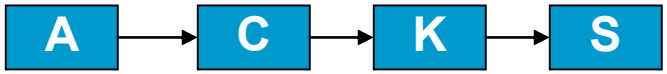
บทที่ 7

Linked list

สุนทรี คุ้มไพโรจน์



ทำไมถึงต้องใช้ linked list

Linked list vs. array

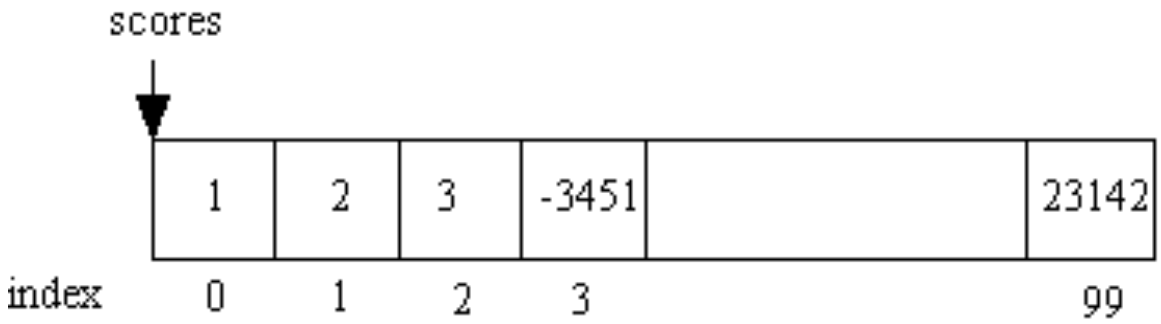
- เป็นโครงสร้างข้อมูลที่เก็บ collections of data เหมือนกัน
- สามารถเก็บข้อมูลได้ทุกชนิดเหมือนกับโครงสร้างข้อมูลอื่น ๆ
- แต่ linked list และ array มีข้อดี ข้อเสียต่างกัน

ทบทวน array

- Array เป็นโครงสร้างที่ง่ายที่สุดและพื้นฐานที่สุดในบรรดาโครงสร้างข้อมูลด้วยกัน
- โครงสร้าง array ประกอบไปด้วยโดเมน (domain) และ เรนจ์ (range)
- แต่ที่เราใช้กันมาก ก็มักจะให้โดเมนเป็นหมายเลขของสมาชิกใน array
- และเรนจ์เป็นค่าสมาชิกใน array ตัวอย่างของ array code เป็นดังนี้

```
void ArrayTest ( ){
        int scores[100];
        // operate on the elements of the scores array…..
        scores[0]=1;
        scores[1]=2;
        scores[2]=3;
}
```

ทบทวน array (ต่อ)



รูป 1 โครงสร้างของ array scores

ข้อดีของ array

- อ้างถึงข้อมูลง่ายและรวดเร็ว โดยใช้เครื่องหมาย [ ]
- เช่นกำหนดให้ค่าสมาชิกของ array ตำแหน่งที่ 0 มีค่าเป็น 1 ทำได้โดยใช้คำสั่ง scores[0] = 1;
- ส่วนการเข้าถึงสมาชิกของ array ตำแหน่งอื่น ๆ ก็สามารถทำได้ดังนี้ scores[i] เมื่อ i คือตำแหน่งของ array

ทบทวน array (ต่อ)

ข้อเสียของ array

1. ขนาดของ array จะกำหนดตายตัว

    * ถ้าใช้งานจริงแค่ 20 หรือ 30 ตัว ที่เหลือจะกลายเป็นขยะ

    * ถ้าต้องการใช้งานมากกว่า 100 ตัว code ที่เขียนไว้ข้างต้นก็ใช้ไม่ได้

2. การเพิ่มสมาชิกใหม่เข้าไปใน array ต้องทำการย้ายสมาชิกเดิมที่มีอยู่แล้วเป็นจำนวนมาก

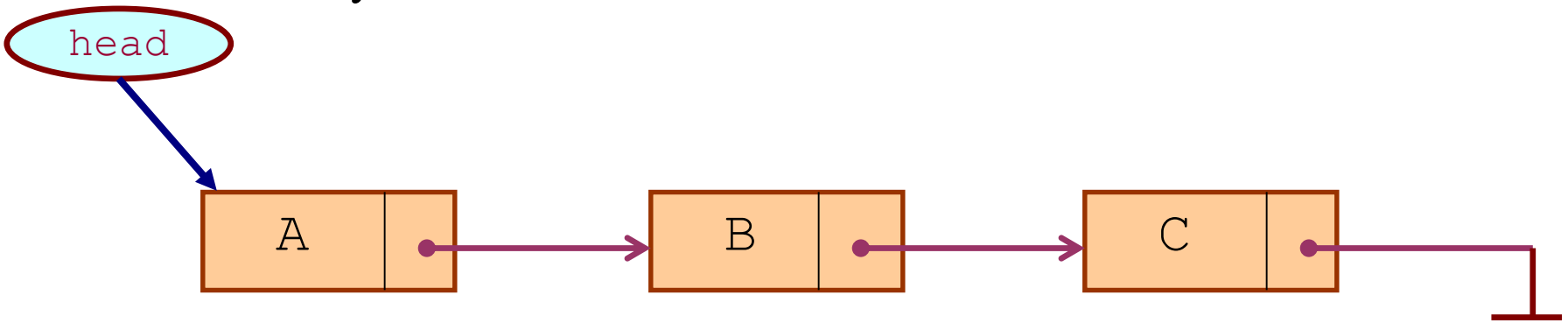
3. Array จองพื้นที่ในหน่วยความจำสำหรับทุกสมาชิกติดกันเป็นบล็อก (block)

Linked list

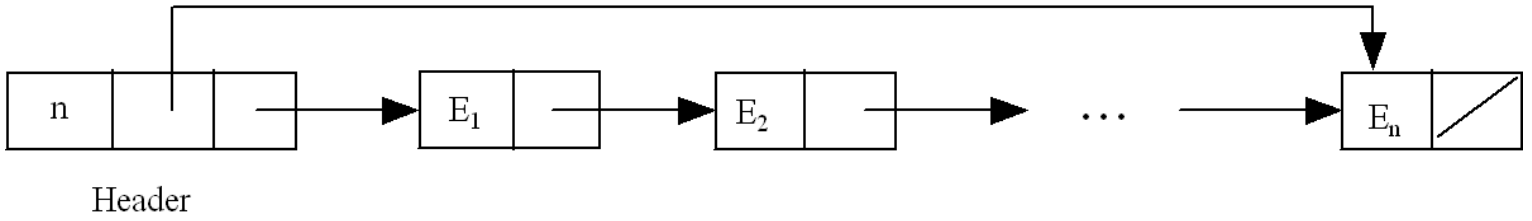
Linked list มีโครงสร้างสำคัญ 2 ส่วนคือ

- ส่วนพอยน์เตอร์ (pointer) มีไว้สำหรับชี้สมาชิกต่าง ๆ ใน linked list
- ส่วนข้อมูล (information)

- แต่ละสมาชิกของ linked list ไม่จำเป็นต้องเก็บเรียงเป็นบล็อกติดกัน เหมือนใน array

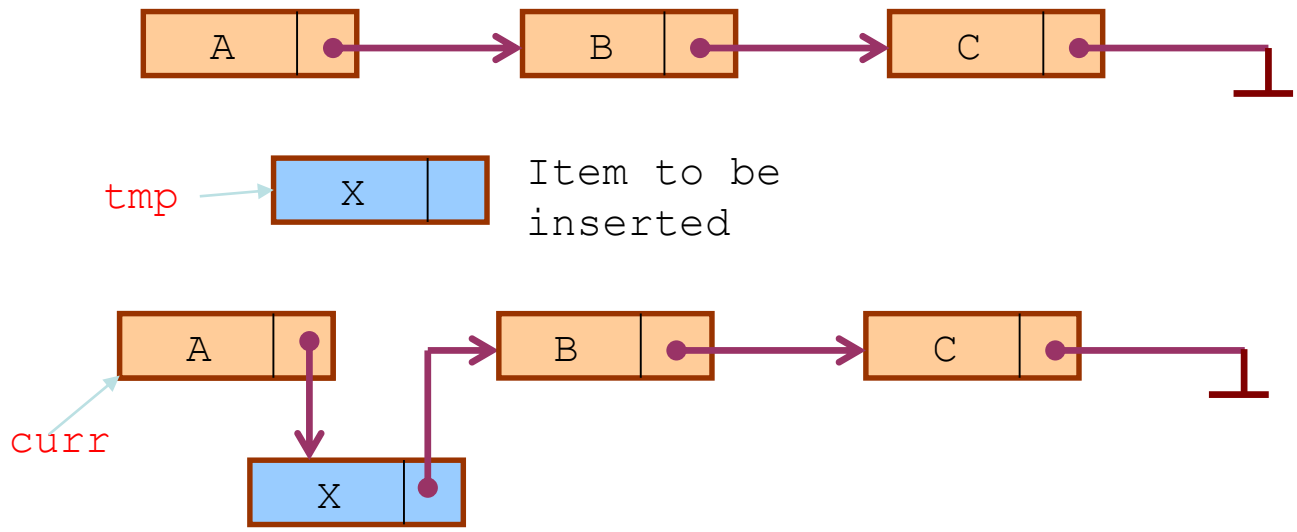


Linked list

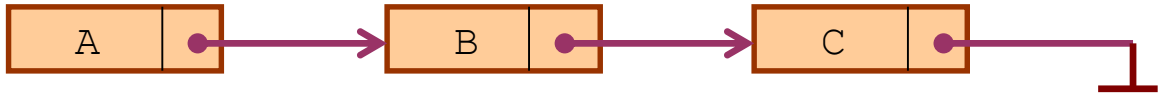


- สามารถจัดเรียงตามค่าของพอยน์เตอร์ที่อยู่ในสมาชิกนั้น
- ใช้พอยน์เตอร์เป็นตัวเชื่อมโยง (link) แต่ละสมาชิกของ linked list ให้อยู่รวมกันเป็นสายของข้อมูล
- สามารถจัดการกับข้อมูลในสายของข้อมูลนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถ เพิ่ม ตัดทอน ข้อมูลในส่วนใด ๆ ได้สะดวกกว่า array
- เช่น ถ้าหากต้องการแทรกข้อมูลใด ๆ ลงไปใน linked list ก็ทำได้ โดยการสร้างสมาชิกใหม่ใน linked list ที่มีค่าตามต้องการ

- การแทรกสมาชิก(insert):
  - ทำโดยให้พอยน์เตอร์ของสมาชิกตัวใหม่นี้ชี้ไปที่สมาชิกเดิมที่จะอยู่ตำแหน่งถัดจากสมาชิกใหม่
  - แล้วย้ายพอยน์เตอร์ของสมาชิกที่ต้องการให้สมาชิกใหม่นี้ต่อท้ายไปชี้ที่สมาชิกใหม่



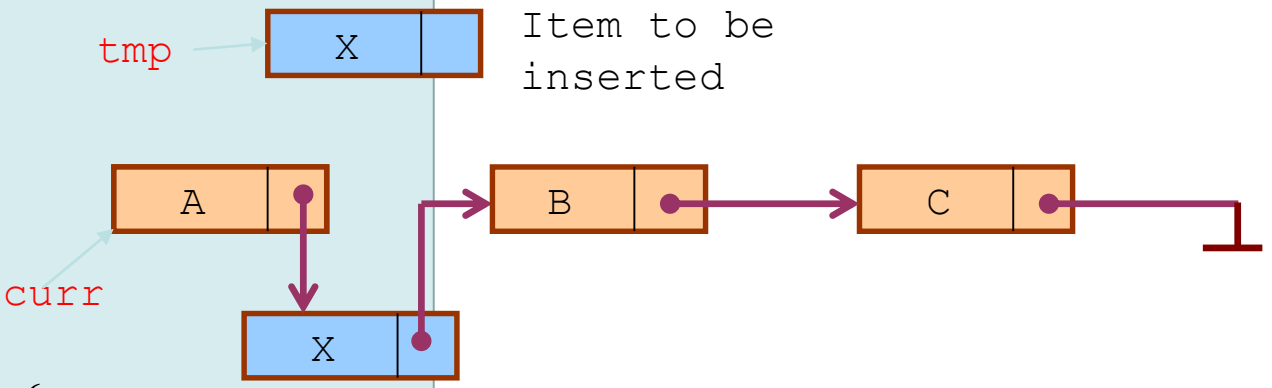
ตัวอย่างโปรแกรมการ insert



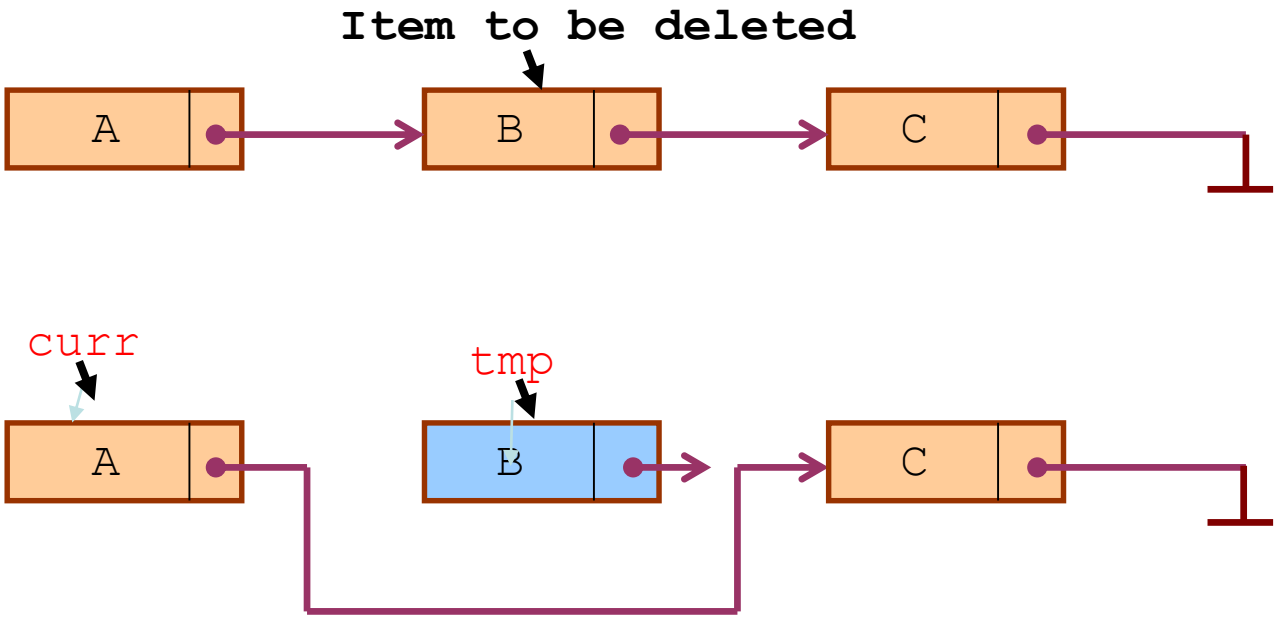

```
typedef struct nd {
   struct item data;
   struct nd * next;
} node;

void insert(node *curr) {
  node * tmp;

  tmp=(node *) malloc(sizeof(node));
  tmp->next=curr->next;
  curr->next=tmp;
}
```



- การลบสมาชิก:
  - ทำโดยให้พอยน์เตอร์ของสมาชิกตัวที่อยู่ก่อนหน้าตัวที่จะลบ ชี้ไปที่สมาชิกเดิมที่จะอยู่ตำแหน่งถัดจากสมาชิกที่จะถูกลบ
  - ทำการ **free** สมาชิกตัวที่ต้องการลบ(tmp) (คืนค่าให้หน่วยความจำ)

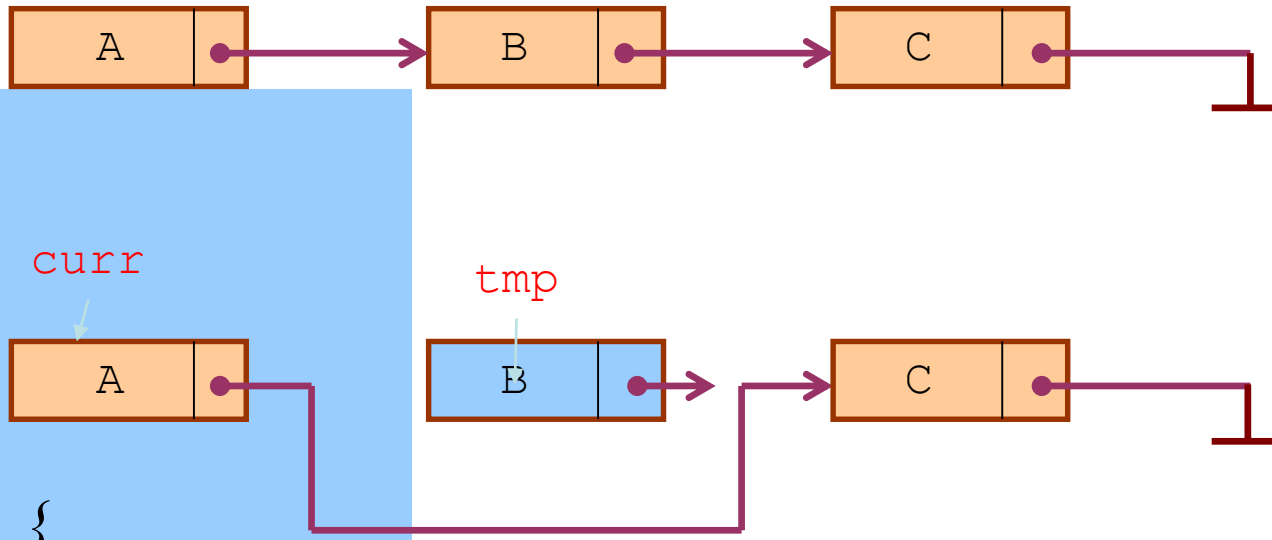


ตัวอย่างโปรแกรมการ delete

```
typedef struct nd {
   struct item data;
   struct nd * next;
} node;

void delete(node *curr)  {
   node * tmp;

   tmp=curr->next;
   curr->next=tmp->next;
   free(tmp);
}
```



กรณีที่ใช้ array

- ต้องทำการย้ายข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้าหรืออยู่หลังสมาชิกใหม่ทุกตัวออกไปเสียก่อน เพื่อสร้างที่ว่างให้กับสมาชิกใหม่
- ต้องกำหนดจำนวนสมาชิกที่แน่นอนที่ต้องการใช้ และมีอยู่บ่อยครั้งที่เราใช้เนื้อที่ที่จองนี้ไม่หมด ทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลโดยใช่เหตุ

ข้อดีอีกประการหนึ่งของ linked list คือ

- สามารถใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพในกรณีที่เรามีจำนวนข้อมูลไม่แน่นอน
- สามารถสร้างสมาชิกใหม่ขึ้นมาเพื่อทำการเพิ่มการเก็บข้อมูลได้ ตามต้องการ

การสร้างและการจัดการกับ linked list ในภาษา C

โครงสร้างของโหนด(node) หรือสมาชิกของ linked list ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

- ส่วนข้อมูลอาจเป็นจำนวนเต็ม ทศนิยม หรือโครงสร้างข้อมูลอื่น ๆ
- ส่วนพอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวถัดไป

```
typedef struct nd {
   struct item data;
   struct nd * next;
} node;
```

```
// ส่วนโหนดที่เป็นสมาชิก
struct node{
        int item;
        struct node *next;
};
typedef  struct   node   node_t;
```

ส่วนข้อมูล

ส่วนพอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยัง node ตัวถัดไป

ตัวอย่างโปรแกรม 1

Link2.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

struct Node {
    int         num;
    struct      Node   *next;
};

void main() {
   struct Node* first  = NULL;
   struct Node* last   = NULL;

    // allocate 2 nodes in the heap
   first     = (struct Node*) malloc(sizeof(struct Node));
   last      = (struct Node*) malloc(sizeof(struct Node));

   first->num = 1;
   first->next = last;

   last->num = 5;
   last->next = NULL;

   return 0;
}
```

- ให้นิสิตเขียนแผนภาพ linked list จากโปรแกรม
- ให้นิสิตลองเขียนโปรแกรมเพิ่ม node ที่มีค่า num = 3 เข้าไป

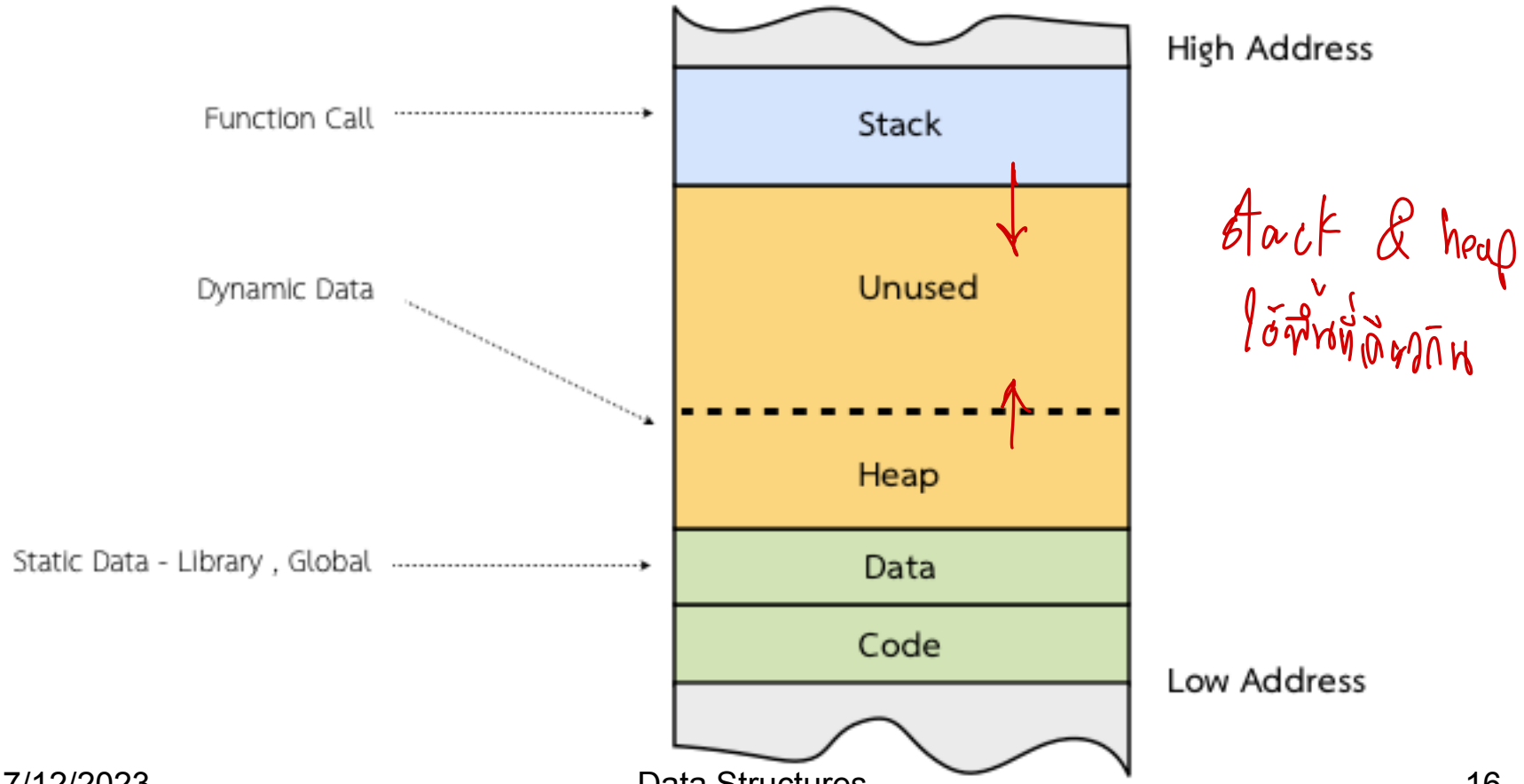
Heap

- dynamic storage
- พื้นที่ของ memory ในคอมพิวเตอร์ ที่จะถูกจัดสรร/จัดการด้วย CPU อย่างคร่าวๆ ไม่รัดกุม
- โดยพื้นที่ของ heap ส่วนใหญ่มันจะเป็นพื้นที่ว่างขนาดกว้างๆบน memory

- ในการจองหน่วยความจำแบบ heap
  เรียกใช้คำสั่ง malloc() หรือ calloc()
- เมื่อใช้งานเสร็จ ให้เรียก free() เพื่อเลิกจับจอง
  หรือเลิกใช้งานพื้นที่บน heap เมื่อไม่ต้องการใช้งานอีกต่อไป
- ถ้าลืมที่จะ free() หลังจากเลิกใช้งานแล้ว จะเกิด **memory leak**
  ทำให้ memory บน heap ยังถูกเก็บข้อมูลขยะไว้
  (และ process อื่นๆ ก็จะใช้งานมันไม่ได้)

ที่มา http://computer2know.blogspot.com/2016/04/stack-heap.html

การจัดสรร memory



Stack & heap ใช้พื้นที่เดียวกัน

การจองและคืนพื้นที่ในหน่วยความจำ

ฟังก์ชัน malloc( ) เป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่ allocates a block of memory
และ return พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังค่า block of memory ใหม่
หรือ return ค่า NULL ถ้ามีเนื้อที่ของ memory ไม่พอ

Syntax of malloc()

```
ptr = (castType*) malloc(size);
```

Example

```
ptr = (float*) malloc(100 * sizeof(float));
```

struct node* d = (struct node *) malloc (sizeof (struct node));

ที่มา https://www.programiz.com/c-programming/c-dynamic-memory-allocation

การคืนพื้นที่ในหน่วยความจำ

ฟังก์ชัน free( ) เป็นฟังก์ชันที่ทำหน้าที่คืนเนื้อที่ในหน่วยความจำที่จองไว้

Syntax of free()

```
free(ptr);
```

การใช้งานฟังก์ชัน malloc() และ free() จะต้องทำการ include header stdlib.h เข้ามาด้วย ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชัน malloc() และ free() เป็นดังนี้

ที่มา https://www.programiz.com/c-programming/c-dynamic-memory-allocation

ตัวอย่างโปรแกรม malloc( ) & free( )

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

 void main( void ) {
        char *string;      /* Allocate space for a path name */
        string = malloc( sizeof(char) );
        if( string == NULL )
                printf( "Insufficient memory available\n" );
        else {
                 printf( "Memory space allocated for path name\n" );
                free( string );
                printf( "Memory freed\n" );
        }
}
```

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct node {
    int         num;
    struct      node  *next;
} Node;

Node *newNode(){
    Node  *p;
    p = (Node *) malloc(sizeof (Node));
    p->next = NULL;
    return p;
}

void main() {
    Node *first     = newNode();
    Node *last      = newNode();
    first->num  = 1;
    first->next = last;
    last->num  = 5;
    last->next = NULL;
    return 0;
}
```

ตัวอย่างโปรแกรม 2
ที่มีการกำหนด typedef และ
สร้าง function newNode();

Link3.c

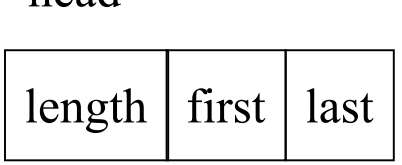
- ให้นิสิตเขียนแผนภาพ linked list จากโปรแกรม
- ให้เปรียบเทียบ โปรแกรม1&2

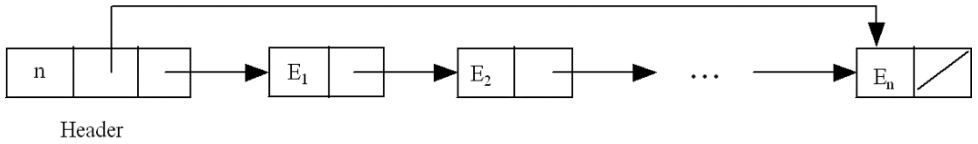
การสร้างและการจัดการกับ linked list

เราสามารถกำหนดให้ส่วนหัว(head)ของ linked list ประกอบไปด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนคือ

- ความยาวของ linked list
- พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวแรก
- พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวสุดท้าย

ดังตัวอย่างในหน้าถัดไปนี้





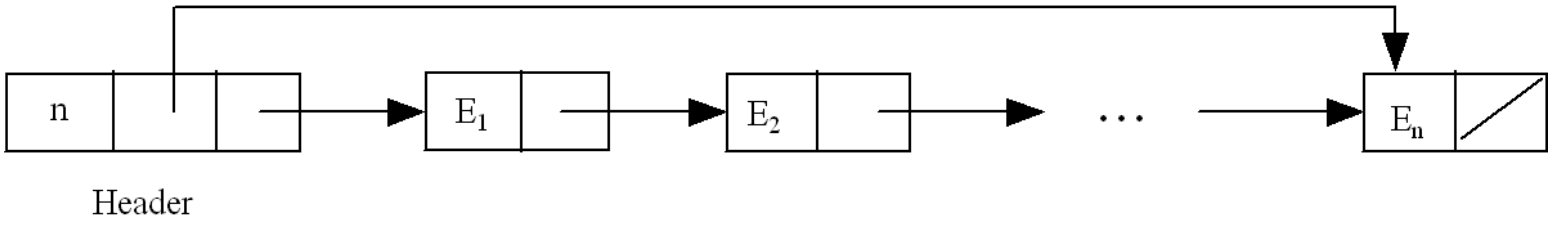

```
// กำหนดส่วนหัวของ linked list
struct head{
        int length;
        node_t *first,*last;
};
typedef  struct  head  head_t;
```

ความยาวของ linked list

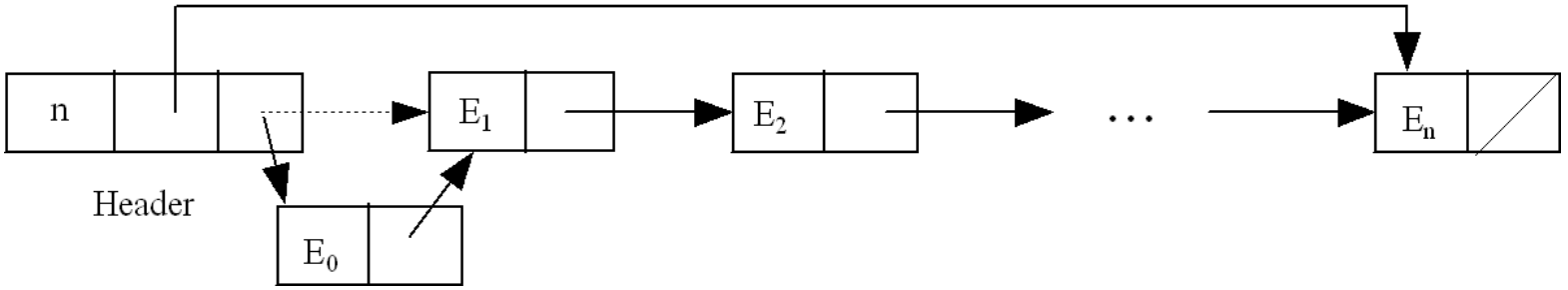
พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวแรก

พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวสุดท้าย

การเพิ่มสมาชิกใหม่เข้าไปในส่วนหน้าของ linked list



ก) ก่อนการเพิ่ม



ข) หลังการเพิ่ม

Link4.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct node {
    int         num;
    struct      node   *next;
} Node;

typedef struct linked_list {
    int    length;
    Node   *head;
} NumList;

Node *newNode(){
    Node   *p;
    p = (Node *) malloc(sizeof (Node));
    p->next = NULL;
    return p;
}

void initList(NumList *n){
    n->head = NULL;
}
```

```c
int appendHeadList(NumList *s, Node *p){
    if (s->head == NULL){
        s->head = p;
    } else { // s->head != NULL
        p->next = s->head;
        s->head = p;
    }
}

void printNumList(NumList L){
    Node *pCurr = L.head;

    while (pCurr != NULL){
        printf("Num: %d\n", pCurr->num);
        pCurr = pCurr->next;
    }
}

void main() {
    NumList NL;
    Node *N;
    initList(&NL);
    for (int i = 0; i < 3; ++i){
        N      = newNode();
        N->num = i;
        appendHeadList(&NL,N);
    }

    printNumList(NL);
    return 0;
}
```

- ผลลัพธ์การพิมพ์ตัวเลขจะเป็นอย่างไร?
- ให้นิสิตเขียนโปรแกรมคำนวณค่า length

เขียน ฟังก์ชันการลบ node ที่ head ของ linked list ชื่อยู่ deleteHeadList(NumList)

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct node {
    int         num;
    struct      node  *next;
} Node;

typedef struct linked_list {
    int   length;
    Node  *head;
} NumList;

Node *newNode(){
    Node  *p;
    p = (Node *) malloc(sizeof (Node));
    p->next = NULL;
    return p;
}

void initList(NumList *n){
    n->head = NULL;
}
```

```c
Void deleteHeadList(NumList *nl) {
    Node *temp;
    temp = nl->head;
    nl->head = temp->next;
    free(temp);
}
```

อีกตัวอย่างของการ insert front

```
// ส่วนโหนดที่เป็นสมาชิก
struct node{
        int item;
        struct node *next;
};
typedef  struct   node   node_t;
// กำหนดส่วนหัวของ linked list
struct head{
        int length;
        node_t *first,*last;
};
typedef   struct   head   head_t;
```

ส่วนข้อมูล

ส่วนพอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยัง node ตัวถัดไป

ความยาวของ linked list

พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวแรก

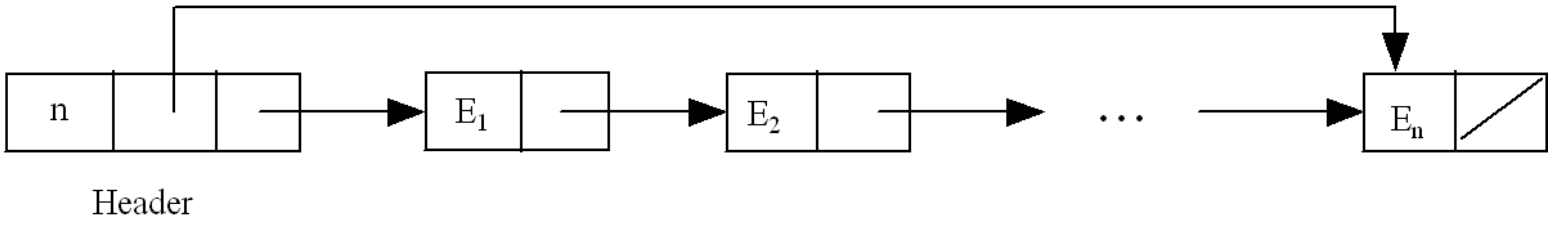
พอยน์เตอร์ที่ชี้ไปยังสมาชิกตัวสุดท้าย

อีกตัวอย่างของการ insert front (ต่อ)

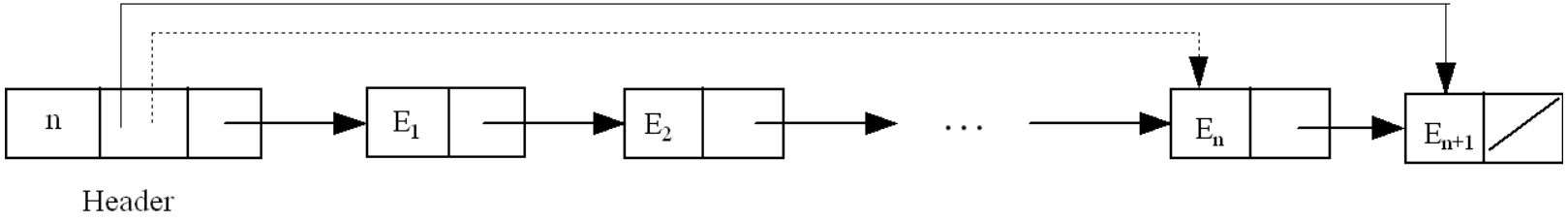
```
void insertFront(int data, head_t * head){
        node_t *new;
        new=inst_node(data, head->first);
        head->first = new;
        if (head->length == 0)
                head->last = new;
        head->length++;
}
```

```
node_t * inst_node(int val,node_t *ptr){
                node_t *new;
                if(new = malloc(sizeof(node_t))){
                        new->item = val;
                        new->next = ptr;
                }
                return(new);
}
```

การเพิ่มสมาชิกใหม่เข้าไปในส่วนท้ายของ linked list



ก) ก่อนการเพิ่ม



ข) หลังการเพิ่ม

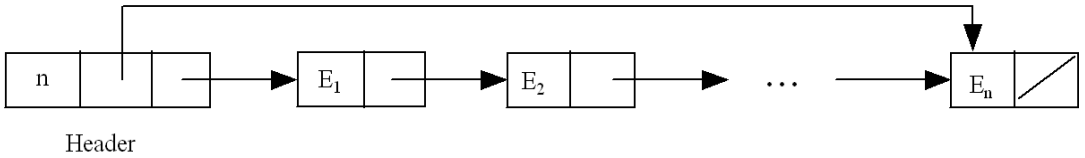
การ insert ส่วนท้าย

```
void insertEnd(int data, head_t * head){
        node_t *new;
        new=inst_node(data, NULL);
        if (head->length)
                head->last->next = new;
        else
                head->first = new;
        head->last = new;
        head->length++;
}
```

Assignment Delete node ที่อยู่ส่วนท้าย ต่อจากหน้า 27

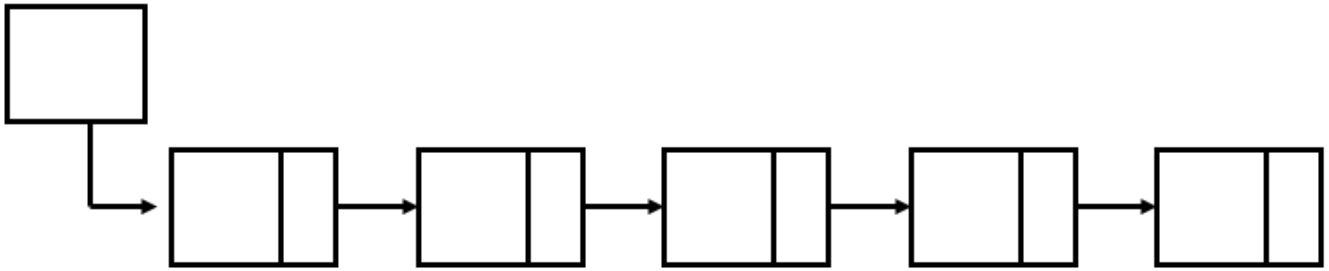
การแสดงข้อมูลใน linked list

```
void printList(head_t * head){
        node_t * current;
        int i;
        current=head->first;
        if (head->length == 0)
                printf("Empty list\n");
        else{
                printf("link list\n");
                for(i=1;i<=head->length;i++){
                        printf("%d\t",current->item);
                        current = current->next;
                }
                printf("\n");
        }
}
```



ประเภทของ linked list

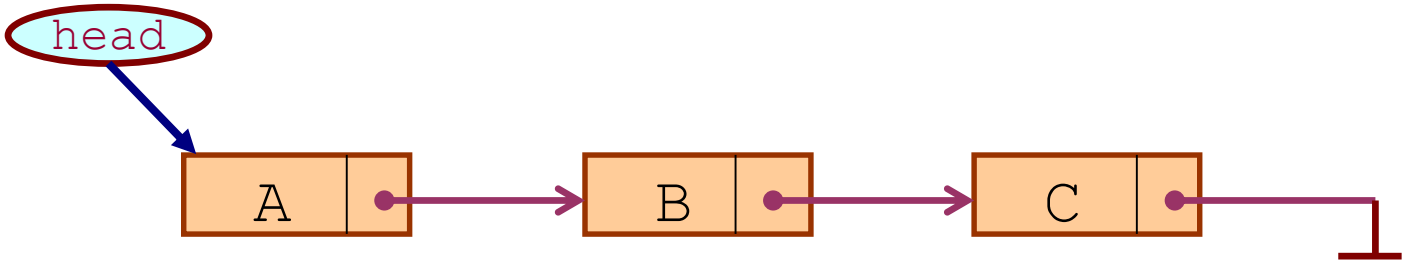
- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์เดี่ยว (Singly Linked List : SLL)



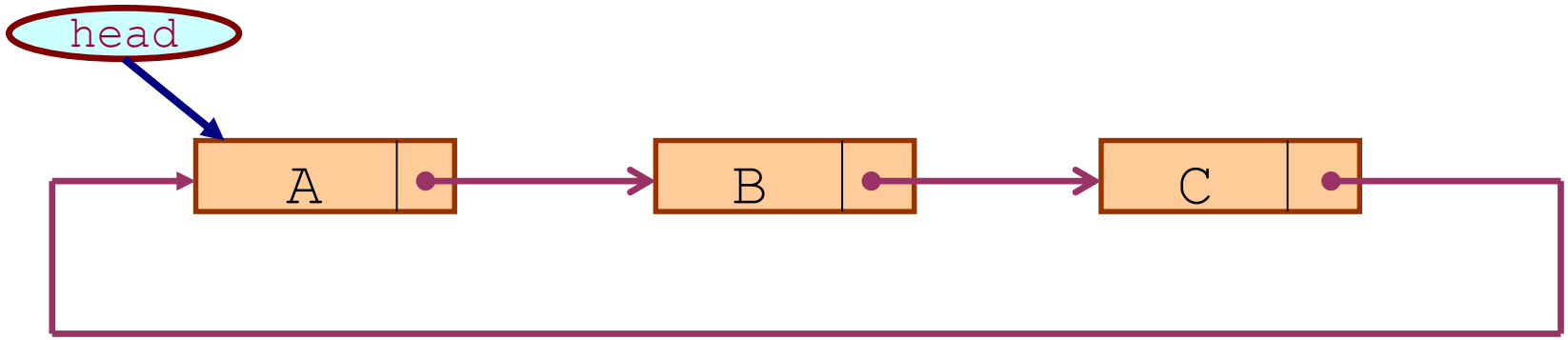
- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์คู่ (Doubly Linked List : DLL)

โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์เดี่ยว (SLL)

- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์แบบ Ordinary Singly Linked List



- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์แบบ Circular Singly Linked List (CLL)

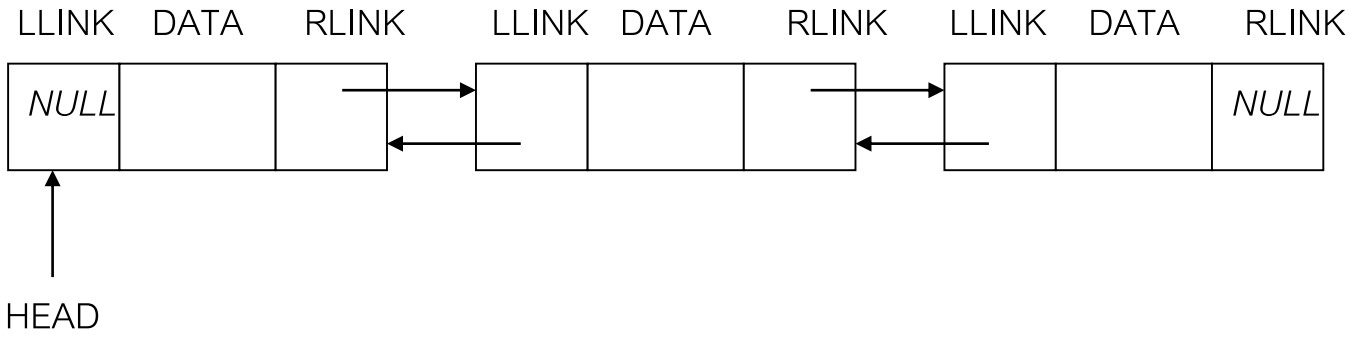


โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์คู่ (Doubly Linked List)

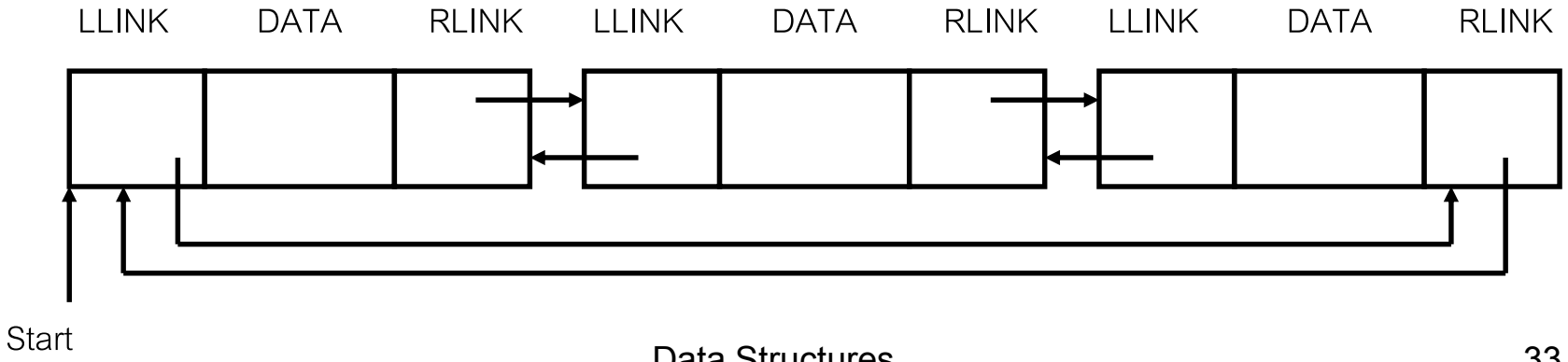
- เป็นโครงสร้างที่แต่ละโหนดข้อมูลสามารถชี้ตำแหน่งโหนดข้อมูลถัดไปได้ 2 ทิศทาง (มีพอยน์เตอร์ชี้ตำแหน่งอยู่สองทิศทาง)
- โดยมีพอยน์เตอร์อยู่ 2 ตัว
  - พอยน์เตอร์ LLINK ทำหน้าที่ชี้ไปยังโหนดด้านซ้ายของโหนดข้อมูลนั้น ๆ
  - พอยน์เตอร์ RLINK ทำหน้าที่ชี้ไปยังโหนดด้านขวาของโหนดข้อมูลนั้น ๆ

ประเภทของลิงค์ลิสต์แบบ Doubly Linked List

- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์แบบ Ordinary Doubly Linked List (ODLL)



- โครงสร้างข้อมูลลิงค์ลิสต์แบบ Circularly Doubly Linked List (CDLL)



Assignmentที่ 2

- ให้เขียนคำสั่งสร้างประเภทข้อมูลขึ้นเอง ในภาษาซี
  โดยมี โครงสร้างข้อมูลสำหรับ node 2 ทิศทาง
  โดย data เป็น integer

- เขียนฟังก์ชัน newNode( ) สร้างโหนดใหม่
- ใน main( ) ให้เขียนตัวแปร first เป็นโหนดแรก dataมีค่า 3

  ให้เขียนตัวแปร second เป็นโหนดถัดมา dataมีค่า 5

  และให้เชื่อมต่อ first กับ second แบบ Ordinary Doubly Linked List

ตัวอย่างโปรแกรมการใช้ container List ในภาษา C++

```
// list_t.cpp:  Tests list operations
// ---------------------------------------------------
#include <list>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

typedef list<int>  INTLIST;
int display( const INTLIST& c);

int main()
{
  INTLIST ls, sls;
  int i;
  for( i = 1; i <= 3; i++)
    ls.push_back( rand()%10 );          // ex. 1 7 4

  ls.push_back(ls.front());             // 1 7 4 1

  ls.reverse();                         // 1 4 7 1

  ls.sort();                            // 1 1 4 7

  for( i = 1; i <= 3; i++)
    sls.push_back( rand()%10 );         // ex. 0 9 4

  // Insert first object of sls before the last in ls:
  INTLIST::iterator pos = ls.end();

  ls.splice(--pos, sls, sls.begin());   // 1 1 4 0 7

  display(sls);                         // 9 4

  ls.sort();                            // 0 1 1 4 7
  sls.sort();                           // 4 9
  ls.merge(sls);                        // 0 1 1 4  4 7 9
  ls.unique();                          // 0 1 4 7 9

  return 0;
}
```