บทที่ 4

การออกแบบตัวควบคุม

การแทนที่โครงสร้างข้อมูลแบบฮีปในหน่วยความจำ

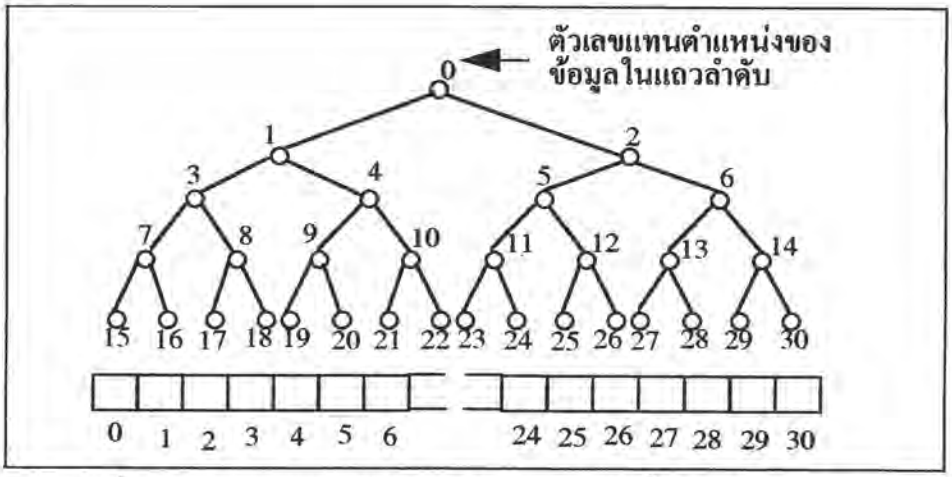
จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 เกี่ยวกับวิธีการแทนที่ข้อมูลในหน่วยความจำนั้น โครงสร้างข้อมูลแบบฮีปเหมาะสมที่จะใช้วิธีการแทนที่ข้อมูลในหน่วยความจำแบบสถิตมากกว่าแบบพลวัต กล่าวคือ แบบสถิตเป็นการจองพื้นที่ในหน่วยความจำที่มีการกำหนดขนาดไว้ล่วงหน้าแล้วด้วยแถวลำดับ (Array) เนื่องจากโครงสร้างข้อมูลแบบฮีปเป็นโครงสร้างข้อมูลต้นไม้ทวิภาคแบบสมบูรณ์ที่ต้องการการเข้าถึงบัพข้อมูลต่าง ๆ ในโครงสร้างได้อย่างสะดวกรวดเร็ว การแทนที่ข้อมูลด้วยแถวลำดับจึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดไม่ต้องเสียพื้นที่เพิ่มเติมในส่วนที่จะใช้ในการเก็บตัวชี้ที่อยู่ของข้อมูล (Pointer) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการแทนที่ข้อมูลแบบพลวัต

การแสดงแผนภาพต้นไม้ของโครงสร้างข้อมูลฮีปที่อยู่ในแถวลำดับจะทำได้ง่าย เพราะการหาความสัมพันธ์ของบัพต่าง ๆ ระหว่างบัพแม่และบัพลูกทำได้โดยการคำนวณหาตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยการนับลำดับของช่องในแถวลำดับเริ่มนับจาก 0, 1, 2, ... ,n สำหรับโครงสร้างข้อมูล n + 1 บัพ ซึ่งช่องที่ 0 ของแถวลำดับ ก็คือ บัพราก(บัพที่ 0)ของโครงสร้างข้อมูล ช่องที่ 1 และ 2 ของแถวลำดับคือลูกทางซ้ายและขวาของบัพราก และช่องที่ 3 และ 4 ของแถวลำดับ คือ บัพลูกทางซ้ายและขวาของบัพที่ 1 (บัพลูกทางซ้ายของบัพราก)ของโครงสร้างข้อมูล เป็นเช่นนี้เรียงต่อไปเรื่อย ๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.1 แล้วจะหาความสัมพันธ์ของตำแหน่งบัพแม่บัพลูกในแถวลำดับได้ดังนี้

บัพลูกทางซ้ายของบัพที่ k (ตำแหน่งที่ k ในแถวลำดับ) จะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 2k+1 ในแถวลำดับ

บัพลูกทางขวาของบัพที่ k (ตำแหน่งที่ k ในแถวลำดับ) จะอยู่ที่ตำแหน่งที่ 2k+2 ในแถวลำดับ

ถ้าตำแหน่งของบัพลูกที่คำนวนได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับจำนวนบัพที่มีอยู่ในโครงสร้างข้อมูล แสดงว่าบัพ k นั้นเป็นบัพใบซึ่งไม่มีบัพลูก



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพต้นไม้ของโครงสร้างฮีปที่เก็บอยู่ในแถวลำดับ

ทางด้านความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบัพข้อมูลกับความสูง ณ ระดับต่าง ๆ จะเป็นดังนี้

ถ้ามีจำนวนบัพข้อมูล n บัพในโครงสร้างข้อมูล และ h คือความสูงระดับต่าง ๆ ของโครงสร้างข้อมูล โดยนับความสูงที่บัพรากเป็น 0 ลงมา จะสรุปได้ว่า

$$h = \lfloor \log_2 n \rfloor$$

เครื่องหมาย $\lfloor \ldots \rfloor$ คือการใช้จำนวนเต็มที่มากที่สุดที่น้อยกว่าค่าของ $\log_2 n$ (Floor)

เช่น ถ้ามีจำนวนบัพข้อมูล 2 - 3 บัพ จะมีความสูง = 1

หรือมีจำนวนบัพระหว่าง 4 ถึง 7 บัพในโครงสร้างข้อมูล จะมีความสูง = 2 เป็นต้น

และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบัพที่จะมีได้ ณ ระดับความสูงต่าง ๆ สรุปได้ว่า

$$\#node_h <= \lceil n/(2^{h+1}) \rceil$$

เครื่องหมาย $\lceil \ldots \rceil$ คือการใช้จำนวนเต็มที่น้อยที่สุดที่มากกว่าค่าของ $n/(2^{h+1})$ (Ceiling)

<u>โครงสร้างของฮีปภายในตัวควบคุม</u>

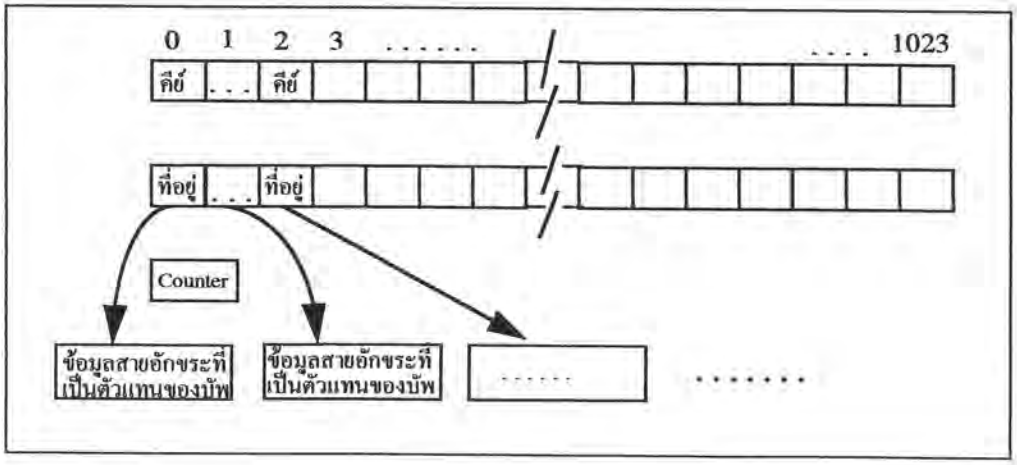
การเก็บข้อมูลในแต่ละบัพ จะแบ่งข้อมูลที่เก็บออกเป็น 2 ส่วน (แสดงดังรูปที่ 4.2) คือ

1. ส่วนที่เป็นคีย์ (Key) ใช้ในการบอกความสำคัญในการจัดเรียงลำดับข้อมูล ประเภทของข้อมูลที่จะเก็บอยู่ในส่วนนี้จะเป็นตัวเลขจำนวนเต็มที่มากกว่าศูนย์ (Positive Integer)

2. ส่วนที่เป็นข้อมูลเพื่อเป็นตัวแทนของบัพ ข้อมูลที่เก็บอยู่ในส่วนนี้จะเป็นสายอักขระ (String)

รูปที่ 4.2 แสดงภาพจำลองของบัพข้อมูล

จากองค์ประกอบของบัพข้อมูลข้างต้น สามารถแทนที่โครงสร้างข้อมูลในหน่วยความจำได้ด้วยแถวลำดับ 2 แถวที่คู่ขนานกัน โดยแถวลำดับแถวแรกจะเก็บส่วนที่เป็นคีย์ของแต่ละบัพ ส่วนแถวลำดับที่ 2 จะเก็บข้อมูลที่เป็นตัวแทนของบัพแต่ละบัพ แต่เนื่องจากข้อมูลที่เป็นตัวแทนของแต่ละบัพนั้นเป็นสายอักขระที่มีขนาดความยาวไม่แน่นอน จึงให้แถวลำดับที่ 2 นี้เก็บค่าที่อยู่ของข้อมูลสายอักขระของแต่ละบัพแทน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.3 โดยขนาดของแถวลำดับทั้งสองได้กำหนดไว้ที่ 1024 ช่อง ซึ่งจะเป็นข้อกำหนดให้โครงสร้างข้อมูลนี้จะมีบัพข้อมูลได้ไม่เกิน 1024 บัพด้วย ในการอ้างบัพต่าง ๆ จะอ้างได้จากเลขที่บัพซึ่งนับจากบัพที่ 0 ขึ้นไป ตามการนับแต่ละช่องในแถวลำดับ นอกจากนี้ในโครงสร้างข้อมูลยังมีตัวนับบัพ (Counter) ซึ่งจะเป็นตัวบอกให้ทราบถึงจำนวนบัพที่ใช้งานอยู่ในโครงสร้างข้อมูล (Active Node) เพื่อจะได้ใช้ในการตรวจสอบระวังไม่ให้เกินจำนวนบัพสูงสุดที่ได้กำหนดไว้ และยังใช้ในการคำนวณหาความสูงของต้นไม้ในโครงสร้างข้อมูล เพื่อใช้ในการวาดแผนภาพต้นไม้เพื่อการแสดงผลด้วย เมื่อมีการเพิ่มหรือลดบัพข้อมูลในโครงสร้างข้อมูล ก็จะมีการปรับปรุงตัวนับนี้ด้วยทุกครั้ง



รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของฮีปที่เก็บอยู่ในแถวลำดับ 2 แถว

การกำหนดโครงสร้างของฮีปโดยใช้โครงสร้างภาษาซี ได้ดังนี้

```
#define MAXLIST 1024

typedef int Item_type;
typedef LPSTR Item_rep;
typedef struct list_tag {
   Item_rep ent1[MAXLIST];
   Item_type entry[MAXLIST];
   int count;
} List_type;
```

การกระทำการต่อโครงสร้างข้อมูลของตัวควบคุม

1. แนวคิดพื้นฐานในการทำงานของตัวควบคุม

การทำงานหลัก ๆ ของตัวควบคุม จะเริ่มจากการรับข้อมูลใหม่เข้าไปในโครงสร้างข้อมูล และอนุญาตให้มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขบัพข้อมูลที่ต้องการได้ รวมทั้งสามารถลบบัพข้อมูลที่ไม่ต้องการออกจากโครงสร้างข้อมูลได้ด้วย การเพิ่ม การแก้ไข และการลบบัพข้อมูลจะมีวิธีการสำหรับการกระทำเหล่านี้ได้หลายวิธี เช่น กระทำผ่านหน้าต่างของการเพิ่ม เปลี่ยนแปลงบัพข้อมูล การกระทำผ่านคุณสมบัติของตัวควบคุม หรือผ่านทางฟังก์ชันการทำงานในแฟ้มของตัวควบคุม ทางด้านการอ่านหรือการเข้าถึงบัพข้อมูลในโครงสร้างข้อมูล จะมีการอ่านข้อมูลได้หลายแบบ เช่น การอ่านข้อมูลบัพรากออกจากโครงสร้างข้อมูล การอ่านโดยกำหนดบัพแม่-ลูกที่ต้องการ เป็นต้น

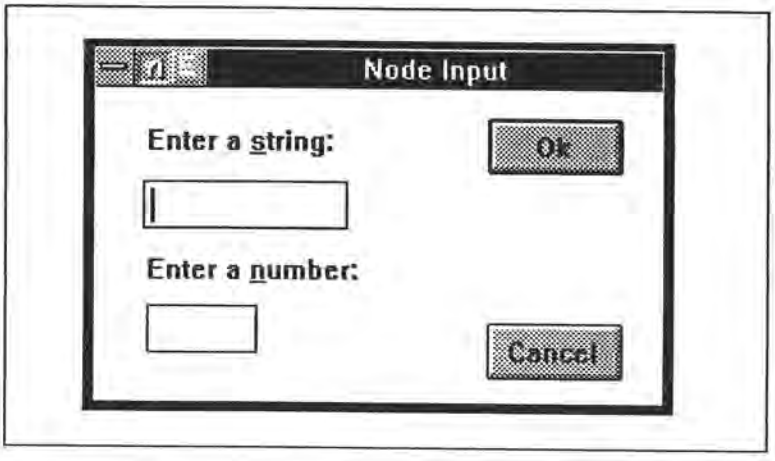
เมื่อมีการกำหนดให้จัดโครงสร้างข้อมูลของตัวควบคุมให้เป็นฮีปซึ่งเป็นคุณสมบัติข้อหนึ่งของตัวควบคุม ก็จะมีการจัดการในโครงสร้างข้อมูลให้มีคุณสมบัติเป็นฮีปอยู่ตลอดไปในทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในโครงสร้างข้อมูล ทางด้านการแสดงภาพจำลองของโครงสร้างข้อมูลนั้น ก็สามารถที่จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของบัพข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการทำงานของตัวควบคุม (Animation) ในขณะที่มีการจัดให้โครงสร้างข้อมูลนั้นให้มีลักษณะเป็นฮีปตามเดิม

เนื่องจากการติดต่อกับบัพข้อมูล จะต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูล 2 ส่วนอยู่ตลอดเวลา ตามที่ได้กล่าวมาในข้างต้น จึงทำให้ไม่สามารถใช้วิธี (Method) มาตรฐานของวิชวลเบสิคที่มีอยู่เป็นส่วนมากได้ เพราะว่าสามารถอ้างข้อมูลสำหรับวิธีได้เพียงประเภทเดียวเท่านั้น จึงเป็นการไม่สะดวกในการใช้วิธีของผู้เขียนโปรแกรม แต่ยังคงใช้ได้เพียงวิธี Clear เท่านั้นสำหรับตัวควบคุมนี้ จึงได้มีการสร้างฟังก์ชันสำหรับใช้งานมาทดแทนวิธีที่ใช้ไม่ได้ โดยฟังก์ชันเหล่านี้จะเก็บอยู่ในแฟ้มของตัวควบคุม

2. การรับหรือเพิ่มข้อมูลเข้าไปในโครงสร้างข้อมูล

เมื่อมีการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในโครงสร้างข้อมูลแล้ว กระบวนงานของตัวควบคุมจะทำให้มีเหตุการณ์ของการเพิ่มขึ้นของบัพข้อมูลเกิดขึ้นในวิชวลเบสิค และถ้ามีการกำหนดคุณสมบัติของตัวควบคุมว่า ให้มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลให้เป็นฮีปแล้ว ก็จะมีการจัดการโครงสร้างข้อมูลให้เป็นฮีปตามเดิม โดยช่องทางในการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไปในโครงสร้างข้อมูลมีได้หลายวิธีการ ได้แก่

- การกระทำผ่านทางหน้าต่างการเพิ่มข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยช่องรับข้อมูล 2 ช่อง เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปทีละบัพ โดยตัวควบคุมจะช่วยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ คือ ข้อมูลที่เป็นคีย์จะต้องเป็นตัวเลขจำนวนเต็มบวก และข้อมูลส่วนที่เป็นตัวแทนของบัพจะต้องไม่ว่างเปล่า จึงจะเพิ่มข้อมูลเข้าไป 1 บัพได้ การเรียกใช้งานหน้าต่างนี้ทำได้โดยการคลิก (click) เมาส์ข้างซ้ายที่ตัวควบคุมติดกัน 2 ครั้ง ตัวอย่างหน้าต่างการเพิ่มข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงหน้าต่างการรับบัพข้อมูลใหม่

- การกระทำผ่านทางคุณสมบัติของตัวควบคุม โดยจะต้องเพิ่มข้อมูลด้วยการกำหนดค่าคุณสมบัติของตัวควบคุม 2 คุณสมบัติติดต่อกัน จึงจะเป็นการเพิ่มข้อมูลใหม่เข้าไป 1 บัพ โดยผู้เขียนโปรแกรมสามารถกำหนดค่าของคุณสมบัติทั้งสองด้วยคำสั่งการเขียนโปรแกรมของวิชวลเบสิค

- การเพิ่มข้อมูลบัพใหม่ด้วยฟังก์ชันการทำงานที่อยู่ในแฟ้มของตัวควบคุม

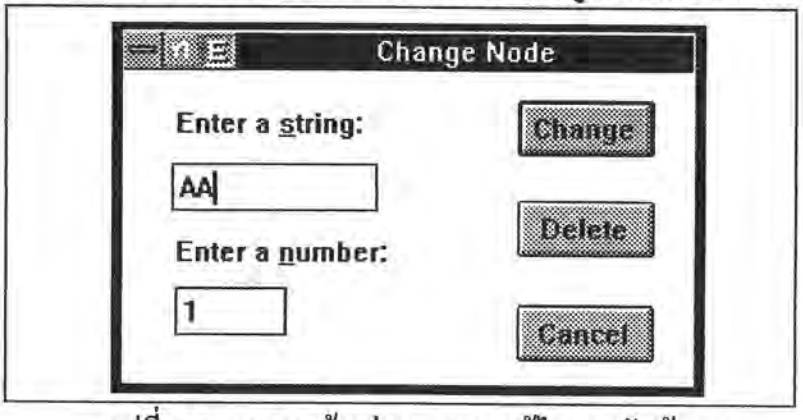
- การรวม (Merge) โครงสร้างข้อมูลจากตัวควบคุมตัวอื่นเข้ามายังโครงสร้างข้อมูลของตัวควบคุมที่กำหนด ซึ่งเป็นการทำงานด้วยฟังก์ชันที่อยู่ในแฟ้มของตัวควบคุมเช่นกัน

3. <u>การอ่านข้อมูลในโครงสร้างข้อมูล</u>

การอ่านข้อมูลที่อยู่ในโครงสร้างข้อมูล จะมีการอ่านข้อมูลได้หลายรูปแบบ โดยเป็นการกระทำผ่านฟังก์ชันที่อยู่ในแฟ้มของตัวควบคุมเพียงช่องทางเดียว การอ่านข้อมูลบัพรากออกมาจากโครงสร้างข้อมูลถือเป็นการทำงานที่เกิดขึ้นอยู่เสมอในโครงสร้างข้อมูลแบบฮีป และยังมีวิธีการอ่านข้อมูลโดยการกำหนดลำดับเลขที่บัพที่ต้องการโดยตรง หรือกำหนดจากความสัมพันธ์บัพแม่และบัพลูกซ้าย-ขวา การอ่านข้อมูลจะถูกทำให้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในวิชวลเบสิคเช่นกัน

4. <u>การแก้ไข การลบบัพข้อมูล และการล้าง (Clear) โครงสร้างข้อมูล</u>

การแก้ไขเปลี่ยนแปลงต่อข้อมูลในโครงสร้างข้อมูล อาจทำให้คุณสมบัติของโครงสร้างฮีปผิดไปจากข้อกำหนด จึงมีการจัดการให้โครงสร้างข้อมูลเป็นฮีปดังเดิม (เป็นคุณสมบัติข้อหนึ่งของตัวควบคุมที่เลือกได้ว่าจะจัดให้เป็นฮีปหรือไม่) และการกระทำข้างต้นจะทำให้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในวิชวลเบสิคด้วย การแก้ไขเปลี่ยนแปลงโครงสร้างข้อมูล สามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งได้แก่



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างของการแก้ไข ลบบัพข้อมูล

- การกระทำผ่านทางหน้าต่างการแก้ไข ลบบัพข้อมูล ซึ่งสามารถแก้ไขข้อมูลได้ทั้ง 2 ส่วน และเลือกได้ว่า จะให้เปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือลบข้อมูลออกจากโครงสร้างข้อมูล ในการแก้ไขข้อมูล ข้อมูลทั้ง 2 ส่วนจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องเหมือนกับการเพิ่มข้อมูล การเรียกใช้งานหน้าต่างนี้ทำได้โดยการคลิกเมาส์ข้างขวาที่บัพข้อมูลที่ต้องการติดกัน 2 ครั้ง ตัวอย่างของหน้าต่างการแก้ไข ลบข้อมูลแสดงในรูปที่ 4.5

- การลบข้อมูลผ่านทางคุณสมบัติของตัวควบคุม โดยการกำหนดค่าคีย์ของบัพที่ต้องการลบผ่านทางคุณสมบัติของตัวควบคุม บัพข้อมูลนั้นก็จะถูกลบออกจากโครงสร้างข้อมูล

- การแก้ไข การลบบัพข้อมูลด้วยฟังก์ชันการทำงานที่อยู่ในแฟ้มของตัวควบคุม

- การล้างข้อมูลทั้งหมดออกจากโครงสร้างข้อมูล โดยการใช้วิธี Clear ของวิชวลเบสิค บัพข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกลบออกจากโครงสร้างข้อมูล

5. <u>การจัดเรียงลำดับข้อมูล</u>

เป็นการใช้ฟังก์ชันการทำงานที่อยู่ในแฟ้มของตัวควบคุมให้ทำการจัดเรียงลำดับบัพข้อมูลในโครงสร้างข้อมูลด้วยวิธีการของ Heapsort โดยลำดับในการจัดเรียงจะพิจารณาจากคุณสมบัติที่ได้กำหนดไว้ในตัวควบคุม

6. <u>การแสดงแผนภาพของโครงสร้างข้อมูล</u>

การวาดแผนภาพของโครงสร้างข้อมูล จะมีการวาดภาพทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายในโครงสร้างข้อมูล เช่น การเพิ่มขึ้นของบัพข้อมูลใหม่ เป็นต้น ในกรณีกำหนดให้วาดแผนภาพของโครงสร้างข้อมูลเป็นแบบต้นไม้ ก็จะมีการจัดให้ต้นไม้ของโครงสร้างข้อมูลอยู่ตรงกลางเพื่อให้ได้ภาพของต้นไม้ที่มีความสมดุลย์อยู่ภายในกรอบของตัวควบคุม โดยการวาดภาพจะอยู่ภายใต้หลักการที่ต้องการให้แสดงทุก ๆ บัพ ของโครงสร้างข้อมูลออกมาให้มองเห็นได้ทั้งหมดภายในกรอบของตัวควบคุม การวาดแผนภาพของโครงสร้างข้อมูลจะมีคุณสมบัติหลัก ๆ ของตัวควบคุมที่เกี่ยวข้องกับการแสดงผลดังต่อไปนี้

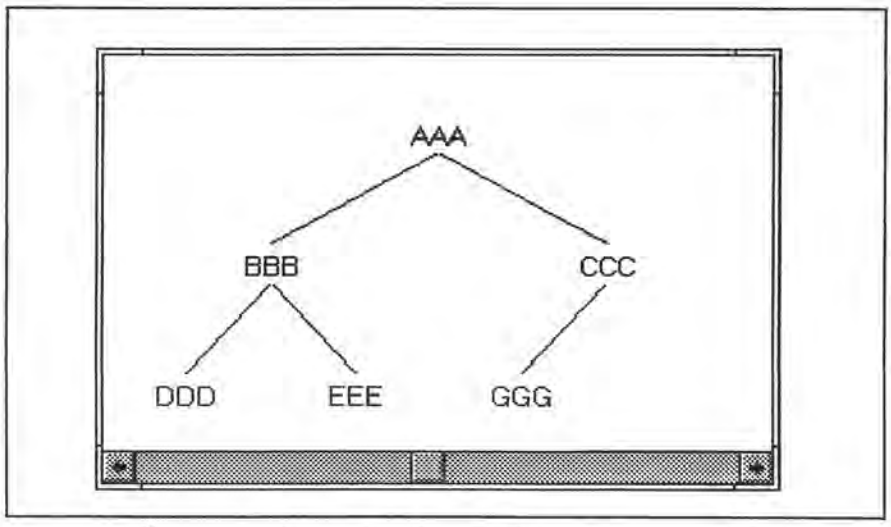
- Animation เพื่อพิจารณาว่า จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของบัพข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการทำงานของตัวควบคุมหรือไม่

- DisplayTree เพื่อพิจารณาว่า การแสดงแผนภาพของโครงสร้างข้อมูลจะแสดงเป็นแผนภาพของต้นไม้หรือเป็นแบบแถวลำดับ

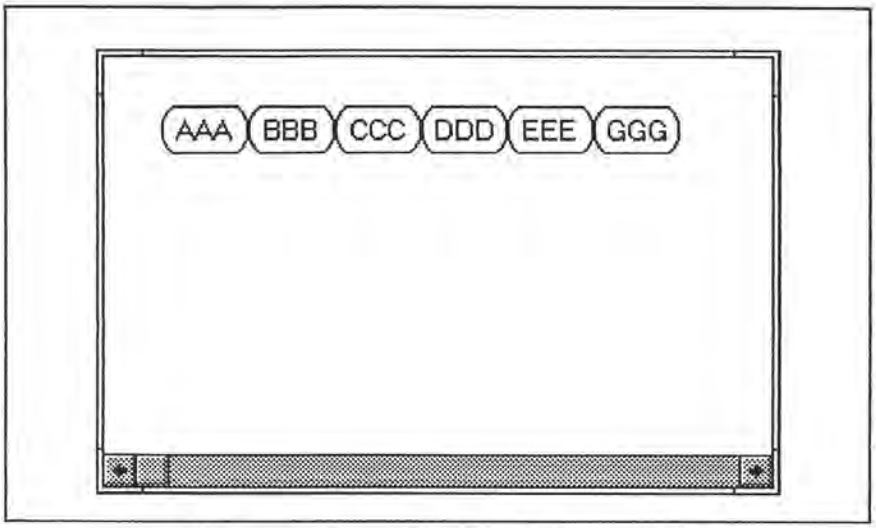
- DisplayByKey เพื่อพิจารณาว่าการแสดงแผนภาพของโครงสร้างข้อมูล จะนำข้อมูลส่วนที่เป็นคีย์ หรือส่วนที่เป็นตัวแทนของบัพมาแสดง

- CharPerNode จะใช้ในกรณีเลือกให้การแสดงแผนภาพของโครงสร้างข้อมูลเป็นแบบแถวลำดับ คุณสมบัตินี้จะใช้ในการกำหนดจำนวนตัวอักขระที่จะนำมาแสดงในแต่ละบัพ

ในรูปที่ 4.6 จะเป็นตัวอย่างของโครงสร้างข้อมูลฮีปที่แสดงเป็นแผนภาพของต้นไม้ ส่วนในรูปที่ 4.7 จะแสดงเป็นแบบแถวลำดับที่กำหนดให้แต่ละบัพนำข้อมูลมาแสดงเพียง 3 ตัวอักขระ โดยทั้ง 2 รูปได้กำหนดให้นำข้อมูลส่วนที่เป็นตัวแทนของบัพมาแสดง



รูปที่ 4.6 แสดงโครงสร้างข้อมูลฮีปด้วยแผนภาพของต้นไม้



รูปที่ 4.7 แสดงโครงสร้างข้อมูลฮีปแบบแถวลำดับ

คุณสมบัติของตัวควบคุม

1. คุณสมบัติที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่
   - CtlName
   - BackColor
   - ForeColor
   - Left
   - Top
   - Width
   - Height
   - DragMode
   - DragIcon
   - FontName
   - FontBold
   - FontItalic
   - FontStrike
   - FontSize
   - FontUnder
   - Visible
   - hWnd

2. คุณสมบัติที่สร้างขึ้นมาใหม่ เฉพาะสำหรับตัวควบคุมนี้ ได้แก่
   - Animation
   - HeapOrder
   - NodeTime
   - DisplayByKey
   - DisplayTree
   - CharPerNode
   - BuildHeap
   - InputNode

- Node_rep
- Node_val
- Del_val

<u>เหตุการณ์ของตัวควบคุม</u>

1. เหตุการณ์ที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่
   - Click
   - DblClick
   - DragDrop
   - DragOver
   - MouseMove
   - MosueDown
   - MouseUp

2. เหตุการณ์ที่สร้างขึ้นมาใหม่ เฉพาะสำหรับตัวควบคุมนี้ ได้แก่
   - HpNodeAdd
   - HpNodeChg
   - HpNodeDel
   - HpNodeRead
   - HpClear
   - HpMergeIn

<u>วิธีและฟังก์ชันของตัวควบคุม</u>

1. วิธีที่เป็นมาตรฐาน ได้แก่
   - Clear

2. ฟังก์ชันที่สร้างขึ้นมาใหม่เฉพาะสำหรับตัวควบคุมนี้ ได้แก่
   - HpGetTopVal

- HpGetTopRep
- HpGetCount
- HpGetNode
- HpGetLChild
- HpGetRChild
- HpGetParent
- HpPopNode
- HpAddNode
- HpChgNode
- HpDelNode
- HpMerge
- HpSort

สัญรูปที่ใช้เป็นตัวแทนของตัวควบคุมในกล่องเครื่องมือ (Toolbox)

สัญรูปที่สร้างขึ้นมาจะประกอบด้วยแฟ้มสัญรูป 4 แฟ้ม สำหรับจอภาพ 3 ชนิด ซึ่งเป็นรูปภาพลักษณะดังนี้