La tolleranza ai guasti

Concetti generali

Docente:
William Fornaciari
Politecnico di Milano
fornacia@elet.polimi.it
www.elet.polimi.it/~fornacia

Sommario

- Storia
- Concetti fondamentali
- Correttezza ed affidabilità

La storia

- **1967**. Avizienis: un sistema è FT se i suoi programmi possono essere eseguiti correttamente nonostante l'occorrenza di guasti fisici. Da qui:
  - Costruzione architetture ridondanti
  - Introduzione codici di errore, duplicazione e triplicazione con votazione per rilevazione e/o correzione degli errori
  - Tecniche diagnostiche per individuazione dei guasti
  - Duplicazione dei principali sottosistemi
- **1971**: Jet Propulsion Laboratory (NASA) e IEEE promuovono la prima conferenza sul calcolo della tolleranza ai guasti

Definizioni

- **Ridondanza**: parte del sistema non necessaria per il corretto funzionamento del sistema in assenza di FT
  - Ridondanza hardware
  - Ridondanza software
  - Ridondanza temporale (algoritmi ripetuti nel tempo)
- **Disponibilità**: probabilità in funzione del tempo che il sistema sia correttamente operativo all'istante *t*
- **Affidabilità**: probabilità in funzione del tempo che il sistema sia correttamente funzionante all'istante *t* se il sistema stesso era funzionante all'istante *0*. È un parametro più stringente della disponibilità

Definizioni

- **Avaria** o insuccesso (failure): cambiamento fisico nell'hardware
- **Guasto** (fault): stato erroneo di hw o sw derivante da: *avaria*, errori di progetto, interferenze ambientali, errori umani. Un guasto può essere:
  - **Permanente**: guasto continuo e stabile
  - **Intermittente**: guasto o errore occasionale e instabile
  - **Transiente**: guasto o errore risultato di particolari e temporanee condizioni ambientali (non riparabili)
- **Errore** (error): manifestazione di un *guasto* in un programma
- Avaria -> Guasto -> Errore

La classificazione dei guasti

- Guasti per difetti **fisici**, tipo difetti di fabbricazione di un chip (che si evitano con test di affidabilità delle singole componenti, ma non ci riguarda)
- Guasti per difetti a livello **logico**
  - **Stuck-at**: i valori di una linea, porta o pin sono fissi a *0* o *1*.
  - **Bridging**: due o più segnali adiacenti sono cortocircuitati (possibile creazione di AND o OR)
  - **Short or open**: è presente una connessione in più o in meno
  - **Unidirezionale**: a causa della geometria dei circuiti un guasto può avere un *effetto cascata* su più linee.

La classificazione dei guasti

- Guasti dovuti a difetti a livello di **sistema**. Si hanno quindi dei *modelli di guasto*, basati su distribuzioni probabilistiche (esponenziali e Weibull). È possibile gestire in tal modo
  - guasti permanenti
  - alcuni guasti intermittenti
  - pochissimi guasti transienti
- Esistono algoritmi per il rilevamento automatico dei guasti (AUTOFAIL)

Correttezza ed affidabilità

- Sono quattro i meccanismi che l'architettura di un sistema operativo affidabile deve fornire:
  - **Rilevazione** degli errori
  - **Delimitazione e valutazione** del danno
  - **Copertura** dell'errore
  - **Trattamento** dell'errore e ripristino del servizio
- L'ordine di applicazione di quanto sopra può variare, salvo partire dalla rilevazione degli errori

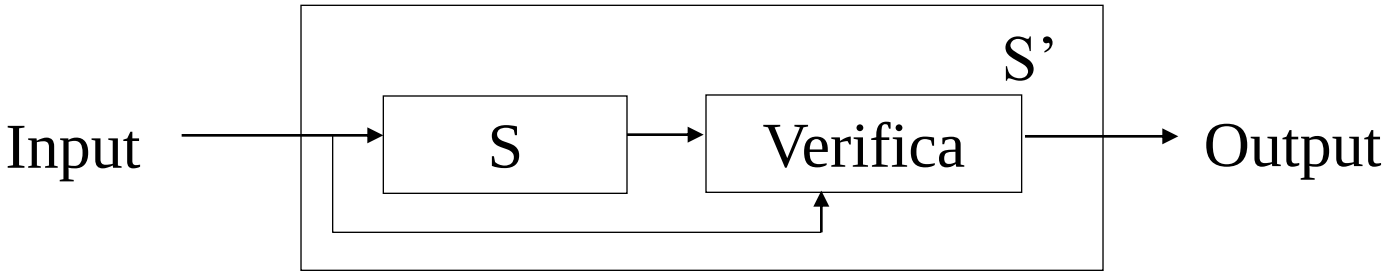
Correttezza ed affidabilità

Due diverse metodologie di sviluppo:

- Bottom-up: si progetta un sistema composto da sottosistemi autonomi, di per sé tolleranti ai guasti, cui aggiungere funzionalità di tolleranza ai guasti globali
- Top-down: si progetta un sistema composto da sottosistemi già esistenti che presentano una minima (al limite nulla) tolleranza ai guasti

Correttezza ed affidabilità
Rilevazione degli errori

- Tanto più efficace è la rilevazione degli errori, tanto più un sistema sarà affidabile
- L'approccio migliore per la rilevazione degli errori è il seguente, basato sulla corrispondenza del comportamento di un sistema ai suoi dati di targa



- Nella realtà è impossibile un controllo così rigoroso. Si controlla solo l'**accettabilità** dei valori d'uscita

Correttezza ed affidabilità
Delimitazione e valutazione del danno

- Intercorre sempre del tempo tra l'occorrenza del guasto e la sua rilevazione
- Pessimisticamente è bene ritenere che il danno si sia propagato a tutto il sistema
- Bisogna quindi aspettare che si manifestino altri eventuali errori in cascata, non ancora rilevati, **prima** di qualsiasi intervento di copertura

Correttezza ed affidabilità
Copertura dell'errore

Bisogna riportare il sistema in uno stato non erroneo

- All'indietro (checkpoint): il sistema torna ad uno stato precedente privo di errori
- In avanti: si costruisce uno stato esente da errori a partire da informazioni già esistenti (usualmente ridondanti)
- Due casi particolari di copertura:
  - Correzione dell'errore: il sottosist. dà risultati attendibili anche in caso di guasto permanente
  - Mascheratura attraverso ridondanza, senza azioni di copertura. Ad esempio, **voting**

Correttezza ed affidabilità
Trattamento errore e ripristino servizio

- Assicurarsi che un guasto occorso non si ripresenti
- La rilevazione dell'errore non necessariamente è utile all'identificazione del guasto (diversi guasti possono manifestarsi con lo stesso errore)
- Trovato il sottosistema guasto ho 3 alternative:
  - Sostituire il sottosistema guasto con uno di riserva
  - Riconfigurare il sistema affinché funzioni senza il sottosistema guasto
  - Ignorare il guasto se ritenuto transitorio