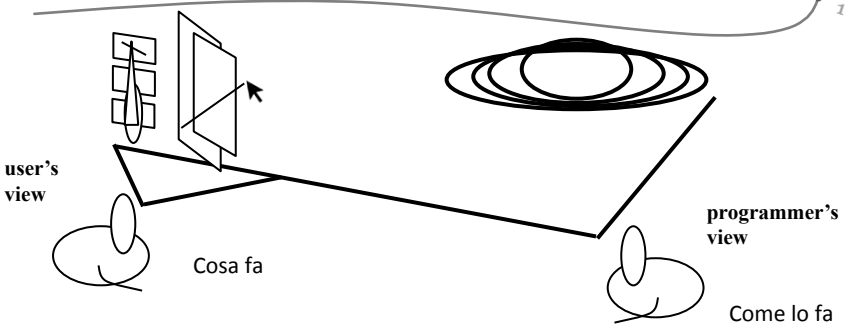
AA 2014-2015

8. Astrazioni sui dati: specifica di tipi di dato astratti in Java

Forme di astrazione

- ***Procedural abstraction***: separazione delle proprietà logiche di una azione computazionale dai suoi (della azione) dettagli implementativi
- ***Data abstraction***: separazione delle proprietà logiche dei dati dai dettagli della loro (dei dati) rappresentazione

Modulatità



Quando si implementa un programma bisogna considerarsi un utente delle altre parti dalle quali il programma dipende

3

Contratti di uso

- Un "contratto" è l'insieme dei vincoli di uso concordati tra l'utente di un modulo software e chi implementa effettivamente il modulo
  - È una descrizione delle aspettative delle due parti
- Perché i contratti sono utili?
  - *Separation of concerns*: I dettagli implementativi sono mascherati all'utente che vede solo le funzionalità offerte
  - Facilitano la manutenzione e il ri-uso del software

4

Interface come contratti?

- In Java la nozione di interfaccia permette di definire esplicitamente il "confine" tra cliente e implementatore

```
public interface IntSet {
    public void insert(int elem);
    public void remove(int elem);
    public boolean isIn(int elem);
    public boolean isEmpty( );
    public void add(int elem);
    ...
}
```

- Le interfacce in Java definiscono la sintassi e il tipo dei metodi ma non definiscono il comportamento e l'effetto atteso dell'esecuzione di un metodo
  - *Sintassi e tipi forniscono una informazione limitata ai clienti*

5

Java interface++

- Estendiamo la nozione delle interfacce in Java inserendo informazioni sul codice effettivo di implementazione dei metodi
- Ma il codice…
  - è troppo complicato: un cliente non deve sapere nel dettaglio come il metodo è **implementato** ma deve solamente avere una **astrazione del comportamento**
  - può cambiare nel tempo e il cliente non è interessato alle modifiche puntuali

6

Abstract data type

- Un *abstract data type* (ADT) è una collezione di elementi il cui comportamento logico è definito da un dominio di valori e dalle operazioni su quel dominio
- ADT
  - Nome
  - Valori
  - Operazioni
  - Semantica delle operazioni

7

Esempio (ADT via Assiomi)

- Nome: *Stack (of Item)*
- *Item* (parametro) il tipo degli elementi che possono essere inserito nello stack

8

Stack: operatori

- ***Constructors***
  - *create: unit -> Stack*
- ***Mutators***
  - *push: (Stack, Item) -> Stack*
  - *pop: Stack -> Stack*
- ***Accessors***
  - *top: Stack -> Item*
  - *empty: Stack -> boolean*
  - *Size: Stack -> int*
- ***Destructors***
  - *destroy: Stack -> unit*

[visione imperativa]

9

Stack: assiomi

Assiomi: regolano il comportamento delle operazioni (semantica intesa della astrazione)

- top(push(s, x)) = x
- pop(push(s, x)) = s
- empty(create( )) = true
- empty(push(s, x)) = false

[visione imperativa]

10

Stack: assiomi

- s.size( ), s.empty( ) e s.push(t) sono sempre definite
- s.pop( ) e s.top( ) sono definite sse s.empty( ) = false
- s.empty( ), s.size( ) e s.top( ) lasciano s immutato
- s.empty( ) = true sse s.size( ) = 0
- se s' è lo stack dopo s.push(t)
  - lo stack dopo s'.pop( ) è s
  - s'.top( ) = t
  - s'.size( ) = s.size( ) + 1
- se s' è lo stack dopo s.pop( )
  - s'.size = s.size( ) - 1

11

A cosa servono gli assiomi?

- A provare teoremi!!

se s' è lo stack ottenuto dopo avere eseguito k operazioni di push a partire da uno stack s, allora s'.size( ) = s.size( ) + k

12

Operazioni parziali

- Precondition of s.pop( )
  - s.empty( ) = false
- Precondition of s.top( )
  - s.empty( ) = false

13

ADT: visione costruttiva

- Le operazioni sono caratterizzate da una precondizione e da una postcondizione
- ***Precondition****: formula logica che caratterizza le proprietà e il valore degli argomenti*
- ***Postcondition****: formula logica che caratterizza il risultato calcolato dall'operazione rispetto al valore degli argomenti*

14

Esempio

- s.push(t) porta a uno stack s'
  Precondition: s è una istanza valida di Stack && s non è full
- Postcondition: s' è una istanza valida di Stack && s' coincide con s esteso con t come elemento top

15

Data abstraction via specifica

- Con la specifica, astraiamo dall'implementazione del tipo di dato
- Avendo gli oggetti insieme alle operazioni, l'astrazione diventa possibile
  - la rappresentazione è nascosta all'utente esterno, mentre è visibile all'implementazione delle operazioni
  - se una rappresentazione viene modificata, devono essere modificate le implementazioni delle operazioni, ma non le astrazioni che la utilizzano
    - ✓è il tipo di modifica più comune durante la manutenzione

16

Gli ingredienti di una specifica

- Java (parte sintattica della specifica)
  - classe o interfaccia
    - ✓per ora solo classi
  - nome per il tipo (la classe)
  - operazioni
    - ✓metodi di istanza, incluso il(i) costruttore(i)
- la specifica del tipo
  - fornita dalla clausola OVERVIEW che descrive i valori astratti degli oggetti e alcune loro proprietà
    - ✓per esempio la modificabilità
- per il resto la specifica è una specifica dei metodi
  - strutturata tramite precondizioni (clausola require) e postcondizioni (clausola effect)

17

Formato della specifica


```
public class NuovoTipo {
  // OVERVIEW:  Gli oggetti di tipo NuovoTipo
  // sono collezioni modificabili di …

  // costruttori
  public NuovoTipo( )
     // REQUIRES
     // EFFECTS: …

  // metodi
  // specifiche degli altri metodi
}
```

18

IntSet 1

```
public class IntSet {
   // OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile
   // di interi di dimensione qualunque
   // costruttore
   public IntSet( )
       // EFFECTS: inizializza this all'insieme vuoto
   // metodi
   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
  ...
}
```

19

IntSet 2

```
public class IntSet {
   ...
   // metodi
   ...
   public int size( )
      // EFFECTS: ritorna la cardinalità di this
   public int choose( ) throws EmptyException
      // EFFECTS: se this è vuoto, solleva
      // EmptyException, altrimenti ritorna un
      // elemento qualunque contenuto in this
}
```

20

IntSet: analisi


```
public class IntSet {
 // OVERVIEW: un IntSet è un insieme modificabile
 // di interi di dimensione qualunque
  ...
}
```

- i valori astratti degli oggetti della classe sono descritti nella specifica in termini di concetti noti
  - gli insiemi matematici
  - uso di una notazione matematica (in seguito)
- gli stessi concetti sono utilizzati nella specifica dei metodi
  - aggiungere, togliere elementi
  - appartenenza, cardinalità

21

IntSet: analisi


```
public class IntSet {
   // OVERVIEW: ...
   // costruttore
   public IntSet( )
      // EFFECTS: inizializza this all'insieme vuoto
   ...
}
```

- un solo costruttore (senza parametri)
  - inizializza this (l'oggetto nuovo)
  - non è possibile vedere lo stato dell'oggetto tra la creazione e l'inizializzazione

22

IntSet: analisi


```
public class IntSet {
   ...
   // metodi
   public void insert(int x)
      // EFFECTS: aggiunge x a this
   public void remove(int x)
      // EFFECTS: toglie x da this
   ...
}
```

- modificatori
  - modificano lo stato del proprio oggetto
  - notare che né insert né remove sollevano eccezioni
    - ✓se si inserisce un elemento che c'è già
    - ✓se si rimuove un elemento che non c'è

23

IntSet: analisi


```
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 int choose( ) throws EmptyException
   // EFFECTS: se this è vuoto, solleva
   // EmptyException, altrimenti ritorna un
   // elemento qualunque contenuto in this
```

- osservatori
  - non modificano lo stato del proprio oggetto: choose può sollevare un'eccezione (se l'insieme è vuoto)
    - ✓EmptyException può essere unchecked, perché l'utente può utilizzare size per evitare di farla sollevare
    - ✓choose è sotto-determinata (implementazioni corrette diverse possono dare diversi risultati)

24

Specifica di un tipo “primitivo”

- le specifiche sono ovviamente utili **anche** per capire e utilizzare correttamente i tipi di dato “primitivi” di Java
- vedremo, come esempio, il caso dei vettori
  - Vector
  - array dinamici che possono crescere e ridursi
  - sono definiti nel package java.util

Vector 1


```
public class Vector {
   // OVERVIEW: un Vector è un array modificabile
   // di dimensione variabile i cui elementi sono
   // di tipo Object: indici tra 0 e size - 1
   // costruttore
   public Vector( )
      // EFFECTS: inizializza this a vuoto
   // metodi
   public void add(Object x)
      // EFFECTS: aggiunge una nuova posizione a
      // this inserendovi x
   public int size( )
      // EFFECTS: ritorna il numero di elementi di
      // this
  ...
}
```

Vector 2

```
public Object get(int n) throws
    IndexOutOfBoundsException
    // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
    // IndexOutOfBoundsException, altrimenti
    // ritorna l'oggetto in posizione n in this
public void set(int n, Object x) throws
    IndexOutOfBoundsException
    // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
    // IndexOutOfBoundsException, altrimenti
    // modifica this sostituendovi l'oggetto x in
    // posizione n
public void remove(int n) throws
    IndexOutOfBoundsException
    // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
    // IndexOutOfBoundsException, altrimenti
    // modifica this eliminando l'oggetto in
    // posizione n
```

27

Vector: analisi

```
public class Vector {
 // OVERVIEW: un Vector è un array modificabile
 // di dimensione variabile i cui elementi sono
 // di tipo Object: indici tra 0 e size - 1
  ...
}
```

- gli oggetti della classe sono descritti nella specifica in termini di concetti noti: gli array
- gli stessi concetti sono anche utilizzati nella specifica dei metodi
  - indice, elemento identificato dall'indice
- il tipo è modificabile come l'array
- notare che gli elementi sono di tipo Object
  - non possono essere int, bool o char

28

Vector: analisi


```
public class Vector {
   // OVERVIEW: un Vector è un array modificabile
   // di dimensione variabile i cui elementi sono
   // di tipo Object: indici tra 0 e size - 1
   // costruttore
   public Vector( )
      // EFFECTS: inizializza this a vuoto
   ...
}
```

- un solo costruttore (senza parametri)
  - inizializza this (l'oggetto nuovo) a un "array" vuoto

Vector: analisi


```
public void add(Object x)
   // EFFECTS: aggiunge una nuova posizione a
   // this inserendovi x
public void set(int n, Object x) throws
   IndexOutOfBoundsException
   // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
   // IndexOutOfBoundsException, altrimenti modifica
   // this sostituendovi l'oggetto x in posizione n
public void remove (int n) throws
   IndexOutOfBoundsException
   // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
   // IndexOutOfBoundsException, altrimenti modifica
   // this eliminando l'oggetto in posizione n
```

- sono modificatori
  - modificano lo stato del proprio oggetto
  - set e remove possono sollevare un'eccezione unchecked

Vector: analisi

```
public int size( )
   // EFFECTS: ritorna il numero di elementi di
   // this
public Object get(int n) throws
   IndexOutOfBoundsException
   // EFFECTS: se n<0 o n>= this.size solleva
   // IndexOutOfBoundsException, altrimenti
   // ritorna l'oggetto in posizione n in this
public Object lastElement()
   // EFFECTS: ritorna l'ultimo oggetto in this
```

- sono osservatori
  - non modificano lo stato del proprio oggetto
  - get può sollevare un'eccezione primitiva unchecked

31

I polinomi

```
public class Poly {
   // OVERVIEW: un Poly è un polinomio a
   // cofficienti interi non modificabile
   // esempio: c0 + c1*x + c2*x^2 + ...

   // costruttori
   public Poly( )
      // EFFECTS: inizializza this al polinomio 0
   public Poly(int c, int n) throws
      NegativeExponentExc
      // EFFECTS: se n<0 solleva NegativeExponentExc
      // altrimenti inizializza this al polinomio cx^n

   // metodi

   ...
}
```

32

I polinomi

```
public class Poly {
   ...
   // metodi
   public int degree( )
      // EFFECTS: ritorna 0 se this è il polinomio
      // 0, altrimenti il più grande esponente con
      // coefficiente diverso da 0 in this
   public int coeff(int d)
      // EFFECTS: ritorna il coefficiente del
      // termine in this che ha come esponente d
   public Poly add(Poly q) throws
      NullPointerException
      // EFFECTS: q=null solleva NullPointerException
      // altrimenti ritorna this + q
   ...
}
```

33

I polinomi

```
public class Poly {
   ...
   // metodi
   ...
   public Poly mul(Poly q) throws
      NullPointerException
      // EFFECTS: q=null solleva NullPointerException
      // altrimenti ritorna this * q
   public Poly sub(Poly q) throws
      NullPointerException
      // EFFECTS: q=null solleva NullPointerException
      // altrimenti ritorna this - q
   public Poly minus( )
      // EFFECTS: ritorna -this
   ...
}
```

34

Poly: analisi


```
public class Poly {
   // OVERVIEW: ...
   // costruttori
   public Poly( )
      // EFFECTS: inizializza this al polinomio 0
   public Poly(int c, int n) throws
      NegativeExponentExc
      // EFFECTS: se n<0 solleva NegativeExponentExc
      // altrimenti inizializza this al polinomio cx^n
   ...
}
```

- due costruttori overloaded
  - diverso numero o tipo di parametri
  - la scelta tra metodi overloaded viene effettuata in base al numero e al tipo dei parametri
    - ✓eventualmente a runtime scegliendo il più specifico

35

Poly: analisi


```
public class Poly {
   // OVERVIEW: ...
   // costruttori
   public Poly ()
      // EFFECTS: inizializza this al polinomio 0
   public Poly (int c, int n) throws
      NegativeExponentExc
      // EFFECTS: se n<0 solleva NegativeExponentExc
      // altrimenti inizializza this al polinomio cx^n
   ...
}
```

- l'eccezione NegativeExponentExc non è definita qui
  - nello stesso package di Poly?
  - può essere unchecked, perché non è probabile che l'utente usi esponenti negativi

36

Poly: analisi

```
// metodi
public int degree( )
   // EFFECTS: ritorna 0 se this è il polinomio
   // 0, altrimenti il più grande esponente con
   // coefficiente diverso da 0 in this
public int coeff(int d)
   // EFFECTS: ritorna il coefficiente del
   // termine in this che ha come esponente d
public Poly add(Poly q) throws
   NullPointerException
   // EFFECTS: q=null solleva NullPointerException
   // altrimenti ritorna this + q
```

- non ci sono modificatori
  - degree e coeff sono osservatori
  - add, mul, sub e minus ritornano nuovi oggetti di tipo Poly

37

Aspetti metodologici

- Per prima cosa si definisce la specifica
  - "scheletro" formato da header, overview, pre e post condizioni di tutti i metodi
  - mancano la rappresentazione degli oggetti e il codice dei corpi dei metodi…
    - ✓che possono essere sviluppati in un momento successivo e indipendentemente dallo sviluppo dei "moduli" che usano il nuovo tipo di dato
    - ✓ed è molto importante riuscire a differire le scelte relative alla rappresentazione

38

Aspetti metodologici

- Se aggiungiamo il codice dei metodi ben tipati alla specifica dei metodi
  - la specifica può essere compilata
  - possono essere compilate implementazioni di moduli che la utilizzano (errori rilevati subito dall'analisi statica)
  - possono essere progettati i test di analisi
  - esempio: Junit è basato su questa idea

39

Un cliente di `IntSet`


```
public static IntSet getElements(int[ ] a) throws
   NullPointerException {
   // EFFECTS: a=null solleva NullPointerException
   // altrimenti, restituisce un insieme che contiene
   // tutti e soli gli interi presenti in a

   IntSet s = new IntSet( );
   for (int i = 0; i < a.length; i++)
      s.insert(a[i]);
   return s;
}
```

- scritta solo conoscendo la specifica di IntSet
  - non accede all'implementazione
    - ✓magari non esiste ancora, ma anche se ci fosse non potrebbe "vederla"
  - costruisce, accede e modifica l'oggetto solo attraverso i metodi (incluso il costruttore))

40

Verifiche


```
public static IntSet getElements (int[] a) throws
   NullPointerException {
   // EFFECTS: a=null solleva NullPointerException
   // altrimenti, restituisce un insieme che contiene
   // tutti e soli gli interi presenti in a

   IntSet s = new IntSet( );
   for (int i = 0; i < a.length; i++)
      s.insert(a[i]);
   return s;
}
```

- insert non ha precondizione
  - se ci fosse una precondizione bisognerebbe
    - ✓inserire in *getElements* il codice che la verifichi (runtime check), oppure
    - ✓dimostrare che la precondizione è sempre verificata (verifica "statica")

41

Quale è il punto?

- *Client-Supplier*
- *Supplier: fornisce il servizio con un ADT*
- *Client: utente del servizio (a sua volta fornitore di altri servizi)*
- *Visione moderna che si ritrova in…*
  - *Service-oriented computing*
  - *Cloud computing*

42

Aspetti rilevanti (ACM SIG on SE)

- Supplier
  - efficient and reliable algorithms and data structures
  - convenient implementation
  - easy maintenance
- Client
  - using the supplier services without effort to understand its internal details
  - having a sufficient, but not overwhelming, set of operations

43