

Problematiche Fondamentali

La contesa del canale si verifica quando più stazioni cercano di trasmettere simultaneamente sullo stesso mezzo fisico. Le principali sfide sono:

1. Collisioni

- Si verificano quando due o più stazioni trasmettono contemporaneamente
- Causano corruzione dei dati e necessità di ritrasmissione
- Riducono significativamente l'efficienza della rete

2. Problemi Specifici delle Reti Wireless

- Hidden Terminal Problem: stazioni che non possono rilevare le trasmissioni l'una dell'altra
- Exposed Terminal Problem: stazioni che si astengono dal trasmettere quando potrebbero farlo

Protocolli di Accesso al Mezzo

1. ALOHA

- Protocollo pionieristico sviluppato all'Università delle Hawaii
- Due varianti principali:

Pure ALOHA

- Le stazioni trasmettono immediatamente quando hanno dati
- In caso di collisione, attendono un tempo casuale prima di riprovare
- Efficienza teorica massima: 18%

Slotted ALOHA

- Il tempo è diviso in slot discreti
- Le trasmissioni possono iniziare solo all'inizio di uno slot
- Raddoppia l'efficienza rispetto al Pure ALOHA (37%)

2. CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Le stazioni ascoltano il canale prima di trasmettere
- Varianti principali:

Varianti non-persistenti

1-persistent CSMA

- Se il canale è libero, trasmette immediatamente (probabilità 1)
- Se occupato, continua a monitorare e trasmette appena si libera
- Problema: alta probabilità di collisione quando più stazioni attendono
- Efficiente con basso carico, prestazioni degradano con alto traffico

p-persistent CSMA

- Se il canale è libero, trasmette con probabilità p
- Se non trasmette (probabilità $1-p$), attende uno slot e riprova
- Riduce le collisioni rispetto a 1-persistent
- La scelta di p è critica per le prestazioni
- Tipicamente $p = 1/(\text{numero stimato di stazioni})$

non-persistent CSMA

- Se il canale è occupato, attende un tempo casuale prima di riprovare
- Non monitora continuamente il canale durante l'attesa
- Riduce il carico sulla rete
- Può introdurre latenze maggiori
- Migliore con alto traffico

Problematiche CSMA

1. Propagation Delay Effect
 - Il sensing non è istantaneo
 - Una stazione potrebbe rilevare libero mentre un'altra sta già trasmettendo
 - Finestra di vulnerabilità proporzionale al tempo di propagazione
2. Capture Effect
 - Stazioni più vicine al ricevitore hanno vantaggio
 - Segnali più forti possono "catturare" il canale
 - Può portare a iniquità nell'accesso
3. Overhead di Sensing
 - Tempo speso nel monitoraggio del canale
 - Energia consumata nel sensing continuo
 - Particolarmente rilevante in reti di sensori

CSMA/CD (Collision Detection)

- Usato principalmente in Ethernet cablato
- Processo:
 1. Ascolta il canale

2. Se libero, inizia a trasmettere
3. Continua a monitorare durante la trasmissione
4. Se rileva collisione, interrompe e invia jamming signal
5. Applica algoritmo di backoff esponenziale

CSMA/CA (Collision Avoidance)

- Utilizzato nelle reti wireless (IEEE 802.11)
- Processo:
 1. Ascolta il canale
 2. Se libero, attende DIFS (DCF InterFrame Space)
 3. Esegue conteggio alla rovescia (contention window)
 4. Se il canale rimane libero, trasmette
 5. Se riceve ACK, successo; altrimenti riprova

3. Protocolli Basati su Token

- Approccio deterministico senza collisioni
- Un token speciale circola tra le stazioni
- Solo chi possiede il token può trasmettere
- Esempi: Token Ring, Token Bus

Tecniche Avanzate

1. CDMA (Code Division Multiple Access)

- Usa codici univoci per ogni stazione
- Permette trasmissioni simultanee sulle stesse frequenze
- Richiede sincronizzazione precisa e controllo della potenza
- Usato in sistemi cellulari

2. RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send)

- Meccanismo per mitigare il problema del terminale nascosto
- Sequenza:
 1. Sender invia RTS
 2. Receiver risponde con CTS
 3. Area intorno a entrambi viene riservata
 4. Trasmissione può procedere con meno rischio di collisioni

Analisi delle Prestazioni

Metriche di Valutazione

1. Throughput

- Dipende fortemente dal carico offerto
- Varia con il numero di stazioni attive
- Influenzato dalla lunghezza dei pacchetti

2. Fairness (Equità)

- Accesso equo per tutte le stazioni
- Problemi con stazioni distanti o nascoste
- Bilanciamento tra efficienza e equità

3. Stabilità

- Comportamento con carico crescente
- Gestione della congestione
- Recupero da situazioni di sovraccarico

Trade-off di Design

- Semplicità vs Prestazioni
- Latenza vs Throughput
- Equità vs Efficienza
- Overhead vs Affidabilità

Considerazioni Pratiche

Efficienza vs Complessità

- Protocolli più sofisticati offrono maggiore efficienza
- Maggiore complessità implica costi più elevati
- La scelta dipende dai requisiti specifici:
 - Numero di stazioni
 - Pattern di traffico
 - Requisiti di QoS
 - Vincoli hardware

Evoluzione e Tendenze

- Integrazione di multiple tecniche di accesso
- Adattamento dinamico alle condizioni del canale
- Ottimizzazione per specifici casi d'uso (IoT, 5G, etc.)