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

**1. Introduzione al Livello di Collegamento**

Il **livello di collegamento**, secondo strato del modello ISO/OSI, si occupa della trasmissione affidabile dei dati tra due dispositivi direttamente collegati nello stesso segmento di rete.

**Obiettivi principali**:

1. **Framing:** Suddivide i dati ricevuti dal livello di rete in frame.
2. **Indirizzamento fisico:** Identifica i dispositivi tramite indirizzi MAC.
3. **Controllo degli errori:** Rilevazione e correzione degli errori durante la trasmissione.
4. **Controllo del flusso:** Sincronizza il ritmo di trasmissione tra mittente e destinatario.
5. **Accesso al mezzo trasmissivo:** Gestisce l'accesso ai media condivisi tramite protocolli specifici.

**2. Sottolivelli del Livello di Collegamento**

Il livello di collegamento è suddiviso in due sottolivelli principali:

1. **LLC (Logical Link Control):**
   * Fornisce un'interfaccia al livello di rete.
   * Gestisce il multiplexing dei protocolli (es. IPv4, IPv6) su un unico collegamento fisico.
   * Offre servizi di trasmissione affidabili o non affidabili.
2. **MAC (Media Access Control):**
   * Gestisce l'accesso al mezzo trasmissivo.
   * Utilizza indirizzi MAC per identificare univocamente i dispositivi.
   * Implementa protocolli per evitare collisioni nei media condivisi.

**3. Funzioni del Livello di Collegamento**

1. **Framing:**
   * **Definizione:** Suddivisione del flusso di dati in unità denominate **frame**.
   * **Composizione di un frame:**
     + Header: Include informazioni come indirizzo MAC sorgente e destinazione.
     + Dati: Carico utile proveniente dal livello di rete.
     + Trailer: Contiene il checksum per rilevare errori.
2. **Indirizzamento Fisico:**
   * **Indirizzo MAC (Media Access Control):**
     + Lunghezza: 48 bit, rappresentato in formato esadecimale (es. 00:1A:2B:3C:4D:5E).
     + Statico, assegnato al momento della fabbricazione della scheda di rete.
3. **Controllo degli Errori:**
   * **Ciclo di Ridondanza (CRC):** Algoritmo utilizzato per rilevare errori nei frame ricevuti.
   * **Metodi di gestione degli errori:**
     + Ritrasmissione automatica (ARQ – Automatic Repeat reQuest).
     + Scarto del frame errato.
4. **Controllo del Flusso:**
   * Sincronizza il mittente e il destinatario per prevenire la perdita di dati.
   * Tecniche:
     + Stop-and-Wait: Il mittente attende l'ACK per ogni frame inviato.
     + Sliding Window: Consente di inviare più frame prima di ricevere un ACK.
5. **Gestione dell'Accesso al Mezzo Trasmissivo:**
   * Fondamentale in reti condivise come Ethernet o Wi-Fi.
   * **Protocolli principali:**
     + CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection): Utilizzato in Ethernet cablata.
     + CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance): Utilizzato in Wi-Fi per evitare collisioni.

**4. Protocolli del Livello di Collegamento**

**4.1 Ethernet**

* **Standard:** IEEE 802.3.
* **Caratteristiche:**
  + Supporta velocità da 10 Mbps fino a 400 Gbps.
  + Topologie: Star o Bus.
* **Frame Ethernet:**
  + Preambolo: Sincronizzazione del frame.
  + Indirizzo MAC sorgente e destinazione.
  + Tipo/EtherType: Identifica il protocollo di livello superiore (es. IPv4, IPv6).
  + Dati: Payload massimo di 1500 byte.
  + CRC: Controllo degli errori.

**4.2 Wi-Fi (Wireless LAN)**

* **Standard:** IEEE 802.11.
* **Caratteristiche:**
  + Comunicazione senza fili tramite onde radio.
  + Gestione delle collisioni tramite CSMA/CA.
* **Frame Wi-Fi:**
  + Indirizzi MAC multipli (fino a 4): Sorgente, destinazione, router intermedio.
  + Informazioni di controllo del protocollo (es. frame di beacon, 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 il controllo del flusso e la gestione degli errori.
  + Modalità operative: Normal Response Mode (NRM), Asynchronous Balanced Mode (ABM).

**5. Tecniche di Accesso al Mezzo**

1. **Accesso Controllato:**
   * **Token Passing:** Solo il dispositivo con il token può trasmettere (es. Token Ring).
   * **Polling:** Un dispositivo centrale controlla l'accesso.
2. **Accesso Conteso:**
   * **CSMA/CD:** Rileva collisioni e ritrasmette i frame dopo un ritardo casuale.
   * **CSMA/CA:** Tenta di evitare collisioni, utilizzato in reti wireless.

**6. Servizi del Livello di Collegamento**

1. **Trasmissione Affidabile:**
   * Non tutti i protocolli di livello 2 offrono garanzie di trasmissione (es. Ethernet non lo garantisce).
   * Protocolli come HDLC o PPP forniscono meccanismi di ritrasmissione per garantire l'affidabilità.
2. **Qualità del Servizio (QoS):**
   * Prioritizzazione del traffico in base al tipo di frame (es. VoIP o video streaming).
   * Implementato in standard avanzati come Ethernet IEEE 802.1p.
3. **Multiplazione:** Consente la condivisione dello stesso mezzo trasmissivo tra più protocolli di livello superiore.

**7. Problemi Comuni e Soluzioni**

1. **Collisioni:**
   * Problema in reti condivise.
   * Soluzione: Adozione di protocolli di accesso come CSMA/CD o CSMA/CA.
2. **Frame Persi o Danneggiati:**
   * Rilevati tramite checksum (CRC).
   * Soluzione: Ritrasmissione automatica (ARQ).
3. **Congestione del Mezzo:**
   * Risolto tramite tecniche di controllo del flusso (Stop-and-Wait, Sliding Window).

**8. Conclusioni**

Il livello di collegamento è cruciale per garantire la comunicazione tra dispositivi nello stesso segmento di rete, occupandosi della trasmissione affidabile dei dati, della gestione degli errori e dell'accesso al mezzo trasmissivo. Protocolli come Ethernet e Wi-Fi hanno standardizzato l'implementazione del livello 2, rendendolo essenziale per il funzionamento delle reti moderne.