

# Il Livello di Collegamento nel Modello OSI

## 1 Introduzione al Livello di Collegamento

Il livello di collegamento (Layer 2) del modello OSI è responsabile della trasmissione affidabile dei dati tra due dispositivi direttamente collegati all'interno dello stesso segmento di rete. Questo livello si occupa principalmente di fornire un mezzo di comunicazione tra due dispositivi su un collegamento fisico condiviso, garantendo che i dati possano essere trasmessi senza errori e con un flusso sincronizzato.

### 1.1 Obiettivi principali

- **Framing:** Suddivide i dati ricevuti dal livello di rete in unità chiamate frame.
- **Indirizzamento fisico:** Identifica univocamente i dispositivi tramite gli indirizzi MAC.
- **Controllo degli errori:** Rileva e corregge gli errori che potrebbero verificarsi durante la trasmissione dei dati.
- **Controllo del flusso:** Sincronizza la velocità di trasmissione tra il mittente e il destinatario per evitare che si verifichino perdite di dati.
- **Accesso al mezzo trasmissivo:** Gestisce l'accesso ai media trasmissivi condivisi tramite l'uso di specifici protocolli.

## 2 Sottolivelli del Livello di Collegamento

Il livello di collegamento è suddiviso in due sottolivelli principali, ciascuno con compiti specifici e funzionalità che garantiscono la corretta trasmissione dei dati.

### 2.1 LLC (Logical Link Control)

- **Interfaccia al livello di rete:** L'LLC fornisce un'interfaccia tra il livello di collegamento e il livello di rete, consentendo la trasmissione dei dati tra i vari protocolli di rete (come IPv4 e IPv6) su un unico collegamento fisico.
- **Multiplexing dei protocolli:** L'LLC gestisce il multiplexing, permettendo a più protocolli di operare simultaneamente sulla stessa connessione fisica.
- **Servizi affidabili o non affidabili:** Può offrire una trasmissione affidabile (con conferma di ricezione) o non affidabile, a seconda delle esigenze applicative.

## 2.2 MAC (Media Access Control)

- **Gestione dell'accesso al mezzo trasmissivo:** Il sottolivello MAC gestisce come i dispositivi accedono al canale di comunicazione condiviso, assicurandosi che la trasmissione avvenga in modo ordinato.
- **Indirizzamento tramite MAC:** Ogni dispositivo sulla rete è identificato da un indirizzo MAC unico, utilizzato per inviare e ricevere frame.
- **Prevenzione delle collisioni:** Il MAC implementa protocolli per evitare o gestire le collisioni, come il CSMA/CD (in Ethernet) e il CSMA/CA (in Wi-Fi).

## 3 Funzioni del Livello di Collegamento

Il livello di collegamento svolge diverse funzioni cruciali per garantire una comunicazione affidabile e sicura tra dispositivi.

### 3.1 Framing

- **Definizione:** La funzione di framing implica la suddivisione dei dati in unità chiamate frame. Ogni frame include informazioni di controllo e i dati stessi.
- **Composizione di un frame:**
  - **Header:** Include informazioni come gli indirizzi MAC di sorgente e destinazione.
  - **Dati:** Il payload trasportato dal frame, generalmente i dati del livello di rete (come pacchetti IPv4 o IPv6).
  - **Trailer:** Contiene il checksum o il CRC (Cyclic Redundancy Check), che permette di rilevare errori nel frame durante la trasmissione.

### 3.2 Indirizzamento Fisico

- **Indirizzo MAC:** Un indirizzo fisico univoco di 48 bit assegnato a ciascun dispositivo di rete al momento della sua fabbricazione. Viene rappresentato in formato esadecimale, ad esempio: `00:1A:2B:3C:4D:5E`.
- **Caratteristiche:** Gli indirizzi MAC sono statici e non modificabili, sebbene alcuni dispositivi possano supportare l'adozione di indirizzi MAC virtuali o "spoofing" in particolari contesti.

### 3.3 Controllo degli Errori

- **CRC (Cyclic Redundancy Check):** Un algoritmo utilizzato per verificare l'integrità dei dati trasmessi. Il mittente calcola un valore CRC e lo include nel trailer del frame. Il destinatario esegue lo stesso calcolo per verificare che i dati non siano stati alterati durante il trasferimento.
- **Gestione degli errori:**
  - **Ritrasmissione automatica (ARQ):** Un meccanismo che consente al destinatario di richiedere la ritrasmissione dei frame danneggiati.
  - **Scarto del frame errato:** Se un frame contiene errori, viene scartato e non elaborato dal destinatario.

### 3.4 Controllo del Flusso

- **Scopo:** Sincronizzare il mittente e il destinatario per evitare la perdita di dati causata da un flusso di trasmissione troppo veloce o troppo lento.
- **Tecniche di controllo del flusso:**
  - **Stop-and-Wait:** Il mittente invia un frame e attende una conferma (ACK) prima di inviare il prossimo frame.
  - **Sliding Window:** Permette al mittente di inviare più frame prima di ricevere un'ACK, aumentando l'efficienza del flusso.

### 3.5 Gestione dell'Accesso al Mezzo Trasmissivo

Il livello di collegamento gestisce l'accesso ai mezzi trasmissivi condivisi, come cavi Ethernet o onde radio nel caso del Wi-Fi.

- **Accesso Controllato:**
  - **Token Passing:** Solo il dispositivo che possiede il "token" può trasmettere dati, evitando collisioni (es. in reti Token Ring).
  - **Polling:** Un dispositivo centrale (come un controller) interroga gli altri dispositivi per determinare chi può trasmettere.
- **Accesso Conteso:**
  - **CSMA/CD:** Tecnica per evitare collisioni nelle reti Ethernet.
  - **CSMA/CA:** Usata in Wi-Fi per prevenire collisioni tramite l'ascolto e la gestione della trasmissione.

## 4 Protocolli del Livello di Collegamento

### 4.1 Ethernet

- **Standard:** IEEE 802.3.
- **Caratteristiche:**
  - Supporta velocità che vanno da 10 Mbps fino a 400 Gbps.
  - Topologia comune: Star (con switch) o Bus (per vecchie reti).
- **Frame Ethernet:**
  - **Preambolo:** Sincronizzazione del frame.
  - **Indirizzi MAC:** Sorgente e destinazione.
  - **Tipo/EtherType:** Indica il protocollo di livello superiore (es. IPv4, IPv6).
  - **Dati:** Payload con dimensione massima di 1500 byte.
  - **CRC:** Controllo degli errori.

### 4.2 Wi-Fi (Wireless LAN)

- **Standard:** IEEE 802.11.
- **Caratteristiche:**
  - Comunicazione wireless tramite onde radio.
  - Gestione delle collisioni tramite CSMA/CA.
- **Frame Wi-Fi:**
  - **Indirizzi MAC:** Fino a 4 indirizzi per gestire sorgente, destinazione, e dispositivi intermedi (come il router).
  - **Frame di controllo:** Includono beacon e dati.

### 4.3 PPP (Point-to-Point Protocol)

- **Utilizzo:** Connessioni punto-a-punto come modem o collegamenti WAN.
- **Caratteristiche:**
  - Fornisce autenticazione (es. PAP, CHAP).
  - Supporta protocolli multipli tramite multiplexing.

#### 4.4 HDLC (High-Level Data Link Control)

- **Utilizzo:** Linee punto-a-punto e reti WAN.
- **Caratteristiche:**
  - Basato su frame, supporta controllo del flusso e gestione degli errori.
  - Modalità operative: Normal Response Mode (NRM), Asynchronous Balanced Mode (ABM).

### 5 Servizi del Livello di Collegamento

#### 5.1 Trasmissione Affidabile

- Alcuni protocolli (es. HDLC, PPP) offrono meccanismi di ritrasmissione per garantire l'affidabilità, mentre Ethernet lascia la gestione degli errori al livello superiore.

#### 5.2 Qualità del Servizio (QoS)

- Alcuni protocolli come Ethernet supportano la prioritizzazione del traffico, utile per applicazioni sensibili come VoIP e video streaming.

#### 5.3 Multiplexazione

- Permette la condivisione dello stesso mezzo trasmissivo da parte di più protocolli di livello superiore.

### 6 Problemi Comuni e Soluzioni

#### 6.1 Collisioni

- **Problema:** In reti condivise, i dispositivi possono inviare dati contemporaneamente, causando collisioni.
- **Soluzione:** Protocolli di accesso come CSMA/CD o CSMA/CA per gestire e prevenire collisioni.

#### 6.2 Frame Persi o Danneggiati

- **Problema:** I frame possono essere persi o danneggiati a causa di errori fisici o di interferenze.
- **Soluzione:** Utilizzo di tecniche di controllo degli errori come il CRC e la ritrasmissione.