**Capitolo: Il Livello di Rete nel Modello OSI**

**1. Introduzione al Livello di Rete**

Il **livello di rete**, terzo strato del modello ISO/OSI, gestisce la trasmissione dei dati tra dispositivi situati su reti diverse, garantendo che i pacchetti arrivino correttamente a destinazione.

**Obiettivi principali**:

1. **Instradamento (Routing):** Determinazione del percorso ottimale per i pacchetti.
2. **Indirizzamento:** Identificazione univoca di ogni dispositivo nella rete.
3. **Frammentazione e Riassemblaggio:** Adattamento delle dimensioni dei pacchetti ai limiti fisici delle reti.
4. **Gestione del traffico:** Controllo del flusso dati per evitare congestioni.
5. **Segnalazione degli errori:** Notifica di problemi relativi alla trasmissione.

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

**2. Funzioni del Livello di Rete**

1. **Instradamento (Routing):**
   * **Definizione:** Processo di selezione del miglior percorso attraverso cui i pacchetti viaggiano da sorgente a destinazione.
   * **Metodi:** Utilizzo di **tabelle di routing**, aggiornate dinamicamente (protocolli di routing dinamico) o impostate manualmente (routing statico).
   * **Tipi di Routing:**
     + **Intra-dominio:** Routing all'interno di una singola organizzazione o sistema autonomo (es. RIP, OSPF).
     + **Inter-dominio:** Routing tra diverse organizzazioni o sistemi autonomi (es. BGP).
2. **Indirizzamento:**
   * **Indirizzi logici:** L'assegnazione di indirizzi logici (es. IP) identifica univocamente ogni dispositivo.
   * **IPv4:**
     + Formato a 32 bit: 4,3 miliardi di indirizzi.
     + Classificazione degli indirizzi: A, B, C, D (Multicast), E (Riservato).
   * **IPv6:**
     + Formato a 128 bit: 2^128 indirizzi.
     + Tipi di indirizzi: Unicast, Anycast, Multicast.
3. **Frammentazione e Riassemblaggio:**
   * **IPv4:** I router possono frammentare pacchetti troppo grandi per la rete di destinazione.
   * **IPv6:** La frammentazione è gestita esclusivamente dal dispositivo mittente.
4. **Gestione del traffico:**
   * **Congestione:** Tecniche di controllo per evitare sovraccarichi di rete.
   * **QoS (Qualità del Servizio):** Assegnazione di priorità ai flussi di traffico critici (es. videochiamate).
5. **Segnalazione degli errori:**
   * Protocolli come ICMP notificano errori relativi all'indirizzamento o al routing, come la destinazione irraggiungibile o il superamento del TTL.

**3. Protocolli del Livello di Rete**

**3.1 IPv4 (Internet Protocol versione 4)**

* **Header IPv4:**
  + Campi principali: Versione, Lunghezza, TTL, Indirizzo sorgente e destinazione, Protocollo.
* **Frammentazione:** I pacchetti frammentati contengono un ID unico e offset per il riassemblaggio.
* **Limiti di IPv4:** Scarso spazio di indirizzamento, necessità del NAT, frammentazione inefficiente.

**3.2 IPv6 (Internet Protocol versione 6)**

* **Vantaggi rispetto a IPv4:**
  + Spazio di indirizzamento molto più ampio.
  + Header semplificato per migliorare le prestazioni.
  + Introduzione di nuovi concetti, come la **Flow Label**.
* **Eliminazione del NAT:** Ogni dispositivo può avere un indirizzo univoco.

**3.3 ICMP (Internet Control Message Protocol)**

* **Funzione:** Diagnostica e segnalazione di errori nella trasmissione dei pacchetti.
* **Messaggi principali:**
  + **Destination Unreachable:** Destinazione non raggiungibile.
  + **Time Exceeded:** TTL scaduto.
  + **Echo Request/Reply:** Utilizzati nel comando ping.

**3.4 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)**

* **Scopo:** Assegnazione automatica di indirizzi IP, subnet mask, gateway, e DNS.
* **Fasi:** DISCOVER, OFFER, REQUEST, ACK.

**3.5 NAT (Network Address Translation)**

* **Definizione:** Traduce indirizzi IP privati in un unico indirizzo pubblico.
* **Tipi:**
  + NAT statico.
  + NAT dinamico.
  + PAT (Port Address Translation).

**4. Algoritmi e Protocolli di Routing**

1. **Distance Vector (Bellman-Ford):**
   * Ogni router comunica solo con i vicini.
   * Problemi: Convergenza lenta, conteggio all'infinito.
2. **Link-State (Dijkstra):**
   * Ogni router costruisce una mappa completa della rete.
   * Richiede risorse computazionali elevate.
3. **Path-Vector:**
   * Utilizzato da BGP per applicare politiche di instradamento tra sistemi autonomi.

**5. Protocolli di Routing**

**5.1 RIP (Routing Information Protocol)**

* **Caratteristiche:**
  + Basato su Distance Vector.
  + Limite massimo: 15 hop.
* **Limiti:** Convergenza lenta, non scalabile.

**5.2 OSPF (Open Shortest Path First)**

* **Caratteristiche:**
  + Basato su Link-State.
  + Suddivisione delle reti in aree.
  + Convergenza rapida.

**5.3 BGP (Border Gateway Protocol)**

* **Caratteristiche:**
  + Protocollo inter-dominio.
  + Utilizza Path-Vector.
  + Tipi: eBGP (tra AS), iBGP (all'interno di un AS).

**6. IPv6: Nuove Caratteristiche**

1. **Spazio degli indirizzi:** 128 bit, rappresentazione esadecimale.
2. **Tipi di indirizzi:**
   * Unicast: Comunicazione uno-a-uno.
   * Anycast: Invia al nodo più vicino.
   * Multicast: Invia a un gruppo di nodi.
3. **Flow Label:** Permette una gestione ottimizzata dei flussi.
4. **Hop Limit:** Simile al TTL in IPv4.

**7. Tecnologie di Transizione tra IPv4 e IPv6**

1. **Dual-Stack:** Supporto simultaneo per IPv4 e IPv6.
2. **Tunneling:** Incapsulamento di pacchetti IPv6 in IPv4.
3. **Traduzione:** Conversione tra protocolli IPv4 e IPv6.

**8. Conclusioni**

Il livello di rete rappresenta il cuore della comunicazione tra dispositivi su reti diverse, garantendo che i dati arrivino correttamente e in modo efficiente a destinazione. L'evoluzione da IPv4 a IPv6 affronta i limiti di scalabilità, semplifica la gestione e prepara le reti per le esigenze future, come IoT e streaming ad alte prestazioni.