

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione



Anno accademico 2003/4  
Corso di Sistemi Concorrenti e Distribuiti  
Tullio Vardanega, [tullio.vardanega@math.unipd.it](mailto:tullio.vardanega@math.unipd.it)

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 1

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione

### Definizione

□ **Un sistema distribuito è un insieme di elaboratori indipendenti capaci di apparire all'utente come un sistema unitario e coerente**

- La comunicazione di tali elaboratori tra loro è nascosta all'utente
- L'interazione dell'utente con il sistema è indipendente dal tempo e dallo spazio in cui essa avviene

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 2

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione

### Caratteristiche di trasparenza

Trasparenza rispetto a	Per nascondere
Accesso	Possibili differenze nella rappresentazione dei dati e nelle modalità di accesso alle risorse
Collocazione	Il luogo di residenza effettiva delle risorse
Migrazione	Che una risorsa possa cambiare collocazione
Spostamento	Che una risorsa possa cambiare collocazione durante l'uso
Replicazione / Concorrenza	Che una risorsa possa essere condivisa tra utenti in competizione tra loro
Malfunzionamento	Il guasto ed il possibile ripristino delle risorse
Persistenza	Il grado di persistenza della risorsa logica (memoria primaria oppure memoria secondaria)

ISO/IEC IS 10746:1995, *Open Distributed Processing Reference Model*

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 3

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione

### Altre caratteristiche desiderabili

□ **Openness**

- Offrire servizi la cui sintassi e semantica siano definite secondo regole standard
  - Servizi sintatticamente specificati in termini di **interfacce**, spesso espresse in un linguaggio ad-hoc (*Interface Definition Language, IDL*)

□ **Separazione tra politiche e meccanismi**

- La politica deve essere facilmente modificabile, adattabile e configurabile al variare dei bisogni e delle circostanze
- I meccanismi di attuazione non cambiano al variare della politica

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 4

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione

### Altre caratteristiche desiderabili

□ **Scalability (espansibilità)**

- **Rispetto alla dimensione (cardinalità) del sistema**
  - Facile aggiunta o rimozione di utenti e/o risorse
- **Rispetto all'ampiezza (estensione geografica) del sistema**
  - Utenti e risorse possono trovarsi a distanza variabile tra loro senza che questo ne pregiudichi l'accesso e l'interazione
- **Rispetto alla gestione**
  - Ciascuna amministrazione locale non pregiudica l'amministrazione del sistema distribuito nel suo complesso

□ **Obiettivi a costo prestazionale non nullo**

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 5

Università degli Studi di Padova

## Sistemi distribuiti: introduzione

### Fattori di centralizzazione

□ **Centralizzazione dei servizi**

- Un singolo servente per tutti gli utenti del sistema
  - Pesante collo di bottiglia

□ **Centralizzazione dei dati**

- Tutte le informazioni significative raccolte in un unico luogo del sistema
  - Dimensioni e complessità proibitive

□ **Centralizzazione degli algoritmi**

- Visione completa dello stato attuale del sistema
  - Onere di raccolta proibitivo

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 6

# Sistemi distribuiti: introduzione

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Prerequisiti di distribuzione

- **Un algoritmo è distribuito se:**
  - Non richiede informazione completa sull'intero sistema
  - Prende decisioni sulla base di conoscenza locale
  - Non viene pregiudicato da guasti locali
  - Non necessita di un riferimento unico e globale del tempo di sistema
  - Consente ripartizione dei compiti e replicazione delle risorse e ne garantisce il grado di consistenza necessario
- **Comunicazione asincrona**
  - Nasconde i ritardi di comunicazione sulla rete

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

7

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Distribuzione hardware

Multi-processor      Multi-elaboratori

Shared memory      Private memory

Bus-based      Switched bus

P Processor      M Memory

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

8

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi multi-processor - 1

- **Tutte le CPU condividono un unico spazio di memoria**
  - Comunicazione su *bus* diventa presto collo di bottiglia
  - L'alternativa mediante connessioni punto a punto (*switch*) ripartisce le comunicazioni ma aumenta la complessità strutturale
    - Connessione a matrice (*crossbar switch*): N×M punti di collegamento → comunicazione veloci ma grande costo strutturale
    - Combinazioni di sottoreti semplici di connessione (p.es. 2×2, *omega network*) → basso costo strutturale ma collegamenti più complicati
- **NUMA → non-uniform memory access**
  - Gerarchia di memoria più articolata (locale, globale) → costo di accesso ottimizzabile ma maggiore complessità organizzativa

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

9

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi multi-processor - 2

Memories

CPUs

Crosspoint switch      2x2 switch

(a) Crossbar switch      (b) Omega network

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

10

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi multi-elaboratore - 1

- **Sistemi omogenei**
  - Per ambiti di elaborazione specifici e specializzati
  - Nessuno spazio di memoria globale
  - Comunicazione tra elaboratori sia per diffusione (*bus*, ma di scarsa espansibilità) che punto a punto (*switch*) con cammino determinato da instradatori (*router*)
  - Topologie classiche punto a punto
    - A griglia (*grid*)
    - Ad ipercubo (*hypercube*)
      - Cubi n-dimensionali, con  $2^n$  vertici ed  $n \cdot 2^{n-1}$  archi diretti tra vertici
      - Ciascun vertice è un elaboratore e ciascun arco una connessione punto a punto

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

11

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi multi-elaboratore - 2

(a) Griglia      (b) Ipercubo

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova

12

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi multi-elaboratore - 3

- **Sistemi eterogenei**
  - Per ambiti di elaborazione non necessariamente specializzati
  - Eterogenei sia rispetto alla tipologia degli elaboratori che alla topologia della rete di interconnessione
  - La base corrente dei sistemi distribuiti attuali
  - I sistemi omogenei multi-elaboratore sono più spesso visti come sistemi a parallelismo massiccio

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 13

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Distribuzione software

- **Visione secondo la struttura del sistema operativo**
  - **Ad accoppiamento stretto → sistema operativo distribuito**
    - Gestione uniforme delle risorse complessive del sistema, in totale analogia con le funzioni di un sistema operativo per mono-processore
    - Per sistemi multi-processore (a memoria condivisa) e per sistemi omogenei multi-elaboratore
  - **Ad accoppiamento lasco → sistema operativo di rete (NOS)**
    - Per offrire ad utenti remote l'accesso ad alcune risorse e servizi locali
    - Con funzionalità di gestione della distribuzione che possono essere arricchite da un livello software frapposto tra NOS ed applicazioni → *middleware*

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 14

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi operativi distribuiti - 1

Elaboratore A   Elaboratore B   Elaboratore C

Applicazioni distribuite

Servizi di sistema operativo distribuito

Sistema operativo locale

Implementazione software di memoria comune mediante scambio messaggi

Rete di interconnessione

Architettura generalmente concepita per sistemi omogenei

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 15

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi operativi distribuiti - 2

**Punti di possibile sincronizzazione nello scambio messaggi**

Mittente   Destinatario

- (1) Messaggio in attesa di essere depositato in *buffer* mittente
- (2) Messaggio prelevato da *buffer* mittente ed inviato su rete
- (3) Messaggio depositato in *buffer* destinatario
- (4) Messaggio prelevato da *buffer* destinatario per ricezione

Il mittente può bloccarsi su (1) finché il suo *buffer* è pieno  
L'attesa del mittente ai punti (2-4) non richiede *buffer* dal suo lato  
Il destinatario può bloccarsi su (3) finché il suo *buffer* è vuoto

L'attesa del mittente ai punti (3-4) ha senso solo in presenza di una rete di comunicazioni affidabile

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 16

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi operativi distribuiti - 3

- La programmazione di sistemi distribuiti per multi-elaboratore è **molto più complicata** di quella per sistemi multi-processore
- La comunicazione basata su memoria condivisa oppure su primitive di sincronizzazione (semafori, *monitor* e risorse protette) è molto più facile che quella basata solo su scambio messaggi
- Problematiche di accodamento, sincronizzazione ed affidabilità della rete di comunicazione complicano l'utilizzo di scambio messaggi

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 17

Università degli Studi di Padova

Sistemi distribuiti: introduzione

## Sistemi operativi di rete

Elaboratore A   Elaboratore B   Elaboratore C

Applicazioni distribuite

Servizi di sistema operativo di rete

Sistema operativo locale

Implementazione di servizi come sessione remota, e file system di rete

Rete di interconnessione

Architettura idonea per sistemi eterogenei

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova 18

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Sistemi distribuiti: *middleware* - 1

- ❑ **Né i sistemi operativi distribuiti né quelli di rete aderiscono alla definizione di sistema distribuito!**
  - I sistemi operativi distribuiti hanno caratteristiche di trasparenza, ma **non** coordinano un insieme di elaboratori indipendenti
  - I sistemi operativi di rete hanno caratteristiche di *openness* e *scalability*, ma **non** forniscono la visione di un sistema unitario e coerente
- ❑ **I sistemi distribuiti moderni sono realizzati per aggiunta di un livello *software* di astrazione chiamato *middleware* al livello NOS**

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **19**

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Sistemi distribuiti: *middleware* - 2

Elaboratore A    Elaboratore B    Elaboratore C

Applicazioni distribuite

Servizi middleware

Servizi di sistema operativo di rete    Servizi di sistema operativo di rete    Servizi di sistema operativo di rete

Sistema operativo locale    Sistema operativo locale    Sistema operativo locale

Rete di interconnessione

Architettura idonea per sistemi distribuiti

Implementazione aperta di servizi di trasparenza e scalabilità, con interfaccia standard

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **20**

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Sistemi distribuiti: *middleware* - 3

- ❑ **Vari modelli (paradigmi) di *middleware* si sono susseguiti nell'ultimo decennio**
  - **File system distribuito (estensione del modello UNIX)**
    - Trasparenza limitata a file di tipo tradizionale
  - **Chiamate di procedura remota (RPC)**
    - Trasparenza estesa alla comunicazione su rete
  - **Oggetti distribuiti**
    - Interazioni tra oggetti rappresentati da interfacce (dettagli implementativi nascosti)
  - **Documenti distribuiti → WWW**
- ❑ **Problematiche comuni ad ogni modello**
  - **Supporto alle varie forme di trasparenza, denominazione delle entità (*naming*), gradi di sicurezza**

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **21**

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Sistemi distribuiti: *middleware* - 4

	Sistema operativo distribuito		Sistema operativo di rete	Sistema distribuito basato su <i>middleware</i>
	Multi-processore	Multi-elaboratore		
Grado di trasparenza	Eccellente	Buono	Scarso	Buono
Stesso sistema operativo su ogni nodo	Sì	Sì	No	No
Istanze di sistema operativo	1	N	N	N
Paradigma di comunicazione	Memoria condivisa	Scambio messaggi	File	Vari paradigmi
Gestione delle risorse	Centralizzata per risorse globali	Distribuita per risorse globali	Per nodo	Per nodo
Scalability	Nessuna	Modesta	Buona	Dipende dal paradigma
Openness	Nessuna	Nessuna	Buona	Buona

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **22**

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Modello cliente-servente - 1

- ❑ **La comunicazione tra cliente e servente può basarsi su un protocollo "*connectionless*" se la rete di interconnessione è abbastanza affidabile**
- ❑ **Un protocollo di connessione come TCP/IP è robusto rispetto ad errori trasmissivi ma ha un costo di gestione non trascurabile**

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **23**

Università degli Studi di Padova **Sistemi distribuiti: introduzione**

## Modello cliente-servente - 2

- ❑ **Varie architetture cliente-servente sono possibili, in relazione all'organizzazione dei dati e del servizio**
- ❑ **Distribuzione verticale**
  - Componenti diversi sul piano logico/funzionale possono essere posti su elaboratori distinti → servizio reso tramite collaborazione tra componenti
- ❑ **Distribuzione orizzontale**
  - Servente e cliente possono essere partizionati, ma ciascuna parte può operare da sola → bilanciamento del carico

Corso di Laurea Specialistica in Informatica, Università di Padova **24**

# Sistemi distribuiti: introduzione

