LE GERARCHIE DI TIPI

Subtyping

- B e' un sottotipo di A: "every object that satisfies interface B also satisfies interface A"
- Obiettivo metodologico: codice scritto guardando la specifica di A opera correttamente anche se viene usata la specifica di B

Sottotipi e principio di sostituzione

- B e' un sottotipo di A: B puo' essere sostiituito per A.
  - Una istanza del sottotipo soddisfa le proprieta' del supertipo.
  - Una istanza del sottotipo puo' avere maggiori vincoli di quella del supertipo

3

- Sottotipo e' una nozione semantica (specifica delle proprieta')
- B e' un sottotipo di A <-> un oggetto di B si puo' mascherare come un oggetto di A in tutti i possibili contesti
- Ereditarieta' e' una nozione di implementazione
  - Creare una nuova classe evidenziando solo le differenze (il codice nuovo)

4

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
- il sottotipo deve soddisfare le specifiche del supertipo
- astrazione via specifica per una famiglia di tipi
  - astraiamo diversi sottotipi a quello che hanno in comune

5

gerarchia di tipi: specifica

- specifica del tipo superiore della gerarchia
  - come quelle che già conosciamo
  - l'unica differenza è che può essere parziale per esempio, possono mancare i costruttori
- specifica di un sottotipo
  - la specifica di un sottotipo è data relativamente a quella dei suoi supertipi
  - non si ridefiniscono quelle parti delle specifiche del supertipo che non cambiano
  - vanno specificati
    - ✓i costruttori del sottotipo
    - ✓i metodi "nuovi" forniti dal sottotipo
    - ✓i metodi del supertipo che il sottotipo ridefinisce

6

Gerarchia di tipi: implementazione

- implementazione del supertipo
  - può non essere implementato affatto
  - può avere implementazioni parziali, alcuni metodi sono implementati, altri no
  - può fornire informazioni a potenziali sottotipi dando accesso a variabili o metodi di istanza
    - ✓ che un "normale" utente del supertipo non può vedere
- i sottotipi sono implementati come estensioni dell'implementazione del supertipo
  - la rep degli oggetti del sottotipo contiene anche le variabili di istanza definite nell'implementazione del supertipo
  - alcuni metodi possono essere ereditati
  - di altri il sottotipo può definire una nuova implementazione

7

Gerarchie di tipi in Java

- attraverso l'ereditarietà
  - una classe può essere sottoclasse di un'altra (la sua superclasse) e implementare zero o più interfacce
- il supertipo (classe o interfaccia) fornisce in ogni caso la specifica del tipo
  - le interfacce fanno solo questo
  - le classi possono anche fornire parte dell'implementazione

8

Gerarchie di tipi in Java

- i supertipi sono definiti da
  - classi
  - interfacce
- le classi possono essere
  - Astratte (forniscono un'implementazione parziale del tipo)
    - non hanno oggetti
    - il codice esterno non può chiamare i loro costruttori
    - possono avere metodi astratti la cui implementazione è lasciata a qualche sottoclasse
  - Concrete (forniscono un'implementazione piena del tipo)
- le classi astratte e concrete possono contenere metodi finali
  - non possono essere reimplementati da sottoclassi

9

Gerarchie di tipi in Java

- le interfacce definiscono solo il tipo (specifica) e non implementano nulla
  - contengono solo (le specifiche di) metodi
    - ✓pubblici
    - ✓non statici
    - ✓astratti

10

Gerarchie di tipi in Java

- una sottoclasse dichiara la superclasse che estende (e/o le interfacce che implementa)
  - ha tutti i metodi della superclasse con gli stessi nomi e segnature
  - può implementare i metodi astratti e reimplementare i metodi normali (purché non final)
  - qualunque metodo sovrascritto deve avere segnatura compatibile a quella della superclasse
    - ✓ i metodi della sottoclasse possono sollevare meno eccezioni
- la rappresentazione di un oggetto di una sottoclasse consiste delle variabili di istanza proprie e di quelle dichiarate per la superclasse
  - quelle della superclasse non possono essere accedute direttamente se sono (come dovrebbero essere) dichiarate private
- ogni classe che non estenda esplicitamente un'altra classe estende implicitamente Object

11

Gerarchie di tipi in Java

- la superclasse può lasciare parti della sua implementazione accessibili alle sottoclassi
  - dichiarando metodi e variabili **protected**
    - ✓implementazioni delle sottoclassi piú efficienti
    - ✓si perde l'astrazione completa, che dovrebbe consentire di reimplementare la superclasse senza influenzare l'implementazione delle sottoclassi
    - ✓le entità protected sono visibili anche all'interno dell'eventuale package che contiene la superclasse
- meglio interagire con le superclassi attraverso le loro interfacce pubbliche

12

Esempio: gerarchia con supertipo classe concreta

- in cima alla gerarchia c'è una variante di IntSet
  - la solita, con in più il metodo subset
  - la classe non è astratta
  - fornisce un insieme di metodi che le sottoclassi possono ereditare, estendere o sovrascrivere

Specifica del supertipo


```
public class IntSet {
 // OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile
 // di interi di dimensione qualunque
 public IntSet ()
  // EFFECTS: inizializza this a vuoto
 public void insert (int x)
  // EFFECTS: aggiunge x a this
 public void remove (int x)
  // EFFECTS: toglie x da this
 public boolean isIn (int x)
  // EFFECTS: se x appartiene a this ritorna
   true, altrimenti false
 public int size ()
  // EFFECTS: ritorna la cardinalità di this
public boolean subset (Intset s)
  // EFFECTS: se s è un sottoinsieme di this
  // ritorna true, altrimenti false
}
```

Implementazione del supertipo

```
public class IntSet {
 // OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile di interi di
 // dimensione qualunque
 private Vector els; // la rappresentazione
 public IntSet () {els = new Vector();}
  // EFFECTS: inizializza this a vuoto
 private int getIndex (Integer x) {... }
  // EFFECTS: se x occorre in this ritorna la posizione in cui
  // si trova, altrimenti -1
 public boolean isIn (int x)
  // EFFECTS: se x appartiene a this ritorna true,
  // altrimenti false
  {return getIndex(new Integer(x)) >= 0; }
 public boolean subset (Intset s)
  // EFFECTS: se s è un sottoinsieme di this ritorna true,
  // altrimenti false
  {if  (s == null) return false;
    for (int i = 0; i < els.size(); i++)
      if (!s.isIn(((Integer) els.get(i)).intValue()))
        return false;
    return true; }
}
```


Un sottotipo: `MaxIntSet`

- si comporta come IntSet
  - ma ha un metodo nuovo max, che ritorna l'elemento massimo nell'insieme
  - la specifica di MaxIntSet definisce solo quello che c'è di nuovo
    - ✓il costruttore e il metodo max
  - tutto il resto della specifica viene ereditato da IntSet
- perché non realizzare semplicemente un metodo max stand alone esterno alla classe IntSet?
  - facendo un sottotipo si riesce ad implementare max in modo più efficiente

Specifica del sottotipo

```
public class MaxIntSet extends IntSet {
 // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sottotipo di IntSet che
 // lo estende con il metodo max
 public MaxIntSet ()
  // EFFECTS: inizializza this al MaxIntSet vuoto
 public int max () throws EmptyException
  // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException,
  // altrimenti ritorna l'elemento massimo in this
}
```

- la specifica di MaxIntSet definisce solo quello che c'è di nuovo
  - ✓il costruttore
  - ✓il metodo max
- tutto il resto della specifica viene ereditato da IntSet

17

Implementazione di `MaxIntSet`

- per evitare di generare ogni volta tutti gli elementi dell'insieme, memorizziamo in una variabile di istanza di MaxIntSet il valore massimo corrente
  - oltre ad implementare max
  - dobbiamo riimplementare insert e remove per tenere aggiornato il valore massimo corrente
  - sono i soli metodi per cui c'è overriding
  - tutti gli altri vengono ereditati da IntSet

18

Implementazione del sottotipo 1

```
public class MaxIntSet {
 // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sottotipo di IntSet che
 // lo estende con il metodo max
 private int mass;
// l'elemento massimo, se this non è vuoto
 public MaxIntSet ()
  // EFFECTS: inizializza this al MaxIntSet vuoto
  { super( ); }
 ...  }
```

- chiamata esplicita del costruttore del supertipo
  - potrebbe in questo caso essere omessa
  - necessaria se il costruttore ha parametri
- nient'altro da fare
  - perché mass non ha valore quando els è vuoto

19

Implementazione del sottotipo 2

```
public class MaxIntSet extends IntSet {
 // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sottotipo di
 // IntSet che lo estende con il metodo max

 private int mass;
// l'elemento massimo, se this non è vuoto
 ...
 public int max () throws EmptyException
  // EFFECTS: se this è vuoto solleva
  // EmptyException, altrimenti
  // ritorna l'elemento massimo in this
  {if (size( ) == 0) throw new
       EmptyException("MaxIntSet.max"); return
   mass;}
 ...  }
```

- usa un metodo ereditato dal supertipo (`size`)

20

Implementazione del sottotipo 3

```
public class MaxIntSet extends IntSet {
 // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sottotipo di
 // IntSet che lo estende con il metodo max

 private int mass;
// l'elemento massimo, se this non è vuoto
 ...
 public void insert (int x) {
   if (size() == 0 || x > mass) mass = x;
   super.insert(x); }
 ...  }
```

- ha bisogno di usare il metodo insert del supertipo, anche se overriden
  - attraverso il prefisso super
- per un programma esterno che usi un oggetto di tipo MaxIntSet il metodo overriden insert del supertipo non è accessibile in nessun modo

Implementazione del sottotipo 4

```
public class MaxIntSet extends IntSet {
 // OVERVIEW: un MaxIntSet è un sottotipo di IntSet che lo estende con
 // il metodo max

 private int mass;
// l'elemento massimo, se this non è vuoto
 ...
 public void remove (int x) {…}
```

- Problema: come possiamo riscrivere remove se non abbiamo accesso agli elementi del super tipo? Lo discutiamo dopo!!

- invariante di rappresentazione per `MaxIntSet`
  // $I_{MaxIntSet}$ (c) = c.size() > 0 ==>
  // (c.mass appartiene a a_{IntSet}(c) &&
  // per tutti gli x in a_{IntSet}(c), x <= c. mass

Funzione di astrazione di sottoclassi di una classe concreta

- definita in termini di quella del supertipo, nome della classe come indice per distinguerle
- funzione di astrazione per MaxIntSet

// la funzione di astrazione è
// $a_{MaxIntSet}(c) = a_{IntSet}(c)$

- la funzione di astrazione è la stessa di IntSet perché produce lo stesso insieme di elementi dalla stessa rappresentazione (els)
  - il valore della variabile mass non ha influenza sull'astrazione

23

Invariante di rappresentazione di sottoclassi di una classe concreta

- invariante di rappresentazione per MaxIntSet
  // $I_{MaxIntSet}(c) = c.size() > 0 ==>$
  // (c.mass appartiene a $a_{IntSet}(c)$ &&
  // per tutti gli x in $a_{IntSet}(c)$, x <= c. mass)

- l'invariante non include (e non utilizza in questo caso) l'invariante di IntSet perché tocca all'implementazione di IntSet preservarlo
  - le operazioni di MaxIntSet non possono interferire perché operano sulla rep del supertipo solo attraverso i suoi metodi pubblici
- usa la funzione di astrazione del supertipo

24

repOk di sottoclassi di una classe concreta

- invariante di rappresentazione per MaxIntSet

  // $I_{MaxIntSet}$ (c) = c.size() > 0 ==>
  // (c.mass appartiene a a_{IntSet}(c) &&
  // per tutti gli x in a_{IntSet}(c), x <= c. mass)

- l'implementazione di repOk deve verificare l'invariante della superclasse perché la correttezza di questo è necessaria per la correttezza dell'invariante della sottoclasse

25

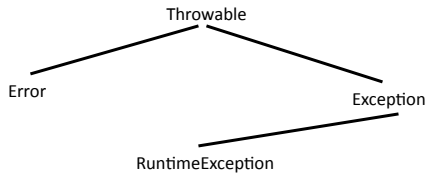
Cosa succede se il supertipo fa vedere la rappresentazione?

- Il problema della remove: si potrebbe risolvere facendo vedere alla sottoclasse la rappresentazione della superclasse
  - dichiarando els protected nell'implementazione di IntSet
- in questo caso, l'invariante di rappresentazione di MaxIntSet deve includere quello di IntSet
  - perché l'implementazione di MaxIntSet potrebbe violarlo

  // $I_{MaxIntSet}$ (c) = I_{IntSet} (c) && c.size() > 0 ==>
  // (c.mass appartiene a a_{IntSet}(c) &&
  // per tutti gli x in a_{IntSet}(c), x <= c. mass)

26

Ricostruiamo i tipi eccezione



- `Throwable` è una classe concreta (primitiva), la cui implementazione fornisce metodi che accedono una variabile istanza di tipo stringa
- `Exception` è una sottoclasse di `Throwable`
  - che non aggiunge nuove variabili istanza
- una nuova eccezione può avere informazione aggiuntiva nell'oggetto e nuovi metodi

27

Una eccezione non banale

```
public class MiaEccezione extends Exception {
 // OVERVIEW: gli oggetti di tipo MiaEccezione contengono
 // un intero in  aggiunta alla stringa
 private int val; // l'elemento massimo, se this non è vuoto
 public MiaEccezione (String s, int x) {
     super (s); val = x; }
 public MiaEccezione (int x) {
     super (); val = x; }
 public int valoreDi () {
     return val;}
}
```

28

Classi astratte come supertipi

- implementazione parziale di un tipo
- può avere variabili di istanza e uno o piú costruttori
- non ha oggetti
- i costruttori possono essere chiamati solo dalle sottoclassi per inizializzare la parte di rappresentazione della superclasse
- può contenere metodi astratti (senza implementazione)
- può contenere metodi regolari (implementati)
  - questo evita di implementare piú volte i metodi quando la classe abbia piú sottoclassi e permette di dimostrare più facilmente la correttezza
  - l'implementazione può utilizzare i metodi astratti
    - ✓ la parte generica dell'implementazione è fornita dalla superclasse
    - ✓ le sottoclassi forniscono i dettagli

29

Perché può convenire trasformare `IntSet` in una classe astratta

- vogliamo definire (come sottotipo di IntSet) il tipo SortedIntSet
  - un nuovo metodo subset (overloaded) per ottenere una implementazione più efficiente quando l'argomento è di tipo SortedIntSet
- vediamo la specifica di SortedIntSet

30

Specifica del sottotipo

```
public class SortedIntSet extends IntSet {
 // OVERVIEW: un SortedIntSet è un sottotipo di IntSet che
    lo estende
 // con i metodi max e subset e in cui gli elementi sono
 // accessibili in modo ordinato
 public SortedIntSet ()
  // EFFECTS: inizializza this all'insieme vuoto
 public int max () throws EmptyException
  // EFFECTS: se this è vuoto solleva EmptyException,
    altrimenti
  // ritorna l'elemento massimo in this
public boolean subset (Intset s)
  // EFFECTS: se s è un sottoinsieme di this ritorna true,
    altrimenti
  // false }
```

- la rappresentazione degli oggetti di tipo SortedIntSet potrebbe utilizzare una lista ordinata
  - non serve piú a nulla la variabile di istanza ereditata da IntSet
  - il vettore els andrebbe eliminato da IntSet
  - senza els, IntSet non può avere oggetti e quindi deve essere astratta

31

`IntSet` come classe astratta

- specifiche uguali a quelle già viste
- dato che la parte importante della rappresentazione (gli elementi dell'insieme) non è definita qui, sono astratti i metodi insert, remove, e repOk
- isIn, subset e toString sono implementati in termini del metodo astratto elements
- teniamo traccia nella superclasse della dimensione con una variabile intera sz
  - che è ragionevole sia visibile dalle sottoclassi (protected)
  - la superclasse non può nemmeno garantire proprietà di sz
    - ✓ il metodo repOk è astratto
- non c'è funzione di rappresentazione
  - tipico delle classi astratte, perché la vera implementazione è fatta nelle sottoclassi

32

Implementazione di **IntSet** come classe astratta

```
public abstract class IntSet {
 protected int sz; // la dimensione

// costruttore
 public IntSet () {sz = 0 ;}

// metodi astratti
 public abstract void insert (int x);
 public abstract void remove (int x);
 public abstract boolean repOk ( );
// metodi
 public boolean isIn (int x)
 // implementazione}
public int size () {return sz; }
// implementazioni di subset e toString
}
```


SortedIntSet

```
public class SortedIntSet extends IntSet {
 private OrderedIntList els; // la rappresentazione
 // la funzione di astrazione:
 // α(c) = {c.els[1] , . . . , c.els[c.sz]}
 // l'invariante di rappresentazione:
 // I(c) = c.els != null && c.sz = c.els.size()

 // costruttore
 public SortedIntSet () {els = new OrderedIntList() ;}
// metodi
 public int max () throws EmptyException {
  if (sz == 0) throw new EmptyException("SortedIntSet.max");
  return els.max( ); }

// implementations of insert, remove, e repOk
 ...}
```

- la funzione di astrazione va da liste ordinate a insiemi
  - gli elementi della lista si accedono con la notazione []
- l'invariante di rappresentazione pone vincoli su tutte e due le variabili di istanza (anche quella ereditata)
  - els è assunto ordinato (perché così è in OrderedIntList)
- si assume che esistano per OrderedIntList anche le operazioni size e max

SortedIntSet

```
public class SortedIntSet extends IntSet {
 private OrderedIntList els; // la rappresentazione
 // la funzione di astrazione:
 // α(c) = {c.els[1] , . . . , c.els[c.sz]}
 // l'invariante di rappresentazione:
 // I(c) = c.els != null && c.sz = c.els.size()
.....
public boolean subset (IntSet s) {
 try { return subset((SortedIntSet) s); }
 catch (ClassCastException e) { return super.subset(s); }
public boolean subset (SortedIntSet s)
 // qui si approfitta del fatto che smallToBig di OrderedIntList
 // ritorna gli elementi in ordine crescente
}
```


Gerarchie di classi astratte

- anche le sottoclassi possono essere astratte
- possono continuare ad elencare come astratti alcuni dei metodi astratti della superclasse
- possono introdurre nuovi metodi astratti

Ereditarietà multipla

- una classe può estendere soltanto una classe
- ma può implementare una o piú interfacce
- si riesce così a realizzare una forma di ereditarietà multipla
  - nel senso di supertipi multipli
  - anche se non c'è niente di implementato che si eredita dalle interfacce

```
public class SortedIntSet extends IntSet
                    implements SortedCollection { .. }
```

- `SortedIntSet` è sottotipo sia di `IntSet` che di `SortedCollection`

37