

Corso di Sistemi di Elaborazione dell'Informazione  
Modulo di Fondamenti di Informatica

Appunti integrativi per la parte seconda  
“Reti di calcolatori”

Ing. Mauro Iacono, PhD  
[mauro.iacono@unina2.it](mailto:mauro.iacono@unina2.it)

Questi appunti raccolgono parte di quanto da me presentato e discusso con gli studenti durante le lezioni del modulo “Fondamenti di informatica” del corso di Sistemi di Elaborazione dell'Informazione tenuto in Caserta presso la Facoltà di Studi Politici e per l'Alta Formazione Europea e Mediterranea “Jean Monnet” della Seconda Università degli Studi di Napoli. Scopo di questi appunti è integrare il testo ufficiale con alcune note specifiche sulle reti di calcolatori riguardo argomenti trattati durante il corso in modo più ampio rispetto al testo.

E' consentito il libero utilizzo di questi appunti secondo quanto previsto dalla licenza GPL – GNU Public License. Sarà gradita dall'autore una segnalazione di uso, che potrà essere inviata via e-mail all'indirizzo [mauro.iacono@unina2.it](mailto:mauro.iacono@unina2.it). Nella stesura dei contenuti è stata prestata la massima cura, nel rispetto degli obiettivi del modulo didattico: tuttavia, come tristemente noto a tutti coloro si siano cimentati nella stesura di appunti o note, la classica svista, il refuso o la leggerezza da ansia di chiarezza sono sempre in agguato, e prego tutti i lettori di comunicarmi tempestivamente eventuali imprecisioni o critiche all'indirizzo e-mail già citato.

Un importante ausilio per le lezioni è stato fornito dalle ottime trasparenze del corso del professor Pier Luca Montessoro, a cui vanno tutta la mia ammirazione e la mia gratitudine per la politica illuminata di distribuzione e copyright e per il contributo fornito a tutto il mondo della formazione accademica con la sua opera. Le trasparenze sono liberamente disponibili sul web nel rispetto della policy di copyright stabilita dall'autore e su di esse riportata. Parti degli appunti sono tratte da Daniele Giacomini, Appunti di Informatica Libera, opera disponibile a tutti via Internet e rilasciata con licenza GPL-GNU Public License.

Fonti bibliografiche:

- [1] Gai, Montessoro, Nicoletti, *Reti locali: dal cablaggio all'internetworking*, ed. SSGRR, L'Aquila, 1997
- [2] Tanenbaum, *Reti di computer*, terza edizione, Prentice Hall International, 1997
- [3] Giacomini, *Appunti di Informatica Libera*

Mauro Iacono

## Indice

|  |           |
|--|-----------|
| <u>I sistemi distribuiti.....</u>                        | <u>4</u>  |
| <u>Architetture mainframe.....</u>                       | <u>4</u>  |
| <u>Il personal computer e la nascita delle reti.....</u> | <u>5</u>  |
| <u>Nuove frontiere.....</u>                              | <u>5</u>  |
| <u>Classificazione delle reti .....</u>                  | <u>7</u>  |
| <u>L'architettura delle reti di calcolatori.....</u>     | <u>8</u>  |
| <u>Classificazione dei servizi.....</u>                  | <u>9</u>  |
| <u>Modello ISO-OSI .....</u>                             | <u>12</u> |
| <u>Comunicazione tra i livelli e imbustamento .....</u>  | <u>13</u> |
| <u>Il livello fisico.....</u>                            | <u>15</u> |
| <u>Topologie delle reti.....</u>                         | <u>15</u> |
| <u>Il cablaggio strutturato.....</u>                     | <u>18</u> |
| <u>Interconnessione tra le reti .....</u>                | <u>20</u> |
| <u>TCP/IP.....</u>                                       | <u>23</u> |
| <u>Indirizzi IPv4 .....</u>                              | <u>25</u> |
| <u>Nomi di dominio .....</u>                             | <u>25</u> |
| <u>Servizio di risoluzione dei nomi di dominio .....</u> | <u>26</u> |

## I sistemi distribuiti

Un sistema di elaborazione è un insieme di componenti hardware e software che permette a un operatore di svolgere determinati compiti di calcolo. Nella sua formulazione più semplice, un sistema di elaborazione ha una architettura hardware che comprende un sottosistema dedicato al calcolo ed alla gestione del sistema stesso (il processore o CPU), un sottosistema di memorizzazione a breve termine (la memoria RAM) che consente l'esecuzione del software necessario per la missione del sistema, un sottosistema deputato alla memorizzazione permanente (memoria di massa) e un sottosistema di interazione con l'ambiente in cui il sistema opera (generalmente composto da tastiera, mouse, monitor e porte di I/O (Input/Output) nelle architetture comunemente diffuse). L'architettura software comprende il sistema operativo, che si occupa della gestione di tutti i componenti hardware, e i software applicativi necessari per la missione del sistema.

Un *sistema distribuito* è un sistema di elaborazione più complesso del modello visto, modello che definisce in questo caso i *nodi di elaborazione* del sistema distribuito. Un sistema distribuito è composto da due o più nodi di elaborazione che collaborano in maniera coordinata allo svolgimento della missione del sistema distribuito mediante l'esecuzione di parti dell'elaborazione necessaria. In un sistema distribuito è evidente la necessità di provvedere ad una *infrastruttura di comunicazione* che permetta ai nodi di elaborazione di scambiare dati e coordinare le proprie operazioni.

Il più noto esempio di sistema distribuito è costituito attualmente dalle *reti di calcolatori*, in cui i singoli elaboratori costituiscono i nodi di elaborazione e l'insieme del cablaggio e delle apparecchiature di rete costituisce l'infrastruttura di comunicazione, ma il modello di calcolo distribuito ha avuto una lunga evoluzione dagli albori della storia dei sistemi informatici che ha seguito l'evoluzione della tecnologia da una parte e la convergenza in standard di comunicazione delle singole iniziative dall'altra.

### Architetture mainframe

La più antica antenata dei moderni sistemi distribuiti è l'*architettura Mainframe*. Quando i calcolatori avevano costi proibitivi e dimensioni paragonabili con una stanza, il problema di ammortizzarne i costi con un uso continuo ed intensivo portò da una parte alla nascita di shell di sistema che permettessero l'interazione di un utente non sistemista con il sistema in autonomia, dall'altra alla introduzione di meccanismi di time sharing, ovvero di condivisione del tempo di elaborazione tra più utenti, dando l'impressione di rendere disponibile agli utenti un insieme più ampio di risorse. Per utilizzare le nuove caratteristiche dei sistemi si idearono i terminali remoti, che potevano essere collocati sulle scrivanie degli utenti per evitare l'affollamento nel centro di calcolo e migliorare l'efficienza del lavoro. Tali terminali erano composti da una tastiera e uno schermo a caratteri, ma non erano in grado di eseguire calcolo in autonomia: pertanto quello che veniva distribuito era il sottosistema di I/O.

I sistemi mainframe erano affetti da più di un problema: innanzitutto, poiché le risorse erano ancora tutte centralizzate, un guasto al mainframe comportava il blocco delle attività di tutti gli utenti. Inoltre l'impossibilità di espandere le caratteristiche del sistema (memoria RAM, potenza del sottosistema di elaborazione) rendevano critiche le scelte di acquisto e il dimensionamento del parco utenti. Al crescere degli utenti al di sopra di un volume critico il sistema di elaborazione andava in sovraccarico rallentando il lavoro di tutti gli utenti (a meno che non si ricorresse all'acquisto di un altro sistema, ovviamente) e al di sotto del volume critico le costosissime risorse di elaborazione erano sottoutilizzate causando un allungamento del tempo di ammortamento dei costi di acquisto ma non incidendo (neanche in positivo!) su costi di esercizio e manutenzione. Inoltre parte delle risorse di calcolo andavano sprecate per la semplice



gestione delle interazioni a distanza con gli utenti, che per la maggior parte del tempo erano inattivi (leggendo o scrivendo) ma occupavano comunque risorse di calcolo ed elaborazione.

## ***Il personal computer e la nascita delle reti***

All'inizio degli anni 80 dello scorso secolo il mondo assistette in sordina ad una delle più importanti rivoluzioni culturali mai accaduta: l'introduzione del personal computer e la nascita dell'informatica personale. Seppure non rivoluzionario nella concezione né mirabolante per le prestazioni, né spettacolare nell'esperienza di interazione per l'utente, il personal computer IBM, antesignano dei PC odierni, fu la scintilla che scatenò la nascita dei sistemi distribuiti moderni. La disponibilità di risorse di calcolo economiche collocabili presso la scrivania degli utenti e con necessità di amministrazione pressoché prossime allo zero spostò l'equilibrio del mercato informatico verso l'acquisizione di PC da usare come nodi di calcolo piuttosto che di sistemi mainframe. Ovviamente le tecnologie ed i livelli di efficienza elaborativa disponibili su mainframe ne permisero la sopravvivenza fino ai giorni nostri, ma con una diffusione molto più limitata e per applicazioni di nicchia: il problema tecnologico posto ai nuovi amministratori divenne quello di connettere insieme i sistemi personali, per riottenere con tecnologie e modalità differenti i servizi centralizzati disponibili su mainframe laddove necessario, ad esempio per permettere agli utenti di comunicare o di condividere risorse di memorizzazione. La semplice architettura di comunicazione tra terminali e mainframe era assolutamente inadeguata all'uso e pertanto si rese necessaria la progettazione di hardware, protocolli e software per la comunicazione tra i PC da zero. Ciò nonostante, le nuove architetture distribuite presentavano innumerevoli vantaggi: innanzi tutto, le risorse potevano essere estese in base alle necessità semplicemente aggiungendo un nuovo PC alla rete e l'aggiornamento del sistema poteva essere svolto in modo graduale, semplicemente rimpiazzando i singoli PC con modelli più potenti un po' per volta secondo le possibilità economiche. Inoltre, il guasto di uno dei nodi di elaborazione non influiva in generale sull'operatività complessiva del sistema distribuito, ottenendo una affidabilità complessiva maggiore rispetto ai mainframe, anche se essi erano più affidabili del singolo PC. La disponibilità di risorse distribuite si coniugò con la necessità di risorse condivise semplicemente specializzando alcuni nodi della rete nella funzione di server, PC generalmente più potenti che mettevano a disposizione di tutti gli altri nodi le proprie capacità elaborative o di memorizzazione: l'introduzione del paradigma di progettazione client-server per il software permise la realizzazione di applicazioni distribuite in cui tutti i compiti di interfaccia con l'utente e di elaborazione non critica vengono svolti dal PC client dell'utente, mentre il server si occupa solo ed esclusivamente delle elaborazioni che devono essere eseguite su di esso, permettendone un utilizzo migliore (il mainframe eseguiva tutto ciò che era necessario per l'utente, incluso ciò che poteva essere decentrato).

Ovviamente la maggiore complessità dei sistemi distribuiti fu pagata con un carico di lavoro maggiore per gli amministratori di sistema, che ora anziché dover gestire un solo sistema da essi completamente controllato dovevano gestire un numero variabile di PC, il cui utilizzo non era costante nel tempo. La gestione dei carichi di elaborazione dinamici, della distribuzione dell'informazione (con conseguente necessità di protezione dei dati e di conservazione degli stessi) e dell'utilizzo delle reti portò alla diversificazione delle funzioni di amministrazione generando la professione di amministratore di rete.

## ***Nuove frontiere***

Lo scenario attuale dei sistemi distribuiti è fondamentalmente quello visto finora: le crescenti capacità di calcolo, memorizzazione e comunicazione dei PC non hanno portato a grandi variazioni nello scenario. Ciò che invece ha influito è la straordinaria evoluzione delle tecnologie, delle architetture e dei servizi delle reti: il modello client-server è stato fondamentalmente sostituito dal modello applicativo orientato al web, in cui la rete Internet è

utilizzata per realizzare applicazioni che permettono ai client di accedere a risorse software, di calcolo e di memorizzazione remote tramite il semplice utilizzo di un browser HTML e del protocollo http, senza necessità di software speciale, e per consentire ai server stessi di fornire servizi integrando le funzionalità di molteplici server in maniera trasparente per i client, senza nessuna limitazione sulla collocazione geografica delle risorse.

Le nuove frontiere dei sistemi distribuiti prevedono l'integrazione di terminali eterogenei tramite tecnologie wireless (cellulari, palmari, sistemi dedicati), l'impiego in contesti critici o dedicati delle architetture distribuite (sistemi automotive, aerospaziali, domotici), fino ai sistemi mobili sensibili al contesto fisico (pervasive computing).

## Classificazione delle reti

L'elemento critico di innovazione e di limitazione dei sistemi distribuiti è costituito dalle architetture di rete. Le reti di calcolatori sono composte da un supporto fisico per le comunicazioni (il cosiddetto *cablaggio*), apparati di connessione per gli elaboratori (le *interfacce di rete*), componenti per l'interconnessione e l'interfacciamento di sottoreti (*apparati di rete*), *protocolli di comunicazione* operanti su vari livelli di astrazione che forniscono una varietà di *servizi*, supportati da opportuni *stack di protocolli* e *client* o *server* per i sistemi operativi che operano sui nodi, il tutto realizzato tramite una ricchezza di tecnologie hardware e software in crescente evoluzione e svariate topologie logiche e fisiche.

E' possibile classificare le reti secondo una pluralità di criteri: ma la tassonomia classica è fatta in base all'estensione delle stesse, in quanto ciò caratterizza fortemente anche le tecnologie, la modalità di gestione e la destinazione d'uso.

La tassonomia qui considerata non comprende le reti utilizzate all'interno dei sistemi di elaborazione non distribuiti: i sistemi di elaborazione paralleli infatti hanno al loro interno sistemi di interconnessione tra le risorse di elaborazione con caratteristiche logiche in comune con le reti di calcolatori, ma realizzate in tecnologie radicalmente differenti, con prestazioni molto più elevate e con progetti specializzati per la singola architettura di elaborazione.

In base all'estensione (l'ordine di grandezza del diametro), distinguiamo:

|   |  |
|---|--|
| 10-1000 m<br>(stessa stanza, palazzo o<br>comprensorio) | LAN (Local Area Network o reti locali)                               |
| 10 km<br>(stessa città)                                 | MAN (Metropolitan Area Network o rete<br>metropolitana)              |
| 100-1000 km<br>(stessa nazione, stesso continente)      | WAN (Wide Area Network, unione di più LAN tramite<br>reti pubbliche) |
| 10000 km<br>(stesso pianeta – finora!)                  | INTERNET (con la I maiuscola)  |

Le reti locali (LAN) sono di proprietà dell'organizzazione che le usa. Sono composte da apparati e cablaggio privati, sotto il completo controllo dell'organizzazione e connettono esclusivamente i nodi di elaborazione dell'organizzazione. Sono generalmente realizzate in tecnologia Ethernet 802.3 su rame e fibra per le dorsali, secondo gli standard di cablaggio strutturato.

Le reti metropolitane (MAN), poco diffuse attualmente, sono reti pubbliche realizzate con tecnologie specifiche per questa tipologia a cui è possibile accedere a pagamento, generalmente per connettere due LAN di proprietà di una stessa organizzazione ma collocate in sedi geograficamente distanti tra loro. Il fornitore di connettività (provider) fornisce secondo varie politiche di qualità di servizio una velocità di trasmissione (*banda passante*) a seconda delle necessità del cliente, in base alle condizioni contrattuali stipulate.

Le reti geografiche (WAN) sono infrastrutture di comunicazione usate per connettere tra loro ad alta velocità reti di dimensioni minori, ed hanno come principale compito quello di distribuire al meglio possibile il traffico dei dati che veicolano. Sono in generale gestite dagli operatori di telecomunicazioni e possono condividere con il traffico fonia i mezzi trasmissivi e le infrastrutture.

E' possibile classificare gerarchicamente le reti considerando che le WAN sono usate per connettere tra loro MAN o WAN e così le MAN sono usate per connettere tra loro LAN.

Un discorso a parte merita Internet. Internet è fondamentalmente l'unione libera e fondamentalmente anarchica di reti di ogni livello, rese interoperabili tramite l'adozione della famiglia di protocolli basata su TCP/IP. Internet è quindi una infrastruttura di comunicazione

pubblica sulla quale viene liberamente veicolato un ricco portafoglio di servizi tra cui il World Wide Web.

Tra i servizi principali disponibili tramite Internet ricordiamo il servizio di terminale remoto (Telnet), il servizio di posta elettronica (email), i servizi di liste di distribuzione (mailing list), il servizio di news (newsgroup), trasferimento file (FTP), condivisione di file system (NFS), condivisione di stampanti, chat, tutti presenti fin dai primordi della Rete; e tra i più innovativi i servizi instant messaging, file sharing, telefonia tramite computer (Voice over IP, VoIP), video conferenza, lavoro di gruppo, convergenza di servizi dati per la telefonia cellulare e convergenza fonia-dati.

I principali vantaggi offerti dalle reti di calcolatori sono:

- Condivisione dell'informazione
- Condivisione delle risorse
- Comunicazione
- Accesso a risorse remote
- Alta affidabilità
- Convenienza economica
- Crescita graduale: espandibilità, scalabilità

### ***L'architettura delle reti di calcolatori***

La complessità e la varietà dei servizi resi disponibili mediante le reti di calcolatori è apparentemente inspiegabile se si considera l'apparente semplicità dell'infrastruttura di trasmissione. In effetti la genesi di tale complessità è stata graduale, a partire dall'esperienza dei terminali per mainframe e delle linee telefoniche commutate fino alla genesi di Ethernet e TCP/IP ed all'avvento delle tecnologie a larga banda. La distanza logica tra i servizi e i problemi di trasmissione elettromagnetica è tale che l'unico approccio possibile al problema è una strategia di tipo divide et impera, in cui il problema generale va affrontato per sottoproblemi.

In principio, i pochi produttori di hardware e software per reti, in un'epoca in cui anche nelle architetture di elaborazione c'era ancora molta varietà ed eterogeneità, non si curavano di problemi di compatibilità e la problematica dell'internetworking (ovvero della interconnessione delle reti locali tra loro) era decisamente poco sentita. Tuttavia le soluzioni architetturali scelte erano molto simili tra loro, e seguivano una logica di risoluzione per parti del problema mediante una serie di strati di software.

La necessità di integrazione tra le reti portò i maggiori produttori a costituire in seno all'ISO, l'organizzazione internazionale per la standardizzazione, il comitato OSI (Open System Interconnection) con lo scopo di sviluppare un modello architetturale comune di riferimento a cui tutti i produttori avrebbero dovuto conformarsi per assicurare la compatibilità e la interoperabilità tra prodotti per le reti di diversi produttori, permettendo agli utenti di svincolarsi dal singolo produttore e di avere maggiore libertà di acquisto con la sicurezza della compatibilità totale.

Nel modello ISO/OSI si tiene conto della necessità di avere per servizi diversi la possibilità di integrare strati diversi, tramite cui adattare le caratteristiche del mezzo fisico a disposizione alle specifiche che devono essere fornite ai livelli più alti.

Il modello è basato sui concetti di *livello* (o *strato*, o *layer*), *protocollo* e *interfaccia*. Un livello è una unità logica che realizza un certo grado di astrazione rispetto alle problematiche fisiche di trasmissione, maggiore rispetto a quello dei livelli inferiori e minore rispetto a quello dei livelli superiori. L'erogazione dei servizi si basa sull'esistenza di un numero di livelli logicamente superposti uno all'altro per realizzare servizi sempre più complessi usando i servizi disponibili al livello inferiore. Un protocollo è un meccanismo di comunicazione con cui due livelli che hanno la stessa funzionalità su due nodi di calcolo interconnessi scambiano tra di loro informazioni. Ogni livello è caratterizzato quindi da un protocollo, che serve a realizzare la

comunicazione al livello di dettaglio necessario. Una interfaccia è un meccanismo di comunicazione tra livelli adiacenti su uno stesso nodo di elaborazione: ogni livello può scambiare informazioni esclusivamente con i livelli adiacenti e solo tramite le interfacce, e può dialogare esclusivamente con i livelli omologhi degli altri nodi di elaborazione della rete tramite l'opportuno protocollo. Essendo il canale fisico di trasmissione sotto il controllo del solo livello preposto, esso sarà quello più in basso nella pila di livelli e ogni livello dialoga con i suoi omologhi inoltrando i *messaggi* opportuni (che costituiscono le unità di comunicazione del proprio protocollo) usando le interfacce e chiedendo agli strati inferiori di recapitarli.

### **Classificazione dei servizi**

Per comprendere la flessibilità che è richiesta al *sottosistema di comunicazione* (ovvero all'insieme dei livelli software e dell'hardware preposti alla gestione ed all'uso della rete) è opportuno presentare una tassonomia dei servizi che tale sistema deve realizzare.

Una prima classificazione può essere fatta in base alla natura della connessione durante una sessione di lavoro del servizio, ovvero durante un ciclo di utilizzo completo di esso. E' possibile partizionare i servizi in *connection oriented* e *connection less*. Un servizio *connection oriented* prevede che prima della sessione di lavoro sia instaurato un *percorso* verso l'interlocutore attraverso i necessari nodi intermedi di comunicazione, e che le risorse di comunicazione che compongono tale percorso siano occupate dalla sessione di comunicazione a prescindere dal fatto che siano continuamente utilizzate o meno. La fine della sessione di lavoro del servizio è seguita da una fase di liberazione delle risorse occupate, per renderle disponibili per un altro utilizzo. Tipico esempio di servizio *connection oriented* è il servizio telefonico analogico (ovvero quello classico): se voglio chiamare qualcuno, per iniziare la sessione alzo il telefono e compongo il suo numero. A questa azione la rete telefonica reagisce collegando il mio telefono con la centralina telefonica del mio palazzo, da cui viene instaurata la connessione verso una centrale del gestore telefonico che provvede a ripetere queste richieste di connessione fino al telefono della persona che voglio chiamare. Se tutte le connessioni necessarie sono disponibili, esse vengono occupate dalla mia richiesta telefonica e la rete mi segnala l'avvenuta connessione con il segnale di telefono libero. Da questo momento inizia la sessione di servizio (a patto che l'interlocutore risponda), e la linea è occupata (ovvero tutte le risorse che la compongono sono indisponibili per gli altri utenti) anche se si decide di non parlare al telefono ma di tenere semplicemente le due cornette alzate. Al momento in cui una delle cornette viene riposta sul telefono, la sessione viene chiusa e le risorse liberate. Un particolare importante di questo tipo di servizio è che le informazioni che vengono trasferite tramite i messaggi non hanno bisogno di conoscere alcunché del percorso che devono compiere per giungere a destinazione: il percorso è fissato all'apertura della sessione e quindi quella che viaggia è fondamentalmente informazione "quasi" pura.

Un servizio *connection less* non apre una sessione di lavoro ma semplicemente impiega il canale di trasmissione secondo disponibilità occupando le risorse che incontra lungo il percorso solo e soltanto quando i messaggi del protocollo che lo implementa lo attraversano. Poiché non viene instaurata una connessione, ogni messaggio che compone il protocollo necessita di conoscere le informazioni necessarie per giungere a destinazione, e in caso di percorsi multipli tra i due interlocutori non è assolutamente necessario che tutti i messaggi percorrano lo stesso percorso. E' importante notare che poiché i messaggi sono unità di informazione che viaggiano in autonomia, non c'è nessuna garanzia sul rispetto in arrivo dell'ordine temporale di partenza dei messaggi: ciò è a cura dei due sistemi interlocutori, ovvero il rispetto dell'ordine temporale nella sessione di servizio è uno degli oneri degli attori della comunicazione che devono impegnare risorse per questo. Un esempio di servizio *connection less* è la corrispondenza epistolare, ovvero il classico scambio di posta tra innamorati: il primo dei due partner decide di scrivere all'altro, confeziona la lettera e la affida alla cassetta postale, la quale resta accessibile a tutti gli altri utenti del servizio postale. Da lì il postino prende tutte le lettere (il postino è quindi una risorsa

condivisa da tutti gli utenti del servizio), le porta alla posta centrale che provvede a smistarle agli uffici di competenza da cui vengono recapitate ai destinatari. Il messaggio lettera riesce ad arrivare a destinazione solo e soltanto perché porta con sé le informazioni necessarie perché sia recapitato, ovvero l'indirizzo del mittente, e ciò gli permette di giungere al destinatario a prescindere da quali siano i postini o gli uffici postali coinvolti. La risposta del secondo partner seguirà le stesse regole nel percorso a ritroso, e probabilmente il percorso non sarà il medesimo. Se il primo partner invia due lettere una dopo l'altra, per sapere in che ordine sono state inviate sarà necessario guardare il timbro postale perché non è detto che l'ordine di arrivo sia lo stesso. Un'altra utile classificazione è relativa alle necessità di affidabilità del servizio. A seconda della natura delle informazioni che viaggiano durante la sessione, può essere ininfluenza sul risultato la perdita di parte dell'informazione. Un servizio *affidabile* è un servizio che garantisce l'assenza di perdita di informazione durante la sessione. L'affidabilità può essere ottenuta da un certo livello della pila dei protocolli in due maniere: o affidandosi ad un livello inferiore che già realizza un servizio affidabile (ivi compreso un canale fisico non affetto da errori) o adottando tecniche con le quali è possibile ricostruire l'informazione persa da quella rimasta o rilevare la perdita, per poter ritrasmettere l'informazione persa. Un esempio classico di servizio affidabile è quello di trasferimento file: se anche un solo bit dell'informazione viene perso, il file viene irrimediabilmente corrotto e diventa inutilizzabile. Un servizio *non affidabile* semplicemente non si occupa di preservare l'informazione che viene trasmessa. Apparentemente un servizio non affidabile può sembrare privo di utilità: ma così non è, in quanto per particolari tipi di informazione la perdita di una certa percentuale di essa non pregiudica lo svolgimento del servizio. E' il caso dei flussi video, audio o multimediali. Ad esempio, un servizio audio non affidabile è rappresentato dalla comune telefonia GSM: anche se a causa di una cattiva ricezione si perde parte dell'informazione vocale, ciò si traduce in una minore qualità della comunicazione, ma entro certi limiti come è esperienza comune non c'è perdita di intelligibilità della comunicazione, e lo scopo del servizio è permettere di trasmettere e capire un dialogo. Nel caso di flussi video, il discorso è analogo: la trasmissione di flussi video avviene mediante l'invio in successione di fotogrammi video o parte di essi. La perdita di alcuni fotogrammi, sempre entro certi limiti, non pregiudica la capacità del fruitore di comprendere la dinamica delle scene o il significato delle azioni che si svolgono nel video. La possibilità di perdere parte dell'informazione è particolarmente utile quando i flussi informativi viaggiano in *real time*, ovvero quando l'importanza dell'informazione dipende non solo dal suo contenuto ma dalla precisione temporale con cui essa viene recapitata al fruitore. Conservare tutti i fotogrammi di un film, ma con l'effetto di proiettarlo tutto al rallentatore pregiudica gravemente la fruizione dello stesso molto più che perdere alcuni fotogrammi ogni tanto perché lede la sua comprensibilità: quindi qualora le risorse di comunicazione non siano sufficienti a trasmettere l'informazione del servizio in maniera temporalmente corretta, è prassi comune scartare di proposito parte dell'informazione per assicurare il servizio stesso. Al contrario, l'affidabilità delle comunicazioni può introdurre ritardi nel recapito dell'informazione per via della necessità di ritrasmissione dell'informazione persa quando necessario. In parole povere: l'affidabilità costa e va ricercata solo quando necessaria.

Una ulteriore classificazione che dipende dalla natura dell'informazione è quella che riguarda le caratteristiche di precisione temporale nel recapitare l'informazione. Possiamo distinguere servizi *asincroni*, *sincroni* e *plesiocroni*. I servizi asincroni sono quelli in cui non c'è alcun vincolo temporale sul recapito dell'informazione. Anche qui il caso tipico è quello del servizio di trasferimento file: non è assolutamente importante né che le informazioni che lo compongono arrivino entro un certo istante (purché tutto arrivi in un tempo finito!) né che i messaggi che veicolano l'informazione arrivino a destinazione nell'ordine di utilizzo (purché sia possibile ricostruire l'ordine corretto a posteriori). I servizi sincroni richiedono l'assoluta precisione temporale nella ricezione dell'informazione e nell'ordine dei messaggi: si pensi al servizio di segnale orario per sincronizzare tutte le macchine operanti su una rete. I servizi plesiocroni sono

quelli in cui l'informazione deve essere recapitata in tempo e in ordine, ma esiste una certa tolleranza sulla precisione. Un esempio è fornito dai servizi broadcast radio via Internet, in cui il flusso dell'audio occupa un volume di risorse che non satura le possibilità di trasmissione della rete, e quindi in cui la velocità effettiva di trasmissione di una unità di tempo del flusso audio è minore dell'unità di tempo. Questo permette di accumulare un ritardo massimo di trasmissione pari alla differenza tra l'unità di tempo e il tempo necessario a trasmetterla, per garantire la continuità della riproduzione del flusso audio stesso.

Nella tabella seguente si presenta un riepilogo delle principali tipologie di servizio, insieme ad un possibile esempio. Un particolare servizio, di importanza rilevante in quanto caratterizza il traffico tipico di Internet, è il servizio di tipo *datagram*. Il servizio datagram prevede lo scambio di informazioni frazionate in messaggi che viaggiano sulla rete in maniera autonoma e su percorsi diversi. Un simile servizio è in genere di tipo non connesso, affidabile e asincrono: ogni unità di trasmissione dell'informazione (detta appunto datagramma, dalla definizione pittoresca "telegramma che porta dati") segue il proprio percorso grazie alle informazioni sulla propria destinazione che essa ha a disposizione e arriva quando finisce il proprio percorso, ma porta un numero d'ordine utile a ricostruire l'ordine originario o a chiedere la ritrasmissione dei datagrammi persi. A questa panoramica sui tipi di servizio, che non è, per forza di cose, da considerarsi esaustiva, è utile aggiungere la nozione di *servizio con riscontro*, ovvero servizio in cui il ricevente invia una conferma di ricezione al mittente per ogni messaggio ricevuto.

**Riepilogo dei possibili servizi**

| servizio                     | esempio                    |
|------------------------------|----------------------------|
| serie di messaggi affidabile | sequenza di pagine         |
| serie di byte affidabili     | telnet                     |
| connessione non affidabile   | telefonata via rete        |
| datagramma non affidabile    | pezzi di posta elettronica |
| datagramma con riscontro     | posta con ricevuta         |

© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2) 37

## Modello ISO-OSI

( Questa sezione è liberamente tratta da Giacomini, Appunti di Informatica Libera, opera disponibile a tutti via Internet e rilasciata con licenza GPL-GNU Public License)

La gestione della comunicazione in una rete è un problema complesso; in passato, questo è stato alla base delle maggiori incompatibilità tra i vari sistemi, a cominciare dalle differenze legate all'hardware.

Il modello OSI (*Open system interconnection*), diventato parte degli standard ISO, scompone la gestione della rete in livelli, o strati (*layer*). Questo modello non definisce uno standard tecnologico, ma un riferimento comune ai concetti che riguardano le reti.

I codici riferiti a standard ISO che riguardano l'insieme della descrizione dei sette livelli OSI sono più di uno; pertanto, è attraverso la sigla ISO-OSI, o simili, che questi vengono identificati di consueto.

I livelli del modello ISO-OSI sono sette e, per tradizione, vanno visti nel modo indicato nell'elenco seguente, dove il primo livello è quello più basso ed è a contatto del supporto fisico di trasmissione, mentre l'ultimo è quello più alto ed è a contatto delle applicazioni utilizzate dall'utente.

| Livello | Definizione                            | Contesto   |
|---------|--|--|
| 7       | Applicazione                           | Interfaccia di comunicazione con i programmi ( <i>Application program interface</i> ).   |
| 6       | Presentazione                          | Formattazione e trasformazione dei dati a vario titolo, compresa la cifratura e decifratura.                                   |
| 5       | Sessione                               | Instaurazione, mantenimento e conclusione delle sessioni di comunicazione.   |
| 4       | Trasporto                              | Invio e ricezione di dati in modo da controllare e, possibilmente, correggere gli errori.                                      |
| 3       | Rete                                   | Definizione dei pacchetti, dell'indirizzamento e dell'instradamento in modo astratto rispetto al tipo fisico di comunicazione. |
| 2       | Collegamento dati ( <i>data link</i> ) | Definizione delle trame ( <i>frame</i> ) e dell'indirizzamento in funzione del tipo fisico di comunicazione.                   |
| 1       | Fisico                                 | Trasmissione dei dati lungo il supporto fisico di comunicazione.   |

Per comprendere intuitivamente il significato della suddivisione in livelli del modello ISO-OSI, si può provare a tradurre in questi termini l'azione di intrattenere una corrispondenza cartacea con qualcuno: Tizio scrive a Caio e probabilmente lo stesso fa Caio nei confronti di Tizio.

L'abbinamento che viene proposto non è assoluto o definitivo; quello che conta è soltanto riuscire a comprendere il senso delle varie fasi e il motivo per cui queste esistono nel modello ISO-OSI.

Quando Tizio si accinge a scrivere una lettera a Caio, si trova al livello più alto, il settimo, del modello ISO-OSI. Tizio sa cosa vuole comunicare a Caio, ma non lo fa ancora, perché deve decidere la forma in cui esprimere i concetti nel foglio di carta.

Quando Tizio comincia a scrivere, si trova al livello sesto del modello, perché ha definito il modo in cui il suo pensiero si trasforma in codice su carta. Naturalmente, ciò che scrive deve essere comprensibile a Caio; per esempio, se Tizio scrive normalmente da destra verso sinistra nei suoi appunti personali, dovrà avere cura di scrivere a Caio usando la forma «standard» (da



sinistra verso destra); eventualmente, se non può fare a meno di scrivere in quel modo, deve provvedere a fare una fotocopia speciale del suo scritto, in modo da raddrizzare il testo.

La lettera che scrive Tizio può essere un messaggio fine a se stesso, per il quale non serve che Caio risponda espressamente, oppure può essere una frase di una serie di lettere che i due devono scriversi per definire ciò che interessa loro. Questa caratteristica riguarda il quinto livello.

Quando Tizio inserisce la sua lettera nella busta, deve decidere che tipo di invio vuole fare. Per esempio può trattarsi di lettera normale, con la quale non può sapere se questa è giunta effettivamente a destinazione, oppure può essere una raccomandata con avviso di ricevimento. Questo problema risiede nel quarto livello.

Infine, Tizio mette l'indirizzo di destinazione e il mittente, quindi mette la busta in una cassetta della posta. Da questo punto in poi, Tizio ignora ciò che accade alla busta contenente la sua lettera diretta a Caio.

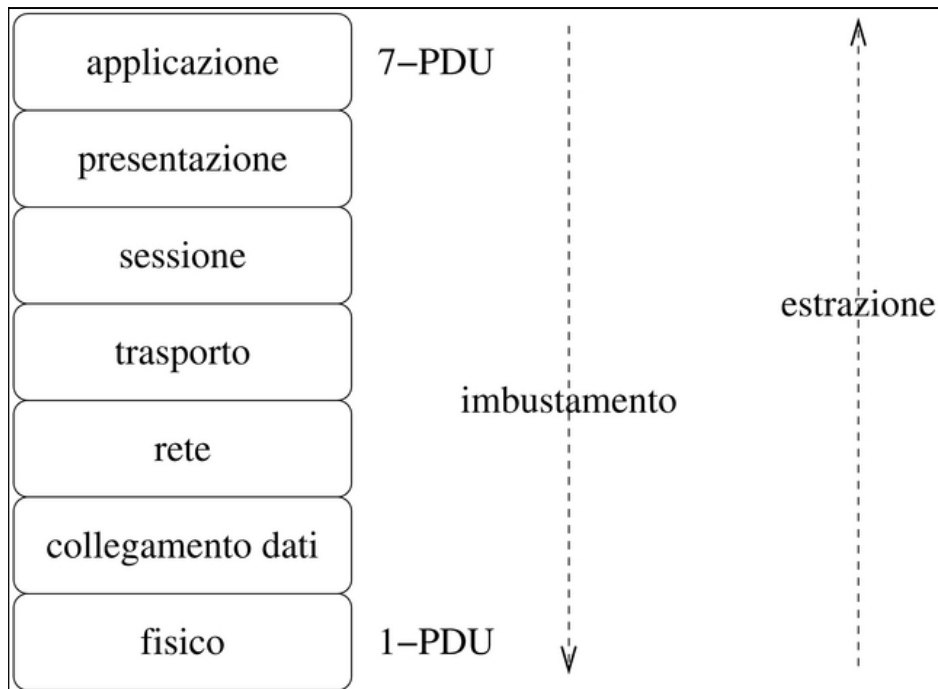
Il sistema postale che si occupa di prelevare e portare la busta di Tizio all'indirizzo di Caio, è in pratica ciò che corrisponde ai primi due livelli del modello. Per la precisione, il secondo livello richiede la definizione delle coordinate terrestri corrispondenti all'indirizzo. In altri termini, la via e il numero di una certa città, sono un'astrazione umana di ciò che in realtà corrisponde a un punto particolare sul pianeta. Per raggiungere questo punto, il servizio postale si avvale delle vie di comunicazione disponibili: strade, ferrovie, navigazione fluviale, marittima e aerea. In questo senso, le vie di comunicazione e i mezzi di trasporto usati, costituiscono il primo livello del modello di riferimento.

### **Comunicazione tra i livelli e imbustamento**

I dati da trasmettere attraverso la rete, vengono prodotti al livello più alto del modello, quindi, con una serie di trasformazioni e aggiungendo le informazioni necessarie, vengono passati di livello in livello fino a raggiungere il primo, quello del collegamento fisico. Nello stesso modo, quando i dati vengono ricevuti dal livello fisico, vengono passati e trasformati da un livello al successivo, fino a raggiungere l'ultimo.

In questo modo, si può dire che a ogni passaggio verso il basso i pacchetti vengano imbustati in pacchetti (più grandi) del livello inferiore, mentre, a ogni passaggio verso l'alto, i pacchetti vengono estratti dalla busta di livello inferiore. In questa circostanza, si parla preferibilmente di PDU di livello  $n$  (*Protocol data unit*) per identificare il pacchetto realizzato a un certo livello del modello ISO-OSI.

*Trasformazione dei pacchetti da un livello all'altro.*



Nel passaggio da un livello a quello inferiore, l'imbustamento implica un aumento delle dimensioni del pacchetto, ovvero del PDU. A certi livelli, può essere introdotta la frammentazione e la ricomposizione dei pacchetti, a seconda delle esigenze di questi.

## Il livello fisico

Il livello fisico comprende gli apparati di connessione dei nodi di elaborazione (detti schede o adattatori di rete) e i cavi di connessione. Il livello fisico ha il compito di trasmettere sequenze di bit tra un nodo e l'altro della rete. In questo livello il problema fondamentale è offrire al livello superiore una serie di simboli con cui rappresentare i bit dell'informazione da trasmettere. Il livello superiore non fa altro che inviare i singoli pacchetti in forma di sequenze di bit al livello fisico, che aggiunge all'inizio ed alla fine del treno di bit alcuni segnali particolari che permettono agli apparati di rete in ascolto di rilevare il passaggio del pacchetto. Il pacchetto è l'unità fondamentale della trasmissione: la natura del mezzo trasmissivo e lo standard utilizzato per realizzare il livello fisico condizionano le sue caratteristiche in termini di lunghezza minima e massima, così come possono condizionare l'estensione massima della rete fisica.

I mezzi trasmissivi usati per il livello fisico possono essere classificati per la natura fisica dei segnali, che ne condiziona anche la velocità massima di trasmissione (*banda passante*) insieme allo standard del livello superiore. I mezzi trasmissivi attualmente usati sono:

- mezzi trasmissivi elettrici (cavi coassiali e doppini);
- mezzi trasmissivi ottici (fibre);
- collegamenti wireless (infrarossi, onde radio).

## Topologie delle reti

Scelto il mezzo trasmissivo per realizzare una connessione, è necessario determinare la topologia della connessione stessa. Le principali topologie di connessione usate per le reti sono:

- punto-punto;
- punto-multipunto;
- broadcast;
- bus;
- anello;
- albero;
- maglia completa;
- maglia incompleta.

La connessione di tipo punto-punto prevede due soli nodi collegati in maniera paritetica agli estremi del canale. E' la tipica connessione via modem tra due computer.

La connessione punto-multipunto (ormai in disuso) prevede che un nodo detto master sia connesso a un certo numero di nodi detti slave, e che il master sia incaricato dell'iniziativa delle comunicazioni.

La connessione di tipo broadcast prevede che tutti i nodi di comunicazione condividano lo stesso canale di comunicazione e quindi siano in grado di ricevere tutti i messaggi trasmessi sulla rete e di competere per il diritto di trasmettere sul canale. Tale connessione è tipica delle reti LAN Ethernet e LAN wireless: nel primo caso un certo numero di nodi condividono (almeno logicamente) il canale, nel secondo il canale condiviso è l'etere. Un canale broadcast può essere realizzato con un mezzo fisico realmente condiviso o simulando un mezzo condiviso tramite una serie di collegamenti punto-punto. Tra i mezzi fisici condivisi abbiamo come visto i canali radio o le connessioni a bus (un unico conduttore da cui partono derivazioni verso tutti i nodi), mentre tra i canali condivisi simulati annoveriamo le connessioni ad anello o a stella (in cui ogni nodo è collegato ad almeno due nodi e passa le informazioni non destinate ad esso in

maniera trasparente). La condivisione del canale trasmissivo richiede che sia possibile individuare il mittente e il destinatario della comunicazione a partire dal pacchetto inviato, quindi introduce il problema dell'indirizzamento.

Il cablaggio a bus è costituito da un unico conduttore da cui partono derivazioni verso tutti i nodi. Le comunicazioni avvengono necessariamente in broadcast per via della natura del problema dal punto di vista meramente elettrico: tutti i segnali per essere inviati da un nodo all'altro devono attraversare il canale comune. Un guasto al canale comune pregiudica il corretto funzionamento della rete: questo tipo di cablaggio è quindi poco affidabile.

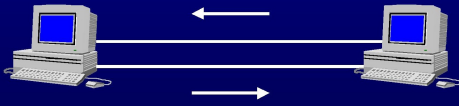
Il cablaggio ad anello è formato collegando punto-punto ogni nodo con altri due, formando appunto un anello di connessioni. Il cablaggio ad anello è di tipo broadcast simulato: nonostante il canale fisico non sia broadcast, il fatto che le comunicazioni debbano necessariamente attraversare i vari nodi tra il mittente e il destinatario fa sì che tutti i nodi intermedi siano in grado di leggere il pacchetto. La topologia ad anello è potenzialmente più affidabile della topologia a bus: è possibile realizzando una connessione con due anelli controrotanti isolare un tratto guasto utilizzando i nodi che lo delimitano per chiudere un anello sull'altro e ripristinare la connessione passando a una topologia ad anello semplice. In questa maniera è possibile anche tagliare fuori dell'anello un nodo guasto. Un'altra topologia in grado di isolare nodi guasti che non richiede un secondo anello ma apparecchi in grado di escludere con un semplice interruttore tratti dell'anello è la topologia ad anello cablata a stella. Questa topologia prevede che ogni nodo sia connesso in ingresso e in uscita all'anello tramite un tale dispositivo: se il nodo è guasto, semplicemente il dispositivo chiuderà dalla sua parte il connettore del tratto in ingresso su quello del tratto in uscita isolando così il nodo.

La soluzione più facile per ottenere una buona tolleranza ai guasti è quella di ricorrere a topologia a rete magliata (ovvero strutturata come una ragnatela). Una rete magliata (per inciso, la topologia su cui si basa Internet) è una rete in cui ogni nodo può avere più di una connessione punto-punto verso altri nodi, così da ottenere vari percorsi alternativi per raggiungere una certa destinazione da una certa origine. Una tale topologia permette di reagire molto bene ai guasti (sia di nodi che di connessioni punto-punto) ma necessita di politiche di gestione dell'instradamento delle informazioni. Sebbene la migliore scelta per l'affidabilità sia la maglia completa (tutti i nodi collegati con tutti gli altri) per questioni di costi e per il sufficiente livello di affidabilità si preferisce ricorrere ad una maglia incompleta o mesh.

La topologia a stella si ottiene utilizzando per la connessione di tutti i nodi collegamenti punto-punto tra ogni nodo ed un apparato detto concentratore o hub o centro stella. Essa ha gli stessi vantaggi dell'anello cablato a stella ed in più permette di impegnare per le comunicazioni tra due nodi solo i collegamenti interessati, consentendo più comunicazioni in contemporanea tra coppie disgiunte di mittenti-destinatari. La configurazione a stella può essere ulteriormente migliorata rispetto ai problemi di prestazioni ed affidabilità ricorrendo a configurazioni a stella di stelle e a stelle con dorsale ridondata.

### Punto-punto

- Due soli nodi collegati agli estremi del canale lo utilizzano in modo paritetico

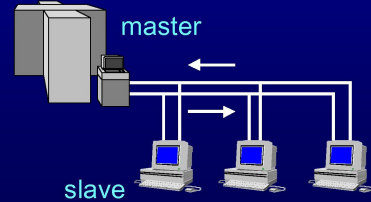


© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

6

### Multi-punto

- Più nodi collegati ad un unico canale: un nodo master gli altri slave
- Ormai obsoleto per le reti di calcolatori



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

7

### Broadcast

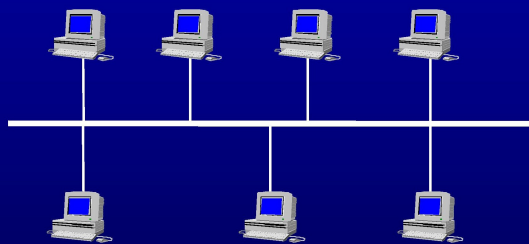
- Unico canale di comunicazione, condiviso da tutti i nodi
- Un pacchetto inviato da un nodo è ricevuto da tutti gli altri



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

8

### Bus

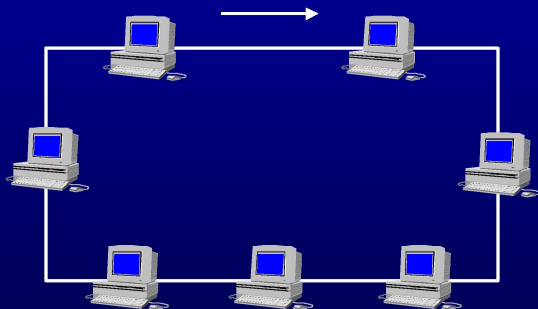


UN GUASTO PUÒ BLOCCARE L'INTERA RETE!

© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

10

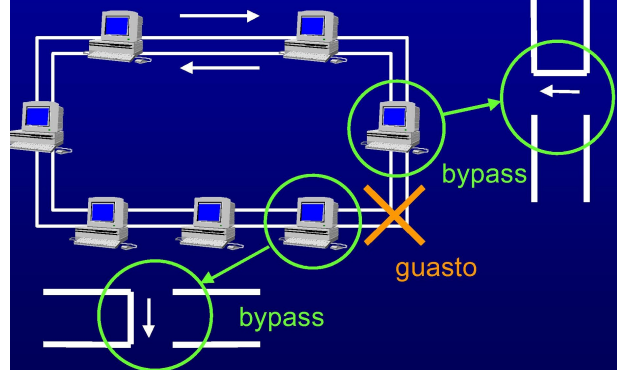
### Anello (ring)



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

11

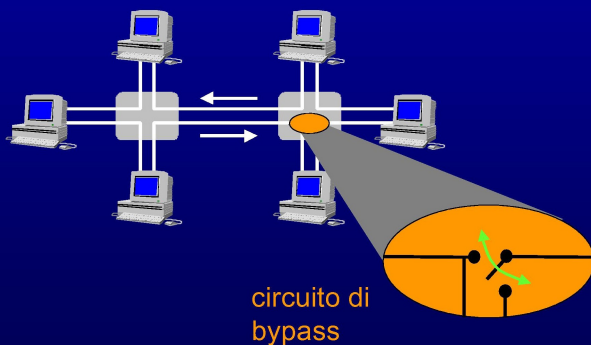
### Doppio anello controrotante



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

12

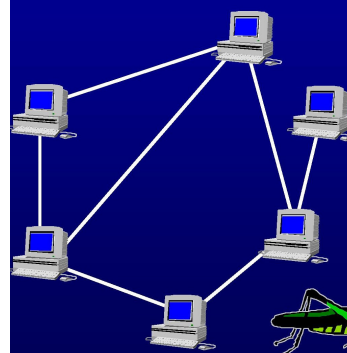
### Anello cablato a stella



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

13

### Maglia incompleta (mesh)

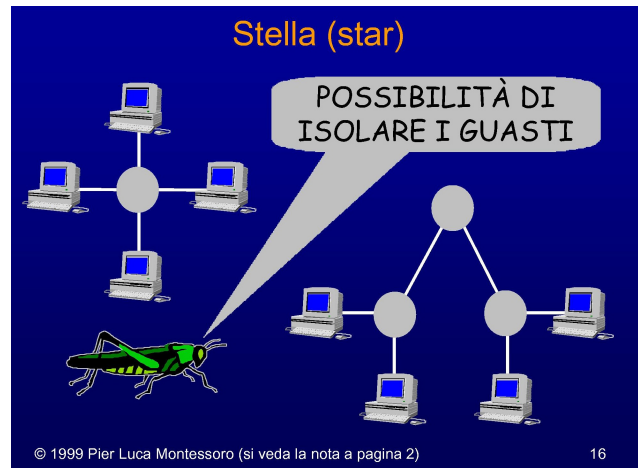
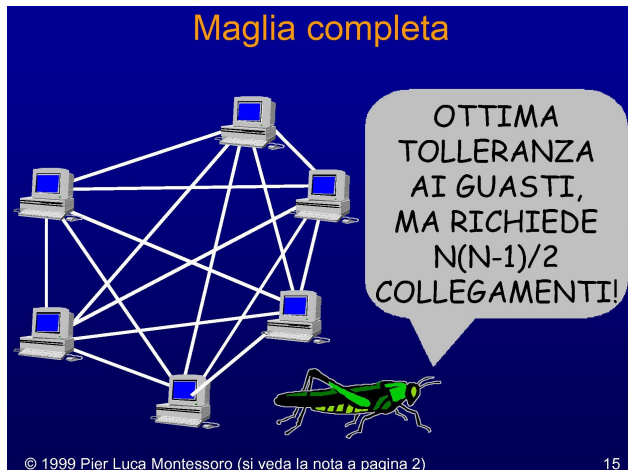


BUONA TOLLERANZA AI GUASTI



© 1999 Pier Luca Montessoro (si veda la nota a pagina 2)

14



## Il cablaggio strutturato

L'esigenza di integrare i due principali sistemi di distribuzione di segnali, fonia e rete di dati, in un edificio o in un campus di edifici nasce dalla necessità di abbattere, o meglio eliminare, i costi dipendenti dalla dinamica di utilizzo della struttura e dal bisogno di assicurare l'estendibilità dell'infrastruttura verso tutti gli altri sistemi che trasmettono e/o ricevono segnali come quelli di telesorveglianza e controllo degli accessi, impianti di antenna e TV a circuito chiuso, sistemi di comunicazione interna, sistemi ariporta. L'urgenza deriva altresì dal fatto che le reti locali sono di natura mutevole, soggette ad una crescita rapida e disordinata a seguito di continue estensioni e modifiche, spesso vittime di collassi per inaffidabilità e affette da una rapida obsolescenza dei prodotti.

Con il cablaggio strutturato fonia e trasmissione di dati condividono la stessa direttrice di trasmissione. Per quanto riguarda la prima, la comunicazione avviene con un flusso continuo a 64Kb/s (campionamento 8Khz, 8 bit per campione); la trasmissione di dati avviene in "burst mode" cioè a velocità più alta del normale e per brevi periodi. Una particolare tecnica di elaborazione detta Multiplazione consente in fase trasmissiva l'utilizzo simultaneo dello stesso mezzo di trasmissione da parte di più segnali: cavi coassiali, ponti radio, tratte via satellite, fibre ottiche; la Demultiplazione, operazione inversa della Multiplazione, consente di recuperare in ricezione il segnale trasmesso.

L'infrastruttura del cablaggio è composta da un insieme di elementi "passivi" che ne compongono lo strato fisico: cavi, connettori, prese, permutatori et cetera.

Gli elementi di trasmissione sono categorizzati in base alla banda passante, al ritardo, alla facilità di installazione e manutenzione. Il permutatore è un apparato passivo che ha il solo scopo di permettere una comoda gestione dei collegamenti (che non devono essere fissi) tra prese utente e apparati attivi (switch, PABX) ed è fatto solo di prese montate su pannelli o patch panel. Un patch panel contiene una presa per ogni cavo orizzontale proveniente da una presa utente. Ogni cavo si attesta sul retro della presa del pannello. A questa verrà poi applicato un cavetto di permutazione che la collegherà all'apparato attivo opportuno. Solitamente invece di collegare fisicamente il cavo sull'apparato attivo, si tende ad utilizzare un patch panel per gestire anche per i cavi provenienti dallo stesso. In tale modo i cavetti di permutazione collegano solo punti tra patch panel e si ottiene una maggiore flessibilità di gestione del cablaggio stesso. Infatti con questa gestione la stessa presa che si utilizza per collegare il computer alla rete locale Ethernet può essere riutilizzata, ad esempio, per collegare un telefono analogico standard alla linea telefonica, senza nessun intervento al cablaggio orizzontale. Si deve solo permutare la terminazione del relativo cavo nel centro stella spostando il connettore dallo switch Ethernet al

centralino telefonico. Ogni postazione di lavoro è dunque raggiunta da prese telematiche (prese utente) ognuna delle quali può evidentemente essere attivata per l'erogazione di un qualsiasi servizio: fonia, rete di dati, videocitofono, telecamere di sorveglianza.

La strutturazione del cablaggio prevede una sua organizzazione gerarchica. Tale strutturazione deriva direttamente dalla disposizione fisica degli elaboratori da connettere tra loro e dal presupposto che le comunicazioni beneficino di un principio di località: calcolatori che interagiscono di frequente sono collocati a poca distanza (sullo stesso piano di un edificio). Distinguiamo nell'organizzazione del cablaggio strutturato diversi livelli gerarchici:

- Piano: un piano di un edificio;
- Edificio: insieme di piani (fisico o logico);
- Campus (o comprensorio): insieme di edifici che devono essere collegati in rete locale.

Il cablaggio di piano viene realizzato in tecnologia Ethernet con cavo in categoria 5. Per ogni stanza viene fatto un dimensionamento in termini di prese necessarie (per fonia, dati e quant'altro) che vengono connesse con i cavi con il patch panel dell'armadio di piano. L'insieme dei cavi del cablaggio di ogni singolo piano viene detto cablaggio orizzontale. All'interno dell'armadio di piano i cavi vengono connessi allo switch (se per uso dati), all'infrastruttura di permutazione telefonica o a quant'altro necessario e quindi qui viene effettuata la differenziazione dei percorsi dei segnali. L'armadio è in genere collocato in un apposito locale di servizio in cui giunge la dorsale di edificio. La dorsale di edificio (o cablaggio verticale) è composta dal cablaggio che proviene da ogni piano. La dorsale di edificio è generalmente realizzata in fibra ed è connessa allo switch per convogliare i segnali dati che non sono destinati ad altre macchine sul piano al permutatore di edificio, presso il quale si attestano le fibre provenienti da ogni piano. Il permutatore di piano ridistribuisce i segnali verso i cablaggi orizzontali dell'edificio qualora ivi destinati o li convoglia verso il centro stella di comprensorio tramite la dorsale di campus. Il centro stella di comprensorio è a sua volta uno switch attraverso cui passa tutto il traffico destinato tra un edificio e l'altro o tra un edificio e l'esterno (a.e. Internet). La connessione con l'esterno è realizzata attraverso il gateway (un router, che può anche coincidere con l'apparato di commutazione del centro stella) che in genere ha anche il compito di fungere da firewall, ovverosia di filtrare tutto il traffico non desiderato e permettere il passaggio dall'interno all'esterno e viceversa solo al traffico che rispetta opportune regole.

## Interconnessione tra le reti

(questa sezione è liberamente tratta da Giacomini, Appunti di Informatica Libera, opera disponibile a tutti via Internet e rilasciata con licenza GPL-GNU Public License)

In precedenza sono stati visti i tipi elementari di topologia di rete. Quando si vogliono unire due reti per formarne una sola più grande, si devono utilizzare dei nodi speciali connessi simultaneamente a entrambe le reti da collegare. A seconda del livello su cui intervengono per effettuare questo collegamento, si parla di ripetitore, bridge, router o gateway.

Il ripetitore è un componente che collega due reti fisiche intervenendo al primo livello ISO-OSI. In questo senso, il ripetitore non filtra in alcun caso i pacchetti, ma rappresenta semplicemente un modo per allungare un tratto di rete che per ragioni tecniche non potrebbe esserlo diversamente. Il ripetitore tipico è l'HUB, ovvero il concentratore di rete.



Il **bridge** mette in connessione due (o più) reti limitandosi a intervenire nei primi due livelli del modello ISO-OSI. Di conseguenza, il bridge è in grado di connettere tra loro solo reti fisiche dello stesso tipo.

In altri termini, si può dire che il bridge sia in grado di connettere reti separate che hanno uno schema di indirizzamento compatibile.

Il bridge più semplice duplica ogni pacchetto, del secondo livello ISO-OSI, nelle altre reti a cui è connesso; il bridge più sofisticato è in grado di determinare gli indirizzi dei nodi connessi nelle varie reti, in modo da trasferire solo i pacchetti che necessitano questo attraversamento.

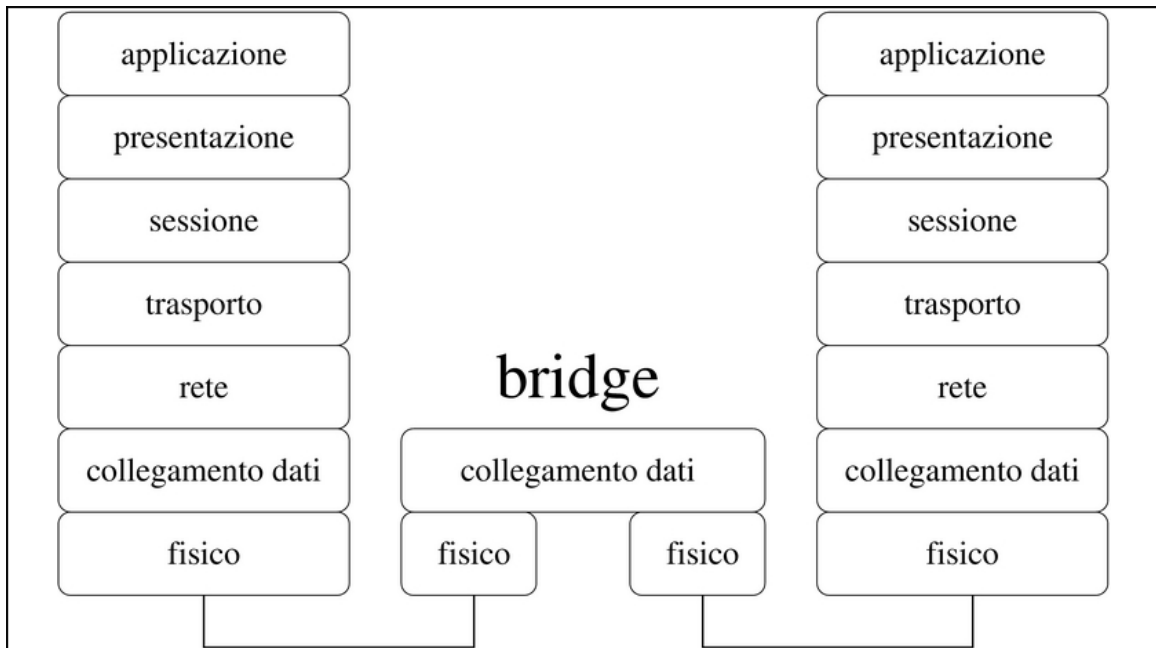
Dal momento che il bridge opera al secondo livello ISO-OSI, non è in grado di distinguere i pacchetti in base ai protocolli di rete del terzo livello (TCP/IP, IPX/SPX, ecc.) e quindi trasferisce indifferentemente tali pacchetti.

Teoricamente, possono esistere bridge in grado di gestire connessioni con collegamenti ridondanti, in modo da determinare automaticamente l'itinerario migliore per i pacchetti e da bilanciare il carico di utilizzo tra diverse connessioni alternative. Tuttavia, questo compito viene svolto preferibilmente dai router.

*Il bridge trasferisce PDU di secondo livello; in pratica trasferisce tutti i tipi di pacchetto*



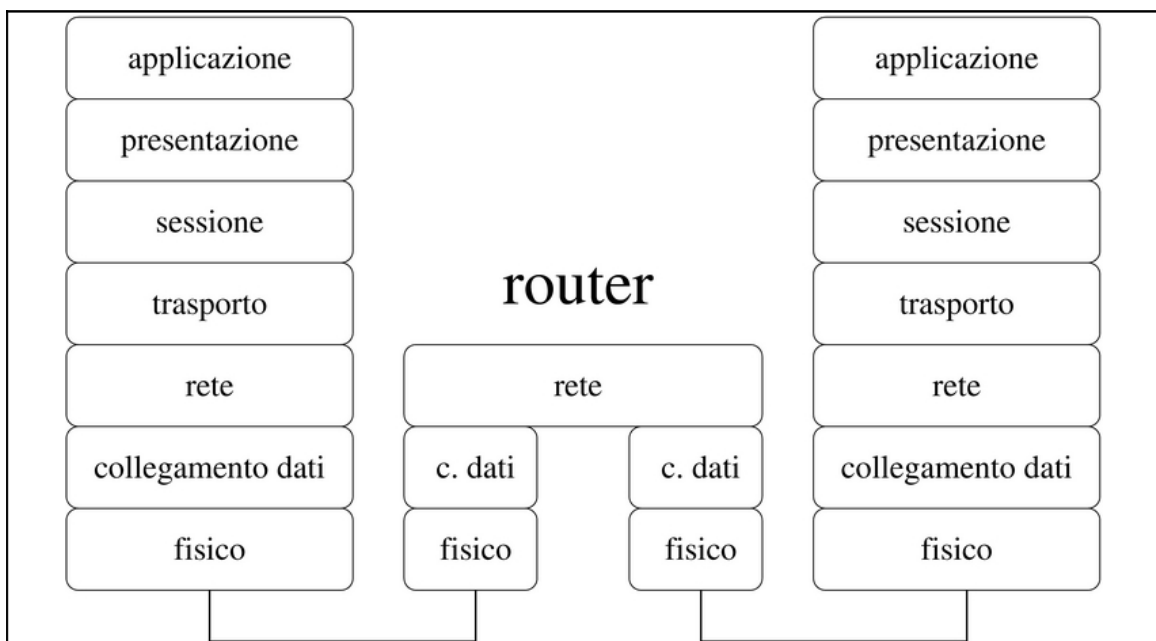
riferiti al tipo di rete fisica a cui è connesso.



Il **router** mette in connessione due (o più) reti intervenendo al terzo livello del modello ISO-OSI. Di conseguenza, il router è in grado di trasferire solo i pacchetti di un tipo di protocollo di rete determinato (TCP/IP, IPX/SPX, ecc.), indipendentemente dal tipo di reti fisiche connesse effettivamente.

In altri termini, si può dire che il router sia in grado di connettere reti separate che hanno schemi di indirizzamento differenti, ma che utilizzano lo stesso tipo di protocollo di rete al terzo livello ISO-OSI.

*Il router trasferisce PDU di terzo livello; in pratica trasferisce i pacchetti di un certo tipo di protocollo a livello di rete.*



L'instradamento dei pacchetti attraverso le reti connesse al router avviene in base a una tabella di instradamento che può anche essere determinata in modo dinamico, in presenza di connessioni ridondanti, come già accennato per il caso dei bridge.

Il **gateway** mette in connessione due (o più) reti intervenendo all'ultimo livello, il settimo, del modello ISO-OSI. In questo senso, il suo scopo non è tanto quello di connettere delle reti differenti, ma di mettere in connessione i servizi di due o più ambienti che altrimenti sarebbero incompatibili. Spesso, negli ambienti Unix, il termine gateway viene utilizzato impropriamente come sinonimo di router, o di qualcosa che gli assomiglia, ma sarebbe bene, quando possibile, fare attenzione a queste definizioni.

## TCP/IP

(questa sezione è liberamente tratta da Giacomini, Appunti di Informatica Libera, opera disponibile a tutti via Internet e rilasciata con licenza GPL-GNU Public License)

Il nome TCP/IP rappresenta un sistema di protocolli di comunicazione basati su IP e si tratta di quanto utilizzato normalmente negli ambienti Unix. In pratica, il protocollo IP si colloca al terzo livello ISO-OSI, mentre TCP si colloca al di sopra di questo e utilizza IP al livello inferiore. In realtà, il TCP/IP annovera anche un altro protocollo importante: UDP.

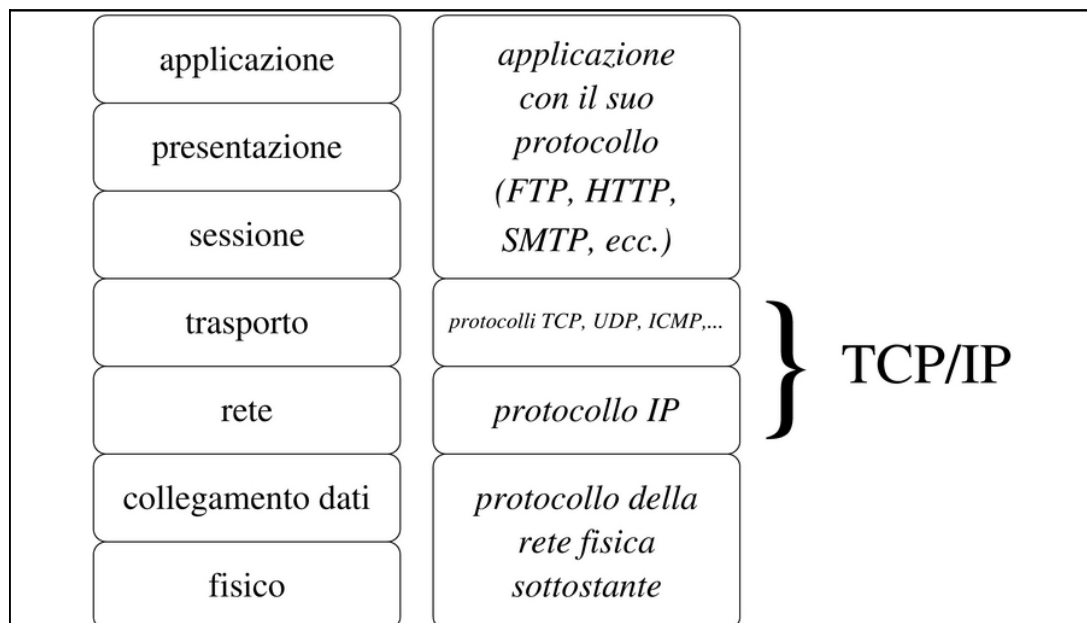
I vari aspetti del sistema di protocolli TCP/IP si possono apprendere mano a mano che si studiano gli indirizzamenti e i servizi di rete che vengono resi disponibili. In questa fase conviene rivedere il modello ISO-OSI in abbinamento al TCP/IP.

Modello ISO-OSI di suddivisione delle competenze di un sistema TCP/IP.

| Livello | Definizione       | Descrizione  |
|---------|-------------------|--|
| 7       | Applicazione      | Applicazioni.  |
| 6       | Presentazione     | Definizione standard del formato dei dati utilizzati.          |
| 5       | Sessione          | Protocolli dei servizi (FTP, HTTP, SMTP, RPC, ecc.).           |
| 4       | Trasporto         | Protocolli TCP, UDP e ICMP.                                    |
| 3       | Rete              | Protocollo IP.   |
| 2       | Collegamento dati | Trasmissione e ricezione dati dipendente dal tipo di hardware. |
| 1       | Fisico            | Hardware.  |

A parte la descrizione che si fa nel seguito, il TCP/IP vede in pratica solo quattro livelli, che in alcuni casi incorporano più livelli del modello tradizionale. La figura cerca di semplificare questo abbinamento.

*Abbinamento tra il modello ISO-OSI e la semplicità dei protocolli TCP/IP.*



Questo comunque non significa che gli strati del modello tradizionale non esistono. Piuttosto possono essere svolti all'interno di una sola applicazione, oppure sono al di fuori della competenza del protocollo TCP/IP.

|   |                       |  |
|---|-----------------------|--|
| 1 | fisico                | Perché si possa avere una connessione con altri nodi, è necessario inizialmente un supporto fisico, composto solitamente da un cavo e da interfacce di comunicazione. La connessione tipica in una rete locale è fatta utilizzando hardware Ethernet. Il cavo o i cavi e le schede Ethernet appartengono a questo primo livello.   |
| 2 | collegamento dei dati | Il tipo di hardware utilizzato nel primo livello determina il modo in cui avviene effettivamente la comunicazione. Nel caso dell'hardware Ethernet, ogni scheda ha un proprio indirizzo univoco (stabilito dal fabbricante) composto da 48 bit e rappresentato solitamente in forma esadecimale, come nell'esempio seguente:<br><br>00:A0:24:77:49:97  |
| 3 | rete                  | Per poter avere un tipo di comunicazione indipendente dal supporto fisico utilizzato, è necessaria un'astrazione che riguarda il modo di inviare blocchi di dati, l'indirizzamento di questi e il loro instradamento. Per quanto riguarda il TCP/IP, questo è il livello del protocollo IP, attraverso il quale vengono definiti gli indirizzi e gli instradamenti relativi.<br><br>Quando un pacchetto è più grande della dimensione massima trasmissibile in quel tipo di rete fisica utilizzata, è il protocollo IP che si deve prendere cura di scomporlo in segmenti più piccoli e di ricombinarli correttamente alla destinazione.   |
| 4 | trasporto             | A questo livello appartengono i protocolli di comunicazione che si occupano di frammentare e ricomporre i dati, di correggere gli errori e di prevenire intasamenti della rete. I protocolli principali di questo livello sono TCP ( <i>Transmission control protocol</i> ) e UDP ( <i>User datagram protocol</i> ).<br><br>Il protocollo TCP, in qualità di protocollo connesso, oltre alla scomposizione e ricomposizione dei dati, si occupa di verificare e riordinare i dati all'arrivo: i pacchetti persi o errati vengono ritrasmessi e i dati finali vengono ricomposti. Il protocollo UDP, essendo un protocollo non connesso, non esegue alcun controllo.<br><br>A questo livello si introduce, a fianco dell'indirizzo IP, il numero di porta. Il percorso di un pacchetto ha un'origine, identificata dal numero IP e da una porta, e una destinazione identificata da un altro numero IP e dalla porta relativa. Le porte identificano convenzionalmente dei servizi concessi o richiesti e la gestione di questi riguarda il livello successivo. |
| 5 | sessione              | Ogni servizio di rete (condivisione del file system, posta elettronica, FTP, ecc.) ha un proprio protocollo, porte di servizio e un meccanismo di trasporto (quelli definiti nel livello inferiore). Ogni sistema può stabilire le proprie regole, anche se in generale è opportuno che i nodi che intendono comunicare utilizzino le stesse porte e gli stessi tipi di trasporto. Questi elementi sono stabiliti dal file <code>/etc/services</code> . Segue una riga di questo file dove si può osservare che il servizio <code>www</code> (HTTP) utilizza la porta 80 per comunicare e il protocollo di trasporto è il TCP:<br><br>www            80/tcp  |

|   |               |   |
|---|---------------|---|
|   |               | Quando si avvia una comunicazione a questo livello, si parla di sessione. Quindi, si apre o si chiude una sessione.   |
| 6 | presentazione | I dati che vengono inviati utilizzando le sessioni del livello inferiore devono essere uniformi, indipendentemente dalle caratteristiche fisiche delle macchine che li elaborano. A questo livello si inseriscono normalmente delle librerie in grado di gestire un'eventuale conversione dei dati tra l'applicazione e la sessione di comunicazione. |
| 7 | applicazione  | L'ultimo livello è quello dell'applicazione che utilizza le risorse di rete. Con la suddivisione delle competenze in così tanti livelli, l'applicazione non ha la necessità di occuparsi della comunicazione; così, in molti casi, anche l'utente può non rendersi conto della sua presenza.  |

## Indirizzi IPv4

Come è stato visto nelle sezioni precedenti, al di sopra dei primi due livelli strettamente fisici di comunicazione, si inserisce la rete dal punto di vista di Unix: un insieme di nodi, spesso definiti *host*, identificati da un indirizzo IP. Di questi ne esistono almeno due versioni: IPv4 e IPv6. Il primo è quello ancora ufficialmente in uso, ma a causa del rapido esaurimento degli indirizzi disponibili nella comunità Internet, è in corso di introduzione il secondo.

Gli indirizzi IP versione 4, cioè quelli tradizionali, sono composti da una sequenza di 32 bit, suddivisi convenzionalmente in quattro gruppetti di 8 bit, rappresentati in modo decimale separati da un punto. Questo tipo di rappresentazione è definito come: **notazione decimale puntata**. L'esempio seguente corrisponde al codice 1.2.3.4:

00000001.00000010.00000011.00000100

Se non si ha la necessità di rendere accessibili i nodi della propria rete locale alla rete globale Internet, si possono utilizzare alcuni gruppi di indirizzi che sono stati riservati a questo scopo e che non corrispondono a nessun nodo raggiungibile attraverso Internet.

Indirizzi riservati alle reti private.

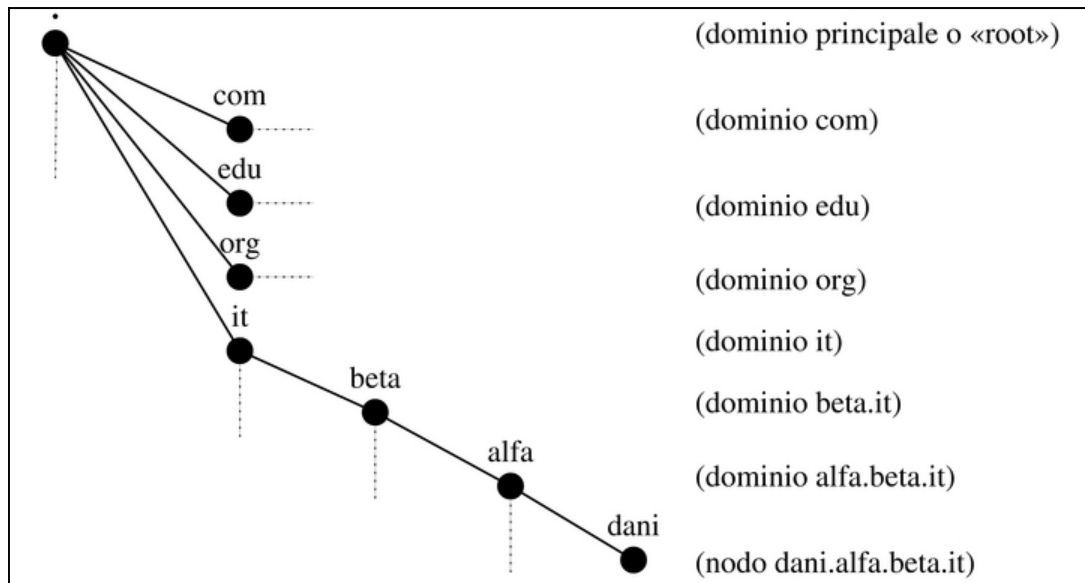
| Classe | Notazione decimale puntata | Binario                             |
|--------|----------------------------|-------------------------------------|
| A      | da 10.0.0.0                | 00001010.00000000.00000000.00000000 |
| A      | a 10.255.255.255           | 00001010.11111111.11111111.11111111 |
| B      | da 172.16.0.0              | 10101100.00010000.00000000.00000000 |
| B      | a 172.31.255.255           | 10101100.00011111.11111111.11111111 |
| C      | da 192.168.0.0             | 11000000.10101000.00000000.00000000 |
| C      | a 192.168.255.255          | 11000000.10101000.11111111.11111111 |

## Nomi di dominio

(questa sezione è liberamente tratta da Giacomini, Appunti di Informatica Libera, opera disponibile a tutti via Internet e rilasciata con licenza GPL-GNU Public License)

La gestione diretta degli indirizzi IP è piuttosto faticosa dal punto di vista umano. Per questo motivo si preferisce associare un nome agli indirizzi numerici. Il sistema utilizzato attualmente è il DNS (*Domain name system*), ovvero il sistema dei nomi di dominio. Gli indirizzi della rete Internet sono organizzati ad albero in domini, sottodomini (altri sottodomini di livello inferiore, ecc.), fino ad arrivare a identificare il nodo desiderato.

### Struttura dei nomi di dominio.



Non esiste una regola per stabilire quante debbano essere le suddivisioni, di conseguenza, di fronte a un nome del genere non si può sapere a priori se si tratta di un indirizzo finale, riferito a un nodo singolo, o a un gruppo di questi.

Con il termine **nome di dominio**, si può fare riferimento sia al nome completo di un nodo particolare, sia a una parte iniziale di questo, nel lato destro. Dipende dal contesto stabilire cosa si intende veramente. Per fare un esempio che dovrebbe essere più comprensibile, è come parlare di un percorso all'interno di un file system: può trattarsi di una directory, oppure può essere il percorso assoluto che identifica precisamente un file.

Spesso, all'interno della propria rete locale, è possibile identificare un nodo attraverso il solo nome finale (a sinistra), senza la parte iniziale del dominio di appartenenza. Per esempio, se la rete in cui si opera corrisponde al dominio `brot.dg`, il nodo `roggen` viene inteso essere `roggen.brot.dg`. Quando un nome di dominio contiene tutti gli elementi necessari a identificare un nodo, si parla precisamente di FQDN o *Fully qualified domain name*, quindi, `roggen.brot.dg` dell'esempio precedente è un FQDN.

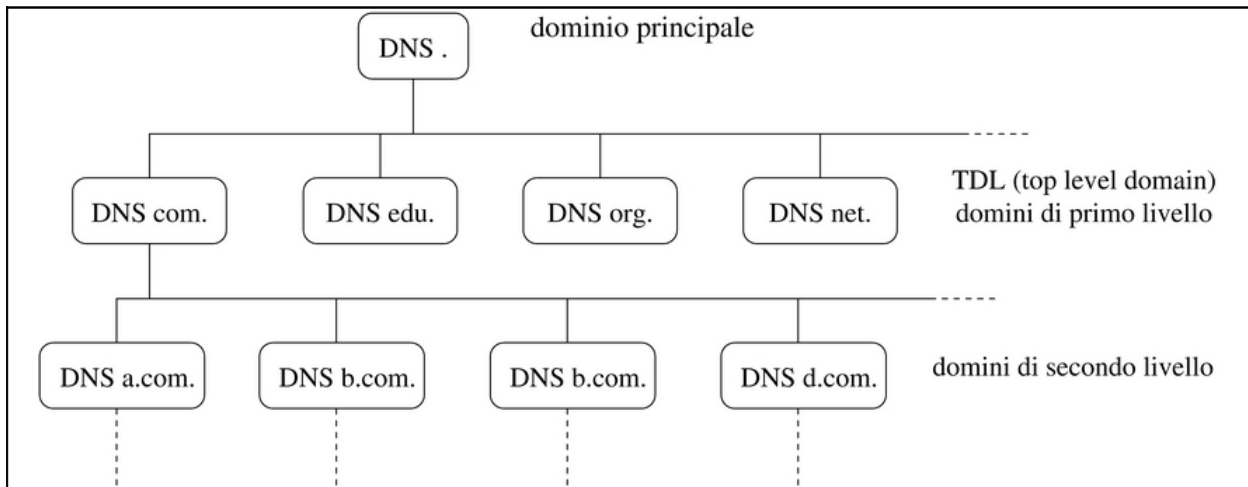
Quando si realizza una rete locale con indirizzi IP non raggiungibili attraverso Internet, è opportuno abbinare nomi di dominio sicuramente inesistenti. Ciò aiuta anche a comprendere immediatamente che non si tratta di un dominio accessibile dall'esterno.

### Servizio di risoluzione dei nomi di dominio

In un sistema di nomi di dominio (DNS), il problema più grande è quello di organizzare i *name server* ovvero i **servizi di risoluzione dei nomi** (servizi DNS). Ciò è attuato da nodi che si occupano di risolvere, ovvero trasformare, gli indirizzi mnemonici dei nomi di dominio in indirizzi numerici IP e viceversa. A livello del dominio principale (*root*), si trovano alcuni server che si occupano di fornire gli indirizzi per raggiungere i domini successivi, cioè `com`, `edu`, `org`, `net`, `it`,... A livello di questi domini ci sono alcuni server (ogni dominio ha i suoi) che si occupano di fornire gli indirizzi per raggiungere i domini inferiori, e così via, fino a raggiungere il nodo finale. Di conseguenza, un servizio di risoluzione dei nomi, per poter ottenere l'indirizzo di un nodo che si trova in un dominio al di fuori della sua portata, deve interpellare quelli del livello principale e mano a mano quelli di livello inferiore, fino a ottenere l'indirizzo cercato. Per determinare l'indirizzo IP di un nodo si rischia di dover accedere a una quantità di servizi di risoluzione dei nomi; pertanto, per ridurre il traffico di richieste, ognuno di

questi è in grado di conservare autonomamente una certa quantità di indirizzi che sono stati richiesti nell'ultimo periodo.

*Suddivisione delle competenze tra i vari servizi di risoluzione dei nomi.*



In pratica, per poter utilizzare la notazione degli indirizzi suddivisa in domini, è necessario che il sistema locale sul quale si opera possa accedere al suo servizio di risoluzione dei nomi più vicino, oppure gestisca questo servizio per conto suo.