

Le gerarchie di tipi: implementazioni multiple e principio di sostituzione

1

Come si può utilizzare una gerarchia di tipi

- ✓ implementazioni multiple di un tipo
 - i sottotipi non aggiungono alcun comportamento nuovo
 - la classe che implementa il sottotipo implementa esattamente il comportamento definito dal supertipo
- ✓ il sottotipo estende il comportamento del suo supertipo
 - fornendo nuovi metodi
- ✓ dal punto di vista semantico, supertipo e sottotipo sono legati dal principio di sostituzione
 - che definisce esattamente il tipo di astrazione coinvolto nella definizione di gerarchie di tipo

2

Implementazioni multiple

- ✓ il tipo superiore della gerarchia
 - un'interfaccia
 - una classe astratta
- ✓ definisce una famiglia di tipi tale per cui
 - tutti i membri hanno esattamente gli stessi metodi e la stessa semantica
 - per esempio, ci potrebbero essere implementazioni sparse e dense dei polinomi, realizzate con sottoclassi
 - che forniscono l'implementazione di tutti i metodi astratti, in accordo con le specifiche del supertipo
 - in più hanno i costruttori
 - un programma potrebbe voler usare tutte e due le implementazioni
 - scegliendo ogni volta la più adeguata
 - gli oggetti dei sottotipi vengono dall'esterno tutti visti come oggetti dell'unico supertipo
 - dall'esterno si vedono solo i costruttori dei sottotipi

3

IntList

- ✓ il supertipo è una classe astratta
- ✓ usiamo i sottotipi per implementare i due casi della definizione ricorsiva
 - lista vuota
 - lista non vuota
 - la classe astratta ha alcuni metodi non astratti
 - comuni alle due sottoclassi
 - definiti in termini dei metodi astratti
 - la classe astratta non ha variabili di istanza e quindi nemmeno costruttori

4

Specifica del supertipo IntList

```
public abstract class IntList {
    // OVERVIEW: un IntList è una lista non modificabile di Integers.
    // Elemento tipico [x1,...,xn]
    public abstract Integer first () throws EmptyException;
    // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException, altrimenti
    // ritorna il primo elemento di this
    public abstract IntList rest () throws EmptyException;
    // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException, altrimenti
    // ritorna la lista ottenuta da this togliendo il primo elemento
    public abstract Iterator elements ();
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti gli elementi di
    // this (come Integers) nell'ordine che hanno in this
    public abstract IntList addEl (Integer x);
    // EFFECTS: aggiunge x all'inizio di this
    public abstract int size ();
    // EFFECTS: ritorna il numero di elementi di this
    public abstract boolean repOk ();
    public String toString ();
    public boolean equals (IntList o);
}
```

5

Implementazione del supertipo IntList

```
public abstract class IntList {
    // OVERVIEW: un IntList è una lista non modificabile di Integers.
    // Elemento tipico [x1,...,xn]
    // metodi astratti
    public abstract Integer first () throws EmptyException;
    public abstract IntList rest () throws EmptyException;
    public abstract Iterator elements ();
    public abstract IntList addEl (Integer x);
    public abstract int size ();
    public abstract boolean repOk ();
    // metodi concreti
    public String toString () {...};
    public boolean equals (IntList o) {
        // confronta gli elementi usando elements
    }
}
```

- ✓ toString e equals sono implementate
 - utilizzando il generatore elements

6

Implementazione del sottotipo EmptyIntList

```
public class EmptyIntList extends IntList {
    public EmptyIntList () {}
    public Integer first () throws EmptyException
    { throw new EmptyException ("EmptyIntList.first"); }
    public IntList rest () throws EmptyException
    { throw new EmptyException ("EmptyIntList.rest"); }
    public Iterator elements () { return new EmptyGen(); }
    public IntList addEl (Integer x)
    {return new FullIntList(x);}
    public int size () {...}
    public boolean repOk () {...}
    static private class EmptyGen implements Iterator {
        EmptyGen () {}
        public boolean hasNext () { return false; }
        public Object next () throws NoSuchElementException {
            throw new NoSuchElementException("IntList.elements"); }
    }
}
```

7

Implementazione del sottotipo FullIntList

```
public class FullIntList extends IntList {
    private int sz;
    private Integer val;
    private IntList next;
    public FullIntList (Integer x)
    {sz = 1; val = x; next = new EmptyIntList ( ); }
    public Integer first () {return val; }
    public IntList rest () { return next; }
    public Iterator elements () { .... }
    public IntList addEl (Integer x)
    {FullIntList n = new FullIntList(x);
    n.next = this; n.sz = this.sz + 1; return n; }
    public int size () {...}
    public boolean repOk () {...}
}
```

8

Poly

- ✓ il supertipo è una classe astratta
- ✓ la specifica della classe astratta è quella solita
- ✓ usiamo i sottotipi per realizzare due diverse implementazioni
 - DensePoly
 - SparsePoly
 - la classe astratta ha alcuni metodi non astratti
 - comuni alle due sottoclassi
 - definiti in termini dei metodi astratti
 - la classe astratta ha variabili di istanza e quindi costruttori

9

Implementazione del supertipo Poly

```
public abstract class Poly {
    protected int deg; // il grado
    protected Poly (int n) {deg = n; }
    public abstract int coeff (int d);
    public abstract Poly add (Poly q) throws NullPointerException;
    public abstract Poly mul (Poly q) throws NullPointerException;
    public abstract Poly minus ();
    public abstract Iterator terms ();
    public abstract boolean repOk ();
    public int degree () {return deg;}
    public Poly sub (Poly p) {return add(p.minus());}
    public String toString (){...}
    public boolean equals (Poly p)
    {if (p == null || deg != p.deg) return false;
     Iterator tg = terms(); Iterator pg = p.terms();
     while (tg.hasNext())
     {int tx = ((Integer) tg.next( )).intValue( );
      int px = ((Integer) pg.next( )).intValue( );
      if (tx != px || coeff (tx) != p. coeff (px) return false; }
     return true; }
}
```

10

le sottoclassi di Poly

- ✓ nelle operazioni si decide quale delle due rappresentazioni conviene usare
 - l'add di DensePoly lascia a SparsePoly la gestione del caso in cui i due oggetti sono diversi
- ✓ possono essere necessarie conversioni fra le due rappresentazioni
 - ed altri problemi simili

11

Implementazione del sottotipo DensePoly 1

```
public class DensePoly extends Poly {
    private int[] trms; // coefficienti fino a deg
    public DensePoly () { super(0); trms = new int[1]; }
    public DensePoly (int c, int n) throws NegExpException {... }
    private DensePoly (int n) { super (n); trms = new int [n+1] ; }
    ....
    public Poly add (Poly q) throws NullPointerException
    {if (q instanceof SparsePoly) return q. add (this) ;
     DensePoly la, sm;
     if (deg > q.deg) (la = this; sm = (DensePoly) q; }
     else { la = (DensePoly) q; sm = this; }
     int newdeg = la.deg;
     if (sm.deg == la.deg)
         for int k = sm.deg; k > 0; k--) if (sm.trms[k] + la.trms[k] != 0) break; else
         newdeg--;
     DensePoly r = new DensePoly(newdeg);
     int i;
     for (i = 0; i <= sm.deg && i <= newdeg; i++)
         r.trms[i] = sm.trms[i] + la.tms[i];
     for (int j = i; j <= newdeg; j ++) r. trms [j] = la. trms [j];
     return r; }
}
```

12

Principio di sostituzione

- ✓ un oggetto del sottotipo può essere sostituito ad un oggetto del supertipo senza influire sul comportamento dei programmi che utilizzano il tipo
 - i sottotipi supportano il comportamento del supertipo
 - per esempio, un programma scritto in termini del tipo `Poly` può lavorare correttamente su oggetti del tipo `DensePoly`
- ✓ il sottotipo deve soddisfare le specifiche del supertipo
- ✓ astrazione via specifica per una famiglia di tipi
 - astraiano diversi sottotipi a quello che hanno in comune
 - la specifica del loro supertipo

13

Principio di sostituzione

- ✓ devono essere supportate
 - la regola della segnatura
 - gli oggetti del sottotipo devono avere tutti i metodi del supertipo
 - le signature dei metodi del sottotipo devono essere compatibili con le signature dei corrispondenti metodi del supertipo
 - la regola dei metodi
 - le chiamate dei metodi del sottotipo devono comportarsi come le chiamate dei corrispondenti metodi del supertipo
 - la regola delle proprietà
 - il sottotipo deve preservare tutte le proprietà che possono essere provate sugli oggetti del supertipo
- ✓ tutte le regole riguardano solo le specifiche!

14

Regola della segnatura

- ✓ se una chiamata è type-correct per il supertipo lo è anche per il sottotipo
 - garantita dal compilatore Java
 - che permette solo che i metodi del sottotipo sollevino meno eccezioni di quelli del supertipo
 - potrebbe essere più liberale
 - il tipo ritornato dal metodo del sottotipo potrebbe essere un sottotipo
 - le altre due regole non possono essere garantite dal compilatore Java
 - hanno a che fare con la specifica della semantica! ...

15

Regola dei metodi 1

- ✓ si può ragionare sulle chiamate dei metodi usando la specifica del supertipo anche se viene eseguito il codice del sottotipo
- ✓ garantito che va bene se i metodi del sottotipo hanno esattamente le stesse specifiche di quelli del supertipo
- ✓ come possono essere diverse?
 - se la specifica nel supertipo è nondeterministica (comportamento sottospecificato) il sottotipo può avere una specifica più forte che risolve (in parte) il nondeterminismo

16

Regola dei metodi 2

- ✓ il metodo `elements` di `IntSet` non assume un ordine degli elementi dell'insieme

```
public class IntSet {  
    public Iterator elements ()  
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti gli elementi di  
    // this (come Integers) ciascuno una sola volta, in ordine arbitrario
```

- ✓ il metodo `elements` di `SortedIntSet` assume l'ordine crescente

```
public class SortedIntSet {  
    public Iterator elements ()  
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti gli elementi di  
    // this (come Integers) ciascuno una sola volta, in ordine crescente
```

17

Regola dei metodi 3

- ✓ in generale un sottotipo può indebolire le precondizioni e rafforzare le post condizioni
- ✓ per avere compatibilità tra le specifiche del supertipo e quelle del sottotipo devono essere soddisfatte le regole
 - regola delle precondizione
 - $pre_{super} \implies pre_{sub}$
 - regola delle postcondizione
 - $pre_{super} \ \&\& \ post_{sub} \implies post_{super}$

18

Regola dei metodi 4

✓ indebolire la precondizione

- $pre_{super} \implies pre_{sub}$

ha senso, perché il codice che utilizza il metodo è scritto per usare il supertipo

- ne verifica la precondizione
- verifica anche la precondizione del metodo del sottotipo

✓ esempio: un metodo in `IntSet`

```
public void addZero ( )  
// REQUIRES: this non è vuoto  
// EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

potrebbe essere ridefinito in un sottotipo

```
public void addZero ( )  
// EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

19

Regola dei metodi 5

✓ rafforzare la post condizione

- $pre_{super} \ \&\& \ post_{sub} \implies post_{super}$

ha senso, perché il codice che utilizza il metodo è scritto per usare il supertipo

- assume come effetti quelli specificati nel supertipo
- gli effetti del metodo del sottotipo includono comunque quelli del supertipo (se la chiamata soddisfa la precondizione più forte)

✓ esempio: un metodo in `IntSet`

```
public void addZero ( )  
// REQUIRES: this non è vuoto  
// EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

potrebbe essere ridefinito in un sottotipo

```
public void addZero ( )  
// EFFECTS: se this non è vuoto aggiunge 0 a this altrimenti aggiunge 1 a this
```

20

Regola dei metodi 6

```
public class IntSet {
    public Iterator elements ()
    // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti gli elementi di
    // this (come Integers) ciascuno una sola volta, in ordine arbitrario

    public class SortedIntSet extends IntSet {
        public Iterator elements ()
        // EFFECTS: ritorna un generatore che produrrà tutti gli elementi di
        // this (come Integers) ciascuno una sola volta, in ordine crescente
    }
}
```

- ✓ entrambi i metodi hanno preconditione `true`
- ✓ la postcondizione del metodo del sottotipo
 - gli elementi sono generati in ordine crescenteimplica la postcondizione del metodo del supertipo

21

Regola dei metodi: violazioni 1

- ✓ consideriamo `insert` in `IntSet`

```
public class IntSet {
    public void insert (int x)
    // EFFECTS: aggiunge x a this
}
```

- ✓ supponiamo di definire un sottotipo di `IntSet` con la seguente specifica di `insert`

```
public class StupidoIntSet extends IntSet {
    public void insert (int x)
    // EFFECTS: aggiunge x a this se x è pari, altrimenti non fa nulla
}
```

22

Regola dei metodi: violazioni 2

- ✓ consideriamo addEl in OrderedIntList

```
public class OrderedIntList {  
    public void addEl (int x) throws DuplicateException  
        // EFFECTS: aggiunge x a this se non c'è già, altrimenti solleva  
        // l'eccezione
```

- ✓ supponiamo di definire un sottotipo di OrderedIntList con la seguente specifica di addEl

```
public void addEl (int x)  
    // EFFECTS: aggiunge x a this se non c'è già, altrimenti non fa nulla
```

- ✓ non è un problema la differenza della segnatura
- ✓ ma c'è un problema con la regola dei metodi
 - se l'elemento c'è già, i due metodi hanno comportamento diverso
 - e quello del sottotipo fa “meno cose”

23

Regola delle proprietà 1

- ✓ il ragionamento sulle proprietà degli oggetti basato sul supertipo è ancora valido quando gli oggetti appartengono al sottotipo
- ✓ proprietà degli oggetti
 - non proprietà dei metodi
- ✓ da dove vengono le proprietà degli oggetti?
 - dal modello del tipo di dato astratto
 - le proprietà degli insiemi matematici, etc.
 - le elenchiamo esplicitamente nell'overview del supertipo
 - un tipo astratto potrebbe avere un numero infinito di proprietà
- ✓ proprietà invarianti
 - un FatSet non è mai vuoto
- ✓ proprietà di evoluzione
 - il grado di un Poly non cambia

24

Regola delle proprietà 2

- ✓ per mostrare che un sottotipo soddisfa la regola delle proprietà dobbiamo mostrare che preserva le proprietà del supertipo
- ✓ per le proprietà invarianti
 - bisogna provare che creatori e produttori del sottotipo stabiliscono l'invariante (solita induzione sul tipo)
 - che tutti i metodi (anche quelli nuovi, inclusi i costruttori) del sottotipo preservano l'invariante
- ✓ per le proprietà di evoluzione
 - bisogna mostrare che ogni metodo del sottotipo le preserva

25

Regola delle proprietà: una proprietà invariante

- ✓ il tipo `FatSet` è caratterizzato dalla proprietà che i suoi oggetti non sono mai vuoti
 - // OVERVIEW: un FatSet è un insieme modificabile di interi la*
 - // cui dimensione è sempre almeno 1*
- ✓ assumiamo che `FatSet` non abbia un metodo `remove` ma invece abbia un metodo `removeNonEmpty`

```
public void removeNonEmpty (int x)
// EFFECTS: se x è in this e this contiene altri elementi
// rimuovi x da this
```

e abbia un costruttore che crea un insieme con almeno un elemento
- ✓ possiamo provare che gli oggetti `FatSet` hanno dimensione maggiore di zero

26

Regola delle proprietà: una proprietà invariante 2

- ✓ consideriamo il sottotipo `ThinSet` che ha tutti i metodi di `FatSet` con identiche specifiche e in aggiunta il metodo

```
public void remove (int x)
```

```
// EFFECTS: rimuove x da this
```

- ✓ `ThinSet` non è un sottotipo legale di `FatSet`
 - perché il suo extra metodo può svuotare l'oggetto
 - l'invariante del supertipo non sarebbe conservato

27

Regola delle proprietà: una proprietà di evoluzione (non modificabilità)

- ✓ `Poly`, `DensePoly` e `SparsePoly`
 - se un oggetto `Poly` ha un grado `x` ciascun metodo di `Poly` lo lascia immutato
 - lo stesso con i due sottotipi
- ✓ tipo `SimpleSet` che ha i due soli metodi `insert` e `isIn`
 - oggetti `SimpleSet` possono solo crescere in dimensione
 - `IntSet` non può essere un sottotipo di `SimpleSet` perché il metodo `remove` non conserva la proprietà

28



equals e sottotipi

- ✓ quando vogliamo che l'uguaglianza confronti la struttura (tipi non modificabili) i sottotipi possono rendere il tutto più complesso
 - possono avere più struttura
 - possono essere modificabili