

1 Modelli a Strati e Architetture di Rete

1.1 Comunicazione Logica vs. Fisica

Quando due sistemi comunicano (es. una webcam e uno smartphone), si possono identificare due tipi di comunicazione:

- **Comunicazione Logica:** La comunicazione "diretta" percepita tra i due dispositivi finali (la webcam invia immagini allo smartphone).
- **Comunicazione Fisica:** Il percorso reale che i dati compiono attraverso la rete, saltando da un nodo intermedio (router, switch) all'altro.

1.2 Pacchettizzazione e Indirizzamento

Per funzionare, la comunicazione si basa su due problemi fondamentali:

1. **Pacchettizzazione:** La sequenza di dati prodotta da un'applicazione (es. un video) è troppo grande per essere inviata in un blocco unico. Viene "spezzettata" in blocchetti più piccoli, detti **pacchetti**.
2. **Indirizzamento:** Ogni pacchetto deve contenere le informazioni per raggiungere sia il *nodo* (computer) corretto, sia l'applicazione corretta all'interno di quel nodo.

Questa divisione in problemi viene gestita da un **modello a strati** (o stack protocol-lare), dove ogni livello risolve un sotto-problema, aggiungendo le proprie informazioni di controllo (header).

1.3 Il Modello a Strati (Stack Protocol-lare)

L'approccio "divide et impera" della rete. I due modelli principali sono OSI (astratto) e TCP/IP (in uso).

- **Comunicazione Fisica (Verticale):** Su un singolo nodo, ogni livello interagisce solo con il livello immediatamente superiore o inferiore.
- **Comunicazione Logica (Orizzontale):** Ogni livello (es. L4) su un nodo "parla" logicamente con il suo livello omologo (L4) sul nodo di destinazione. L'insieme di regole di questo dialogo si chiama **protocollo**.
- **Incapsulamento:** Scendendo nello stack (dall'Applicazione al Fisico), ogni livello "imbusta" i dati ricevuti dal livello superiore aggiungendo il proprio **header**.

1.4 L'Architettura TCP/IP (Modello a 5 Livelli)

Questo è il modello operativo su cui si basa Internet.

Livello 5: Applicazione Fornisce servizi all'utente (es. protocolli HTTP per il web, SMTP per l'email).

Livello 4: Trasporto Fornisce un canale di comunicazione *end-to-end* tra le **applicazioni**.

- Identifica le applicazioni tramite **Porte**.
- Protocolli principali: **TCP** (affidabile) e **UDP** (non affidabile).
- Funzioni: Riordino pacchetti, controllo errori, controllo di flusso.

Livello 3: Rete Gestisce il trasferimento di pacchetti tra *nodi* attraverso la rete (anche tra reti diverse).

- Protocollo chiave: **IP (Internet Protocol)**.
- Identifica i nodi tramite **Indirizzi IP**.
- Funzione principale: **Routing (Instradamento)**, ovvero decidere il percorso migliore per i pacchetti.

Livello 2: Data-Link Gestisce il trasferimento di dati (detti **trame** o *frames*) tra nodi *adiacenti* (sullo stesso cavo o stessa rete Wi-Fi).

- Identifica i dispositivi tramite **Indirizzi MAC**.
- Funzioni: Framing (delimitazione trame), controllo errori (Checksum/CRC), accesso al mezzo.

Livello 1: Fisico Gestisce la trasmissione del singolo **bit** sul mezzo fisico (cavo in rame, fibra ottica, onde radio).

2 Approfondimento Livelli Chiave

2.1 Livello 2: Data-Link

Gestisce la comunicazione tra nodi direttamente connessi.

- **Framing:** Crea le "trame" aggiungendo un Header (H) e un Trailer (T) al pacchetto L3. Il trailer contiene tipicamente un **Checksum (CRC)** per il controllo degli errori.
- **Affidabilità:** Può implementare meccanismi di riscontro (**ACK**) e ritrasmissione per correggere gli errori. Serve un *sequence number* per gestire ACK persi e duplicati.
- **Accesso al Mezzo:** Fondamentale se il mezzo è *condiviso* (es. Wi-Fi).
 - **CSMA/CD (Obsoleto):** Usato nelle vecchie Ethernet. Rileva le collisioni e ritrasmette.
 - **CSMA/CA (In uso):** Usato nel **Wi-Fi (802.11)**. Cerca di *evitare* le collisioni prima di trasmettere.
- **Indirizzamento L2:** Avviene tramite **Indirizzo MAC** (48 bit), un identificativo hardware univoco della scheda di rete (NIC).

2.2 Livello 3: Rete (IP)

Il "collante" di Internet.

- **Protocollo IP:** Offre un servizio **best-effort** (fa del suo meglio) e **non affidabile**. I pacchetti possono essere persi, duplicati o arrivare fuori ordine. L'affidabilità è compito del Livello 4 (TCP).
- **Internetworking:** Permette a reti eterogenee (es. Wi-Fi ed Ethernet) di comunicare tra loro.
- **Router:** È il dispositivo chiave del L3. A differenza di un host, un router non "spacchetta" i dati oltre il L3.
 - 1. Riceve una trama L2 (es. Ethernet).
 - 2. Estrae il pacchetto IP (L3).
 - 3. Legge l'indirizzo IP di destinazione.
 - 4. Consulta la sua **tabella di routing** per decidere il "next-hop" (prossimo salto).
 - 5. Re-incapsula il pacchetto IP in una *nuova* trama L2 (es. Wi-Fi) e lo invia.
- **Header IP:** Contiene l'indirizzo IP sorgente e destinazione (32 bit in IPv4), che **non cambiano** per tutto il viaggio del pacchetto.
- **Indirizzi Privati:** Alcuni intervalli IP (es. 192.168.0.0/16, 10.0.0.0/8) sono riservati per reti locali e non sono instradati su Internet.

2.3 Livello 4: Trasporto (TCP e UDP)

Gestisce la comunicazione *end-to-end* tra le applicazioni.

- **Multiplazione (Porte):** Usa i numeri di **porta** per distinguere a quale applicazione (es. browser, email) su un host sono destinati i dati.
- **UDP (User Datagram Protocol):**
 - *Connectionless* e *non affidabile*.
 - Non ha conferme, né riordino, né controllo di congestione.
 - È molto veloce e leggero. Usato per streaming video, gaming, DNS.
- **TCP (Transmission Control Protocol):**
 - *Connection-oriented* e *affidabile*.
 - Stabilisce una connessione (handshake) prima di inviare dati.
 - Garantisce che tutti i segmenti arrivino, senza errori e nell'ordine corretto, tramite **ACK** e **numeri di sequenza**.
 - Implementa controllo di flusso e di congestione. Usato per web (HTTP), email (SMTP), file transfer (FTP).