



Politecnico di Milano

Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Reti Locali

Generalità

Accesso Multiplo (+ cenni di teoria del traffico)



LAN

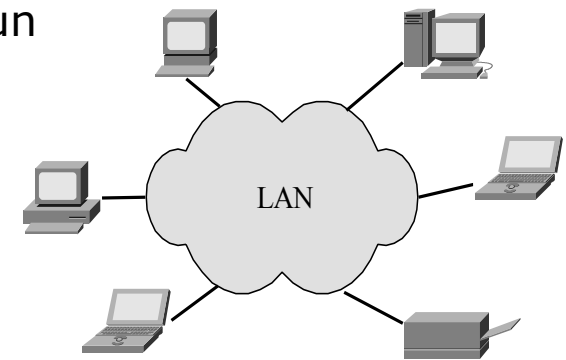
Caratteristiche

□ Definizione

- Sistema di comunicazione tra apparecchiature indipendenti entro un'area limitata che utilizza un canale fisico ad alta capacità con basso tasso d'errore

□ Attributi di una LAN

- Affidabilità: schede di LAN oggi prodotte con garanzia illimitata
- Flessibilità: utilizzate per applicazioni molto diverse (LAN di PC, integrazione PC-mainframe, ecc.)
- Modularità: componenti di diversi costruttori utilizzabili
- Espandibilità: crescita graduale della rete nel tempo
- Economicità: elemento chiave per la diffusione delle LAN
 - **Elevata condivisione delle risorse installate**
 - **→ Livello di servizio percepito dipendente dal traffico generato in ingresso**



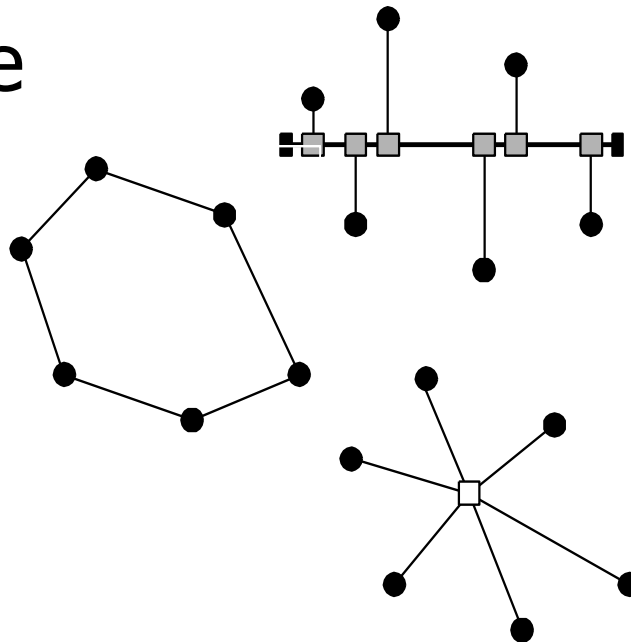


Topologie di rete

□ Mezzo trasmissivo "broadcast"

□ Topologie di rete

- Bus
- Anello
- Stella



□ Comunicazione tra stazioni realizzata mediante "indirizzamento"

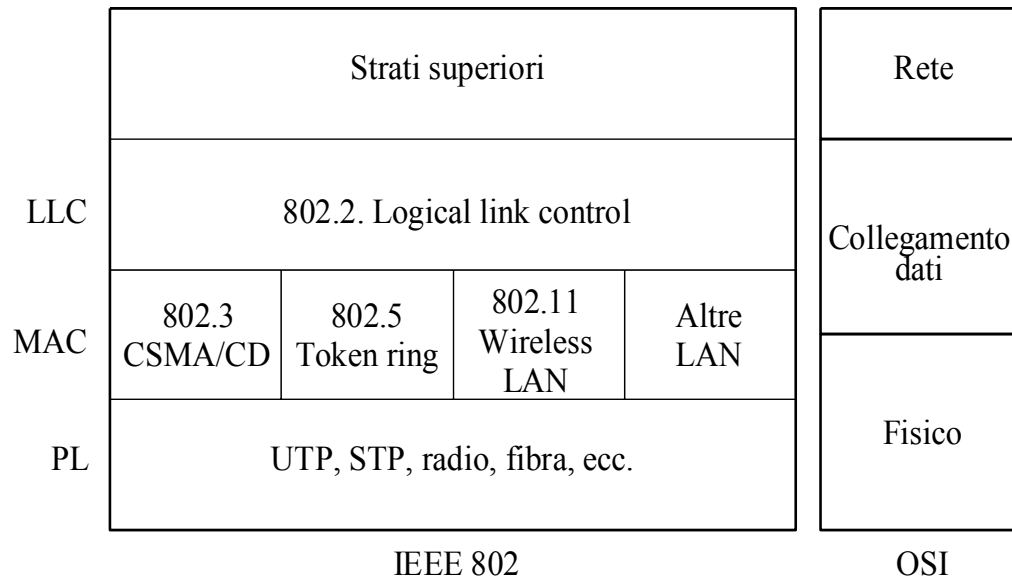


LAN

Il progetto IEEE 802

- Comitati IEEE per standardizzare l'evoluzione delle LAN (e MAN)
 - 802.1 Overview, Architecture, Bridging and Management
 - 802.2 Logical Link Control
 - 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
 - 802.3u 100BaseT; 802.3z 1000BaseT
 - 802.5 Token Ring
 - 802.11 Wireless network

□ Struttura del progetto IEEE 802





Politecnico di Milano

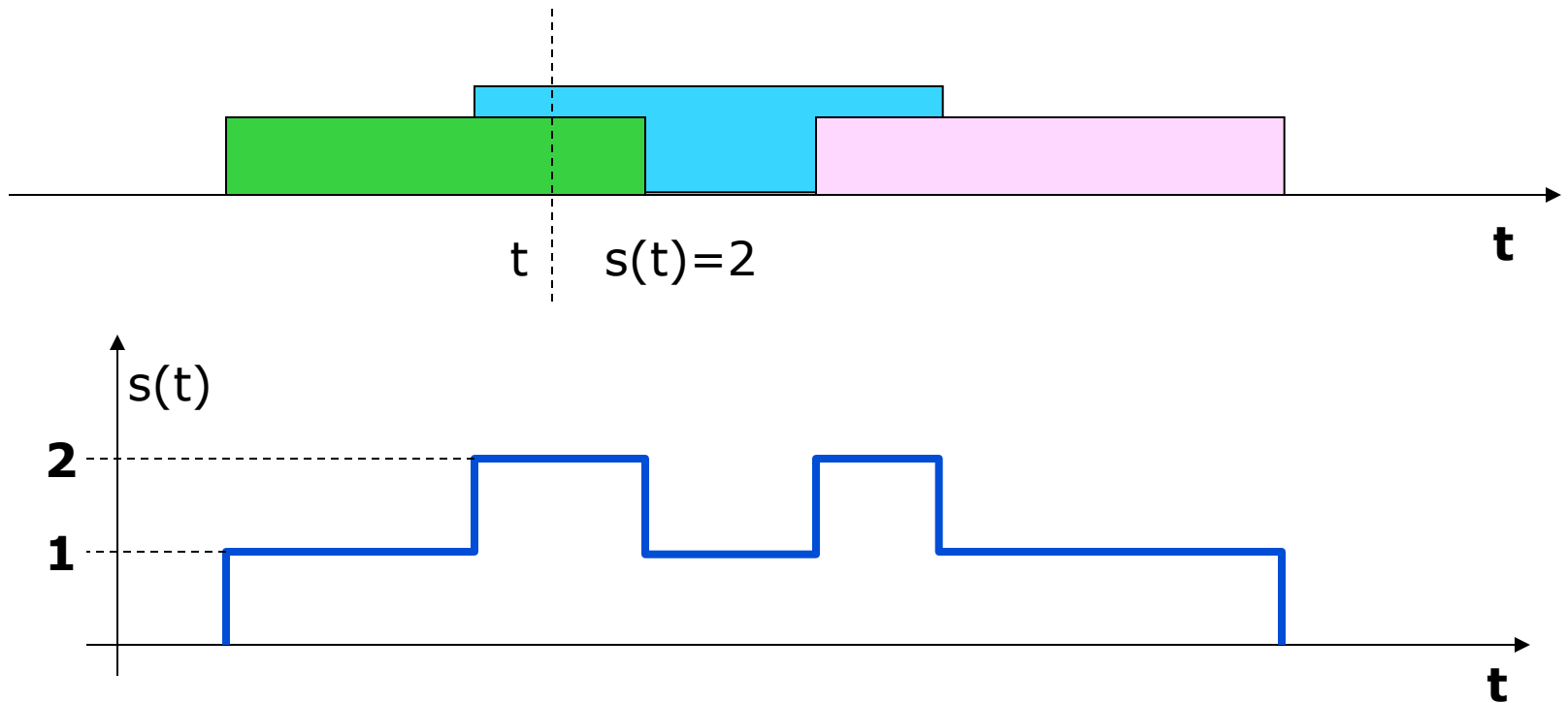
Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Cenni di Teoria del Traffico



Il Traffico istantaneo

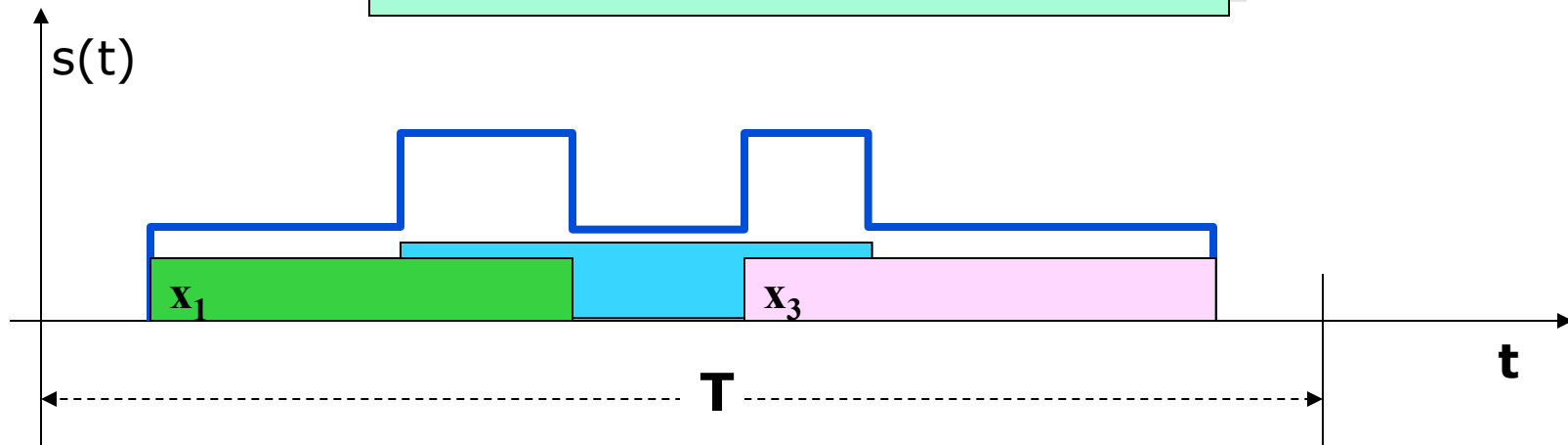
- Il "traffico" istantaneo in t è il numero di messaggi $s(t)$ in corso su un canale al tempo t





Il traffico medio in T

$$\underline{s}(T) = 1/T \int_T s(t) dt$$



Risulta

$$\int_T s(t) dt = \sum_i x_i \quad \text{in } T$$



Risultato di Little

$$\underline{s}(T) = \frac{\int_T s(t) dt}{T} = \frac{\frac{\sum_i x_i}{n}}{\frac{n}{T}}$$

\underline{x} $\underline{\lambda}$

- $\underline{\lambda}$ frequenza media degli inizi messaggi (tx/sec)
- \underline{x} durata media dei messaggi (sec.)

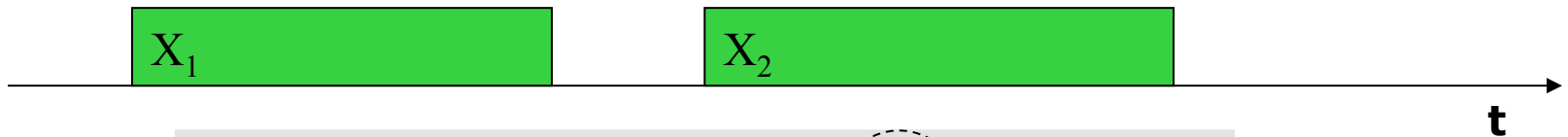
$$\underline{s}(T) = \underline{\lambda}(T) \underline{x}(T)$$

- *S non ha dimensione*
- *Il traffico si misura in Erlang*



Traffico bistato

- Nel caso in cui le trasmissioni non possono sovrapporsi



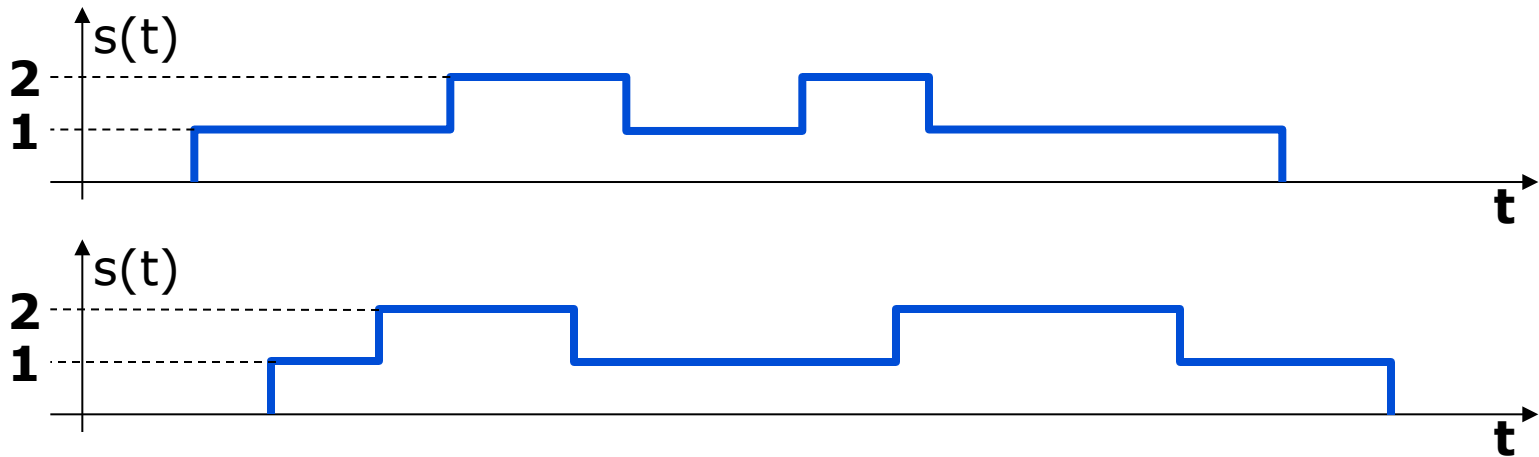
$$\underline{s}(T) = \frac{\int_T s(t) dt}{T} = \frac{\sum_i x_i}{T}$$

- è la frazione di tempo in cui le trasmissioni sono attive



Il Traffico come processo casuale

- In realtà il “traffico” istantaneo $s(t)$ è un processo casuale



- $s(T)$, $x(T)$ e $\lambda(T)$ sono variabili casuali
- Di solito si considerano le medie d'insieme $E[\dots]$



Il Traffico come processo casuale

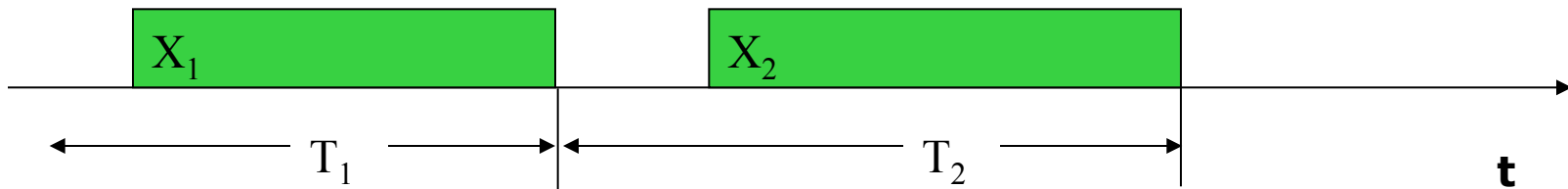
- In condizioni di stazionarietà le medie non dipendono da T
 - $E[s(T)] = S$
 - $E[x(T)] = X$
 - $E[\lambda(T)] = \Lambda$
- e si ha così

$$S = \Lambda X$$



Il Traffico come processo casuale

- Nel caso in cui le trasmissioni non possono sovrapporsi



$$S = \frac{E[X]}{E[T]}$$

$$S = \Pr[\text{canale on}]$$

- è la frazione di tempo (probabilità) in cui le trasmissioni sono attive



Efficienza

- ❑ Il traffico massimo smaltibile è un parametro importante
- ❑ Nel caso di singoli canali il massimo traffico consentito dai protocolli (da 0 a 1) riflette l'efficienza con cui i protocolli usano il canale
- ❑ E' chiaro che il traffico smaltito dipende dal traffico in ingresso che deve essere trasmesso sul canale
- ❑ E' necessaria una modellazione del traffico in ingresso: **modello di sorgente**

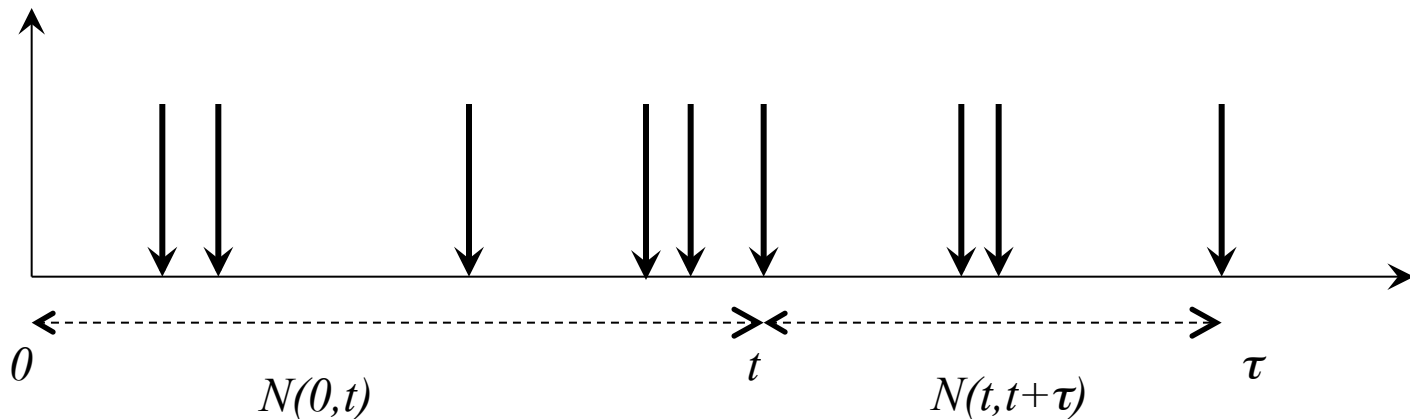


Sorgente: Arrivi di Poisson

□ E' il processo casuale **più semplice** che descrive l'occorrenza di punti (es. inizio trasmissioni) casuali sull'asse temporale

■ Descrizione:

□ $N(t, t+\tau)$ numero di punti nell'intervallo $[t, t+\tau]$





Sorgente: Arrivi di Poisson

- La probabilità che il numero di punti di Poisson $N(t, t + \tau)$ in un intervallo temporale fra t e $t + \tau$ sia k , è pari a:

$$P[N(t, t + \tau) = k] = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}$$

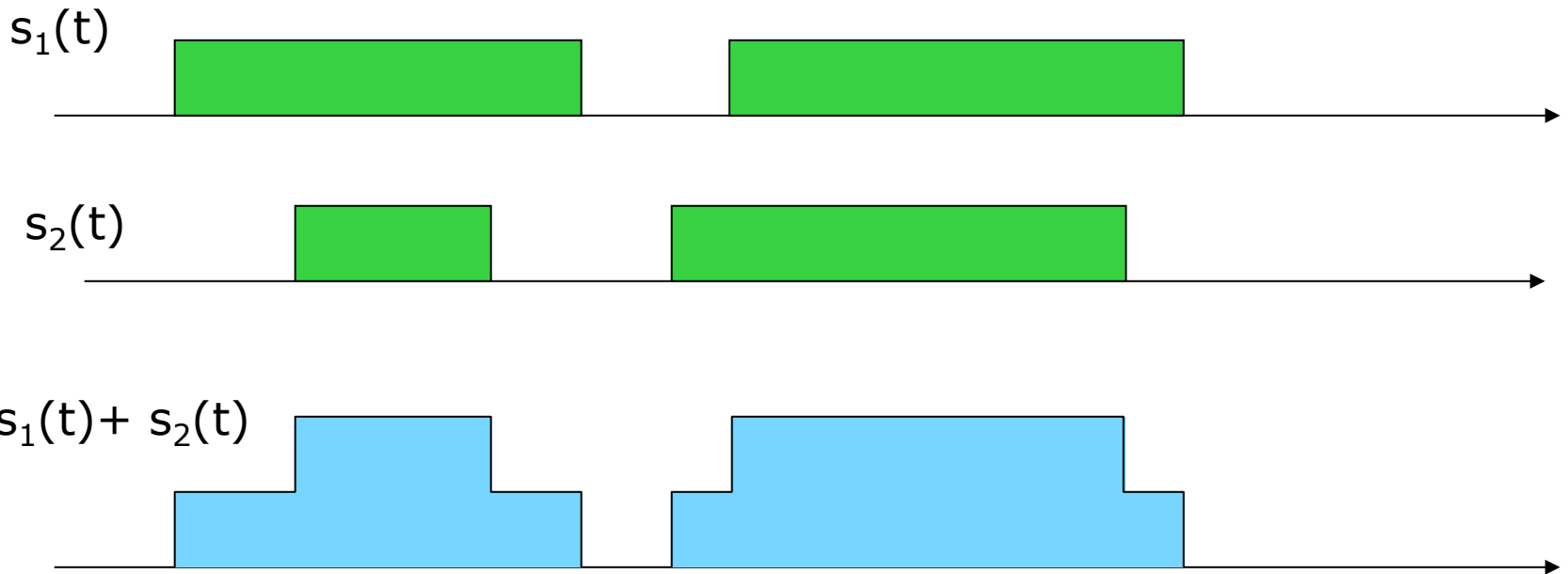
- con media

$$E[N(t, t + \tau)] = \lambda\tau$$

- Dunque $\lambda = E[N]/\tau$ è la frequenza media degli arrivi



Composizione di traffici di sorgenti bistato



- Se un utente genera un traffico stazionario *bistato* con media s
 - Bistato $\rightarrow s =$ probabilità attività sorgente
- n utenti sovrapposti generano un traffico con media $S=ns$



Modello di popolazione finita

- n utenti sovrapposti generano un traffico multistato con distribuzione binomiale di media $S=ns$
- Infatti la probabilità che al tempo t il traffico valga k è che ci siano k utenti attivi:

$$P[s(t) = k] = \binom{n}{k} s^k (1-s)^{n-k} \quad k = 0, 1, \dots, n$$

- Probabilità s utenti con attività media s trasmettano simultaneamente, ma anche:
 - Probabilità k sessioni verso un server contemporaneamente attive? Sì.
 - Probabilità k processi simultaneamente in esecuzione su una CPU? Sì e No.



Popolazione infinita

- Quando il numero delle sorgenti componenti cresce senza limiti...
 - a somma $S=ns$ costante ($s \rightarrow 0$)
- Il traffico risultante è distribuito secondo Poisson

$$P[s(t) = k] = \frac{s^k}{k!} e^{-s} \quad k = 0, 1, 2, \dots$$



Politecnico di Milano

Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

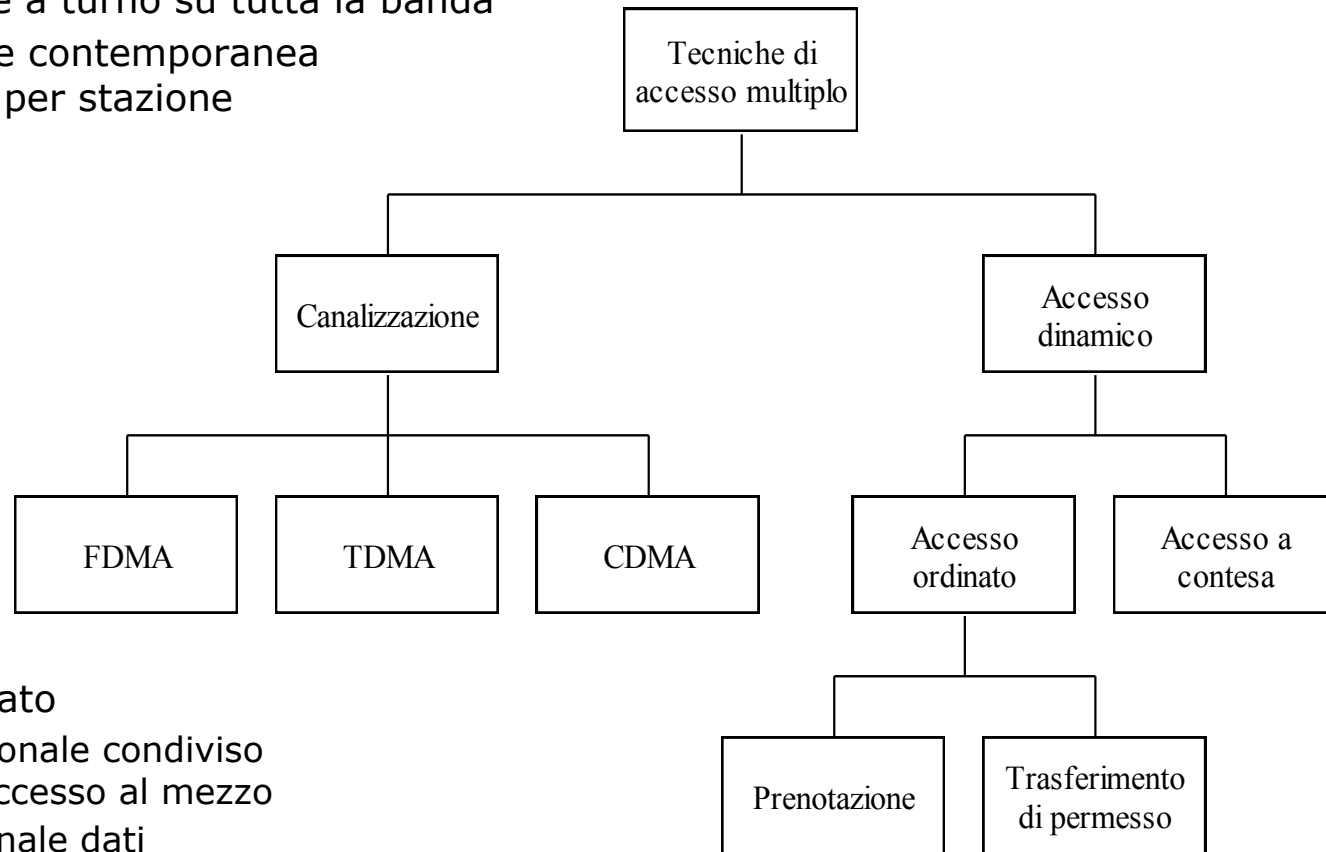
Protocolli di Accesso Multiplo



Tecniche di accesso multiplo

Canalizzazione

- FDMA: trasmissione contemporanea su bande diverse
- TDMA: trasmissione a turno su tutta la banda
- CDMA: trasmissione contemporanea con "codici" diversi per stazione



Accesso dinamico

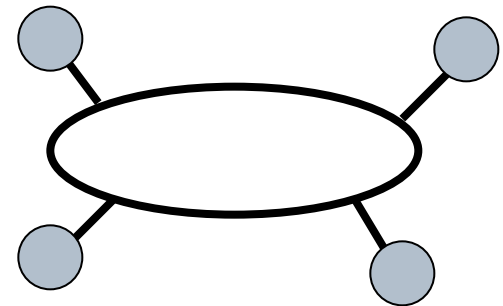
- Controllo centralizzato
 - Canale unidirezionale condiviso per richiedere accesso al mezzo
 - Canale bidirezionale dati
- Controllo distribuito
 - Canale bidirezionale dati



L'Accesso Multiplo Dinamico

- E' lo strumento con cui diversi terminali sullo stesso mezzo broadcast coordinano le trasmissioni in modo logico
- Rispetto all'accesso multiplo a livello fisico (canalizzazione) offre la possibilità di variare la banda in modo dinamico (un utente può usare la banda non usata dagli altri)

Rete broadcast





Accesso Multiplo Dinamico: Tassonomia

- I protocolli di accesso multiplo si possono classificare in:
 - Accesso Ordinato
 - Gli utenti accedono in modo preordinato (periodico)
 - Accesso Casuale
 - Gli utenti accedono in modo non preordinabile
 - Facendo uso di procedure che si basano sull'uso del caso (numeri casuali)



Politecnico di Milano

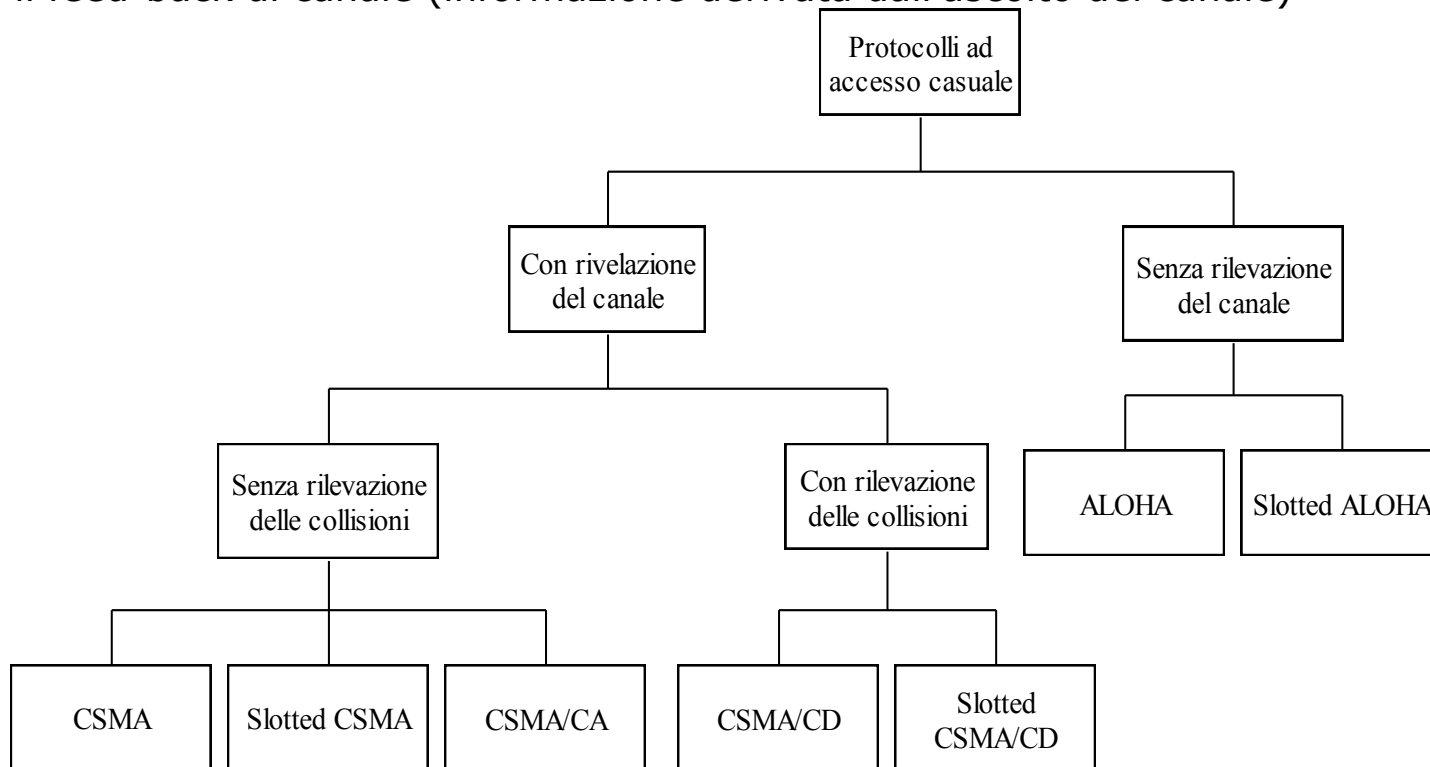
Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Protocolli ad Accesso Casuale



I protocolli ad accesso casuale

- I protocolli ad accesso casuale (o a contesa)
 - rinunciano ad un esplicito coordinamento
 - accettando le collisioni (risolte introducendo un meccanismo casuale)
- I protocolli si differenziano per
 - il modo con cui risolvono le collisioni e
 - il feed-back di canale (informazione derivata dall'ascolto del canale)



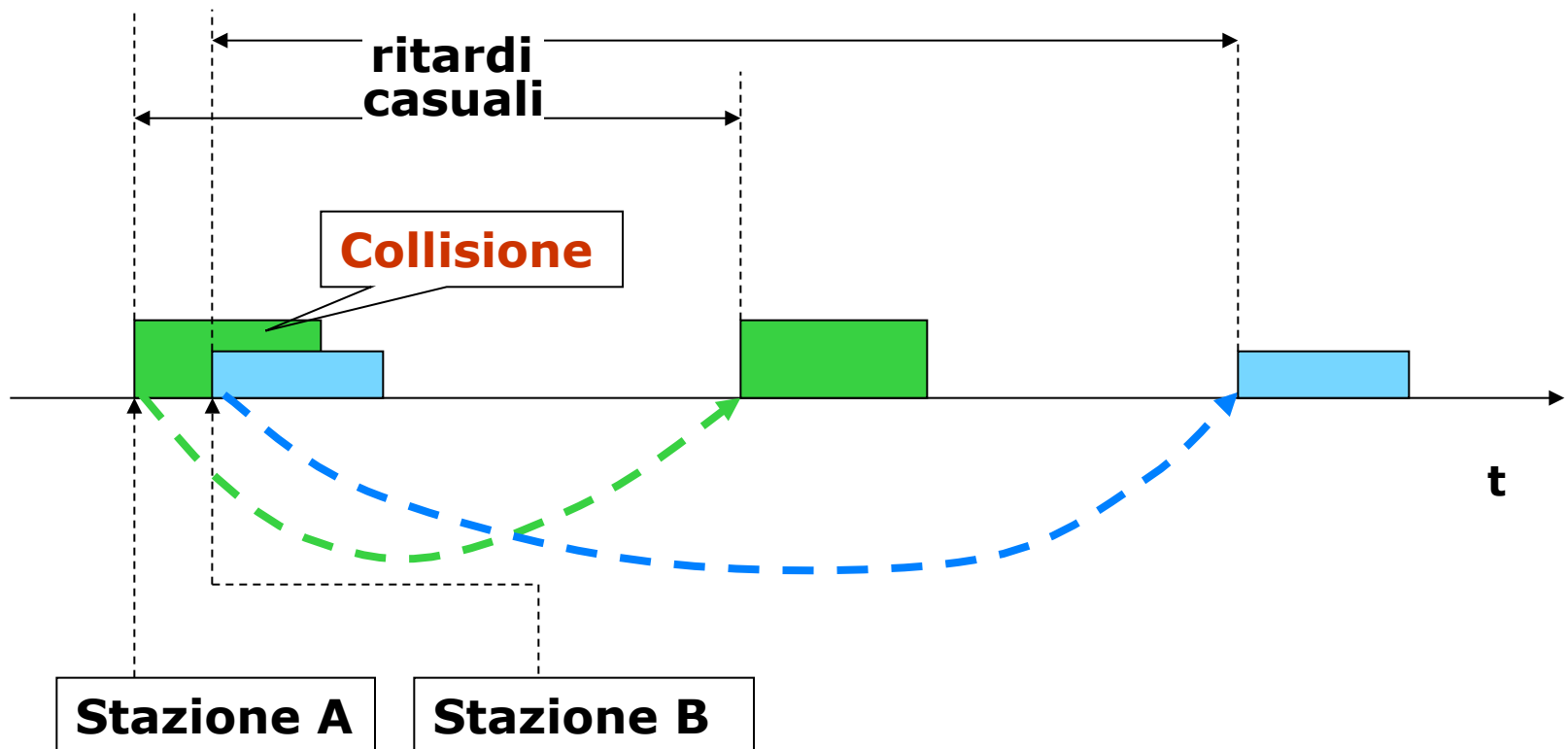


Il protocollo ALOHA (Abramson, 1969)

- E' un protocollo che non necessita feed-back di canale (adatto a ogni mezzo)
- Si basa solo sull'Acknowledgment
 - Si trasmette appena arriva un pacchetto in testa alla coda di trasmissione
 - Se non arriva l'ACK, il pacchetto viene ritrasmesso dopo un tempo X scelto in modo casuale



ALOHA: meccanismo di ritrasmissione





Analisi del protocollo ALOHA

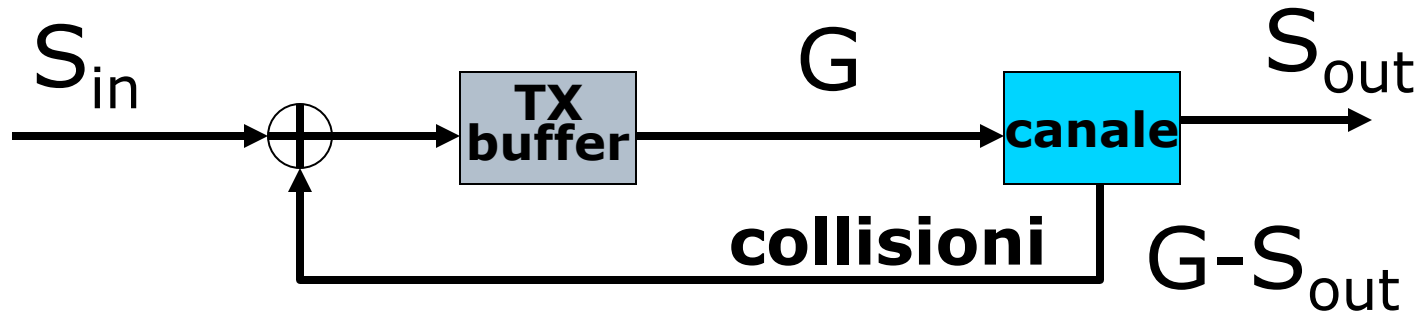
- ❑ Lo studio del protocollo ALOHA è molto complesso
- ❑ Si riescono a studiare solo alcuni modelli semplificati

Traffico: numero medio di trasmissioni presenti sul canale

Nota: per non avere collisioni ci deve essere una sola trasmissione



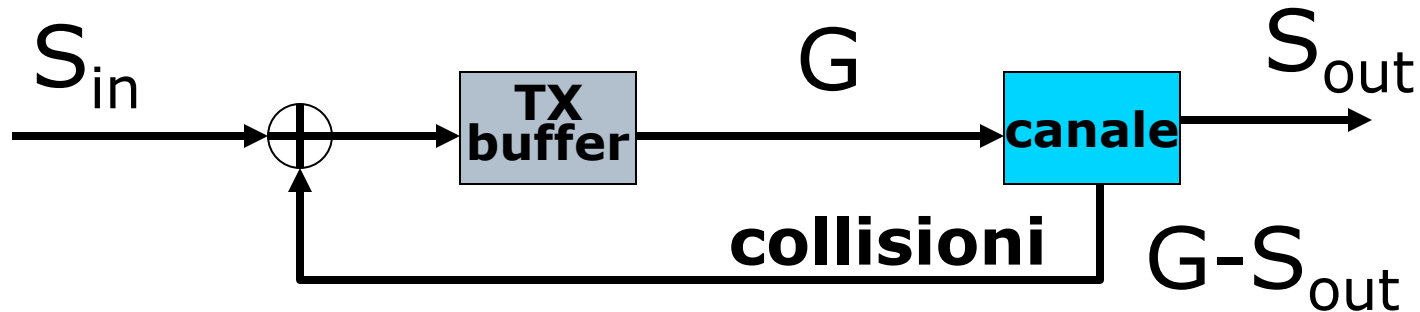
Il modello ALOHA con popolazione infinita



- ❑ Tratta le varie stazioni collettivamente
- ❑ S_{in} : traffico collettivo in ingresso
- ❑ S_{out} : traffico correttamente smaltito
- ❑ G : traffico di canale: trasmissioni + ritrasmissioni
- ❑ $S_{out} \leq G \leq S_{in}$



Il modello ALOHA con popolazione infinita



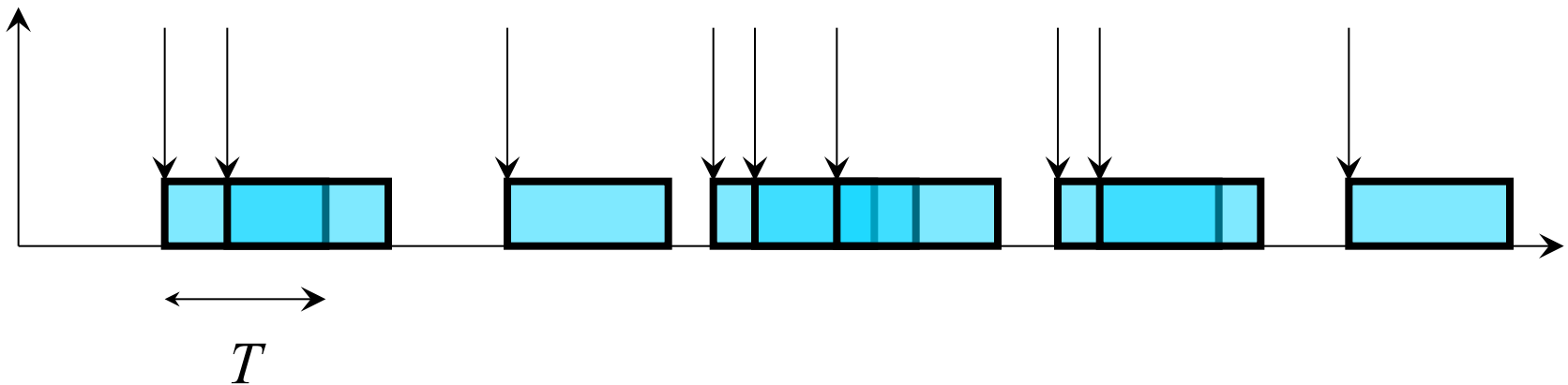
□ Assunzioni:

- Stazionarietà: il sistema è stabile, $S_{in} = S_{out}$
- Assunzione forte, implicata punto di lavoro a basso livello di carico
- Il traffico G è generato secondo un processo di Poisson



Il modello ALOHA con popolazione infinita

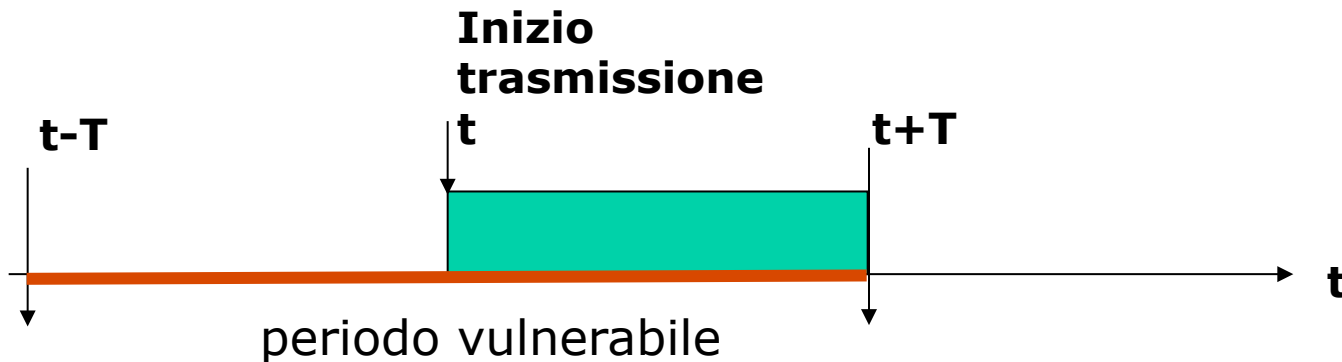
- Gli inizi di trasmissione sul canale costituiscono un processo di Poisson con frequenza λ
- Tutte le trasmissioni hanno durata costante T





Prestazioni dell'ALOHA

- La probabilità P_S che un pacchetto venga trasmesso senza essere disturbato da altri è pari alla probabilità che nessun altro pacchetto venga trasmesso T secondi prima e T secondi dopo l'inizio della trasmissione del pacchetto in oggetto





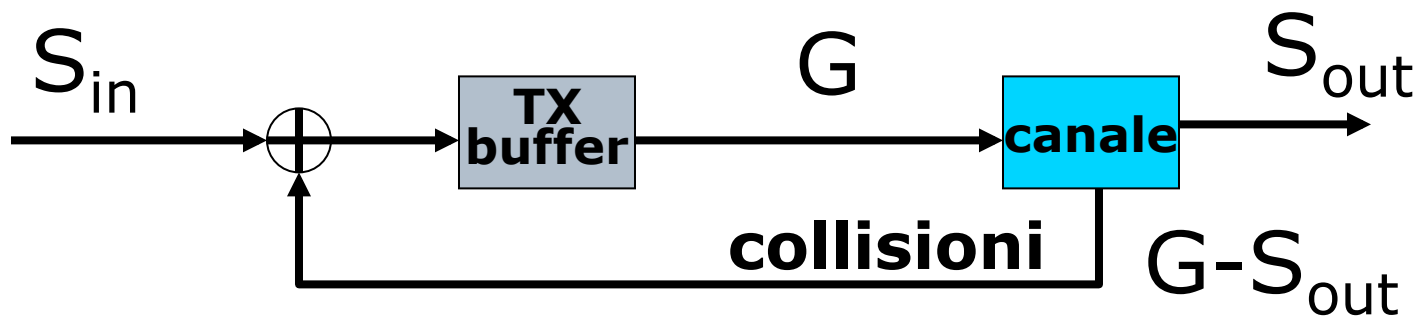
Prestazioni dell'ALOHA

- P_s = probabilità che nessun evento di Poisson cada nell'intervallo $[t-T, t+T]$

$$G = \lambda T = (\lambda_{in} + \lambda_{re-tx})T$$

$$P[N(t, t+2T) = k] = \frac{(2G)^k}{k!} e^{-2G}$$

$$P_s = P[N(t-T, t+T) = 0] = e^{-2G}$$

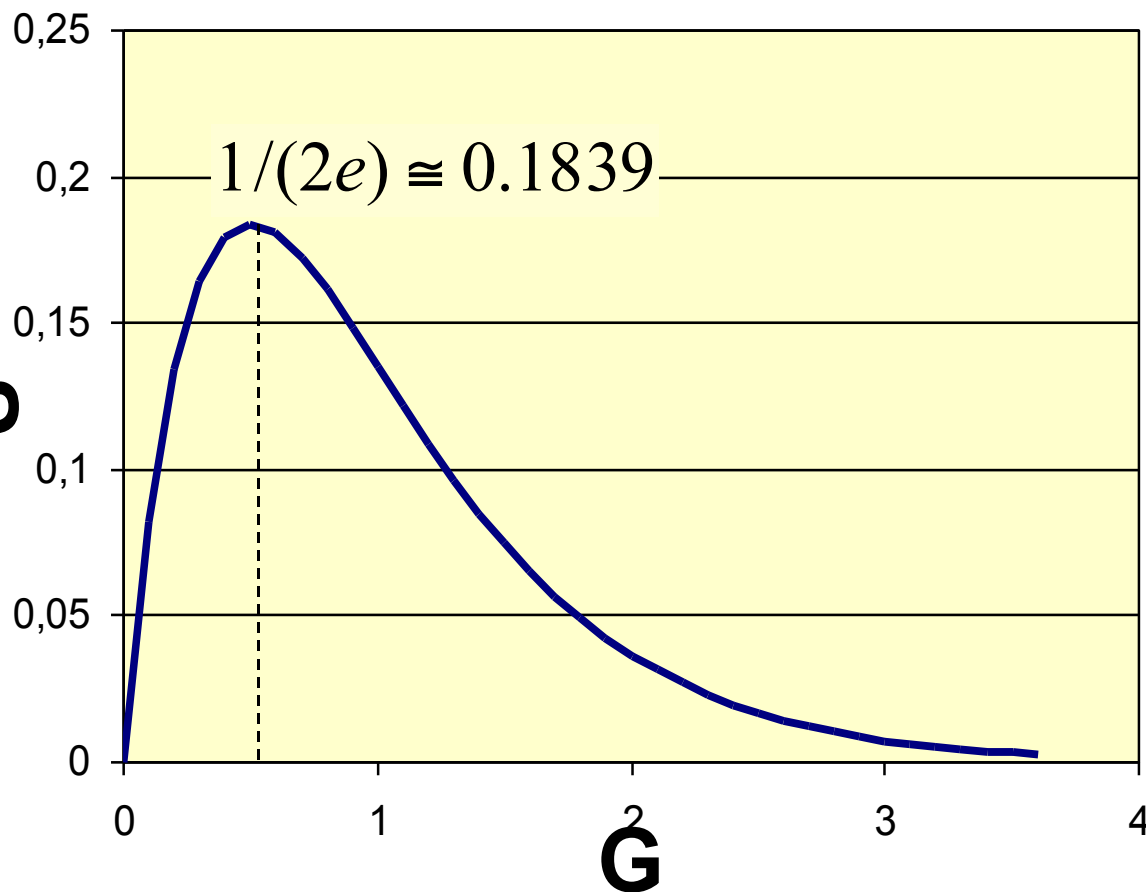


$$S_{IN} = S_{OUT} = Ge^{-2G}$$



Prestazioni del modello ALOHA

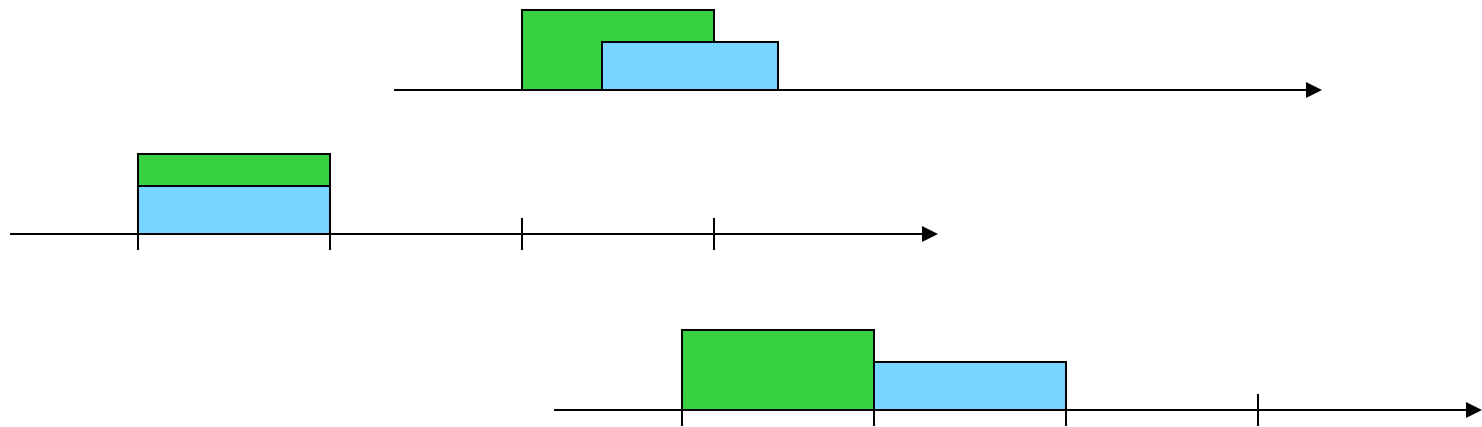
$$S = Ge^{-2G}$$





Il protocollo slotted ALOHA

- Come ALOHA ma la trasmissione avviene solo a intervalli equispaziati e sincroni (SLOT)



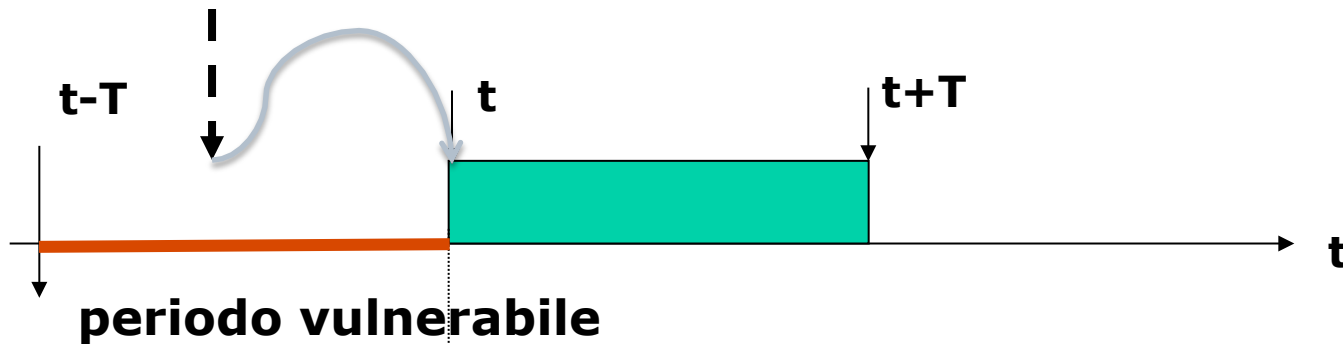
- La collisione o è totale o non c'è
- il tempo sprecato nella collisione è minore
- L'intervallo "critico" è più corto



Prestazioni dell'ALOHA

- La probabilità P_s che un pacchetto venga trasmesso senza essere disturbato da altri è pari alla probabilità che nessun altro pacchetto venga trasmesso T secondi prima della trasmissione del pacchetto in oggetto

Arrivo richiesta di trasmissione



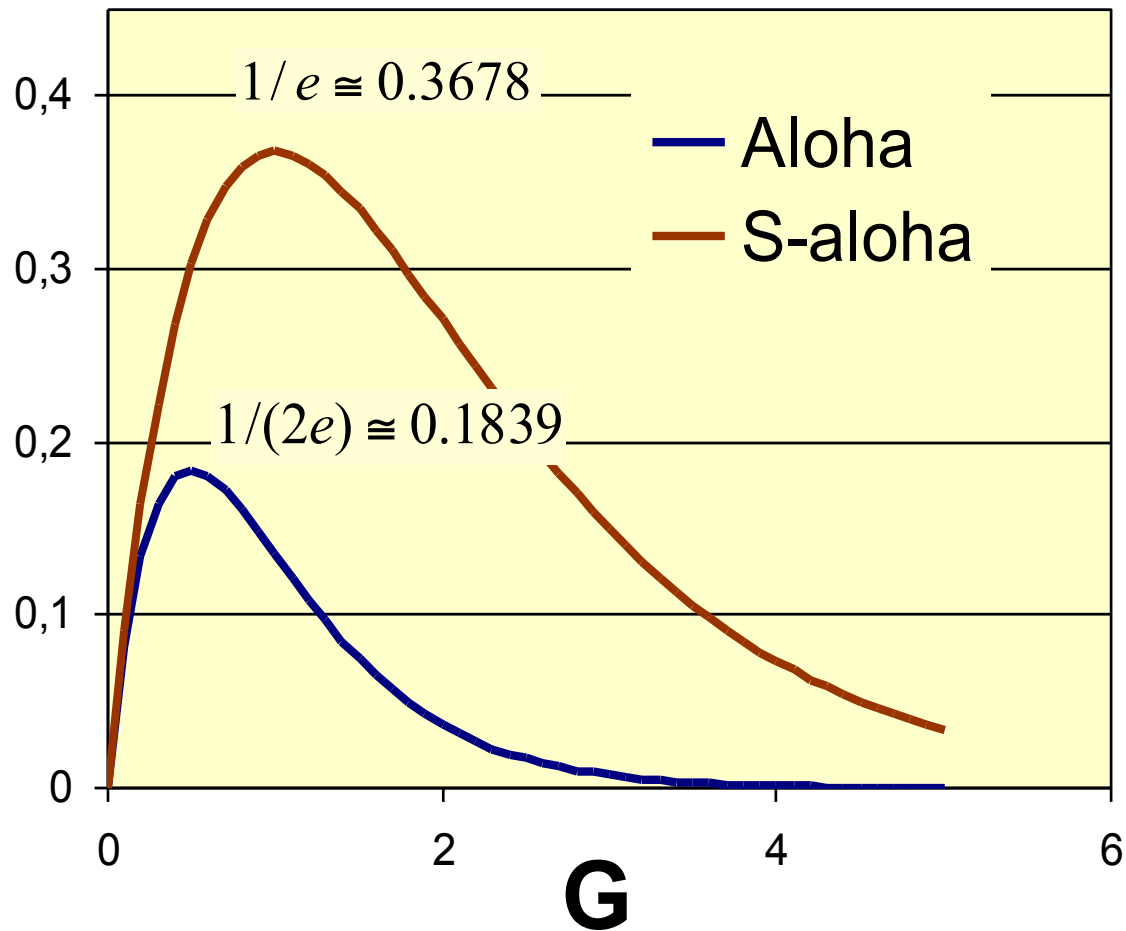
$$P_s = P[N(t-T, t) = 0] = e^{-G}$$



Il protocollo Slotted ALOHA

$$S = Ge^{-G}$$

S





ALOHA: Pro e Contro

□ PRO:

- Scalabilità in velocità e dimensione
- Semplicità

□ CONTRO:

- Modelli più accurati mostrano che i protocolli Aloha presentano problemi di stabilità.
- Sono stabilizzabili vincolando il traffico di canale o il numero di stazioni M (il traffico ottenibile è minore)



Carrier Sense Multiple Access (CSMA)

- ❑ Il CSMA è stato pensato per sistemi in cui si possa ascoltare il canale (Carrier Sense)

- ❑ Protocollo:
 - Se al momento della trasmissione il canale è sentito libero si trasmette
 - In caso di collisione (mancato ACK) si ritenta dopo un intervallo casualmente scelto (come ALOHA)



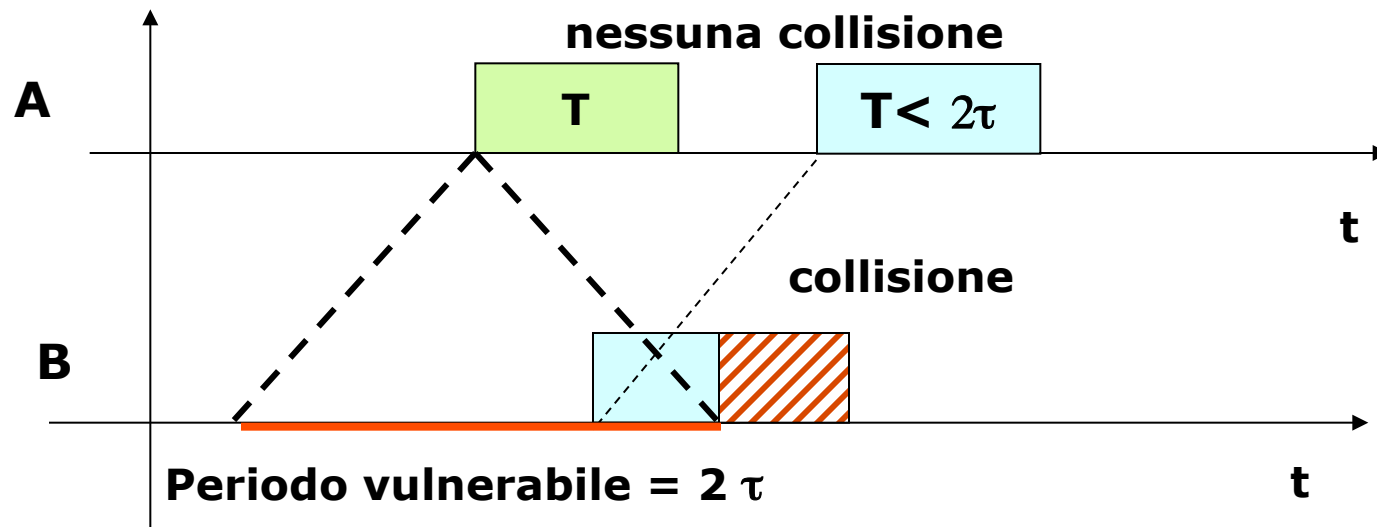
Prestazioni CSMA

- Le prestazioni scendono al crescere di
 $a = \tau / T = \tau C / B$
- Perché il numero medio di tentativi nel periodo cieco 2τ è pari a $2\lambda\tau$ (λ frequenza delle trasmissioni)
 - che cresce
 - con τ
 - e al decrescere di T (a pari traffico λT al decrescere di T cresce λ)



Vincoli su t/T

- Se $2\tau > T$ ($a > 0.5$), la collisione può esserci o meno in funzione della posizione di chi riceve
- Può non essere utile ascoltare il canale, non mi dà informazione molto più utile rispetto al non ascoltarlo





Varianti Carrier Sense

- Se al momento della trasmissione il canale è sentito occupato:
 - La trasmissione è rimandata dopo un tempo casuale (come se colliso) (*non-persistent*)
 - La trasmissione è sospesa fino a che il CS si abbassa e il canale diventa libero (*persistent*)
 - Con probabilità p si usa la modalità persistent e con $1-p$ la non persistent (*p-persistent*)



Prestazioni CSMA

- ❑ Le prestazioni si possono calcolare nel caso non-persistent
- ❑ Sempre col modello di popolazione infinita (Poisson)
- ❑ Si può mostrare che:

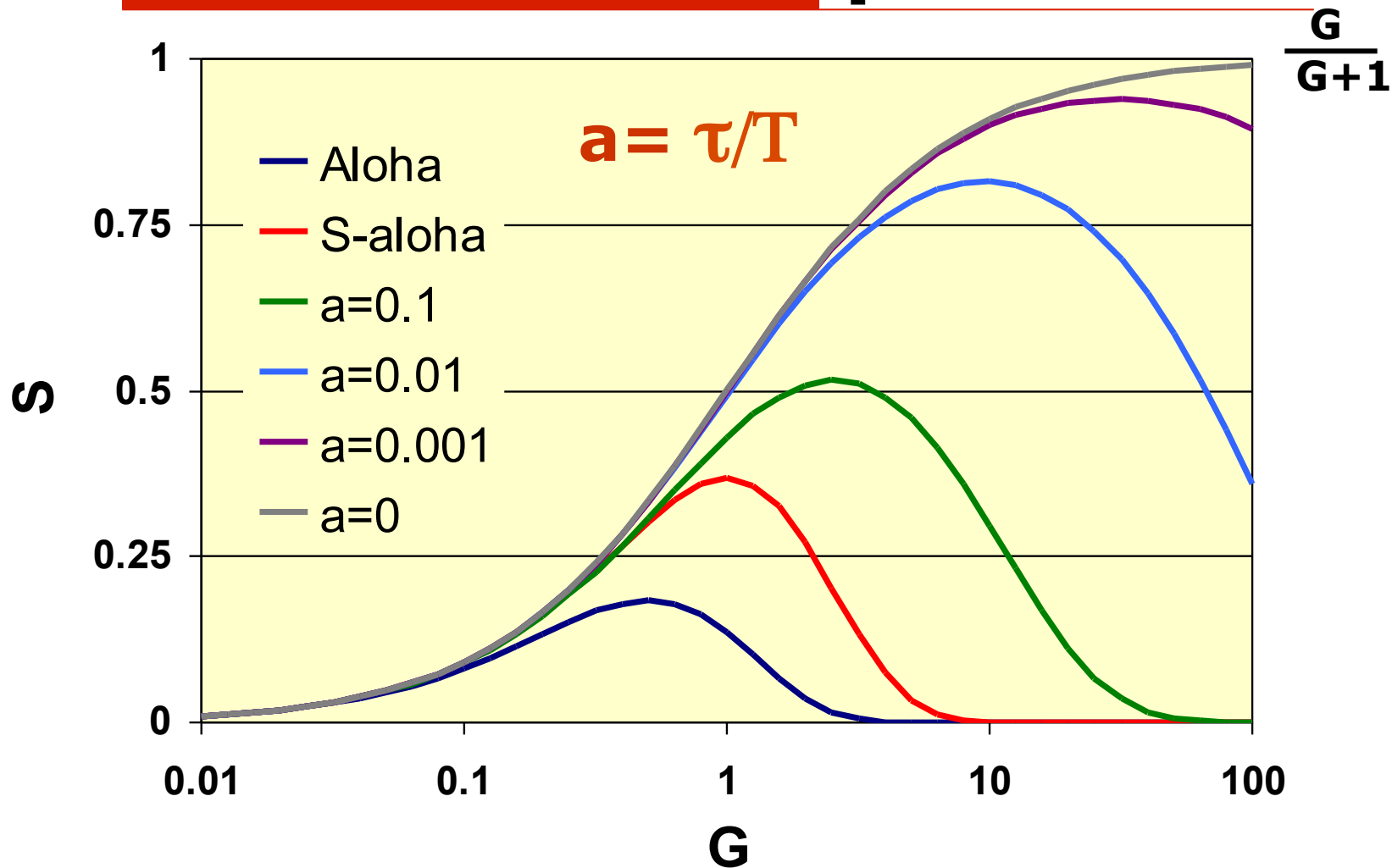
$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG}}$$

$$a = \tau/T$$

Vale per
 $a < 0.5$



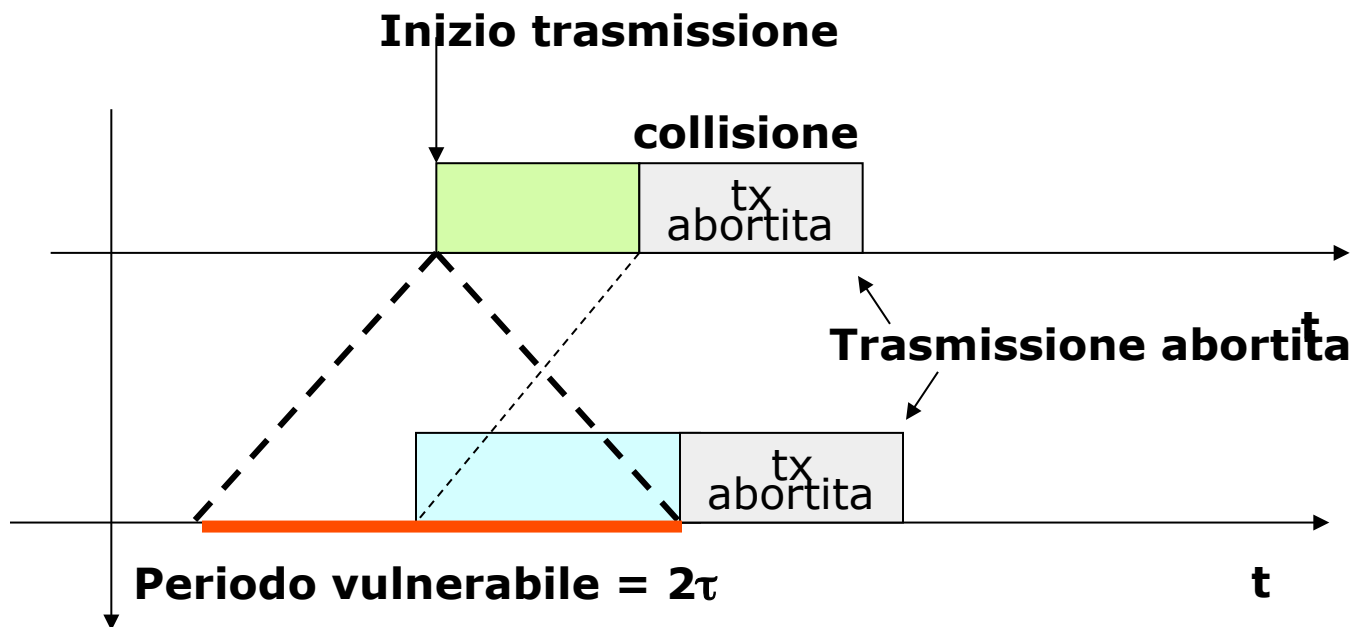
Prestazioni non persistenti





CSMA- Collision Detect

- In alcuni canali è possibile scoprire se c'è collisione prima della fine della trasmissione
- In presenza di collisione si abortisce la trasmissione

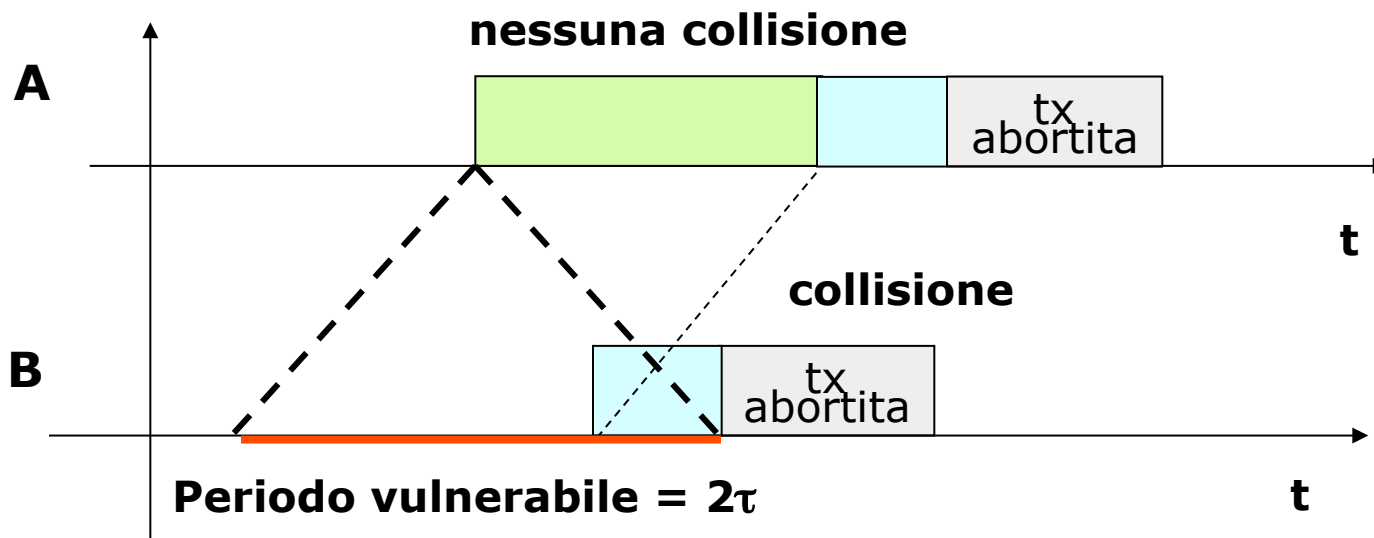




CSMA- Collision Detect

- Si guadagna perché il tempo di collisione è tempo perso
- Se però la collisione esiste in ogni punto del canale
- Ossia se $T > 2\tau$

Caso limite $T = 2\tau$





Prestazioni CSMA-CD

- Le prestazioni si possono calcolare analogamente al caso CSMA in modalità non-persistent sempre col modello di popolazione infinita (Poisson)
- Si può mostrare che

$$S = \frac{Ge^{-aG}}{G(1+2a) + e^{-aG} - G(1-\delta)(1-e^{-aG})}$$

δ = ritardo di interruzione della collisione



Prestazioni CSMA-CD

