

Introduzione alle reti



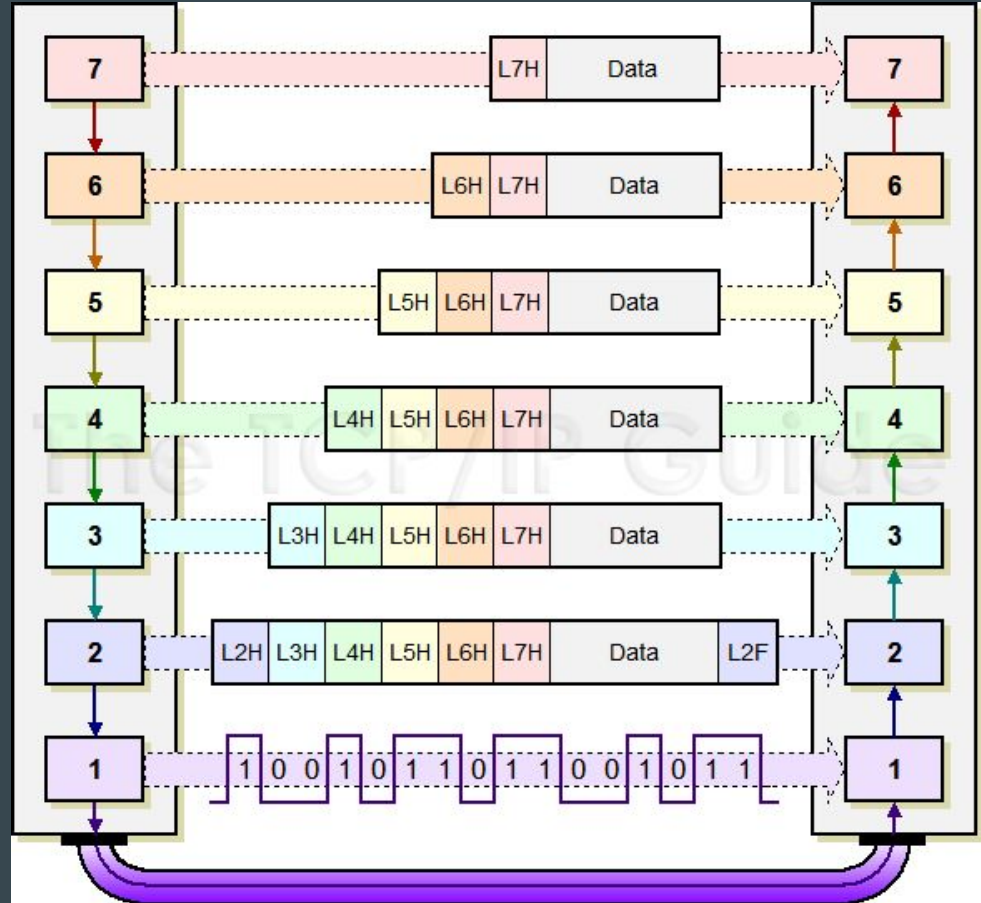
Modello ISO/OSI - Livelli 1, 2, 3

Introduzione - La necessità di un modello

- Diverse attività devono essere eseguite per l'intera trasmissione:
 - Gestire la codifica dei dati (come rappresentare il testo, i colori, i suoni, etc)
 - Gestire la trasmissione dei dati a livello logico (quale-dato-va-a-quale-app, gestione errori e perdite di dati, etc)
 - Gestire le varie tecnologie fisiche per la trasmissione (diversi tipi di cavi, oppure wireless, etc)
 - Gestire la consegna (lo smistamento) dei dati nelle grandi reti
- Allo scopo di ottimizzare tutte le attività, si è deciso di dividere lo schema a livelli in un modello standard, chiamato ISO/OSI
- Ogni livello rappresenta un compito specifico da completare affinché la comunicazione abbia successo
- Più “protocolli” (insieme di regole) possono essere usati per un singolo livello in modo intercambiabile (devono essere il più possibile slegati)

Il modello ISO/OSI

- Il modello prevede 7 livelli
- Il livello 7 è il più “alto”: prende i dati dall’utente
- Il livello 1 è il più “basso”: lavora con l’hardware
- In preparazione della trasmissione, ogni livello:
 - Prende i dati dal livello superiore
 - Aggiunge le informazioni specifiche del livello in base al protocollo (incapsulamento)
 - Passa il nuovo blocco dati “allargato” al livello inferiore
- In lettura di una trasmissione, ogni livello:
 - Prende i dati dal livello inferiore
 - Estrae le informazioni specifiche del protocollo
 - Passa il blocco dati contenuto al livello superiore



Il modello ISO/OSI - Nomi dei livelli

7. Applicazione (Application): gestisce l'interazione con l'utente
6. Presentazione (Presentation): gestisce la codifica dei dati verso l'utente
5. Sessione (Session): gestisce le sessioni di un flusso dati (gestione di flussi bidirezionali, unidirezionali)
4. Trasporto (Transport): gestisce del flusso dati (livello di qualità di consegna, multiplexing)
3. Rete (Network): gestisce la consegna dei frammenti dati (pacchetti) alla destinazione
2. Data Link: gestisce il trasferimento per la singola tratta nodo-nodo (diretta)
1. Fisico (Physical): gestisce l'hardware fisico per il trasferimento dati (cavo, etere)

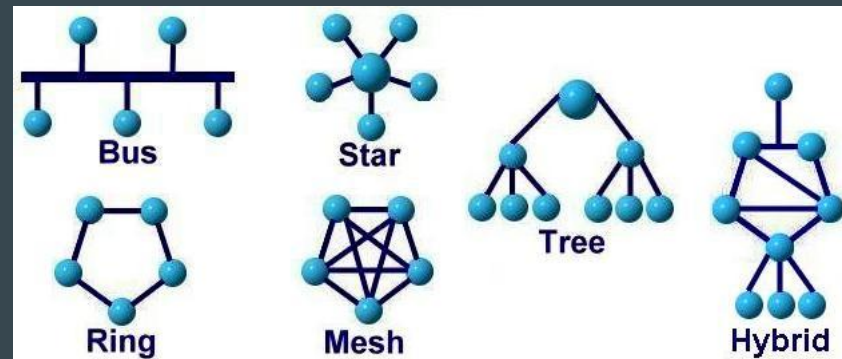
Ad esempio, per fare un login web (dal laptop)...

7. Il web browser riceve il click dall'utente e prepara la richiesta HTTP (**livello 7**).
6. Nella richiesta HTTP invia i dati codificati in UTF-8 e li cripta con SSL/TLS (**livello 6**)
5. Chiede di mantenere la connessione aperta in keep-alive (**livello 5**)
4. Quindi chiede al S.O. di inviare un *datagramma* TCP alla porta 80 (**livello 4**)...
3. ...con un socket verso l'IPv4 *192.0.2.1* (**livello 3**)
2. Il sistema operativo incapsula tutto in una *trama* Ethernet per il router (**livello 2**)...
1. ...al quale la scheda del PC trasmette (i *bit*) usando 802.11n (Wi-Fi, **livello 1**).

Topologie di rete

- **Bus**: ogni nodo della rete è in grado di comunicare con tutti mediante l'utilizzo di un solo canale condiviso (bus)
- **Anello (ring)**: ogni nodo è in grado di comunicare solo con i nodi strettamente vicini
- **A stella (star)**: ogni nodo è in grado di comunicare solo con un nodo centrale
- **A maglia (mesh)**: ogni nodo è in grado di comunicare con alcuni nodi vicini (o tutti)
- **Ad albero (tree)**: ogni nodo è in grado di comunicare con i nodi della sua gerarchia

Nota: in alcune tipologie (ad esempio Ring), due nodi sono in grado di comunicare solo se direttamente connessi, oppure se i nodi intermedi sono configurati per consentire la comunicazione



Modi di comunicazione

Esistono 3 diversi modi in cui due nodi possono scambiarsi informazioni:

- Simplex: comunicazione tra nodo A verso nodo B (ad una sola via)
- Half-duplex: comunicazione tra due nodi A e B in modo alternato (uno per volta)
- Full-duplex: comunicazione tra due nodi A e B in contemporanea

Inoltre, si definiscono queste 4 tipologie di comunicazione:

- Unicast: comunicazione diretta ad un solo nodo
- Anycast: comunicazione diretta ad un solo nodo di un gruppo di nodi
- Multicast: comunicazione diretta a tutti i nodi di un gruppo di nodi
- Broadcast: comunicazione diretta a tutti i nodi

Livello 1: physical

...

PDU: Bit

Physical Layer - Funzioni

- Descrive la forma e dimensione dei connettori
 - Ad esempio: RJ11, RJ45, BNC
- Frequenze di trasmissione e caratteristiche dei cablaggi (se con filo)
 - Ad esempio: lunghezza massima del cavo, numero fili nel cavo (se twisted pair), impedenza del cavo, etc.
- Modulazioni di trasmissione
- Isolamento, livelli di tensione, etc.

Physical Layer - Protocolli

- Esempi: ISDN, DSL, V.92 (modem analogico), Bluetooth, CAN bus (usato nei veicoli), RS-232 (porta seriale), 802.11, 100BASE-TX, 1000BASE-T
- Alcuni di questi protocolli specificano o sono usati spesso protocolli di livello superiore (vedi il Wi-Fi 802.11)

Physical Layer - Esempio: 100BASE-TX (Fast Ethernet)

- Cablaggio con connettore 8P8C (es. RJ45)
- Schema TIA/EIA-568-B T568A oppure T568B
- Cavo twisted-pair categoria 5 o superiore
 - Le categorie stabiliscono caratteristiche come: impedenza del cavo in risposta alla frequenza, velocità e delay di trasmissione, resistenza alla corrente continua, isolamento, temperatura di lavoro, etc
- Pin in uso: 1,2,3,6
- Lunghezza massima: 100mt
- Raw bit: 4 bits wide clocked a 25 MHz
- Codifica 4B5B (codifica a 125MHz) per equalizzazione DC e spectrum shaping
- Codifica segnale NRZI

Physical Layer - Esempio: 802.11 (Wi-Fi, parte di livello 1)

- Frequenza di lavoro (2.4 e 5 GHz)
- Larghezza di banda (20 o 40 MHz)
- Data-rate a 20 MHz: 7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2 Mbps
- Data-rate a 40 MHz: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150 Mbps
- Modulazione: MIMO-OFDM (massimo 4 canali)
- Space–time block coding
- Suddivisione canali in overlap
- Potenza massima antenna in base alle regole locali

Livello 2: data link

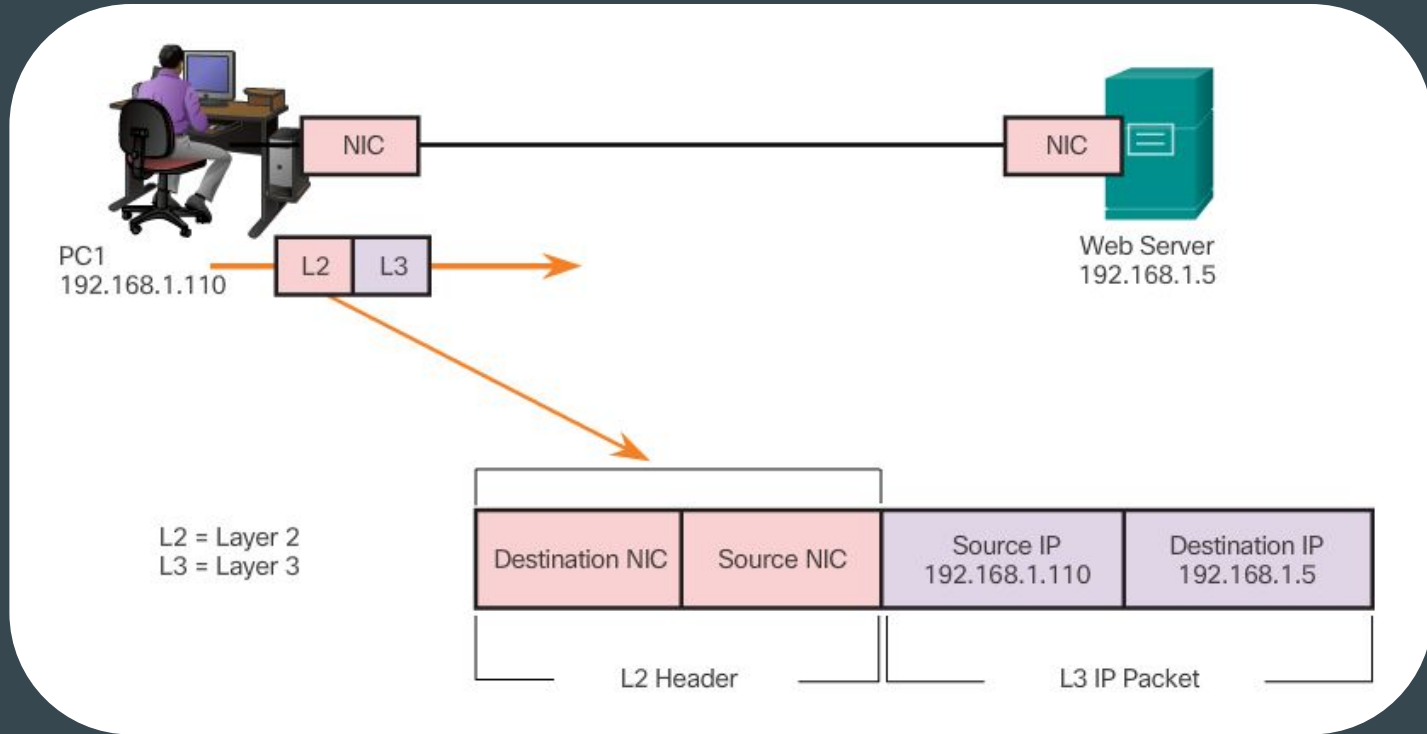


PDU: trama (*frame*)

Data Link Layer - Funzioni

- Rileva (ed eventualmente corregge) gli errori che possono verificarsi a livello 1. Tutto ciò consente di far apparire, al livello 3, il mezzo fisico come una linea esente da errori di trasmissione.
- Definisce i protocolli per stabilire e terminare una connessione tra due device fisicamente connessi. Definisce anche i protocolli per il “controllo di flusso”.

Data Link Layer - Funzioni



Network

Data Link

Physical

LLC Sublayer

MAC Sublayer

802.3 Ethernet

802.11 Wi-Fi

802.15 Bluetooth

Data Link Layer - Sublayers

- Logical Link Control (LLC): comunica con il liv. 3. Si occupa di inserire nel frame le informazioni che identificano il protocollo di rete utilizzato.
- Media Access Control (MAC): comunica con il liv. 1. Definisce i criteri di accesso ai media in base a topologia e media sharing.

Data Link Layer - Protocolli

IEEE 802.3 (Ethernet), Frame Relay, PPP, ATM

MAC

access control (CSMA/CD, CSMA/CA);

LLC

multiplexing, flow control e management;

Data Link Layer - Ethernet

Lo standard Ethernet prevede:

- Un indirizzo di 48-bit (6 bytes) per ogni host (chiamato *indirizzo MAC*)
- Un sistema di prevenzione delle collisioni (CSMA/CD)
- Una lista di tipi per discriminare il protocollo di livello superiore utilizzato nella trama (EtherType)
- La struttura della trama (*frame*), composta da:
 - Preambolo; Delimitatore di inizio frame; MAC destinazione; MAC sorgente; EtherType; Payload; Frame Check Sequence (CRC)

Data Link Layer - Oggetti di livello

In questo livello possiamo trovare, operanti, i seguenti dispositivi:

- **Hub:** si tratta di un dispositivo che mette in comunicazione tutti i nodi della rete in modo stupido: la trasmissione di un nodo viene girata a tutti i nodi collegati
- **Switch:** esattamente come un Hub, con la differenza che mantiene delle tabelle interne (CAM) per individuare chi è connesso a se, e girando le comunicazioni solo alle porte giuste, ottimizzando le trasmissioni.
- **Bridge:** intermezzo tra Hub e Switch - concettualmente viene utilizzato, negli host moderni, per indicare la funzione di switching su due o più schede di rete dell'host stesso

Livello 3: network



PDU: pacchetto (*packet*)

Network Layer - Funzioni

- Stabilisce l'esistenza di una **rete**, definita come un insieme di **nodi distinti da uno o più indirizzi**
- Fornisce ai livelli superiori un mezzo di comunicazione per inviare delle sequenze dati di dimensioni variabili all'interno della "rete"
- Sottoreti: stabilisce un sistema di suddivisione di una rete in più sottoreti
- Frammentazione: fornisce, se necessario per i livelli inferiori, un sistema per la frammentazione (ed il successivo accorpamento alla destinazione) dei pacchetti in transito sulla rete
- Instradamento: fornisce dei sistemi e delle regole per la comunicazione tra più reti differenti (routing) dello stesso protocollo

Network Layer - Alcuni protocolli

- IPv4 e IPv6: Internet Protocol
- IPX
- AppleTalk
- ARP, altri (management)

Network Layer - IPv4

- Stabilisce uno schema di indirizzamento a 32 bit (4 byte) e la relativa rappresentazione ad ottetti (172.16.254.1 sono 4 gruppi di 8 bit)
- Stabilisce uno schema per la suddivisione, dell'indirizzo, in “indirizzo di rete” e “indirizzo del nodo” per poter organizzare diversi nodi in reti differenti (si pensi ad una azienda o un ISP)
- Ha una lista di protocolli di livello 4 contenuti nel payload
- Stabilisce un pacchetto nel formato:
 - Versione e dimensione dell'header (IHL)
 - DSCP (Quality Of Service) ed ECN (Explicit Congestion Notification, gestione della congestione di rete)
 - Lunghezza totale pacchetto IP
 - Flags (SYN, ACK, URG, PSH) e TTL (Tempo di vita del pacchetto)
 - Protocollo di livello 4 trasportato
 - IP Sorgente e IP Destinazione
 - Eventuali opzioni aggiuntive
 - Payload

Network Layer - IPv4 - Routing

Avendo diviso i nodi in gruppi (detti **sottoreti**), è necessario un sistema in grado di mettere in comunicazione tali gruppi. Si è definito quindi il ruolo del **router**, ovvero di un dispositivo (che ha almeno un indirizzo per ogni sottorete da collegare) in grado di “girare” i pacchetti da una sottorete ad un’altra sottorete (in base all’indirizzo di destinazione).

Per inviare un pacchetto ad un nodo di una sottorete differente quindi, il nodo preparerà un pacchetto avente come destinazione l’indirizzo IPv4 della destinazione, come mittente il proprio indirizzo, (il resto del pacchetto) e incapsulerà tutto in una trama di livello 2 avente, come destinazione, l’indirizzo di livello 2 del router (nel caso di Ethernet, l’indirizzo MAC del router).

Network Layer - IPv4 - Esempio

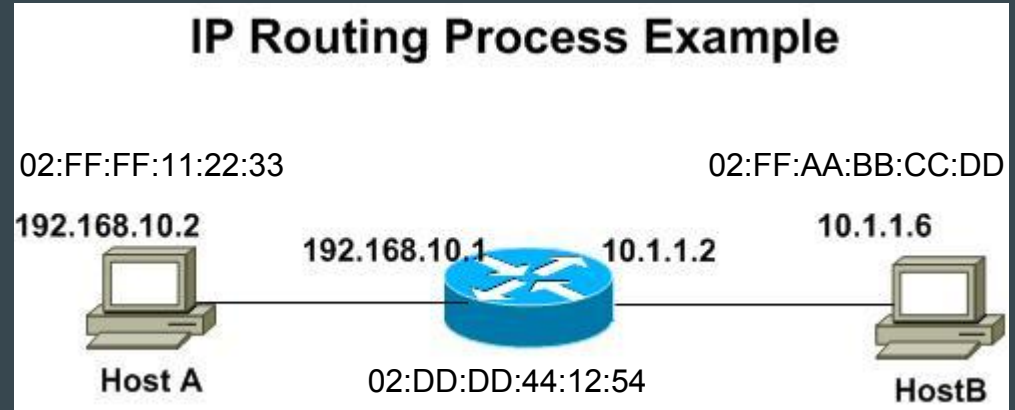
Host A → Host B

Pacchetto IPv4:

- IP destinazione: 10.1.1.6
- IP sorgente: 192.168.10.2

Trama Ethernet:

- MAC sorgente: 02:FF:FF:11:22:33 (Host A)
- MAC destinazione: 02:DD:DD:44:12:54 (Router)



Network Layer - ARP

In una rete con protocollo di livello 2 di broadcast (es. Ethernet), come fa un nodo a conoscere l'indirizzo MAC di un altro nodo? (ipotizziamo che conosca quello di livello 3, esempio l'IP) Ci sono 2 modi:

- Si configura staticamente la corrispondenza MAC address <-> indirizzo L3
- lo si chiede alla rete (ovvero si chiede a tutti: *chi ha l'indirizzo 192.0.2.1?*)

Network Layer - ARP

Lo scopo di ARP è semplice: se non presente in una cache locale, viene chiesto a tutti i nodi della rete, a quale indirizzo di livello 2 si trova l'indirizzo di livello 3 che stiamo cercando.

Esempio (Ethernet): Alice (192.0.0.1) deve comunicare con Bob (192.0.0.2), ma Alice conosce solo l'IPv4 di Bob. Alice allora invia un messaggio ARP a tutta la rete (indirizzo MAC FF:FF:FF:FF:FF:FF) chiedendo *chi ha l'indirizzo 192.0.0.2?* Bob risponde *puoi trovare 192.0.0.2 all'indirizzo AB:CD:EF:01:23:45.* Alice a questo punto crea il pacchetto per Bob con 192.0.0.1 e lo inserisce in una trama per *AB:CD:EF:01:23:45.*

Network Layer - IPv4 e NAT

Il numero degli IPv4 è limitato a 2^{32} . In una sottorete non possono esserci più indirizzi unicast che fanno riferimento ad un solo nodo, e non possono esserci più sottoreti con lo stesso prefisso (indirizzo di rete), poiché tutti i nodi devono avere un indirizzo univoco.

In zone limitate, tuttavia, è possibile assegnare indirizzi IP di un gruppo speciale chiamato *IPv4 private address block*, ed effettuare una traslazione con un dispositivo tipo router: gli indirizzi uscenti da quella zona saranno “mascherati” con uno degli indirizzi del router. Lo svantaggio è che si perde la possibilità di essere indirizzati globalmente: questo blocca o limita il funzionamento di molti protocolli.

La soluzione definitiva si avrà con l'adozione dell'IPv6, il quale ha 2^{128} indirizzi.