

**ITE «P. Savi»
Formazione Ambito 28 ATA - Assistenti tecnici
10/11/2017**

Reti di computer e Internet



**Prof. Pier Giorgio Galli
(piergiorgio.galli@istruzione.it)**

Reti di computer



Una rete di calcolatori è un sistema o un particolare tipo di rete di telecomunicazioni che permette lo scambio o condivisione di dati e risorse (hardware e/o software) tra diversi calcolatori. Il sistema fornisce un servizio di trasferimento di informazioni, attraverso comuni funzionalità di trasmissione e la ricezione, ad una popolazione di utenti distribuiti su un'area più o meno ampia ed offre la possibilità anche di usufruire di calcolo distribuito attraverso il sistema distribuito in cui la rete, o parte di essa, può configurarsi.

Classificazioni delle reti per estensione

- Reti locali – **LAN** (Local Area Network) è un'infrastruttura di rete informatica di collegamento tra più computer, estendibile anche a dispositivi periferici condivisi (es. stampanti di rete), che copre un'area limitata, come un'abitazione, una scuola, un'azienda o un complesso di edifici adiacenti. Le reti locali realizzate con tecnologia wireless sono dette **WLAN**.
- Reti metropolitane – **MAN** (Metropolitan Area Network) è un'infrastruttura di rete informatica di collegamento tra più computer all'interno di un'area metropolitana. Ad esempio l'insieme delle LAN dei dipartimenti di un'università dislocati in una città formano una MAN.
- Reti Geografiche - **WAN** (Wide Area Network) è un'infrastruttura di rete che copre un'area regionale, nazionale o internazionale. Internet è una WAN.

Reti a commutazione di circuito (1)

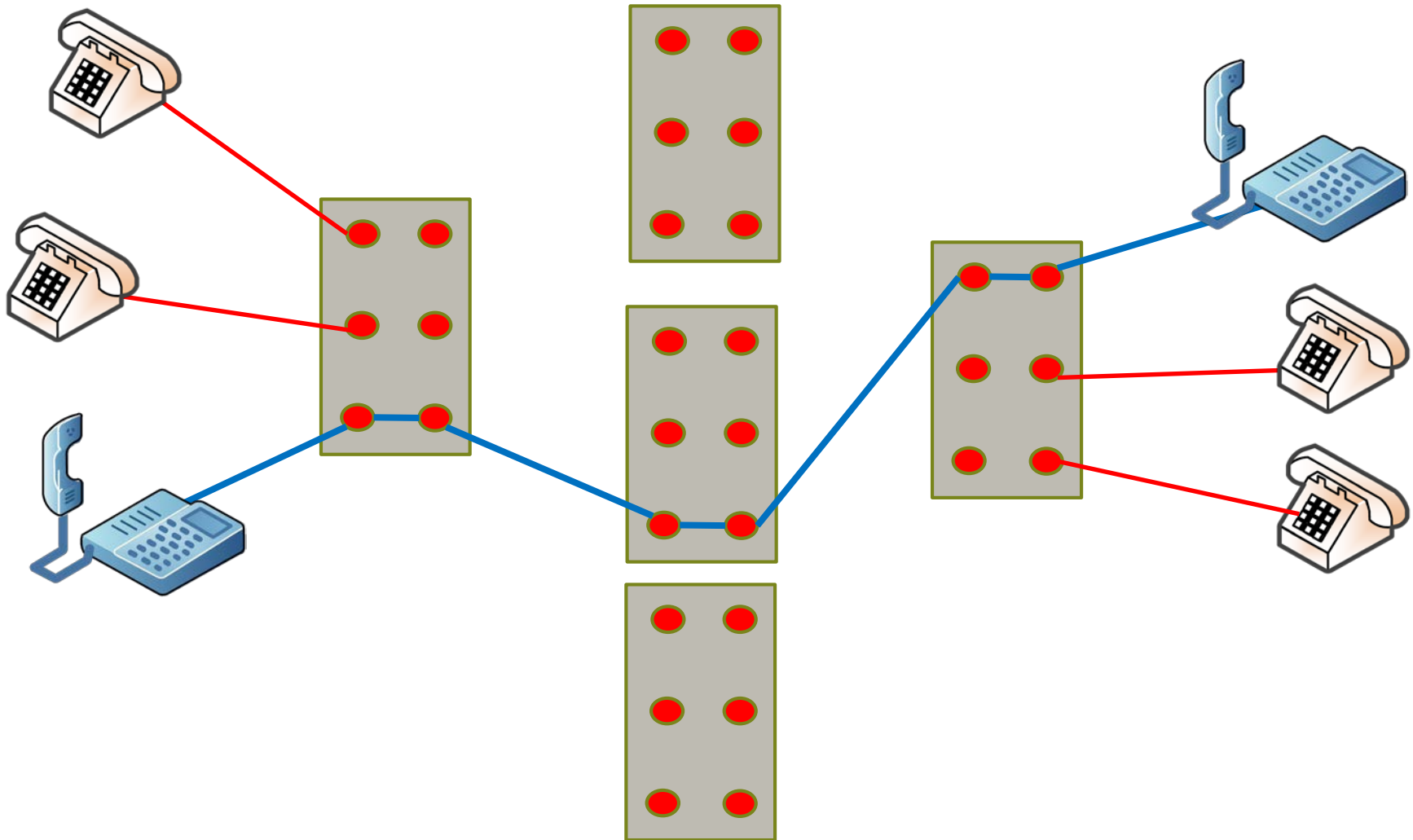
La commutazione di circuito (circuit switching) prevede una connessione tra due nodi realizzata attraverso la realizzazione fisica di un circuito dedicato esclusivamente alla comunicazione per tutto il tempo della comunicazione. Nel caso della telefonia (analogica), ad esempio, viene instaurato [da appositi apparati elettronici] un circuito fisico per tutto il tempo della comunicazione tra i due terminali [telefonici]. Nei fatti la commutazione di circuito è la versione automatizzata dell'operazione che doveva fare manualmente la centralinista che, facendo uso di spinotti, connetteva manualmente il chiamante con il chiamato.

SVANTAGGI:

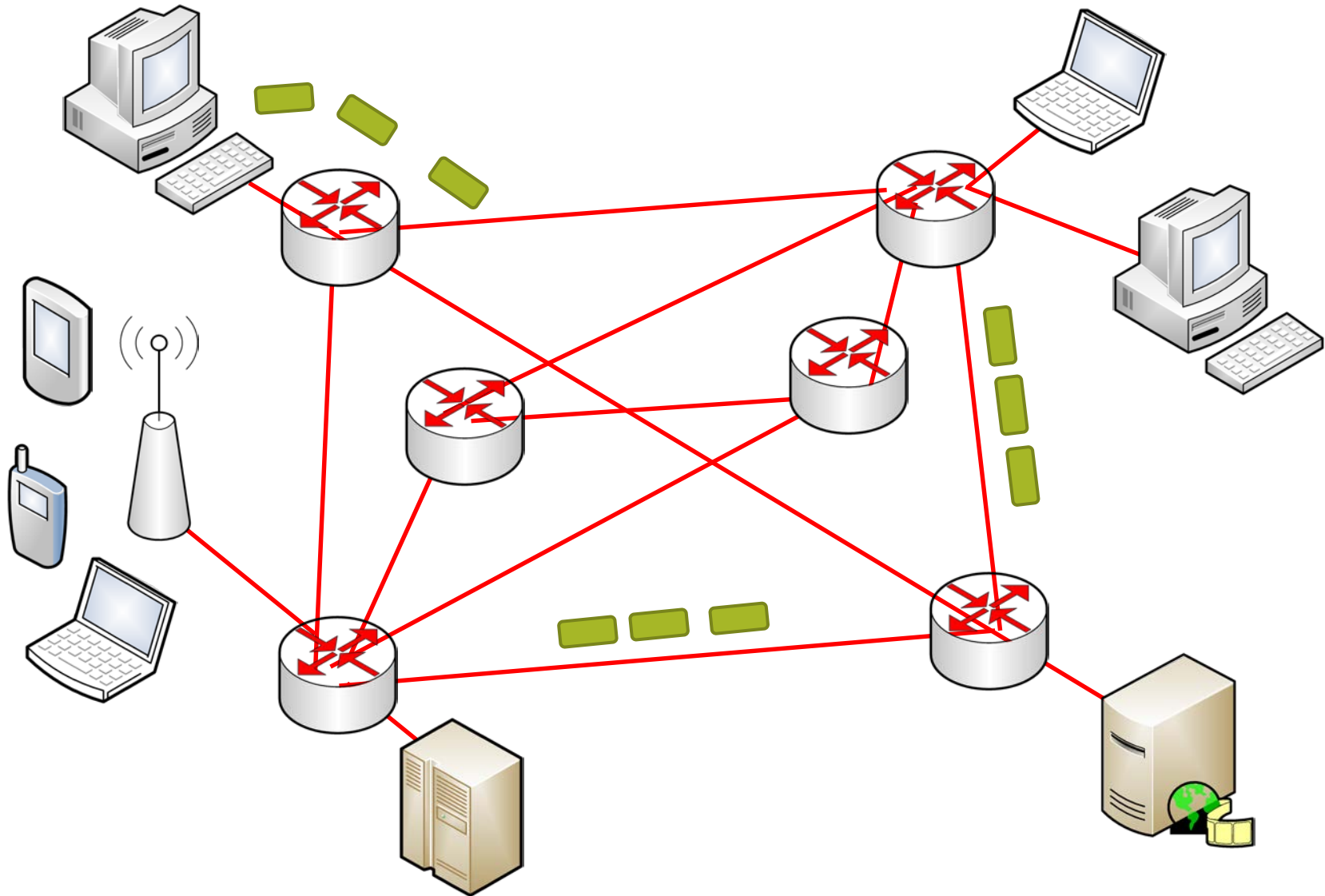
- il circuito è dedicato ad UNA comunicazione;
- l'eventuale frazione di capacità trasmissiva non utilizzata è persa (ad esempio le pause in una conversazione telefonica)



Reti a commutazione di circuito (2)



Commutazione di pacchetto 1



Commutazione di pacchetto 2

Storicamente la commutazione di pacchetto fu concepita nei primi anni sessanta, in un contesto di guerra fredda, come soluzione al problema di garantire la sopravvivenza di una rete di telecomunicazioni in seguito ad un attacco nucleare. L'idea di base consiste nel suddividere l'informazione in entità elementari (i pacchetti) che poi vengono trasmesse e instradate individualmente e teoricamente ognuna in modo indipendente per essere poi riassemblate nel punto di destinazione. L'instradamento dei pacchetti avviene usando in ogni nodo della rete apposite tabelle di routing di tipo dinamico che ad ogni pacchetto ricevuto su una interfaccia associano la corrispondente interfaccia di uscita verso il nodo successivo. La determinazione dell'interfaccia di uscita viene stabilita in base a meccanismi di autoapprendimento oppure tramite appositi protocolli di routing: in questo modo, nel caso in cui determinati collegamenti o link trasmissivi diventino inoperativi o inutilizzabili, è possibile individuare un instradamento alternativo che assicuri la continuità e l'integrità della trasmissione.

Questo approccio consente anche un utilizzo più efficiente della capacità trasmissiva di una rete rispetto alla commutazione di circuito, dove la comunicazione per poter avere luogo richiede l'allocation preliminare di un circuito fisico la cui capacità è interamente dedicata alla specifica comunicazione. Nella commutazione di pacchetto invece i circuiti fisici sono utilizzati solo per il tempo strettamente necessario alla trasmissione di un singolo pacchetto e sono subito disponibili per poter trasmettere un altro pacchetto appartenente a un segnale diverso. Ciò consente un livello di condivisione del mezzo più elevato.

Commutazione di pacchetto 3

Di contro, a differenza delle reti a commutazione di circuito, nelle reti a commutazione di pacchetto il ritardo di trasferimento complessivo non è fisso ma varia a seconda del percorso seguito dal pacchetto e delle condizioni istantanee del traffico né è del tutto predicibile a priori il percorso che seguirà il pacchetto. Inoltre, data la natura non continuativa della trasmissione e l'utilizzo condiviso, insorge anche la necessità di controllare la congestione nel caso di concorrenza trasmissiva da sorgenti differenti o di richiesta elevata di banda da parte di più sorgenti contemporaneamente.

Per le sue caratteristiche, la commutazione di pacchetto pone quindi un problema nel caso sia necessaria una disponibilità garantita di banda o nelle applicazioni real time come le comunicazioni vocali tipiche della telefonia (che richiedono ritardi molto limitati e prossimi allo zero) o quelle audio-video.

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

In sintesi:

Pregi:

- Il funzionamento dei nodi di transito è molto semplice
- La stessa linea è utilizzata contemporaneamente da più computer
- Non esistono limiti al numero di transazioni contemporanee

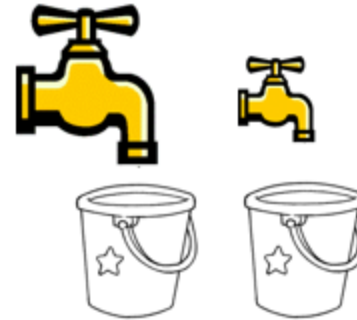
Difetti:

- I pacchetti possono subire ritardi o non arrivare
- I pacchetti possono arrivare fuori sequenza
- Una (o più) sorgenti possono intasare vaste parti della rete

Larghezza di banda 1

Si misura in **bit al secondo**

ed indica la quantità di bit che transitano nel canale trasmissivo nell'unità di tempo.



- ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber line), VDSL (Very High-speed Digital Subscriber Line), all'interno della famiglia di tecnologie DSL, sono caratterizzate dalla larghezza di banda asimmetrica: maggiore per il download e minore per l'upload. Questa asimmetria si adatta all'utenza che tipicamente richiede maggiori servizi di download (es. fruizione di pagine web, streaming) che upload (es. caricamento di file su piattaforme didattiche). Gli accessi a internet ADSL vengono considerati "banda larga", VDSL a "banda ultralarga".

Attenzione! I fornitori di connettività ADSL, VDSL pubblicizzano la banda massima possibile sulla linea ma non garantiscono che sia EFFETTIVAMENTE fornita. Un po' come dire che sull'autostrada, pagando il pedaggio, possiamo andare ad una velocità massima di 130 Km/h ma dove nessuno ci garantisce che non troveremo traffico con code chilometriche.

Gli speed test forniscono la misura della larghezza di banda.

Larghezza di banda 2

- HDSL (High data rate Digital Subscriber Line) all'interno della famiglia di tecnologie DSL, ADSL è caratterizzata dalla larghezza di banda **simmetrica** per il download e per l'upload. Sono linee tipicamente in uso in contesti dove i servizi richiedono la stessa larghezza di banda nei due sensi come ad esempio per la telefonia VoIP o nel caso in cui si debbano FORNIRE pagine web ai browser (lato client) che ne fanno richiesta (tipicamente con linee ADSL) .
- Divario digitale (Digital divide) è il divario esistente tra chi ha accesso effettivo alle tecnologie dell'informazione (in particolare personal computer e internet) e chi ne è escluso, in modo parziale o totale. I motivi di esclusione comprendono diverse variabili: condizioni economiche, livello d'istruzione, qualità delle infrastrutture, differenze di età o di sesso, appartenenza a diversi gruppi etnici, provenienza geografica. Oltre a indicare il divario nell'accesso reale alle tecnologie, la definizione include anche disparità nell'acquisizione di risorse o capacità necessarie a partecipare alla società dell'informazione. Il divario può essere inteso sia rispetto a un singolo paese sia a livello globale.

Codici identificativi univoci

Affinché una comunicazione possa avvenire è necessario definire in maniera univoca la sorgente e la destinazione del messaggio.

Abbiamo due modi per associare ad una entità un identificativo univoco: associazione logica tra l'entità e l'identificativo (es. il numero di telefono associato ad uno smartphone) o l'associazione fisica (es. il codice IMEI dello smartphone). L'associazione fisica, di norma, viene fatta dal costruttore dell'hardware e non è modificabile.



Identificativo logico: numero targa

Identificativo fisico: numero di telaio



Identificativo logico: numero telefonico

Identificativo fisico: Codice IMEI (International Mobile Equipment Identity)



Identificativo logico: indirizzo IP

Identificativo fisico: indirizzo MAC

Indirizzo IPv4

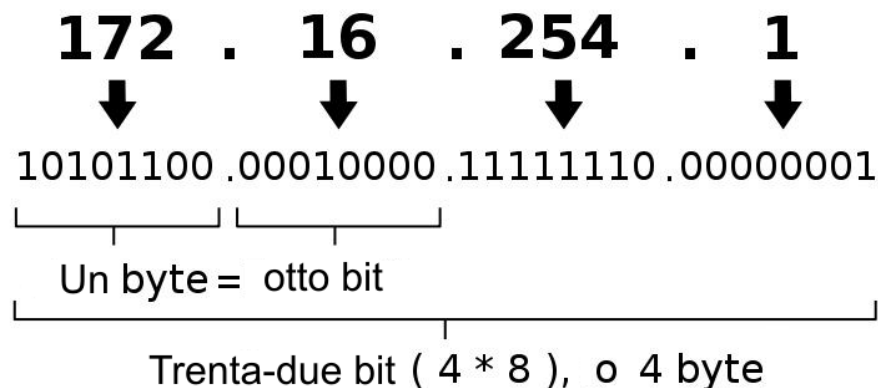
Un indirizzo IPv4 (dall'inglese Internet Protocol address) è un'etichetta numerica che identifica univocamente un dispositivo (host) collegato a una rete informatica che utilizza l'Internet Protocol come protocollo di comunicazione.

Un indirizzo IP assolve essenzialmente a due funzioni principali: identificare un dispositivo sulla rete e di conseguenza fornirne il percorso per la sua raggiungibilità da un altro terminale o dispositivo di rete in una comunicazione dati a pacchetto.

Più esattamente l'indirizzo IP viene assegnato a una interfaccia (ad esempio una scheda di rete) che identifica l'host di rete, che può essere un personal computer, uno smartphone, un router, elettrodomestici in generale, automobili, ecc.

Da Wikipedia, l'enciclo

Un indirizzo IPv4 (notazione decimale-punteggiata)



Internet Assigned Numbers Authority

Lo IANA (Internet Assigned Numbers Authority) è un'emanazione dell'ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) ed è un organismo che ha responsabilità nell'assegnazione degli indirizzi IP.

Lo IANA delega la gestione di blocchi di indirizzi IP ad enti locali denominati Regional Internet Registries. Ogni RIR assegna gli indirizzi per una specifica zona del mondo. I RIR a loro volta formano un ente chiamato Number Resource Organization il cui scopo è rappresentarne gli interessi nella definizione delle policy di assegnazione e gestione degli indirizzi.

Solitamente agli Internet Service Provider (ISP) [ad esempio Telecom, Fastweb, ..] vengono assegnati interi blocchi di indirizzi IP per gestire le connessioni dei loro clienti, mentre all'utenza finale (piccole e medie imprese) vengono assegnati blocchi di IP molto più limitati [un indirizzo IP alle utenze domestiche].

Alle stregua di un numero telefonico un indirizzo IP ha un costo di gestione, che, a cascata, ricade su chi ne ha la titolarità.

Indirizzi IP privati (1)

Con indirizzi IP privati si intendono alcune classi di indirizzi IP riservate alle reti locali allo scopo di ridurre le richieste di indirizzi pubblici. Chiunque può utilizzare questi indirizzi per la propria rete locale, perché i pacchetti con tali indirizzi non vengono utilizzati per l'indirizzamento e instradamento tramite protocollo IP dai router Internet verso la rete di trasporto, ed il loro riutilizzo su altre reti locali, oltre a ridurre il numero di indirizzi IP utilizzati come da obiettivo originario, non genera conflitti con analoghi indirizzi posti su altre reti locali in quanto non visibili dall'esterno della sottorete locale risultando appunto privati e non indirizzi IP pubblici.

L'idea di usare indirizzi IP privati nasce dall'esigenza di limitare l'uso di indirizzi IPv4 il cui numero è limitato a 2^{32} indirizzi (circa 4 miliardi) ed in via di esaurimento col crescere del numero degli host e con la necessità di ridurre i costi di gestione di una rete locale.

E' possibile, allora, organizzare un rete locale con indirizzi IP privati (come tipicamente avviene nei laboratori di informatica delle aule universitarie) semplicemente scegliendo una classe di indirizzi IP e configurando di conseguenza i nodi della rete avendo ben presente che ogni dispositivo DEVE avere un indirizzo IP (privato) diverso da tutti gli altri dispositivi della rete locale.

Indirizzi IP privati (2)

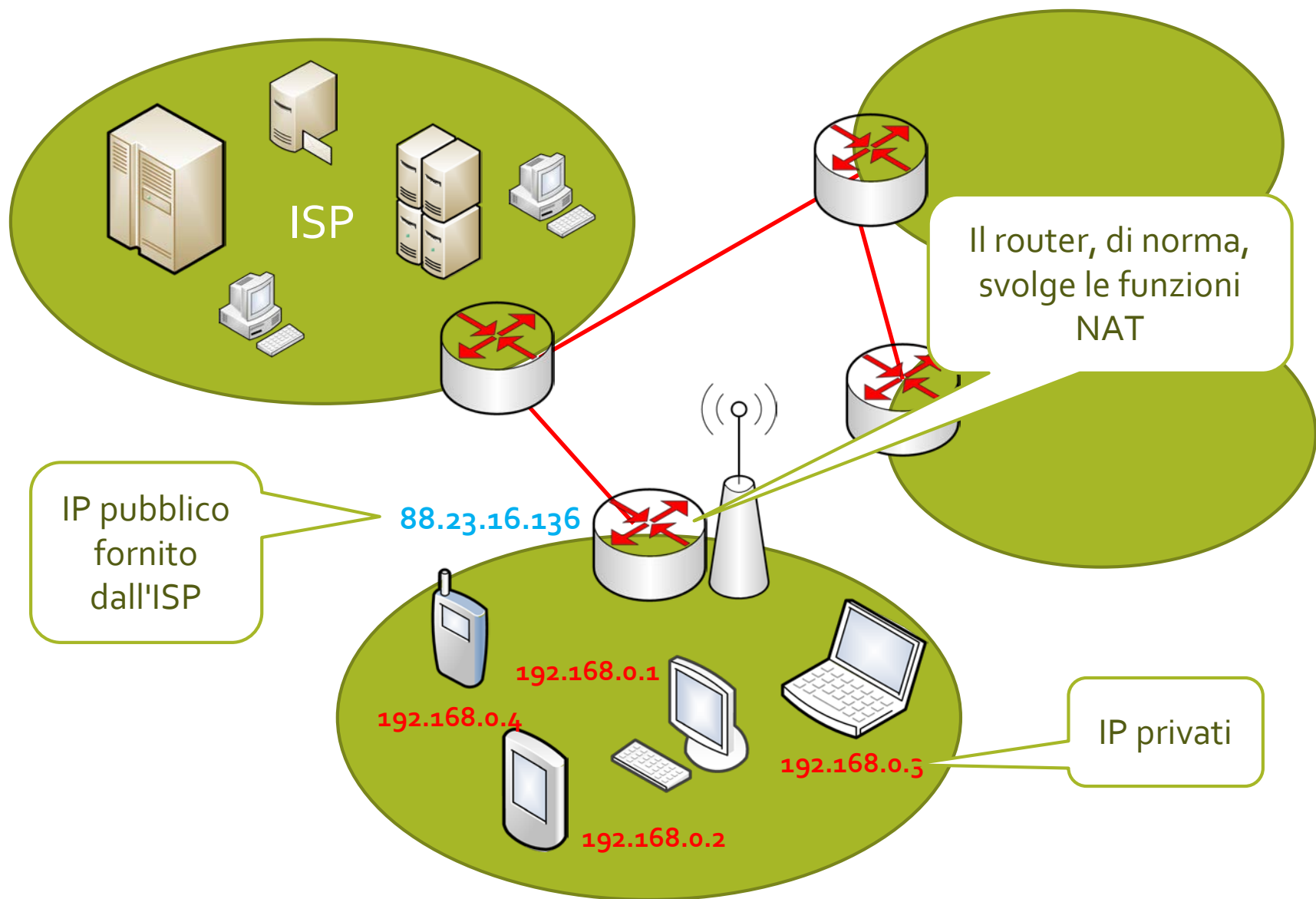
Gli indirizzi IP privati per loro natura **non permettono di connettere il dispositivo ad una rete pubblica** (come Internet). Se questo avvenisse, infatti, NON si avrebbe modo di identificare univocamente il dispositivo nella rete perché, ad esempio, il PC n. 4 del laboratorio di informatica dell'UNITUS potrebbe avere lo stesso IP privato del PC n. 14 del laboratorio di Chimica di un altro ateneo.

D'altro canto un dispositivo connesso ad una rete locale che non può connettersi ad Internet, in via generale, non ha piena potenzialità d'uso.

Per questo, all'interno delle reti locali che fanno uso di indirizzi IP privati, è presente un network address translation (NAT) il quale moltiplica (o mappa) più indirizzi IP privati su un solo indirizzo IP pubblico. Il più delle volte, come avviene nelle reti domestiche, il NAT è un servizio fornito dal router.

Dal punto di vista logico il NAT svolge lo stesso servizio di un centralino telefonico dove ad un solo numero di telefono pubblico sono collegati molti terminali telefonici con numero interno privato.

Indirizzo IP pubblici e privati



Indirizzi IP statici e dinamici

Gli indirizzi IPv4 pubblici sono una risorsa limitata. Un modo per economizzarne l'uso è assegnarli per il tempo necessario alla connessione. In questo modo nei tempi in cui un nodo non è connesso alla rete quell'indirizzo IP può essere assegnato ad un altro.

Questa politica, d'altro canto, comporta che alla nuova assegnazione dell'indirizzo IP pubblico ad un dispositivo NON è detto che gli venga assegnato lo stesso IP che aveva in precedenza determinandosi. In questo contesto l'assegnazione dell'indirizzo IP è detto dinamico.

Vantaggi: il costo di gestione di un indirizzo IP dinamico è ripartito su più dispositivi che, in tempi diversi, ne sono intestatari;

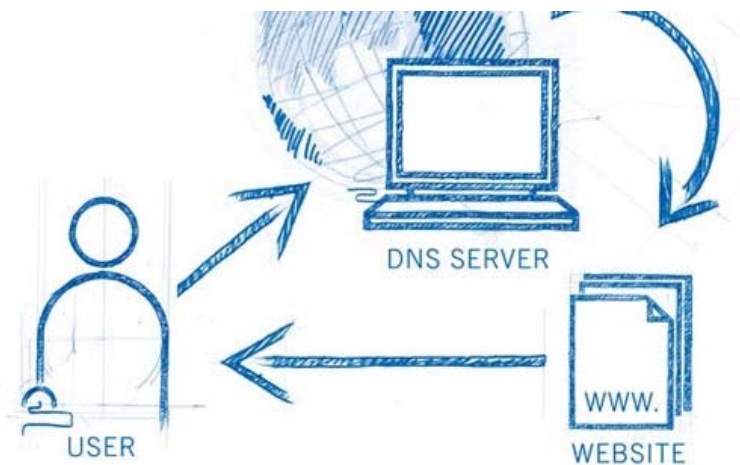
Svantaggi: un dispositivo con indirizzo IP dinamico, nei fatti, non può essere raggiunto da un altro computer della rete (un po' come accadrebbe se il nostro numero di telefono cambiasse al termine di ogni telefonata)

I contratti ADSL per le utenze domestiche generalmente prevedono IP dinamici, al contrario delle utenze professionali dove l'IP è statico.

Il servizio di risoluzione dei nomi - DNS

Il sistema dei nomi di dominio, in inglese Domain Name System (spesso indicato con l'acronimo DNS), è un sistema gerarchico utilizzato per la risoluzione di nomi dei nodi della rete (in inglese host) in indirizzi IP e viceversa. Il servizio è realizzato tramite un database distribuito, costituito dai server DNS.

La possibilità di attribuire un nome testuale facile da memorizzare a un server migliora molto l'usabilità dei servizi presenti su Internet. In assenza del servizio DNS, ad esempio, per raggiungere le pagine web dell'ateneo dovremmo digitare l'IP 193.205.141.19 al posto di www.unitus.it (un po' come se nello smartphone non avessimo la rubrica).



Subnet mask

L'indirizzo IP è composto da due parti: l'indirizzo della rete (la prima parte dell'indirizzo) e l'indirizzo del nodo all'interno della rete (un po' come accade con i numeri telefonici dove 076628931 è composto dal numero di telefono 28931 del distretto 0766)

Per conoscere qual è la parte dell'indirizzo IP che individua la rete e qual è il numero del nodo all'interno della rete si fa uso della subnet mask.

Tenuto conto che il numero IP è composto da quattro byte per individuare la parte dell'indirizzo che identifica la rete si costruisce la subnet mask che ha tanti 1 in corrispondenza dei bit dell'indirizzo di rete e zero in corrispondenza dell'indirizzo del nodo.

Esempio:

l'indirizzo IP (decimale)

192.168.0.20

equivale in binario a:

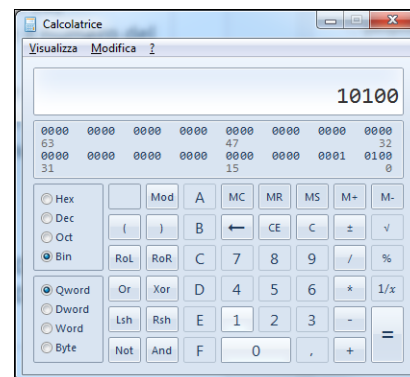
11000000.10101000.00000000.00010100

Se l'indirizzo di rete sono i primi due byte

11111111.11111111.00000000.00000000

La subnet mask vale (in decimale)

255.255.0.0



Configurazione della Scheda di rete

Proprietà - Protocollo Internet versione 4 (TCP/IPv4)

Generale

È possibile ottenere l'assegnazione automatica delle impostazioni IP se la rete supporta tale caratteristica. In caso contrario, sarà necessario richiedere all'amministratore di rete le impostazioni IP corrette.

☐ Ottieni automaticamente un indirizzo IP

☒ Utilizza il seguente indirizzo IP:

Indirizzo IP: 192 . 168 . 1 . 3

Subnet mask: 255 . 255 . 255 . 0

Gateway predefinito: 192 . 168 . 1 . 1

☐ Ottieni indirizzo server DNS automaticamente

☒ Utilizza i seguenti indirizzi server DNS:

Server DNS preferito: 8 . 8 . 8 . 8

Server DNS alternativo: 8 . 8 . 4 . 4

☐ Convalida impostazioni all'uscita

Avanzate...

OK Annulla

Indirizzo IP

I primi tre byte identificano la rete, l'ultimo byte l'indirizzo all'interno della rete.

Indirizzo del dispositivo (tipicamente il router) che sarà utilizzato uscire dalla rete locale per raggiungere un'altra rete (tipicamente Internet)

Indirizzo del server DNS che risolve i nomi simbolici in indirizzi IP.

Indirizzo del server DNS "di riserva" nel caso in cui il preferito non rispondesse.

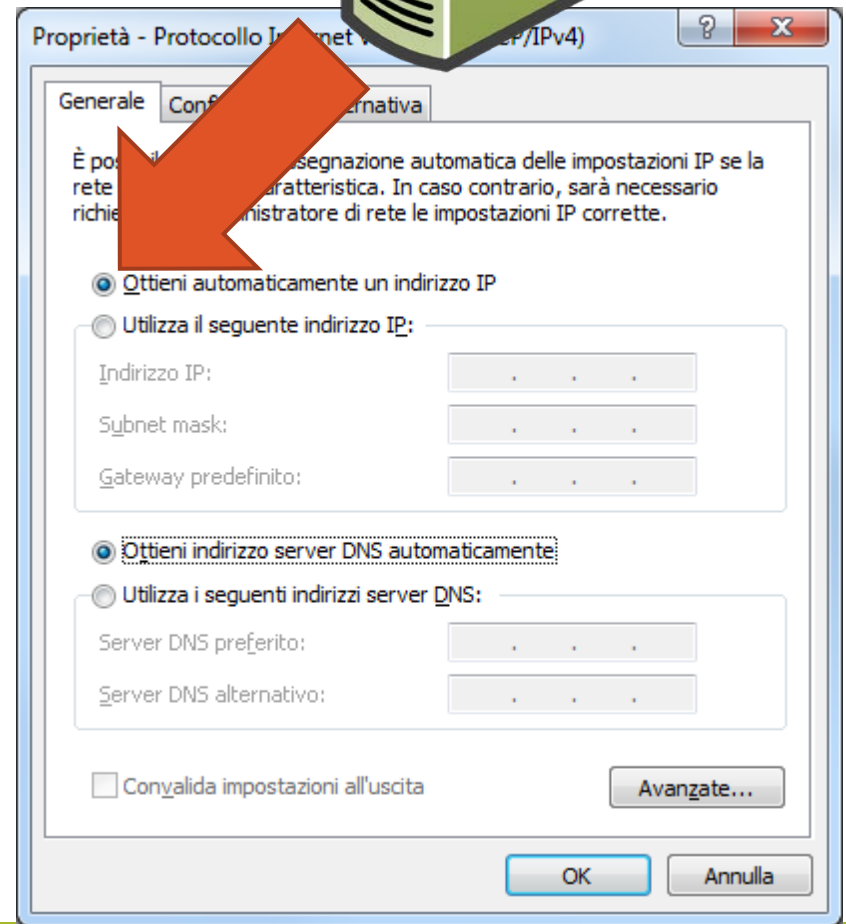
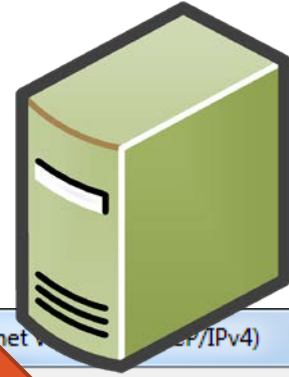
DHCP server

Configurare una scheda di rete non è banale per la generalità dell'utenza.

Per questo motivo, nelle reti locali, viene normalmente attivato un servizio DHCP che provvede, a richiesta del dispositivo client, a configurare appropriatamente la scheda di rete attribuendo l'indirizzo IP e gli altri parametri.

All'interno di una rete deve essere attivo un solo DHCP server, in caso contrario si può avere conflitto di indirizzi IP e/o configurazioni non coerenti dei dispositivi all'interno della LAN.

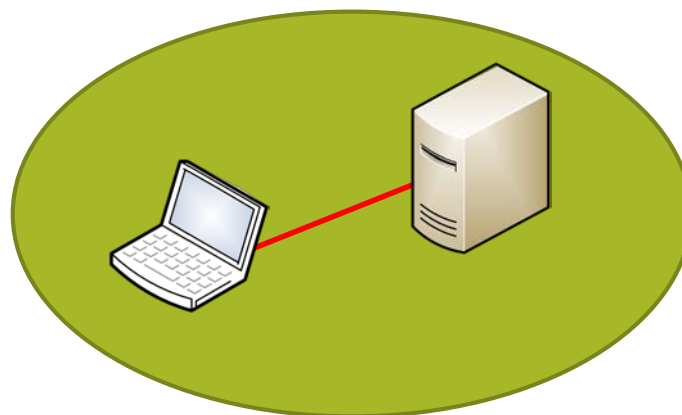
Nelle reti SOHO (Small Office Home Office), di norma, il DHCP server è localizzato nel router.



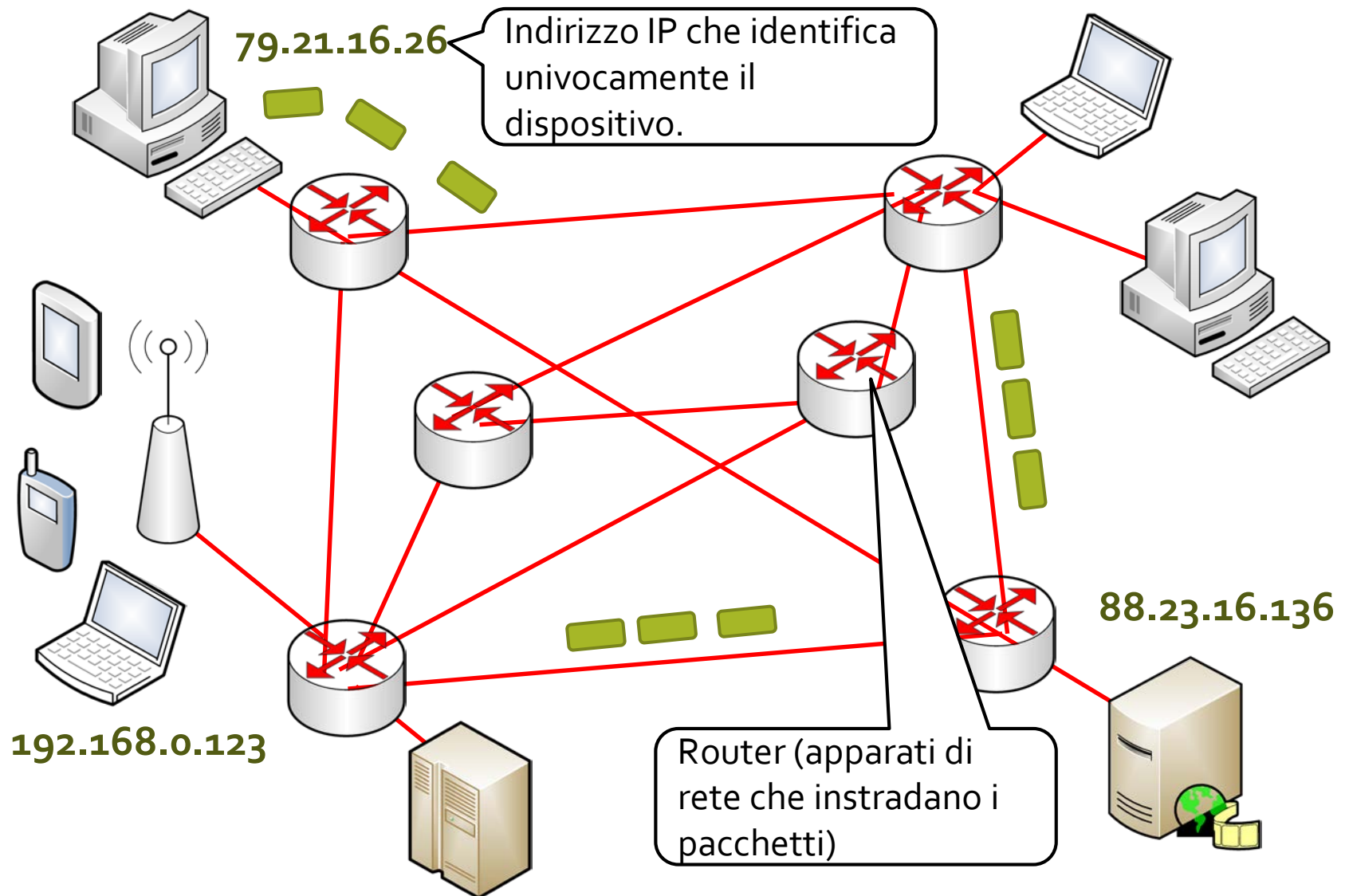
Protocolli di comunicazione

Un protocollo di comunicazione è un insieme di regole formalmente definite per rendere possibile ed efficace la comunicazione tra uno o più entità.

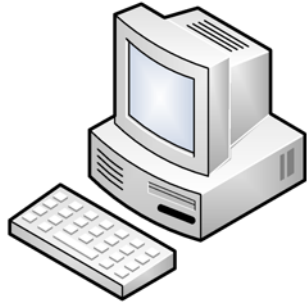
HTTP, ad esempio, è il protocollo di comunicazione utilizzato tra il browser (lato client) e il server web.



Suite di protocolli TCP/IP

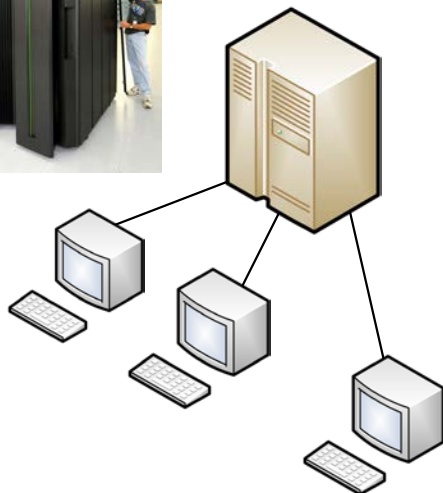


Stand alone



L'espressione stand-alone indica un dispositivo capace di funzionare da solo o in maniera indipendente da altri con cui potrebbe altrimenti interagire.

Sistema centralizzato



Il mainframe computer o **sistema centrale** è un computer utilizzato per applicazioni critiche, soprattutto da grandi aziende e istituzioni, tipicamente per elaborare, con alte prestazioni ed alta affidabilità, grandi moli di dati come ad esempio quelle in gioco nelle transazioni finanziarie, nei censimenti, nelle statistiche di industrie e clienti, nelle applicazioni ERP (Enterprise Resource Planning), nella gestione della telefonia mobile, ecc.

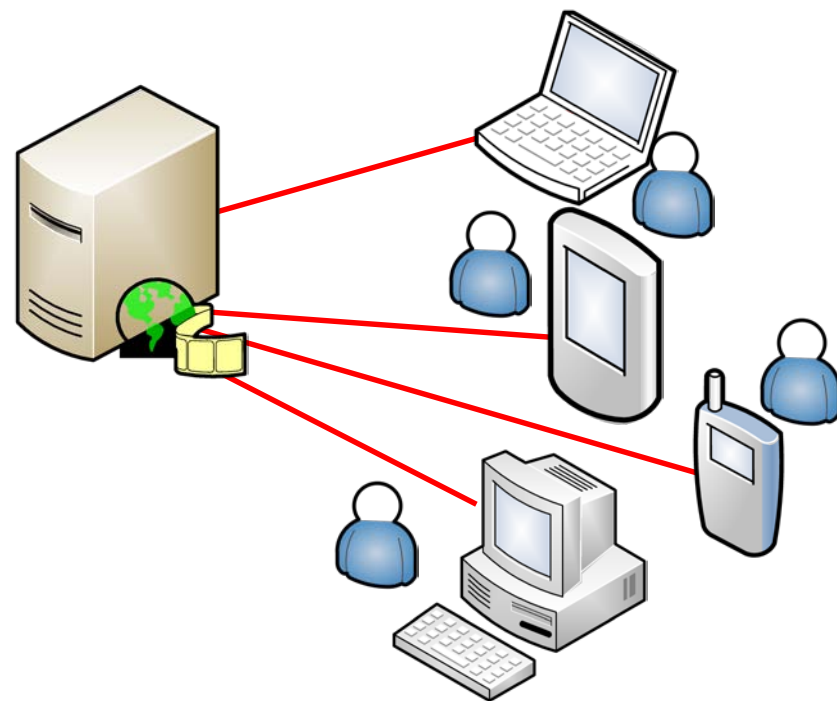
Da Wikipedia, l'enciclopedia libera

La potenza di calcolo è concentrata nel computer centrale in termini di CPU, memoria centrale e memoria di massa. I dispositivi connessi al sistema si limitano alle operazioni di input/output

Il paradigma client/server

Il termine sistema client-server (letteralmente cliente-servente) indica un'architettura di rete nella quale genericamente un computer client si connette ad un server per la fruizione di un certo servizio. Nel modello client/server la potenza di calcolo, in termini di CPU, memoria centrale e memoria di massa è distribuita tra i client e il server.

Il dispositivo client fa richiesta di un servizio utilizzando un apposito software (software lato client) ad un server che risponde alla richiesta di servizio con l'esecuzione di un software (lato server).

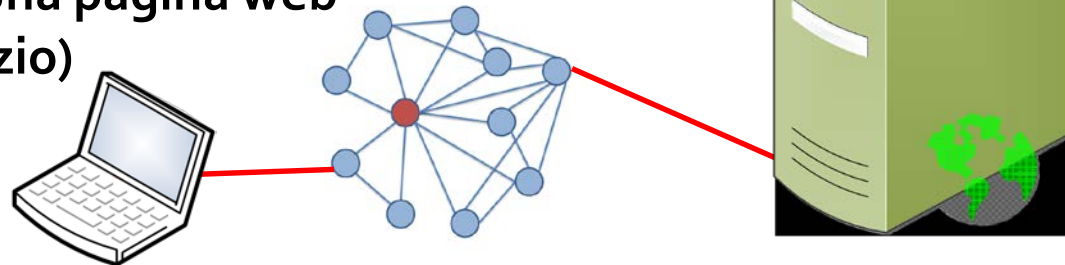


Il paradigma client/server

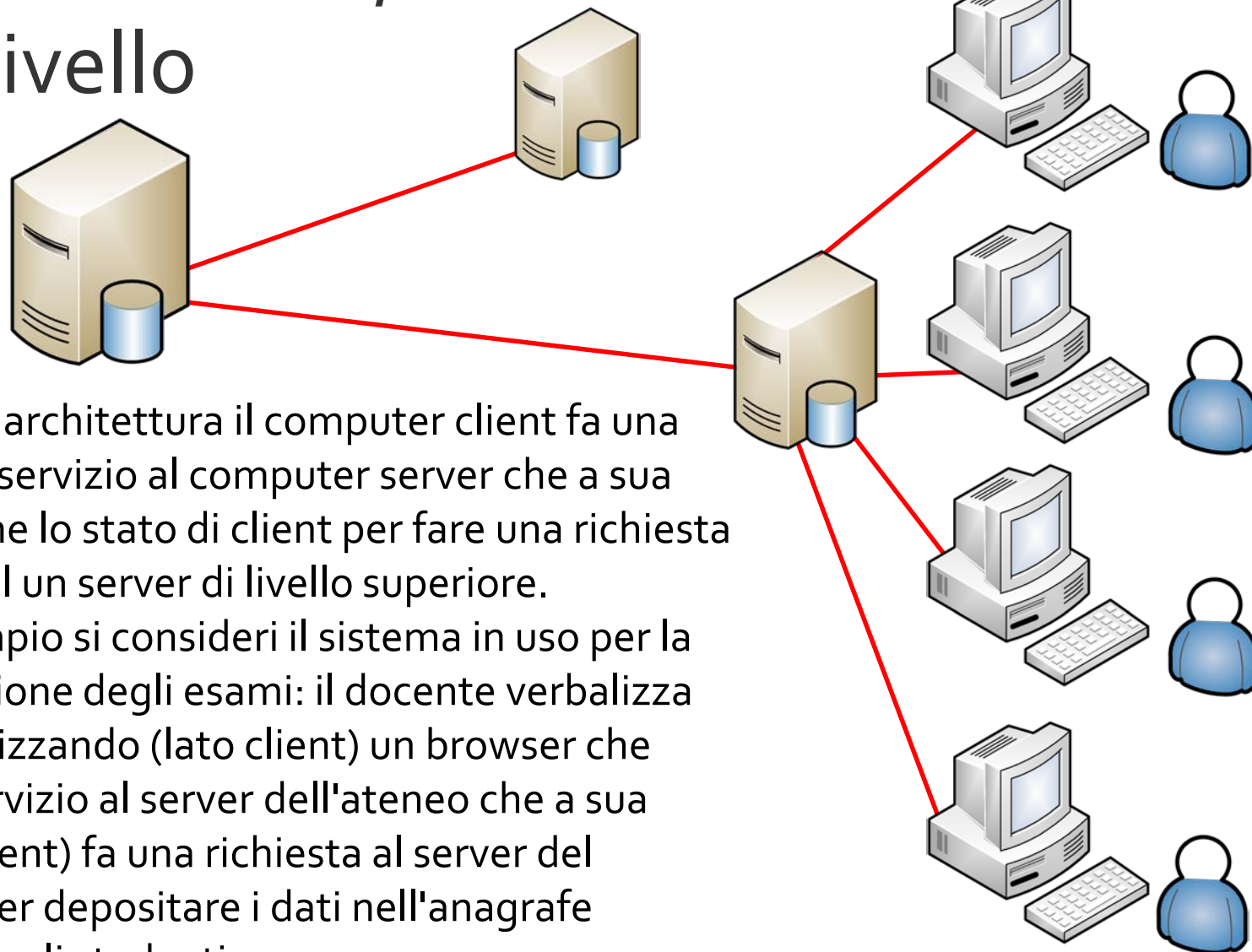


**Il software Apache (lato server),
in esecuzione sul server,
risponde alla richiesta del client)
trasmettendo la pagina web
richiesta**

**Il browser Firefox (software lato
client) in esecuzione nel PC
portatile chiede una pagina web
(richiesta di servizio)**



Il modello client/server multilivello

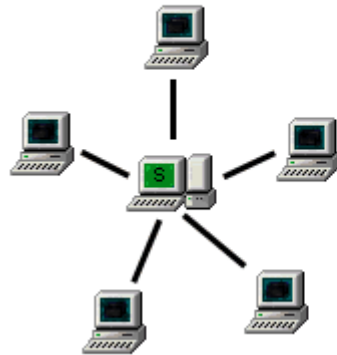


Con questa architettura il computer client fa una richiesta di servizio al computer server che a sua volta assume lo stato di client per fare una richiesta di servizio al un server di livello superiore.

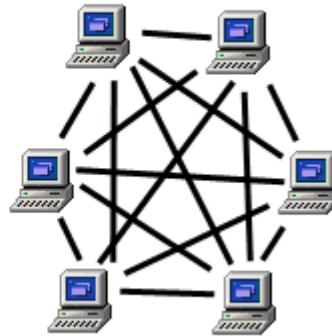
Come esempio si consideri il sistema in uso per la verbalizzazione degli esami: il docente verbalizza l'esame utilizzando (lato client) un browser che chiede il servizio al server dell'ateneo che a sua volta (da client) fa una richiesta al server del ministero per depositare i dati nell'anagrafe nazionale degli studenti.

Il modello peer to peer (p2p)

Server Based Network



Peer to Peer Network



Peer-to-peer (P2P), è un'espressione che indica un'architettura logica di rete informatica in cui i nodi non sono gerarchizzati unicamente sotto forma di client o server fissi (clienti e serventi), ma sotto forma di nodi equivalenti o paritari (in inglese peer) che possono cioè fungere sia da cliente che da server verso gli altri nodi (host) della rete. Essa dunque è un caso particolare dell'architettura logica di rete client-server.

Mediante questa configurazione qualsiasi nodo è in grado di avviare o completare una transazione. I nodi equivalenti possono differire nella configurazione locale, nella velocità di elaborazione, nella ampiezza di banda e nella quantità di dati memorizzati. L'esempio classico di P2P è la rete per la condivisione di file (File sharing).

Grid computing

I grid computing o sistemi grid sono un'**infrastruttura di calcolo** distribuito, utilizzati per l'elaborazione di grandi quantità di dati, mediante l'uso di una vasta quantità di risorse. In particolare, tali sistemi permettono la condivisione coordinata di risorse all'interno di un'organizzazione virtuale.

Il termine "griglia" è stato coniato intorno alla metà degli anni novanta. Il vero e specifico problema alla base del concetto di griglia è la condivisione coordinata di risorse all'interno di una dinamica

La condivisione non è limitata solo allo scambio dei file, ma si estende all'accesso diretto a computer, a software, in generale a tutto l'hardware necessario alla risoluzione di un problema scientifico, ingegneristico o industriale. Gli individui e le istituzioni, che mettono a disposizione della griglia le loro risorse per la medesima finalità, fanno parte della stessa organizzazione virtuale.

Caratteristica comune dei progetti grid è la necessità di disporre un ambiente di calcolo data-intensive, all'interno del quale le applicazioni hanno il bisogno di accedere a grandi quantità di dati geograficamente distribuiti in maniera veloce e affidabile ed, è proprio l'onere della grid, far operare tali applicazioni nel miglior modo possibile. È facile osservare che nessun computer attualmente in commercio sarebbe in grado, da solo, di elaborare simili moli di dati in tempi ragionevoli; tuttavia la condivisione di risorse quali CPU e dischi opportunamente coordinati può dare l'impressione all'utente di accedere ad un **supercomputer** virtuale, con una incredibile potenza computazionale e capacità di memorizzazione in grado di sopportare grandi carichi di lavoro.

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.



Grid computing - esempi

SETI@home ("SETI at home") è un progetto di calcolo distribuito volontario che usa una griglia di computer computer connessi in rete e gestito dall'Università della California, Berkeley.

SETI è l'acronimo di Search for Extra-Terrestrial Intelligence e il suo scopo è analizzare segnali radio in cerca di segni di intelligenze extraterrestri. SETI@home ricerca possibili prove di trasmissioni radio da intelligenze extraterrestri utilizzando i dati di osservazione del radiotelescopio di Arecibo (Porto Rico) . I dati vengono raccolti mentre il telescopio è utilizzato per altri programmi scientifici. I dati vengono poi digitalizzati, immagazzinati ed inviati ai server di SETI@home. Successivamente, i dati, vengono divisi in piccoli pezzi in frequenza e tempo, ed analizzati grazie al software per cercare i segnali (cioè le variazioni di segnale che non possono essere attribuite al rumore e che contengono informazioni). Il punto cruciale di SETI@home è di far analizzare ogni blocco di dati, tra i milioni di blocchi risultanti, dai computer dei volontari e poi avere indietro il risultato dell'analisi. In questo modo, quello che sembra un problema molto oneroso in termini di analisi dei dati è ridotto ad un problema molto più ragionevole grazie all'aiuto di una grande comunità di volontari. SETI@home si attesta come il progetto di calcolo distribuito con attualmente più partecipanti. Dal suo lancio il 17 maggio 1999, il progetto ha sviluppato oltre 2 milioni di anni di tempo di elaborazione. Con più di 200.000 computer (febbraio 2012) SETI@home è riconosciuta dal Guinness World Records come il più grande calcolo nella storia.

http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_distributed_computing_projects

Reti di computer vs Sistemi centralizzati

Si possono indicare almeno tre punti di forza di una rete di calcolatori rispetto al mainframe tradizionale:

- fault tolerance (resistenza ai guasti): il guasto di una macchina non blocca tutta la rete, ed è possibile sostituire il computer guasto facilmente (la componentistica costa poco e un'azienda può permettersi di tenere i pezzi di ricambio in magazzino);
- economicità: non è indispensabile l'uso di costosi mainframe per ottenere la necessaria potenza di calcolo;
- gradualità della crescita e flessibilità (**scalabilità**): l'aggiunta di nuove potenzialità a una rete già esistente e la sua espansione sono semplici e poco costose.