Tipus recursius de dades, II

Ricard Gavaldà

Programació 2
Facultat d'Informàtica de Barcelona, UPC
Primavera 2019

Aquesta presentació no substitueix els apunts

Contingut

Implementació de llistes

Llistes doblement encadenades amb sentinella

Implementació dels arbres binaris

Implementació de llistes

Implementació de `Llista`

En aquest curs no implementarem els iteradors de manera general

Implementarem *llistes amb punt d'interès*

Funcionalitats similars, algunes restriccions

Novetat tipus llista: punt d'interès

Podem:

- Desplaçar endavant i enrere el punt d'interès
- Afegir i eliminar just al punt d'interès
- Consultar i modificar l'element al punt d'interès

- Implementació: atribut (privat) de tipus apuntador a node
- Modularitat: punt d'interès part del tipus, no tipus apart
- Efecte lateral: queda modificat si es modifica en una funció que rep la llista per referència no const

Definició classe Llista, I

```
template <class T> class Llista {
  private:
    struct node_llista {
        T info;
        node_llista* seg;
        node_llista* ant;
    };
    int longitud;
    node_llista* primer_node;
    node_llista* ultim_node;
    node_llista* act;          // apuntador a punt d'interes
    ...  // especificació i implementació d'operacions privades
  public:
    ...  // especificació i implementació d'operacions públiques
};
```

Definició classe `Llista`, II

- Apuntadors per accés ràpid a següent, anterior, primer i darrer, i punt d'interès
- `act == nullptr` vol dir "punt d'interès sobre l'element fictici posterior a l'últim"
- Conveni llista buida: `longitud` zero i els tres apuntadors (`primer_node`, `ultim_node` i `act`) nuls
- Llista amb un element: `longitud` 1 i únic altre cas en què `primer_node == ultim_node`
- "cap a la dreta" == cap a l'últim; "cap a l'esquerra" == cap al primer; "a la dreta de tot" == sobre l'element fictici del final

Constructures i destructora

```
Llista() {
  longitud = 0;
  primer_node = nullptr;
  ultim_node = nullptr;
  act = nullptr;
}

Llista(const Llista& original) {
    longitud = original.longitud;
    primer_node = copia_node_llista(original.primer_node, original.act,
                                    ultim_node, act);
}

~Llista() {
    esborra_node_llista(primer_node);
}
```

Copiar cadena de nodes

```
static node_llista* copia_node_llista(
               node_llista* m, node_llista* oact,
               node_llista* &u, node_llista* &a);
/* Pre: cert */
/* Post: si m és nullptr, el resultat, u i a són nullptr;
   en cas contrari, el resultat apunta al primer node d'una cadena de nodes
   que són còpia de de la cadena que té el node apuntat per m com a primer,
   u apunta a l'últim node,
   i a és o bé nullptr si oact no apunta a cap node de la cadena que
   comença amb m, o bé apunta al node còpia del node apuntat per oact */
```

Copiar cadena de nodes

```
static node_llista* copia_node_llista(
               node_llista* m, node_llista* oact,
               node_llista* &u, node_llista* &a) {
    if (m == nullptr) { u = nullptr; a = nullptr; return nullptr; }
    else {
        node_llista* n = new node_llista;
        n->info = m->info;
        n->ant = nullptr;
        n->seg = copia_node_llista(m->seg, oact, u, a);
        if (n->seg != nullptr) (n->seg)->ant = n;
        if (n->seg == nullptr) u = n;
        // else, u es el que hagi retornat la crida recursiva
        // es podria fer com a "else"
        if (m == oact) a = n;
        // else, a es el que hagi retornat la crida recursiva
        return n;
    }
}
```

Esborrar cadena de nodes

```
static void esborra_node_llista(node_llista* m) {
/* Pre: cert */
/* Post: no fa res si m és nullptr, en cas contrari,
         allibera espai dels nodes de la cadena que té
         el node apuntat per m com a primer */
    if (m != nullptr) {
        esborra_node_llista(m->seg);
        delete m;
    }
}
```

Exercici: La versió iterativa

Redefinició de l'assignació

```
Llista& operator=(const Llista& original) {
    if (this != &original) {
        longitud = original.longitud;
        esborra_node_llista(primer_node);
        primer_node = copia_node_llista(original.primer_node,
                                        original.act, ultim_node, act);
  }
  return *this;
}
```

Modificadores I

```
void l_buida() {
    esborra_node_llista(primer_node);
    longitud = 0;
    primer_node = nullptr;
    ultim_node = nullptr;
    act = nullptr;
}
```

Modificadores II

```
void afegir(const T& x) {
/* Pre: cert */
/* Post: el p.i. és com el seu valor original, però amb x
   afegit a l'esquerra del punt d'interès */
    node_llista* aux = new node_llista;
    aux->info = x;
    aux->seg = act;
    if (longitud == 0) { // la llista es buida
        aux->ant = nullptr;
        primer_node = aux;
        ultim_node = aux;
    } else if (act == nullptr) {
        aux->ant = ultim_node;
        ultim_node->seg = aux;
        ultim_node = aux;
    }
    ...
```

Modificadores III

(continuació)

```
    else if (act == primer_node) {
        aux->ant = nullptr;
        act->ant = aux;
        primer_node = aux;
    } else {
        aux->ant = act->ant;
        (act->ant)->seg = aux;
        act->ant = aux;
    }
    ++longitud;
}
```

Modificadores IV

```
void eliminar() {
/* Pre: el p.i. és una llista no buida i el seu punt d'interès
        no és a la dreta de tot */
/* Post: El p.i. és com el p.i. original sense l'element on estava
    el punt d'interès i amb el nou punt d'interès un element
    més cap a la dreta */

    node_llista* aux;
    aux = act; // conserva l'accés al node actual
    if (longitud == 1) {
        primer_node = nullptr;
        ultim_node = nullptr;
    } else if (act == primer_node) {
        primer_node = act->seg;
        primer_node->ant = nullptr;
    }
    ...
```

Modificadores V

(continuació)

```
    ...
    else if (act == ultim_node) {
        ultim_node = act->ant;
        ultim_node->seg = nullptr;
    }
    else {
        (act->ant)->seg = act->seg;
        (act->seg)->ant = act->ant;
    }
    act = act->seg; // avança el punt d'interès
    delete aux; // allibera l'espai de l'element esborrat
    --longitud;
}
```

Modificadores VI

Interès: concatenació més eficient que la basada en `afegir`

```
void concat(Llista& l) {
/* Pre: l = L */
/* Post: el p.i. té els seus elements originals seguits pels de L,
   l és buida, i el punt d'interés del p.i. és al primer element */
    if (l.longitud > 0) {  // si la llista l és buida no cal fer res
        if (longitud == 0) {
            primer_node = l.primer_node;
            ultim_node = l.ultim_node;
            longitud = l.longitud;
        } else {
            ultim_node->seg = l.primer_node;
            (l.primer_node)->ant = ultim_node;
            ultim_node = l.ultim_node;
            longitud += l.longitud;
        }
        l.primer_node = l.ultim_node = l.act = nullptr;
        l.longitud = 0;
    }
    act = primer_node;
}
```

Consultores

```
bool es_buida() const {
    return primer_node == nullptr;
}

int mida() const {
    return longitud;
}
```

Noves operacions per a consultar i modificar l'element actual

```
T actual() const { // equival a consultar *it
/* Pre: el p.i. és una llista no buida i el seu punt d'interès
        no està sobre l'element fictici del final */
/* Post: el resultat és l'element al punt d'interès del p.i. */
    return act->info;
}

void modifica_actual(const T &x) { // equival a fer *it = x
/* Pre: el p.i. és una llista no buida i el seu punt d'interès no està
        a la dreta de tot*/
/* Post: el p.i. és com el seu valor original, però amb x reemplaçant
        l'element actual */
    act->info = x;
}
```

Noves operacions per a moure el punt d'interès I

```
void inici() {   // equival a fer it = l.begin()
/* Pre: cert */
/* Post: el punt d'interès del p.i. està situat a sobre del primer
   element de la llista, o a la dreta de tot si la llista és buida */
    act = primer_node;
}

void fi() {      // equival a fer it = l.end()
/* Pre: cert */
/* Post: el punt d'interès del p.i. està situat
    sobre l'element fictici del final */
    act = nullptr;
}
```

Noves operacions per a moure el punt d'interès II

```
void avanca() {  // equival a fer ++it
/* Pre: el punt d'interès del p.i. no està a la dreta de tot */
/* Post: el punt d'interès del p.i. està situat una posició més
   cap a la dreta que el seu al valor original */
    act = act->seg;
}

void retrocedeix() {  // equival a fer --it
/* Pre: el punt d'interès del p.i. no és el primer element */
/* Post: el punt d'interès del p.i. està situat una posició
   més a l'esquerra que al valor original del p.i. */
    if (act == nullptr) act = ultim_node;
    else act = act->ant;
}
```

Noves operacions per a moure el punt d'interès III

```
bool dreta_de_tot() const {  // equival a comparar it == l.end()
/* Pre: cert */
/* Post: el resultat indica si el punt d'interès
         del p.i. és a la dreta de tot */
    return act == nullptr;
}

bool sobre_el_primer() const { // equival a comparar it == l.begin()
/* Pre: cert */
/* Post: si el p.i. no és buit, el resultat indica si el punt d'interès és
   damunt el primer element del p.i.; si és buit indica si el
   punt d'interès si està a la dreta de tot */
    return act == primer_node;
}
```

Llistes doblement encadenades amb sentinella

Llistes doblement encadenades amb sentinella

Implementació de llistes amb sentinella:

- Node extra; no conté cap element real
- Objectiu: simplificar el codi d'algunes operacions com ara `afegir` i `eliminar`
- L'estructura mai té apuntadors amb valor null. El sentinella fa el paper que tenien aquests

Llistes amb sentinella

Llista buida:

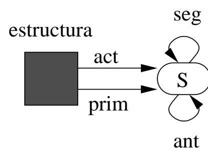
- següent i anterior del sentinella = sentinella

Llista no buida:

- següent del sentinella = primer de la llista
- anterior del sentinella = darrer de la llista
- sentinella = anterior del primer
- sentinella = següent del darrer

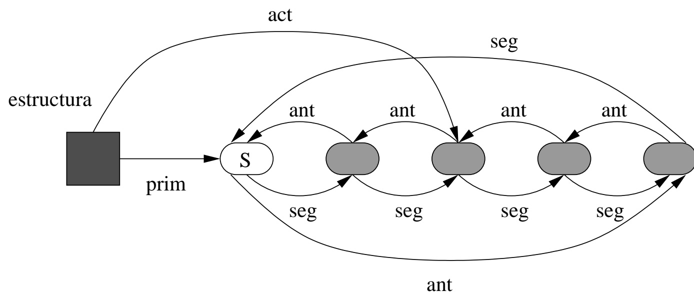
Llistes amb sentinella

Llista buida:



Esquema estructura interna llistes doblement encadenades amb sentinella

Llista no buida:



Implementació dels arbres binaris

Definició de la classe `Arbre`

No coincideix amb la classe `BinTree`
Principals operacions:

- `a.plantar(x,a1,a2)`: Demana que a sigui buit, i sigui objecte diferent d'a1 i a2. Deixa a1 i a2 buits.
- `a.fills(a1,a2)`: Demana que Deixa a1 i a2 siguin buits, i tots tres objectes a, a1 i a2 han de ser objectes diferents.

Això fa que per recorrer un arbre s'hagi de "desmuntar". Sovint ineficient.
Inconvenient solucionat a `BinTree` amb *smart pointers* de C++, que no són part de l'assignatura.

Definició de la classe Arbre

- struct del node conté dos apuntadors a node
- Arbre buit = atribut primer_node és nul

```
template <class T> class Arbre {
    private:
        struct node_arbre {
            T info;
            node_arbre* segE;
            node_arbre* segD;
        };
        node_arbre* primer_node;
        ...  // especificació i implementació d'operacions privades
    public:
        ...  // especificació i implementació d'operacions públiques
};
```

Constructores i destructora

```
Arbre() {
/* Pre: cert */
/* Post: el p.i. és un arbre buit */
    primer_node = nullptr;
}

Arbre(const Arbre& original) {
/* Pre: cert */
/* Post: el p.i. és una còpia d'original */
    primer_node = copia_node_arbre(original.primer_node);
}

~Arbre() {
    esborra_node_arbre(primer_node);
}
```

Copiar jerarquies de nodes

```
static node_arbre* copia_node_arbre(node_arbre* m) {
/* Pre: cert */
/* Post: el resultat és nullptr si m és nullptr; si no, el resultat apunta
        al node arrel d'una jerarquia de nodes que és una còpia de
        la jerarquia de nodes que té el node apuntat per m com a arrel */
    if (m == nullptr) return nullptr;
    else {
        node_arbre* n = new node_arbre;
        n->info = m->info;
        n->segE = copia_node_arbre(m->segE);
        n->segD = copia_node_arbre(m->segD);
        return n;
    }
}
```

Notem l'operador = del tipus T usat com a una operació de còpia

Esborrar jerarquies de nodes

```
static void esborra_node_arbre(node_arbre* m) {
/* Pre: cert */
/* Post no fa res si m és nullptr; en cas contrari,
        allibera espai de tots els nodes de la jerarquia
        que té el node apuntat per m com a arrel */
    if (m != nullptr) {
        esborra_node_arbre(m->segE);
        esborra_node_arbre(m->segD);
        delete m;
    }
}
```

Operador d'assignació i modificadores I

```
Arbre& operator=(const Arbre& original) {
    if (this != &original) {
        esborra_node_arbre(primer_node);
        primer_node = copia_node_arbre(original.primer_node);
    }
    return *this;
}

void a_buit() {
    esborra_node_arbre(primer_node);
    primer_node = nullptr;
}
```

Modificadors II

```
void plantar(const T &x, Arbre &a1, Arbre &a2) {
/* Pre: el p.i. és buit, a1 = A1, a2 = A2,
   a1 i a2 són objectes diferents del p.i. */
/* Post: el p.i. té x com a arrel, A1 com a fill esquerre i
   A2 com a fill dret; a1 i a2 són buits */
    node_arbre* aux = new node_arbre;
    aux->info = x;
    aux->segE = a1.primer_node;
    if (a2.primer_node != a1.primer_node or a2.primer_node == nullptr)
        aux->segD = a2.primer_node;
    else
      aux->segD = copia_node_arbre(a2.primer_node);
    primer_node = aux;
    a1.primer_node = nullptr;
    a2.primer_node = nullptr;
}
```

Modificadores III

```
void fills(Arbre &fe, Arbre &fd) {
/* Pre: el p.i. no està buit i li diem A;
        fe, fd són buits i són objectes diferents */
/* Post: fe és igual que el fill esquerre d'A, fd és igual que
         el fill dret d'A, el p.i. és buit */
    fe.primer_node = primer_node->segE;
    fd.primer_node = primer_node->segD;
    delete primer_node;
    primer_node = nullptr;
}
```

Consultores

```
T arrel() const {
/* Pre: el p.i. no és buit */
/* Post: el resultat és l'arrel del p.i. */
    return primer_node->info;
}

bool es_buit() const {
/* Pre: cert */
/* Post: el resultat indica si el p.i. és un arbre buit */
    return primer_node == nullptr;
}
```