

Communicating Sequential Processes

CSP

1

Communicating Sequential Processes

- CSP è una **notazione** per descrivere **sistemi** in cui **agenti** operano in **parallelo** e **comunicano** scambiandosi messaggi
- Ottimo strumento per studiare la concorrenza
 - In questo corso CSP sarà presentato come strumento per la modellizzazione
- Poco adatto per comunicare con parti interessate che **NON** siano informatici

CSP

2

Scopo

- Notazione per la descrizione delle interazioni tra agenti
- Particolarmente utile nel caso di sistemi in cui alcune componenti svolgono attività computazionali influenzate dalle attività computazionali svolte da altre componenti
 - Adatto per modellizzare componenti di sistemi distribuiti

CSP

3

Applicazioni

- Modellizzazione di
 - interazione utente-sistema
 - protocolli (ad es. sicurezza)
 - sistemi di controllo safety-critical
- Specifica di sistemi

CSP

4

Interazione = Comunicazione

- Presupposto: l'interazione tra due componenti di un sistema, o di un sistema con l'esterno avviene mediante un'opportuna comunicazione
- Nell'ambito di CSP la comunicazione prende la forma di eventi o azioni **visibili**
 - All'interno di un processo vengono anche svolte attività interne, invisibili, che hanno effetti **indiretti** sul mondo esterno

CSP

5

Nozioni di base (1)

- CSP fornisce una modalità
 - per descrivere gli stati attraversati dal sistema
 - quali azioni sono eseguite
- Sia
 - Σ l'insieme di tutti gli eventi visibili di un processo
 - τ l'azione svolta internamente
 - per il momento è sufficiente l'astrazione secondo cui il processo svolge un'unica azione

CSP

6

Nozioni di base (2)

- Nel seguito useremo indifferentemente le espressioni
 - processo / programma
 - comunicazione / azione visibile

CSP

7

Processi equivalenti

- Chiamiamo **equivalenti** due diversi processi ciascuno dei quali produce un proprio pattern di azioni visibili e tali pattern non possono essere distinti l'uno dall'altro
- Di conseguenza, la caratteristica di uno specifico processo è data dalle **sue forme di comunicazione**

CSP

8

Processo Stop

- Il processo più semplice è **Stop**, che non svolge alcuna azione
 - nessuna azione visibile
 - nessuna azione interna
- E' il più semplice processo equivalente ad ogni processo che non comunica con altri
- E' una modalità per esprimere il deadlock

CSP

9

Prefixing

- Dato un processo P e una azione a , allora il processo $a \rightarrow P$ (a then P) è il programma
 - che svolge l'azione a
 - e poi si comporta come P
- Se in e out sono due azioni in Σ , allora il processo $in \rightarrow out \rightarrow Stop$ svolge le azioni in successione e poi si ferma
 - In realtà l'ambiente del processo potrebbe scegliere di non accettare un'azione

CSP

10

Ricorsione (1)

- L'operatore di prefixing realizza il concetto di sequenza tra processi
- La ricorsione può essere realizzata componendo adeguatamente chiamate sequenziali allo stesso processo
- Ad es:
 - $Alt = to \rightarrow fro \rightarrow Alt$
 - $Dalt = to \rightarrow fro \rightarrow to \rightarrow fro \rightarrow Dalt$
 - $Malt1 = to \rightarrow Malt2$
 - $Malt2 = fro \rightarrow Malt1$
 - $Nalt = to \rightarrow from \rightarrow Dalt$

CSP

11

Ricorsione (2)

- Alt è la ricorsione più semplice; $Dalt$ è più complessa, ma ottiene lo stesso risultato
- $Malt1$, $Malt2$ implementano una mutua ricorsione
- $Nalt$ non è ricorsivo su sé stesso, ma rimanda alla ricorsione di $Dalt$

CSP

12

Forma più compatta

- È possibile rappresentare in forma più compatta il processo Alt precedente secondo la seguente notazione

$\mu P.to \rightarrow fro \rightarrow P$

Scelta di azioni (1)

- Il comportamento di un processo può essere **conseguenza** delle azioni svolte
- Sia A un sottoinsieme di Σ , allora il processo

$?x : A \rightarrow P(x)$

(scegli un x in A e P prosegue di conseguenza)

permette all'ambiente di scegliere una tra tutte le possibili azioni visibili in A

Scelta di azioni (2)

- Un caso particolare di scelta è

$RUN_A = ?x:A \rightarrow RUN_A$

- lo stato RUN_A risultante da ogni scelta è sempre lo stesso
- Si tratta di un processo a comportamento costante

Parametrizzazione

- Scegliendo un $a \in A$ allora il processo prosegue comportandosi come $P(a)$
 - rappresenta la parametrizzazione del processo rispetto all'azione a
- a si comporta come un parametro per $P(a)$
- **Strumento per la parametrizzazione del comportamento del processo**
- Può essere usato per decidere come comportarsi a seguito dei possibili casi scelti

Scelta tra due processi (1)

- L'operatore \square permette di scegliere di continuare l'esecuzione secondo quanto previsto da due processi distinti

$$(?x : B \rightarrow P(x)) \square (?x : C \rightarrow P(x))$$

- Se $A = B \cup C$ allora la seguente indica che i due processi si comportano in modo equivalente

$$?x : A \rightarrow P(x) = (?x : B \rightarrow P(x)) \square (?x : C \rightarrow P(x))$$

Scelta tra due processi (2)

- Se $B = \emptyset$ allora, dal momento che non viene fornita alcuna possibilità all'ambiente, si ottiene $?x : B \rightarrow P(x) = \text{Stop}$
 - Quindi, essendo $A = A \cup \emptyset$, si ottiene
- $$(?x : A \rightarrow P(x)) = (?x : A \rightarrow P(x)) \square \text{Stop}$$
- In generale, $P \square \text{Stop}$ è equivalente a Stop

Scelta tra due processi (3)

- Il processo risultante da

$$(?x : B \rightarrow P(x)) \square (?x : C \rightarrow P(x))$$

- non genera **mai** ambiguità
- Infatti, se B e C
 - sono disgiunti allora la loro combinazione fornisce una scelta senza ambiguità
 - non sono disgiunti, il comportamento prosegue ancora senza ambiguità perché è lo stesso in entrambi i casi

Scelta non deterministica

$$P \sqcap Q$$

Si comporta come P oppure come Q, **indipendentemente dalla volontà dell'utente**

- La scelta è determinata dalle azioni interne
 - Si può supporre che esista più di una azione interna $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$

Confronto tra operatori di scelta

- L'operatore \square rappresenta una scelta **compiuta dall'ambiente** che interagisce con il processo in run time
- L'operatore π rappresenta una scelta **compiuta dall'implementazione** del processo

Operatori di I/O (1)

- Gli operatori di scelta permettono di caratterizzare le operazioni di input e output
 - l'input è espresso da ?
 - l'output è espresso da !

Operatori di I/O (2)

- L'operatore ? permette di indicare che l'ambiente fornisce elementi di input sotto forma di eventi che intervengono nell'esecuzione del processo
 - $\text{in?}x \rightarrow P$ indica che l'evento x , che assume valori nell'insieme definito da in , è posto in prefixing rispetto a P
 - in rappresenta il channel rispetto a cui avviene l'input

Operatori di I/O (3)

- L'operatore ! permette di indicare che il processo produce elementi di output sotto forma di eventi che saranno poi consumati dall'ambiente
 - $P \rightarrow \text{out!}x \rightarrow Q$ indica che l'evento x , che assume valori nell'insieme definito da out , è un evento prodotto da P , ed è posto in prefixing rispetto a Q
 - out rappresenta il channel rispetto a cui avviene l'output

CSP e FSM Deterministiche (1)

- È possibile specificare una FSM in CSP
 - In corrispondenza di ogni stato s_i della FSM è associato un insieme di possibili azioni A_i
 - che determinano le transizioni in uscita dallo stato
 - tali transizioni determinano l'esecuzione di un processo
 - se $x \in A_i$ allora $P'_i(x)$ è il risultato corrispondente all'esecuzione di x nello stato s_i
 - Quindi la FSM è descritta da

$$P_i = \{x : A_i \rightarrow P'_i(x)\}$$

CSP

25

CSP e FSM Deterministiche (2)

- Le scelte tra le possibili azioni in ogni stato sono presentate come un'opportuna combinazione di input, output e \square

CSP

26

Trace (1)

- Una traccia (**trace**) di un processo è la sequenza finita di simboli che mostra gli eventi in cui il processo è stato coinvolto in un determinato periodo di tempo
- Rappresenta la sequenza delle comunicazioni visibili svolte dal processo

CSP

27

Trace (2)

- I due processi
 $P \square Q$ e $P \sqcap Q$
mostrano le stesse tracce
- Se analizzati rispetto alle tracce, risultano indistinguibili
 - ma in sostanza possono essere molto differenti

CSP

28

Trace (3)

- Esempio: consideriamo
 $(a \rightarrow P) \sqcap \text{Stop}$ e $(a \rightarrow P) \sqcap \text{Stop}$
- Il deadlock potrebbe avvenire
immediatamente, oppure successivamente

Time

- Un ulteriore operatore di scelta è **time**
- $P \triangleright t Q$ rappresenta che svolge ciò che offre P per t unità di tempo e se nulla viene scelta si prosegue come Q
- $P \triangleright t Q$ determina le stesse tracce che si otterrebbero applicando i due precedenti operatori di scelta

if – then – else (1)

- Si tratta della scelta effettuata sulla base dello stato interno a un processo
- Esempio processo firewall
 $\text{FW}(s) = \text{in?}x \rightarrow$
 $(\text{if valid}(x, s) \text{ then out!}x \rightarrow \text{FW}(\text{newstate}(s, x))$
 $\text{else FW}(\text{newstate}(s, x)))$
- Nota:
 - $\text{in?}x$ indica l'input di un valore x scelto nell'insieme in
 - $\text{out!}x$ è l'output del valore x

if – then – else (2)

- Notazione alternativa
- $P \langle b \rangle Q$ è equivalente a $\text{if } b \text{ then } P \text{ else } Q$