บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

แนววิธีการของเคส (CASE Methodology)

ความหมายของเคส

เคส หรือ CASE ย่อมาจาก Computer Aided Software Engineering เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นโดยนักวิจัยซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในงานพัฒนาซอฟต์แวร์โดยอาศัยกลุ่มของเครื่องมือซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการทาง วิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการช่วยงานพัฒนาซอฟต์แวร์ ให้สำเร็จได้เร็วขึ้นและสิ้นเปลืองน้อยลง

ส่วนประกอบของเคส

แนววิธีการของเคส ประกอบด้วยกระบวนการดังนี้ (Chris Gane, 1990)

1) การสร้างแบบจำลองเชิงตรรกะของข้อมูลและกระบวนการ (Logical Modeling of Data and Process) โดยใช้แผนภาพแทนแบบจำลองเชิงตรรกะเพื่อความ สะดวกและรวดเร็วในการสร้าง ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงขอบเขตและเนื้อหาของระบบโดยวัตถุที่ปรากฏในแผนภาพจะต้องมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในพจนานุกรมข้อมูล แผนภาพที่ใช้ ได้แก่

ก. แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram)

ข. แผนภาพเอนติตี-รีเลชันชิป (Entity-Relationship Diagram)

2) มีพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary or meta data repository) ทำหน้าที่เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลที่ได้จากกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์ เช่น ข้อมูลจากขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบ ได้แก่ ข้อกำหนดนิยามและความต้องการต่าง ๆ

3) การวิเคราะห์ การตรวจสอบแบบจำลองเชิงตรรกะ และการรายงานผล (Analysis, Diagnosis and Report)

4) การออกแบบและการระบุข้อกำหนดปลีกย่อย ทั้งในส่วนของรูปแบบและกระบวนการโดยละเอียดของแบบโต้ตอบทางจอภาพ รายงาน และโปรแกรมต้นแบบ เพื่อใช้ในการสร้างเอกสารกำกับ ตลอดจนใช้ในการสร้างโครงคำสั่งหรือโปรแกรมต่อไป

5) การสร้างโครงคำสั่งหรือโปรแกรม (Code Generation)

6) มีส่วนควบคุมและบริหารโครงการ เช่น การวางตำแหน่งบุคคล และตารางเวลาของโครงการ (Scheduling)

การออกแบบพจนานุกรมข้อมูล

พจนานุกรมข้อมูล เป็นแหล่งที่เก็บบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ฐานข้อมูล ซึ่งอธิบายถึงลักษณะและคุณสมบัติของข้อมูลทั้งหมด ที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลองข้อมูล (Ken S.Brathwaite,1988)

คุณสมบัติที่สำคัญของพจนานุกรมข้อมูล

1) สามารถตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Check) ความไม่ขัดแย้งกัน (Consistency Check) และความซ้ำซ้อน (Redundancy Check) ของนิยามข้อมูลในพจนานุกรมข้อมูล ทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บในพจนานุกรมข้อมูล มีความเป็นบูรณภาพและเกิดมาตรฐานในการกำหนดรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลที่จัดเก็บ

2) มีลักษณะเป็นที่รวมข้อมูลที่เกี่ยวกับข้อมูลของระบบงานที่ออกแบบ เรียกข้อมูลในลักษณะนี้ว่า ข้อมูลแบบเมตา (Meta-data)

3) มีการควบคุมและจัดการ

หลักในการจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลแบบเมตาโดยคอมพิวเตอร์

1) วิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูลของพจนานุกรมข้อมูล และ พัฒนาเป็นฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัล

2) สามารถตรวจสอบความถูกต้อง ความไม่ขัดแย้งกัน และ ความซ้ำซ้อนกัน ของนิยามข้อมูลในพจนานุกรมข้อมูลได้ด้วยซอฟท์แวร์ระบบพจนานุกรม

3) สามารถสืบค้น หรือ บำรุงรักษาพจนานุกรมข้อมูลในเชิงโต้ตอบ (interactive)

ความสำคัญของระบบพจนานุกรมข้อมูลคอมพิวเตอร์

1) ทำให้เกิดความเข้าใจโครงสร้างข้อมูลที่ได้ทำการออกแบบไว้ และใช้ตรวจสอบความถูกต้องด้วย

2) ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่จัดเก็บ

3) สามารถควบคุมการกำหนดข้อมูลให้มีมาตรฐานเดียวกัน

4) เป็นศูนย์กลางควบคุมดูแลข้อกำหนดของข้อมูลให้เกิดบูรณภาพเสมอ สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภายหลัง

5) สามารถจัดทำรายงานเฉพาะกิจเกี่ยวกับพจนานุกรมข้อมูลตามความต้องการของผู้ใช้ได้

การออกแบบโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะ

เป็นวิธีการแสดงความต้องการสารสนเทศในระบบธุรกิจ ให้เป็นแผนภาพจำลองโครงสร้างของข้อมูลในขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบฐานระบบข้อมูล เน้นตัวข้อมูลที่มีอยู่จริงโดยไม่คำนึงถึงรายละเอียดในแง่ปฏิบัติการ หรือเทคนิคทางด้านโปรแกรมและวิธีการจัดการข้อมูล การติดตั้ง หรือความต้องการพิเศษอื่นในแง่การใช้งาน ความเร็วในการสืบค้นข้อมูล ตลอดจนข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ใด ๆ

การสร้างโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะอาจทำได้ 2 ลักษณะคือ

1) จากระดับล่างสู่ระดับบน (bottom-up) เป็นการพิจารณาข้อมูลจากรายละเอียด ความต้องการของผู้ใช้เฉพาะส่วน มักพบบ่อยในช่วงการวิเคราะห์ข้อมูลหรือจากระบบงานเดิมที่มีการประยุกต์ใช้งานอยู่แล้ว ทำให้ได้โมเดลข้อมูลที่มีขอบเขตชัดเจน แต่มักประสบปัญหาเกี่ยวกับการรวมโมเดลข้อมูลที่ได้ เนื่องจากไม่สามารถหาจุดเชื่อมระหว่างแต่ละส่วนได้ ทำให้ไม่สามารถสะท้อนถึงกิจกรรมทางธุรกิจทั้งหมดขององค์กร

2) จากระดับบนสู่ระดับล่าง (top-down) เป็นการพิจารณาความหมายของข้อมูลทางธุรกิจ เริ่มจากการพิจารณาเอนติตีและรีเลชันชิปที่มีบทบาทต่อกิจกรรมของทั้งองค์กร ไม่เน้นการประยุกต์ใช้งาน ทำให้สะดวกต่อการรวมโมเดลข้อมูลก่อนที่จะพิจารณารายละเอียดเฉพาะส่วนต่อไป ทำให้ไม่เกิดความขัดแย้งของข้อมูล เรียกกระบวนการนี้ว่า การทำโมเดลของสารสนเทศ (Information Modeling)

การสร้างโมเดลข้อมูลอาจยึดตามหลักการในลักษณะใดก็ได้จาก 2 ลักษณะข้างต้น หรืออาจผสมผสานกันได้ตามความเหมาะสม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนประกอบของโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะ

1) เอนติตี (entity) หมายถึง สิ่งมีชีวิต วัตถุ หรือสิ่งของสำคัญในระบบที่กำลังสนใจ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุหรือสิ่งของนั้น เป็นที่ต้องการหรือมีความสำคัญต่อระบบงาน มักแสดงแทนด้วยรูปสี่เหลี่ยมซึ่งมีข้อความภาษาอังกฤษระบุชื่อเอนติตีบริเวณมุมบนซ้ายของรูปเอนติตีโดยที่ชื่อเอนติตีจะต้องเป็นชื่อซึ่งเป็นตัวแทนของกลุ่ม, ชนิดหรือประเภทของวัตถุนั้น ไม่ใช่ชื่อของตัววัตถุหรือสิ่งของนั้น เช่น ใช้คำว่าท่าอากาศยาน (AIRPORT) เป็นชื่อเอนติตี ไม่ใช่ชื่อของตัวท่าอากาศยาน เช่น ดอนเมือง เชียงใหม่ หรือ จอนห์เอฟ เคเนดี้ ซึ่งเป็นตัวอย่างหรือรายการ (instances) ของท่าอากาศยาน

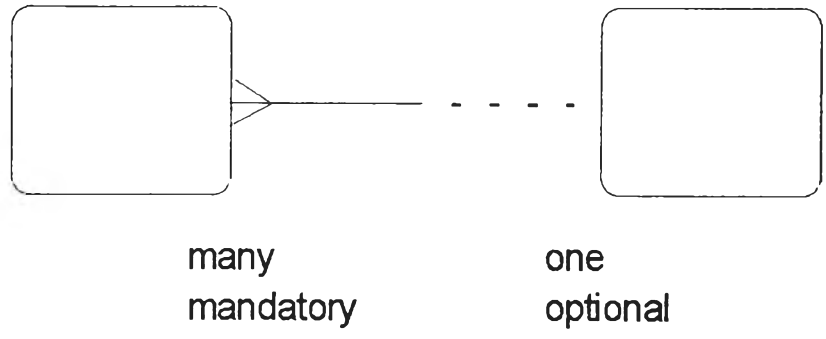
รูปที่ 2.1 แสดงภาพแทนเอนติตี AIRPORT

2) รีเลชันชิป (relationship) หมายถึง ความสัมพันธ์ต่อกันระหว่างเอนติตี สอง เอนติตี หรือระหว่างเอนติตีกับตัวมันเองในแบบไบนารี (binary relationship) แสดงแทนด้วยเส้นเชื่อมโยงระหว่างรูปสี่เหลี่ยมที่แทนเอนติตีสองเอนติตี หรือเส้นซึ่งลากออกจากเอนติตีใดเอนติตีหนึ่งแล้ววกกลับเข้าหาตัวเอง รีเลชันชิปแต่ละเส้นประกอบด้วยปลายสองข้าง โดยที่ปลายแต่ละข้างจะประกอบด้วย

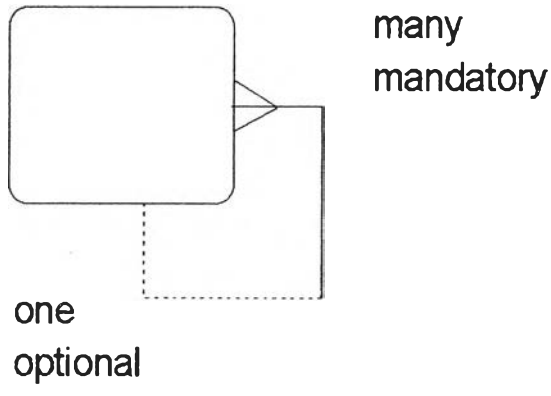
ก. ชื่อรีเลชันชิปซึ่งใช้กิริยาวลีอธิบายความหมายของความสัมพันธ์

ข. ดีกรี (degree) หมายถึง จำนวนที่ปรากฏของเอนติตีสำหรับรีเลชันชิป ซึ่งระบุได้สองระดับ คือ ดีกรีหนึ่ง (one) มักแสดงด้วยปลายเส้นตรงเส้นเดียว และดีกรีมากกว่าหนึ่ง (many) มักแสดงด้วยปลายเส้นตรงสามเส้น

ค. ระดับความสำคัญ หมายถึงความจำเป็นในการมีความสัมพันธ์กับเอนติตี ซึ่งอยู่ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของรีเลชันชิปนั้นว่า จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กันในทุกกรณี (mandatory) หรือไม่จำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กันในทุกกรณี (optional) ซึ่งแสดงได้ด้วยเส้นทึบ หรือเส้นประตามลำดับ



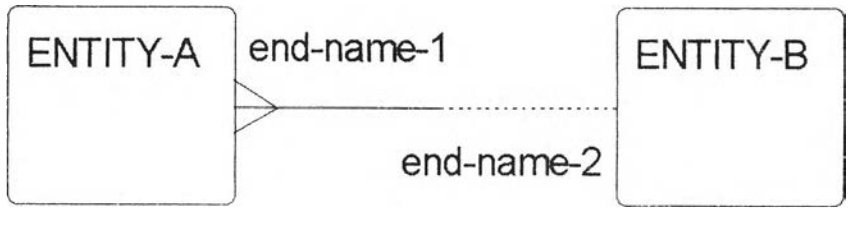
รูปที่ 2.2 แสดงภาพแทนรีเลชันชิประหว่างเอนติตีสองเอนติตี



รูปที่ 2.3 แสดงภาพแทนรีเลชันชิประหว่างเอนติตีกับตัวเอง

ง. สัดส่วนคาร์ดินัลลิตี (cardinality ratio) หมายถึง จำนวนที่ปรากฏของเอนติตีที่ปลายทั้งสองของรีเลชันชิปใด ๆ

ชื่อของรีเลชันชิปจะแสดงอยู่บริเวณใกล้ ๆ กับปลายแต่ละด้านของเส้นซึ่งแทนรีเลชันชิป โดยกำหนดให้ใช้ภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็ก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงภาพแทนรีเลชันชิประหว่างเอนติตี ENTITY-A และ ENTITY-B

การอธิบายแผนภาพในลักษณะคำบรรยาย จะมีรูปแบบในการอธิบายรีเลชันชิประหว่างเอนติตีใด ๆ บนแผนภาพ ดังนี้

Each ENTITY-A [must be / may be] end-name-1 [one and only one ENTITY-B / one or more ENTITY-B(plural)]

และในทางกลับกันได้ดังนี้

Each ENTITY-B [must be / may be] end-name-2 [one and only one ENTITY-A / one or more ENTITY-A(plural)]

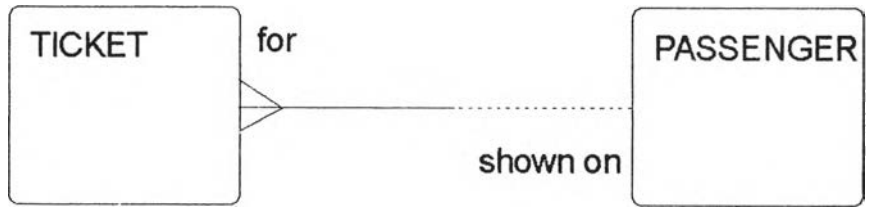
โดยที่

"must be" ใช้บรรยายในกรณีที่เอนติตีทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทุกกรณี

"may be" ใช้บรรยายในกรณีที่เอนติตีทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในบางกรณี

"one or more" ใช้บรรยายความสัมพันธ์ที่มีดีกรีมากกว่าหนึ่ง

"one and only one" ใช้บรรยายความสัมพันธ์ที่มีดีกรีหนึ่ง



Each TICKET must be for one and only one PASSENGER
and
Each PASSENGER may be shown on one or more TICKETs.

รูปที่ 2.5 แสดงการอธิบายแผนภาพในรูปแบบคำบรรยาย

3) แอตตริบิว (attribute) หมายถึงตัวพรรณาลักษณะต่าง ๆ ของเอนติตี อาจเรียกว่าองค์ประกอบข้อมูล (data element) ชิ้นข้อมูล (data item) หรือเขตข้อมูล (data field) ก็ได้ โดยแต่ละเอนติตีอาจประกอบด้วยแอตตริบิวมากกว่าหนึ่งแอตตริบิว ซึ่งอาจแสดงบนแผนภาพด้วยข้อความภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กภายในสี่เหลี่ยมเป็นบรรทัด ๆ ตามจำนวนแอตตริบิวหรือจะไม่แสดงบนแผนภาพก็ได้ และนิยมแสดงเครื่องหมาย '*' หน้าแอตตริบิว ที่มีค่าไม่เป็นเป็นค่าว่าง (non-null)

รูปที่ 2.6 แสดงภาพแทนเอนติตี ซึ่งมีแอตตริบิว 3 แอตตริบิว โดยที่ค่าแอตตริบิว code และ name จะต้องไม่เป็นค่าว่าง

แอตตริบิวแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

ก. แอตตริบิวประเภทคีย์หลัก (primary key attribute) คือ แอตตริบิว หรือกลุ่มแอตตริบิวที่ระบุถึงแต่ละรายการในเอนติตีใด ๆ ซึ่งค่าที่ระบุมีผลทำให้รายการนั้นเป็นเอกลักษณ์ไม่ซ้ำกับรายการอื่น มักใช้เครื่องหมาย '#' นำหน้าชื่อแอตตริบิวที่เป็นคีย์หลักเมื่อต้องการแสดงบนแผนภาพ เอนติตีทุกเอนติตี จะต้องมีคีย์หลัก นั่นคือ ข้อมูลแต่ละรายการในเอนติตีใด ๆ จะต้องสามารถที่จะระบุถึงได้อย่างเป็นเอกลักษณ์ด้วยคีย์หลัก ดังนั้น แอตตริบิวที่เป็นคีย์หลัก จะต้องมีค่าเสมอ

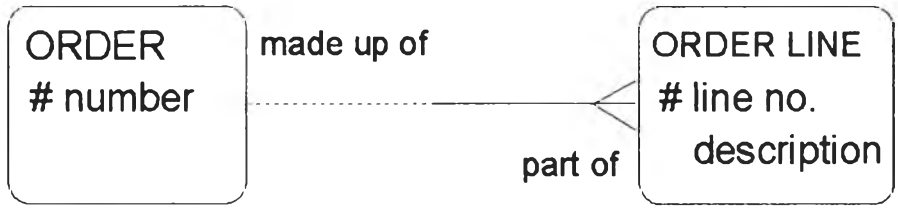
รูปที่ 2.7 แสดงเครื่องหมาย "#" หน้าแอตตริบิวที่เป็นคีย์หลัก

ข. แอตตริบิวประเภทคีย์รอง (alternative key attribute) คือ แอตตริบิว หรือกลุ่มแอตตริบิวอื่นที่ใช้ระบุถึงแต่ละรายการในเอนติตีเช่นเดียวกับคีย์หลัก แต่ไม่ใช่แอตตริบิวหรือกลุ่ม แอตตริบิวชุดเดียวกันกับคีย์หลัก

ค. แอตตริบิวประเภทฟอร์เรนจ์คีย์ (foreign key attribute) คือ แอตตริบิว หรือกลุ่มแอตตริบิวในเอนติตีใด ๆ ซึ่งเกิดจากการที่เอนติตีนั้น มีรีเลชันชิปดีกรีหนึ่ง กับเอนติตีที่ปลายอีกด้านของรีเลชันชิป โดยที่แอตตริบิว หรือกลุ่มแอตตริบิวดังกล่าว ได้มาจากคีย์หลักของเอนติตีที่ปลายอีกด้านหนึ่งของรีเลชันชิปนั่นเอง เรียกเอนติตีที่มีฟอร์เรนจ์คีย์สอดคล้องกับคีย์หลักของเอนติตีที่มีรีเลชันชิปกันว่า เอนติตีลูก และเรียกเอนติตี

ที่มีคีย์หลักสอดคล้องกับฟอร์เรนจ์คีย์ของเอนติตีที่มีรีเลชันชิปกันว่า เอนติตีแม่ แอตตริบิวประเภทนี้ไม่นิยมแสดงในแผนภาพ

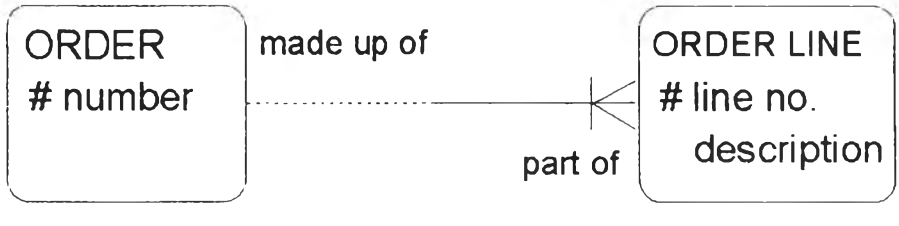
ง. แอตตริบิวประเภทที่ไม่ใช่คีย์ (non key attribute) คือแอตตริบิวอื่น ๆ ในเอนติตีที่ไม่มีคุณสมบัติ เป็นคีย์ประเภทใดเลยในสามประเภทที่ กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 2.8 แสดงเอนติตี ORDER LINE ซึ่งมีแอตตริบิวประเภทฟอร์เรนจ์คีย์ที่มีค่าสอดคล้องกับแอตตริบิว number ซึ่งเป็นคีย์หลักของเอนติตี ORDER เนื่องจากการที่เอนติตี ORDER LINE มีรีเลชันชิปดีกรีหนึ่งกับเอนติตี ORDER

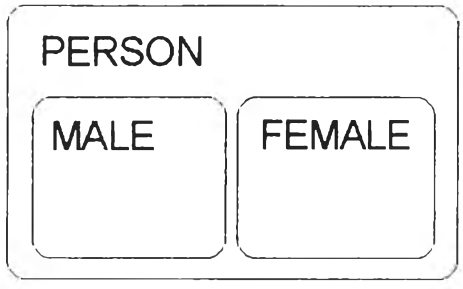
นอกจากนี้แอตตริบิวที่เป็นฟอร์เรนจ์คีย์ อาจเป็นส่วนประกอบของคีย์หลัก (primary key component) ได้อีกด้วยซึ่งในกรณีนี้จะแสดงความเป็นส่วนหนึ่งของคีย์หลักได้โดยการใส่เครื่องหมายขีดคร่อมตรงบริเวณปลายเส้นรีเลชันชิป ซึ่งเป็นที่มาของฟอร์เรนจ์คีย์นั้น

ตัวอย่างในรูปที่ 2.9 แสดงเอนติตีใบสั่งซื้อ (ORDER) ที่มีคีย์หลักคือ หมายเลขใบสั่งซื้อ (order number) และ เอนติตีรายการสั่งซื้อ (ORDER LINE) มีคีย์หลักประกอบ ด้วยหมายเลขใบสั่งซื้อ และลำดับที่รายการในใบสั่งซื้อ (line number) โดยที่หมายเลขใบสั่งซื้อเป็นฟอร์เรนจ์คีย์ซึ่งได้จากการที่เอนติตีรายการสั่งซื้อมีรีเลชันชิปดีกรีหนึ่งไปยังเอนติตีใบสั่งซื้อ



รูปที่ 2.9 แสดงคีย์หลักของเอนติตี ORDER และคีย์หลักของเอนติตี ORDER LINE

เอนติตีใดๆ อาจถูกแบ่งออกเป็นเซตย่อยที่ไม่คาบเกี่ยวกัน (mutually exclusive) ตั้งแต่สองเซตขึ้นไป เรียกเอนติตีที่ถูกแบ่งนั้นว่าเป็นซูปเปอร์ไทป์ (supertype) และเรียกเซตย่อยของเอนติตีใดๆ ว่าเป็น ซับไทป์ (subtype) หรือประเภท (category) ของเอนติตีนั้น



รูปที่ 2.10 แสดงเอนติตี PERSON ซึ่งแบ่งออกเป็นซับไทป์ MALE และ FEMALE

แต่ละซับไทป์ของเอนติตีใด ๆ จะสืบทอดคุณสมบัติของเอนติตีที่เป็นซูปเปอร์ไทป์ นั่นคือซับไทป์จะมีคุณสมบัติอันได้แก่ สามารถมีแอตตริบิวและรีเลชันชิปเช่นเดียวกันกับที่ซูปเปอร์ไทป์มี ยิ่งไปกว่านั้น ซับไทป์เองก็มีคุณสมบัติเป็นเอนติตี ดังนั้นจึงสามารถมีแอตตริบิวและรีเลชันชิปเป็นของตัวเอง และซับไทป์ใด ๆ ยังอาจถูกแบ่งออกเป็นซับไทป์ย่อยลงไปอีกระดับก็ได้

ขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองข้อมูลเชิงตรรกะ

การสร้างแบบจำลองข้อมูลเชิงตรรกะ มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดเอนติตีหลัก (major entity) ที่จำเป็นต้องอ้างถึง

2) พิจารณารีเลชันชิประหว่างเอนติตีหลักเหล่านี้ ทำการตั้งชื่อเอนติตีไว้ในระบบพจนานุกรม นำเอนติตีและรีเลชันชิปบรรจุลงแผนภาพโมเดลข้อมูล รูปแบบของรีเลชันชิปมีลักษณะแตกต่างกันตามจำนวนดีกรีที่ปลายทั้งสองของรีเลชันชิป ดังนี้

ก. รีเลชันชิปแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (one to one relationship)

ข. รีเลชันชิปแบบหนึ่งต่อหลาย (one to many relationship)

ค. รีเลชันชิปแบบหลายต่อหลาย (many to many relationship)

รีเลชันชิปแบบหลายต่อหลาย สามารถกระจายออกโดยกำหนดเอนติตีใหม่และสร้างรีเลชันชิปหนึ่งต่อหลายระหว่างเอนติตีเดิม กับเอนติตีใหม่ ซึ่งจะได้รีเลชันชิปแบบหนึ่งต่อหลายสองรีเลชันชิป

3) พิจารณาแอตตริบิวประเภทคีย์หลัก คีย์รอง ของแต่ละเอนติตี

4) พิจารณาแอตตริบิวประเภทฟอร์เรนจ์คีย์ เพื่อระบุคุณสมบัติของรีเลชันชิป

5) พิจารณากฎการจัดการทางธุรกิจที่สำคัญ (key business rules) ให้กับทุกเอนติตี เพื่อเป็นข้อกำหนดในการควบคุมการแทรก (insert) หรือ ลบ (delete) รายการในเอนติตีภายใต้การตรวจสอบเงื่อนไขการมีอยู่ของรายการ ในเอนติตีอื่นที่มี รีเลชันชิปกัน ได้แก่

ก. กฎการเพิ่ม (insert rule) เพื่อควบคุมเงื่อนไขในการเพิ่มรายการหรือการแก้ไขค่าในฟอร์เรนจ์คีย์ จะต้องคำนึงถึงค่าฟอร์เรนจ์คีย์ในเอนติตีลูก ที่มีค่าสอดคล้องกับคีย์หลักของเอนติตีแม่ ดังนี้

- ยอมให้เพิ่มรายการในเอนติตีลูกได้ ก็ต่อเมื่อ มีรายการในเอนติตีแม่ซึ่งค่าคีย์หลักตรงกันกับค่าฟอร์เรนจ์คีย์ของรายการที่จะเพิ่มในเอนติตีลูก (dependent insert)

- ยอมให้เพิ่มรายการในเอนติตีลูกได้ ถ้าค่าฟอร์เรนจ์คีย์ใน เอนติตีลูกไม่ตรงกับค่าคีย์หลักในเอนติตีแม่ ต้องเพิ่มรายการในเอนติตีแม่ ด้วยค่าคีย์หลักที่มีค่าตรงกับ ค่าฟอร์เรนจ์คีย์ของรายการที่จะเพิ่มในเอนติตีลูก (automate insert)

ข. กฎการลบ (delete rule) เพื่อควบคุมเงื่อนไขในการลบรายการ หรือการแก้ไขค่าคีย์หลักในเอนติตีแม่จะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อค่า ฟอร์เรนจ์คีย์ในเอนติตีลูกดังนี้

- ยอมให้ลบรายการในเอนติตีแม่ก็ต่อเมื่อมีการลบทุก ๆ รายการในเอนติตีลูกที่มีค่าฟอร์เรนจ์คีย์ตรงกับค่าคีย์หลักของรายการที่จะลบ ในเอนติตีแม่ (cascade delete)

- ยอมให้ลบรายการในเอนติตีแม่ก็ต่อเมื่อไม่มีการอ้างอิงจาก เอนติตีลูก (restrict delete)

6) เพิ่มแอตตริบิวอื่น ๆ ที่ไม่ใช่คีย์ลงในทุกเอนติตี โดยแอตตริบิวที่เพิ่มจะต้องขึ้นกับคีย์หลัก และยังคงทำให้คีย์หลักมีค่าไม่ซ้ำกัน

7) ทำให้แบบจำลองเชิงตรรกะอยู่ในรูปแบบบรรทัดฐาน (normalization)

8) พิจารณาชนิดและขอบเขตของค่า (domain) สำหรับทุกแอตตริบิว

9) พิจารณากฎการดำเนินการของแอตตริบิว (attribute business rule) เพื่อใช้ในการควบคุมผลกระทบที่เกิดจากการสืบค้น เพิ่ม หรือแก้ไขแอตตริบิว

10) รวบรวมวิวของผู้ใช้เข้าด้วยกัน (integrate user view) พิจารณาส่วนของวิวของผู้ใช้ที่คาบเกี่ยวกัน พยายามลดความซ้ำซ้อน

11) พิจารณาความเปลี่ยนแปลงที่อาจมีในอนาคต ว่ามีผลกระทบต่อโมเดลข้อมูลในปัจจุบันหรือไม่

การออกแบบฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัล

เป็นขั้นตอนการแปลงจากโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะ เข้าสู่ระบบฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัล (translation process) อย่างมีเสถียรภาพ ภายใต้ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นการปรับให้เข้ากับหน้าที่ใช้สอยเฉพาะ และปรับตามต้องการในเรื่องประสิทธิภาพการทำงาน

สิ่งที่พิจารณาในการออกแบบฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัลประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) โครงสร้างข้อมูล (data structure) เป็นการบอกตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูล ได้แก่ เอนติตี แอตตริบิว ด้วยการระบุตารางรีเลชันนัลและคอลัมน์ ดังนี้

ก. ตารางรีเลชันนัลเทียบเท่ากับเอนติตี และคอลัมน์เทียบเท่ากับแอตตตริบิว ในโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะ โดยต้องคำนึงว่าแต่ละตารางและคอลัมน์ในระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัล จะต้องไม่มีความขัดแย้งกัน

ข. บางกรณีอาจมีการรวมตารางเข้าเป็นตารางเดียว หรือบางกรณีอาจมีการแบ่งตารางหนึ่งออกเป็นหลายตาราง เพื่อประโยชน์ในแง่การทำงานรวดเร็วขึ้น

2) บูรณภาพของข้อมูล (data integrity) เป็นการควบคุมความเป็นบูรณภาพของ ข้อมูลด้วยกฎในการจัดการต่าง ๆ (bussiness rules) ที่ได้พิจารณาไว้ในขั้นตอนการสร้างโมเดลข้อมูลเชิงตรรกะ โดยการสร้างดรรชนีเพื่อระบุความ เป็นเอกลักษณ์ (unique index) การสร้างส่วนของโปรแกรมเพื่อการควบคุม เป็นต้น

บูรณภาพของข้อมูล เป็นการรักษาคุณภาพ ความน่าเชื่อถือของข้อมูลในฐานข้อมูล และป้องกันมิให้ข้อมูลเกิดความผิดพลาดหรือขัดแย้งกัน โดยมีกฎเกณฑ์ ในการคงความเป็นบูรณภาพของโมเดลข้อมูลดังนี้

ก. กฎบูรณภาพของเอนติตี (Entity Integrity Rule) กำหนดให้ส่วน ประกอบของคีย์หลักเป็นตัวระบุความเป็นเอกลักษณ์ของแต่ละทูเพิล (tuple) ใน ตารางรีเลชันนัลใด ๆ โดยจะต้องมีค่าเสมอ และในขั้นตอนการเพิ่ม ปรับปรุง หรือลบ จำเป็นต้องคงไว้ซึ่งคุณสมบัติของคีย์หลัก ดังนั้นในคำสั่ง CREATE TABLE จะต้องระบุวลี NOT NULL ท้ายคอลัมน์ที่เป็นส่วนประกอบของคีย์หลัก และจะต้องระบุวลี UNIQUE ในคำสั่ง CREATE INDEX เพื่อให้ระบบจัดการฐานข้อมูลตรวจสอบความเป็นเอกลักษณ์ ของแต่ละทูเพิลตามค่าในคีย์หลัก

ข. กฎบูรณภาพในการอ้างอิง (Referential Integrity Rule) เป็น การควบคุมแหล่งที่มาของค่าในฟอร์เรนจ์คีย์ ถ้าตารางรีเลชันใดมีฟอร์เรนจ์คีย์ปรากฏอยู่ ทุกค่าของฟอร์เรนจ์คีย์อาจเป็นไปได้ 2 กรณี คือ ไม่มีค่า (null value) หรือ มีค่าสอดคล้องกับค่าคีย์หลักในตารางรีเลชันอื่น ดังนั้นต้องมีการ ระบุถึงการอ้างอิงระหว่างตารางรีเลชันด้วยกันเพื่อตรวจสอบค่าของฟอร์เรนจ์คีย์ ว่าตรงกับค่าที่มีอยู่จริงในคีย์หลักหรือไม่หากมีการเพิ่ม ปรับปรุง หรือลบรายการ ในตาราง

ค. กฎบูรณภาพของโดเมน (Domain Integrity Rule) เป็นการควบคุมความถูกต้องสำหรับทุก ๆ คอลัมน์ที่อยู่ในตารางรีเลชัน ได้แก่ ชนิดของข้อมูล (data type), ความยาวของข้อมูล (length) ช่วงค่าของข้อมูล (range of data), ค่าโดยปริยาย (default value), ความเป็นเอกลักษณ์ (uniqueness) และความสามารถในการมีค่าว่าง (nullability) เป็นต้น

<u>ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลแบบรีเลชันนัล</u>

1) ระบุตารางรีเลชันนัลจากเอนติตี

2) ระบุคอลัมน์ภายในตารางจากแอตตริบิวในเอนติตี

3) ดัดแปลงโครงสร้างให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของระบบจัดการฐานข้อมูล

4) ออกแบบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเอนติตี

5) ออกแบบในส่วนที่เกี่ยวข้องกับรีเลชันชิป เช่นเงื่อนไขในการแก้ไขค่าในแอตตริบิวที่เป็นคีย์เพื่อคงความสอดคล้องในการอ้างอิง

6) ออกแบบเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแอตตริบิว

<u>ทฤษฎีกราฟิกใน 2 มิติ</u> (สมพัฒน์ รุ่งตะวันเรืองศรี)

<u>หลักการทั่วไปของคอมพิวเตอร์กราฟิก</u>

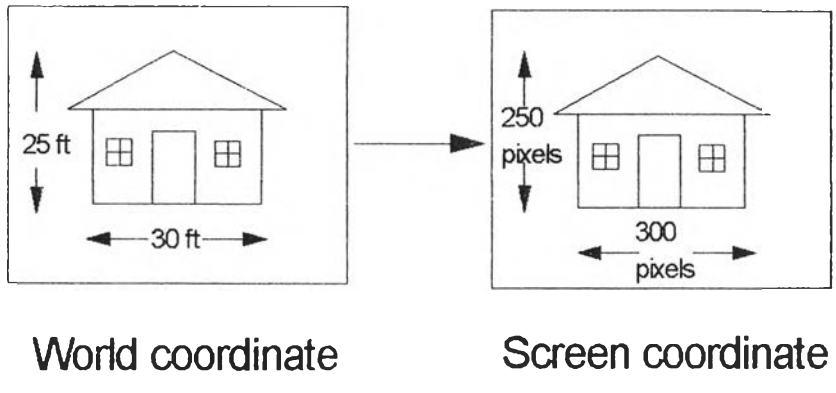
โดยทั่วไปแล้วการวาดภาพสิ่งของใดในระบบกราฟิก จะต้องสร้างแบบจำลอง หรือโมเดลของสิ่งที่ต้องการวาดไว้ 2 แบบ คือ

แบบจำลองของวัตถุเรียกว่าออปเจ็กโมเดล (object model) และแบบจำลองของภาพที่จะเกิดขึ้นจริงบนจอภาพ ออปเจ็กโมเดลเป็นสิ่งที่ไม่มีอยู่จริง แต่ได้สมมุติขึ้นโดยถือว่า วัตถุต่าง ๆ อยู่ในโลกของวัตถุเรียกว่าออปเจ็กสเปซ (object space) ซึ่งในออปเจ็กสเปซ ขนาดของวัตถุต่าง ๆ เช่น ความสูง ความยาว จะมีหน่วยวัดจริง ๆ ของวัตถุนั้นซึ่งอาจเป็นไมล์ นิ้ว เมตร เป็นต้น

แบบจำลองของภาพ หมายถึง ภาพของวัตถุที่ถูกวาดขึ้นบนจอภาพดังนั้นจึงมีหน่วยตามขนาดระบบพิกัดของจอภาพชนิดนั้น ๆ (screen coordinate) ภาพที่เกิดขึ้นของแบบจำลองบนจอภาพเรียกว่าอยู่ในอิมเมจสเปซ (image space) เกิดขึ้นจากการแปลงภาพจากออปเจ็กสเปซไปเป็นภาพวัตถุในอิมเมจสเปซแล้วจึงนำเอาภาพในอิมเมจสเปซไปแสดงบนจอภาพ หรือกล่าวได้ว่าเป็นการวาดบนระบบพิกัดของจอภาพ ซึ่งอาจมีขนาดและความละเอียดของจุดบนจอภาพแตกต่างกันไปตามชนิดจอภาพที่ใช้

การวาดภาพให้ได้สอดคล้องกับภาพจริง ๆ ในธรรมชาตินั้น จะต้องกำหนดระบบพิกัดในโลกของวัตถุหรือ ออปเจ็กสเปซ ภายใต้หน่วยวัดที่มีอยู่จริงและเหมาะสมกับวัตถุ เรียกระบบพิกัดนี้ว่าระบบพิกัดโลก (world coordinate) เช่น ถ้าต้องการวาดโมเลกุลของสสาร ระบบพิกัดที่ใช้สร้างแบบจำลองวัตถุก็ต้องเป็นระดับไมครอน (micron) แต่ถ้าหากต้องการวาดแผนที่โลก ระบบพิกัดที่ใช้สร้างแบบจำลองวัตถุก็จะต้องเป็นระดับกิโลเมตร

เนื่องจากจอภาพมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีขนาดและความละเอียดของจุดบนจอภาพแตกต่างกัน ดังนั้นการสร้างแบบจำลองวัตถุในออปเจ็กสเปซแล้วจึงค่อยแปลงภาพไปสู่อิมเมจสเปซทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมราฟิกได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความละเอียดของจุดบนจอภาพ



รูปที่ 2.11 แสดงภาพในระบบพิกัดโลกและภาพในระบบพิกัดจอภาพ

หน้าต่าง (window)

แบบจำลองของวัตถุในออปเจ็กสเปซอาจมีขนาด และรายละเอียดมาก เช่นภาพแผนที่โลก ดังนั้นการจำลองภาพของแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่ ให้เป็นแบบจำลองของภาพบนพิกัดของจอภาพซึ่งมีขนาดและความละเอียดของจุดที่จำกัดนั้น ภาพแผนที่โลกที่มีขนาดใหญ่ก็จะถูกย่อให้เห็นเป็นรูปแผนที่เล็ก ๆ และไม่สามารถแสดงรายละเอียดของแผนที่ที่ชัดเจนได้

ดังนั้น หากต้องการเห็นเฉพาะบางส่วนของภาพซึ่งวาดในระบบพิกัดโลก ก็จะใช้วิธีตีกรอบในส่วนที่ต้องการดูรายละเอียด แล้วจึงนำส่วนนั้นมาแสดงในระบบพิกัดของจอภาพ ทำให้สามารถเห็นรายละเอียดในส่วน

ที่ต้องการได้ชัดเจนมากขึ้น วิธีการนี้เรียกว่าการตีกรอบหน้าต่าง (windowing) ซึ่งเป็นการตีกรอบในส่วนที่ต้องการดูภาพในระบบพิกัดโลก เพื่อที่จะนำมาแสดงบนจอภาพ และเรียกกรอบซึ่งกำหนดขึ้นนี้ว่า หน้าต่าง (window)

ส่วนต่าง ๆ ของภาพในออปเจ็กสเปซจะถูกนำมาแสดงบนจอภาพได้โดยการนำหน้าต่างไปวางไว้ตรงส่วนนั้นของภาพในระบบพิกัดโลก การปรับเปลี่ยนขนาดของหน้าต่างจะทำให้เกิดการย่อการขยาย หรือการบิดเบี้ยวของภาพซึ่งแสดงบนจอภาพ

ช่องแสดงภาพ (viewport)

สำหรับการแสดงภาพของแบบจำลองวัตถุบนจอภาพนั้นเรียกส่วนของจอภาพซึ่งมีการนำภาพจากหน้าต่างมาแสดงว่า ช่องแสดงภาพ (viewport) และอาจกำหนดให้ช่องแสดงภาพมีขอบเขตเท่ากับขนาดจอภาพทั้งจอหรือเป็นส่วนหนึ่งของจอก็ได้ บางครั้งถ้ามีความต้องการแสดงส่วนของภาพหลาย ๆ ภาพบนจอภาพเดียวกันพร้อม ๆ กันก็สามารถทำได้โดยแบ่งจอภาพเป็นส่วน ๆ โดยที่แต่ละส่วนของจอภาพนั้น แสดงแต่ละส่วนของภาพที่ต้องการ

การกวาดหาภาพ (panning)

การเลื่อนหน้าต่างไปในส่วนต่าง ๆ ของภาพซึ่งอยู่ในระบบพิกัดโลก ทำให้สามารถเลือกดูส่วนต่าง ๆ ของภาพได้ โดยการการควบคุมและกำหนดตำแหน่งและขนาดหน้าต่าง ซึ่งสามารถทำได้โดยอุปกรณ์นำเข้าที่เหมาะสม การเลื่อนหน้าต่างนี้เรียกว่า การกวาดหาภาพ (panning) ซึ่งมีลำดับในการทำงาน ดังนี้

1) แสดงภาพในหน้าต่าง

2) ลบภาพในหน้าต่าง

3) เลื่อนหน้าต่างไปยังตำแหน่งใหม่

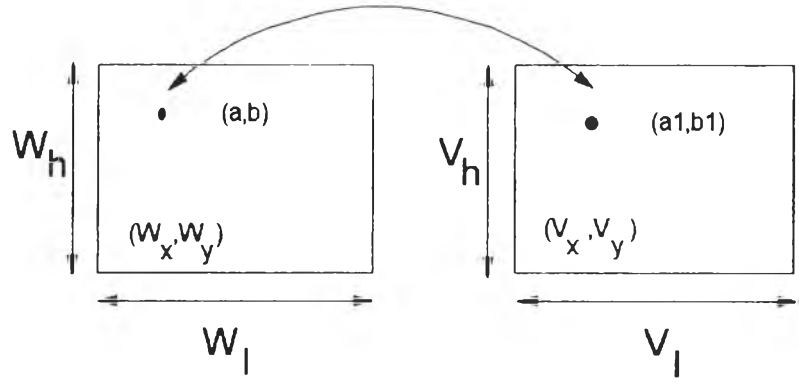
4) แสดงภาพในหน้าต่างซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งใหม่

ขั้นตอนข้างต้นจะต้องมีความเร็วในการทำงานมากเพียงพอที่จะทำให้การกวาดภาพเป็นไปอย่างราบรื่น

การแปลงภาพเรขาคณิต 2 มิติ (Transformation)

1) การแปลงส่ง (mapping) จุดระหว่างช่องหน้าต่างและช่องแสดงภาพ

ภาพที่กำหนดพิกัดในระบบพิกัดโลก เมื่อนำมาแสดงบนจอภาพผ่านทางช่องแสดงภาพ จะต้องมีการแปลงพิกัดจากพิกัดโลกไปเป็นพิกัดบนจอภาพ นั่นคือการแปลงพิกัด (a,b) ในระบบพิกัดโลกให้เป็นระบบพิกัด (a1,b1) ในพิกัดจอภาพ



ก) ช่องหน้าต่าง ข) ช่องแสดงภาพ

รูปที่ 2.12 การแปลงพิกัดช่องหน้าต่างไปเป็นพิกัดช่องแสดงภาพ

สมมุติให้ช่องหน้าต่างมีจุดพิกัดที่มุมล่างซ้ายเป็น (Wx,Wy) มีความสูงเท่ากับ Wh และมีความกว้าง Wl (รูปที่ 2.12ก) ส่วนช่องแสดงภาพนั้นมีพิกัดมุมล่างซ้ายเป็น (Vx,Vy) โดยมีความสูงเป็นVhและมีความกว้างเป็น Vl (รูปที่ 2.12ข) การแปลงพิกัดนี้จะแปลงพิกัดของจุด (a,b) ซึ่งอยู่ในช่องหน้าต่างให้เป็นพิกัด (a1,b1) ในช่องแสดงภาพโดยมีสมการการแปลงดังนี้

ก. ระยะทางจากขอบซ้ายของช่องแสดงภาพถึงจุด a1 หารด้วยความกว้าง ของช่องแสดงภาพ จะต้องเท่ากับระยะทางจากขอบซ้ายของช่องหน้าต่าง ถึงจุด a หารด้วย ความกว้างของช่องหน้าต่าง สามารถเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\frac{(a1 - Vx)}{Vl} = \frac{(a - Wx)}{Wl}$$

ซึ่งเขียนเป็นสมการแปลงค่า a ให้เป็น a1 ได้ดังนี้

$$a1 = \frac{(Vl)}{Wl}(a - Wx) + Vx$$

ข. ระยะทางจากขอบล่างของช่องแสดงภาพถึงจุด b1 หารด้วยความสูงของ ช่องแสดงภาพ จะต้องเท่ากับระยะทางจากขอบล่างของช่องหน้าต่างถึงจุด b หารด้วย ความสูงของช่องหน้าต่าง เขียนเป็นสมการดังนี้

$$\frac{(b1 - Vy)}{Vh} = \frac{(b - Wy)}{Wh}$$

ซึ่งเขียนเป็นสมการแปลงค่า b ให้เป็น b1 ได้ดังนี้

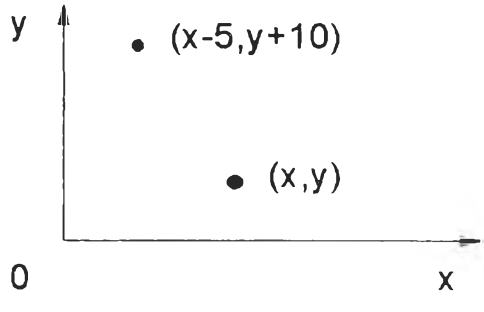
$$b1 = \frac{(Vh)}{Wh}(b - Wy) + Vy$$

2) การย้ายภาพเรขาคณิต 2 มิติ (Translation)

จุดใด ๆ ก็ตามในระบบพิกัดโลก จะถูกเคลื่อนย้ายไปตำแหน่งอื่น ๆ ได้โดยการ เปลี่ยนค่าพิกัด (x,y) ตัวอย่างเช่นในรูปที่ 2.13 การย้ายจุด (x,y) ไปยังจุดซึ่ง อยู่ข้างบน 10 หน่วยและไปทางซ้าย 5 หน่วย พิกัดของจุดใหม่ที่ได้ก็คือ (x-5,y+10)

โดยทั่วไป การย้ายจากจุด (x,y) ไปยังจุด (x',y') โดยย้ายในแนวนอน H หน่วย และย้ายในแนวตั้ง V หน่วย สามารถเขียนแทนด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$x' = x + H$$
$$y' = y + V$$



รูปที่ 2.13 การย้ายจุด (x,y)

ในทางปฏิบัติจะต้องทำการย้ายทุกๆ จุดที่แทนแบบจำลองวัตถุ จึงจะสามารถย้ายภาพทั้งหมด ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

3) การหมุนภาพเรขาคณิต 2 มิติ (Rotation)

การหมุนภาพจะต้องกำหนดจุดหมุน (pivot point) หลังจากการหมุนแล้ว ระยะห่างระหว่างจุดหมุนกับภาพจะยังคงมีค่าเท่าเดิม โดยรูปร่างลักษณะของภาพยังคงเดิม แต่ภาพจะมีการจัดวางต่างไปจากเดิม การหมุนภาพสามารถทำได้ครั้งละหลายภาพ และจะหมุนทวนเข็มนาฬิกา หรือตามเข็มนาฬิกาก็ได้ และจุดหมุนที่ใช้อาจอยู่ภายในภาพ หรือภายนอกภาพก็ได้

การอ้างถึงจุดพิกัด (x,y) นอกจากจะใช้ระบบพิกัดฉากแล้ว (ระบบพิกัดฉาก คือการกำหนดตำแหน่งจุดโดยบอกระยะทางในแนวนอนและแนวดิ่ง) ยังสามารถ ใช้ระบบพิกัดโพลาร์ ซึ่งเป็นการบอกตำแหน่งจุดโดยใช้เวกเตอร์ ระบบทั้งสองมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$x = r\cos\phi$$
$$y = r\sin\phi$$

ถ้า (x,y) ถูกย้ายไปจากจุดเดิมเป็นมุม θ ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา จะได้จุดใหม่ คือ (x',y') ดังรูปที่ 2.14 ก็จะได้ว่า

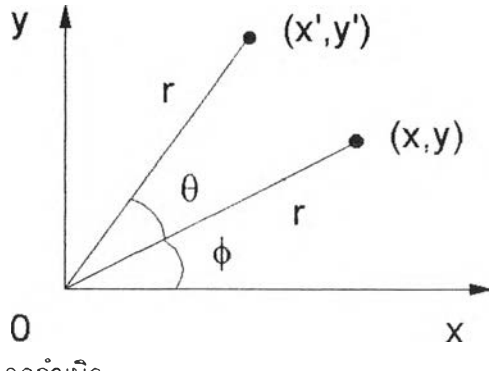
$$x' = r\cos(\phi + \theta)$$
$$y' = r\sin(\phi + \theta)$$

ซึ่งอาจเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$x' = r\cos\phi\cos\theta - r\sin\phi\sin\theta$$
$$y' = r\sin\phi\cos\theta - r\cos\phi\sin\theta$$

เมื่อแทนค่า $r\cos\phi$ ด้วย x และ $r\sin\phi$ ด้วย y จะได้

$$x' = x\cos\theta - y\sin\theta$$
$$y' = y\cos\theta + x\sin\theta$$

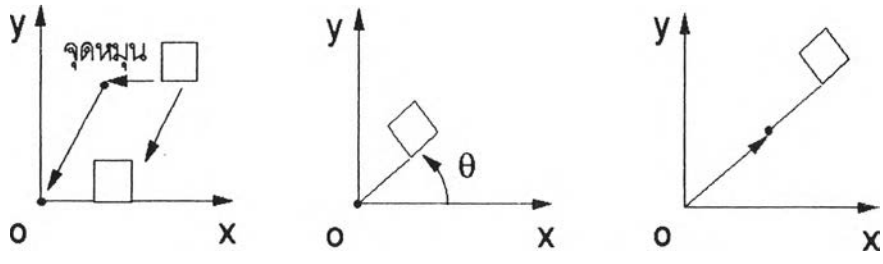


จุดกำเนิด

รูปที่ 2.14 การหมุนภาพโดยที่จุดหมุนอยู่ที่จุดกำเนิด

สมการข้างต้น เป็นสมการที่ใช้แปลงค่าพิกัดจากจุด (x,y) ไปเป็นจุดใหม่ (x',y') โดยการหมุนรอบจุดกำเนิดไปเป็นมุม θ ทิศทางทวนเข็มนาฬิกา การหมุนภาพ ทำได้โดยการแปลงค่าพิกัดทุกจุดที่นิยามภาพนั้นไปเป็นพิกัดใหม่ โดยใช้สมการข้างต้น แล้วค่อยวาดภาพเดิมที่จุดพิกัดใหม่นั้น

ในทางปฏิบัติ อาจหมุนภาพรอบจุดใด ๆ ก็ได้ซึ่งไม่ใช่จุดกำเนิด สำหรับในกรณี นี้จะต้องใช้ 3 ขั้นตอนดังนี้ (รูปที่ 2.15)



ย้ายภาพ หมุนภาพ ย้ายภาพ

รูปที่ 2.15 แสดงการหมุนภาพรอบจุดหมุนใด ๆ

ก. ย้ายจุดหมุน (xp,yp) ไปยังจุดกำเนิด (0,0) เมื่อย้ายแล้ว ทุกๆ จุด (x,y) ที่ใช้นิยามภาพก็จะถูกย้ายไปยังจุดใหม่ (x',y') ซึ่งเป็นการย้ายจุดหมุนไป ยังจุดกำเนิด ดังนี้

$$x' = x - xp$$
$$y' = y - yp$$

ข. หมุนภาพรอบจุดกำเนิด นั่นคือจุด (x',y') ถูกย้ายไปเป็นมุม θ ได้จุด ใหม่เป็น (x'',y'') โดยที่

$$x'' = x' \cos\theta - y' \sin\theta$$
$$y'' = y' \cos\theta + x' \sin\theta$$

เมื่อแทนค่า x' และ y' จะได้

$$x'' = (x - xp) \cos\theta - (y - yp) \sin\theta$$
$$y'' = (y - yp) \cos\theta + (x - xp) \sin\theta$$

ค. ย้ายจุดหมุนจากจุดกำเนิด (0,0) กลับไปยังจุดเดิม (xp,yp) ดังนั้นจุด (x'',y'') ก็จะถูกย้ายไปยังจุด (x*,y*) โดยที่

$$x^* = x'' + xp$$
$$y^* = y'' + yp$$

เมื่อแทนค่า x'' และ y'' จะได้ว่า

$$x^* = (x - xp)\cos\theta - (y - yp)\sin\theta + xp$$
$$y^* = (y - yp)\cos\theta + (x - xp)\sin\theta + yp$$

สมการข้างต้นคือสมการสำหรับหาค่าพิกัดใหม่ เมื่อหมุนภาพไปเป็นมุม θ ในทิศทวนเข็มโดยหมุนรอบจุด (xp,yp) การหมุนภาพรอบจุดมักนิยมหมุนทวนเข็มนาฬิกาเสมอ ในทางคณิตศาสตร์ กำหนดให้ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาเป็นบวก

4) การเปลี่ยนขนาดภาพเรขาคณิต 2 มิติ (Scaling)

ภาพวัตถุภาพใดๆ สามารถเปลี่ยนขนาดได้โดยการเปลี่ยนระยะห่างระหว่างจุด การเปลี่ยนขนาดภาพวัตถุทำได้โดยการคูณระยะห่างระหว่างจุดด้วยค่า ซึ่งทำให้ระยะห่างมากขึ้นหรือลดลง เรียกค่านี้ว่า สเกลลิงแฟกเตอร์ (scaling factor) ถ้าค่าสเกลลิงแฟคเตอร์มากกว่า 1 ก็จะได้ภาพขยายและถ้าน้อยกว่า 1 ก็จะได้ภาพย่อ

การเปลี่ยนขนาดภาพ จะต้องมีจุดๆ หนึ่งเรียกว่าจุดประจำที่ (fixed point) ของการเปลี่ยนขนาดภาพ และใช้เป็นจุดอ้างอิง

ถ้าให้จุดกำเนิด (0,0) เป็นจุดคงที่ การเปลี่ยนขนาดภาพทำได้โดยการคูณ จุด (x,y) ใด ๆ ของภาพด้วยแฟกเตอร์ Sx สำหรับทิศทางในแกน x และแฟกเตอร์ Sy สำหรับทิศทางในแกน y ก็จะได้จุดใหม่ (x',y') ดังนี้

$$x' = x * Sx$$
$$y' = y * Sy$$

จุดคงที่สำหรับการย่อและขยายภาพอาจจะไม่ใช่จุดกำเนิดก็ได้ ถ้าเป็นจุดใด ๆ จะต้องใช้ 3 ขั้นตอนดังนี้

ก. ย้ายจุดประจำที่ (xp,yp) ไปยังจุดกำเนิด จุดอื่น ๆ ของภาพ (x,y) ก็จะถูกย้ายไปยังตำแหน่งใหม่ดังนี้

$$x' = x - xp$$
$$y' = y - yp$$

ข. เปลี่ยนขนาดภาพโดยใช้จุด (0,0) เป็นจุดคงที่ จะได้เป็นจุด (x'',y'')

$$x'' = x' * Sx$$
$$y'' = y' * Sy$$

ค. ย้ายจุดประจำที่จากจุดกำเนิดกลับไปยังจุดเดิม

$$x^* = x'' + xp$$
$$y^* = y'' + yp$$

เมื่อแทนค่า x', y', x'' และ y'' จะได้ว่า

$$x^* = (x-xp)Sx + xp$$
$$y^* = (y-yp)Sy + yp$$

สมการข้างต้นใช้สำหรับการเปลี่ยนขนาดภาพโดยมีจุดประจำที่อยู่ที่จุด (xp,yp)