

# Il Livello di Rete nel Modello OSI

## 0.1 1. Introduzione al Livello di Rete

Il livello di rete (Layer 3) è il terzo strato del modello OSI ed è responsabile per il trasporto dei pacchetti di dati tra dispositivi situati in reti diverse. Questo livello gestisce la comunicazione tra sistemi che non si trovano sulla stessa rete locale (LAN) e svolge il compito di instradare i pacchetti tra reti attraverso il cosiddetto "routing". La sua principale responsabilità è garantire che i pacchetti vengano indirizzati correttamente, raggiungendo la loro destinazione, anche se si trovano su reti differenti.

### Obiettivi principali del Livello di Rete:

1. **Instradamento (Routing):** Determinazione e selezione del miglior percorso per i pacchetti tra nodi di rete, tenendo conto delle condizioni di rete.
2. **Indirizzamento (Addressing):** Ogni dispositivo deve essere identificato univocamente tramite un indirizzo, come un indirizzo IP, per consentire la corretta comunicazione.
3. **Frammentazione e Riassemblaggio (Fragmentation and Reassembly):** I pacchetti che superano le dimensioni massime della rete di destinazione vengono frammentati e successivamente riassemblati.
4. **Controllo della congestione (Traffic Management):** Monitoraggio e controllo del flusso di traffico per evitare congestioni sulla rete.
5. **Segnalazione degli errori (Error Reporting):** Notifica dei problemi durante il processo di trasmissione dei pacchetti (es. pacchetto perso o destinazione irraggiungibile).

**Protocolli principali al livello di rete:** IPv4, IPv6, ICMP, ARP (Address Resolution Protocol), DHCP, RIP, OSPF, BGP.

## 0.2 2. Funzioni del Livello di Rete

### 0.2.1 2.1 Instradamento (Routing)

L'instradamento è il processo di selezione del percorso attraverso cui i pacchetti devono viaggiare per raggiungere la destinazione. Il livello di rete si occupa di gestire l'instradamento dei pacchetti sia a livello di rete locale che tra reti diverse.

#### • Metodi di Routing:

- **Routing Statico:** Gli itinerari sono configurati manualmente dall'amministratore di rete e non cambiano automaticamente.

- **Routing Dinamico:** Gli itinerari vengono determinati automaticamente tramite protocolli di routing dinamico come RIP, OSPF, BGP, che si adattano ai cambiamenti nella rete.

- **Tipi di Routing:**

- **Routing Intra-dominio (Intra-AS):** Routing che avviene all'interno di una singola rete o sistema autonomo (AS). Esempi di protocolli: RIP, OSPF.
- **Routing Inter-dominio (Inter-AS):** Routing che avviene tra reti o sistemi autonomi distinti. Il protocollo più noto è BGP (Border Gateway Protocol).

### 0.2.2 2.2 Indirizzamento (Addressing)

Nel livello di rete, ogni dispositivo deve essere identificato univocamente tramite un indirizzo, noto come indirizzo IP (Internet Protocol).

- **Indirizzo IP:** Gli indirizzi IP permettono la comunicazione tra dispositivi su Internet o su altre reti. Un indirizzo IP è utilizzato per identificare in modo univoco un dispositivo nella rete.

- **IPv4:**

- **Formato a 32 bit:** L'indirizzo IPv4 è composto da quattro ottetti (32 bit), che possono essere rappresentati come quattro numeri decimali separati da punti (ad esempio, 192.168.1.1).
- **Spazio di indirizzamento limitato:** IPv4 supporta circa 4,3 miliardi di indirizzi unici.
- **Classificazione degli indirizzi IPv4:**
  - \* **Classi A, B, C:** Queste classi sono utilizzate per suddividere gli indirizzi IP in blocchi di dimensioni diverse, a seconda delle necessità.
  - \* **Classi D ed E:** La classe D è destinata ai gruppi multicast, mentre la classe E è riservata a scopi speciali.

- **IPv6:**

- **Formato a 128 bit:** IPv6 fornisce uno spazio di indirizzamento vastissimo, con un numero di indirizzi pari a  $2^{128}$ .
- **Indirizzi IPv6:** Ogni indirizzo IPv6 è rappresentato come una sequenza di 8 gruppi di 4 caratteri esadecimali separati da due punti (ad esempio, 2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334).
- **Tipi di indirizzi IPv6:**
  - \* **Unicast:** Comunicazione tra due dispositivi specifici (uno-a-uno).
  - \* **Anycast:** Il pacchetto viene inviato al nodo più vicino nella rete.
  - \* **Multicast:** Il pacchetto viene inviato a un gruppo di dispositivi.

### 0.2.3 2.3 Frammentazione e Riassemblaggio (Fragmentation and Re-assembly)

Il livello di rete gestisce la frammentazione dei pacchetti quando questi sono troppo grandi per passare attraverso una rete che supporta dimensioni di pacchetto più piccole.

- **IPv4:** Se un pacchetto è troppo grande per essere trasmesso, il router può frammentarlo in più pacchetti più piccoli. Ogni frammento ha un identificatore e un offset che permette di ricostruirlo correttamente.
- **IPv6:** La frammentazione è delegata al dispositivo mittente. I router IPv6 non frammentano i pacchetti, ma li scartano se sono troppo grandi.

### 0.2.4 2.4 Controllo della Congestione (Traffic Management)

Il controllo della congestione è essenziale per evitare che la rete venga saturata e per garantire che il traffico importante (come le chiamate VoIP) venga trasmesso in modo prioritario.

- **Congestione di rete:** La congestione si verifica quando il volume di traffico supera la capacità della rete, provocando rallentamenti e perdite di pacchetti.
- **QoS (Quality of Service):** QoS è un insieme di tecniche per gestire il traffico e garantire che i flussi di dati più critici (ad esempio, videochiamate, applicazioni in tempo reale) ricevano priorità nella trasmissione.

### 0.2.5 2.5 Segnalazione degli Errori (Error Reporting)

Il livello di rete è responsabile della segnalazione di errori nel processo di trasmissione dei pacchetti.

- **ICMP (Internet Control Message Protocol):** Viene utilizzato per inviare messaggi di errore e di diagnostica. I principali messaggi ICMP includono:
  - **Destination Unreachable:** La destinazione non è raggiungibile.
  - **Time Exceeded:** Il TTL (Time-to-Live) di un pacchetto è scaduto.
  - **Echo Request/Reply:** Utilizzati per la diagnostica (es. comando ping).

## 0.3 3. Protocolli del Livello di Rete

### 0.3.1 3.1 IPv4 (Internet Protocol versione 4)

IPv4 è il protocollo che gestisce l'indirizzamento e l'instradamento dei pacchetti di dati nella maggior parte delle reti IP.

- **Header IPv4:** L'header IPv4 è composto da diversi campi, tra cui:
  - **Versione e Lunghezza dell'Header:** Indica la versione del protocollo e la lunghezza dell'header.
  - **TTL (Time-to-Live):** Indica il numero massimo di salti che un pacchetto può fare prima di essere scartato.
  - **Indirizzi IP Sorgente e Destinazione:** Specificano gli indirizzi di origine e destinazione del pacchetto.
- **Frammentazione in IPv4:** Se la dimensione del pacchetto supera il limite della rete, i router possono frammentarlo in pacchetti più piccoli.

### 0.3.2 3.2 IPv6 (Internet Protocol versione 6)

IPv6 è stato progettato per risolvere i problemi di IPv4, in particolare la scarsità di indirizzi.

- **Vantaggi di IPv6:**
  - Ampio spazio di indirizzamento.
  - Semplificazione dell'header.
  - Eliminazione della necessità di NAT (Network Address Translation).
- **Header IPv6:** L'header di IPv6 è più semplice rispetto a IPv4, con meno campi e un nuovo campo opzionale chiamato Flow Label.

### 0.3.3 3.3 ICMP (Internet Control Message Protocol)

ICMP è utilizzato per inviare messaggi di errore e diagnostica nella rete.

- **Messaggi ICMP principali:**
  - **Echo Request/Reply:** Test di connettività di rete tramite il comando ping.
  - **Destination Unreachable:** Indica che la destinazione non è raggiungibile.
  - **Time Exceeded:** Indica che il TTL è scaduto.

### 0.3.4 3.4 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

DHCP è utilizzato per l'assegnazione dinamica degli indirizzi IP ai dispositivi di rete.

- **Fasi di DHCP:**
  - **DISCOVER:** Il client invia una richiesta per ottenere un indirizzo IP.
  - **OFFER:** Il server DHCP offre un indirizzo IP.
  - **REQUEST:** Il client accetta l'offerta.
  - **ACK:** Il server conferma l'assegnazione.

## 0.4 4. Algoritmi e Protocolli di Routing

### 0.4.1 4.1 Distance Vector (Bellman-Ford)

Il routing Distance Vector è un algoritmo semplice che consente ai router di determinare il percorso migliore tramite la comunicazione con i router vicini.

- **Caratteristiche:** Ogni router comunica solo con i router vicini e scambia informazioni sui percorsi.
- **Protocolli utilizzati:** RIP (Routing Information Protocol).
- **Problemi:** Convergenza lenta e rischio di loop di routing.

### 0.4.2 4.2 Link-State (Dijkstra)

Il routing Link-State è un algoritmo più sofisticato in cui i router costruiscono una mappa completa della rete e calcolano il percorso migliore.

- **Protocolli utilizzati:** OSPF (Open Shortest Path First).
- **Vantaggi:** Convergenza rapida e maggiore affidabilità rispetto ai Distance Vector.
- **Problemi:** Richiede risorse computazionali elevate.

### 0.4.3 4.3 Path-Vector (BGP)

BGP (Border Gateway Protocol) è un protocollo utilizzato per il routing interdominio.

- **Caratteristiche:** BGP utilizza il Path-Vector per selezionare il percorso migliore tra sistemi autonomi (AS).
- **Tipi:** eBGP (tra AS) e iBGP (dentro lo stesso AS).

## 0.5 5. IPv6: Nuove Caratteristiche

- **Spazio di indirizzamento:** Indirizzi IPv6 a 128 bit, permettendo una quantità praticamente infinita di indirizzi unici.
- **Flow Label:** Consente il trattamento prioritario di determinati flussi di traffico.
- **Hop Limit:** Funziona come il TTL in IPv4, limitando il numero di salti.
- **Autoconfigurazione:** Dispositivi in IPv6 possono autoconfigurarsi senza necessità di un server DHCP.