Sistemi distribuiti

UniShare

Davide Cozzi
@dlcgold

Gabriele De Rosa
@derogab

Federica Di Lauro
@f_dila

Indice

Capitolo 1

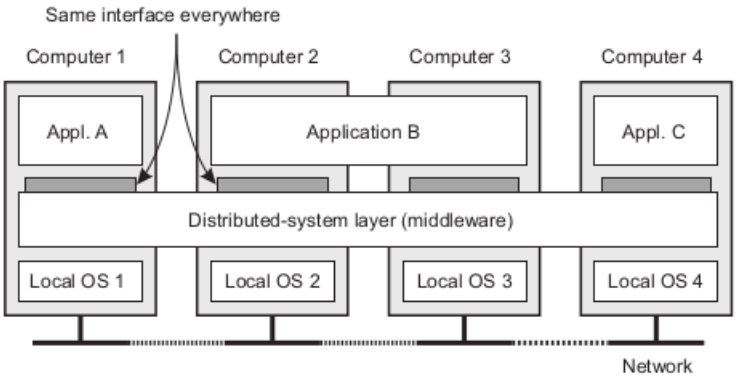
Introduzione

Questi appunti sono presi a le lezioni. Per quanto sia stata fatta una revisione è altamente probabile (praticamente certo) che possano contenere errori, sia di stampa che di vero e proprio contenuto. Per eventuali proposte di correzione effettuare una pull request. Link: `https://github.com/dlcgold/Appunti`.
Grazie mille e buono studio!

Capitolo 2

Lezione 1

Un sistema distribuito è un sistema nel quale componenti hardware e software, collocati in computer connessi alla rete, comunicano e coordinano le loro azione solitamente col passaggio di messaggi (a differenza delle chiamate di procedura che si hanno col passaggio di parametri su memoria condivisa). Ogni processo ha quindi una parte di logica applicativa e una parte di coordinamento. Altrimenti si ha questa definizione. *un sistema distribuito è un insieme di elementi autonomi di computazione che si interfacciano agli utenti come un singolo sistema "coerente".*



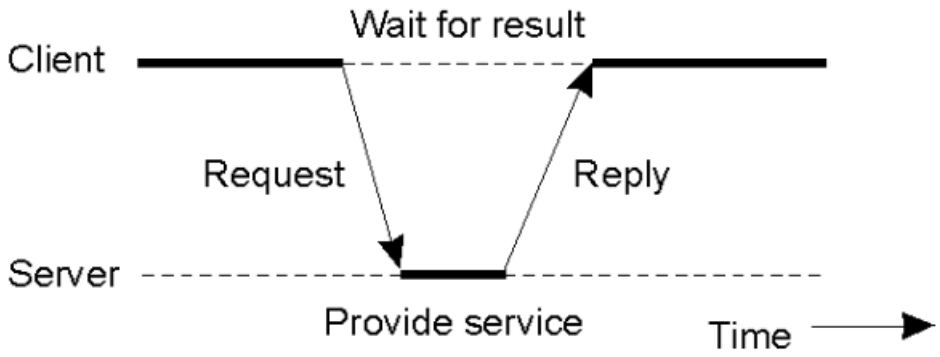
I sistemi distribuiti sono quindi sistemi complessi. Si hanno le seguenti caratteristiche:

- le unità autonome di computazione si chiamano **nodi** e possono essere device hardware o singoli processi software
- ogni nodo "fa quello che vuole", ogni nodo è autonomo, e vanno tra loro sincronizzati e coordinati (programmazione concorrente). Ogni nodo ha la sua "nozione di tempo"

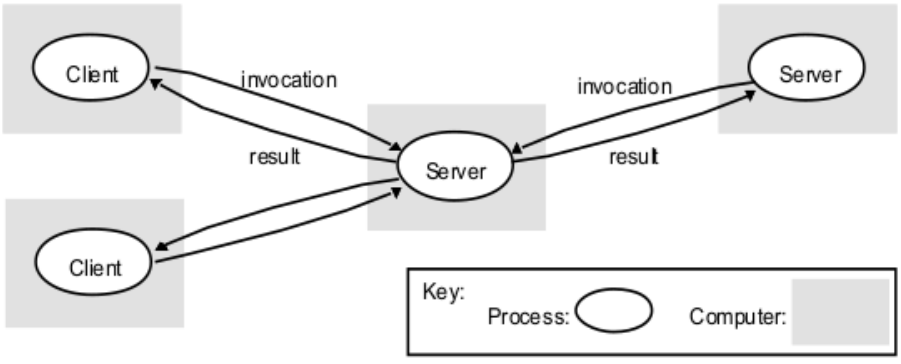
- utenti e applicazioni vedono un singolo sistema
- si possono aprire e chiudere gruppi di nodi

La parola chiave è **trasparenza di distribuzione (distribution trasparency)**. Trasparenza significa nascondere dettagli agli utenti che possono ignorare ciò che succede e che non possono modificare il servizio. Si ha che il sistema non va in errore se un solo nodo va in errore in quanto i nodi sono indipendenti ma è difficile occultare gli errori parziali dei singoli nodi ed è difficile sistemare gli eventuali errori del singolo nodo. Ovviamente non si ha memoria condivisa e non c'è uno stato globale. In un sistema distribuito non si ha un clock globale e non si può controllare globalmente o avere uno scheduling globale.

2.0.1 Il modello Client-Server



Si ha che un client fa una richiesta e il server risponde con un certo risultato (con il conseguente ritardo, a differenza del modello a chiamata di procedura).



Si può accedere a server multipli (cluster con anche bilanciamento del carico) e si può accedere via proxy (dei server "finti" che fungono da concentratori). Un sistema distribuito ha 4 problemi da fronteggiare:

1. **identificare la controparte**, che si risolve assegnando un nome, è la procedura di **naming**
2. **accedere alla controparte**, che si risolve con una reference, un **access point**
3. **comunicare (parte 1)**, che si risolve accettando e condividendo un formato, un **protocollo, "protocol"**
4. **comunicare (parte 2)**, che si risolve concordando *sintassi e semantica* per l'informazione da condividere **(quest'ultimo è però ancora un problema aperto)**

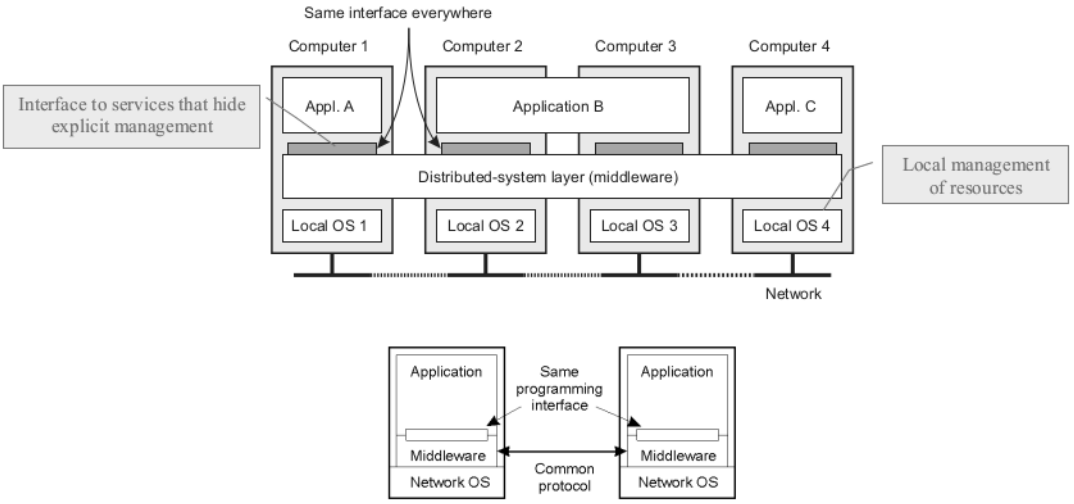
Si hanno le seguenti definizioni per quanto riguarda la trasparenza:

- **naming**, usare nomi simbolici per identificare le risorse che sono parte del sistema distribuito
- **access trasparency**, nascondere le differenze nella rappresentazione delle informazioni e nell'accedere ad un'informazione locale o remota
- **location trasparency**, nascondere dove è collocata una risorsa sulla rete
- **relocation or mobility transparency**, nascondere che una risorsa può essere stata trasferita ad un'altra locazione mentre è in uso
- **migration trasparency**, nascondere che una risorsa può essere trasferita
- **replication transparency**, nascondere che una risorsa può essere replicata
- **concurrency transparency**, nascondere che una risorsa può essere condivisa da molti utenti indipendenti
- **failure trasparency**, nascondere fallimenti e recovery di una risorsa
- **persistence trasparency**, nascondere se una risorsa è volatrile o memorizzata permanentemente

non si possono però nascondere:

- **ritardi e latenze di comunicazione**
- **nascondere completamente i failure della rete e dei nodi**, non puoi neanche distinguere bene rallentamenti e errori. Ovviamente non puoi sapere se sta per accadere un **crash**

Una trasparenza completa, oltre ad essere quasi impossibile a livello teorico, è anche estremamente "cara" a livello di performances e tempistiche (causa scrittura costante su dischi e mantenimento delle repliche).
Nascondere le informazioni è alla base dell'ingegneria del software. Bisogna separare il *cosa* si fa e il *come* lo si fa. Il *cosa* si fa mediante la definizione dell'interfaccia, *Interface Definition Languages (IDL)*, e il *come* mediante l'implementazione delle classi e dei metodi. Le interfacce sono definite mediante principi standard, sono complete e sono neutrali (indipendenti dall'implementazione).



Tra i vari componenti si ha:

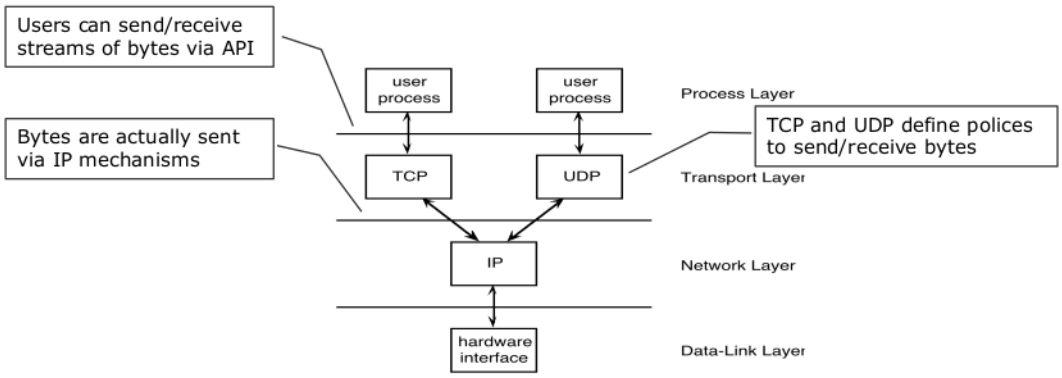
- **indipendenza logica**, con i vari componenti che lavorano autonomamente
- **composizione**, con la collaborazione dei vari processi

Si separano:

- **meccanismi**, ciò che è fatto dai componenti (esempio il context switch)

- **politiche**, come vengono applicati le varie funzionalità del sistema (esempio lo scheduling Round Robin RR)

Bisogna separare e bilanciare politiche e meccanismi



Ricapitolando il concetto di protocollo:

- per poter capire le richieste e formulare le risposte i due processi devono concordare un protocollo
- i protocolli (come *HTTP, FTP e SMTP*) definiscono il formato, l'ordine di invio e di ricezione dei messaggi tra i dispositivi, il tipo dei dati e le azioni da eseguire quando si riceve un messaggio
- le applicazioni su TCP/IP:
  - si scambiano stream di byte di lunghezza infinita (il meccanismo)
  - che possono essere segmentati in messaggi (la politica) definiti da un protocollo condiviso

Vediamo un esempio di codice. Partiamo dall'*header.h*

```
// definizioni necessarie a client e server

#define TRUE 1
#define MAX_PATH 255 // lunghezza massima del nome di un file
#define BUF_SIZE 1024 // massima grandezza file trasferibili per volta
#define FILE_SERVER 243 // indirizzo di rete del file del server
```

```
// operazioni permesse

#define CREATE 1 // crea un nuovo file
#define READ 2 // legge il contenuto di un file e lo restituisce
#define WRITE 3 // scrive su un file
#define DELETE 4 // cancella un file

// errori

#define OK 0 // nessun errore
#define E_BAD_OPCODE -1 // operazione sconosciuta
#define E_BAD_PARAM -2 // errore in un parametro
#define E_IO -3 // errore del disco o errore di I/O

// definizione del messaggio

struct message{
  long source; // identità del mittente
  long dest; // identità del ricevente
  long opcode; // operazione richiesta
  long count; // numero di byte da trasferire
  long offset; // posizione sul file da cui far partire l'I/O
  long result; // risultato dell'operazione
  char name[MAX_PATH]; // nome del file
  char data[BUF_SIZE]; //informazione da leggere o scrivere
};
```

vediamo la struttura di un semplice server che realizza un semplice file server remoto:

```
#include <header.h>
void main(void){
  struct message m1, m2; // messaggio in entrata e uscita
  int r; // risultato

  while(TRUE){ // il server è sempre in esecuzione
    receive(FILE_SERVER, &m1); // stato di wait in attesa di m1
    switch(m1.code){ // vari casi in base alla richiesta
      case CREATE:
        r = do_create(&m1, &m2);
        break;
      case CREATE:
        r = do_read(&m1, &m2);
        break;
      case CREATE:
        r = do_write(&m1, &m2);
        break;
      case CREATE:
        r = do_delete(&m1, &m2);
        break;
      default:
        r = E_BAD_OPCODE;
    }

    m2.result = r; // ritorna il risultato al client
    send(m1.source, &m2); // manda la risposta

  }
}
```

vediamo ora un client che usa il servizio per straferire un file:

```
#include <header.h>

int copy(char *src, char *dst){ // copia file usando il server
  strcut message m1; // buffer del messaggio
  long position; // attuale posizione del file
  long client = 110; // indirizzo del client

  initialize(); // prepara l'esecuzione
  position = 0;
  do{
    m1.opcode = READ; // operazione settata su READ
    m1.offset = position; // scelta la posizione nel file
    m1.count = BUF_SIZE; // byte da leggere
    strcpy(&m1.name, src); // nome file copiato in m1
    send(FILESERVER, &m1); // manda il messaggio al file server
    receive(client, &m1); // aspetta la risposta

    // scrive quanto ricevuto su un file di destinazione
    m1.opcode = WRITE; // operazione settata su WRITE
    m1.offset = position; // scelta la posizione nel file
    m1.count = BUF_SIZE; // byte da leggere
    strcpy(&m1.name, dst); // nome del file sul buffer
    send(FILESERVER, &m1); // manda il messaggio al file server
    receive(client, &m1); // aspetta la risposta
    position += m1.result // il risultato sono i byte scritti
  }while(m1.result > 0); // itera fino alla fine
  return(m1.result >= 0 ? OK : m1.result); // ritorna OK o l'errore
}
```

2.0.2 Stream Communication

Si ha il modello ISO/OSI, che si basa sull'astrazione. Un informatico dovrebbe conoscere tutti i vari livelli. Gli utenti possono mandare e ricevere stream di byte via TCP mediante API. Poi al livello successivo si hanno datagrammi con i dati che vengono mandai via meccanismi IP. È lo sviluppatore a decidere le varie politiche. I sistemi distribuiti lavorano tra utenti e TCP/UDP. Ovviamente sono i processi che comunicano tra di loro. Ogni processo comunica attraverso canali. Un canale gestisce i flussi di dati in ingresso e uscita e dall'esterno ogni canale è identificato da un intero detto **porta**. Le **socket**

sono particolari canali per la comunicazione tra processi che non condividono memoria (per esempio perché risiedono su macchine diverse). Per potersi connettere o inviare dati ad un processo A, un processo B deve conoscere la macchina (host) che esegue A e la porta cui A è connesso (well-known port). TCP è orientato alla connessione (si ha un invio di richiesta di connessione), è affidabile, si ha un controllo di flusso, si ha un controllo della congestione ma non si hanno garanzie di banda e ritardo minimi. UDP non è affidabile e non offre nulla di quanto offerto da TCP ma è comodo, per esempio, nello streaming, che tollera perdite parziali. UDP scompone i messaggi in pacchetti che invia uno per volta ai servizi network. TCP scompone e invia come UDP ma ogni pacchetto viene numerato per garantire riordinamento, duplicazioni e perdite. Nei sistemi distribuiti non è necessario conoscere tutto questo funzionamento ma importa solo lo stream di byte. TCP utilizza variabili e buffer per realizzare il trasferimenti bidirezionale di flussi di bytes ("pipe") tra processi, prevede ruoli client/server durante la connessione ma non durante la comunicazione. TCP utilizza i servizi dello strato IP per l'invio dei flussi di bytes.
L'interfaccia tra applicazione e strato di trasporto è dato delle API, *Application Programming Interface* e i socker sono API per accedere a TCP o UDP, due processi comunicano mediante socker nel modello client-server.
Si hanno delle criticità:

- gestione del ciclo di vita di cliente e server, attivazione/terminazione del cliente e del server
- identificazione e accesso al server
- comunicazione tra client e server
- ripartizione dei compiti tra client e server, che dipende dal tipo di applicazioni e la scelta influenza le prestazioni in relazione al carico

l'indirizzo del server può essere una costante nel codice, può essere chiesto all'utente, come nel browser, posso usare un nameserver o un repository (con DNS, *Domain Name Service*) o adottare altri protocolli, come DHCP. Il naming sarà il nome dell'host, l'indirizzo IP come access point mediante host e porta, il protocollo saranno stream di byte e la sintassi e la semantica saranno definiti dall'applicazione con http, smtp etc...
Tutto questo è a un basso livello di trasparenza in quanto sia utente che sviluppatore lo necessitano.
La comunicazione TCP/IP avviene attraverso flussi di byte (byte stream), dopo una connessione esplicita, tramite normali system call read/write. Queste

due syscall sono sospensive (mettono il sistema in uno stato di *wait*) e usano un buffer per garantire flessibilità (per esempio la read definisce un buffer per leggere N caratteri, ma potrebbe ritornare avendone letti solo k<N) Ci sono molte chiamate diverse per accedere i servizi TCP e UDP.

Il server crea una nuova socket collegata (binded) a una nuova porta per comunicare con il client, in questo modo la well-known port resta dedicata a ricevere richieste di connessione Non uso la stessa porta per evitare perché comunicazione e handshake non sarebbero distinguibili//

Quando si parla di socket non c'è il concetto di messaggio e read/write avvengono per un numero arbitrario di bytes. Quindi si devono prevedere cicli di lettura che termineranno in base alla dimensione dei "messaggi" come stabilito dal formato del protocollo applicativo in uso.

Java definisce alcune classi che costituiscono un'interfaccia ad oggetti alle system call:

```
java.net.Socket
java.net.ServerSocket
```

Queste classi accorpano funzionalità e mascherano alcuni dettagli con il vantaggio di semplificarne l'uso. Come per ogni framework è necessario conoscerne il modello e il funzionamento per poterlo utilizzare in modo efficace. Le prossime slide discutono i principali metodi delle due classi. vediamo altro, iniziamo dai costruttori:

```
public Socket()
//Creates an unconnected socket, with the system-default type of SocketImpl

public Socket(String host, int port)
  throws UnknownHostException, IOException
/*Creates a stream socket and connects it to the
specified port number on the named host. If the
specified host is null, the loopback address is assumed.
The UnknownHostException is thrown if the IP address
of the host could not be determined*/

public Socket(InetAddress address, int port)
  throws IOException
/*Creates a stream socket and connects it to the
specified port number at the specified IP address*/
```

e passiamo ai metodi:

```
public void bind(SocketAddress bindpoint) throws IOException
/*Binds the socket to a local address.
If the address is null, then the system will pick up an
ephemeral port and a valid local address to bind the socket*/

public void connect(SocketAddress endpoint) throws IOException
//Connects this socket to the server

public void connect(SocketAddress endpoint, int timeout)
  throws IOException
/*Connects this socket to the server with
 a specified timeout value (in milliseconds)*/

public void close()
//Closes this socket.
```