



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli

Reti di Calcolatori e Cybersecurity

Data Link Layer

Ing. Vincenzo Abate

Servizi Data link

Framing ed accesso al link:

- Incapsulamento di datagrammi all'interno di frame, aggiunta di campi di intestazione (header e trailer)
- Gestione dell'accesso al canale, in caso di mezzo condiviso
- Utilizzo di 'indirizzi fisici'^(MAC) all'interno delle frame, per identificare nodo sorgente e destinazione (NB: diversi dagli indirizzi di rete!)

Trasferimento affidabile dei dati tra due dispositivi fisicamente connessi:

- Utile soprattutto in caso di collegamenti con alta probabilità di errore, quali i link wireless

Controllo di flusso:

- Per regolare la velocità di trasmissione tra mittente e destinatario

Servizi Data link

Rilevazione degli errori:

- Errori causati da attenuazione del segnale o da presenza di rumore (interferenza)
- Il ricevente rileva la presenza di errori e:
 - Segnala tale evento al mittente...
 - ...oppure elimina la frame ricevuta

Correzione degli errori:

- Il ricevente identifica e corregge errori su alcuni bit della frame, evitando ritrasmissioni da parte del mittente

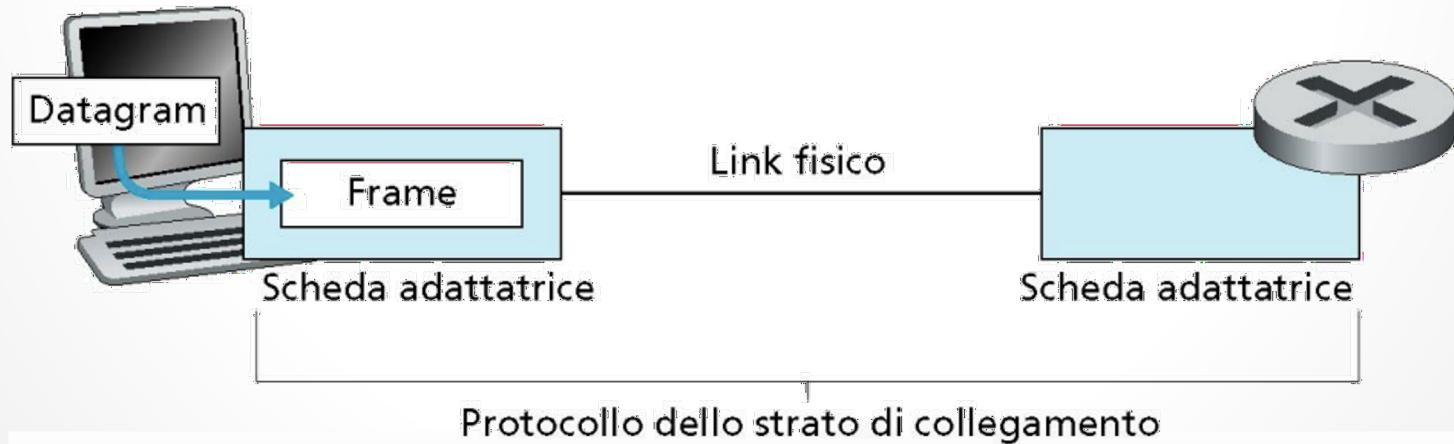
Trasferimento dati di tipo half-duplex o full-duplex

Interfacce di rete

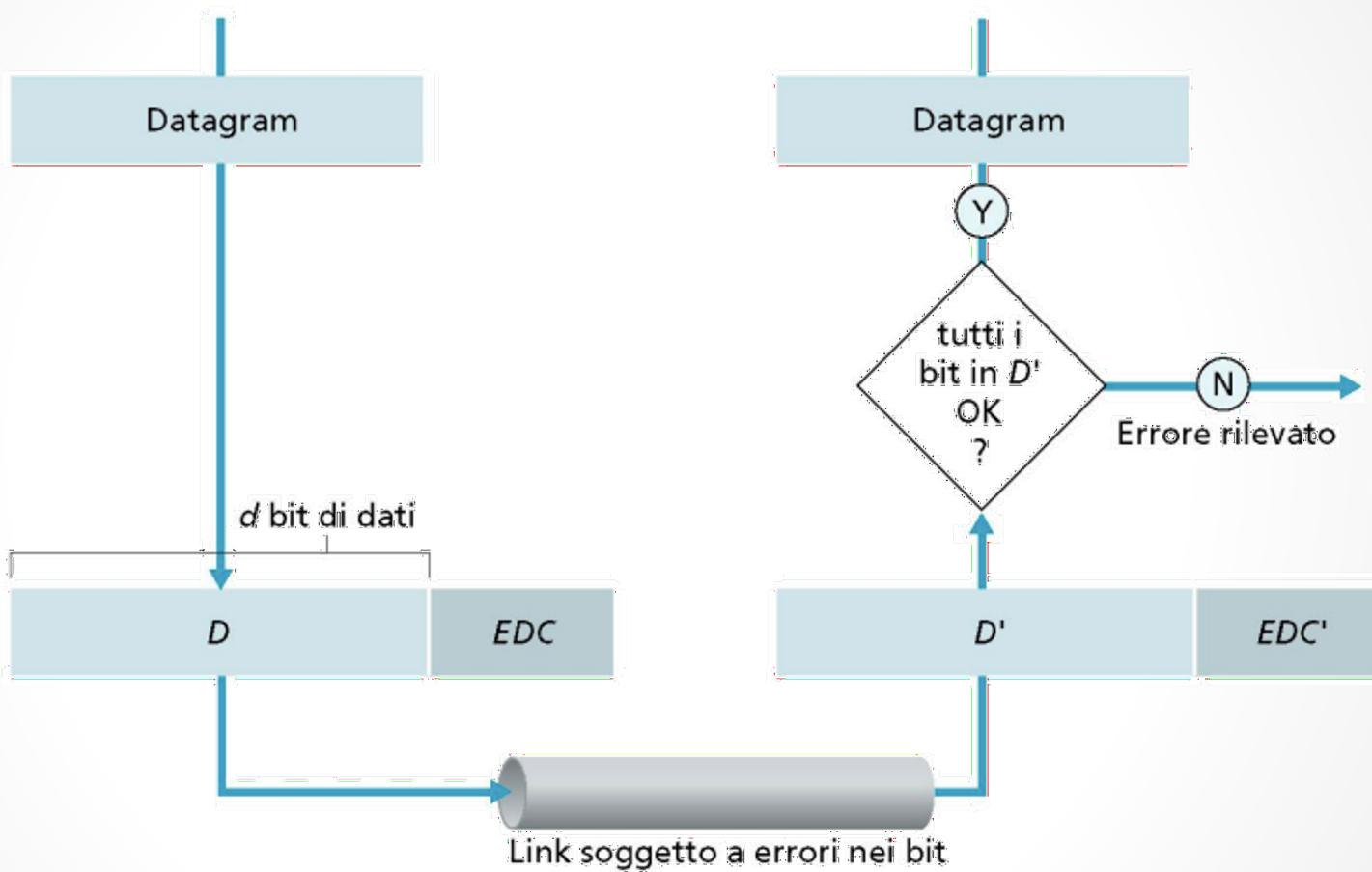
Schede di rete

Un adattatore è un circuito (es: scheda PCMCIA) che si occupa di:

- Ricevere datagram dallo strato di rete
- Incapsulare i datagram ricevuti all'interno di frame
- Trasmettere le frame all'interno del link di comunicazione
- In ricezione, effettuare le operazioni inverse...



Rilevazione Errori



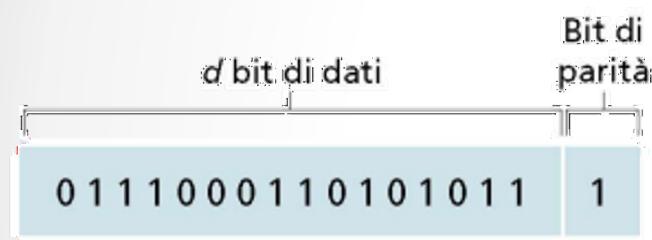
EDC: Error Detection & Correction

D: Dati

Controllo parità

Parità ad un bit:

Rilevazione errori su un singolo bit



Un solo bit uno per ogni byte, ma poi dove va un errore

1 quando il bit xx di 1 è Piu

Parità a due bit:

Rilevazione e correzione di errori su un singolo bit

Rilevazione di errori su due bit

Parità di riga			
Parità di colonna	$d_{1,1}$	\dots	$d_{1,j}$
	$d_{2,1}$	\dots	$d_{2,j}$
	\vdots	\ddots	\vdots
	$d_{i,1}$	\dots	$d_{i,j}$
	\vdots	\ddots	\vdots
	$d_{i+1,1}$	\dots	$d_{i+1,j}$

Nessun errore

1	0	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Punto dei due

Errore correggibile
del singolo bit

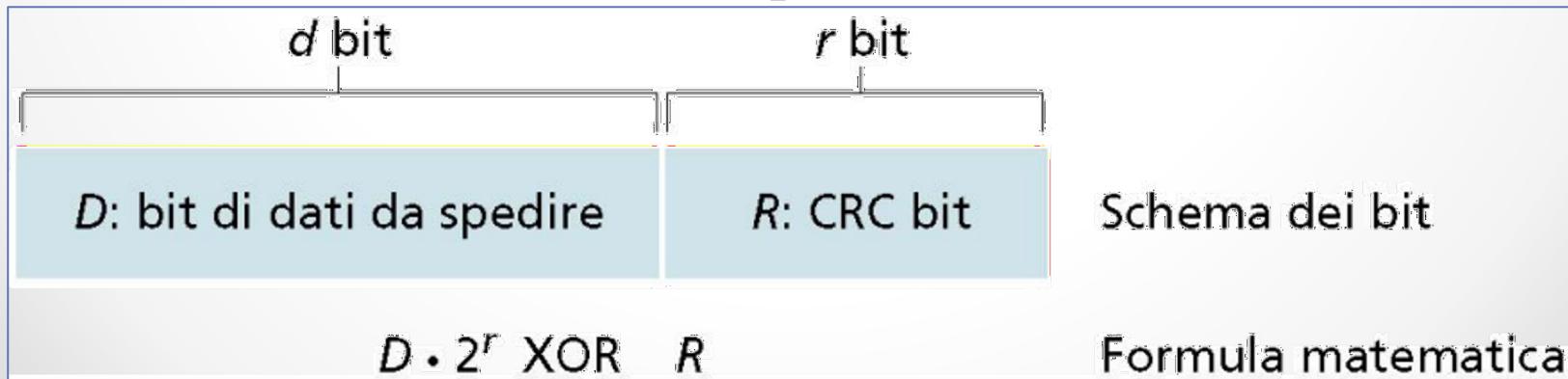
1	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0

Errore
di parità

Errore
di parità

CRC - cyclic redundancy check

- Si considerano i bit di dati, D, come un numero binario
- Si sceglie un opportuno pattern di $r+1$ bit (generatore), G
- Obiettivo: scegliere r bit di controllo CRC, R, tali che:
 - $\langle D, R \rangle$ sia divisibile esattamente per G (modulo 2)
 - Il ricevente, che deve conoscere G, divide $\langle D, R \rangle$ per G:
 - Se il resto della divisione non è nullo: – errore rilevato!
- Con tale tecnica si possono rilevare tutti gli errori che coinvolgono meno di $r+1$ bit
- Il CRC è molto utilizzato nella pratica, al livello data link



Tipologie di link di rete

- Due tipi di “link”:

Punto-punto:

- Point to Point Protocol – PPP
- Serial Line IP – SLIP

Broadcast:

- mezzo condiviso ha protocolli che definiscono un mezzo condiviso (es. Cavo, wireless).
 - Ethernet
 - Wireless LAN WiFi
 - Satellite
 - Reti cellulari
 - Ecc.

Generazione che limita corrisponde su molto non mancano giochi

Protocolli di accesso multiplo

- Un unico canale di comunicazione condiviso
- Due o più trasmissioni simultanee da parte dei nodi della rete:
 - interferenza
 - Solo un nodo può inviare dati con successo!

Protocolli di accesso multiplo:

- Un algoritmo distribuito determina le modalità di condivisione del canale, vale a dire quando una stazione può trasmettere
- Le comunicazioni per regolare l'accesso al canale utilizzano il canale stesso!
- Caratteristiche di un protocollo di accesso multiplo:
 - Sincrono o asincrono
 - Necessità di informazioni riguardanti le altre stazioni
 - Robustezza (ad esempio, in relazione agli errori sul canale)
 - Prestazioni

Protocolli di accesso multiplo

Channel Partitioning (suddivisione del canale)

- Suddivide il canale in “porzioni” più piccole (slot temporali o di frequenza)
- Ogni nodo gode dell’uso esclusivo di una di tali porzioni

Random Access

- Consente collisioni dovute a trasmissioni simultanee
- Gestisce le collisioni

Taking turns

- Coordina opportunamente l’accesso al mezzo, in modo da evitare le collisioni

Protocolli di accesso multiplo - **Obiettivi**

Per un canale con velocità di R bit/sec:

Se un solo nodo ha dati da inviare:

- Quel nodo ha un throughput di R bit/sec

Se M nodi hanno dati da spedire:

- Ognuno di essi ha un throughput medio di R/M bit/sec

Il protocollo per la gestione dell'accesso è distribuito:

- Assenza di “**single points of failure**”

Il protocollo è semplice:

- **Implementazione economica**



Protocolli di suddivisione del canale: TDMA

Time Division Multiple Access

L'accesso al canale avviene a "cicli":

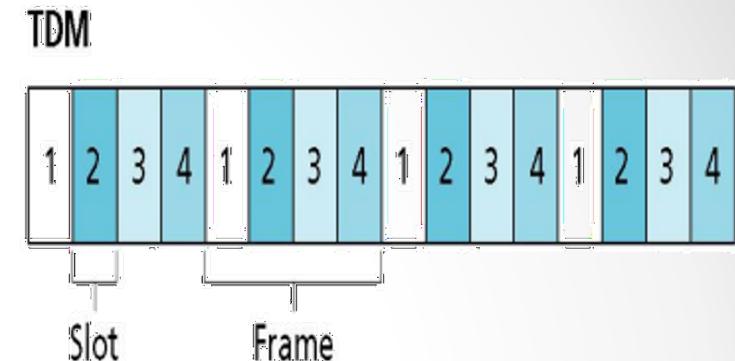
- Ogni stazione ottiene uno slot di trasmissione di lunghezza fissa in ogni ciclo
- Gli slot inutilizzati da una stazione vanno deserti

Vantaggi:

- Elimina le collisioni
- È equo

Svantaggi:

- Throughput max per un nodo, in una rete con N stazioni:
 - R/N bit/sec anche se il nodo in esame è l'unico ad avere frame da spedire
- Un nodo deve sempre aspettare il suo turno nella sequenza di trasmissione



Legenda:



Tutti gli slot etichettati "2" sono dedicati a una specifica coppia sender-receiver

Protocolli di suddivisione del canale: FDMA

Frequency Division Multiple Access

Lo spettro di trasmissione è diviso in bande di frequenza

Ad ogni stazione è assegnata una banda di frequenza fissa

Il tempo di trasmissione inutilizzato nelle singole bande di frequenza risulta sprecato

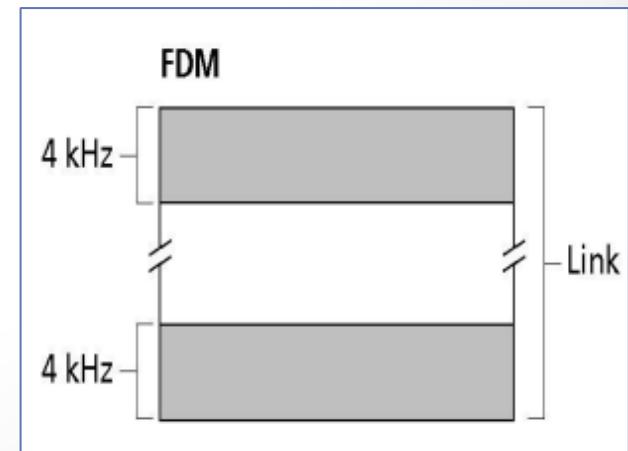
L'utile è comunque $\frac{R}{N}$

Vantaggi:

Come per il TDMA

Svantaggi:

Come per il TDMA



Protocolli di suddivisione del canale: CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access)

- Un codice unico è assegnato ad ogni utente:
 - code set partitioning
- Usato principalmente nei canali wireless di tipo broadcast (reti cellulari, satellitari, ecc.)
- Tutti gli utenti condividono la stessa frequenza di trasmissione, ma ognuno di essi possiede un codice unico (noto come "chipping sequence") per codificare i dati
- segnale codificato = (dati originali) \times (chipping sequence)
- decodifica: prodotto scalare del segnale codificato e della chipping sequence
 - scalare
- Consente a diversi nodi di trasmettere simultaneamente, riducendo al minimo l'interferenza nel caso in cui si siano scelti codici "ortogonali"

Dati che passano sono "ortogonali fra loro", cioè
il prodotto non dà problema

Protocolli ad accesso casuale

Quando un nodo ha un pacchetto da trasmettere:

- Trasmette alla massima velocità consentita dal canale
- Non esiste nessuna forma di coordinamento a priori tra i nodi

Trasmissione simultanea di due o più nodi:

- Collisione!

Un protocollo ad accesso casuale specifica:

- Come rilevare le collisioni
- Come risolvere le collisioni:
 - Es: tecniche di ritrasmissione delle frame

Esempi di protocolli random access:

- slotted ALOHA
- ALOHA
- CSMA e CSMA/CD

Slotted ALOHA

Tutti i pacchetti sono lunghi L bit e il tempo è diviso in slot di uguale durata (L/R s)

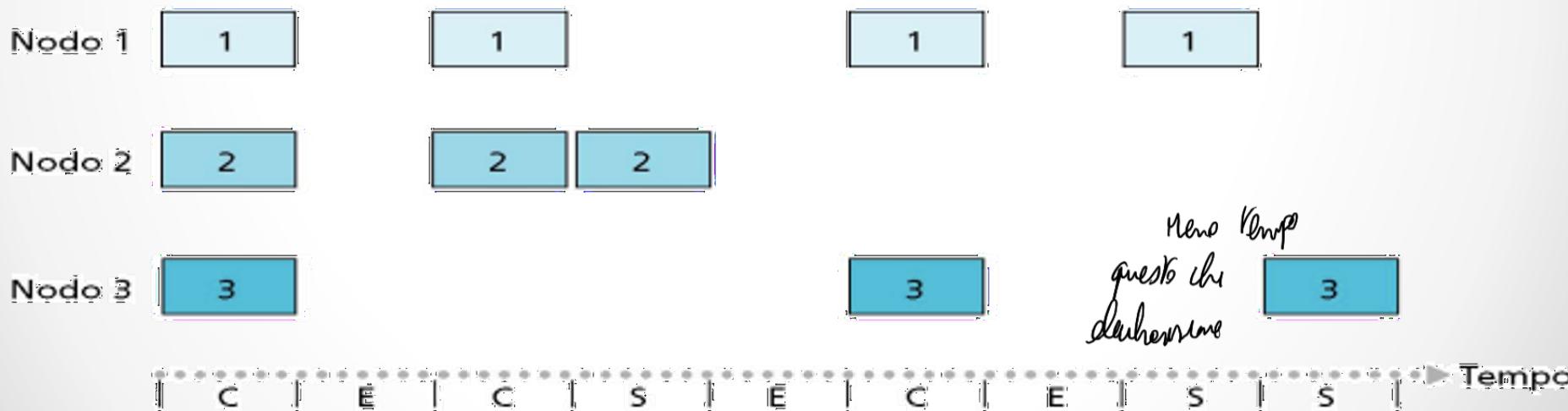
Se un nodo ha dati disponibili per la trasmissione:

- Trasmette all'inizio del primo slot disponibile*

In caso di collisione:

Aspetto $k\Delta t$ e riprovo

- Ritrasmette il pacchetto negli slot successivi con probabilità p , finché la trasmissione non va a buon fine



Legenda:

C = Slot con collisione; E = Slot vuoto; S = Slot con successo

* Tutti i nodi sono sincronizzati: sanno quando iniziano gli slot

ALOHA Puro

ALOHA “unslotted”:

Non c'è slot.

- Più semplice

- Non richiede sincronizzazione:

In trasmissione:

- Invia la frame non appena i dati sono disponibili

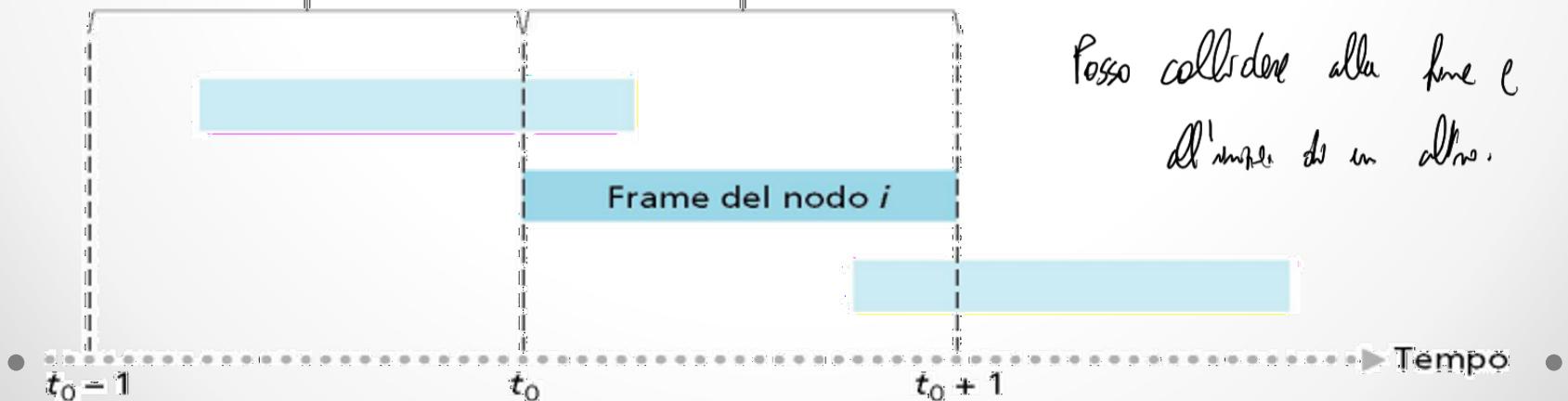
La probabilità di collisione raddoppia:

- Una frame inviata al tempo t_0 può collidere con altre frame inviate in $[t_0 - 1, t_0 + 1]$

Si sovrappone
con l'inizio del
frame di i

Si sovrappone
con la fine del
frame di i

Posso collidere alla fine e
all'inizio di un altro.



CSMA: Carrier sense multiple access

Sentire prima di trasmettere

CSMA: "Ascolta prima di parlare" (listen before talking):

Se il canale è libero - Trasmetti la frame

Se il canale è occupato - Rimanda la trasmissione

CSMA persistente: *Tipo 1*

Riprova immediatamente con probabilità p quando il canale si libera

↓
Scelgo tempo con approccio probabilistico

CSMA non persistente: *Tipo 2*

Riprova dopo un intervallo casuale

CSMA/CD: Collisioni

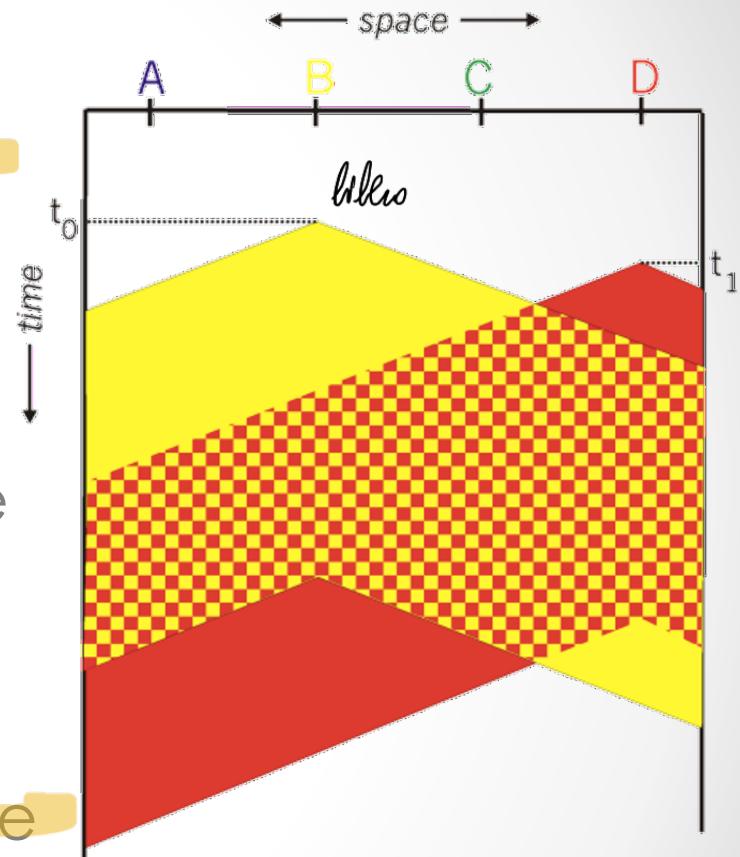
Col CSMA si possono avere collisioni:

- Il ritardo di propagazione fa sì che due nodi possano non ascoltare le reciproche trasmissioni

In caso di collisione:

- Il tempo di trasmissione della frame risulta completamente sprecato

La distanza ed il ritardo di propagazione concorrono a determinare la probabilità di collisione



Nodo invia a trasmettere:
Info deve prima propagarsi.
Gli altri non sanno che
sto trasmettere.

CSMA/CD: CSMA con Collision Detection

CSMA/CD:

“Ascolta mentre parli” (listen while talking):

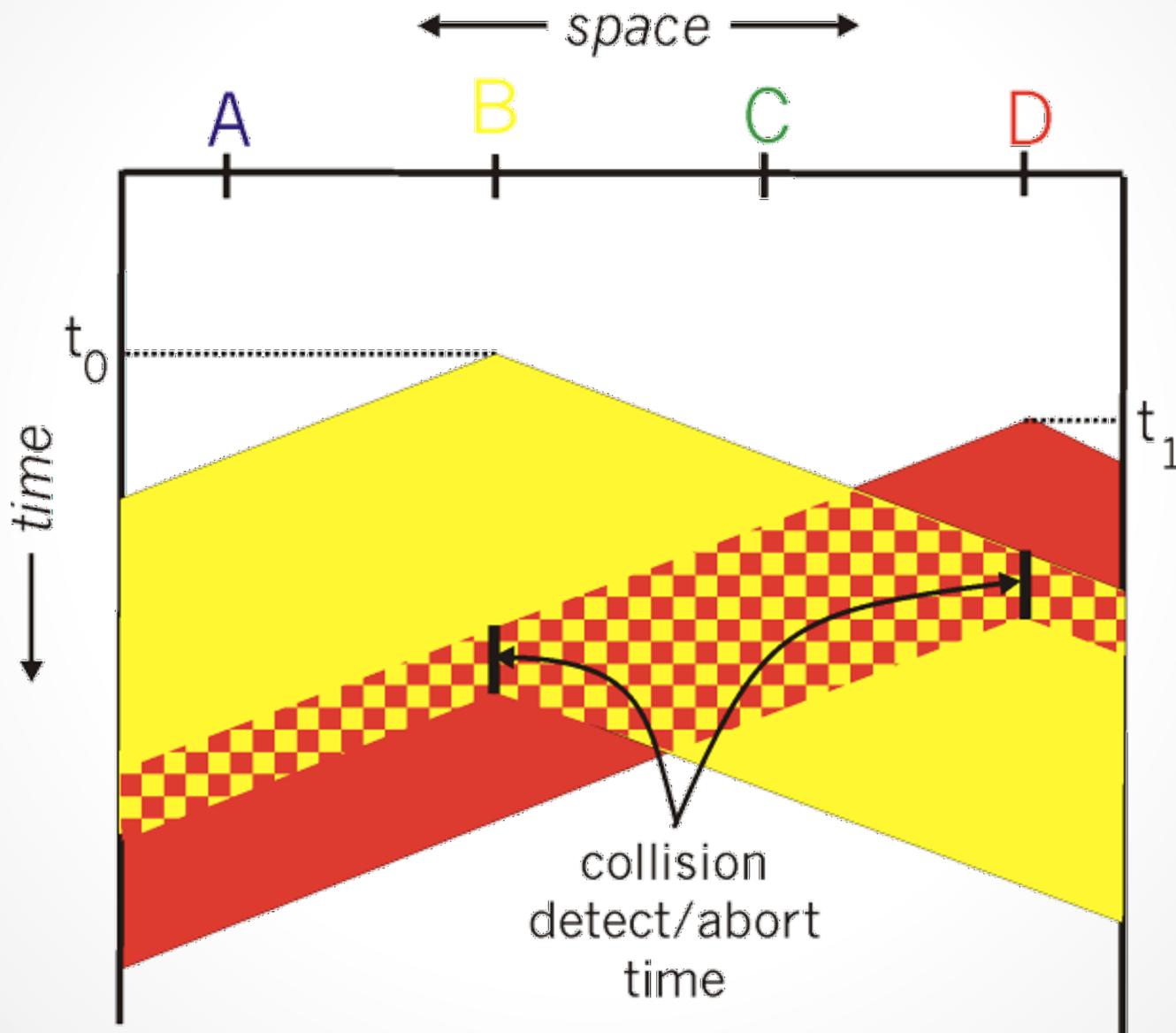
- Analogico al CSMA, ma in più:
 - Rileva le collisioni durante la trasmissione
 - Le trasmissioni che collidono vengono terminate, riducendo lo spreco di risorse del canale trasmittivo
- Ritrasmissioni persistenti o non persistenti

Collision Detection:

- Si misura la potenza del segnale ricevuto e la si compara con quella del segnale trasmesso

Non spreca tempo di trasmissione

CSMA/CD: funzionamento



Protocolli di tipo “Taking Turns”

Protocolli “channel partitioning”:

- Condivisione efficiente del canale con carico elevato
- Poco efficienti con carico leggero:
 - Ritardo nell'accesso al canale
 - Banda pari ad $1/N$ anche se solo uno degli N nodi presenti è attivo!

Protocolli “random access”:

- Efficienti con carico leggero:
 - Un singolo nodo può utilizzare a pieno il canale
- Carico elevato:
 - Overhead dovuto alla presenza di collisioni

Protocolli “taking turns”:

- Cercano di prendere il meglio dai due approcci precedenti!

Tipici Protocolli “Taking Turns”

Polling:

- Un nodo master “invita” I nodi slave a trasmettere in maniera alternata
- Impiego di messaggi del tipo “Request to Send”, “Clear to Send”
“Reqs HandNc”, “Spcnd”
- Problemi da affrontare:
 - Overhead dovuto al polling
 - Latenza
 - Presenza di un single point of failure (master)

Token passing:

- Un “gettone” (token) di controllo viene passato da un nodo al successivo in maniera sequenziale
- Il possesso del token dà diritto a trasmettere
- Problemi da affrontare:
 - Overhead nella gestione del token
 - Latenza
 - Presenza di un single point of failure (token)

