PROGRAMMING BY CONTRACT

Cosa vogliamo ottenere

- Implementare il sistema “giusto”
  - *validation*

- Implementare il sistema correttamentre
  - *verification*

- PR2 affronta il secondo aspetto: come creare del software che funziona correttamente
  - Compito difficile: specificare, progettare, implementare, testare e “debug” anche per semplicii programmi

Un piccolo SE primer

- ***Specifica***: Cosa si deve realizzare
- ***Design***: Come si decompone il sistema in moduli in modo da ridurre la complessità. Quali sono le migliore strategie di progetto?
- ***Implementazione***: scrivere il codice che soddisfa le specifiche
- ***Testing***: Determinare sistematicamente eventuali errori
- ***Debugging***: Risolvere in modo sistematichi gli errori
- ***Manutenzione***: Come far evolvere il sistema nel tempo
- ***Documentazione***: Descrivere tutto le scelte fatte e le loro motivazioni.

La scalabilità del software

- I programmi di picoolle dimensioni sono facilemente maneggiabili e modificabili
  - Coding (facile)
  - Modifiche (faclie)

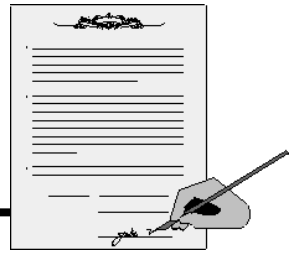
- Programmi di grosse dimensione sono maggiormente complessi da gestire sia in fase di coding che di manutenzione.

- Il motivo principale è la dato dalla difficoltà nella gestione delle interazioni tra i diversi moduli che costituiscono il sistema

Specifiche

- Il nostro approccio: due modi distinti di osservare il comportamento di un programma:
  - La visione di chi **implementa** (come costruire il sistema)
  - La visione di chi lo **usa**
- Motivazioni:
  - Quando si implementa un modulo software conviene anche avere la visione dei clienti che utilizzano quel modulo
  - La visione di chi implementa potrebbe essere troppo restrittiva
  - Permette di identificare quali sono i moduli che cosstutuiscono il sistema e le loro dipendenze
- A PR2 questi aspetti sono analizzati mediante la nozione di *specifica*

Specifica = contratto di uso



- L'insieme dei **vincoli** che definiscono le mutue aspettative tra le parti
- **Strumento di decomposizione**
  - Permette di identificare i vincoli del cliente senza considerare il dettagli di implementazione
  - Separa chiaramente la parte di implementazione dalle caratteristiche di uso.
  - Evita l'utilizzo di vincoli impliciti nascosti

- Facilita la manutenzione e le modifiche
  - Permette di ragionare in termini di vincoli di interazione non di strutture di implementazione

Soluzione limitata: Java Interface

In Java (ma anche negli altri linguaggi OO) una *interface* definisce il confine tra implementazione e cliente:

```
public interface List<E> {
    public E get(int index);
    public void set(int index, E elem);
    public void add(E elem);
    public void add(int index, E elem);
    …

}
```

Interface = *syntax & types*

Ma non permette di osservare i comportamenti e il loro effetto

Interface: informazione limitata verso I clienti

Usiamo il codice?


```
Static <T> boolean sub(List<T> src, List<T> part) {
     int part_index = 0;
     for (T elt : src) {
         if (elt.equals(part.get(part_index))) {
             part_index++;
             if (part_index == part.size()) {
                 return true;
             }
         } else {
             part_index = 0;
         }
     }
     return false;
 }
```

Siamo sicuri che sia chiaro?

Il codice è complicato!!!

- Un numero elevato di dettagli non utili al cliente
- Sforzo non banale di comprensione:
  - Per usare una API si deve leggere la sua implementazione in dettaglio? Meglio evitare
- "Client cares only about *what* the code does, not *how* it does it"

Commenti del codice

Commenti: descrizione del comportmento

```
// This method checks if "part" appears as a
// sub-sequence in "src"
static <T> boolean sub(List<T> src, List<T> part){
   ...
}
```

Problema: informazione incompleta

- Cosa succede nel caso in cui **`src-part`** sono liste vuote?
- In quali casi il metodo restituisce come risultato il valore **`true`**?

Il nostro esempio

```
static <T> boolean sub(List<T> src, List<T> part) {
    int part_index = 0;
    for (T elt : src) {
        if (elt.equals(part.get(part_index))) {
            part_index++;
            if (part_index == part.size()) {
                return true;
            }
        } else {
            part_index = 0;
        }
    }
    return false;
}
```

Una descrizione più accurata

// controlla se"part" è una sottosequenza in "src"

*// * src e part non possono essere **null***
*// * se src è una lista vuota allora si deve restituire true come risultato*

Match parziali:
list (1,2,1,3) deve essere identificata come sottolista di (1,2,1,2,1,3).

// Il metodo scorre la lista "src"
// per determinare l'occorrenza "part", e
// scorre nuovamnete la lsita in caso di ...

Non va bene: troppo complicato

- *Semplificare la descrizione!*
  - Una descrizione complessa porta a un pessimo design della soluzione.
- Alternativa:

```
// restituisce true iff esistono due sottosequence A, B  tali che
//   src = A : part : B
// dove ":" è l'operazione di concatenazione
static <T> boolean sub(List<T> src, List<T> part) {
```

- Rigore matematico elimina le ambiguità
- Stile dichiarativo: si descrive **cosa** deve fare non **come** lo fa!!
  - **what** vs **how**

Spec: valore aggiunto #1

- Un modo disciplinato di scrittura delle specifiche ha una forte influenza sulla struttura del codice:
  - Guida alla scrittura di programmi strutturati in cui sono chiaramente identificati i punti di scelta del progetto

- Se la specifica è troppo complicata forse è il caso di ripensare alle scelte di progetto.

Javadoc

- Javadoc: strumento native di Java per la scrittura delle specifiche
  - Segnatura del metodi
  - Descrizione testuale del comportamento
  - **`@param`**: *description of what gets passed in*
  - **`@return`**: *description of what gets returned*
  - **`@throws`**: *exceptions that may occur*

Esempio: Javadoc `String.contains`


```
public boolean contains(CharSequence s)

Returns true if and only if this string contains
  the specified sequence of char values.

Parameters:

  s- the sequence to search for

Returns:

  true if this string contains s, false otherwise

Throws:

  NullPointerException

Since:

  1.5
```

PR2 … è simile ma ....

- *precondition*: vincolo sulle proprietà che devono valere prima dell'invocazione del metodo (se non valgono allora non esistono le condizioni per eseguire il codice del metodo)
  - **`@requires`**: descrive le condizioni di validità che il cliente deve garantire

- *postcondition*: vincolo sulle proprietà che devono valere al momento della terminazione del metodo (nel caso in cui la precondizione sia soddisfatta!!!)
  - **`@modifies`**: elenca gli oggetti che sono modificati durante l'esecuzione del metodo, gli oggetti non presenti nell'elenco non sono modificati.
  - **`@throws`**: elenca le possibili eccezione (come Javadoc)
  - **`@effects`**: descrive le proprietà dello stato finale
  - **`@return`**: descrive l valori restituiti dal metodo(come Javadoc)

Descrizione alternativa equivalente

- *precondition*: vincolo sulle proprietà che devono valere prima dell'invocazione del metodo (se non valgono allora non esistono le condizioni per eseguire il codice del metodo)
  - **`@requires`**: descrive le condizioni di validità che il cliente deve garantire

- *postcondition*: vincolo sulle proprietà che devono valere al momento della terminazione del metodo (nel caso in cui la precondizione sia soddisfatta!!!)
  - **`@effects`**:
    - elenca gli oggetti che sono modificati durante l'esecuzione del metodo, gli oggetti non presenti nell'elenco non sono modificati.
    - elenca le possibili eccezione (come Javadoc)
    - descrive le proprietà dello stato finale
    - descrive I valori restituiti dal metodo(come Javadoc)

Esempio

static **<T>** int change(List<T> lst, T oldelt, T newelt)

requires	lst, oldelt, enewelt sono non-null. oldelt occorre in lst.
modifies	lst
effects	rimpiazza la prima occorrenza di oldelt in lst con newelt & non effettua altre modifiche su lst
returns	la posizione in lst che conteneva il valore oldelt e ora contiene newely

```
static <T> int change(List<T> lst,
                      T oldelt, T newelt) {
   int i = 0;
   for (T curr : lst) {
      if (curr == oldelt) {
         lst.set(newelt, i);
         return i;
      }
     i = i + 1;
   }
   return -1;
}
```

Esempio 2

static List<Integer> zipSum(List<Integer> lst1, List<Integer> lst2)

requires	lst1 elst2 sono non-null. lst1 e lst2 hanno la stessa dimensione.
modifies	none
effects	none
returns	una lista della stessa dimensione dove l'elemento di posizione i è la somma dei valori degli elementi in posizione i delle due liste lst1 e lst2

```
static List<Integer> zipSum(List<Integer> lst1
                            List<Integer> lst2) {
   List<Integer> res = new ArrayList<Integer>();
   for(int i = 0; i < lst1.size(); i++) {
      res.add(lst1.get(i) + lst2.get(i));
   }
   return res;
 }
```

Esempio 3

static void listAdd(List<Integer> lst1, List<Integer> lst2)

requires	lst1 & lst2 != null. lst1.size() = lst2.size().
modifies	lst1
effects	lst.get(i) = old(lst1.get(i)) + lst2.get(i)
returns	none

```
static void listAdd(List<Integer> lst1,
                    List<Integer> lst2) {
  for(int i = 0; i < lst1.size(); i++) {
      lst1.set(i, lst1.get(i) + lst2.get(i));
  }
}
```

Esempio 4 (da fare!)

static void uniquify(List<Integer> lst)

requires	???
	???
modifies	???
effects	???
returns	???

```
static void uniquify(List<Integer> lst) {
   for (int i=0; i < lst.size()-1; i++)
       if (lst.get(i) == lst.get(i+1))
           lst.remove(i);
}
```

Sulla clausola requires

- Assumiamo che il cliente invochi un metodo e che la clausola *requires* non sia soddisfatta: allora il codice del metedo non e' vincolato ad alcun comportamento
  - Potrebbe restituire valori corrotti
  - E' preferibile una soluzione di tipo *fail fast*: sollevare un errore piuttosto che avere comportamenti non corretti
- Precondizioni sono un elemento comune di tutte le librerie
  - Descrivono I valori corretti in ingresso

Una visione logica (nel senso di LPP)

Sia M una implementazione e S una specifica

M soddisfa S se e solo se

- Tutti i comportamenti di M sono permessi da S
- “I comportamenti di M sono un sottoinsieme di quelli di S”

Se M non soddisfa S conviene modificare il codice

Benefici delle specifiche #2

- **Astrazione sulle strutture di implementazione**: il cliente deve solo comprendere le modalità di interazione senza dover comprendere i dettagli del codice
  - Dal punto di vista del cliente il codice potrebbe anche non esistere!

- Metodologia: scrivere prima di tutto le specifiche permette di utilizzarle come guida all'implementazione. Inoltre, permette di comprendere le interazioni con i clienti e la decomposizioni in moduli del sistema , ffavorendo:
  - *Teamwork*
  - *Definizione delle batterie di test*

Comparere specifiche

- Comprendere se una specifica è più restrittiva di altre
- Una specifica debole permette una grossa libertà di implementazione
  - Una specifica S_1 è più debole di S_2 se per ogni implementazione M,
    - M soddisfa S_2 => M soddisfa S_1
- Due specifiche potrebbero essere inconfrontabile: una implementazione potrebbe soddisfare entrambe

E' utile?

E' importante saper mettere in relazione l'implementazione con la specifica in modo da avere gli strumenti per rispondere alle domande

- L'implementazione rispetta la specifica?
- L'implementazione soddisfa tutti I vincoli di interazione?

E' importante essere in grado di comparare specifiche differenti

- Quale specifica e' maggiormnete restrittiva?
- Una implementazione che soddisfa una specifica molto restrittiva può essere utilizzata anche per una specifica più liberale
  - **Substitutability principle**

Esempio

```
int find(int[] a, int value) {
    for (int i=0; i<a.length; i++) {
        if (a[i]==value)
          return i;
    }
    return -1;
}
```

- Specification A
  - requires: value occorre in a
  - returns: i tale che a[i] = value
- Specification B
  - requires: value occorre in a
  - returns: *il piu piccolo indice* i tale che a[i] = value

Esempio

```
int find(int[] a, int value) {
    for (int i=0; i<a.length; i++) {
        if (a[i]==value)
          return i;
    }
    return -1;
}
```

- Specification A
  - requires: value occorre in a
  - returns: i tale che a[i] = value

- Specification C
  - returns: i tale che a[i]=value, or -1 if value non occorre in a

Rafforzare una specifica

- Rafforzare una specifica:
  - Promettere molto di più
    - Effects
    - Returns
    - Minor numero di oggetti modificati
    - Minor numero di eccezzioni
  - Chiedere di meno al cliente
    - Rilassare i vincoli in ingresso
- Indebolire una specifica:
  - (opposto a quello scritto sopra)

Cosa e' meglio, per noi?

- Stronger specs: non sono la panacea!
- Weaker specs: non implicano un codice semplice
- Specs Trade-off:
  - Utili per il cliente
  - Favorire l'implementazione
  - Favorire il riuso del codice e la modularità

Una visione formale

- Una specifica è una formula logica
  - S1 più restrittiva di S2 se S1 implies S2

- A PLP avete visto come affrontare le definizioni logiche e dimostrare le implicazioni logiche.

- *A PR2 dovete utilizzare quello che avete imparato a PLP*