



การแปลงแผนภาพคลาสเป็นข้อกำหนดเซต

ในบทนี้จะกล่าวถึงการแปลงแผนภาพคลาสเป็นข้อกำหนดเซต โดยจะนำเสนอกฎการแปลง ซึ่งประกอบด้วย กฎการสร้างข้อกำหนดเซตของคุณสมบัติเชิงเสถียรของคลาส และกฎการสร้างข้อกำหนดเซตของการดำเนินการพื้นฐาน โดยข้อกำหนดเซตของคุณสมบัติเชิงเสถียรของคลาสได้แก่ คำร่างคลาส คำร่างเพิ่มเติมของคลาส และคำร่างความสัมพันธ์ ซึ่งความสัมพันธ์ได้แก่ ความสัมพันธ์แอสซิซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกริเกชัน ความสัมพันธ์คอมโพสิชัน และความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน ส่วนข้อกำหนดเซตของการดำเนินการพื้นฐานได้แก่ คำร่างการเพิ่ม คำร่างการลบ และคำร่างการแก้ไข

3.1 ระดับการกำหนดสาระสำคัญของคลาส เมตาคลาส อ็อบเจกต์ และแผนภาพคลาสดังกับกฎการแปลง

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับคลาส เมตาคลาส และอ็อบเจกต์ และแผนภาพคลาส สามารถแบ่งระดับการกำหนดสาระสำคัญของข้อกำหนดเซตเพื่อสร้างกฎการแปลงแผนภาพคลาสเป็นข้อกำหนดเซตได้ 3 ระดับ ดังรูปที่ 3.1

ในงานวิจัยนี้ จะนำเสนอผลการแปลงแผนภาพคลาสที่แสดงในระดับที่ 2 ของระดับการกำหนดสาระสำคัญ ดังรูปที่ 3.1 ไปเป็นภาษาเซต โดยผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นคำร่างของแต่ละคลาส A คลาส B และ คลาส C นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอการแบ่งละเอียดภาษาเซตที่ได้ ให้สนับสนุนการกำหนดอ็อบเจกต์ a อ็อบเจกต์ b และ อ็อบเจกต์ c ที่เป็นอินสแตนซ์ของคลาส A คลาส B และคลาส C ตามลำดับ และสนับสนุนการกำหนดความสัมพันธ์แอสซิซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกริเกชัน ความสัมพันธ์คอมโพสิชัน และความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน ซึ่งแสดงในระดับที่ 3 ของระดับการกำหนดสาระสำคัญของข้อกำหนดเซต และผู้วิจัยได้นำเสนอข้อกำหนดของการดำเนินการพื้นฐานสำหรับเมตาคลาสในระดับที่ 1 ของระดับการกำหนดสาระสำคัญของข้อกำหนดเซตคือการดำเนินการเพิ่ม ลบ และแก้ไข

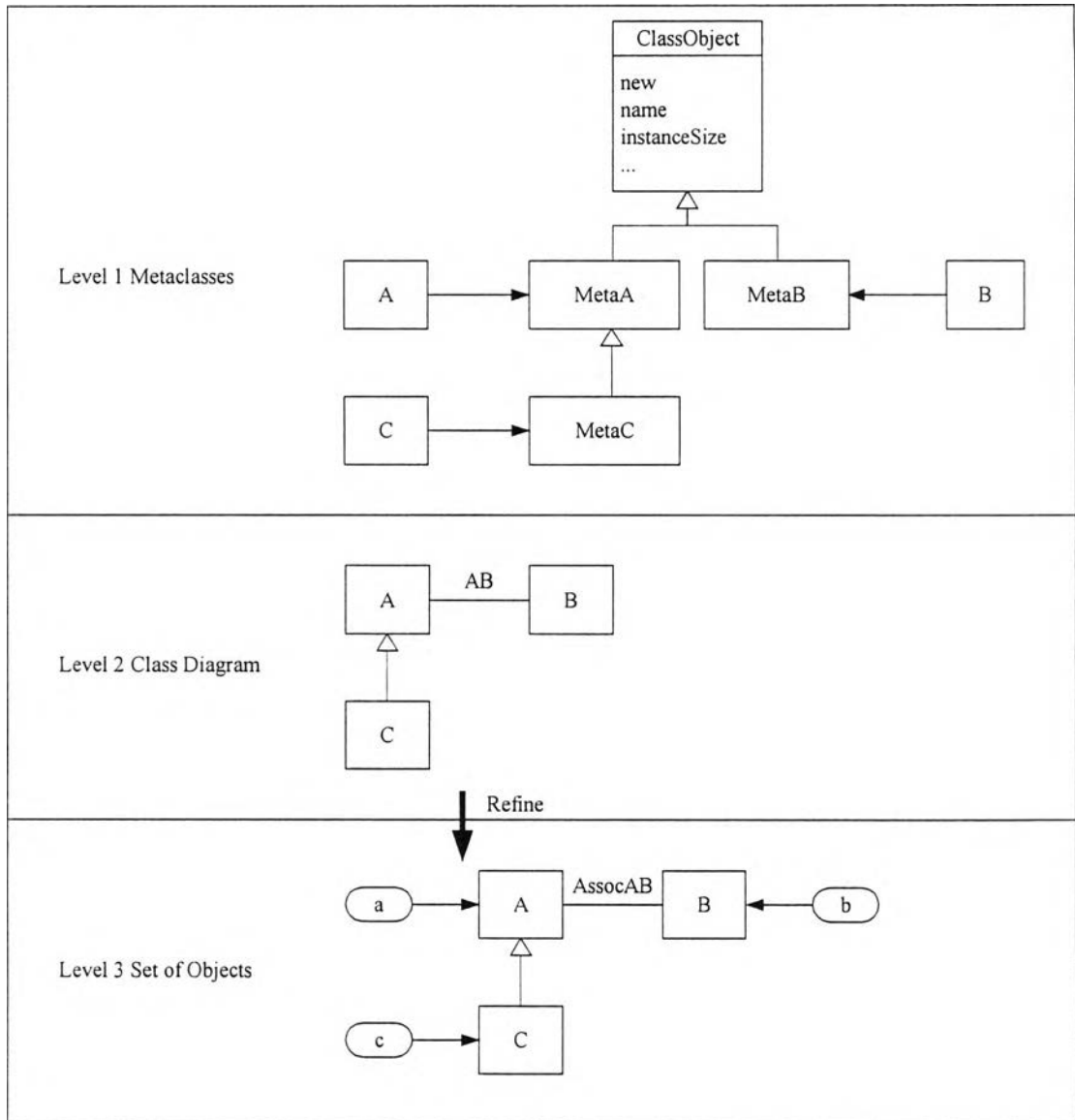
จากระดับการกำหนดสาระสำคัญของข้อกำหนดเซตดังรูปที่ 3.1 สามารถสร้างเป็นข้อกำหนดเซตได้ดังนี้

- ระดับที่ 2 แผนภาพคลาส เป็นระดับที่อธิบายถึงโครงสร้างของคลาสและความสัมพันธ์ที่อยู่ในแผนภาพคลาส ซึ่งการนิยามคำร่างคลาสจะอยู่ในกฎข้อที่ 1 กฎข้อที่ 2 และกฎข้อที่ 3 ส่วนการนิยามคำร่างความสัมพันธ์จะถูกแบ่งละเอียดให้อยู่ในระดับที่ 3 เพราะเมื่อสร้างเป็นข้อกำหนดเซตแล้ว จะเป็นการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างอ็อบเจกต์

- ระดับที่ 3 เซตของอ็อบเจกต์ เป็นระดับที่อธิบายถึงการสร้างคำร่างเพิ่มเติมของคลาส และการสร้างคำร่างความสัมพันธ์ ซึ่งความสัมพันธ์ที่แสดงอยู่ในแผนภาพคลาสในระดับที่ 2 จะถูก

แบ่งละเอียดให้อยู่ในระดับที่ 3 นี้ โดยการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสจะอยู่ในกฎข้อที่ 4 และกฎข้อที่ 5 และการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์จะอยู่ในกฎข้อที่ 6 และกฎข้อที่ 7

- ระดับที่ 1 เมตาคลาส เป็นระดับที่อธิบายถึงอินสแตนซ์ของคลาสใด ๆ นั่นคือการสร้างข้อกำหนดเขตของการดำเนินการพื้นฐาน การเพิ่มอ็อบเจกต์ การลบอ็อบเจกต์ และการแก้ไขค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ ซึ่งอยู่ในกฎข้อที่ 8 กฎข้อที่ 9 กฎข้อที่ 10 และกฎข้อที่ 11



รูปที่ 3.1 การสร้างข้อกำหนดเขตในระดับการกำหนดสาระสำคัญ

3.2 กฎการสร้างข้อกำหนดเขตของคุณสมบัติเชิงเสถียรของคลาส

3.2.1 การนิยามเค้าร่างคลาส

การนิยามเค้าร่างคลาส เป็นการนิยามถึงโครงสร้างของคลาส โดยนิยามลักษณะประจำแบบชนิดข้อมูลของลักษณะประจำ และเงื่อนไขต่าง ๆ ของลักษณะประจำ ซึ่งแบบชนิดข้อมูลของ

ลักษณะประจำจะถูกนิยามเป็นกีเวนเซต ยกเว้นแบบชนิดข้อมูลพื้นฐานที่มีในสัญกรณ์เซตเพียงชนิดเดียว คือ จำนวนเต็ม (Integer) ไม่ต้องนิยาม

แต่ถ้าเป็นชั้นคลาส การนิยามเค้าร่างคลาสของชั้นคลาส ต้องเพิ่มการนิยามลักษณะประจำที่มีอยู่ในซูเปอร์คลาสของชั้นคลาสนั้นด้วย โดยให้มีแบบชนิดข้อมูลเป็นเค้าร่างคลาสของซูเปอร์คลาสของชั้นคลาสนั้น ๆ

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างคลาส ดังนี้

กฎข้อที่ 1 แบบชนิดข้อมูลของลักษณะประจำ AT_1, \dots, AT_n ของคลาสใด ๆ จะถูกสร้างเป็นข้อกำหนดเซตโดยการนิยามเป็นกีเวนเซต ดังนี้

$[AT_1, \dots, AT_n]$

ตัวอย่างการนิยามแบบชนิดข้อมูลของลักษณะประจำของคลาส Student ดังรูปที่ 3.2 ที่มี 2 ลักษณะประจำคือ name และ studentId นิยามได้ดังนี้

$[NAME, STUDENTID]$

Student
name : name studentId : studentId

รูปที่ 3.2 คลาส Student

กฎข้อที่ 2 คลาส Class ใด ๆ ในแผนภาพคลาสที่ไม่ใช่ชั้นคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างคลาสของข้อกำหนดเซต ดังนี้

Class
$an_1 : AT_1$ \vdots $an_n : AT_n$
CS

โดยที่

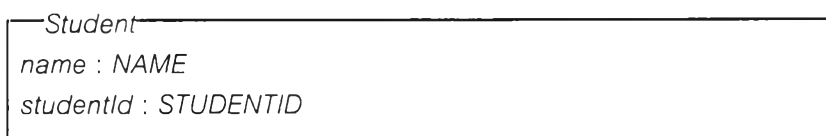
Class คือ ชื่อคลาส

an_1, \dots, an_n คือ ชื่อลักษณะประจำ

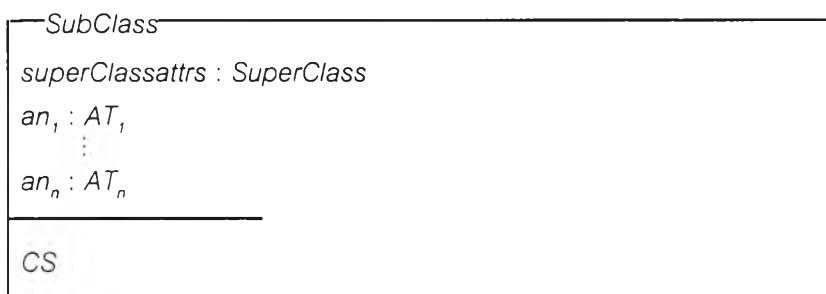
AT_1, \dots, AT_n คือ แบบชนิดข้อมูลลักษณะประจำ

CS คือ เงื่อนไขของลักษณะประจำ

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างคลาส Student ดังรูปที่ 3.2 นิยามได้ดังนี้



กฎข้อที่ 3 ชั้นคลาส SubClass ใด ๆ ในแผนภาพคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างคลาสของข้อกำหนดเขต ดังนี้



โดยที่

SubClass คือ ชื่อชั้นคลาส

superClassattrs คือ ลักษณะประจำที่มีอยู่ในซูเปอร์คลาส

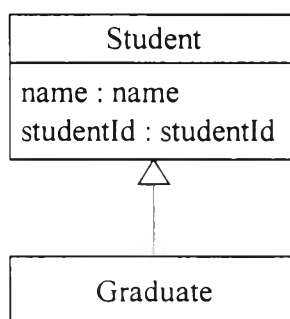
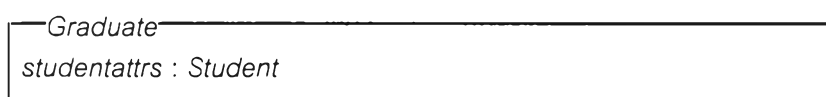
SuperClass คือ เค้าร่างคลาสของซูเปอร์คลาส

an_1, \dots, an_n คือ ชื่อลักษณะประจำของชั้นคลาส

AT_1, \dots, AT_n คือ แบบชนิดข้อมูลลักษณะประจำของชั้นคลาส

CS คือ เงื่อนไขของลักษณะประจำ

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างคลาส Graduate ซึ่งเป็นชั้นคลาสของคลาส Student ดังรูปที่ 3.3 นิยามได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชันระหว่างคลาส Student และคลาส Graduate

3.2.2 การนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส

การนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส เป็นการนิยามตัวระบุอ็อบเจกต์และเซตของอ็อบเจกต์ ซึ่งก็คือเซตของอินสแตนซ์ของแต่ละคลาส และเป็นการนิยามถึงเซตของอ็อบเจกต์กับค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์นั้น ๆ โดยตัวระบุอ็อบเจกต์จะถูกนิยามเป็นก็เวนเซต

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส ดังนี้

กฎข้อที่ 4 ตัวระบุอ็อบเจกต์ *CLASS* จะถูกสร้างเป็นข้อกำหนดเซตโดยการนิยามเป็นก็เวนเซต ยกเว้นตัวระบุอ็อบเจกต์ของซึบคลาสไม่ต้องนิยาม แต่เมื่อต้องการอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ของซึบคลาสให้อ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ของคลาสรากของซึบคลาสนั้นแทน ดังนี้

[*CLASS*]

ตัวอย่างการนิยามตัวระบุอ็อบเจกต์ของคลาส *Student* ดังรูปที่ 3.2 นิยามได้ดังนี้

[*STUDENT*]

กฎข้อที่ 5 คลาส *Class* ไต ๆ ในแผนภาพคลาสที่ไม่ใช่ซึบคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสในข้อกำหนดเซต ดังนี้

---ClassExt class : F CLASS $\text{classAttrs : CLASS} \rightarrow \text{Class}$ <hr/> $\text{dom classAttrs} \subseteq \text{class}$

โดยที่

ClassExt คือ ชื่อเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส

class คือ เซตของอ็อบเจกต์

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์

classAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์

dom คือ การระบุโดเมนของเซต

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส *Student* จากรูปที่ 3.2 นิยามได้ดังนี้

---StudentExt $\text{student : F STUDENT}$ $\text{studentAttrs : STUDENT} \rightarrow \text{Student}$ <hr/> $\text{dom studentAttrs} \subseteq \text{student}$

3.2.3 การนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกกรีเกชัน และความสัมพันธ์คอมโพสิชัน

เป็นการนิยามความสัมพันธ์แบบทวิภาค ของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกกรีเกชัน และความสัมพันธ์คอมโพสิชัน และระบุมัลติพลิซิตี้ โดยในการนิยามเค้าร่างของความสัมพันธ์ทั้ง 3 ชนิดจะมีการนิยามที่เหมือนกัน แต่ต่างกันที่คำเติมหน้า (Prefix) ชื่อความสัมพันธ์แต่ละชนิด โดยถ้าเป็นความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันจะมีคำเติมหน้าคือ Assoc ถ้าเป็นความสัมพันธ์แอกกรีเกชันจะมีคำเติมหน้าคือ Agg และถ้าเป็นความสัมพันธ์คอมโพสิชันจะมีคำเติมหน้าคือ Comp

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกกรีเกชัน และความสัมพันธ์คอมโพสิชัน ดังนี้

กฎข้อที่ 6 ความสัมพันธ์ *Rel* แบบทวิภาคของความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์แอกกรีเกชัน และความสัมพันธ์คอมโพสิชันใด ๆ ในแผนภาพคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างความสัมพันธ์ของข้อกำหนดเซต ดังนี้

Rel $Class_1Ext$ $Class_2Ext$ $rel : F (CLASS_1, \times CLASS_2)$
$dom\ rel \subseteq class_1,$ $ran\ rel \subseteq class_2$ <i>Relationship</i> <i>Multiplicity</i>

โดยที่

Rel คือ ชื่อความสัมพันธ์

$Class_1Ext$ และ $Class_2Ext$ คือ เค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสทั้งสองในความสัมพันธ์ *Rel*

rel คือ การประกาศความสัมพันธ์ระหว่าง 2 คลาสใด ๆ

dom และ ran คือ การระบุโดเมนและพิสัยของความสัมพันธ์

Relationship คือ การระบุเงื่อนไขของความสัมพันธ์

Multiplicity คือ การระบุเงื่อนไขของมัลติพลิซิตี้

ในส่วนของ *Relationship* และ *Multiplicity* มีรายละเอียด ดังนี้

1) *Relationship*

กำหนดความสัมพันธ์ *rel* ให้เป็นเซตจำกัดของผลคูณทาร์ทีเซียนระหว่างสองคลาสใด ๆ

ดังนี้

$$rel : F (CLASS_1, \times CLASS_2)$$

จากการนิยามข้างบนเป็นการระบุว่า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลาย ดังนั้นจึงต้องระบุเงื่อนไขของความสัมพันธ์เพิ่มเติมในส่วนเพรดิเคต *Relationship* เพื่อเป็นการระบุถึงความสัมพันธ์แบบอื่น ๆ ดังนี้

- ถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหลาย ในส่วนเพรดิเคตให้ระบุดังนี้

$$\forall x_1, x_2 : class_1 \bullet rel(x_1) = rel(x_2) \Rightarrow x_1 = x_2$$

- ถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหลายต่อหนึ่ง ในส่วนเพรดิเคตให้ระบุดังนี้

$$\forall y_1, y_2 : class_2 \bullet rel \sim (y_1) = rel \sim (y_2) \Rightarrow y_1 = y_2$$

- ถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง ในส่วนเพรดิเคตให้ระบุดังนี้

$$\forall x_1, x_2 : class_1; y_1, y_2 : class_2 \bullet$$

$$rel(x_1) = rel(x_2) \Rightarrow x_1 = x_2 \wedge rel \sim (y_1) = rel \sim (y_2) \Rightarrow y_1 = y_2$$

2) Multiplicity

รูปแบบของมัลติพลิซิตีนั้นจะเขียนในรูปของช่วงของค่าหรือค่าที่แน่นอน ซึ่งเป็นจำนวนของอินสแตนซ์ของคลาสที่สัมพันธ์ระหว่างกัน โดยถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหลายต่อหลาย จะเขียนมัลติพลิซิตีที่แต่ละด้านของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ได้เป็น * หรือ 0..* หรือ 1..* ถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหลาย จะเขียนมัลติพลิซิตีที่ด้านของ $CLASS_1$ ได้เป็น 1 หรือ 0..1 และจะเขียนมัลติพลิซิตีที่ด้านของ $CLASS_2$ ได้เป็น * หรือ 0..* หรือ 1..* ถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหลายต่อหนึ่ง จะเขียนมัลติพลิซิตีที่ด้านของ $CLASS_1$ ได้เป็น * หรือ 0..* หรือ 1..* และจะเขียนมัลติพลิซิตีที่ด้านของ $CLASS_2$ ได้เป็น 1 หรือ 0..1 และถ้า rel เป็นความสัมพันธ์ของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ซึ่งทั้งสองคลาสมีความสัมพันธ์แบบหนึ่งต่อหนึ่ง จะเขียนมัลติพลิซิตีที่แต่ละด้านของ $CLASS_1$ และ $CLASS_2$ ได้เป็น 1 หรือ 0..1

โดยค่าของมัลติพลิซิตี 1 หรือ 0..1 หรือ * หรือ 0..* หรือ 1..* เมื่อระบุในส่วนเพรดิเคต *Multiplicity* ให้เขียนดังนี้

- 1

เงื่อนไขมัลติพลิซิตีของ $Class_1$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall x : class_1 \bullet \#(rel(\{x\})) = 1$$

เงื่อนไขมัลติพลิซิตีของ $Class_2$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall y : class_2 \bullet \#(rel \sim (\{y\})) = 1$$

- 0..1

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_1$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall x : class_1 \bullet \#(rel(\{x\})) \geq 0 \wedge \#(rel(\{x\})) \leq 1$$

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_2$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall y : class_2 \bullet \#(rel\sim(\{y\})) \geq 0 \wedge \#(rel\sim(\{y\})) \leq 1$$

- *

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_1$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall x : class_1 \bullet \#(rel(\{x\})) \geq 0$$

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_2$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall y : class_2 \bullet \#(rel\sim(\{y\})) \geq 0$$

- 0..*

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_1$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall x : class_1 \bullet \#(rel(\{x\})) \geq 0$$

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_2$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall y : class_2 \bullet \#(rel\sim(\{y\})) \geq 0$$

- 1..*

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_1$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

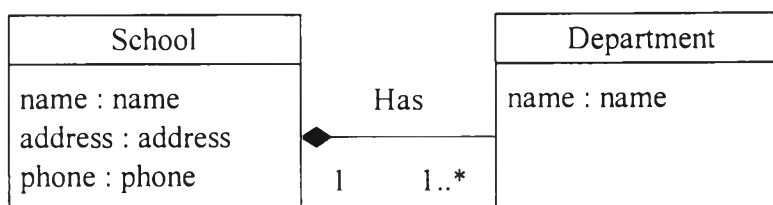
$$\forall x : class_1 \bullet \#(rel(\{x\})) \geq 1$$

เงื่อนไขมัลติพลิตีของ $Class_2$ ในความสัมพันธ์ rel ให้เขียนเป็น

$$\forall y : class_2 \bullet \#(rel\sim(\{y\})) \geq 1$$

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์คอมโพสิชัน Has ระหว่างคลาส Department และ คลาส School ดังรูปที่ 3.4 นิยามได้ดังนี้

CompHas DepartmentExt SchoolExt $\text{compHas} : F (\text{DEPARTMENT} \times \text{SCHOOL})$
$\text{dom compHas} \subseteq \text{department}$ $\text{ran compHas} \subseteq \text{school}$ $\forall r_1, r_2 : \text{ran compHas} \bullet \text{compHas}\sim(r_1) = \text{compHas}\sim(r_2) \Rightarrow r_1 = r_2$ $\forall x : \text{department} \bullet \#(\text{compHas}(\{x\})) = 1$ $\forall y : \text{school} \bullet \#(\text{compHas}\sim(\{y\})) \geq 1$



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาส Department และคลาส School

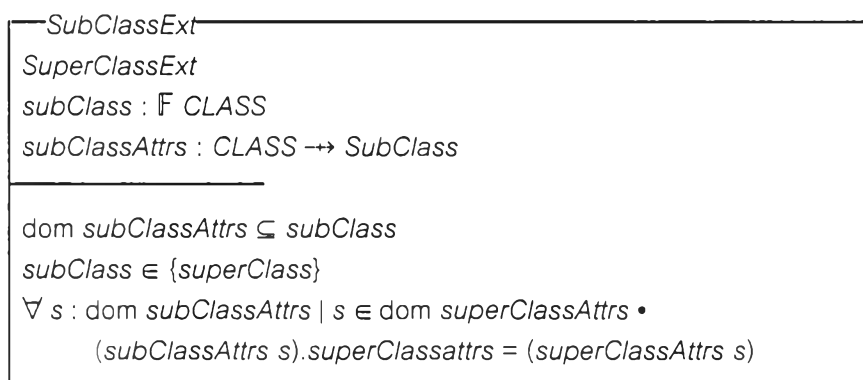
3.2.4 การนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน

ความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน จะเป็นความสัมพันธ์ที่สร้างอยู่ในการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของซับคลาส ซึ่งนอกจากจะนิยามเซตของอินสแตนซ์ของคลาสในเค้าร่างเพิ่มเติมของซับคลาส ดังในหัวข้อ 3.2.2 การนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสแล้ว ตัวระบุอ็อบเจกต์ในซับคลาส ต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของซับคลาสนั้น และการนิยามเซตของอ็อบเจกต์กับค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์นั้น ตัวระบุอ็อบเจกต์ในซับคลาส ก็ต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของซับคลาสนั้นเช่นกัน นอกจากนี้ในสถานการณ์ประกาศ ต้องเพิ่มการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของซูเปอร์คลาสของซับคลาสนั้นด้วย

ในส่วนเพรดิเคต ต้องเพิ่มการระบุเซตของอินสแตนซ์ของซับคลาส ให้เป็นสมาชิกของเซตของอินสแตนซ์ของซูเปอร์คลาสของซับคลาสนั้น และต้องระบุลักษณะประจำที่มีอยู่ในซูเปอร์คลาสของซับคลาส กับลักษณะประจำของซูเปอร์คลาสนั้นด้วย

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน ดังนี้

กฎข้อที่ 7 ความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชันใด ๆ ในแผนภาพคลาส จะเป็นความสัมพันธ์ที่สร้างอยู่ในการนิยามเค้าร่างเพิ่มเติมของซับคลาส *SubClass* และถูกสร้างเป็นเค้าร่างเพิ่มเติมของซับคลาสในข้อกำหนดเซต ดังนี้



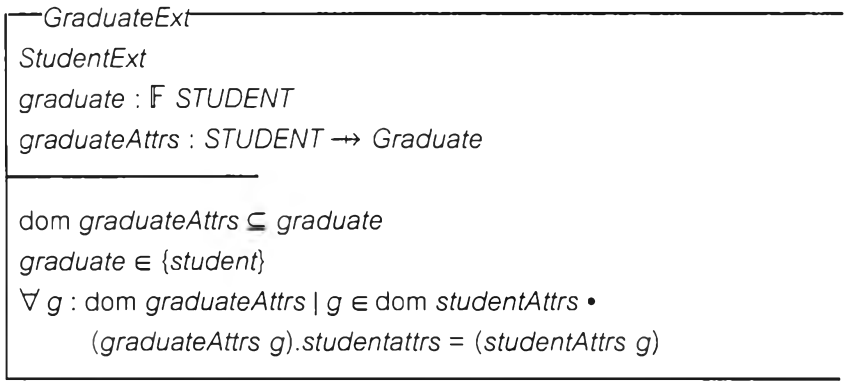
โดยที่

SubClassExt และ *SuperClassExt* คือ ชื่อเค้าร่างเพิ่มเติมของซับคลาส และเค้าร่างเพิ่มเติมของซูเปอร์คลาส

SubClass คือ เค้าร่างซับคลาส

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์ของคลาสรากของ SubClass
 subClass และ superClass คือ เซตของอินสแตนซ์ของซับคลาสและซูเปอร์คลาส
 subClassAttrs และ superClassAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของ
 อ็อบเจกต์ของซับคลาสและซูเปอร์คลาส
 superClassattrs คือ ลักษณะประจำที่มีอยู่ในซูเปอร์คลาส
 dom คือ การระบุโดเมนของเซต

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์เจเนอรัลไลเซชัน ระหว่างคลาส Student กับคลาส Graduate ดังรูปที่ 3.3 นิยามได้ดังนี้



3.3 กฎการสร้างข้อกำหนดเซตของการดำเนินการพื้นฐาน

3.3.1 การนิยามเค้าร่างการเพิ่ม

การนิยามเค้าร่างการเพิ่ม เป็นการนิยามถึงการเพิ่มอ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาส และกำหนดค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ โดยในส่วนของประกาศ ให้เพิ่มเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสที่ต้องการนิยามเค้าร่างการเพิ่ม และให้ประกาศอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า ซึ่งถ้าเป็นเค้าร่างการเพิ่มของซับคลาส ตัวระบุอ็อบเจกต์ในซับคลาส ต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของซับคลาสนั้น และให้ประกาศตัวแปรเข้าที่แสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ด้วย

ในส่วนเพรดิเคต ให้เพิ่มเงื่อนไขก่อน (Precondition) ของการเพิ่ม ที่ระบุถึงตัวแปรเข้าของอ็อบเจกต์ต้องไม่เป็นสมาชิกของโดเมนของเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ และให้เขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการเพิ่มของอ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาสที่มีอยู่เดิม และเขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการเพิ่มของอ็อบเจกต์ในเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ที่มีอยู่เดิม

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างการเพิ่ม ดังนี้

กฎข้อที่ 8 คลาส Class ใด ๆ ในแผนภาพคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างการเพิ่มในข้อกำหนดเซต ดังนี้

AddClass $\Delta \text{ClassExt}$ $\text{class?} : \text{CLASS}$ $c? : \text{Class}$
$\text{class?} \notin \text{dom classAttrs}$ $\text{class}' = \text{class} \cup \{\text{class?}\}$ $\text{classAttrs}' = \text{classAttrs} \cup \{\text{class?} \mapsto c?\}$

โดยที่

AddClass คือ ชื่อเค้าร่างการเพิ่มของคลาส

ClassExt คือ เค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์

Class คือ เค้าร่างคลาส

class? คือ อ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า

$c?$ คือ ตัวแปรเข้าที่แสดงค่าในลักษณะประจำ

classAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างการเพิ่มอ็อบเจกต์ของคลาส Department จากรูปที่ 3.4 นิยามได้ดังนี้

AddDepartment $\Delta \text{DepartmentExt}$ $\text{department?} : \text{DEPARTMENT}$ $d? : \text{Department}$
$\text{department?} \notin \text{dom departmentAttrs}$ $\text{department}' = \text{department} \cup \{\text{department?}\}$ $\text{departmentAttrs}' = \text{departmentAttrs} \cup \{\text{department?} \mapsto d?\}$

3.3.2 การนิยามเค้าร่างการลบ

การนิยามเค้าร่างการลบ เป็นการนิยามถึงการลบอ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาส และในเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ โดยในส่วนของประกาศ ให้เพิ่มเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสที่ต้องการนิยามเค้าร่างการลบ และให้ประกาศอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า ซึ่งถ้าเป็นเค้าร่างการลบของชั้นคลาส ตัวระบุอ็อบเจกต์ในชั้นคลาส ต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของชั้นคลาสนั้น

ในส่วนเพรดิเคต ให้เพิ่มเงื่อนไขก่อนของการลบ ที่ระบุถึงอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าต้องเป็นสมาชิกของโดเมนของเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ และให้เขียนเพรดิเคตที่แสดงถึง

การลบของอ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาสที่มีอยู่เดิม และเขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการลบของอ็อบเจกต์ในเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ที่มีอยู่เดิม

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างการลบ ดังนี้

กฎข้อที่ 9 คลาส Class ใด ๆ ในแผนภาพคลาสที่ไม่ใช่ไฮลคลาสของความสัมพันธ์คอมโพสิชัน จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างการลบในข้อกำหนดเซต ดังนี้

$\text{---} \text{RemoveClass}$ $\Delta \text{ClassExt}$ $\text{class?} : \text{CLASS}$
$\text{class?} \in \text{dom classAttrs}$ $\text{class}' = \text{class} \setminus \{\text{class?}\}$ $\text{classAttrs}' = \{\text{class?}\} \triangleleft \text{classAttrs}$

โดยที่

RemoveClass คือ ชื่อเค้าร่างการลบของคลาส

ClassExt คือ เค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์

class คือ เซตของอินสแตนซ์ของคลาส

class? คือ อ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า

classAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างการลบอ็อบเจกต์ของคลาส Department จากรูปที่ 3.4 นิยามได้ดังนี้

$\text{---} \text{RemoveDepartment}$ $\Delta \text{DepartmentExt}$ $\text{department?} : \text{DEPARTMENT}$
$\text{department?} \in \text{dom departmentAttrs}$ $\text{department}' = \text{department} \setminus \{\text{department?}\}$ $\text{departmentAttrs}' = \{\text{department?}\} \triangleleft \text{departmentAttrs}$

แต่ถ้าเป็นการนิยามเค้าร่างการลบของไฮลคลาสในความสัมพันธ์คอมโพสิชัน ซึ่งไฮลคลาสเป็นคลาสที่อยู่ติดกับสัญกรณ์รูปข้าวหลามตัดทึบ ดังรูปที่ 3.4 จะต้องมีการนิยามดังนี้

ในส่วนการประกาศ ให้เพิ่มเค้าร่างความสัมพันธ์คอมโพสิชัน และเพิ่มเค้าร่างการลบของคอมโพเนนท์คลาส ซึ่งคอมโพเนนท์คลาสเป็นคลาสที่อยู่อีกด้านของสัญกรณ์รูปข้าวหลามตัดทึบ และให้ประกาศอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า ซึ่งถ้าเป็นเค้าร่างการลบของซับคลาส ตัวระบุอ็อบเจกต์ในซับคลาส ต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของซับคลาสนั้น

ในส่วนเพรดิเคต ให้เพิ่มเงื่อนไขก่อนของการลบ ที่ระบุถึงอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าต้องเป็นสมาชิกของโดเมนของเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ และให้เขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการลบของอ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาสที่มีอยู่เดิม และเขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการลบของอ็อบเจกต์ในเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ที่มีอยู่เดิม นอกจากนี้ ยังเขียนเพรดิเคตที่ระบุถึงการลบอ็อบเจกต์ของคอมโพเนนท์คลาสด้วย ซึ่งลบโดยการผ่านค่าของอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าในเค้าร่างการลบของคอมโพเนนท์คลาส

การนิยามเค้าร่างการลบของโฮลคลาสนี้ ทำให้ความสัมพันธ์คอมโพสิชันแตกต่างจากความสัมพันธ์แอสโซซิเอชันและความสัมพันธ์เอกริเกชันอย่างชัดเจน นอกเหนือจากการนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์ซึ่งเหมือนกันทั้ง 3 ชนิด ดังในหัวข้อ 3.2.3 การนิยามเค้าร่างความสัมพันธ์แอสโซซิเอชัน ความสัมพันธ์เอกริเกชัน และความสัมพันธ์คอมโพสิชัน

กฎข้อที่ 10 คลาส Class ไต ๆ ในแผนภาพคลาสที่เป็นโฮลคลาสของความสัมพันธ์คอมโพสิชัน จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างการลบในข้อกำหนดเซต ดังนี้

RemoveClass $\Delta \text{CompRel}$ $\text{RemoveComponentClass}$ $\text{class?} : \text{CLASS}$
$\text{class?} \in \text{dom classAttrs}$ $\text{class}' = \text{class} \setminus \{\text{class?}\}$ $\text{classAttrs}' = \{\text{class?}\} \triangleleft \text{classAttrs}$ $\{\text{componentClass?}\} = \{c : \text{componentClass} \mid \text{compRel}(c) = \text{class?} \cdot c\}$

โดยที่

RemoveClass คือ ชื่อเค้าร่างการลบของคลาสที่เป็นโฮลคลาส

CompRel คือ ความสัมพันธ์คอมโพสิชันระหว่างคลาส ComponentClass และคลาส Class

$\text{RemoveComponentClass}$ คือ เค้าร่างการลบของคลาสที่เป็นคอมโพเนนท์คลาส

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์

class และ componentClass คือ เซตของอินสแตนซ์ของคลาส Class และเซตของอินสแตนซ์ของคลาส ComponentClass

class? และ componentClass? คือ อ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าของคลาส Class และอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าของคลาส ComponentClass

classAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างการลบอ็อบเจกต์ของคลาส School จากรูปที่ 3.4 นิยามได้ดังนี้

RemoveSchool $\Delta \text{CompHas}$ RemoveDepartment $\text{school?} : \text{SCHOOL}$
$\text{school?} \in \text{dom } \text{schoolAttrs}$ $\text{school}' = \text{school} \setminus \{\text{school?}\}$ $\text{schoolAttrs}' = \{\text{school?}\} \triangleleft \text{schoolAttrs}$ $\{\text{department?}\} = \{d : \text{department} \mid \text{compHas}(d) = \text{school?} \cdot d\}$

3.3.3 การนิยามเค้าร่างการแก้ไข

การนิยามเค้าร่างการแก้ไข เป็นการนิยามถึงการแก้ไขค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ โดยในส่วนของประกาศให้เพิ่มเค้าร่างเพิ่มเติมของคลาสที่ต้องการนิยามเค้าร่างการแก้ไข และให้ประกาศอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า ซึ่งถ้าเป็นเค้าร่างการแก้ไขของซับคลาส ตัวระบุอ็อบเจกต์ในซับคลาสต้องอ้างถึงตัวระบุอ็อบเจกต์ที่อยู่ในคลาสรากของซับคลาสนั้น และให้ประกาศตัวแปรเข้าที่แสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ด้วย

ในส่วนเพรดิเคต ให้เพิ่มเงื่อนไขก่อนของการแก้ไข ที่ระบุถึงอ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้าต้องเป็นสมาชิกของโดเมนของเซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ และให้เขียนเพรดิเคตที่แสดงถึงการแก้ไขค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ที่มีอยู่เดิม ในกรณีของการนิยามเค้าร่างการแก้ไขนี้ อ็อบเจกต์ในเซตของอินสแตนซ์ของคลาสจะไม่มีเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด

งานวิจัยนี้ ได้ออกแบบกฎการนิยามเค้าร่างการแก้ไข ดังนี้

กฎข้อที่ 11 คลาส *Class* ใด ๆ ในแผนภาพคลาส จะถูกสร้างเป็นเค้าร่างการแก้ไขในข้อกำหนดเซต ดังนี้

ChangeClass $\Delta \text{ClassExt}$ $\text{class?} : \text{CLASS}$ $c? : \text{Class}$
$\text{class?} \in \text{dom } \text{classAttrs}$ $\text{class}' = \text{class}$ $\text{classAttrs}' = \text{classAttrs} \oplus \{\text{class?} \mapsto c?\}$

โดยที่

ChangeClass คือ ชื่อเค้าร่างการแก้ไขของคลาส

ClassExt คือ เค้าร่างเพิ่มเติมของคลาส

CLASS คือ ตัวระบุอ็อบเจกต์

Class คือ เค้าร่างคลาส

class? คือ อ็อบเจกต์ที่เป็นตัวแปรเข้า

c? คือ ตัวแปรเข้าที่แสดงค่าในลักษณะประจำ

classAttrs คือ เซตซึ่งแสดงค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์

ตัวอย่างการนิยามเค้าร่างการแก้ไขค่าในลักษณะประจำของอ็อบเจกต์ของคลาส *School* จาก
รูปที่ 3.4 นิยามได้ดังนี้

ChangeDepartment $\Delta \text{DepartmentExt}$ $\text{department?} : \text{DEPARTMENT}$ $d? : \text{Department}$
$\text{department?} \in \text{dom } \text{departmentAttrs}$ $\text{department}' = \text{department}$ $\text{departmentAttrs}' = \text{departmentAttrs} \oplus \{\text{department?} \mapsto d?\}$