Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

IS

Anno accademico 2005/6
Ingegneria del Software mod. A

Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it

Premessa – 1

- **Un numero crescente di sistemi *software* svolge funzioni con elevate caratteristiche di criticità**
  - **Sicurezza come *safety***
    - Prevenzione di condizioni di pericolo a persone o cose
      - P.es.: sistemi di trasporto pubblico
      - P.es.: sistemi per il supporto di transazioni finanziarie
  - **Sicurezza come *security***
    - Prevenzione di intrusione
      - P.es.: sistemi per il trattamento dei dati personali
      - P.es.: sistemi per lo scambio di informazioni riservate

Premessa – 2

- **Il *software* in uso in tali sistemi deve**
  - **Esibire attributi (o capacità) funzionali**
    - Determinano cosa il sistema deve fare
  - **Possedere caratteristiche non funzionali**
    - Determinano come ciò deve essere fatto
  - **Soddisfare proprietà o requisiti**
    - Di costruzione
    - D'uso
    - Di funzionamento

Premessa – 3

- **Il soddisfacimento di tutte le legittime aspettative deve essere accertato prima dell'abilitazione all'uso del sistema**
- **Accertamento mediante verifica**

> **Verifica**
> conferma, mediante prova o presentazione di evidenza oggettiva, che determinati requisiti siano stati soddisfatti
> ISO 8402:1994 *Quality management and quality assurance - vocabulary*

Premessa – 4

- **Nessun linguaggio di programmazione d'uso comune garantisce che qualunque programma scritto in esso sia verificabile per definizione**
- **Per ogni scelta di linguaggio occorre fare estrema attenzione al modo in cui esso venga utilizzato dall'applicazione**
- **La progettazione di un linguaggio di programmazione comporta delicate scelte di bilanciamento tra funzionalità (potenza espressiva) ed integrità (idoneità alla verifica)**

Tecniche di verifica – 1

- **Tracciamento**
  - **Verifica atta a dimostrare completezza ed economicità dell'implementazione**
    - Identificando eventuali requisiti aggiuntivi (derivati) ed investigando il loro soddisfacimento
  - **Ha luogo**
    - Nel trattamento dei requisiti, tra requisiti elaborati (decomposti) ed originali (di livello utente)
    - Tra procedure di verifica e requisiti, disegno, codice
    - Tra codice sorgente e codice oggetto

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Tecniche di verifica – 2

- **Tracciamento (segue)**
  - **Certi stili di codifica (ancor più se facilitati dal linguaggio di programmazione) facilitano la verifica mediante tracciamento**
    - P.es.: assegnare singoli requisiti di basso livello a singoli moduli del programma, così da richiedere una sola procedura di prova ed ottenere una più semplice corrispondenza tra essi
    - P.es.: maggiore l'astrazione di un costrutto del linguaggio, maggiore la quantità di codice oggetto generato per esso e maggiore l'onere di dimostrazione di corrispondenza

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Tecniche di verifica – 3

- **Revisioni**
  - **Strumento essenziale del processo di verifica**
  - **Possono essere condotte su**
    - Requisiti, disegno, codice, procedure di verifica, risultati di verifica
  - **Non sono automatizzabili**
    - Richiedono la mediazione e l'interazione di individui
  - **Possono essere formali od informali**
    - Richiedono comunque indipendenza tra verificato e verificatore
    - La semplicità e la leggibilità del codice sono particolarmente desiderabili quando non si possa ritenere che il verificatore sia un esperto del linguaggio

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Tecniche di verifica – 4

- **Analisi**
  - **Statica: applica a requisiti, progetto e codice**
  - **Dinamica (prova, *test*): applica a componenti del sistema o al sistema nella sua interezza**
  - **Gli standard di certificazione richiedono l'uso, in varie combinazioni, di 10 metodi di analisi statica**

    1. Flusso di controllo – 2. Flusso dei dati – 3. Flusso dell'informazione – 4. Esecuzione simbolica – 5. Verifica formale del codice – 6. Verifica di limite – 7. Uso dello *stack* – 8. Comportamento temporale – 9. Interferenza – 10. Codice oggetto

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

1. Analisi di flusso di controllo

- **Ha l'obiettivo di**
  - **Accertare che il codice esegua nella sequenza attesa**
  - **Accertare che il codice sia ben strutturato**
  - **Localizzare codice non raggiungibile sintatticamente**
  - **Identificare parti del codice che possano porre problemi di terminazione (i.e.: chiamate ricorsive, iterazioni)**
    - **Esempio**
      L'analisi dell'albero delle chiamate (*call tree analysis*) mostra se l'ordine di chiamata specificato a progetto corrisponda a quello effettivo; rivela la presenza di ricorsione diretta o indiretta
    - **Esempio**
      Divieto di modifica di variabili di controllo delle iterazioni

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

2. Analisi di flusso dei dati

- **Accerta che nessun cammino d'esecuzione del programma acceda a variabili prive di valore**
- **Usa i risultati dell'analisi di flusso di controllo insieme alle informazioni sulle modalità di accesso alle variabili (lettura, scrittura)**
- **Rileva possibili anomalie, p.es. più scritture successive senza letture intermedie**
- **È complicata dalla presenza e dall'uso di dati globali accedibili da ogni parte del programma**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

3. Analisi di flusso d'informazione

- **Determina come l'esecuzione di una unità di codice crei dipendenze (e quali) tra i suoi ingressi e le uscite**
- **Le sole dipendenze consentite sono quelle previste dalla specifica**
  - **Consente l'identificazione di effetti laterali inattesi od indesiderati**
- **Può limitarsi ad un singolo modulo, a più moduli collegati, all'intero sistema**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

4. Esecuzione simbolica – 1

- Verifica proprietà del programma mediante manipolazione algebrica del codice sorgente senza bisogno di specifica formale
  - Usa tecniche di analisi di flusso di controllo, di flusso di dati e di flusso di informazione
- Si esegue effettuando "sostituzioni inverse"
  - Ad ogni (uso di) LHS di un assegnamento si sostituisce progressivamente il suo RHS
- Trasforma il flusso sequenziale del programma in un insieme di assegnamenti paralleli nei quali i valori di uscita sono espressi come funzione diretta dei valori di ingresso

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

4. Esecuzione simbolica – 2

Assumendo assenza di *aliasing* e di effetti laterali di funzioni, da:

```
X = A+B;      -- X dipende da A e B
Y = D-C;      -- Y dipende da C e D
if (X>0)
   Z = Y+1;   -- Z dipende da A, B, C e D
```

si ottiene:

```
A+B ≤ 0 ⇒
       X == A+B
       Y == D-C
       Z conserva il valore precedente
A+B > 0 ⇒
       X == A+B
       Y == D-C
       Z == D-C+1
```


Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

5. Verifica formale del codice

- Prova la correttezza del codice sorgente rispetto alla specifica formale dei suoi requisiti
  - Esplora tutte le esecuzioni possibili, ciò che non è fattibile mediante prove dinamiche
- Correttezza parziale
  - Elaborazione e prova di teoremi (condizioni di verifica) la cui verità implica che il verificarsi di certe pre-condizioni assicura il verificarsi di determinate post-condizioni, sotto l'ipotesi di terminazione del programma
- Correttezza totale
  - Richiede prova di terminazione

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

6. Analisi di limite

- Verifica che i dati del programma restino entro i limiti del loro tipo e della precisione desiderata
  - Analisi di *overflow* nella rappresentazione di grandezze
  - Analisi di errori di arrotondamento
  - Verifica di valori di limite (*range checking*)
  - Analisi di limite di strutture
- Linguaggi evoluti assegnano limiti statici a tipi discreti consentendo verifiche automatiche sulle corrispondenti variabili
- Più problematico con tipi enumerati e reali

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

7. Analisi d'uso di stack

- Lo *stack* è l'area di memoria che i sottoprogrammi usano per immagazzinare dati locali, temporanei ed indirizzi di ritorno generati dal compilatore
- L'analisi determina la massima domanda di *stack* richiesta da un'esecuzione e la relaziona con la dimensione dell'area fisica disponibile
- Verifica inoltre che non vi sia collisione tra *stack* (allocazioni statiche) ed *heap* (allocazioni dinamiche)
  - L'attuale Java non ha *stack* ma solo *heap* → implicazioni?

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

8. Analisi temporale

- Concerne le proprietà temporali richieste ed esibite dalle dipendenze delle uscite dagli ingressi del programma
  - Produrre il valore giusto al momento giusto
- Carenze od eccessi del linguaggio di programmazione e delle tecniche di codifica possono complicare questa analisi
  - P.es.: iterazioni prive di limite statico, ricorso sistematico a strutture dati dinamiche

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

9. Analisi d'interferenza

- **Mostra l'assenza di effetti di interferenza tra parti separate ("partizioni") del sistema**
  - **Non necessariamente limitate ai componenti *software***
- **Veicoli tipici di interferenza**
  - **Memoria dinamica (*heap*) condivisa, dove parti separate di programma lasciano traccia di dati abbandonati ma non distrutti (*memory leak*)**
    - Azzeramento preventivo delle pagine di memoria riutilizzate (p.es. NTFS)
  - **Zone di I/O**
  - **Dispositivi condivisi programmabili con effetti a livello sistema (p.es. *watchdog*)**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

10. Analisi di codice oggetto

- **Assicura che il codice oggetto da eseguire sia una traduzione corretta del codice sorgente corrispondente e che nessun errore (od omissione) sia stato/a introdotto dal compilatore**
- **Viene ancora effettuata manualmente**
- **Viene facilitata dalle informazioni di corrispondenza prodotte dal compilatore**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

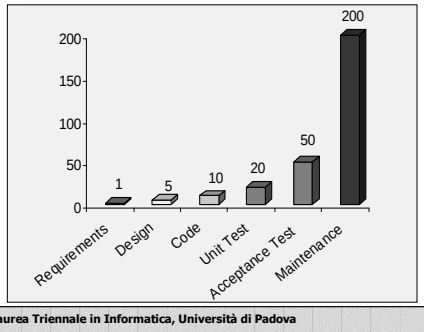
Programmi verificabili – 1

- **L'adozione di standard di codifica e di sottoinsiemi del linguaggio appropriati discende dalla scelta dei metodi di verifica richiesti**
  - **L'uso di costrutti del linguaggio inadatti può compromettere la verificabilità del programma**
- **La verifica solo retrospettiva (a valle dello sviluppo) è spesso inadeguata**
  - **Sviluppo condotto senza tenere conto delle esigenze di verifica è rischioso**
  - **Il costo di rilevazione e correzione di un errore è tanto maggiore quanto più avanzato è lo stadio di sviluppo**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Costo di correzione di errori



Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Programmi verificabili – 2

- **Eseguire ripetuti cicli di revisione – verifica dopo la rilevazione di ciascun errore è troppo oneroso**
  - **Approccio retrospettivo**
- **Conviene di più effettuare analisi statiche durante la fase di codifica**
  - **Approccio costruttivo: correttezza per costruzione**
    - Produce un miglior rapporto costo/qualità a fronte di un maggior costo concettuale e progettuale

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Programmi verificabili – 3

- **4 ragioni fondamentali per richiedere o proibire l'uso di particolari costrutti del linguaggio di implementazione**
  - **Regole d'uso per assicurare comportamento predicibile**
  - **Regole d'uso per consentire analisi del sistema**
  - **Regole d'uso per facilitare le prove**
  - **Considerazioni pragmatiche**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Comportamento predicibile

- **Il codice sorgente non deve presentare ambiguità**
  - **Effetti laterali (p.es. di funzioni): diverse invocazioni della stessa funzione producono risultati diversi**
  - **Effetti dell'ordine di elaborazione e inizializzazione: l'esito di un programma può dipendere dall'ordine di elaborazione entro una unità e/o tra unità**
  - **Effetti dei meccanismi di passaggio dei parametri: la scelta di una modalità di passaggio (per copia, per riferimento), ove permessa, può influenzare l'esito dell'esecuzione**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Analizzabilità del sistema

- **La verifica statica richiede la costruzione di modelli del sistema da analizzare a partire dal codice del programma**
- **Rappresentano il programma come un grafo diretto e ne studiano i cammini possibili**
  - **Storie di esecuzione**
  - **Le transizioni tra stati (archi) hanno etichette che descrivono proprietà sintattiche o semantiche dell'istruzione corrispondente**
    - La presenza di flussi di eccezione e di risoluzione dinamica di chiamata (*dispatching*) complica notevolmente la struttura del grafo
  - **Ciascun flusso di controllo (*thread*) viene rappresentato ed analizzato separatamente**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Facilità di prova

- **Due forme (o atteggiamenti) di prova**
  - **Investigativo: informale (*debugging*)**
  - **Formale: aderente a norme scelte od imposte**
- **Alcuni costrutti di linguaggio sono di ostacolo**
  - **La risoluzione dinamica di chiamata (*dispatching*) complica le prove di copertura (esempio)**
  - **La conversione forzata tra tipi (*casting*) complica l'analisi dell'identità dei dati**
  - **Le eccezioni predefinite complicano le prove di copertura, presentando cammini di esecuzione difficili da raggiungere senza modificare il codice**

Università degli Studi di Padova

Verifica e validazione: analisi statiche

Considerazioni pragmatiche

- **L'efficacia dei metodi costruttivi di analisi statica e dinamica è funzione della qualità di strutturazione del codice**
  - **P.es. ogni modulo abbia un solo punto di ingresso ed un solo punto di uscita**
- **La verifica di un programma relaziona frammenti di codice con frammenti di specifica**
  - **La verificabilità dipende dalla semplicità dell'informazione di contesto**
    - Controllare e limitare gli ambiti (*scope*) e le visibilità
  - **Architettura *software*, incapsulazione dello stato ed accesso ad esso sono fattori decisivi**