทางของการเบราส์ ณ ปัจจุบันได้ว่าต่อไปจะมีโหนดใดบ้างภายใต้เส้นเชื่อมหนึ่ง ๆ เช่นในรูปที่ 4.6 4.7 ถ้าโหนดปัจจุบันคือ a ผู้ใช้ไม่สามารถทดสอบได้ว่า เส้นเชื่อมที่มีเลเบล next จากโหนดปัจจุบันคือโหนด a ต่อไปจะมีโหนดอะไรบ้าง และอยู่ในลำดับที่เท่าใด ความสามารถที่ยอมให้ผู้ใช้สามารถทดสอบเส้นทางการเบราส์ได้ จะเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดการหลงทางในเครือข่ายของโหนดลงได้ นอกจากนั้นโมเดลข้อมูลแบบไฮเพอร์กราฟไม่สามารถอธิบายหรือจัดเตรียมโครงสร้างของสารสนเทศ เพื่อตัดสินใจเลือกเส้นทางหรือควบคุมการเข้าถึงเลเบลโหนด

เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวข้างต้น ในโมเดลข้อมูลนี้จะใช้เส้นเชื่อมที่เรียกว่า ไฮเพอร์อาร์ค โดยที่ความหมายของไฮเพอร์อาร์คและลักษณะของไฮเพอร์อาร์ค จะนิยามได้ดังนิยาม 4.9

<u>นิยาม 4.9</u> (ไฮเพอร์อาร์ค)

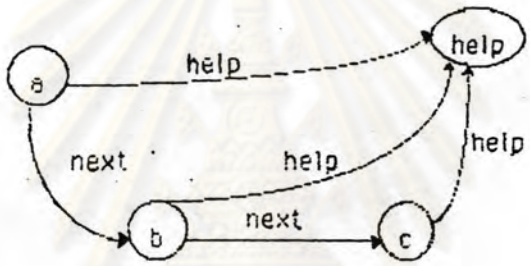
ไฮเพอร์อาร์คเป็นเส้นเชื่อมที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเลเบลโหนดภายใต้โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ โดยที่ไฮเพอร์อาร์คจะมีลักษณะเป็นดังนี้

(1) ไฮเพอร์อาร์ค แต่ละเส้น สามารถเชื่อมโยงเลเบลโหนดได้ตั้งแต่ 2 เลเบลโหนดขึ้นไป

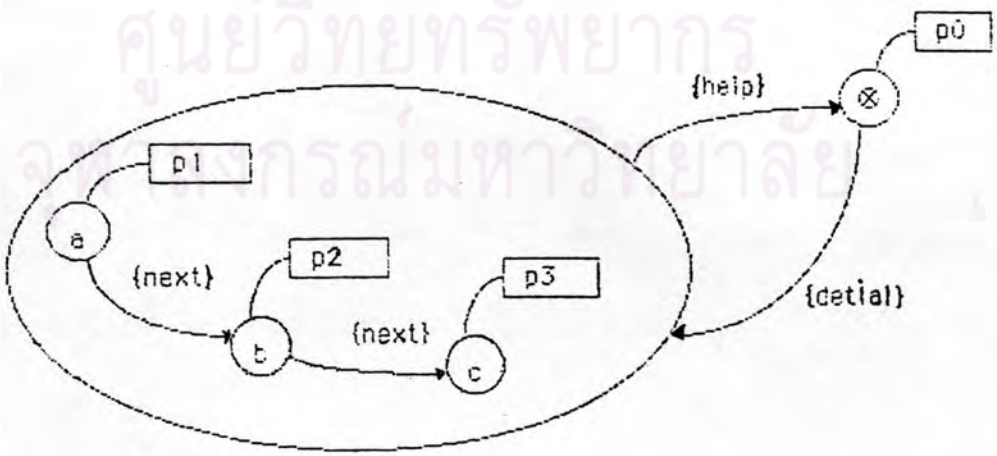
(2) ไฮเพอร์อาร์คแต่ละเส้น จะมีเลเบลโหนดเริ่มต้นที่ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ลากออกไปตัดผ่านเลเบลโหนดอื่น ๆ และไปสิ้นสุดที่เลเบลโหนดบางเลเบลโหนด โดยที่เลเบลโหนดที่ไฮเพอร์อาร์คลากออก จะทำหน้าที่เป็นเลเบลของเลเบลโหนดที่ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ลากผ่าน ส่วนเลเบลโหนดที่ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้นลากผ่าน หรือบรรจบจะทำหน้าที่เป็นโหนด (เหมือนโหนดในกราฟธรรมดา) ของไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ แต่ในขณะเดียวกันเลเบลโหนดเหล่านี้อาจทำหน้าที่เป็นเลเบล หรือเป็นโหนดของไฮเพอร์อาร์คเส้นอื่น ๆ ได้ด้วย

(3) ลำดับการเข้าถึงเลเบลโหนดบนไฮเพอร์อาร์คจะเป็นแบบตามลำดับ

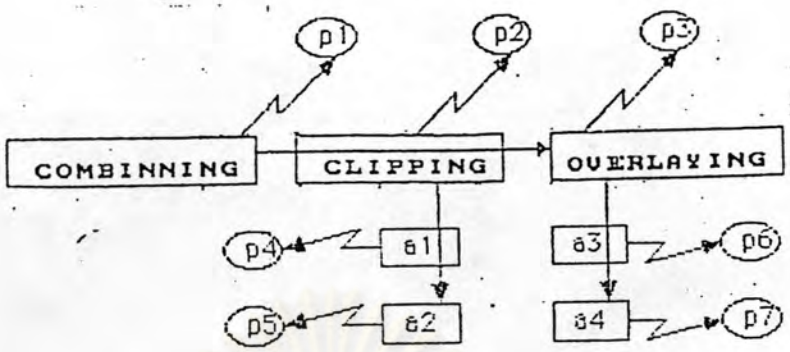
จากนิยามที่ 4.9 จะเห็นว่าเลเบลโหนดเริ่มต้นที่ไฮเพอร์อาร์คลากออก อาจเป็นได้ทั้งเลเบล และโหนดภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นอื่น ๆ ได้อีกด้วย ในทางปฏิบัติแล้ว เลเบลโหนดที่ทำหน้าที่เป็นเลเบลอาจบรรจุเนื้อหาเป็นโปรแกรมหรือเป็นโอเปอร์เรชันที่ผู้พัฒนากำหนด ที่ทำให้เลเบลโหนดที่เป็นโหนดภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ปฏิบัติหน้าที่ตามหรือมีผลต่อเลเบลโหนดเหล่านั้น เช่น โอเปอร์เรชัน next เป็นเลเบลโหนดที่เป็นโอเปอร์เรชันที่มีหน้าที่ให้เลเบลโหนดต่าง ๆ แสดงเนื้อหาตามลำดับเป็นต้น จากลักษณะความเป็นเลเบลโหนดยังทำให้ สามารถนำมาใช้กับโอเปอร์เรชันซ้อนโอเปอร์เรชันได้ โดยอาจเป็นได้ดังตัวอย่างดังในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่าง เครือข่ายของโหนด ภายใต้โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดเลเบลกราฟ



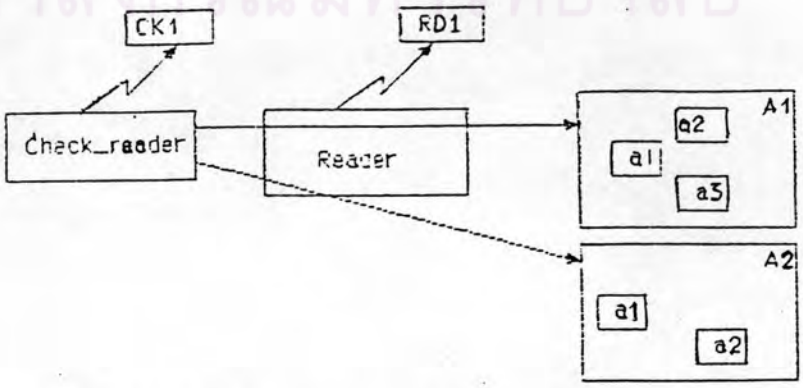
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่าง เครือข่ายของโหนด ภายใต้โมเดลข้อมูลแบบไฮเพอร์กราฟ



รูปที่ 4.8 ตัวอย่างแสดงเครือข่ายของเลเบลโหนด ที่แสดงถึงลักษณะการใช้งานของเลเบลโหนดภายใต้ไฮเพอร์อาร์ค

จากรูปที่ 4.8 เลเบลโหนด CLIPPING และ OVERLAYING จะทำหน้าที่เป็นทั้งเลเบลและโหนดในรูปสมมุติว่าเลเบลโหนด COMBINING ทำหน้าที่เป็นโอเปอร์เรชันการเอามารวมกัน ส่วน CLIPPING เป็นโอเปอร์เรชันการตัดออก และ OVERLAYING เป็นโอเปอร์เรชันการเอามาซ้อนกัน ส่วน a1 a2 a3 และ a4 เป็นเลเบลโหนดที่มีเนื้อหาคือรูปภาพ ในที่นี้ a1 จะถูกตัดชิ้นส่วนของภาพที่เหมือนกับใน a2 ส่วน a3 และ a4 จะนำมาซ้อนกัน แล้วนำผลที่ได้ของทั้งสองโอเปอร์เรชันนำมาแสดงรวมกัน เป็นต้น

นอกจากนั้นการพิจารณาว่า เลเบลโหนดแรกภายใต้ไฮเพอร์อาร์คใด ๆ อาจแทนด้วยโปรแกรมหรือโอเปอร์เรชันต่าง ๆ ตามที่ผู้พัฒนากำหนด การพิจารณาในแง่มุมนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้กำหนดกลไกการควบคุมการเข้าถึงได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่นดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างแสดงกลไกการควบคุมการเข้าถึง

จากรูปที่ 4.9 โอเปอร์เรชัน Check_reader จะทำหน้าที่ตรวจสอบว่าผู้ใช้ที่เข้ามาคือ ใคร โดยใช้ข้อมูลจากเลเบลโหนด Reader เพื่อที่จะเชื่อมโยงผู้อ่านขณะนั้นว่าใครควรจะมีสิทธิอ่านเลเบลโหนดใด ระหว่าง A1 และA2 โดยที่ A1 จะมีรายละเอียดมากกว่า A2 นั่นหมายความว่าการเชื่อมโยงของ Reader จะขึ้นอยู่กับข้อมูลของผู้อ่านว่าเป็นผู้อ่านกลุ่มใด ฉะนั้นลักษณะการอ้างอิงเช่นนี้จะขึ้นอยู่กับเนื้อหาด้วย (ความต้องการที่ 3.6) นอกจากนั้นยังช่วยให้ผู้ออกแบบเอกสารแบบไฮเพอร์เท็กซ์สามารถตัดต่อเนื้อหาออกได้เป็นหลาย ๆ แบบขึ้นอยู่กับระดับผู้ใช้ (ความต้องการที่ 3.4)

ก. การกำหนดความสัมพันธ์บนไฮเพอร์อาร์ค

สำหรับไฮเพอร์อาร์คแต่ละเส้น จะมีฟังก์ชันที่มีโดเมนคือเซตของไฮเพอร์อาร์ค และเรนจ์คือ เลเบลโหนด ที่ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ เป็นตัวเชื่อมโยง โดยฟังก์ชันดังกล่าวจะนิยามได้ดังนิยาม 4.10

นิยาม 4.10

กำหนดให้ HP แทน เซตของไฮเพอร์อาร์ค

LN แทน เซตของเลเบลโหนด

(1) ฟังก์ชัน M_{HP} เป็นฟังก์ชันที่ใช้แสดงสมาชิกที่สัมพันธ์กับไฮเพอร์อาร์ค เขียนแทนได้ เป็นดังนี้

$$M_{HP}: HP \longrightarrow 2^{(LN)1} \times 2^{(LN)2} \times \ldots \times 2^{(LN)n}$$

โดยที่ $(LN)_i$ เป็นเลเบลโหนดเทอมที่ i ,i = 1,2,...,n ; n $\geqslant$ 2 และ $M_{HP}(h)$ แทนเซตของเลเบลโหนดที่ไฮเพอร์อาร์คเชื่อมโยง

(2) สัญลักษณ์แทน ไฮเพอร์อาร์ค h ที่เชื่อมโยงเลเบลโหนด $l_1 \ldots l_n$ จะแทนด้วยนิพจน์

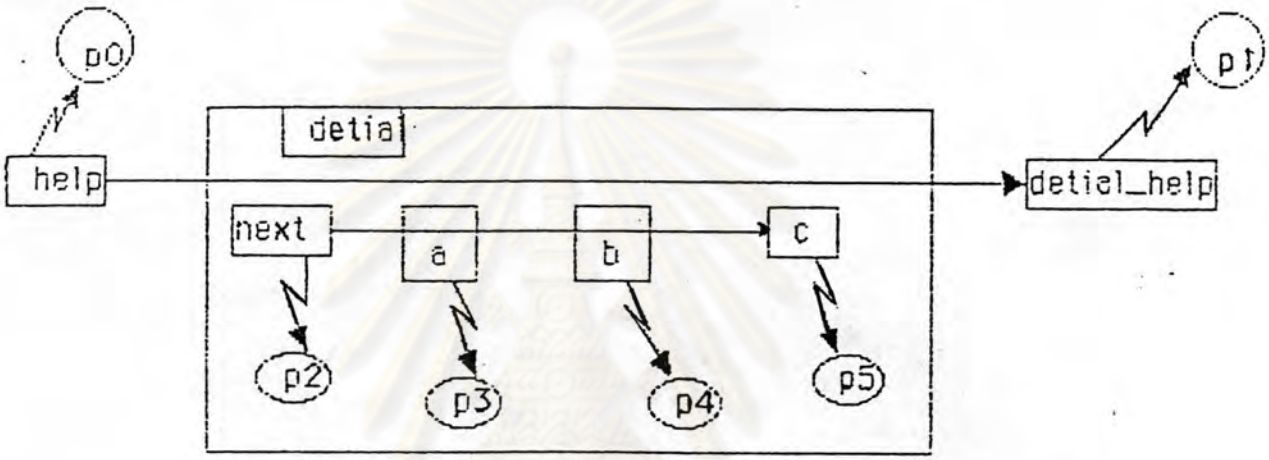
$h = (l_1\ l_2\ \ldots\ l_n)$ โดยที่ $l_i \in LN$

l_1 เป็นเลเบลโหนดเริ่มต้นที่ไฮเพอร์อาร์ค h ลากผ่าน

$l_2 \ldots l_{n-1}$ เป็นเลเบลโหนดที่ไฮเพอร์อาร์ค h ลากผ่าน

l_n เป็นเลเบลโหนดสุดท้ายที่ไฮเพอร์อาร์ค h ลากถึง

จากนิยาม 4.10 จะเห็นว่าไฮเพอร์อาร์คแต่ละเส้นสามารถลากผ่าน ได้ทั้งอะตอมมิคเลเบลโหนด และเลเบลโหนดเชิงซ้อน ในกรณีที่ลากผ่านเลเบลโหนดเชิงซ้อน สมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน อาจเป็นไฮเพอร์อาร์คที่ลากผ่านสมาชิกตัวอื่น ๆภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ ได้ เช่น นิพจน์ (help {(next a b c)} detial_help) จากนิพจน์นี้จะเขียนแทนได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างเครือข่ายของเลเบลโหนด ที่มีเส้นไฮเพอร์อาร์คลากผ่านเลเบลโหนดเชิงซ้อน detial วงกลมแทน หน่วยข้อมูล

จากรูปที่ 4.10 เลเบลโหนดเชิงซ้อนจะถูกตัดผ่านด้วยเส้นไฮเพอร์อาร์คที่มีจุดเริ่มต้นที่ เลเบลโหนด help นั้นหมายความว่าสมาชิกที่เป็นเลเบลโหนดทุกตัวของเลเบลโหนดเชิงซ้อนสามารถเลือกเลเบล help เพื่อเชื่อมโยงไปยังเลเบลโหนด detial_help ได้ นอกจากนั้น ไฮเพอร์อาร์คที่มีจุดเริ่มต้นที่เลเบลโหนด next จะทำให้การเข้าถึงอะตอมมิคเลเบลโหนด a b และ c เป็นแบบตามลำดับ

4.1.4 ตัวทำเครื่องหมาย (Markers)

การใช้งานของไฮเพอร์เท็กซ์นั้น ผู้ใช้สามารถเบราส์ไปยังส่วนต่าง ๆ ของเครือข่ายของเลเบลโหนด เพื่อค้นหาสารสนเทศที่ตนต้องการได้

จากหลักการใช้งานดังกล่าวนั้น จำเป็นต้องมีตัวทำเครื่องหมาย เพื่อบ่งบอกว่าเลเบลโหนดใดเป็นเลเบลโหนดปัจจุบันที่ผู้ใช้กำลังใช้งานอยู่ การกำหนดตัวทำเครื่องหมายภายใต้โมเดลข้อมูลนี้จะมีลักษณะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่าเลเบลโหนดต้นทาง และเลเบลโหนดปลายทางเป็นเลเบลโหนดประเภทใด การกำหนดตัวทำเครื่องหมายจะเป็นไปตามนิยาม 4.11

นิยาม 4.11 (ตัวทำเครื่องหมาย)

กำหนดให้ marking เป็นเซตของเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมายแล้ว จะมีฟังก์ชัน M ซึ่งเป็นฟังก์ชันทำเครื่องหมายจากเลเบลโหนดต้นทางไปยังเลเบลโหนดปลายทาง เขียนแทนได้เป็น

$$M: 2^{LN} \longrightarrow 2^{LN}$$

โดยที่ $M(t) = l,\ t \in marking,\ l \in LN$

การทำเครื่องหมายบน l จะเป็นไปตามกฎดังนี้

(1) ถ้า $l \in A$ แล้ว l จะถูกทำเครื่องหมาย และให้ $l \in marking$

(2) ถ้า $l \in CP$ และ $l = \{h_1\ h_2\ \ldots\ h_n\}$ แล้ว จะเป็นไปตามกฎ

(2.1) ทุก ๆ h_i ถูกทำเครื่องหมายพร้อมกัน

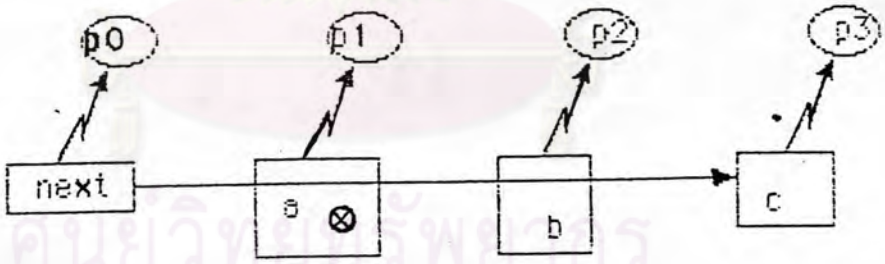
(2.2) ถ้า มีบาง h_i โดยที่ $h_i = (h'_1\ h'_2\ \ldots\ h'_n)$ แล้ว $h'_1\ h'_2\ \ldots\ h'_n$ จะถูกทำเครื่องหมายตามลำดับ

(2.3) ถ้า มีบาง h_i โดยที่ $h_i = \{h_1^*\ h_2^*\ \ldots\ h_n^*\}$ แล้ว h_i^* จะถูกทำเครื่องหมายพร้อมกัน

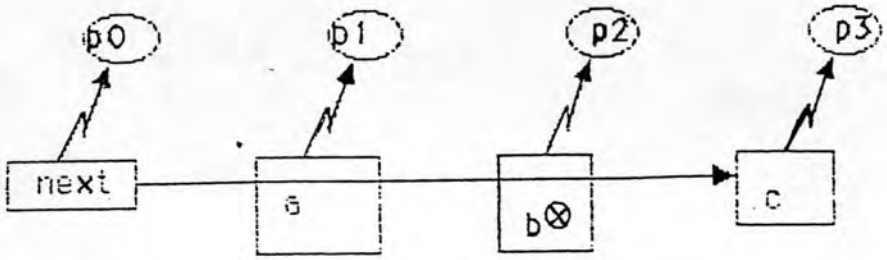
(3) ถ้า $l \in CP$ และ $l = [h_1\ h_2\ \ldots\ h_n]$, $h_i \in LN \cup HP$ แล้วจะเป็นดังนี้ คือ h1 จะถูกทำเครื่องหมายก่อน หลังจากการใช้งาน h_1 เสร็จสิ้นแล้ว $h_2\ \ldots\ h_n$ จึงจะถูกทำเครื่องหมายพร้อมกัน

จากนิยาม 4.11 จะเห็นว่าถ้าเลเบลโหนดปลายทางเป็นอะตอมมิคเลเบลโหนดนั้นก็จะถูกทำเครื่องหมายให้เป็น เลเบลโหนดปัจจุบัน ถ้าเลเบลโหนดปลายทางเป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อน แล้วสมาชิกทุกตัวของเลเบลโหนดเชิงซ้อนจะถูกทำเครื่องหมายพร้อมกัน ถ้าเลเบลโหนดปลายทางเป็นไฮเพอร์อาร์คแล้วการทำเครื่องหมายจะเป็นไปตามลำดับของเลเบลโหนดบนไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ถ้าเลเบลโหนดปลายทางเป็น เลเบลโหนดเชิงซ้อนที่มีเลเบลโหนดเชื่อมต่อ แล้วการทำเครื่องหมายให้กับสมาชิกจะ มี 2 ลำดับคือลำดับแรกต้องทำเครื่องหมายให้กับเลเบลโหนดเชื่อมต่อให้เป็นเลเบลโหนดปัจจุบันก่อน ถึงจะทำเครื่องหมายให้กับสมาชิกตัวอื่นแบบพร้อมกัน นอกจากนั้นจะเห็นว่าสมาชิกภายใน marking จะเปลี่ยนไปตามสภาพของการใช้งานของผู้ใช้ ว่าขณะนั้นมีเลเบลโหนดใดบ้างที่ถูกทำเครื่องหมาย ตัวอย่างเช่น ดังรูปที่ 4.11 เลเบลโหนดปัจจุบันอยู่คือ a ในรูปเครื่องหมาย ⊗ แสดงถึงเลเบลโหนดปัจจุบัน

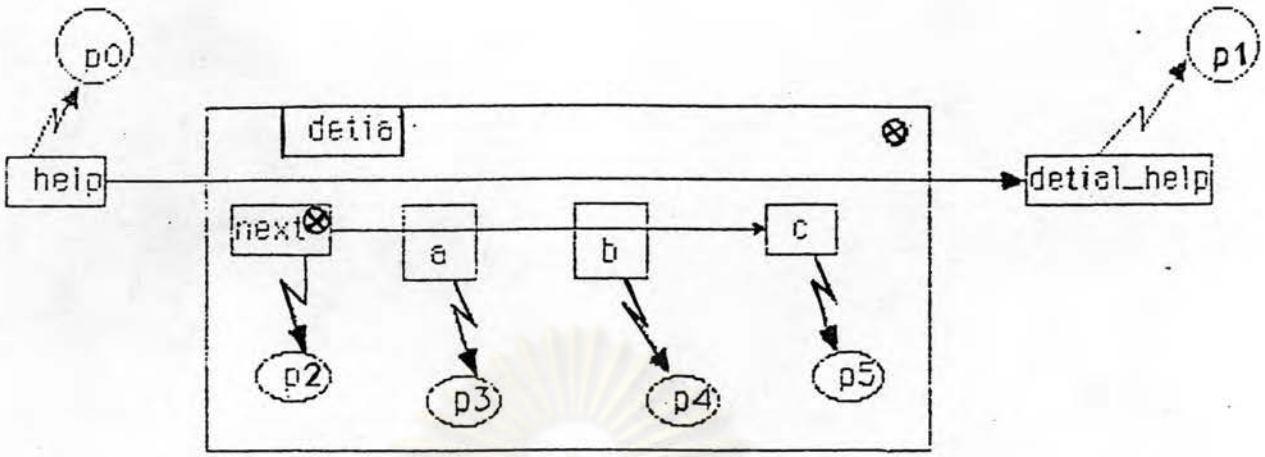
ถ้าผู้ใช้เบราส์ต่อไป ภายใต้เส้นเชื่อมที่มีเลเบลคือ next แล้วเลเบลโหนดต่อไปคือเลเบลโหนด b ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เป็นต้น



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างเครือข่ายของเลเบลโหนดที่มีเลเบลโหนดปัจจุบันอยู่ที่เลเบลโหนด a



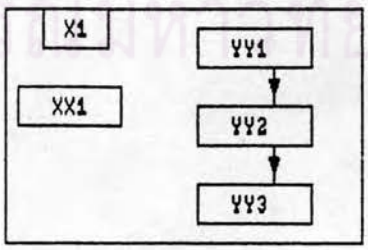
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างแสดงเครือข่ายของเลเบลโหนดที่มีเลเบลโหนดปัจจุบันอยู่ที่เลเบลโหนด b



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างแสดงเครือข่ายของเลเบลโหนด โดยเลเบลโหนดปัจจุบัน คือ เลเบลโหนด detial

จากรูปที่ 4.13 แสดงถึงการทำเครื่องหมายเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่มีสมาชิกเป็นไฮเพอร์อาร์คที่สัมพันธ์กับเลเบลโหนด next a b และ c สำหรับการทำเครื่องหมาย เลเบลโหนดที่เป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน detial เลเบลโหนด next จะถูกทำเครื่องหมายเป็นเลเบลโหนดแรก ส่วนการทำเครื่องหมายเลเบลโหนด a b และ c จะเป็นไปตามกฎการทำเครื่องหมายของไฮเพอร์อาร์ค

นอกจากนั้นในโมเดลข้อมูลนี้ยังสามารถตอบสนองต่อความต้องการให้มีการเบราส์แบบชิงโครไนเซชัน ได้ดังในรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างแสดงเครือข่ายของเลเบลโหนดที่เอื้ออำนวยต่อการเบราส์แบบชิงโครไนเซชัน

จากรูปที่ 4.14 จะเห็นว่าจากกฎการทำเครื่องหมายบนสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน x1 เลเบลโหนด xx1 และ yy1 จะถูกทำเครื่องหมายพร้อมกัน สำหรับเนื้อหาของ xx1 อาจเป็นรูปภาพที่แสดงถึงชิ้นส่วนต่าง ๆ ส่วนเลเบลโหนด yy1 yy2 และ yy3 อาจเก็บเนื้อหาของคำอธิบายของแต่ละชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนภาพ การแสดงของ yy1 yy2 และ yy3 จะเป็นแบบตามลำดับ ในขณะที่การแสดงเนื้อหาของ xx1 ยังคงแสดงอยู่ การแสดงของ x1 จะจบสิ้นเมื่อการแสดงของเลเบลโหนด yy3 จบลง

4.2 นิยามของโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ

องค์ประกอบต่าง ๆ ของโมเดลข้อมูลนี้ได้กล่าวมาบ้างแล้ว แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้รูปแบบของโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟเด่นชัดยิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้สามารถนิยามโมเดลข้อมูลนี้ได้ดัง นิยาม 4.12

นิยาม 4.12 (สถานะฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์)

สถานะฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์ภายใต้โมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟ จะประกอบด้วย 9 ทูเปิลเป็นดังนี้

$$D = \langle LN, HP, IU, M_{IU}, M_{CP}, M_{HP}, R, W, B, W_{LN}, M_B \rangle$$

โดยที่ LN เป็นเซตของเลเบลโหนด และ $LN = A \cup CP$

(A เป็นเซตของอะตอมมิคเลเบลโหนด และ CP เป็นเซตของเลเบลโหนดเชิงซ้อน)

HP เป็นเซตของไฮเพอร์อาร์ค

IU เป็นเซตของหน่วยข้อมูล

M_{IU} เป็นฟังก์ชันแมปจากอะตอมมิคเลเบลโหนดไปยังเซตของหน่วยข้อมูลเขียนแทนได้เป็น

$$M_{IU} : A \longrightarrow IU \cup \{\delta\}$$

M_{CP} เป็นฟังก์ชันแมปจากเลเบลโหนดเชิงซ้อนไปยังสมาชิก เขียนแทนได้เป็น $M_{CP}: CP \longrightarrow 2^{LN \cup HP}$ โดยที่ $c \in CP$ และ $c \notin M_{CP}(c)$

M_{HP} เป็นฟังก์ชันแมปจากไฮเพอร์อาร์คไปยังเลเบลโหนดที่สัมพันธ์

กันเขียนแทนได้เป็น

M_{HP}: HP $\longrightarrow 2^{(LN)1} \times 2^{(LN)2} \times \ldots \times 2^{(LN)n}$

R เป็น เซตของผู้ใช้

W เป็น เซตของหน้าต่าง

W_{LN}: LN $\longrightarrow W \cup \{s\}$ เป็นฟังก์ชันที่เชื่อมโยงเลเบลโหนดกับหน้าต่าง

B เป็น เซตของปุ่ม

M_B: marking x B x HP $\longrightarrow$ LN เป็นฟังก์ชันที่ใช้เชื่อมโยงปุ่มกับเลเบลโหนดต้นทาง และไฮเพอร์อาร์ค ไปยังเลเบลโหนดปลายทาง โดยที่ marking $\subset$ LN

จากนิยาม 4.12 สถานะของฐานข้อมูลเป็นองค์ประกอบพื้นฐานทั้งหมดภายใต้โมเดลข้อมูลนี้ โดยองค์ประกอบบางองค์ประกอบได้อธิบายมาแล้ว ส่วนฟังก์ชัน W_{LN} เป็นฟังก์ชันที่เชื่อมโยงเลเบลโหนดกับหน้าต่างซึ่งในทางปฏิบัติแล้วเลเบลโหนดหลาย ๆ เลเบลโหนดอาจแสดงสารสนเทศบนหน้าต่างเดียวกัน เช่น สมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน อาจถูกแสดงบนหน้าต่างเดียวกันแบบจวบกัน เป็นต้น ฟังก์ชัน M_B เป็นฟังก์ชันที่ใช้เชื่อมโยงไฮเพอร์อาร์ค เลเบลโหนด และปุ่ม ไปยังเลเบลโหนดปลายทาง เพื่อใช้ในทางปฏิบัติโดยที่ฟังก์ชันนี้จับคู่ระหว่างเลเบลโหนดที่เป็นจุดเริ่มต้น กับ ปุ่ม สำหรับปุ่มแล้ว อาจแสดงอยู่ในรูปของข้อความบนแถบแสงหรือ แทนด้วยสัญรูปต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้สังเกตได้ง่าย

การใช้งานไฮเพอร์เท็กซ์นั้น นอกจากจะสัมพันธ์กับสถานะของฐานข้อมูลแล้ว ผู้ใช้ยังต้องเกี่ยวข้องกับเซตของเลเบลโหนดปัจจุบันที่ผู้ใช้ใช้อยู่หรือกำลังแสดงอยู่ ดังนั้นการร่วมกันระหว่างสถานะของฐานข้อมูลกับเซตของเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมาย เรียกว่า สถานะของผู้ใช้ โดยนิยามสถานะของผู้ใช้ได้ ดังนิยาม 4.13

นิยาม 4.13 (สถานะของผู้ใช้)

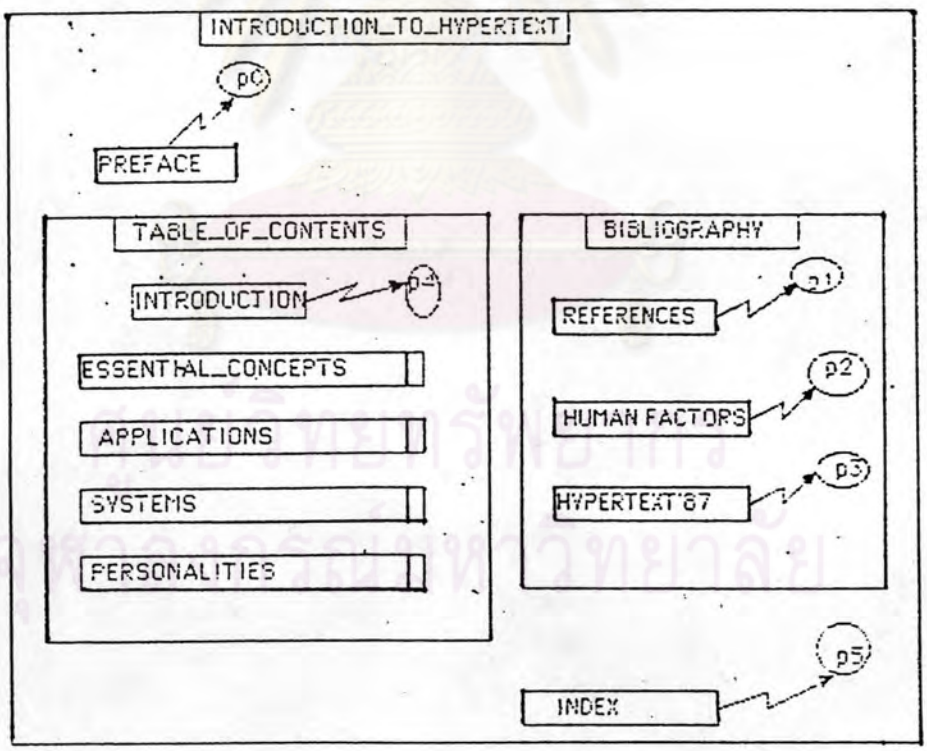
สถานะของผู้ใช้ เป็น สถานะที่ประกอบด้วยสถานะของฐานข้อมูลร่วมกับเซตของโหนดที่ถูกทำเครื่องหมาย เขียนแทนได้เป็นดังนี้

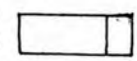
UserState = <marking, D>

โดยที่ marking เป็น เซตของเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมาย และ marking $\subseteq$ LN

D เป็น สถานะของฐานข้อมูล

จากนิยาม 4.13 สถานะของผู้ใช้เป็นสภาวะปัจจุบันหรือสภาพแวดล้อมของฐานข้อมูลที่ผู้ใช้กำลังใช้งานอยู่ขณะนั้น นอกจากนั้นการบรรจุสมาชิกลงบนเซตของ marking จะเป็นไปตามนิยาม 4.11 เสมอ



รูปที่ 4.15 แสดงโครงสร้างของเอกสาร "INTRODUCTION TO HYPERTEXT" เครื่องหมาย $\rightsquigarrow$ แสดงการเชื่อมระหว่างอะตอมมิคเลเบลโหนดกับหน่วยข้อมูล สัญลักษณ์  แทนเลเบลโหนดเชิงซ้อน

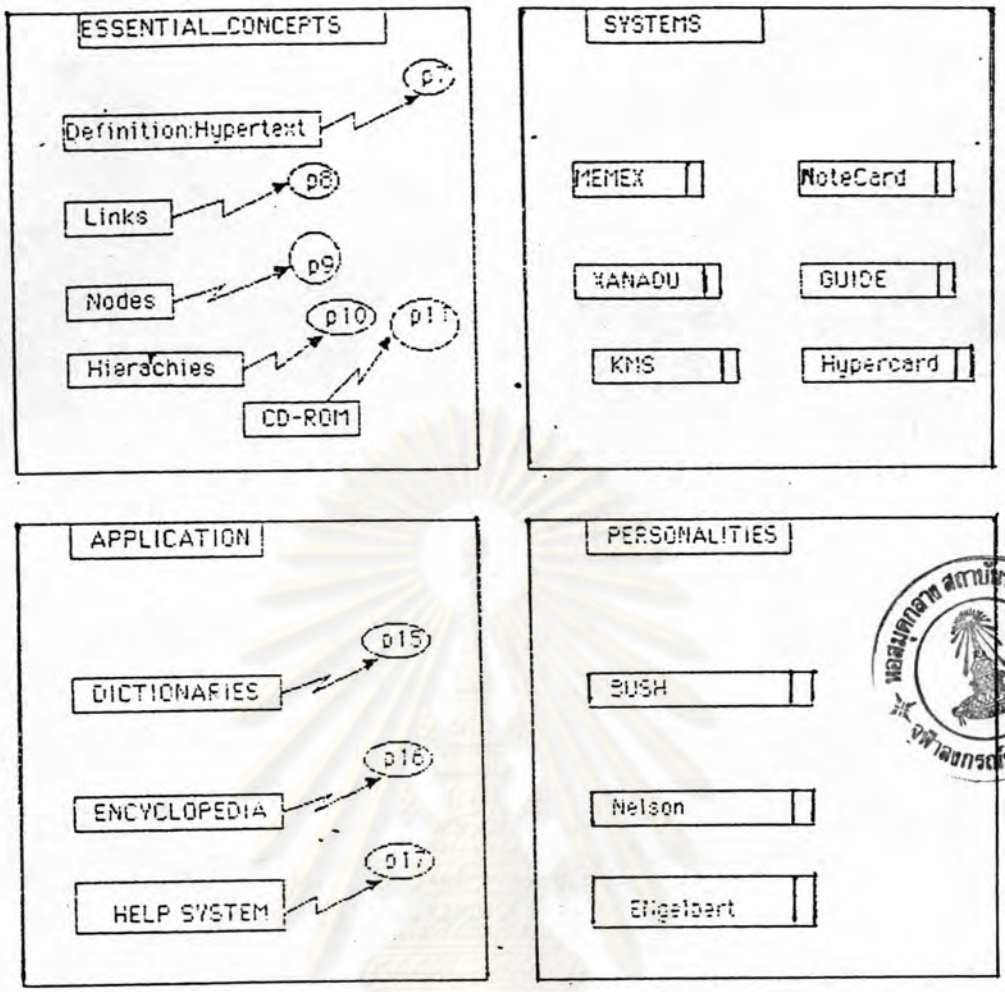
4.3 ตัวอย่างการออกแบบเอกสารแบบไฮเพอร์เท็กซ์

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ไฮเพอร์เท็กซ์ในงานจัดเอกสารเรื่อง "INTRODUCTION TO HYPERTEXT" ภายใต้โมเดลข้อมูลที่เสนอนี้ ซึ่งเอกสาร "INTRODUCTION TO HYPERTEXT" เป็นเอกสารที่บรรจุความรู้เกี่ยวกับไฮเพอร์เท็กซ์เอาไว้ โดยสามารถออกแบบโครงสร้างของเอกสารนี้ ได้ดังในรูปที่ 4.15

จากรูปที่ 4.15 โครงสร้างของเอกสารสามารถแทนด้วยเลเบลโหนดเชิงซ้อน INTRODUCTION_TO_HYPERTEXT ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกคือ PREFACE INDEX TABLE_OF_CONTENT และ BIBLIOGRAPHY โดยที่ PREFACE และ INDEX เป็นอะตอมมิคเลเบลโหนด ส่วน TABLE_OF_CONTENT และ BIBLIOGRAPHY เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อน

การเขียนโครงสร้างของเอกสาร "INTRODUCTION TO HYPERTEXT" จะเขียนในลักษณะซ่อนรายละเอียดเอาไว้โดยเฉพาะสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน TABLE_OF_CONTENT โดยแต่ละเลเบลโหนดเชิงซ้อนเหล่านั้น อาจเขียนแทนได้ในอีกระดับหนึ่ง ดังในรูปที่ 4.16

จากรูปที่ 4.16 เลเบลโหนดเชิงซ้อนที่เป็นสมาชิกของ PERSONALITIES อาจประกอบด้วยสมาชิกหลายๆ สมาชิก โดยแต่ละสมาชิกใช้เก็บ ประวัติส่วนตัว ประวัติการศึกษา รูปถ่าย ประวัติผลงาน เป็นต้น จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้นเป็นการระบุโครงสร้างของเอกสารในแต่ละส่วน สำหรับการอ้างอิงจากเลเบลโหนดหนึ่งไปยังอีกเลเบลโหนดหนึ่ง สามารถกำหนดได้โดยไฮเพอร์อาร์ค เพื่อเชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย ตัวอย่างเครือข่ายเฉพาะบางส่วนของเครือข่ายทั้งหมดดังในรูปที่ 4.17

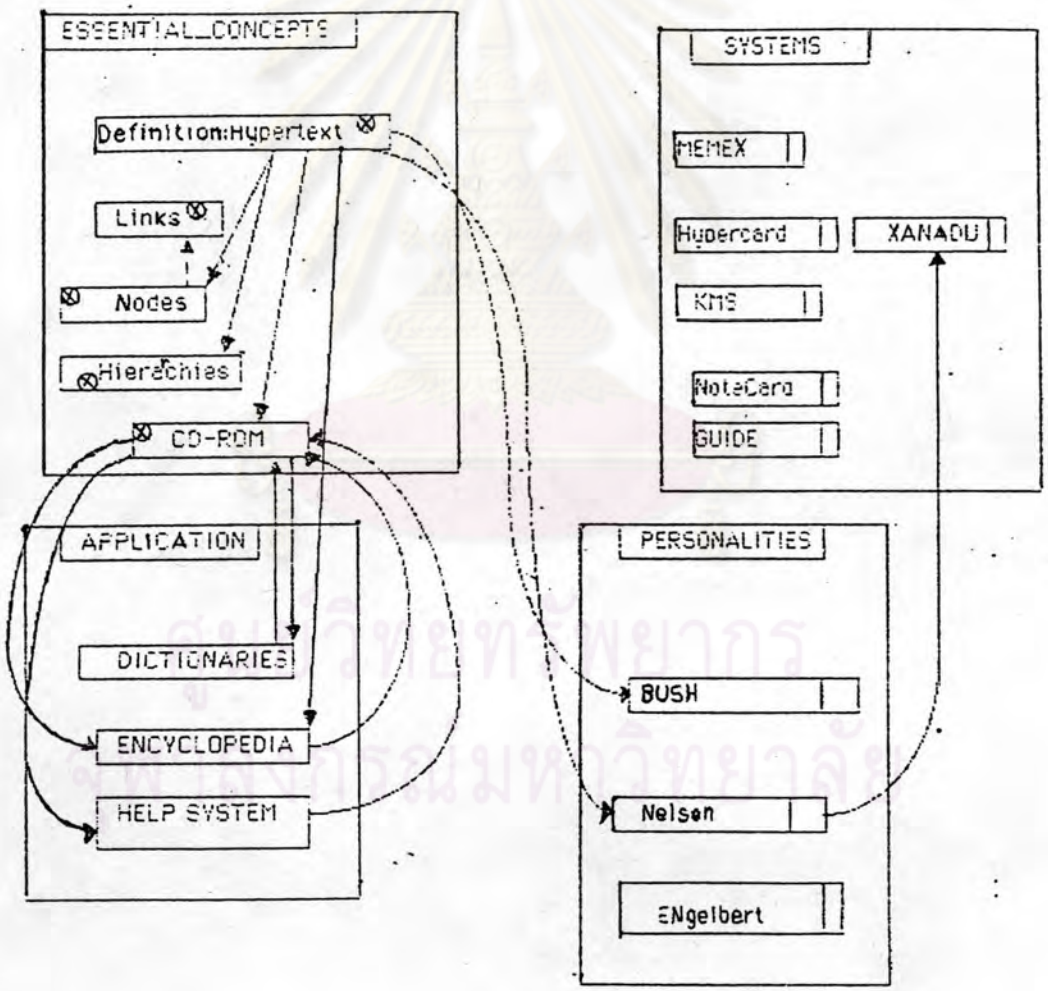


รูปที่ 4.16 แสดงโครงสร้างของแต่ละเลเบลโหนดเชิงซ้อน ที่เป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน TABLE_OF_CONTENTS สัญลักษณ์ ใช้แทนเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ซ่อนรายละเอียดของสมาชิกเอาไว้

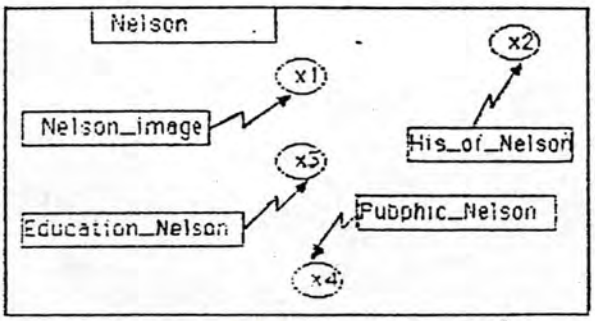
จากรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าเลเบลโหนดเชิงซ้อน ESSENTIAL_CONCEPTS เป็นเลเบลโหนดปัจจุบัน โดยสมาชิกทุกตัวของเลเบลโหนดนี้จะถูกทำเครื่องหมาย สมมุติว่าขณะนี้เคอร์เซอร์อยู่ในหน้าต่างที่ใช้แสดงเนื้อหาของ Definition: Hypertext ผู้ใช้กำลังอ่านเนื้อหาอยู่บนหน้าต่างนี้ และผู้ใช้มีความต้องการทราบความหมายของคำบางคำ เช่น "Nodes" "Hierarchies" "CD-ROM" "Nelson" เป็นต้น ซึ่งเป็นปุ่มที่บ่งบอกถึงการเชื่อมโยงไปยังเลเบลโหนดที่มีเนื้อหาสอดคล้องกับข้อความบนปุ่ม(เลเบล)นั้น ๆ เช่น "Nelson" เป็นป้ายที่ผู้ใช้ต้องการทราบว่า เนลสัน เป็นใคร ผู้ใช้ก็จะเลื่อนเคอร์เซอร์ไปยังป้าย "Nelson"

เพื่อเชื่อมโยงไปยังเลเบลโหนด Nelson ซึ่งเป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อน ที่ประกอบด้วย สมาชิกที่เป็นเลเบลโหนดที่ใช้บรรจุ ประวัติส่วนตัว ภาพของเนลสัน และผลงานของเนลสัน ฯลฯ ดังในรูปที่ 4.18 ในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการอ่านผลงานของเนลสัน คือ ระบบ "Xanadu" ว่ามีลักษณะเป็นเช่นไรผู้ใช้ก็สามารถทำได้โดยการเชื่อมโยงไปยังเลเบลโหนดที่บรรจุเนื้อหา เกี่ยวกับระบบ "Xanadu"

จากลักษณะการใช้งานดังกล่าว จะทำให้ผู้ใช้สามารถไปยังส่วนต่าง ๆ ในเครือข่ายได้ ในรูปที่ 4.17 จะเห็นว่าไฮเพอร์อาร์ค ส่วนใหญ่เป็นแบบยูนารี โดยที่การเชื่อมโยงจะสอดคล้องกับนิยาม 4.11



รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างการอ้างอิงระหว่างเลเบลโหนด ภายใต้โครงสร้างที่กำหนด ในที่นี้จะละการแสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างอะตอมมิคเลเบลโหนดกับหน่วยข้อมูลเอาไว้



รูปที่ 4.18 แสดงโครงสร้างของเลเบลโหนดเชิงซ้อน Nelson

จากรูปที่ 4.18 เลเบลโหนดเชิงซ้อนประกอบด้วย สมาชิกที่เป็นอะตอมมิคเลเบลโหนด จำนวน 4 สมาชิก คือ Nelson_image ใช้เก็บรูปภาพเหมือนเนลสัน His_of_Nelson ใช้เก็บประวัติส่วนตัวของเนลสัน Education_Nelson ใช้เก็บประวัติการศึกษาของเนลสัน Pubphlic_Nelson ใช้เก็บผลงานของเนลสัน เป็นต้น

4.4 โอเปอร์เรชันพื้นฐานบนโมเดลข้อมูล

การออกแบบโอเปอร์เรชันพื้นฐานต่าง ๆ ในโมเดลข้อมูลนี้จะแยกตามส่วนประกอบประเภทต่าง ๆ ของโมเดลข้อมูลนี้ โดยจะแบ่งประเภทของโอเปอร์เรชันเป็น 4 ประเภทดังนี้

(1) โอเปอร์เรชันบนอะตอมมิคเลเบลโหนด

(2) โอเปอร์เรชันบนเลเบลโหนดเชิงซ้อน

(3) โอเปอร์เรชันบนไฮเพอร์อาร์ค

(4) โอเปอร์เรชันการเบราส์

โดยแต่ละประเภทของโอเปอร์เรชันจะมี เครื่องหมายต่าง ๆ ที่ใช้ร่วมกันดังนี้คือ

เครื่องหมาย < > หมายถึงการระบุชื่อของเลเบลโหนดเชิงซ้อน หรือไฮเพอร์อาร์ค หรือ หน่วยข้อมูล หรือ อะตอมมิคเลเบลโหนด เป็นต้น

เครื่องหมาย [ ] หมายถึง ทางเลือกว่าจะใช้สิ่งที่อยู่ภายในวงเล็บนี้หรือไม่

เครื่องหมาย <,memberlist> หมายถึง รายการของเลเบลโหนดที่อยู่ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นหนึ่ง ๆ หรือรายการสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยอาจมีรายการมากกว่าหนึ่งรายการก็ได้

UserState เป็นสถานะของผู้ใช้

โดยที่เครื่องหมายดังกล่าวข้างต้นนี้จะใช้ในการอธิบายเฉพาะโอเปอร์เรชันเท่านั้น

(1) โอเปอร์เรชันบนอะตอมมิคเลเบลโหนด

อะตอมมิคเลเบลโหนดเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดของเลเบลโหนด โดยเป็นส่วนประกอบของเลเบลโหนดอื่น ๆ ที่ใช้เชื่อมโยงกับเนื้อหา สำหรับส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหาคือหน่วยข้อมูล ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง/การแก้ไข/การลบหน่วยข้อมูลจะทำบนอิดิเตอร์ตามประเภทของหน่วยข้อมูลตามที่ระบบได้จัดเตรียมเอาไว้แล้วโดยจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ ดังนั้นโอเปอร์เรชันต่าง ๆ บนอะตอมมิคเลเบลโหนด จะมีดังนี้

CREATE_ATOMLN <Name of AtomicLabelNode>
[Conection <Data Unit>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่สร้างอะตอมมิคเลเบลโหนด โดยที่ Conection <Data Unit> เป็นส่วนที่เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล ถ้าไม่มีการระบุส่วนนี้ ระบบจะถือว่าอะตอมมิคเลเบลโหนดนั้น ๆ ยังไม่มีการเชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคืออะตอมมิคเลเบลโหนดนั้นมีการเชื่อมโยงกับค่าว่างเปล่านั่นเอง ส่วน Name of AtomicLabelNode เป็นชื่อของอะตอมมิคเลเบลโหนดที่ต้องการสร้าง

MODIFY_ATOMLN <Name of AtomicLabelNode>

[Conection <Data Unit>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้เปลี่ยนแปลงการเชื่อมโยงไปยังหน่วยข้อมูลของอะตอมมิคเลเบลโหนด Name of AtomicLabelNode จากเดิมไปยังหน่วยข้อมูลใหม่ที่ระบุใน Conection <Data Unit> นอกจากนั้นหากไม่ระบุ Conection จะหมายความว่า อะตอมมิคเลเบลโหนดจะมีการเชื่อมโยงไปยังค่าว่างเปล่า

DROP_ATOMLN <Name of AtomicLabelNode>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ยกเลิกอะตอมมิคเลเบลโหนดออกจากฐานข้อมูล โดยที่ Name of AtomicLabelNode เป็นอะตอมมิคเลเบลโหนดที่ต้องการยกเลิก

(2) โอเปอร์เรชันบนเลเบลโหนดเชิงซ้อน

เลเบลโหนดเชิงซ้อน เป็นเลเบลโหนดที่ประกอบด้วยสมาชิกที่เป็นเลเบลโหนด หรือ/และไฮเพอร์อาร์ค นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาอีกแง่มุมหนึ่งลักษณะของเลเบลโหนดเชิงซ้อนจะมีลักษณะเทียบเท่าเซตนั่นเอง ดังนั้นการออกแบบโอเปอร์เรชันบนเลเบลโหนดเชิงซ้อน จะมีบางโอเปอร์เรชันที่มีลักษณะเทียบเท่าโอเปอร์เรชันบนเซต โดยที่โอเปอร์เรชันต่าง ๆ จะมีดังนี้

CREATE_CP <Name of ComplexLabelNode>

[Containment <,memberlist>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้สร้างเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยที่โอเปอร์เรชันนี้จะบรรจุเลเบลโหนดเชิงซ้อนไว้บนเซตของเลเบลโหนดเชิงซ้อน การสร้างนี้จะมีการตรวจสอบว่ามีเลเบลโหนดเชิงซ้อนนี้ซ้ำกันหรือไม่ ถ้ามีการซ้ำกันแล้วการสร้างเลเบลโหนดเชิงซ้อนนี้ก็ถูกยกเลิก สำหรับ Containment <,memberlist> เป็นการระบุสมาชิกที่จะบรรจุภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่

โดยที่ memberlist เป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่จะสร้างใหม่ ต้องมีอยู่แล้วในฐานข้อมูลเสมอ นอกจากนั้นหากไม่มีการระบุ Containment ก็หมายความว่าเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่สร้างใหม่ยังไม่มีสมาชิกบรรจุ ตัวอย่างการใช้โอเปอร์เรชันนี้ เช่น CREATE_CP x0 เป็นการสร้างเลเบลโหนดเชิงซ้อน x0 โดยยังไม่บรรจุสมาชิกเป็นต้น

INSERT_CP <Name of ComplexLabelNode>

[Containment <,memberlist>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้บรรจุสมาชิกเพิ่มเข้าไปยังเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยที่สมาชิกของเลบลโหนดเชิงซ้อนนี้จะต้องมีอยู่แล้วในฐานข้อมูล ตัวอย่างการใช้โอเปอร์เรชันนี้เช่น กำหนดให้ x0 เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ยังไม่มีสมาชิก เมื่อต้องการบรรจุสมาชิกเข้าไปยัง x0 เขียนโอเปอร์เรชันนี้ได้เป็น

INSERT_CP x0 Containment x1, x4

โดยที่ x1 และ x4 จะต้องมีอยู่แล้ว แล้วผลจากโอเปอร์เรชันนี้ x0 จะประกอบด้วยสมาชิกคือ x1 และ x4 เป็นต้น

DROP_CP <Name of ComplexLabelNode>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ยกเลิกเลเบลโหนดเชิงซ้อนออกจากฐานข้อมูล ส่วนสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน จะยังไม่ถูกลบไปด้วย

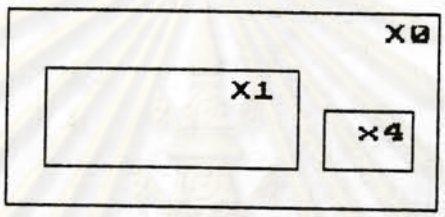
RANK_CP (<Name of ComplexLabelNode>)

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้หาค่าจำนวนระดับชั้นของเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยจะคืนค่าเป็นจำนวนเต็ม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง RANK_CP จะทำหน้าที่เป็นฟังก์ชันนั่นเอง เช่น x0 ={x1 x4} และ x1 ={ x2 x3} แล้ว RANK_CP (x0) จะมีค่าเท่ากับ 2 ส่วน RANK_CP (x1) จะเท่ากับ 1 เป็นต้น

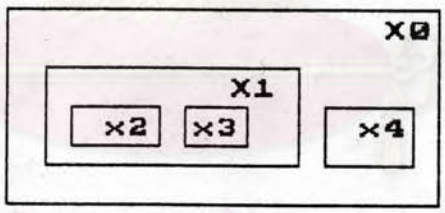
STRUCTUE_CP <Name of ComplexLabolNode>

[Level <levelnumber>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้แสดงโครงสร้างของเลเบลโหนดเชิงซ้อน ส่วน Level <levelnumber> เป็นการระบุชั้นของเลเบลโหนดเชิงซ้อน ถ้าไม่มีการระบุ จะหมายความว่าให้แสดงโครงสร้างในระดับบนสุด คือ Level 1 เช่น ถ้า x0 ={ x1 x4} และ x1 = { X2 X3} แล้ว STRUCTURE_CP x0 จะแสดงได้ดังรูป 4.19 ส่วน STRUCTURE_CP x0 Level 2 จะแสดงได้ดังรูปที่ 4.20 เป็นต้น



รูปที่ 4.19 แสดงโครงสร้างของเลเบลโหนดเชิงซ้อน x0 ในระดับที่ 1



รูปที่ 4.20 แสดงโครงสร้างของเลเบลโหนดเชิงซ้อน x0 ในระดับที่ 2

จากการใช้งานของโอเปอร์เรชันนี้ ค่าของจำนวนระดับชั้นทั้งหมดอาจหาได้จากโอเปอร์เรชัน RANK_CP นอกจากนั้นในทางปฏิบัติแล้วผู้พัฒนาอาจอนุญาติให้ผู้ใช้เข้าถึงสมาชิกต่าง ๆ ของเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ ได้โดยผ่านโอเปอร์เรชันนี้เพียงแต่ใช้เมาส์คลิกส์เท่านั้น

ACCESS_CP <Name of ComplexLabelNode>

[Where <condition>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ระบุการเข้าถึงเลเบลโหนดเชิงซ้อนโดยผ่านเงื่อนไข สำหรับ Condition อาจหมายถึงการระบุถึงกลุ่มผู้ใช้ที่ยอมให้เข้าถึงเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ โดยผู้พัฒนาอาจระบุคีย์เวิร์ดที่แทนกลุ่มผู้อ่านแต่ละกลุ่ม เป็นต้น

DELETE_MEMBERCP <Name of ComplexLabelNode>

[Element<,memberlist>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ยกเลิกการเป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ โดยที่ Element <,memberlist> เป็นส่วนที่ต้องระบุสมาชิกที่จะต้องการยกเลิกการเป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อน Name of ComplexLabelNode เช่น x5 = { a1 a2 a3 } และเมื่อใช้โอเปอร์เรชันนี้ DELETE_MEMBERCP x5 Element a2 จะได้ว่า x5 = { a1 a3} เป็นต้น

UNION_CP <,ComplexLabelNodelist>

To < New ComplexLabelNode>

เป็นโอเปอร์เรชันที่มีหน้าที่เช่นเดียวกับโอเปอร์เรชันยูเนียนบนเซต โดยที่ <, ComplexLabelNodelist> เป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนต่าง ๆที่จะนำมายูเนียนกัน ผลที่ได้จะเป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่คือ New ComplexLabelNode ซึ่งเป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ประกอบด้วยสมาชิกของเลเบลโหนดต่าง ที่นำมายูเนียนกันนั่นเอง การใช้โอเปอร์เรชันนี้ ตัวอย่างเช่น t0 = {t1 t2} , t3={t4} , t1 = { t4 t5 } จากข้อกำหนดนี้ เมื่อใช้โอเปอร์เรชันนี้คือ

UNION_CP t0, t1, t3 To t6

จะได้ผลจากโอเปอร์เรชันนี้คือ t6 = { t1, t2, t4, t5} เป็นต้น

PROJECT_CP <Name of ComplexLabelNode>

[Element <,memberlist>]

To <New ComplexLabelNode>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่ สร้างเลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่ที่ได้จากเลเบลโหนดเชิงซ้อนอื่นโดยโอเปอร์เรชันนี้สามารถระบุสมาชิกที่จะนำไปบรรจุลง เลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่คือ New ComplexLabelNode ตัวอย่างเช่น ถ้ากำหนดให้ x0 = { x1 x4} x1 = { x2 x3 } แล้วผลของ PROJECT_CP x0 Element x4 To x5 คือจะได้ เลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่คือ x5 ที่ประกอบด้วยสมาชิกคือ x4 หรือเขียนแทนได้เป็น x5 = { x4 } นั่นเอง

INTERSEC_CP <, ComplexLabelNodelist>

[TO <New ComplexLabelNode>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่เทียบเท่าโอเปอร์เรชันอินเตอร์เซคชันบนเซตนั่นเอง สำหรับการใช้งานโอเปอร์เรชันนี้ก็เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการซ้ำกันของสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนต่าง ๆ ได้ ถ้าหากเลเบลโหนดเชิงซ้อนต่าง ๆ ที่นำมาเปรียบเทียบกันไม่มีสมาชิกร่วมกันแล้ว โอเปอร์เรชันนี้จะคืนค่าว่างเปล่าให้ นอกจากนั้นโอเปอร์เรชันนี้ยังอนุญาติให้ผู้ใช้เก็บผลลัพธ์ที่ได้ไว้บนเลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่ คือ New ComplexLabelNode ตัวอย่างการใช้งานเช่น กำหนดให้ x0 = { x1 x4 } x5 = {x4} แล้วผลของ INTERSEC_CP x0,x5 To x6 จะได้เลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่ คือ x6 โดยที่ประกอบด้วยสมาชิกคือ x4 นั่นเอง เป็นต้น

(3) โอเปอร์เรชันบนไฮเพอร์อาร์ค

ไฮเพอร์อาร์คเป็นเส้นเชื่อมที่ใช้เชื่อมโยงระหว่างเลเบลโหนด โดยมีการเข้าถึงเลเบลโหนดต่าง ๆ ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้นเป็นแบบตามลำดับ ดังนั้นการออกแบบโอเปอร์เรชันบนไฮเพอร์อาร์คนี้จะมีลักษณะเฉพาะตัวตามลักษณะของ

ไฮเพอร์อาร์คนั่นเอง โดยจะมีรายละเอียดของแต่ละโอเปอร์เรชันดังต่อไปนี้

CREATE_HP < Name of Hyperarc >

[Conect <, memberlist>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่สร้างไฮเพอร์อาร์ค Name of Hyperarc โดยที่ไฮเพอร์อาร์คที่สร้างใหม่นี้ จะมีการเชื่องโยงเลเบลโหนดต่าง ๆ ที่ระบุใน Conect <, memberlist> สำหรับ memberlist นี้เป็นเลเบลโหนดที่จะนำมาเชื่อมโยงกันนั่นเอง ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ hy1 = (t1 t2 t3) สามารถเขียนแทนด้วยโอเปอร์เรชันนี้ได้เป็น CREATE_HP hy1 Conect t1, t2, t3 เป็นต้น

นอกจากนั้นการใช้งานโอเปอร์เรชันนี้สามารถสร้างไฮเพอร์อาร์คที่ยังไม่มีการเชื่อมโยงกันของเลเบลโหนดต่าง ๆ ได้ โดยการไม่ระบุ Conect เข้าไปในโอเปอร์เรชัน เช่น CREATE_HP hy2 จะได้ hy2 เป็นไฮเพอร์อาร์คที่ยังไม่มีการเชื่อมโยงระหว่าเลเบลโหนดใด ๆ เลย เป็นต้น

INSERT_HP < Name of Hyperarc > [Conect <,member list>]

At < position>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่เพิ่มการเชื่อมโยงระหว่างเลเบลโหนด เข้าไป ณ ตำแหน่ง position ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คที่ระบุสำหรับตำแหน่งของเลเบลโหนดบนไฮเพอร์อาร์ค จะเรียงตามลำดับ ตั้งแต่ลำดับที่ 1 ถึง n เช่น (a1 a2 a3) ตำแหน่งของ a1 a2 a3 จะเริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 3 ตามลำดับ เป็นต้น

ดังนั้นการระบุตำแหน่ง position จะทำให้มีการแทรกการเชื่อมโยงของเลเบลโหนดต่าง ๆ (memberlist) เข้าไปต่อท้ายตำแหน่งนั้นได้ง่ายยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น กำหนดให้ hh1 = (a1 a2 a3) ถ้าใช้โอเปอร์เรชัน

INSERT_HP hh1 Conect a4, a5 At 1 จะได้ผลลัพธ์คือ

hh1 = (a1 a4 a5 a2 a3) เป็นต้น

นอกจากนั้นในกรณีที่ไม่มีการระบุ Conect จะหมายความว่าจะไม่มีการแทรกการเชื่อมโยงของเลเบลโหนดต่าง ๆ เข้าไปยังไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ

DROP_HP < Name of Hyperarc >

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่ยกเลิกการเป็นไฮเพอร์อาร์ค ตัวอย่างเช่น DROP_HP hh1 จะเป็นการยกเลิกไฮเพอร์อาร์ค hh1 เป็นต้น

DELETE_MHP < Name of Hyperarc >

[Member <,memberlist>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่ยกเลิกเลเบลโหนดที่อยู่ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น hh1 = (a1 a2 a3) เมื่อต้องการยกเลิกเลเบลโหนด a2 ออกจากไฮเพอร์อาร์ค hh1 โดยใช้คำสั่ง DELETE_MHP hh1 Member a2 หลังจากใช้โอเปอร์เรชันนี้จะได้ว่า hh1 = (a1 a3) เป็นต้น

LENGHT (< Name of Hyperarc>)

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่หาจำนวนของเลเบลโหนดที่มาเชื่อมโยงกันที่อยู่ในระดับเดียวกันภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ โดยที่โอเปอร์เรชันนี้จะคืนค่าจำนวนมาให้ ตัวอย่างเช่น hh1 = (a1 a2 a3) เมื่อใช้โอเปอร์เรชัน LENGHT (hh1) จะคืนค่าเป็น 3 เป็นต้น

POSITION (<Name of Hyperarc > Where <LabelNode>)

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่หาตำแหน่งของ LabelNode ที่ต้องการหาว่าอยู่ตำแหน่งที่เท่าใดของลำดับภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น hh1 = (a1 a2 a3) เมื่อใช้โอเปอร์เรชัน POSITION (hh1 Where a2) ผลจะคืนตำแหน่งของ a2 คือ 2 เป็นต้น

HYPERARC_ STRUC <Name of Hypeoarc>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่แสดงโครงสร้างของไฮเพอร์อาร์คว่า ไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้นมีการเชื่อมโยงกันระหว่างเลเบลโหนดใดบ้าง

PROJECT_HP <Name of Hyperarc>

[Element <,memberlist>] To <New hyperarc>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ทำหน้าที่สร้างไฮเพอร์อาร์คเส้นใหม่จากไฮเพอร์อาร์คเส้นเดิม โดยผู้ใช้สามารถเลือกเอาเลเบลโหนดใดก็ได้จากเลเบลโหนดที่นำมาสัมพันธ์กันภายใต้ไฮเพอร์อาร์คเส้นเดิม ตัวอย่างเช่น hh1 = (a1 a2 a3) เมื่อใช้โอเปอร์เรชัน

PROJECT_HP hh1 Element a1, a2 To hh2

จากโอเปอร์เรชันนี้ก็จะได้ไฮเพอร์อาร์ค hh2 ที่ประกอบด้วยเลเบลโหนด a1 และ a2 มาสัมพันธ์กันโดยเขียนแทนได้เป็น hh2 = (a1 a2) เป็นต้น

(4) โอเปอร์เรชันการเบราส์

การเบราส์ในโมเดลข้อมูลนี้จะอาศัยตัวทำเครื่องหมายเข้ามาช่วยด้วย เพราะว่าขณะใดขณะหนึ่งผู้ใช้อาจอยู่ในสภาวะปัจจุบันของเลเบลโหนดใด ๆ หรือไฮเพอร์อาร์คใด ๆ ก็ได้ โดยที่เซตของตัวทำเครื่องหมายจะเป็นเซตที่มีสมาชิกคือเลเบลโหนดปัจจุบันนั่นเอง ดังนั้นการออกแบบโอเปอร์เรชันการเบราส์จะมีอาร์กิวเมนต์หนึ่งที่สำคัญคือ สถานะของผู้ใช้ ซึ่งแทนด้วย Userstate โดยที่สถานะของผู้ใช้เป็นส่วนที่บ่งบอกถึงสภาวะปัจจุบันทั้งหมดว่าเลเบลโหนดใดบ้างเป็นเลเบลโหนดปัจจุบัน นอกจากนั้นลักษณะของโอเปอร์เรชันการเบราส์ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ของโมเดลข้อมูลนี้ด้วย โดยจะมีรายละเอียดของแต่ละโอเปอร์เรชันดังนี้

ZOOMING <Userstate> [Contiion <IN/OUT>]

เป็นโอเปอร์เรชันการเบราส์แบบซูมเข้าไปยังรายละเอียด

หรือออกไปยังระดับที่สูงกว่าระดับปัจจุบัน โดยเฉพาะถ้าเลเบลโหนดปัจจุบันเป็นเลเบลโหนดเชิงซ้อน โดยที่สภาวะของผู้ใช้แทนด้วย Userstate ส่วน Condition เป็นเงื่อนไขการซูมเข้า(เมื่อเลือก IN) หรือการซูมออก(เลือก OUT) ตัวอย่างเช่น ในรูปที่ 4.17 ถ้าเลเบลโหนดปัจจุบันอยู่ที่ INTRODUCTION_HYPERTEXT ผู้ใช้ต้องการซูมเข้าไปยังเนื้อหาของเลเบลโหนดนี้ ที่ประกอบด้วยสมาชิกต่าง ๆ สมมุติว่าผู้ใช้ซูมเข้าไปยังเลเบลโหนด Table_of_Contents แล้ว ซูมเข้าไปยังเลเบลโหนด PERSONALITY แล้วซูมต่อไปยังเลเบลโหนดที่เก็บประวัติของ Nelson จากลักษณะดังกล่าวจะเป็นการเจาะลงไปในรายละเอียด เมื่อผู้อ่านพอใจในการอ่านรายละเอียดของเนื้อหาของแนวความคิดหรือสิ่งนั้น ๆ ผู้อ่านก็สามารถซูมออกมายังระดับที่เหนือขึ้นไป เช่นปัจจุบันอยู่ที่ Nelson เมื่อซูมออกมาก็จะอยู่ในระดับของเลเบลโหนด PERSONALITY เป็นต้น

PANNING <UserState>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ทำเครื่องหมายให้กับสมาชิกตัวอื่น ๆ ของเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่มีการอ้างถึงสมาชิกบางตัวขณะใดขณะหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เลเบลโหนดปัจจุบันคือ Nelson ซึ่งเลเบลโหนด Nelson เป็นสมาชิกตัวหนึ่งภายในเลเบลโหนดเชิงซ้อน PERSONALITY ซึ่งเป็นเลเบลโหนดที่ประกอบด้วยสมาชิกตัวอื่น ๆ ที่ใช้เก็บประวัติของแต่ละบุคคลเอาไว้ สมมุติว่าขณะนั้นผู้ใช้กำลังอ่านประวัติของ Nelson อยู่ แต่ผู้ใช้ต้องการอ่านประวัติของบุคคลอื่น ๆ เพิ่มเติม ผู้ใช้ก็สามารถใช้โอเปอร์เรชันนี้ได้ เป็นต้น

AUTO_SEQUENCE <UserState> With <Name of Hyperarc>
[Timearray <$time_1$, $time_2$,...,$time_n$>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่มีหน้าที่กำหนดให้แสดงเนื้อหาของเลเบลโหนดที่อยู่ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คโดยอัตโนมัติ โดยที่ Name of Hyperarc เป็นชื่อของไฮเพอร์อาร์คที่ใช้ ส่วน Timearray <$time_1$, $time_2$,..., $time_n$> เป็นการระบุเวลาการแสดงว่าจะใช้เวลาเท่าใด สำหรับหน่วยของเวลาอาจเป็นนาทีก็ได้

ตัวอย่างการใช้โอเปอร์เรชันนี้อาจใช้ได้ในกรณีที่ผู้ออกแบบเอกสารแบบไฮเพอร์เท็กซ์ต้องการกำหนดการแสดงของเนื้อหาของเลเบลโหนดให้เป็นแบบต่อเนื่องกันโดยอัตโนมัติ เช่น มีภาพอยู่ 3 ภาพ ผู้ออกแบบต้องการให้แสดงต่อเนื่องกันไปโดยใช้เวลาการแสดงเท่ากัน โดยแทนภาพทั้ง 3 ด้วยเลเบลโหนด a1 a2 และ a3 ตามลำดับ และแทน hy1= (a1 a2 a3) เป็นไฮเพอร์อาร์คที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเลเบลโหนดทั้งสาม จะสามารถเขียนโอเปอร์เรชันนี้ได้เป็น AUTO_SEQUENCE Userstate With hy1 เป็นต้น

SURVEY_HYPERARC <UserState>

ในโมเดลข้อมูลนี้แต่ละเลเบลโหนดอาจอยู่ภายใต้ไฮเพอร์อาร์คหลาย ๆ เส้น ฉะนั้นเมื่อผู้ใช้ต้องการสำรวจว่าเลเบลโหนดปัจจุบันมีไฮเพอร์อาร์คใดบ้าง ก็สามารถใช้โอเปอร์เรชันนี้ได้ นอกจากนั้นโอเปอร์เรชันนี้ยังแสดงตำแหน่งของเลเบลโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้เส้นไฮเพอร์อาร์คเส้นนั้น ๆ ด้วย

SELECT_STEP <UserState> With <Name of Hyperarc>
[Direction <Forwark/Backwark>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ทำเครื่องหมายบนเลเบลโหนด โดยผ่านไฮเพอร์อาร์คให้เป็นเลเบลโหนดปัจจุบัน การทำเครื่องหมายจะขึ้นอยู่กับว่าขณะนั้นเลเบลโหนดใดบ้างเป็นเลเบลโหนดปัจจุบันและอยู่ในอันดับที่เท่าใดภายใต้ไฮเพอร์อาร์คที่ใช้ โดยที่ Name of Hyperarc เป็นชื่อของไฮเพอร์อาร์คที่เลือก ส่วน Direction <Forwark/Backwark> เป็นการกำหนดทิศทางการทำเครื่องหมายบนเลเบลโหนด ถ้าเลือก Direction Forwark จะหมายถึงการทำเครื่องหมายในลักษณะเรียงตามลำดับ ส่วนถ้าเลือก Direction Backwark จะหมายถึงการทำเครื่องหมายในลักษณะย้อนกลับหรือย้อนอันดับนั่นเอง ตัวอย่างเช่น ไฮเพอร์อาร์ค hy1= (a1 a2 a3) ถ้าเลเบลโหนดปัจจุบันคือ a2 แล้วใช้โอเปอร์เรชันนี้เขียนแทนได้เป็น

SELECT_STEP UserState With hy1 Direction Forwark

ผลจากโอเปอร์เรชันนี้จะได้ เลเบลโหนดปัจจุบันคือ a3 เป็นต้น

WHOAMI <UserState> [Condition <GlobaL/Local>]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้แสดงถึงสภาวะการใช้งานของเลเบลโหนดและไฮเพอร์อาร์ค ภายในฐานข้อมูลแบบไฮเพอร์เท็กซ์ ถ้าระบุ Condition Global หมายความว่า ผลของโอเปอร์เรชันนี้จะแสดงสภาวะทั้งหมด ถ้าระบุ Condition Local หมายความว่าจะแสดงสภาวะปัจจุบันที่เคอร์เซอร์ของผู้ใช้ว่ากำลังอยู่บนเลเบลโหนดใด หรือไฮเพอร์อาร์คใด

MARK_LABELNODE <UserState>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ทำเครื่องหมายให้กับเลเบลโหนดใด ๆ ภายในเซตของ LN เพื่อที่จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ผู้ใช้จะนำผ่านฐานข้อมูล

READSTATE (<UserState>) : Marking

เป็นโอเปอร์เรชันที่คืนค่าเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมายที่เก็บไว้ คืนให้กับเซตของเลเบลโหนดที่ถูกเครื่องหมาย(Marking)

SAVESTATE <UserState> <Marking>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้เก็บค่าของเซตของเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมาย โดยที่โอเปอร์เรชันนี้จะมีประโยชน์ในกรณีที่มีการขัดจังหวะเกิดขึ้นระหว่างการเบราส์ ถ้าหากใช้โอเปอร์เรชันนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถกลับเข้าสู่สภาวะการเบราส์อย่างเดิมได้ โดยการใช้โอเปอร์เรชัน READSTATE ช่วย เป็นต้น

DELETE_MARK <UserState> [<mark_ln>] [All]

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ยกเลิกการทำเครื่องหมายให้กับเลเบลโหนดปัจจุบัน ถ้าระบุ All หมายความว่า โอเปอร์เรชันนี้จะทำการยกเลิกการทำเครื่องหมายของเลเบลโหนดทั้งหมดที่ถูกทำเครื่องหมายในขณะนั้น

ให้กลับไปอยู่ในสภาวะของฐานข้อมูล หรือสภาวะที่ไม่มีการเลือกใช้ ส่วน mark_ln เป็นเลเบลโหนดที่ต้องการยกเลิกการทำเครื่องหมาย

AUTO_RELEASE Preserve <ON/OFF> Alther <ON/OFF>

เป็นโอเปอร์เรชันที่ใช้ควบคุมการทำเครื่องหมายให้กับเลเบลโหนดในระหว่างการเบราส์ที่ใช้คำสั่ง SELECT_STEP

ถ้า Preserve ON แล้วเลเบลโหนดต้นทางจะไม่ถูกยกเลิกการทำเครื่องหมาย

ถ้า Preserve OFF แล้วเลเบลโหนดต้นทางถูกยกเลิกการทำเครื่องหมาย

ถ้า Alther ON แล้ว จะไม่มีการยกเลิกการทำเครื่องหมายของเลเบลโหนดที่ไม่ใช่เป็นเลเบลโหนดต้นทาง โดยที่เลเบลโหนดเหล่านี้เป็นเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมายอยู่แล้ว ส่วน Alther OFF จะมีผลตรงข้ามกับ Alther ON

AUTO_DISPLAY DataUnit <ON/OFF> Path <ON/OFF>

เป็นโอเปอร์เรชันที่แสดงเนื้อหาของหน่วยข้อมูลที่สัมพันธ์กับเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมายในขณะนั้น ถ้า DataUnit ON แสดงว่าจะมีการแสดงเนื้อหา ถ้า DataUnit OFF ก็จะไม่มีการแสดงเนื้อหา

ถ้า Path ON แล้ว จะมีการแทนเลเบลโหนดที่ถูกทำเครื่องหมายให้อยู่ในรูปของปุ่มหรือเมนู ถ้า Path OFF แสดงว่าจะไม่มีการแสดงปุ่มหรือเมนู

4.4 การตอบสนองต่อความต้องการกลไกที่เพิ่มขึ้น

การพิจารณาการตอบสนองต่อความต้องการกลไกที่เสนอในบทที่ 3 นั้น จะเป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยในประเมินผลการออกแบบโมเดลข้อมูลอีกทางหนึ่ง จากการออกแบบโมเดลข้อมูลแบบไดเร็กเตดรีเคอร์ซีฟเลเบลโหนดไฮเพอร์กราฟสามารถตอบสนองต่อความต้องการต่าง ๆ ได้ดังนี้

(1) การตอบสนองต่อการเบราส์แบบจวบกัน

โมเดลข้อมูลนี้ได้จัดเตรียมโครงสร้างที่เอื้อต่อการเบราส์แบบจวบกัน โดยใช้เลเบลโหนดเชิงซ้อน ตัวอย่างเช่นดังในรูปที่ 4.18

เลเบลโหนดเชิงซ้อน Nelson ซึ่งประกอบด้วยสมาชิกเป็นเลเบลโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ในระดับเดียวกันสามารถเข้าถึงได้พร้อมกันได้ เป็นต้น

(2) การตอบสนองต่อการเบราส์แบบชิงโครไนเซชัน

โมเดลข้อมูลนี้ได้จัดเตรียมโครงสร้างที่สนับสนุนการเบราส์แบบชิงโครไนเซชันได้เป็นอย่างดี โดยใช้เลเบลโหนดเชิงซ้อน ร่วมกับไฮเพอร์อาร์ค ดังในรูปที่ 4.14 ได้อธิบายถึงการตอบสนองต่อการเบราส์แบบนี้ เป็นต้น

(3) การตอบสนองต่อการควบคุมการเข้าถึง

การตอบสนองต่อการควบคุมการเข้าถึง ในโมเดลข้อมูลนี้ได้เอื้ออำนวยให้ ผู้ออกแบบสามารถสร้างเอกสารให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้อ่าน โดยอาศัยเลเบลโหนดเชิงซ้อน เพราะว่าเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้นเป็นกลุ่มของโครงสร้างเฉพาะนั่นเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้โอเปอร์เรชัน PROJECT_CP จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างเลเบลโหนดเชิงซ้อนใหม่ได้หลากหลายรูปแบบยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังมีโอเปอร์เรชัน PROJECT_HP ช่วยให้ผู้ออกแบบเอกสารสามารถกำหนดลำดับหรือ เลือกแสดงหน่วยข้อมูลตามความเหมาะสมได้อีกด้วย ตัวอย่างแสดงการควบคุมการเข้าถึงแสดงได้ดังในรูปที่ 4.9 เป็นต้น

(4) การตอบสนองต่อความสามารถให้ผู้ออกแบบเอกสารตัดต่อเนื้อหาได้

การตัดต่อเนื้อหาของเอกสารนั้น ผู้ใช้แต่ละกลุ่มมีมุมมองที่แตกต่างกันออกไป เช่นผู้บริหารต้องการอ่านประวัติผลงานและ เงินเดือนของบุคคลากร แต่อีกกลุ่มหนึ่ง จะไม่อนุญาติให้อ่านสิ่งต่าง ๆเหล่านี้ได้ เป็นต้น
ฉะนั้นโมเดลข้อมูลนี้ได้สนับสนุน กลไกการการตัดต่อเนื้อหาได้เป็นอย่างดี โดยมีเหตุผลสอดคล้องกับข้อ (3) ที่กล่าวมาแล้ว

(5) การตอบสนองต่อกลไกการประกอบ

กลไกการประกอบเป็นลักษณะหนึ่งที่โมเดลข้อมูลนี้ สามารถตอบสนองได้ โดยใช้เลเบลโหนดเชิงซ้อนนั่นเอง โดยที่ความสำคัญของกลไกการประกอบได้อธิบายมาแล้วในหัวข้อที่ 3.5(บทที่ 3)

(6) การตอบสนองต่อกลไกการอ้างอิงแบบคอนเท็กซ์-ฟรี และการอ้างอิงแบบคอนเท็กซ์-เซ็นซิทีฟ

การอ้างอิงแบบคอนเท็กซ์-ฟรี ในโมเดลข้อมูลนี้จะใช้ไฮเพอร์อาร์ค ช่วยให้ ผู้ใช้สามารถเชื่อมโยงจากเลเบลโหนดต้นทางไปยังเลเบลโหนดปลายทางได้ นอกจากนั้นการอ้างอิงแบบคอนเท็กซ์-เซ็นซิทีฟนั้น โมเดลข้อมูลนี้ได้จัดเตรียมให้ผู้ใช้สามารถอ้างอิงแบบนี้ได้ โดยใช้การระบุการเป็นสมาชิกของเลเบลโหนดเชิงซ้อนที่ระบุการเป็นสมาชิกแบบขึ้นอยู่กับเลเบลโหนดเชิงซ้อนนั้น ๆ

(7) การตอบสนองต่อการให้ผู้ใช้สามารถระบุสารสนเทศที่ยังไม่สมบูรณ์ได้

การแยกกันระหว่างโครงสร้างและเนื้อหา ทำให้โมเดลข้อมูลนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวนี้ได้ โดยสามารถกำหนดโครงสร้างของหน่วยของสารสนเทศไว้ก่อนได้ แล้วจึงเพิ่มส่วนของเนื้อหาลงไปภายหลังได้

(8) การตอบสนองต่อความสามารถเอาข้อมูลมาจากหลายฐานข้อมูลได้

ในโมเดลข้อมูลนี้ได้สนับสนุนการใช้ข้อมูลที่มาจากหลาย ๆ ฐานข้อมูล ดังที่เสนอในส่วนของหน่วยข้อมูล ตามที่แบบแผนในรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าในระดับเนื้อความจะเป็นระดับที่ใช้เชื่อมโยงกับหน่วยข้อมูลที่มาจากฐานข้อมูลประเภทต่าง ๆ เมื่อพิจารณาในระดับโครงสร้างแล้วจะเห็นว่าเนื้อหาที่ได้มานั้นเปรียบเสมือนมาจากฐานข้อมูลเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย