Linked List

Assembled for 204112
by Kittipitch Kuptavanich
Ratsameetip Wita

Static Data Structure

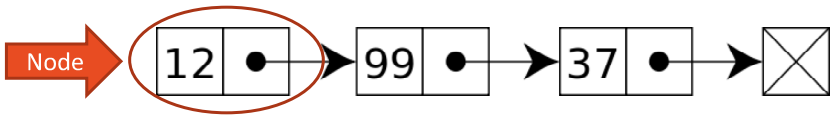
- พิจารณา การเก็บข้อมูลแบบ Array
  - มีขนาดจำกัด ต้องระบุไว้ล่วงหน้าว่า Array มีความจุเท่าไร
  - จำเป็นต้องจองพื้นที่เก็บข้อมูลที่ต่อเนื่องกันในหน่วยความจำเป็นชิ้นเดียว
  - มีความยุ่งยากในกรณีต่อไปนี้
    - กรณีที่เก็บข้อมูลจนเต็มพื้นที่
    - ต้องการลดขนาดเนื่องจากจองที่ไว้เกินกว่าที่ต้องการมาก

Dynamic Data Structure

- ไม่จำเป็นต้องมีการระบุจำนวนข้อมูลที่ต้องการเก็บไว้ล่วงหน้า
- จองที่ในหน่วยความจำ เมื่อมีการเพิ่มข้อมูล
  - จองหน่วยความจำแยกกันได้เป็นหน่วยย่อย ๆ
- ปล่อยหน่วยความจำที่ไม่ต้องการใช้ เมื่อมีการลบข้อมูล

Linked List

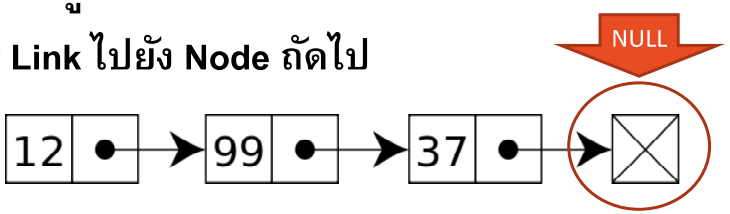
- Definition: Linked List (ลิงท์ ลิสต์) เป็น Dynamic Data Structure ที่มีข้อมูล (record) เรียงต่อกัน โดยแต่ละ element มี link เชื่อมไปยัง record ถัดไป
- Linked List มีได้หลายประเภท เช่น Singly Linked, Doubly Linked, Circular – ใน class นี้เราจะพิจารณาแค่ Singly Linked List



- เรียกแต่ละ element ใน linked list ว่า Node

Linked List [2]

- แต่ละ **Node** จะประกอบด้วย
  - ข้อมูลที่ต้องการเก็บ
  - **Link** ไปยัง **Node** ถัดไป



- ตำแหน่งท้ายสุดของ **List** จะมี **Link** ชี้ไปที่ NULL
- เราจะเข้าถึงข้อมูลใน **List** โดยการเก็บตำแหน่งแรกสุดของ **List (head)** ไว้

Syntax – Node Declaration

```
struct node
{
  int data;       /* can be any data type */
  struct node *next;
};
struct node *head;
```

ตำแหน่งหัว List (head)

```
/* สามารถใช้ typedef เพื่อสร้าง alias (shortcut) */
typedef struct node nodeT;
```


Dynamic Memory Allocation

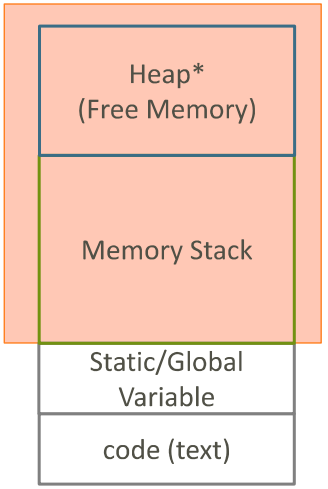
- โดยปกติแล้ว ตัวแปรใด ๆ ที่สร้างขึ้นใน **function** จะไม่สามารถถูกเข้าถึง (เขียน/อ่าน) ได้ เมื่อจบการทำงาน **function** นั้น ๆ

```
pointT *createPoint(int x, int y ) {
  pointT newPoint = {x,y};
  return &newPoint;
}
```

Will NOT Work!!

Application Memory Allocation

- ในการรันโปรแกรม จะมีการจัดสรรหน่วยความจำ 2 รูปแบบคือ **Stack** และ **Heap**
- **Stack** จัดการโดย **OS**
  - เก็บค่าตัวแปร แต่ละฟังก์ชัน
  - คืนพื้นที่อัตโนมัติ หลังจบฟังก์ชัน
- **Heap** จัดการจองและคืนโดยโปรแกรมเมอร์ ผ่านคำสั่ง `malloc()`, `calloc()`, `realloc()` และ `free()`



Dynamic Memory Allocation [2]

- **Stack**
  - ข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ใช้เฉพาะในฟังก์ชันใดฟังก์ชั่นหนึ่ง
  - จัดการให้อัตโนมัติ ไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งเพิ่มเติม
- **Heap** เหมาะกับ
  - การเก็บข้อมูลอาเรย์ หรือ **struct** ขนาดใหญ่ เช่น `int arr[1000000];`
  - ตัวแปรที่ต้องการเก็บไว้ใช้ร่วมกันหลายฟังก์ชัน
  - อาเรย์หรือ **struct** ที่มีการเพิ่มหรือลดขนาดได้
  - โครงสร้างข้อมูลแบบต่าง ๆ (เรียนในวิชา **Data Structure**)
  - **Programmer** จัดการการใช้งานเอง

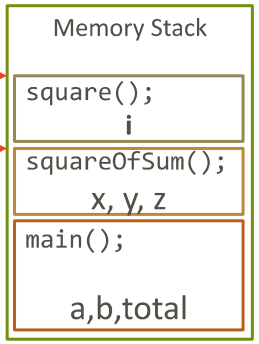
Memory Allocation in Stack

```c
#include <stdio.h>
int square(int i){
    return i*i;
}

int squareOfSum(int x,int y){
    int z= square(x+y);
    return z;
}

int main(){
    int a=4, b=8;
    int total;
    total = squareOfSum(a,b);
    printf("output = %d",total);
    return 0;
}
```

ฟังก์ชั่น `squareOfSum();` ทำการเรียกฟังก์ชั่น `square(x+y);` ระบบจะทำการจองพื้นที่ใน stack เพิ่มเติมให้กับฟังก์ชั่น `square();`



เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน ระบบจะทำการจองพื้นที่เพื่อเก็บตัวแปรสำหรับ `main()`ไว้ใน Stack

เมื่อเรียกคำสั่ง `squareOfSum(a,b);` ระบบจะทำการจองพื้นที่ไว้ใน Stack ต่อจาก `main()` ที่จองไว้ก่อนหน้า

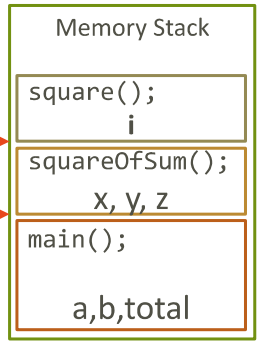
Memory Deallocation in Stack

```c
#include <stdio.h>
int square(int i){
    return i*i;
}

int squareOfSum(int x,int y){
    int z= square(x+y);
    return z;
}

int main(){
    int a=4, b=8;
    int total;
    total = squareOfSum(a,b);
    printf("output = %d",total);
    return 0;
}
```

เมื่อ `square()` ทำงานถึงคำสั่ง `return` โปรแกรมจะคืนพื้นที่สำหรับฟังก์ชั่น ให้กับระบบโดยอัตโนมัติ และคืนค่าตัวแปรไปยังฟังก์ชันที่เรียกใช้งาน



พื้นที่ของ `main()`จะถูกจองไว้จนโปรแกรมจบการทำงาน

เมื่อ`squareOfSum()` จบการทำงาน ระบบจะทำการคืนพื้นที่ใน Stack ให้กับ `main()`

Dynamic Memory Allocation [3]

หากต้องการสร้างตัวแปรที่มี data type เป็น struct ขึ้น โดยที่ต้องการให้มีการเข้าถึงข้อมูลในตัวแปรนั้น ๆ ได้ นอก function ที่สร้างตัวแปรนั้น ๆ

- จำเป็นต้องมีการจองหน่วยความจำไว้อย่างถาวร โดยการใช้ฟังก์ชัน `malloc()`

```c
void *malloc(size_t n)
```

- **`malloc` = memory allocate**
- **Return pointer** (ไม่ระบุชนิด – `void *`) ไปยังหน่วยความจำที่จองไว้ตามขนาดที่ระบุ (`n`)
- หากจองหน่วยความจำไม่สำเร็จ จะ **return NULL**

Dynamic Memory Allocation [4]

```
nodeT *newNode = (nodeT *) malloc(sizeof(nodeT));
```

- เนื่องจาก `malloc()` มีการ return ค่าเป็น `void *` เราจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนชนิด (type casting) ของ pointer เป็นชนิดที่เราต้องการ
- ฟังก์ชัน `sizeof()` ใช้เพื่อวัดขนาดของ หน่วยความจำที่ต้องการจอง ในกรณีนี้เราต้องการขนาดเท่ากับขนาดของหนึ่ง `nodeT`
- หากต้องการจองที่สำหรับ int array ขนาด 10 หน่วย

```
malloc(sizeof(int) * 10)
```


Dynamic Memory Allocation [5]

```
void *calloc(size_t n, size_t size)
```

- จองพื้นที่หน่วยความจำในลักษณะ array ที่มีสมาชิก `n` ตัว โดยแต่ละตัวมีขนาด `size` byte
- พร้อมกำหนดให้ค่าเริ่มต้นทั้งหมดของสมาชิกแต่ละตัวเป็น 0

ข้อควรระวัง: หากมีการจองหน่วยความจำไว้อย่างถาวรเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ก็จะเต็มในที่สุด

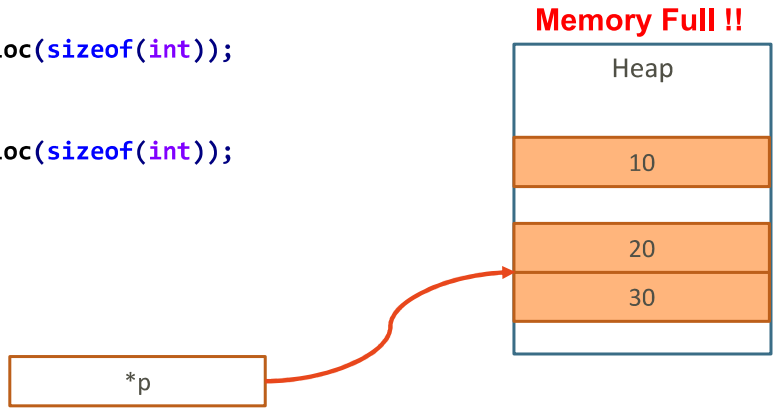
Dynamic Memory Allocation [6]

```
int main()
{
    int i;
    int *p= malloc(sizeof(int));
    *p=10;

    p= malloc(sizeof(int));
    *p=20;

    p= malloc(sizeof(int));
    *p=30;

}
```



Dynamic Memory Allocation [7]

ดังนั้นเมื่อไม่ใช้ตัวแปรใด ๆ ที่มีการจองหน่วยความจำไว้แบบถาวร เราจำเป็นต้องคืนหน่วยความจำนั้น ๆ โดยการใช้ฟังก์ชัน `free()`

```
void free (void *)
/* for example */
free(newNode)
```

- ใน application ใด ๆ จำนวน memory ที่จองด้วย `malloc()` จะต้องเท่ากับ memory ที่ `free()` ออก ในที่สุด เพื่อป้องกัน memory leak

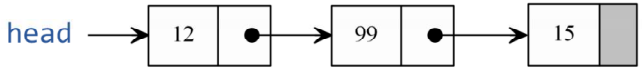
Creating a Node

```
nodeT *createNode (int data) {
  nodeT *newNode = malloc(sizeof(nodeT));
  if (newNode == NULL)  /* not enough memory */
    return NULL;

  newNode->data = data; /*same as (*newNode).data*/
  newNode->next = NULL;
  return newNode;
}
```


Adding New Node to a List

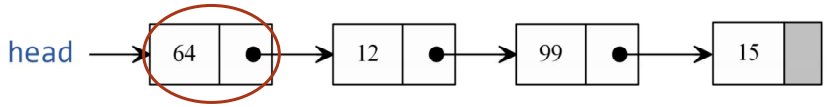
- เราสามารถเพิ่ม Node ใหม่เข้าไปที่ส่วนหัว (add to front) หรือส่วนท้าย (add to back)
- Original List



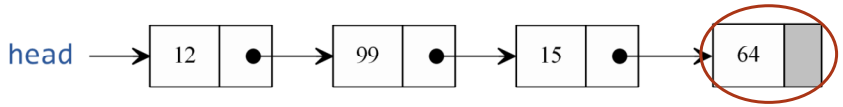
- newNode

- Add to Front

ถ้า head เป็น NULL
การ add newNode จะเป็นการสร้าง List ใหม่

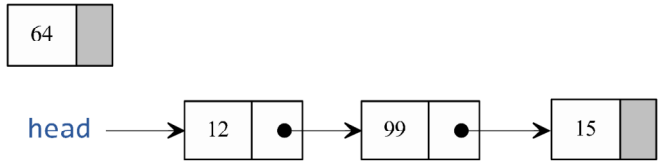


- Add to Back

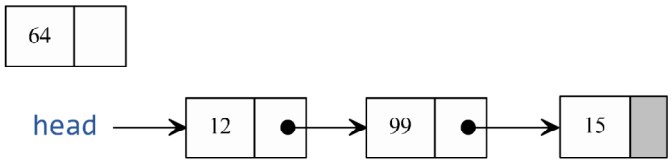


Add Node to Front

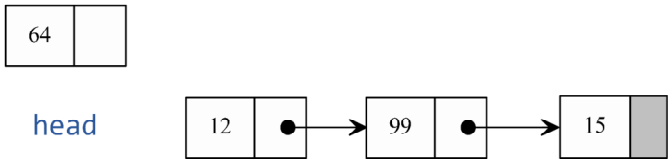
STEP 0:



STEP 1:



STEP2:



Add Node to Front [2]

```
nodeT *addToFront(nodeT *head, int data)
{
    nodeT *newNode = createNode(data);
    if (newNode == NULL) /* not enough memory */
        return head;
    newNode->next = head;
    return newNode;
}
```

ถ้าต้องการ add to back จะต้องทำอย่างไร?

List Iterating

- การเข้าถึงทีละสมาชิกสามารถทำได้โดย

```
for (p = head; p != NULL; p = p->next) {
  /* do  something */
}

for (p = head; p->next != NULL; p = p->next) {
  /* do  something */
}
```


List Iterating [2]

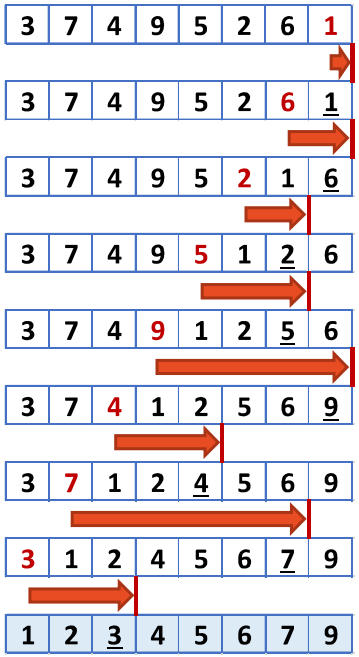
- หรือใช้ `while` เช่น

```
void printList(nodeT *head)
{

    nodeT *currNode = head;
    while (currNode != NULL) {

        printf("%d -> ", currNode->data);
        currNode = currNode->next;
    }
    printf("NULL\n");

}
```

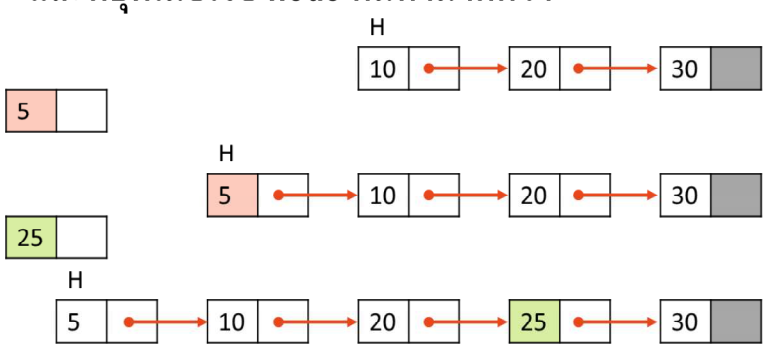



Insert in Order

- **Insertion Sort (Revisited)**
  - เริ่มจากตำแหน่งขวาสุด
  - จับวิ่งไปทางขวาจนพบค่ามากกว่า จึงหยุด

Insert in Order [2]

- ทำนองเดียวกันกับ **insertion sort**
  - จับ `newNode` วิ่งไปทางขวา (วิ่งจาก **head** ไปทางท้าย **list**) และหยุดเมื่อเจอ **node** ที่มีค่ามากกว่า

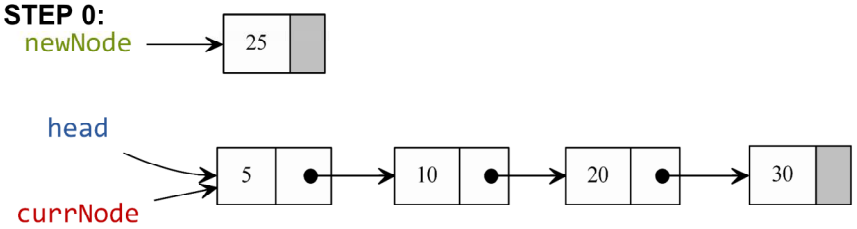


Insert in Order [3]

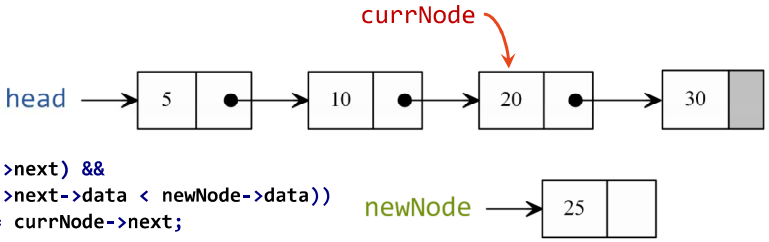
1. **Case 1:** หาก `newNode->data` น้อยกว่า `head->data` หรือ `head == NULL`
   - `return addToFront(head, data)`
2. **Case 2:** วิ่งไล่ที่ ละ Node จนเจอ `nodeX` ที่ `nodeX->data > newNode->data`
   - นำ `newNode` ไว้ที่ตำแหน่งหน้า `nodeX` นั้น

Insert in Order [4]

- **STEP 0:**



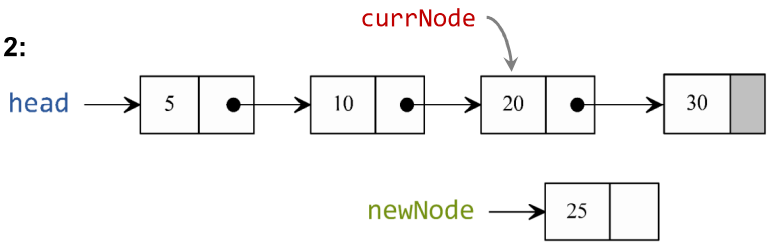
- **STEP 1:**



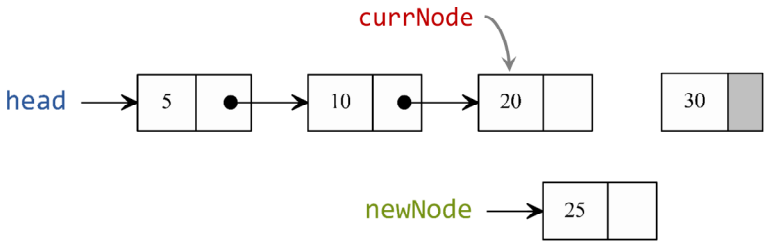

```
while ((currNode->next) &&
       (currNode->next->data < newNode->data))
       currNode = currNode->next;
```


Insert in Order [5]

- **STEP 2:**



- **STEP 3:**



Find in List

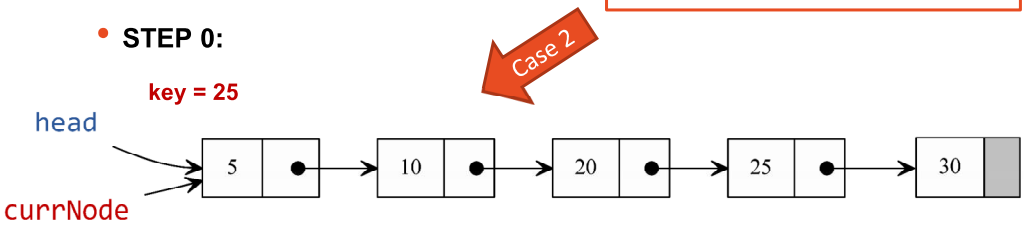
```
nodeT *findInList(nodeT *head, int key)
{
    nodeT* currNode = head;
    while (currNode && currNode->data < key) {
        currNode = currNode->next;
    }
    if (                                  )
        return          ;


}
```

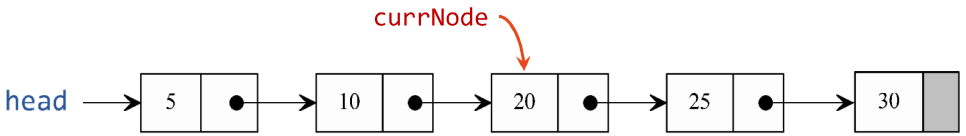
Delete from List

- Case 1: key อยู่ ตำแหน่ง head (Easy)
- Case 2: key อยู่ภายใน list

- **STEP 0:**



- **STEP 1:**

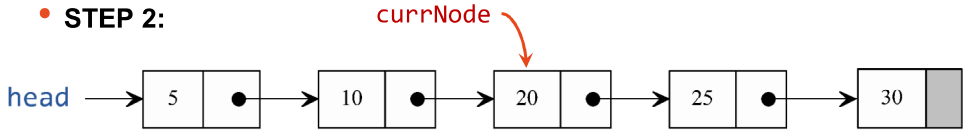



```
while ((currNode->next) &&
       (currNode->next->data < key))
       currNode = currNode->next;
```

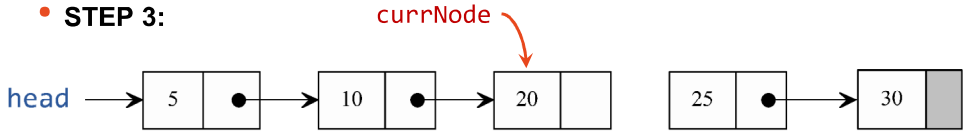

Delete from List [2]

```
if (currNode->next && currNode->next->data != key) {
    printf("Key %d not found\n", key);
    return head;
}
```

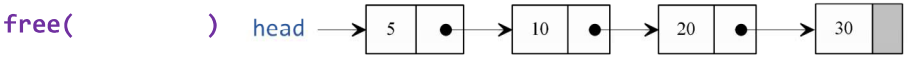
- **STEP 2:**



- **STEP 3:**



- **STEP 4:**

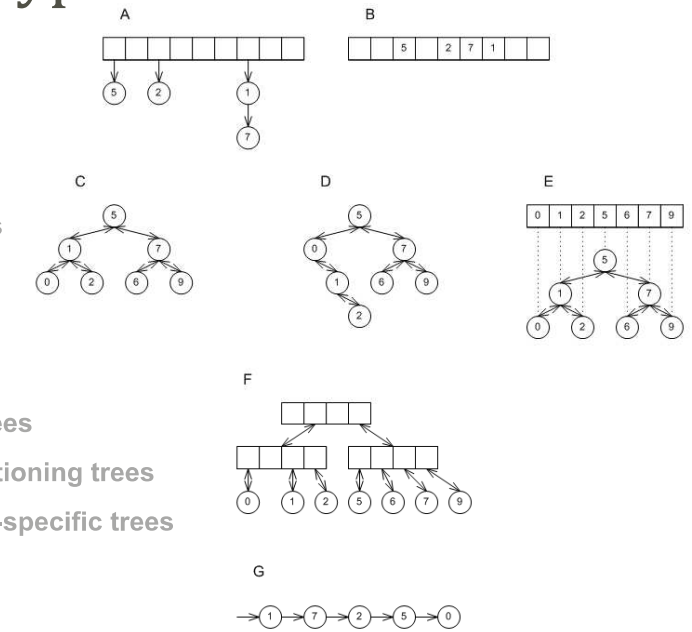


Array vs Linked List

- กรณีต้องการ **delete**
  - **Array:** หลังจาก **delete** ต้องขยับสมาชิกอื่น ๆ เพื่อมาแทนที่ว่าง
  - **Linked List:** ไม่มีผลกระทบหลังการ **delete**
- กรณีต้องการ **insert**
  - **Array:** ต้องขยับสมาชิกอื่น ๆ เพื่อสร้างที่ว่างให้ **insert** ได้
  - **Linked List: insert** ได้โดยไม่ต้องขยับสมาชิกอื่น ๆ

Other Types of Data Structures

- **Arrays**
- **Lists**
- Trees
- Binary trees
- B-trees
- Heaps
- Tries
- Multiway trees
- Space-partitioning trees
- Application-specific trees
- Graphs



Reference

- http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-087-practical-programming-in-c-january-iap-2010/
- http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_data_structures