

Progettazione di un sistema Concorrente e Distribuito

Moreno Ambrosin

Università degli studi di Padova

Dipartimento di Matematica

Corso di laurea Magistrale in Informatica

Agosto 2013

Indice

- 1 Introduzione
- 2 Analisi del Problema
- 3 Costruzione di una soluzione
- 4 Scelta degli strumenti tecnologici
- 5 Conclusioni

Introduzione

- La progettazione di un sistema concorrente e distribuito si compone di:
 - Analisi del problema.
 - Definizione della specifica.
 - Analisi degli aspetti legati alla distribuzione.
 - Analisi degli aspetti legati alla concorrenza.
 - Costruzione di una soluzione.
 - Definizione di una architettura di distribuzione.
 - Risoluzione delle problematiche di concorrenza.
- Scelta del supporto tecnologico da utilizzare per l'implementazione.

Analisi del Problema

- Individuazione e prima definizione delle entità del sistema.
 - ad es. nel progetto di un sistema ferroviario:
 - Treno
 - Viaggiatore
 - Segmento
 - Stazione
 - Piattaforma
 - Biglietteria
 - Pannello Informativo
- Identificazione e definizione dei requisiti di massima del sistema.
 - Operazione sottovalutata ma importante.

Analisi del Problema - Distribuzione (1)

- Primo aspetto da valutare
 - Fornisce una visione di alto livello dell'architettura di sistema.
 - Le scelte di distribuzione influenzano
 - la rappresentazione delle entità;
 - le modalità di interazione tra di esse.
- Il sistema dovrà apparire agli utenti come unitario e coerente.
- Caratteristiche desiderabili
 - **Trasparenza:** Il sistema dovrà il più possibile rendere trasparenti all'utente le caratteristiche legate alla distribuzione (Accesso, Collocazione, Migrazione, Spostamento, Replicazione, Malfunzionamento, Persistenza)

Analisi del Problema - Distribuzione (2)

■ Openess:

- Il sistema dovrà garantire portabilità e interoperabilità.
- Il sistema dovrà essere fruibile mediante regole standard (interfacce).
- Organizzazione del sistema in componenti di dimensione ridotta, e facilmente sostituibili.
- Separazione tra *politiche* e *meccanismi*.

■ Scalabilità:

- Rispetto alla cardinalità del sistema (ad es. nel progetto di un sistema ferroviario, è desiderabile poter aumentare la popolazione di Stazioni e Segmenti di collegamento).
- Rispetto alla distribuzione spaziale delle componenti.
- Rispetto alle problematiche locali di gestione (che non devono affliggere l'intero sistema).

Analisi del Problema - Distribuzione (3)

■ **Fault Tolerance:**

- Il sistema deve essere progettato in modo tale da ridurre l'impatto causato da *partial failures*.
- Il sistema dovrà gestire errori di comunicazione tra i nodi.

■ **Avvio ordinato:** Il sistema dovrà essere avviato in modo tale da permettere a tutte le componenti di comunicare senza errori.

■ **Terminazione in stato Consistente** Il sistema deve poter essere terminato in uno stato consistente; nessun entità dovrà rimanere attiva dopo la procedura di terminazione.

Analisi del Problema - Distribuzione (4)

- Prima modellazione ad alto livello delle componenti distribuite del sistema.
- Scelta di alcuni aspetti legati alla distribuzione
 - dove adottare distribuzione *verticale* o *orizzontale*;
 - modalità di comunicazione tra le componenti (*sincrona* o *asincrona*);
 - definizione di possibili interfacce.
- Valutazione delle implicazioni nell'adozione di gradi di distribuzione diversi sul sistema.
- Individuazione delle problematiche specifiche del problema.
 - Ad es. effetti sul realismo della simulazione.

Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (1)

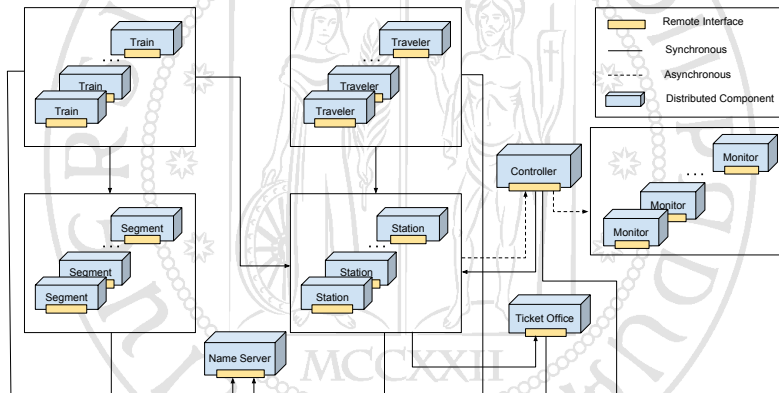


Figura: Architettura di alto livello in cui tutte le entità principali vengono distribuite.

Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (2)

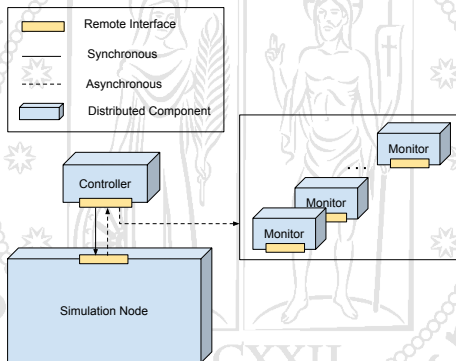


Figura: Architettura di alto livello in cui solo Controller Centrale e Visualizzazione sono distribuite.

Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (3)

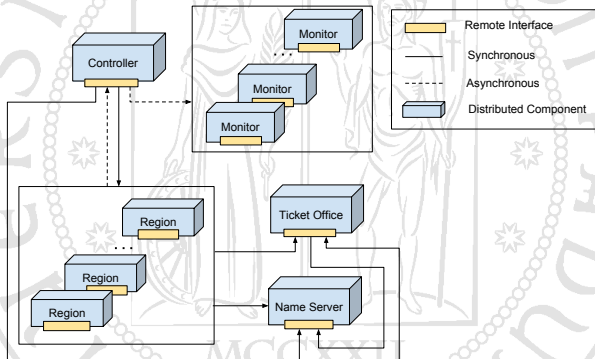


Figura: Architettura di alto livello con distribuzione a livello di *Regioni*.

Analisi del Problema - Concorrenza

- Prima definizione dei protocolli logici di interazione concorrente tra le entità.
 - Il più possibile indipendente dalla scelta di un modello di concorrenza specifico.
 - Identificazione dei punti critici in cui il problema è concorrente.
- Definizione delle caratteristiche specifiche per ciascuna entità.
 - ad es.: Segmento come entità reattiva con agente di controllo, a molteplicità $N \geq 1$.
 - ad es.: Stazione come una entità passiva, che mantiene al suo interno
 - un numero $M \geq 1$ di Piattaforme (entità reattive con agente di controllo, a molteplicità 1),

Analisi del Problema - Concorrenza - Esempio (1)

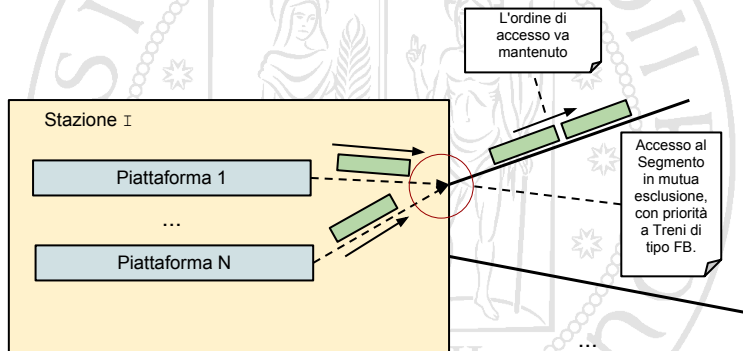


Figura: Accesso ad un segmento.

Analisi del Problema - Concorrenza - Esempio (2)

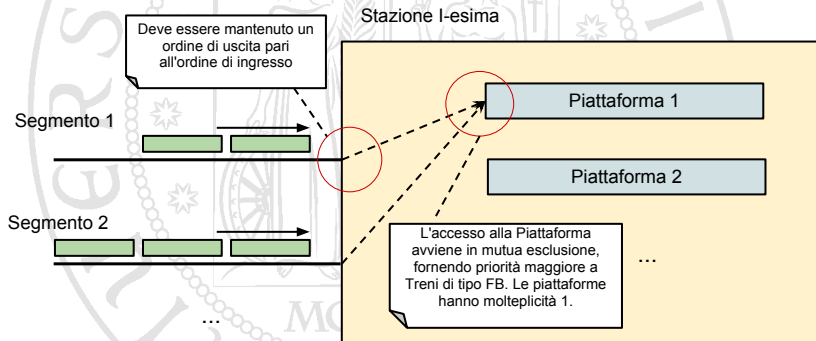


Figura: Uscita da un segmento e accesso alla Piattaforma successiva.

Costruzione di una soluzione - Distribuzione

- Scelta di un'architettura di distribuzione.
- Possibile introduzione di nuove entità
 - ad es.: utilizzo di Regioni.
- Definizione architetturale a grana più fine
 - ad es.: introduzione di una gerarchia di Biglietterie per distribuire conoscenza e oneri di calcolo.
 - Centrale
 - Regionale
 - Interna alle Stazioni
- Scelta del modello di comunicazione tra le componenti.
- Identificazione delle problematiche conseguenti alle scelte architettureali.

Costruzione di una soluzione - Distribuzione - Esempio

- Come realizzare il passaggio di entità Treno e Viaggiatore tra Regioni?
 - *possibile soluzione*: Utilizzare Stazioni speciali (di “gateway”) per permettere l'uscita di un Treno da una Regione; trasferimento diretto di un Viaggiatore.
- Come si traduce il trasferimento remoto di una entità?
 - creazione/distruzione?
 - replicazione?
 - Scelte di distribuzione condizionano la realizzazione delle entità per facilitare il trasferimento remoto!
 - *possibile soluzione*: Disaccoppiamento tra entità e thread che ne esegue le operazioni: utilizzo di un thread pool e di descrittori di entità.

Costruzione di una soluzione - Distribuzione - Valutazione

- Valutazione della soluzione progettata, sulla base delle caratteristiche desiderabili individuate in fase di analisi. Ad es. nella soluzione adottata:
 - **Trasparenza:** Dal punto di vista dell'utente,
 - **Openess:**
 - **Scalabilità:**
 - **Fault Tolerance:**

Costruzione di una soluzione - Distribuzione - Avvio

- L'avvio deve essere coordinato tra le entità.
 - Devono essere evitati tentativi di comunicazione tra componenti non ancora pronte o allocate.
- È opportuno scegliere un ordine di avvio tra le componenti e separare la fase di inizializzazione delle componenti dall'avvio della simulazione.

Costruzione di una soluzione - Distribuzione - Terminazione

- La Terminazione ha come prerequisito la definizione dei limiti entro i quali uno stato del sistema è consistente.
- Ad es. nel progetto di un sistema ferroviario:
 - è accettabile che il sistema termini con un certo numero di Treni in attesa di accedere ad una Piattaforma;
 - non è accettato lo stato di terminazione per il quale un Viaggiatore è in attesa di un Biglietto.
- È conveniente adattare algoritmi distribuiti noti (ad es. *distributed snapshot*).
- Nessun thread in esecuzione sui nodi di calcolo dopo la procedura.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza

- Scelta di un modello di concorrenza adatto alle caratteristiche del problema.
- Valutazione di modelli differenti
 - ad es. modello ad *Attori* o a *monitor*.
- Modellazione delle entità di simulazione e della loro interazione con strumenti di modello.
 - Scomposizione delle interazioni in sottoproblemi semplici.
- Evitare scelte di progettazione che utilizzano operazioni specifiche offerte dalle tecnologie
 - Nessuna assunzione a priori sul linguaggio che verrà utilizzato.
 - Nessuna assunzione sulle politiche di scheduling adottate dalla macchina sottostante.
- Attenzione a *deadlock* e *starvation*.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza - Esempio (1)

- Accesso ad un Segmento S da parte di un Treno T , dall'estremo D_T , $D_T = \text{First_End}$.
 - Rischio starvation dei Treni in attesa.
- Segmento realizzato come risorsa protetta con agente di controllo *monitor*.
- T accede solo se:
 - S è libero
 - S non è libero ma i Treni in transito hanno avuto accesso da D_T e il numero di accessi massimo non è stato raggiunto.
 - S non è libero ma i Treni in transito hanno avuto accesso da D_T , il numero di accessi massimo è stato raggiunto, ma all'estremo opposto non vi sono Treni in attesa.
- In tutti gli altri casi T deve attendere presso l'estremo di accesso.
- All'uscita da S l'ultimo Treno risveglia i Treni in attesa presso l'estremo opposto.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza - Esempio (2)

```
procedure Access_Segment_Monitor(T:Train,Access_End:Integer) begin
```

```
...
```

```
if Access_End = First_End then
```

```
while
```

```
((not Free) and (Access_End /= Current_Direction))
```

```
or
```

```
((not Free) and (Access_End = Current_Direction) and  
(Access_Number = MAX) and (Second_End_Count > 0))
```

```
loop
```

```
First_End_Count := First_End_Count + 1;
```

```
wait(Can_Enter_First_End);
```

```
First_End_Count := First_End_Count - 1;
```

```
end loop;
```

```
else
```

```
... // Simmetrico per accesso dalla direzione opposta
```

```
end if;
```

```
if (Free = True) then
```

```
Free := False;
```

```
if (Access_End /= Current_Direction) then
```

```
Access_Number := 1;
```

```
Current_Direction := Access_End;
```

```
end if;
```

```
else
```

```
if (Access_Number < MAX) then
```

```
Access_Number := Access_Number + 1;
```

```
end if;
```

```
end if;
```

```
...
```

```
end;
```

- Procedura che regola l'accesso ad un Segmento da parte di un Treno;
- Accesso multiplo al Segmento, con numero massimo *MAX* di ingressi consecutivi per estremo.
- *Current_Direction* mantiene la direzione dei Treni in transito.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza - Esempio (3)

Valutazione dei casi possibili per dimostrare la correttezza della soluzione presentata, una volta che T esegue all'interno della procedure di risorsa protetta `Access_Segment_Monitor`.

Caso 1: Accesso Consentito

Precondizione: `Free=True`

T imposta il valore di `Free` a `False`. Se l'estremo di accesso è diverso da quello corrente, allora il numero di accessi per estremo `Access_Number` viene incrementato di 1, e la direzione corrente `Current_Direction` è settata a 1. In questo modo una volta raggiunto il massimo numero di accessi `MAX`, esso viene re-impostato ad 1 solo se T proviene da una direzione diversa dall'ultima percorsa. Esegue infine le operazioni previste dopo aver ottenuto l'accesso.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza - Esempio (4)

Caso 2: Accesso Consentito

Precondizione: $\text{Free} = \text{False}$ and $\text{Current_Direction} = D_T$
and $1 < \text{Access_Number} < \text{MAX}$

Perché sia verificata la Precondizione, almeno un altro Treno proveniente dallo stesso estremo deve aver avuto accesso al Segmento (Caso 1). In questo caso, T si limita a incrementare di 1 il contatore di accessi per estremo Access_Number , e ad eseguire le operazioni previste dopo l'accesso.

Caso 3: Accesso Consentito

Precondizione: $\text{Free} = \text{False}$ and $\text{Current_Direction} = D_T$ and
 $\text{Access_Number} = \text{MAX}$ and $\text{Second_End_Count} = 0$

Perché sia verificata la Precondizione, almeno MAX Treni provenienti dallo stesso estremo hanno avuto accesso al Segmento (Caso 1 + Caso 2). In questo caso, T non incrementare il contatore di accessi Access_Number , ed esegue le operazioni previste dopo l'accesso.

Costruzione di una soluzione - Concorrenza - Esempio (5)

Caso 4: Accesso non consentito

Precondizione: $\text{Free} = \text{False}$ and $\text{Current_Direction} \neq D_T$

Perché la pre-condizione sia verificata, almeno un Treno proveniente dall'estremo opposto rispetto a T ha eseguito nel Caso 1. Il thread corrente incrementa il contatore dei Treni in attesa per l'estremo corrente First_End_Count , e si pone in attesa su variabile di condizione $\text{Can_Enter_First_End}$.

Caso 5: Accesso non consentito

Precondizione: $\text{Free} = \text{False}$ and $\text{Current_Direction} = D_T$ and $\text{Access_Number} = \text{MAX}$ and $\text{Second_End_Count} > 0$

Perché la pre-condizione sia verificata, almeno un Treno proveniente dall'estremo opposto rispetto a T ha eseguito all'interno di $\text{Access_Segment_Monitor}$ nel Caso 4 (relativamente alla propria direzione). Il thread corrente incrementa il contatore dei Treni in attesa per l'estremo corrente First_End_Count , e si pone in attesa su variabile di condizione $\text{Can_Enter_First_End}$.

Scelta degli strumenti tecnologici

- Utilizzo di linguaggi di programmazione e strumenti che meglio si adattano alle scelte di progetto (e non viceversa).
- Interessante l'utilizzo di tecnologie eterogenee
 - È difficile pensare ad un sistema distribuito realizzato con tecnologia uniforme.
 - Possibilità di utilizzare supporti tecnologici specifici per singola componente.
Ad es. nella soluzione progettata:
 - ho utilizzato il linguaggio Ada per codificare le componenti che rappresentano le Regioni;
 - ho utilizzato il linguaggio Scala per la realizzazione di Name Server, Biglietteria e Controller Centrale;
 - ho utilizzato Javascript e HTML per la realizzazione dell'interfaccia grafica.

Conclusioni

- La progettazione di un sistema concorrente e distribuito è un'operazione complessa.
- Molto importante l'analisi iniziale e il confronto tra diverse architetture di sistema e tra diverse soluzioni a problemi di concorrenza.
- Errori comuni:
 - dare per scontato problematiche di distribuzione;
 - affidarsi a strumenti di linguaggio per risolvere problemi di concorrenza;
 - progettazione della soluzione a partire dalle tecnologie.