Như đã trình bày trong Chương 1, một kiểu dữ liệu trừu tượng (ADTs) được xác định khi ta xây dựng đầy đủ hai phần: cấu trúc dữ liệu cùng các phép toán trên cấu trúc dữ liệu đó. Nội dung của chương này trình bày ba kiểu dữ liệu trừu tượng quan trọng đó là danh sách liên kết, ngăn xếp và hàng đợi. Mỗi kiểu dữ liệu trừu tượng được xây dựng giải quyết lớp các vấn đề cụ thể của khoa học máy tính. Đối với người học, mỗi cấu trúc dữ liệu trừu tượng cần làm chủ được bốn điểm quan trọng sau:

- Định nghĩa cấu trúc dữ liệu ADTs.
- Biểu diễn cấu trúc dữ liệu ADTs.
- Thao tác (phép toán) trên cấu trúc dữ liệu ADTs.
- Ứng dụng của cấu trúc dữ liệu ADTs.

1. Danh sách liên kết đơn (Single Linked List)

Như ta đã biết mảng (*array*) là tập có thứ tự các phần tử có cùng chung một kiểu dữ liệu và được tổ chức liên tục nhau trong bộ nhớ. Ưu điểm lớn nhất của mảng là đơn giản và xử lý nhanh nhờ cơ chế truy cập phần tử trực tiếp vào các phần tử của mảng. Hạn chế lớn nhất của mảng là số lượng phần tử không thay đổi gây nên hiện tượng thừa bộ nhớ trong một số trường hợp và thiếu bộ nhớ trong một số trường hợp khác. Đối với một số bài toán có dữ liệu lớn, nhiều khi ta không đủ không gian nhớ tự do liên tục để cấp phát cho mảng. Để khắc phục hạn chế này ta có thể xây dựng kiểu dữ liệu danh sách liên kết đơn được định nghĩa, biểu diễn và thao tác như dưới đây.

1.1 Định nghĩa danh sách liên kết đơn

Tập hợp các node thông tin được tổ chức rời rạc trong bộ nhớ. Trong đó, mỗi node gồm có hai thành phần:

- Thành phần dữ liệu (*data*): dùng để lưu trữ thông tin của node.
- Thành phần con trỏ (*pointer*): dùng để liên kết với node dữ liệu tiếp theo.

1.2 Biểu diễn danh sách liên kết đơn

Để biểu diễn danh sách liên kết đơn ta sử dụng phương pháp định nghĩa cấu trúc tự trỏ của các ngôn ngữ lập trình. Giả sử thành phần thông tin của mỗi node được định nghĩa như một cấu trúc Item như sau:

```
struct Item {
        <Kiểu 1>    <Thành viên 1>;
        <Kiểu 2>    <Thành viên 2>;
        ……;
```

<Kiểu N> <Thành viên N>;

};

Khi đó, danh sách liên kết đơn được định nghĩa như sau:

```
struct node {
        Item    infor; //Thành phần thông tin của node;
        struct node *next; //thành phần con trỏ của node
} *Start; //Start là một danh sách liên kết đơn
```

Hình 3.1. Biểu diễn danh sách liên kết đơn

1.3 Thao tác trên danh sách liên kết đơn

Các thao tác trên danh sách liên kết đơn bao gồm:

- Tạo node rời rạc có giá trị value cho danh sách liên kết đơn
- Thêm một node vào đầu danh sách liên kết đơn.
- Thêm một node vào cuối danh sách liên kết đơn.
- Thêm node vào vị trí xác định trong danh sách liên kết đơn.
- Loại node trong sách liên kết đơn.
- Tìm node trong sách liên kết đơn.
- Sắp xếp node trong danh sách liên kết đơn.
- Sửa đổi nội dung node trong sách liên kết đơn.
- Đảo ngược các node trong danh sách liên kết đơn.
- Duyệt các node của danh sách liên kết đơn.

Để đơn giản, ta xem thành phần thông tin của node (Item) là một số nguyên. Khi đó, các thao tác trên danh sách liên kết đơn ta định nghĩa một lớp các thao tác như sau:

```
struct node { // biểu diễn node
        int info; //thành phần thông tin của node
        struct node *next; //thành phần con trỏ của node
}*start; // danh sách liên kết đơn: *start.
class single_linked_list { //biểu diễn lớp danh sách liên kết đơn
   public:
      node* create_node(int);//Tạo một node cho danh sách liên kết đơn
      void insert_begin(); //thêm node vào đầu DSLKĐ
      void insert_pos(); //thêm node tại vị trí cụ thể trên DSLKĐ
```

```
        void insert_last(); //thêm node vào cuối DSLKĐ
        void delete_pos(); //loại node tại vị trí cho trước trên DSLKĐ
        void sort(); //sắp xếp nội dung các node theo thứ tự tăng dần
        void search(); //tìm kiếm node trên DSLKĐ
        void update(); //sửa đổi thông tin của node trên DSLKĐ
        void reverse(); //đảo ngược danh sách liên kết đơn
        void display(); //hiển thị nội dung DSLKĐ
        single_linked_list(){//constructor của lớp single linked list.
                        start = NULL;//chú ý start là biến toàn cục
        }
};
```

Thao tác: *tạo một node rời rạc có giá trị value cho DSLKĐ.*

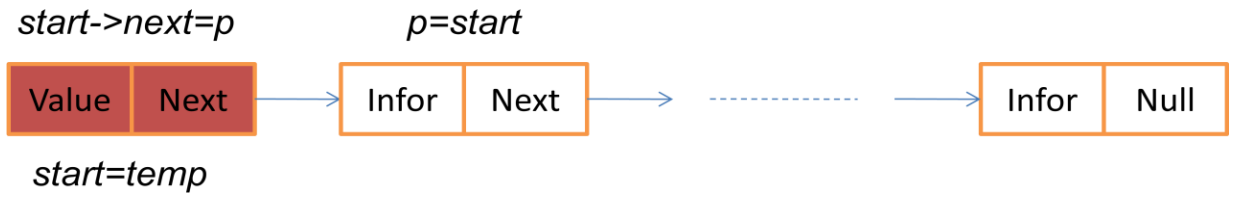
```
node *single_linked_list::create_node(int value){
        struct node *temp; //khai báo hai con trỏ node
        *temp temp = new(struct node); //cấp phát miền nhớ
        cho temp if (temp == NULL){ //nếu không đủ không
        gian nhớ
                cout<<"không đủ bộ nhớ để cấp
                phát"<<endl; return 0;


        else {
                temp->info = value;//thiết lập thông tin cho node temp
                temp->next = NULL; //thiết lập liên kết cho node temp
                return temp;//trả lại node temp đã được thiết lập
        }
}
```

Thao tác: ***thêm node vào đầu DSLKĐ.***

```
void single_linked_list::insert_begin(){ //chèn node vào đầu DSLKĐ
        int value; cout<<"Nhập giá trị node:"; cin>>value; //giá trị node cần chèn
        struct node *temp, *p; //sử dụng hai con trỏ temp và p
        temp = create_node(value);//tạo một node rời rạc có giá trị value
        if (start == NULL){ //nếu danh sách liên kết rỗng
                start = temp; //danh sách liên kết chính là node temp
                start->next = NULL; //không có liêt kết với node khác
        }
        else { //nếu danh sách không rỗng
```

```
            p = start; //p trỏ đến node đầu của start
            start = temp; //node temp trở thành node đầu tiên của start
            start->next = p;//các node còn lại chính là p
        }
    }
```

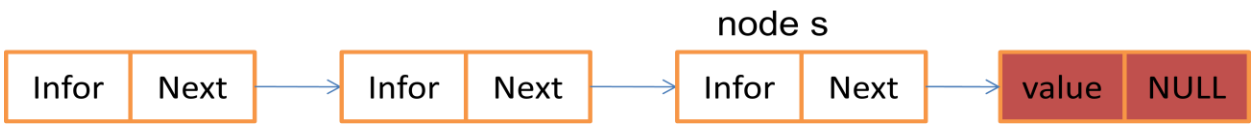
Hình 3.2. dưới đây mô tả phép thêm node vào đầu danh sách liên kết đơn.



Hình 3.2. Thêm node vào đầu danh sách liên kết đơn

Thao tác thêm node vào cuối danh sách liên kết đơn:

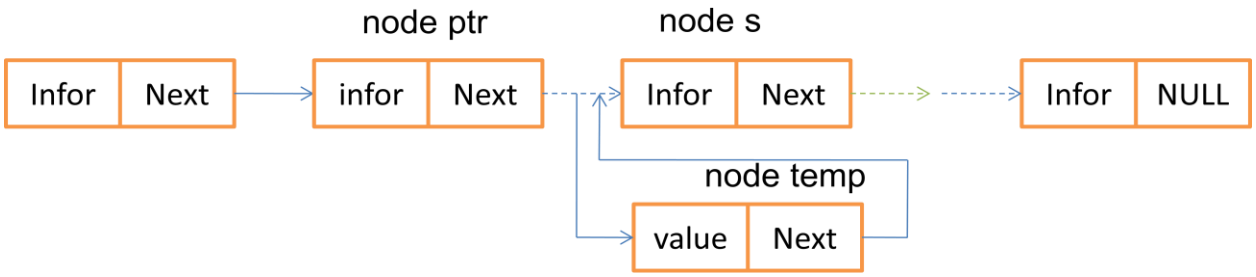
```
void single_linked_list::insert_last(){//thêm node vào cuối DSLKĐ
    int value;
    cout<<"Nhập giá trị cho node: ";cin>>value; //nhập giá trị node
    struct node *temp, *s; //sử dung hai con trỏ temp và s
    temp = create_node(value);//tạo node rời rạc có giá trị value
    if(start==NULL) {//trường hợp DSLKĐ rỗng
        start = temp;
        temp->next=NULL;
    }
    s = start; //s trỏ đến node đầu danh sách
    while (s->next != NULL){ //di chuyển s đến node cuối cùng
        s = s->next;
    }
    temp->next = NULL; //temp không chỏ đi đâu
    nữa s->next = temp; //thiết lập liên kết cho s
    cout<<"Hoàn thành thêm node vào
    cuối"<<endl;
}
```



Hình 3.3. Thêm node vào cuối danh sách liên kết đơn

Thao tác thêm node vào vị trí pos của danh sách liên kết đơn:

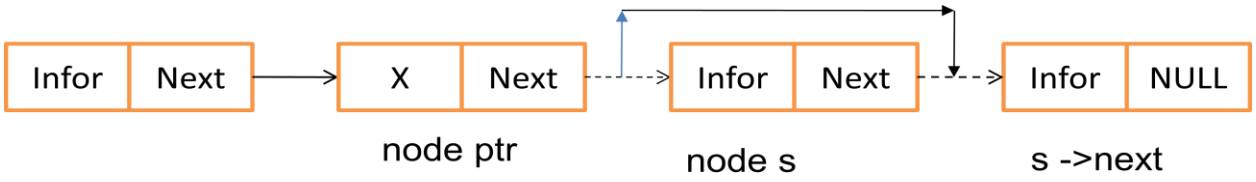
```
void single_linked_list::insert_pos(){//thêm node vào vị trí pos
        int value, pos, counter = 0; cout<<"Nhap gia tri
        node:";cin>>value; struct node *temp, *s, *ptr; //sử dụng ba con
        trỏ node
        temp = create_node(value);//tạo node rời rạc có giá trị value
        cout<<“Nhập vị trí node cần thêm:
        ";cin>>pos; int i; s = start; //s trỏ đến node
        đầu tiên
        while (s != NULL){ //đếm số node của DSLKĐ
                s = s->next; counter++;
        }
        if (counter==0) {//trường hợp DSLK đơn rỗng
                cout<<”Danh sách rỗng”; return;
        }
        if (pos == 1){ //nếu pos là vị trí đầu tiên
            if (start == NULL){ //trường hợp DSLKĐ rỗng
                        start = temp; start->next = NULL;
                }
                else { //thêm node temp vào đầu DSLKĐ
                        ptr = start; start = temp; start->next = ptr;
                }
        }
        else if (pos > 1 && pos <= counter){ //trường hợp pos hợp lệ
                s = start; //s trỏ đến node đầu tiên
                for (i = 1; i < pos; i++){ //di chuyển đến node pos-1
                        ptr = s; s = s->next;
                }
                ptr->next = temp; temp->next = s; //thiết lập liên kết cho node
        }
        else { cout<<“Vượt quá giới hạn DSLKĐ"<<endl; }
}
```



Hình 3.4. Thêm node vào vị trí pos

Thao tác loại node tại vị trí pos:

```
void single_linked_list::delete_pos(){//loại node ở vị trí pos
        int pos, i, counter = 0;
        if (start == NULL){ //nếu danh sách liê kết đơn rỗng
                cout<<“Không thực hiện được"<<endl; return;
        }
        cout<<“Vị trí cần loại bỏ:";cin>>pos;
        struct node *s, *ptr; s = start; //s trỏ đến đầu danh sách
        if (pos == 1){//nếu vị trí loại bỏ là node đầu tiên
                start = s->next; s->next=NULL; free(s);}
        else {
                while (s != NULL) { //đếm số node của DSLKĐ
                        s = s->next; counter++;}
                if (pos > 0 && pos <= counter){ //nếu vị trí pos hợp lệ
                                s = start;//s trỏ đến node đầu của danh sách
                                for (i = 1;i < pos; i++){ //di chuyển đến vị trí pos-1
                                        ptr = s; s = s->next;
                                }
                                ptr->next = s->next; //thiết lập liên kết cho node
                }
                else { cout<<"Vi tri ngoai danh sach"<<endl; }
                free(s); //giải phóng s
                cout<<"Node da bi loai bo"<<endl;
        }
}
```



Hình 3.5. Thao tác loại node ở vị trí pos

Thao tác sửa đổi nội dung của node:

```
void single_linked_list::update(){//sửa đổi thông tin của node
        int value, pos, i;
        if (start == NULL){ //nếu danh sách LKĐ rỗng
                cout<<"Không thực hiện được"<<endl; return;
        }
        cout<<"Nhập vị trí node cần sửa:";cin>>pos;
        cout<<"Giá trị mới của node:";cin>>value;
        struct node *s, *ptr; //sử dụng hai con trỏ s và
        ptr s = start; //s trỏ đến node đầu tiên
        if (pos == 1) { start->info = value;} //sửa luôn node đầu tiên
        else { //nếu pos không phải là node đầu tiên
                for (i = 0;i < pos - 1;i++){//chuyển s đến vị trí pos-1
                        if (s == NULL){//Nếu s là node cuối cùng
                                cout<<"Vị trí "<<pos<<" không hợp lệ"; return;
                        }
                        s = s->next;
                }
                s->info = value; //Sửa đổi thông tin cho node
        }
        cout<<"Hoàn thành việc sửa đổi"<<endl;
}
```

Thao tác duyệt danh sách liên kết đơn:

```
void single_linked_list::display(){//hiển thị nội dung DSLKĐ
        struct node *temp; //sử dụng một con trỏ temp
        if (start == NULL){ // nếu danh sách rỗng
                cout<<"Có gì đâu mà hiển thị"<<endl;
                return;
```

```
        }
        temp = start; //temp trỏ đến node đầu trong DSLKĐ
        cout<<“Nội dung DSLKĐ: "<<endl;
        while (temp != NULL) { //lặp cho đến node cuối
                cùng cout<<temp->info<<"->"; //hiển thị
                thông tin node temp = temp->next; //di chuyển
                đến node tiếp theo
        }
        cout<<"NULL"<<endl; //node cuối cùng là NULL
}
```

Thao tác tìm node trong danh sách liên kết đơn:

```
void single_linked_list::search(){//Tìm kiếm node
        int value, pos = 0; bool flag = false;
        if (start == NULL){//nếu danh sách rỗng
                cout<<“ta không có gì để tìm"<<endl;
                return;
        }
        cout<<“Nội dung node cần tìm:";cin>>value;
        struct node *s; s = start;//s trỏ đến đầu danh
        sách while (s != NULL){ pos++;
                if (s->info == value){//Nếu s->infor là value
                        flag = true;
                        cout<<“Tìm thấy "<<value<<" tại vị trí "<<pos<<endl;
                }
                s = s->next;
        }
        if (!flag) {//đến cuối vẫn không thấy
                cout<<“Giá trị"<<value<<“không tồn tại"<<endl;
        }
}
```

Thao tác sắp xếp các node trong danh sách liên kết đơn:

```
void single_linked_list::sort(){//sắp xếp theo nội dung các
node
        struct node *ptr, *s; //sử dụng hai con trỏ ptr và s
        int value; //giá trị trung gian
```

```
        if (start == NULL){//nếu danh sách rỗng
                cout<<"không có gì để sắp xếp"<<endl;
                return;
        }
        ptr = start;//ptr trỏ đến node đầu danh sách
        while (ptr != NULL){ //lặp trong khi ptr khác rỗng
                for (s = ptr->next; s !=NULL; s = s->next){ //s là node tiếp theo
                        if (ptr->info > s->info){//nếu điều này xảy ra
                                value = ptr->info;//tráo đổi nội dung hai node
                                ptr->info = s-
                                >info; s->info =
                                value;
                        }
                }
                ptr = ptr->next;
        }
}
```

Thao tác đảo ngược các node của DSLKĐ:

```
void single_linked_list::reverse(){//đảo ngược danh sách
        struct node *ptr1, *ptr2, *ptr3; //sử dụng ba con trỏ node
        if (start == NULL) {//Nếu danh sách rỗng
                cout<<"ta không cần đảo"<<endl; return;
        }
        if (start->next == NULL){//Nếu danh sách chỉ có một
                 node cout<<"đảo ngược là chính nó"<<endl;
                 return;
        }
        ptr1 = start; //ptr1 trỏ đến node đầu tiên
        ptr2 = ptr1->next;//ptr2 trỏ đến node kế tiếp của ptr1 ptr3 = ptr2->next;//ptr3 trỏ
        đến nod kế tiếp của ptr2 ptr1->next = NULL;//Ngắt liên kết ptr1
        ptr2->next = ptr1;//node ptr2 bây giờ đứng trước node ptr1
        while (ptr3 != NULL){//Lặp nếu ptr3 khác
                rỗng ptr1 = ptr2; //ptr1 lại bắt đầu tại vị
                trí ptr2 ptr2 = ptr3; //ptr2 bắt đầu tại vị
                trí ptr3
                ptr3 = ptr3->next; //ptr3 trỏ đến node kế tiếp
```

```
            ptr2->next = ptr1; //Thiết lập liên kết cho ptr2
        }
        start = ptr2; //node đầu tiên bây giờ là ptr2
}
```

//Chương trình cài đặt các thao tác trên danh sách liên kết đơn:

```
#include<iostream>
using namespace std;
struct node { // biểu diễn danh sách liên kết đơn
        int info; //thành phần thông tin
        struct node *next; //thành phần liên kết
}*start;
class single_linked_list { //biểu diễn lớp single_linked_list
   public:
      node* create_node(int);//tạo node rời rạc có giá trị value
      void insert_begin();//thêm node vào đầu danh sách liên kết đơn
      void insert_pos();//thêm node vào vị trí pos trong danh sách liên kết đơn
      void insert_last();//thêm node vào cuối danh sách liên kết đơn
      void delete_pos();//loại node tại vị trí pos của sách liên kết
      đơn void sort();//sắp xếp theo giá trị node cho danh sách liên
      kết đơn void search();//tìm node trong danh sách liên kết đơn
      void update(); //cập nhật thông tin cho node
      void reverse(); //đảo ngược các node trong danh sách liên kết đơn
      void display(); //duyệt danh sách liên kết đơn
      single_linked_list(){//constructor của lớp
            start = NULL;
      }
};
```