

# Realizzazione del Progetto di Sistemi Concorrenti e Distribuiti

Moreno Ambrosin

Università degli studi di Padova  
Facoltà di Scienze MM. FF. NN.

Corso di laurea in Informatica

Settembre 2013

# Indice

- 1 Introduzione
- 2 Analisi del Problema
- 3 Costruzione di una Soluzione
- 4 Conclusioni



# Introduzione

- La progettazione di un sistema distribuito si compone di:
  - Analisi del problema.
    - Aspetti legati alla Distribuzione.
    - Aspetti legati alla Concorrenza.
  - Costruzione di una soluzione.
  - Scelta delle Tecnologie.

# Analisi del Problema

- Identificare e definire i requisiti di massima del sistema.
  - Operazione sottovalutata ma importante.
- Individuazione e prima definizione delle entità del sistema.
  - ad es. nel progetto di un sistema ferroviario:
    - Treno (entità attiva)
    - Viaggiatore (entità attiva)
    - Segmento (entità reattiva)
    - Stazione (entità passiva)
      - Piattaforma (entità reattiva)
      - Biglietteria (entità reattiva)
      - Pannello Informativo (entità reattiva)

# Analisi del Problema - Distribuzione (1)

- Primo aspetto da valutare
  - Decomposizione architetturale del Sistema (derivazione di un'architettura di Sistema, di alto livello).
  - Alcune scelte vincolano le modalità di interazione tra le entità.
- 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.



# Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (1)

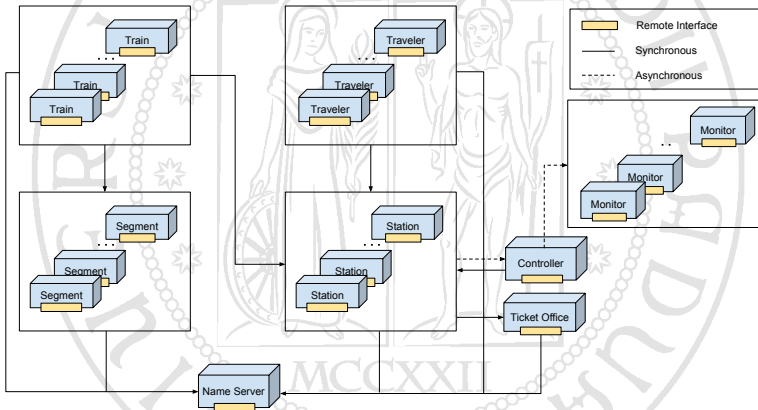


Figura: Architettura di distribuzione in cui tutte le entità principali vengono distribuite.

## Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (2)

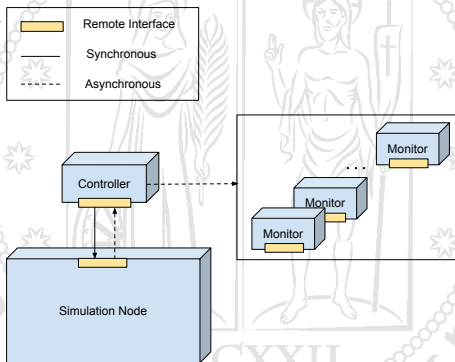


Figura: Architettura di distribuzione in cui solo Controller Centrale e Visualizzazione sono distribuite.

## Analisi del Problema - Distribuzione - Esempio (3)

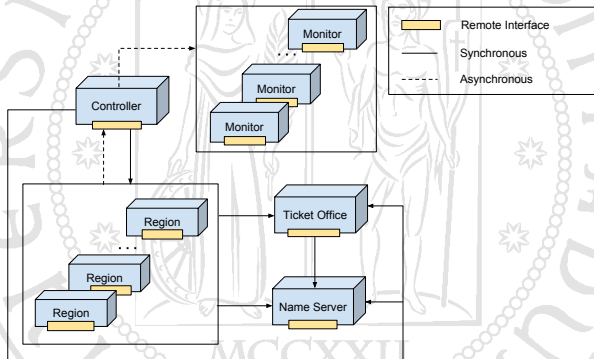


Figura: Architettura di distribuzione in cui sono aggiunte e distribuite *regioni*.

# 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)

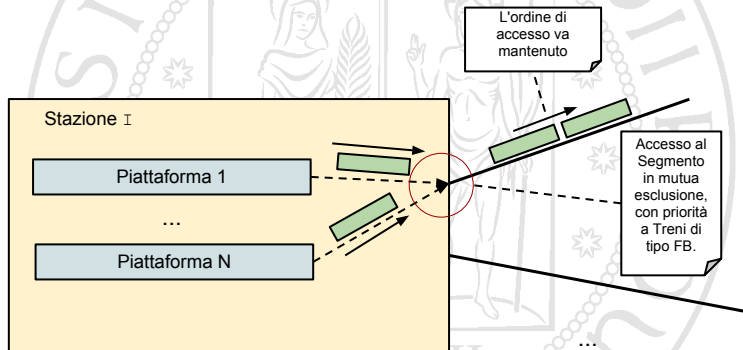


Figura: Accesso ad un segmento.

# Analisi del Problema - Concorrenza - Esempio (2)

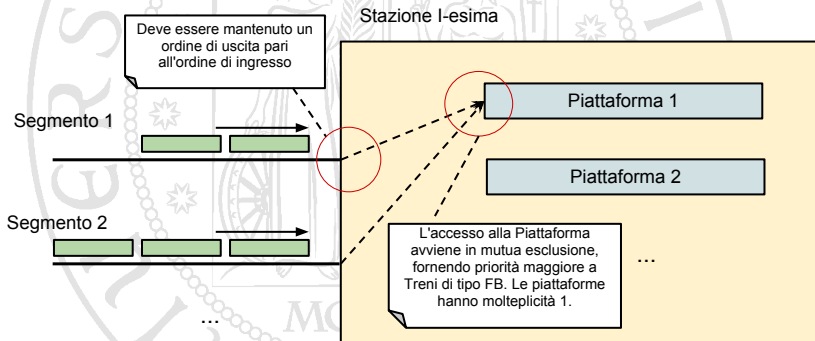


Figura: Uscita da un segmento e accesso alla Piattaforma successiva.

# Costruzione di una Soluzione - Distribuzione

- Scelta di un'architettura di distribuzione.
- Introduzione di nuove entità
  - ad es.: utilizzo di Regioni: collezione di Stazioni e Segmenti, che risiedono su un singolo nodo di calcolo, e sulle quali transitano Treni e Viaggiatori.
- Decomposizione architetturale a grana più fine
  - ad es.: introduzione di una gerarchia di Biglietterie per distribuire conoscenza e oneri di calcolo.
    - Centrale
    - Regionale
    - di Stazione
- Identificazione delle problematiche conseguenti alle scelte architettoniche.

## 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?
  - Vincolo sulla realizzazione dell'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 - Avvio e Terminazione (1)

## 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 della componente e l'avvio della simulazione.

## 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;

# Costruzione di una Soluzione - Distribuzione - Avvio e Terminazione (2)

- 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:

*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:

*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  $\text{Access\_Number}$ , e ad eseguire le operazioni previste dopo l'accesso.

## Caso 3:

*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  $\text{MAX}$  Treni provenienti dallo stesso estremo hanno avuto accesso al Segmento (Caso 1 + Caso 2). In questo caso,  $T$  non incrementare il contatore di accessi  $\text{Access\_Number}$ , 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  $\text{First\_End\_Count}$ , 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  $\text{First\_End\_Count}$ , e si pone in attesa su variabile di condizione  $\text{Can\_Enter\_First\_End}$ .



# Costruzione di una Soluzione - Tecnologie

- Scelta delle tecnologie che meglio si adattano alle scelte di progetto.
- Interessante l'utilizzo di tecnologie eterogenee
  - È difficile pensare ad un Sistema Distribuito realizzato con tecnologie omogenee.
  - Possibilità di utilizzare tecnologie specifiche per singola componente
    - Nella soluzione che ho adottato, ho utilizzato il linguaggio Ada per codificare le componenti che rappresentano le Regioni;
    - Utilizzo del linguaggio Scala per la realizzazione di Name Server, Biglietteria e Controller Centrale;
    - Utilizzo di Javascript e HTML per la realizzazione dell'interfaccia grafica.

# Conclusioni

- La progettazione di un Sistema Concorrente e Distribuito è un problema non banale.
- Molto importante l'analisi iniziale e il confronto fra diverse soluzioni possibili.
- Errori comuni:
  - Dare per scontato problematiche di distribuzione
  - Affidarsi a strumenti di linguaggio per risolvere problemi di concorrenza