

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

**Corso di laurea in Ingegneria
Informatica/Elettronica**

Corso di Sistemi Telematici

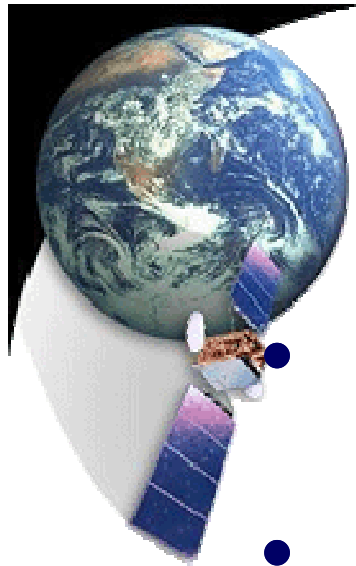
Tecniche di accesso multiplo:

**Aloha, Slotted Aloha, CSMA-CA e 802.11, Polling, Token
passing e 802.5.**

Ing. Socievole Annalisa

socievolea@deis.unical.it

ANNO ACCADEMICO 2010/2011



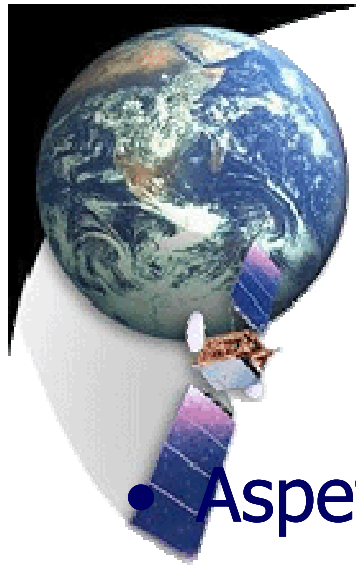
Obiettivi

- Spiegare le diverse tecniche di accesso al mezzo condiviso.
- Descrivere i metodi di allocazione statica e dinamica.
- Descrivere gli approcci centralizzati e distribuiti.



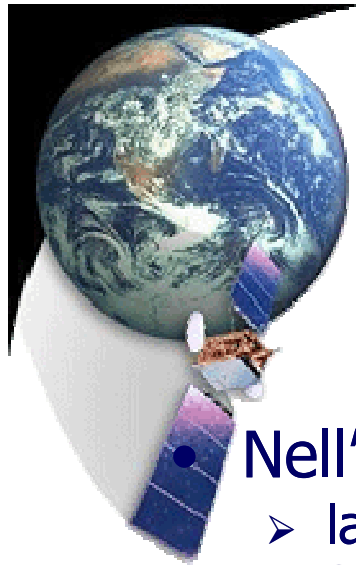
Controllo di accesso al mezzo condiviso

- Se il mezzo trasmissivo è condiviso (LAN, radio) occorrono tecniche per la gestione dell'accesso multiplo.
- Queste sono realizzate mediante la *multiplazione* dell'informazione ed eventualmente un *protocollo MAC* (Medium Access Control).
- La caratteristica distintiva dell'accesso multiplo è la *condivisione* della capacità di un mezzo *multiaccesso* da parte di un insieme di stazioni, mediante una *multiplazione distribuita*.



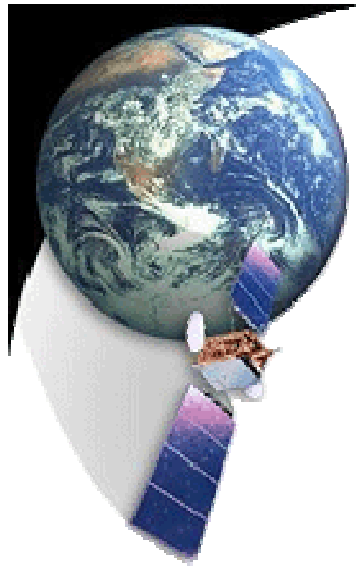
Controllo di accesso al mezzo condiviso

- Aspetti fondamentali dell'accesso multiplo che permettono una classificazione delle relative procedure sono
 - una allocazione statica o dinamica
 - una decisione centralizzata o distribuita.
- I due tipi di allocazione riguardano la modalità secondo cui la capacità del mezzo multiaccesso viene resa disponibile alle varie stazioni che fanno capo al mezzo.

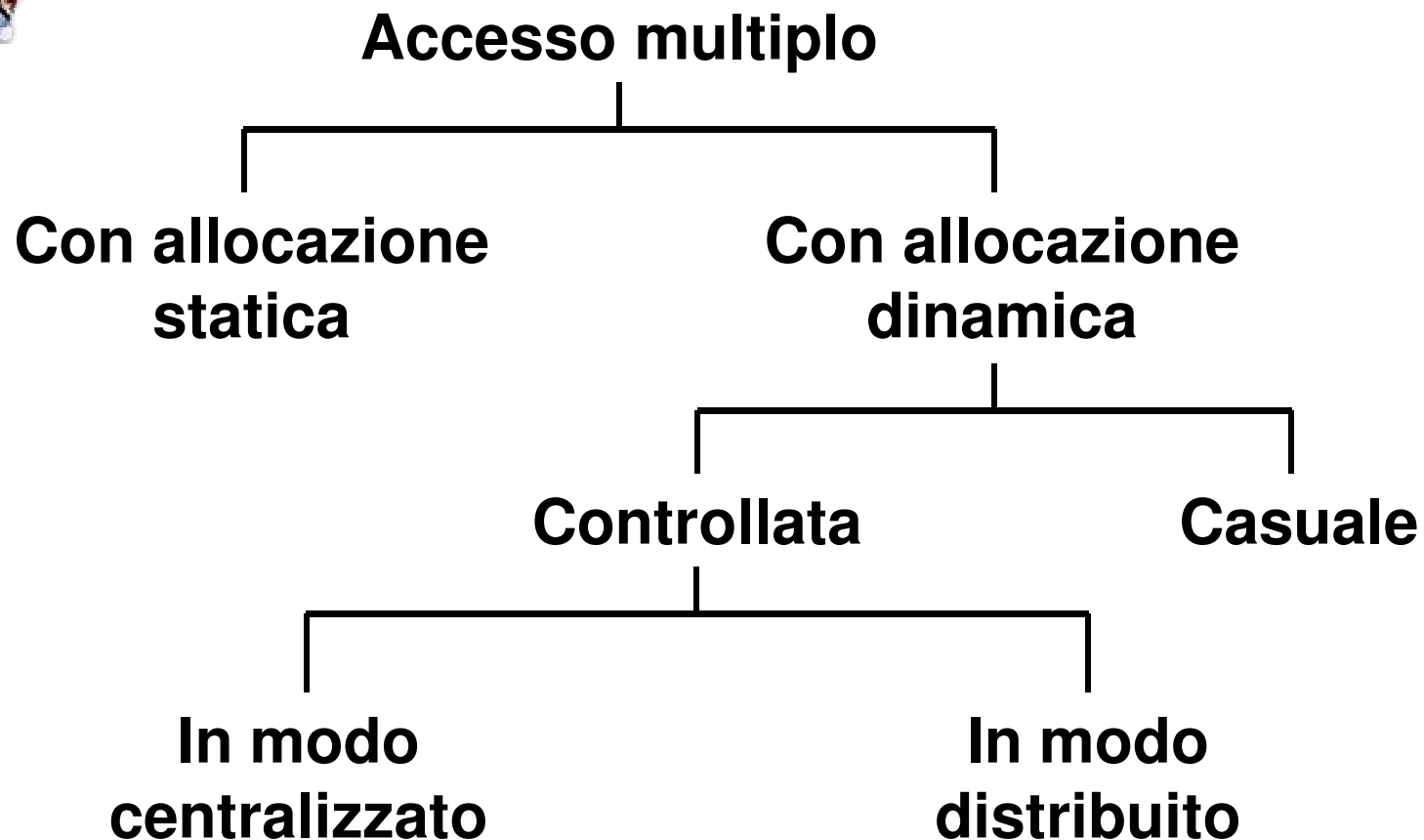


Allocazione statica e dinamica

- *Nell'allocazione statica:*
 - la capacità del mezzo è suddivisa in *canali*. Questi sono pre-assegnati *individualmente* alle stazioni che ne fanno richiesta all'inizio della comunicazione e vengono rilasciati alla sua conclusione;
 - i singoli canali vengono assegnati e rilasciati indipendentemente da una loro effettiva utilizzazione;
 - si ha una fase di *instaurazione*, una fase di *trasferimento* e una fase di *rilascio* del canale.
- *L'allocazione dinamica* prevede che l'intera capacità del mezzo venga assegnata *on-demand*, tenendo conto delle effettive necessità di utilizzazione da parte delle singole stazioni che accedono al mezzo.

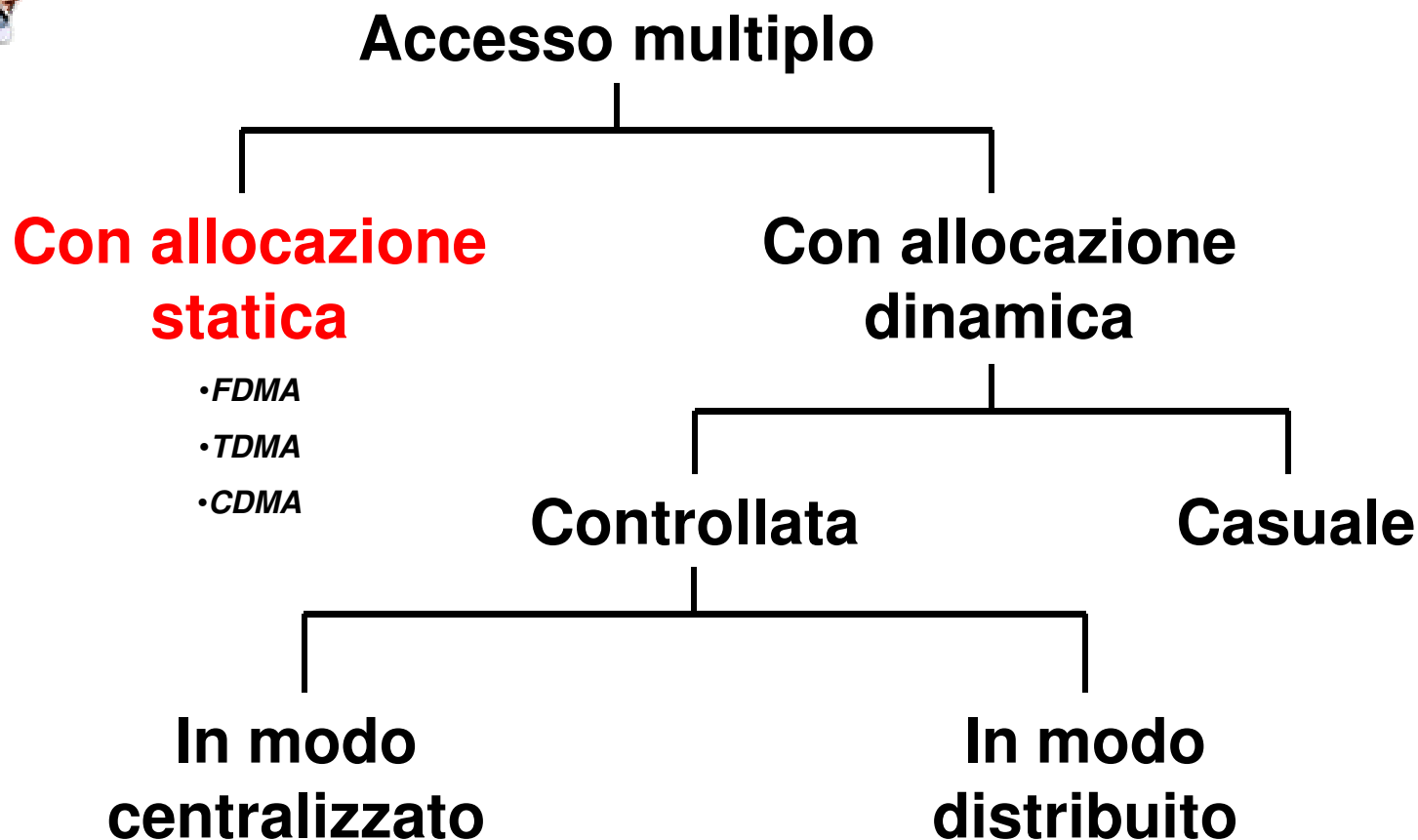


Tecniche di accesso multiplo





Tecniche di accesso multiplo





Accesso multiplo con allocazione statica

- La condivisione del mezzo multiaccesso può essere attuata con tecniche che si distinguono in base ai *domini*:
 - della *frequenza*;
 - del *tempo*;
 - dei *codici*.
- Queste tecniche sono note anche come *Channel Partitioning*:
 - si divide il canale in “pezzi” più piccoli (tempo, frequenza, codice);
 - Si assegna ogni “pezzo” ad uso esclusivo di una stazione.
- Non si ha contesa di utilizzazione e i ritardi sono controllabili.



Accesso multiplo con allocazione statica

- In relazione al dominio utilizzato si distinguono accessi multipli:
 - *a divisione di frequenza* (FDMA - Frequency Division Multiple Access) o *a divisione di lunghezza d'onda* (WDMA – Wavelength Division Multiple Access);
 - *a divisione di tempo* (TDMA – Time Division Multiple Access);
 - *a divisione di codice* (CDMA – Code Division Multiple Access).
- Sono state inoltre utilizzate tecniche miste, ad esempio del tipo FDMA/TDMA.



FDMA

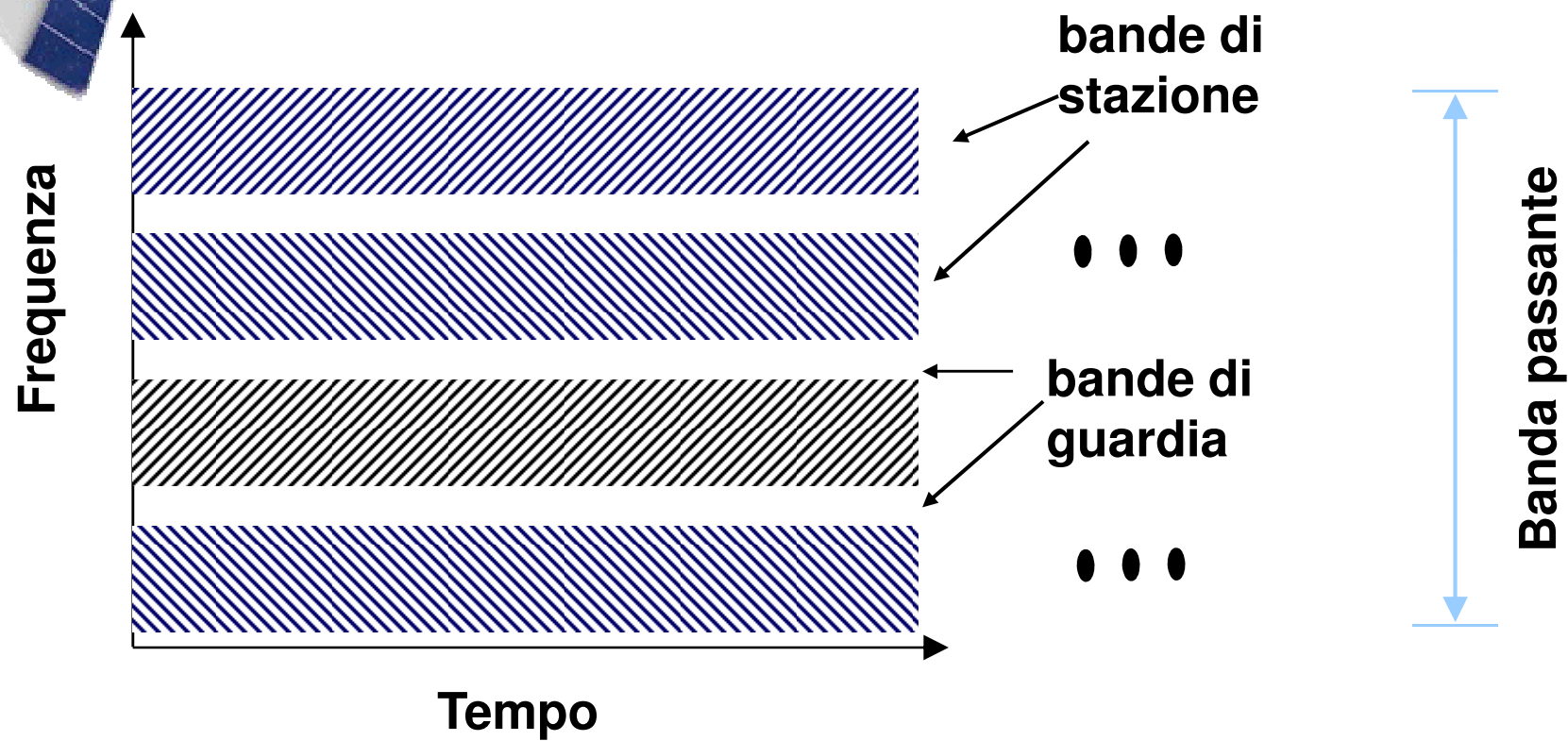
- Nella tecnica FDMA, lo spettro del canale viene diviso in *sotto-bande di frequenza* aventi uguale larghezza.
- Ad ogni coppia di stazioni tra le quali deve essere iniziata una comunicazione, viene pre-assegnata, per tutta la durata di questa comunicazione, una di tali sotto-bande (*banda di stazione*).
- La stazione emittente può trasmettere
 - *in modo tempo-continuo* il segnale che è di supporto all'informazione da trasferire;
 - con l'utilizzazione della sola *frazione* della banda passante del mezzo condiviso individuata dalla banda di stazione assegnata alla comunicazione.



FDMA

- Le bande di stazione, che sono nell'intorno di *frequenze portanti* equidistanziate sull'asse delle frequenze, ripartiscono la banda passante del mezzo condiviso con un intervallo tra due sotto-bande adiacenti; ciascuno di questi intervalli costituisce una *banda di guardia* e ha lo scopo di facilitare l'operazione di filtraggio in ricezione, consentendo così di contenere le interferenze tra i segnali trasferiti in bande di stazione adiacenti.
- L'FDMA è la tecnica di accesso multiplo che veniva utilizzata, ad esempio, sull'interfaccia radio dei sistemi cellulari di prima generazione, come il TACS (Total Access Communication System).

FDMA



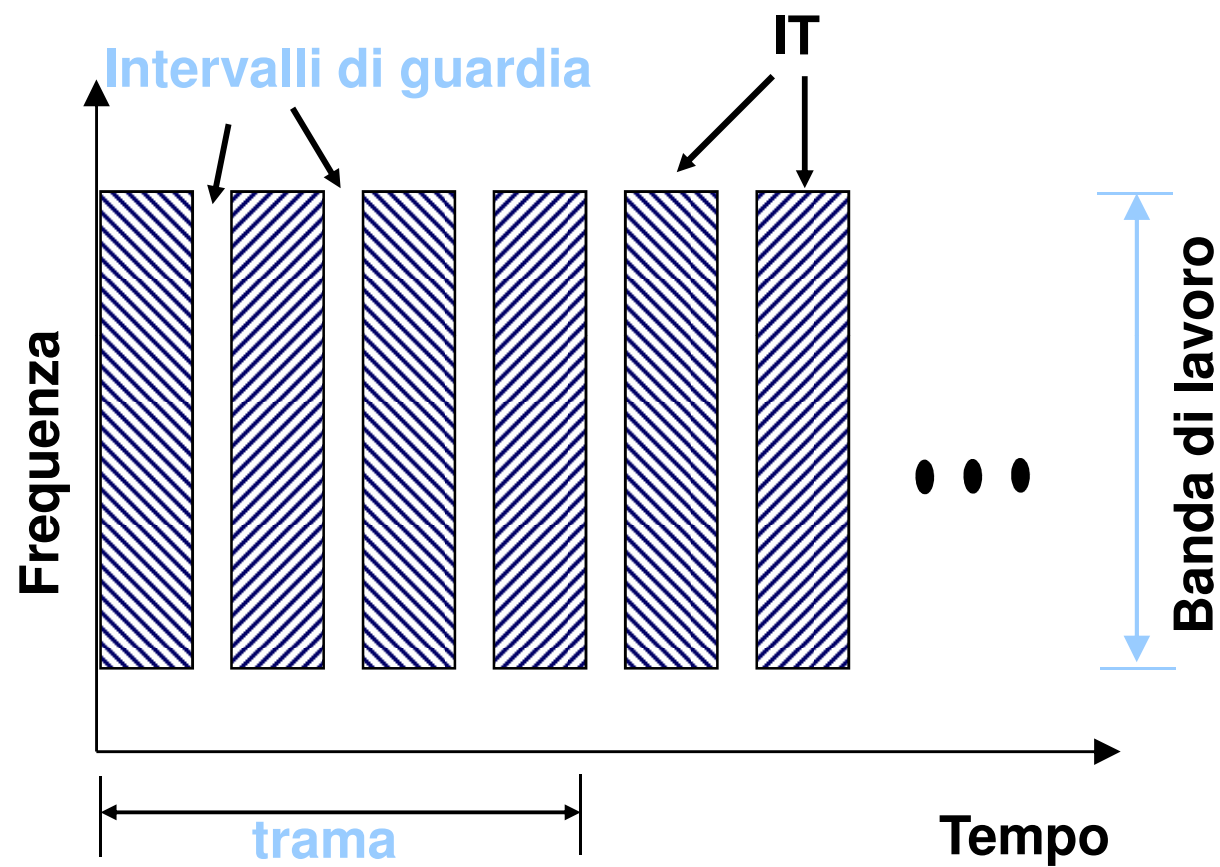


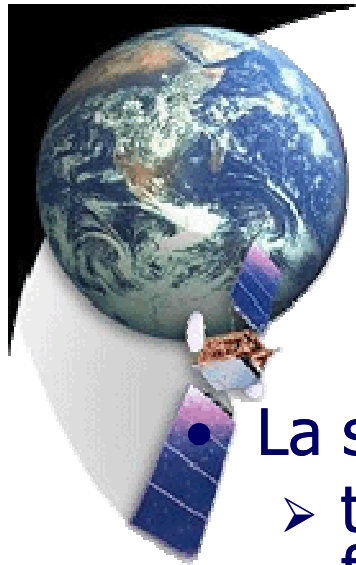
TDMA

- Nella tecnica TDMA, l'asse dei tempi, relativo all'intera banda passante del mezzo condiviso o a una sua frazione nell'intorno di una frequenza portante (*banda di lavoro*), viene suddiviso in intervalli temporali (*slot*) di lunghezza fissa (lunghezza=tempo di trasmissione del pacchetto), organizzati in *trama*.
- L'accesso al canale è "a turno": ad ogni coppia di stazioni che devono comunicare viene pre-assegnato uno slot, ad ogni turno.
- Gli slot non utilizzati restano "idle".



TDMA





TDMA

- La stazione emittente
 - trasmette solo *in modo tempo-discreto*, e cioè nelle frazioni del suo asse dei tempi che corrisponde periodicamente allo slot che le è stato assegnato;
 - utilizza l'intera banda di lavoro.
- La stazione ricevente può estrarre il segnale ad essa pertinente con una operazione di *finestratura temporale* centrata periodicamente sullo slot assegnato alla comunicazione.
- Gli slot in ogni trama possono o meno essere separati temporalmente da *intervalli di guardia*, aventi lo scopo di contenere le interferenze che possono determinarsi tra i segnali che sono trasferiti in slot adiacenti.



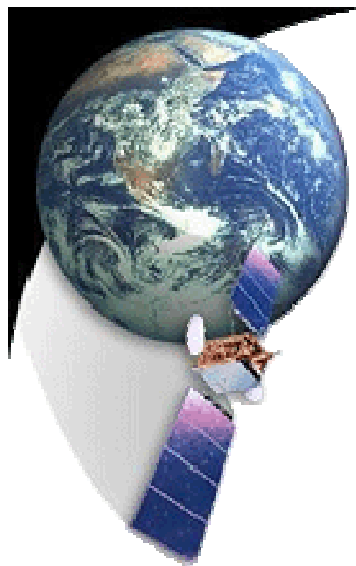
TDMA

- Il TDMA, in unione con l'FDMA per la definizione di varie frequenze portanti e quindi di varie bande di lavoro, è la tecnica utilizzata sull'interfaccia radio dei sistemi cellulari di seconda generazione come il GSM (Global System for Mobile Communication).

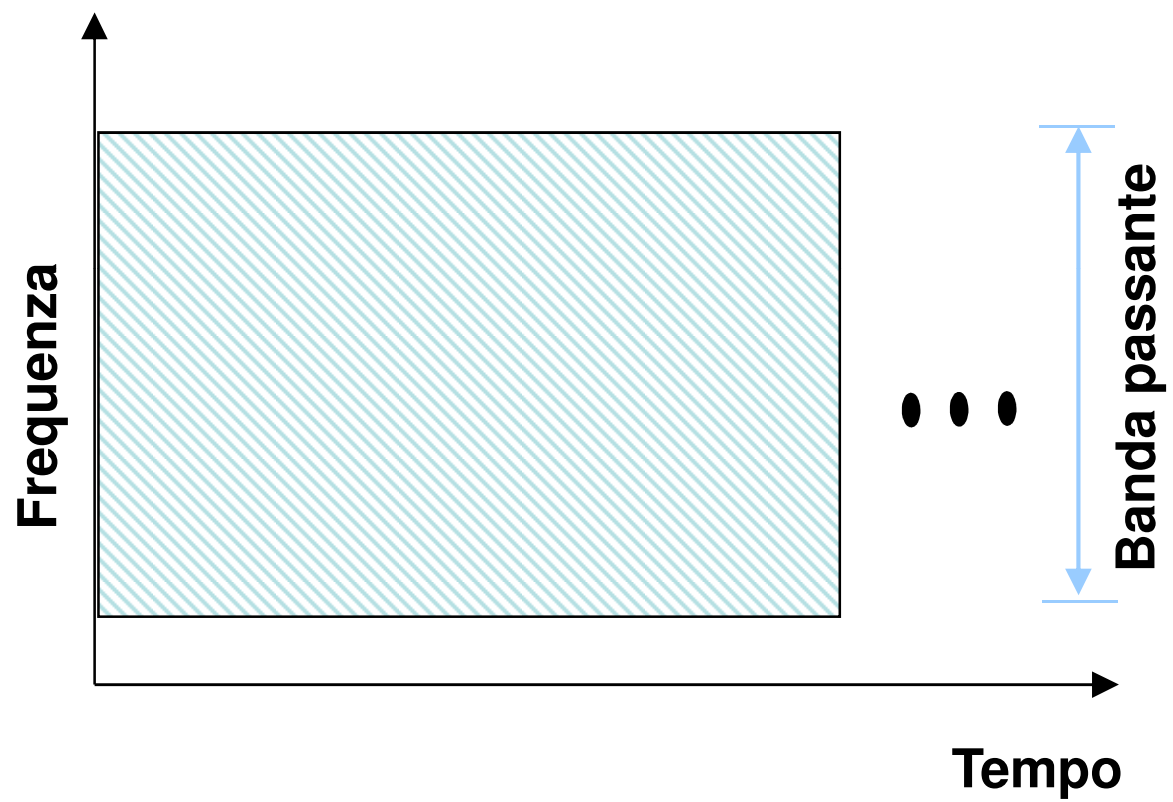


CDMA

- Nella tecnica CDMA si opera nel dominio dei codici, consentendo alle stazioni di comunicare
 - utilizzando contemporaneamente *l'intera banda passante* del mezzo condiviso;
 - emettendo in *modo tempo-continuo* (e cioè senza alcuna limitazione sugli istanti in cui iniziare e terminare una emissione).



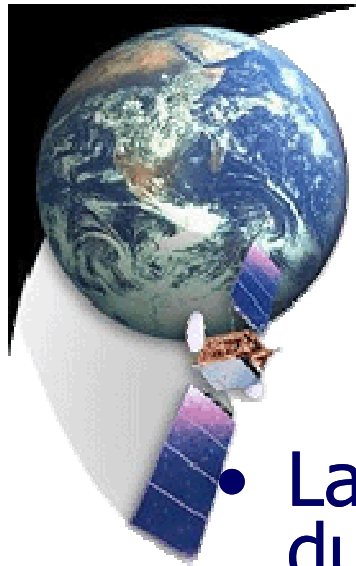
CDMA





CDMA

- A ciascuna coppia di stazioni da porre in comunicazione e quando ne viene fatta richiesta, viene pre-assegnato per tutta la durata della comunicazione, un *codice* e cioè una sequenza binaria (*sequenza di chip*), che
 - viene utilizzata per *codificare* in modo univoco l'informazione
 - ✓ segnale codificato = (dati originali) x (sequenza di chip)
 - ✓ decodifica = prodotto del segnale codificato per la sequenza di chip;
 - è diversa da quelle assegnate alle altre stazioni che condividono il mezzo e scelta in modo che, rispetto alle altre sequenze, sussista una *bassa correlazione*.



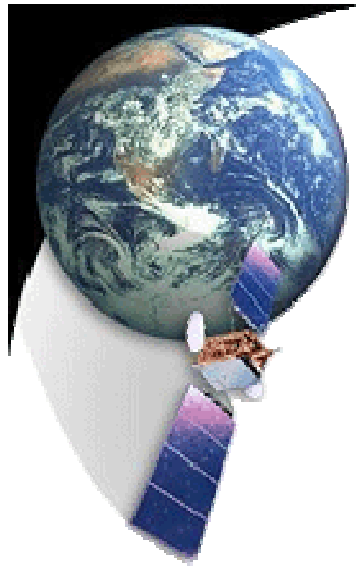
CDMA

- La tecnica CDMA può essere realizzata con due modalità corrispondenti ai modi per effettuare la codifica in emissione e la decodifica in ricezione; le modalità sono
 - il DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum);
 - il FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).
- La tecnica CDMA, realizzata nella modalità DSSS, è impiegata sull'interfaccia radio dei sistemi cellulari di terza generazione (ad es. nell'UMTS – Universal Mobile Telecommunication System).

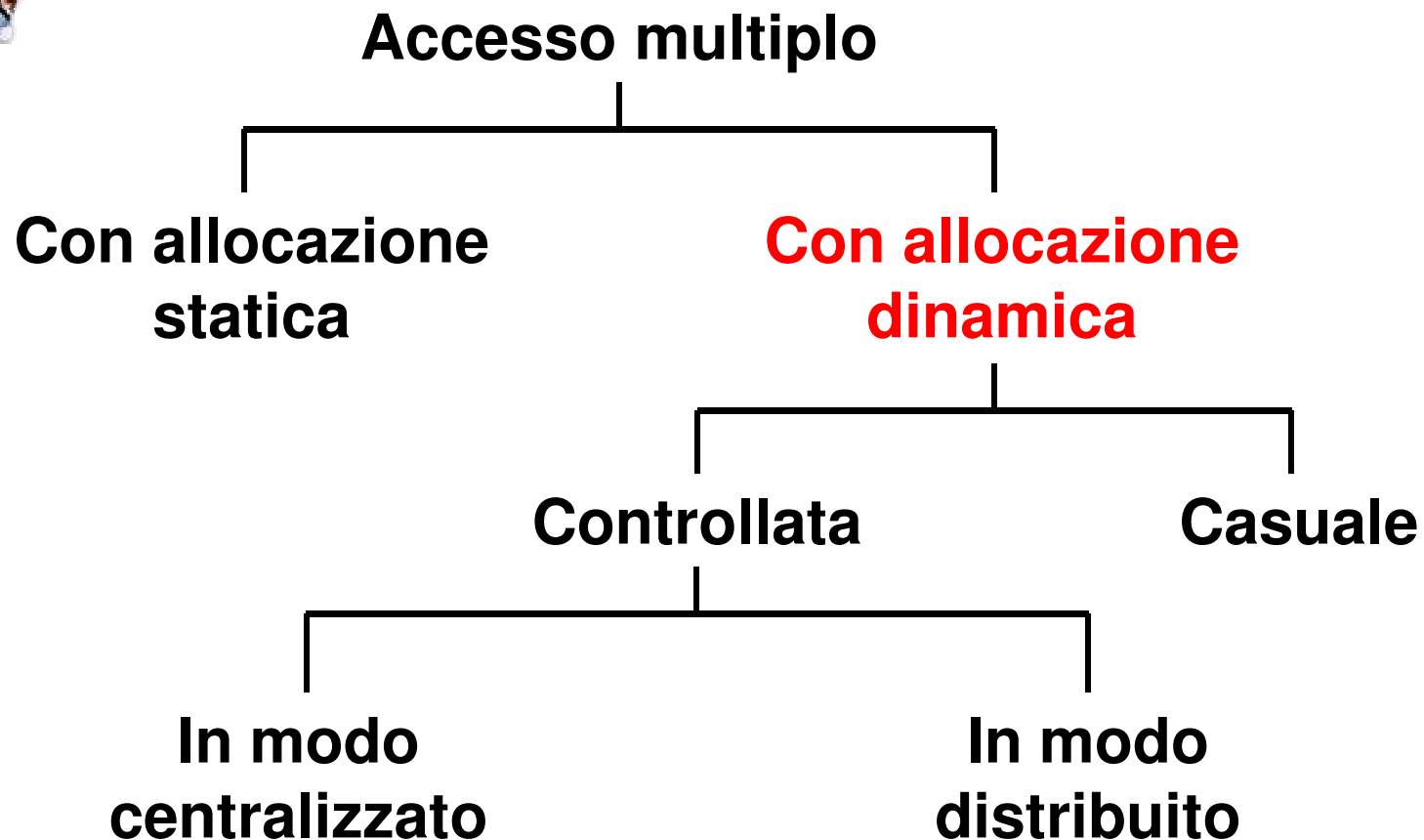


Limiti dell'allocazione statica

- L'accesso multiplo nelle LAN non viene normalmente risolto con tecniche di allocazione statica a causa del traffico su tali reti.
- Il traffico sulle LAN è molto variabile e ogni stazione è caratterizzata da periodi di attività nei quali genera pacchetti ad un ritmo sostenuto e periodi di silenzio durante i quali non emette pacchetti.
- Il traffico nelle LAN è tipicamente *bursty*.
- L'allocazione statica permette una condivisione efficiente del canale ad alto carico. A basso carico si ha
 - ritardo elevato nel canale di accesso;
 - throughput basso.



Tecniche di accesso multiplo





Accesso multiplo con allocazione dinamica

- L'assegnazione a domanda viene regolata da un protocollo di accesso al mezzo (MAC).
- In base alle modalità di risoluzione delle contese di utilizzazione, si distinguono
 - *accessi casuali* (o *contention-based*), quando ogni stazione ha libertà di decidere quando iniziare la propria emissione;
 - *accessi controllati*, quando l'accesso di ogni stazione avviene in maniera ordinata, rispettando una opportuna sequenza.

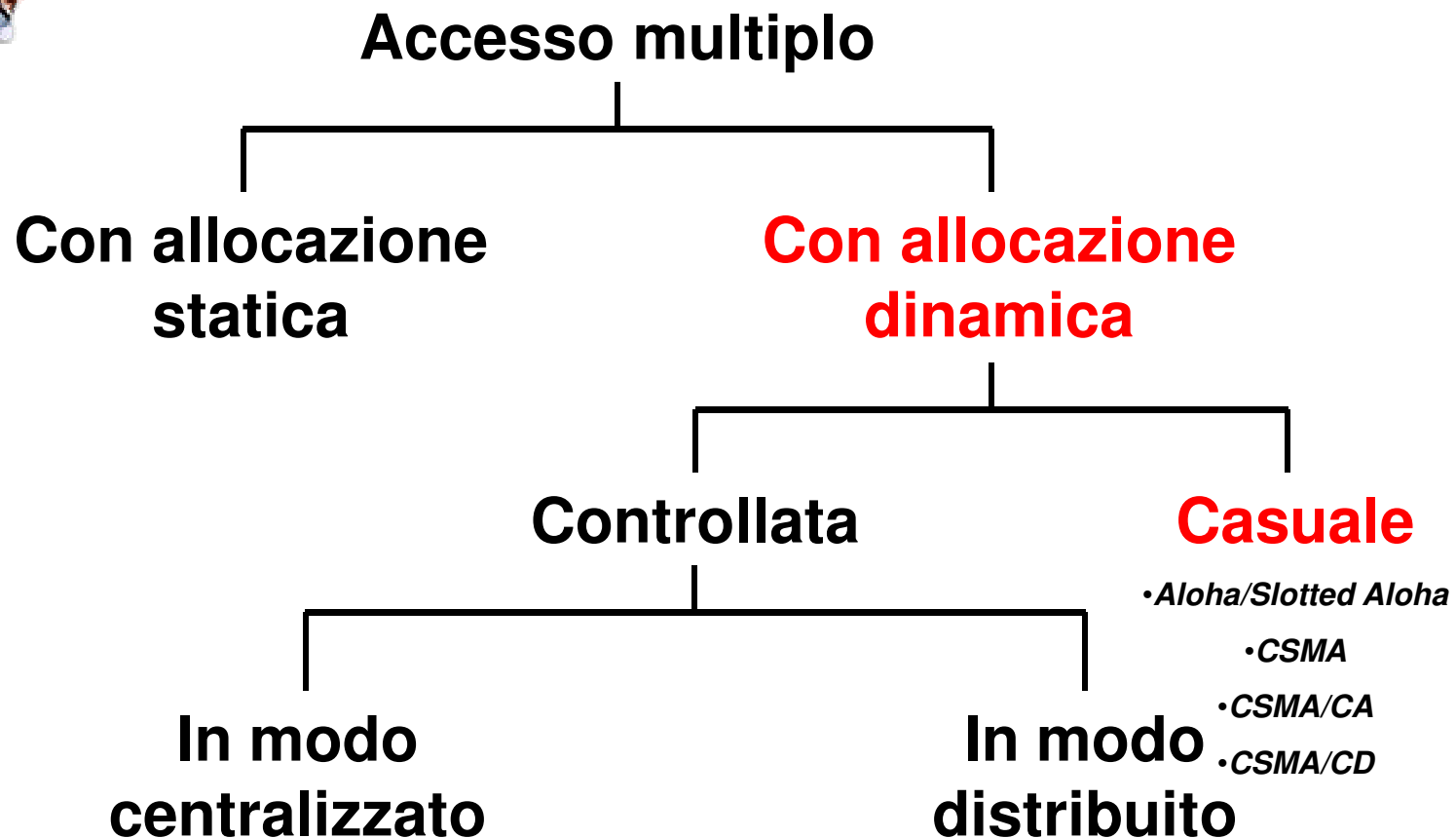


I protocolli MAC

- I protocolli MAC si distinguono in
 - *protocolli MAC con collisione*, quando impiegati in accessi casuali;
 - *protocolli MAC senza collisione*, quando impiegati in accessi controllati.
- Le unità informative che sono scambiate nell'ambito di un protocollo MAC sono indicate qui nel seguito come *MAC-PDU* o come *trame*.



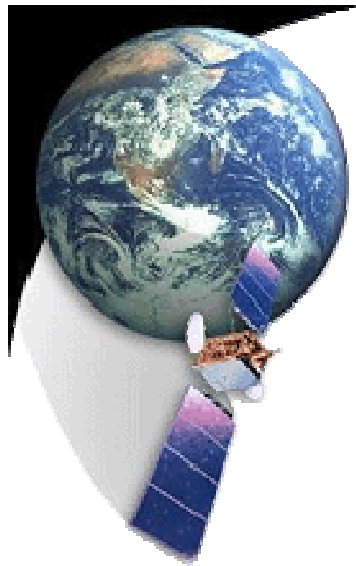
Tecniche di accesso multiplo



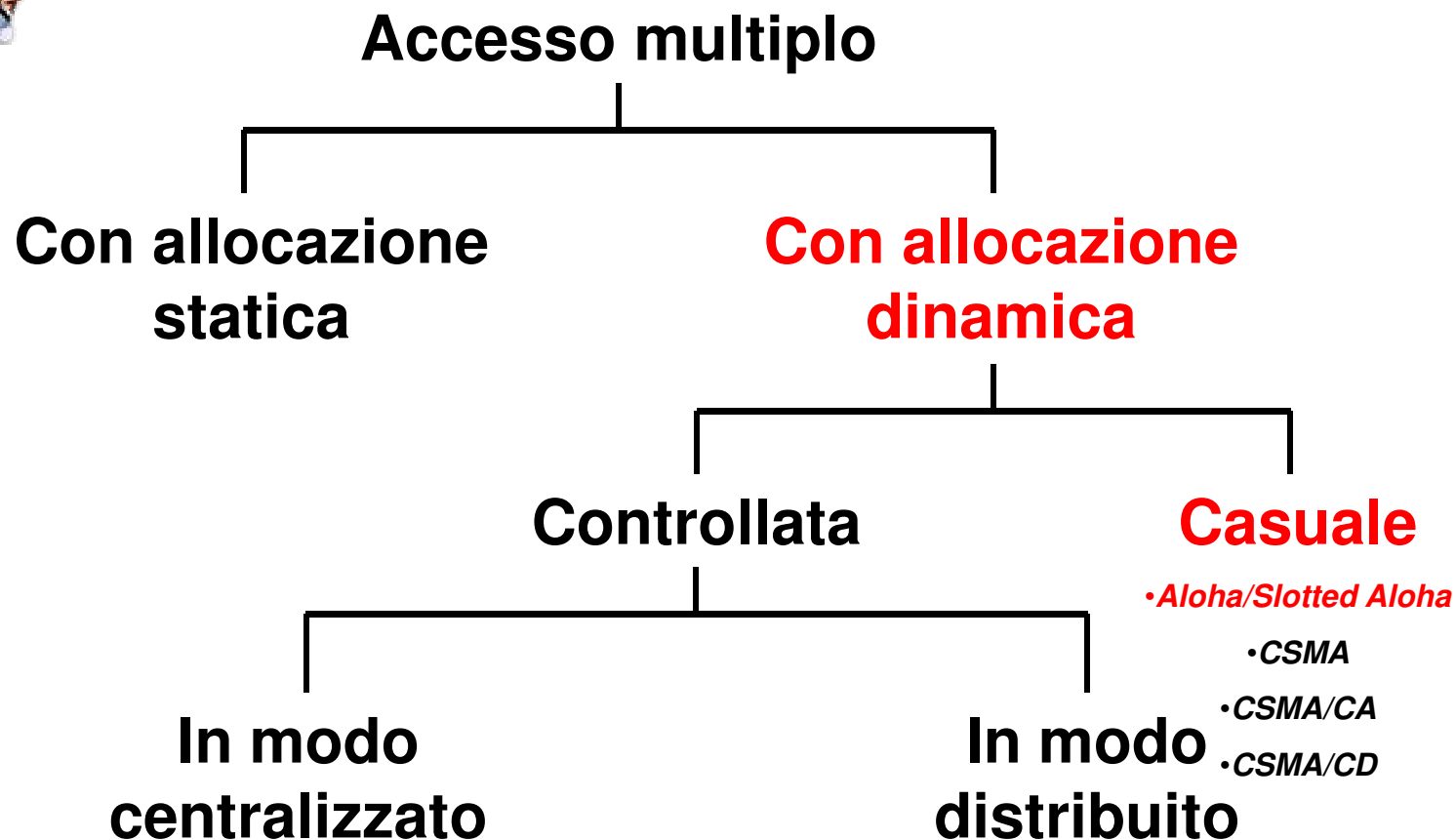


Accesso multiplo con allocazione dinamica casuale

- Non c'è coordinazione a priori tra i nodi, quindi se due o più nodi trasmettono si ha collisione.
- Se il traffico generato dalle stazioni aumenta, cresce anche il numero delle collisioni: ciò può limitare fortemente il traffico globale smaltito dal sistema.
- Un protocollo MAC di accesso casuale specifica
 - come accorgersi delle collisioni;
 - come recuperare in caso di collisioni (es. ritrasmissioni ritardate in modo casuale).
- Il riscontro (ACK) dell'avvenuta corretta ricezione può essere fornito da
 - osservazione diretta (es. canale broadcast o con eco);
 - osservazione indiretta (è il ricevente che segnala la corretta ricezione).



Tecniche di accesso multiplo





Protocollo ALOHA

- L'esempio più noto di accesso casuale è il protocollo ALOHA, nato per comunicazioni via satellite.
- E' il protocollo ad accesso casuale più semplice e fa a meno di ogni forma di coordinamento fra le stazioni.
- Ogni utente trasmette una trama appena questa viene generata; quindi si pone in ascolto per ricevere un ACK generato dalla stazione ricevente (protocollo senza *feedback di canale*).
- In caso di collisione, l'utente attende un tempo random prima di ritrasmettere il pacchetto (leggi deterministiche di ritrasmissione porterebbero inevitabilmente al ripetersi della situazione di collisione).

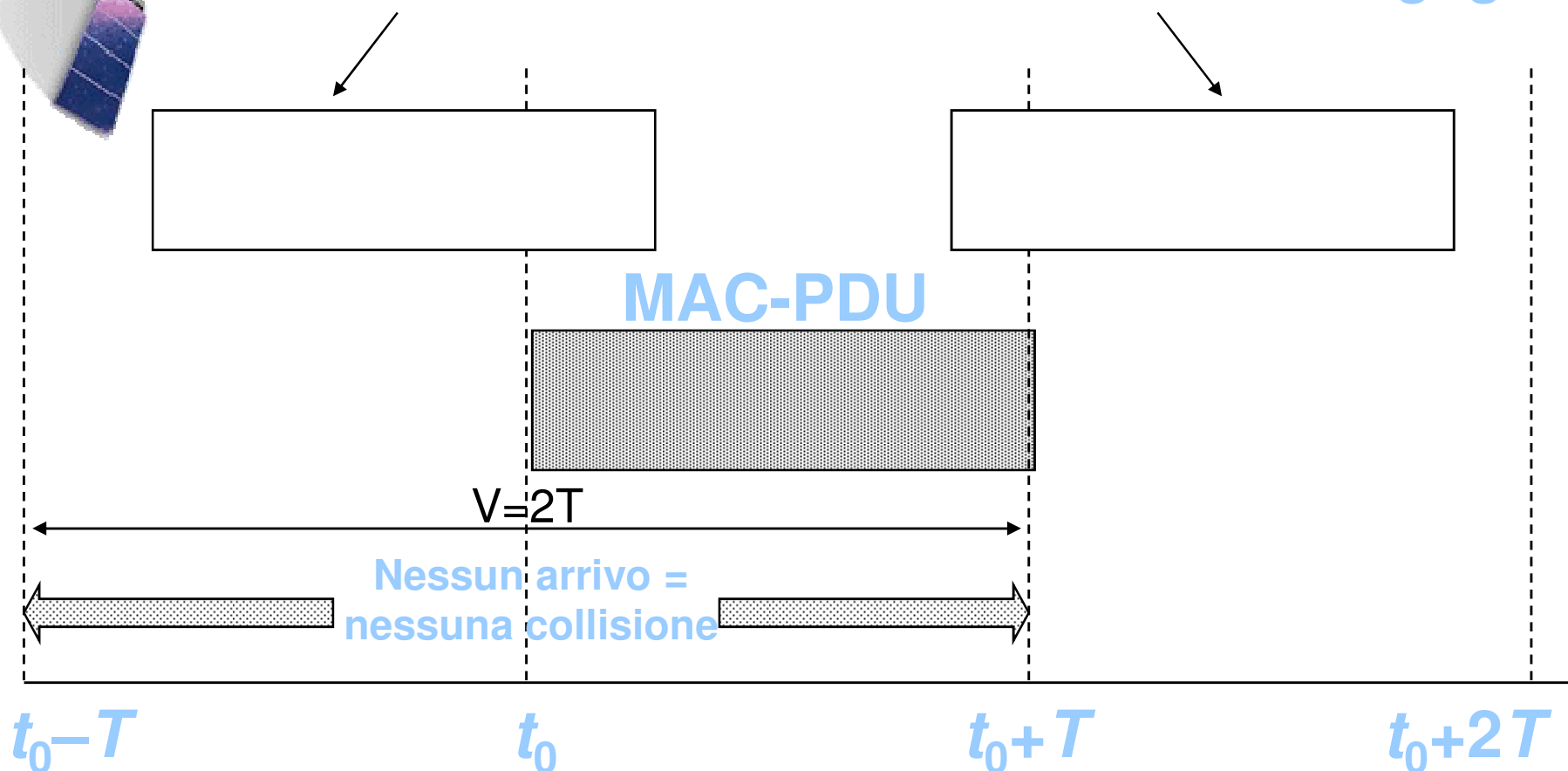


Protocollo ALOHA

- Si assume che si sia verificata una collisione se la stazione emittente non riceve un riscontro positivo dalla stazione di destinazione entro un determinato intervallo di tempo (time-out).
- Si definisce *periodo di vulnerabilità* V l'intervallo di tempo durante il quale le trame possono subire collisioni con le trame di altri utenti.
- Il periodo V è pari a $2T$, dove T è la durata della trama.

Protocollo ALOHA

MAC-PDU che vanno in collisione con la MAC-PDU grigia





ALOHA: prestazioni

- Le prestazioni di una tecnica a contesa sono valutate tramite
 - *throughput* (S), cioè il numero medio di trame trasmesse con successo per unità di tempo;
 - *ritardo medio* (D) per trama.
- Assunzioni:
 - le trame hanno una lunghezza costante (durata T);
 - il data rate del canale è fissato;
 - gli utenti generano nuove trame a istanti casuali;
 - la trasmissione/ritrasmissione delle trame ha una distribuzione di Poisson con tasso medio di arrivo di λ trame/s.



Processo di Poisson

- Un *processo puntuale* descrive la posizione di punti su un asse orientato (in genere l'asse temporale):
 - $n(0,t)$ =numero di punti nell'intervallo $[0,t]$;
 - $n(t,t+\tau)$ =numero di punti nell'intervallo $[t,t+\tau]$.
- Processo di Poisson:
 1. la probabilità che ci sia un punto di Poisson in un intervallo infinitesimo dt è pari a
$$P[n(t,t+dt)=1]=\lambda dt$$
dove il parametro λ rappresenta la *frequenza* del processo.
 2. la probabilità che ci siano più punti in un intervallo infinitesimo dt è nulla
$$P[n(t,t+dt)>1]=0$$
 3. i punti presenti in intervalli di tempo disgiunti sono variabili casuali indipendenti.



Processo di Poisson

La probabilità che vi siano k punti di Poisson in un intervallo temporale τ è pari a :

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



ALOHA: prestazioni

- Il numero medio di tentativi di trasmissione da parte delle stazioni nell'unità di tempo T (pari al tempo di trasmissione di una trama) è pari a

$$G = \lambda T$$

- λ è la frequenza media di arrivo delle trame (sia quelle nuove che quelle ritrasmesse);
- G è una misura relativa dell'utilizzazione del canale.



ALOHA: prestazioni

- La probabilità che vengano generate n trame dagli utenti, durante il tempo di durata di una trama T , è distribuita secondo Poisson:

$$P[n, T] = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} = \frac{G^n e^{-G}}{n!}$$

- La probabilità di non avere collisioni (probabilità di successo) è pari alla probabilità di non avere arrivi di trame ($n=0$) nel periodo di vulnerabilità $2T$:

$$P_s = P[0, 2T] = \frac{(\lambda 2T)^0}{0!} e^{-\lambda 2T} = e^{-2G}$$



ALOHA: prestazioni

- Il throughput normalizzato (varia tra 0 e 1) o coefficiente di utilizzazione della rete è pari a :

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

- Il throughput massimo si ottiene come:

$$\frac{dS}{dG} = e^{-2G} - 2Ge^{-2G} = 0$$

$$G_{\max} = 1 / 2$$

$$S_{\max} = 1 / 2e = 0.1839 \text{ Erlang}$$



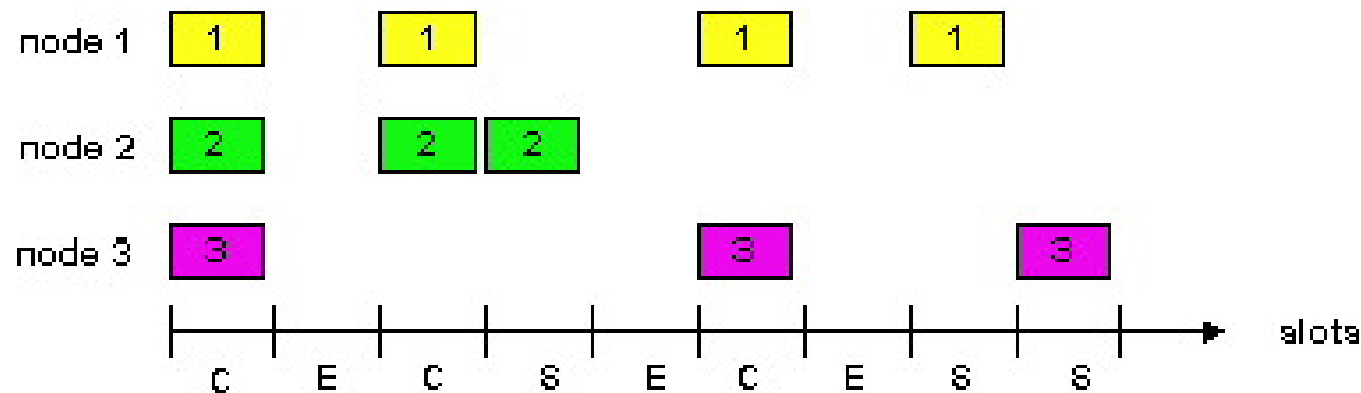
Protocollo Slotted ALOHA

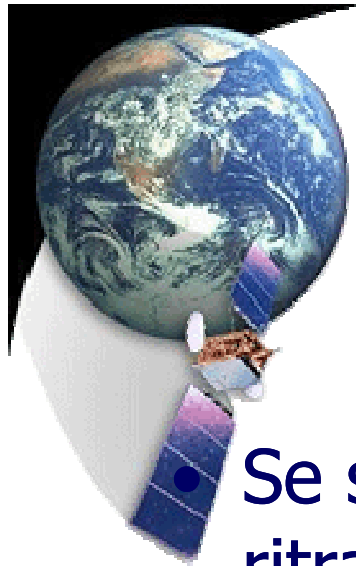
- E' come il protocollo ALOHA, ma con una *sincronizzazione tra le stazioni*: le stazioni hanno in comune un riferimento temporale e possono trasmettere solo iniziando al tempo $0, T, 2T, \dots$
- Il sincronismo evita il caso di sovrapposizioni parziali delle trasmissioni e quindi la collisione si ha solo se altre trame trasmettono nello stesso istante della trama corrente.



Protocollo Slotted ALOHA

- Lo Slotted ALOHA divide il tempo in time slot uguali di lunghezza pari alla durata T di una trama
 - un nodo che ha una nuova trama in arrivo trasmette all'inizio dello slot successivo;
 - se c'è collisione (C) il nodo ritrasmette la trama negli slot seguenti, finché non ha successo (S).





Protocollo Slotted ALOHA

- Se si verifica una collisione, la stazione prova a ritrasmettere dopo un numero di slot scelto uniformemente nell'intervallo $0 - 2^{Min(k, max)}$.
- k è il numero di collisioni già subite dal pacchetto.
- max è un valore che limita la dimensione massima dell'intervallo di ritrasmissione.



Slotted ALOHA: prestazioni

- Il periodo di vulnerabilità è pari alla durata di una trama T. Per cui il throughput è pari a :

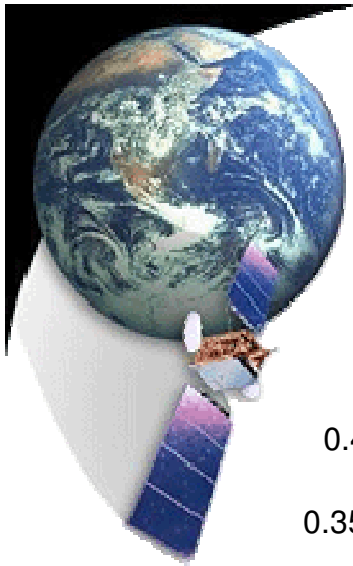
$$S = GP_s = Ge^{-G}$$

- Il throughput massimo si ottiene come:

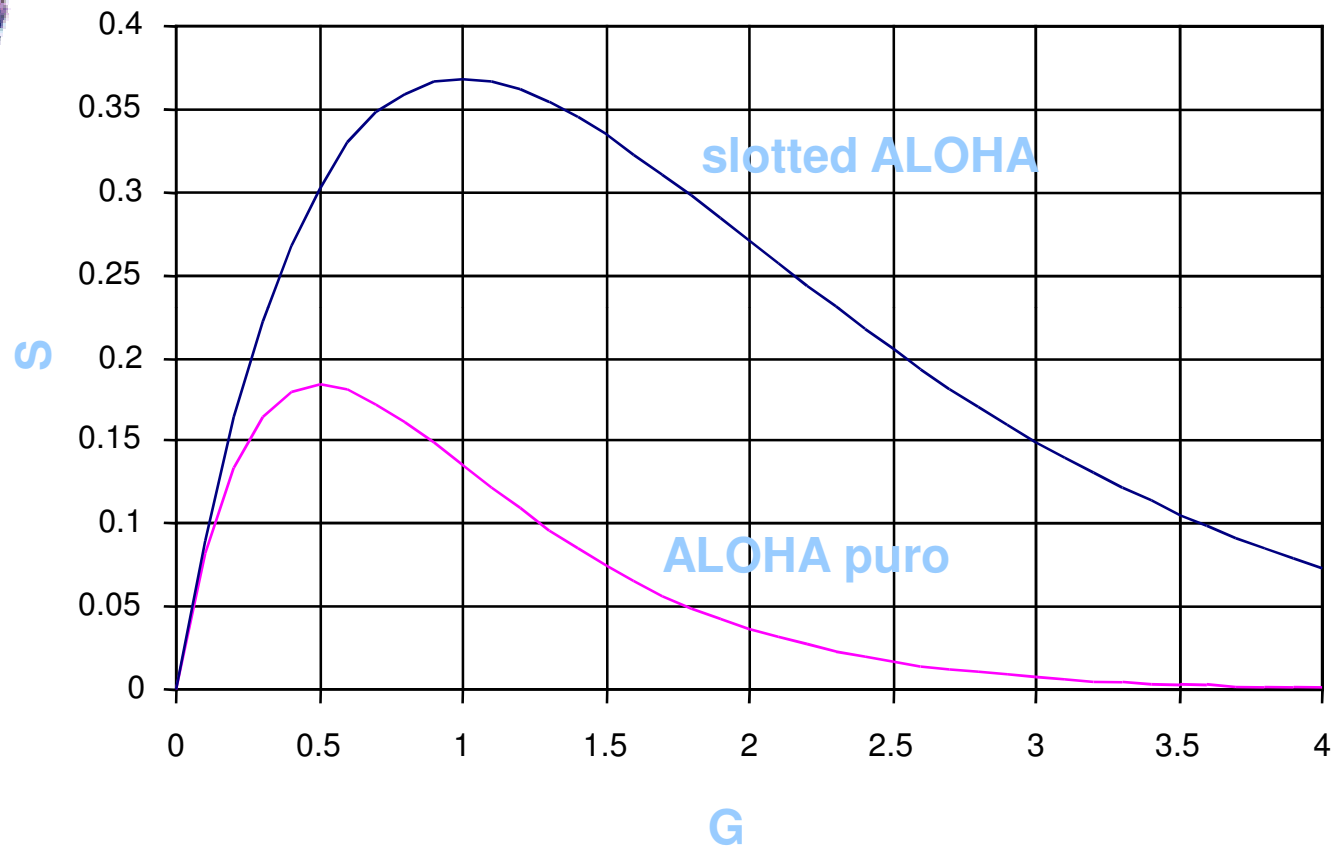
$$\frac{dS}{dG} = e^{-G} - Ge^{-G} = 0$$

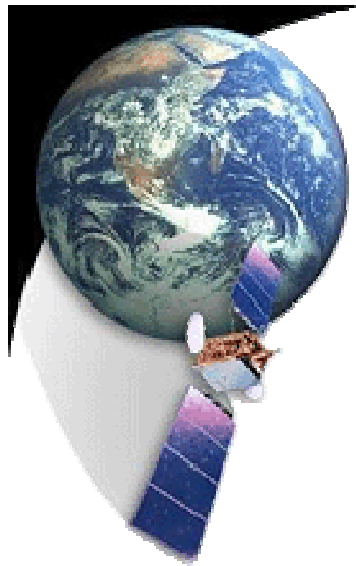
$$G_{\max} = 1$$

$$S_{\max} = 1 / e = 0.3679 \text{ Erlang}$$

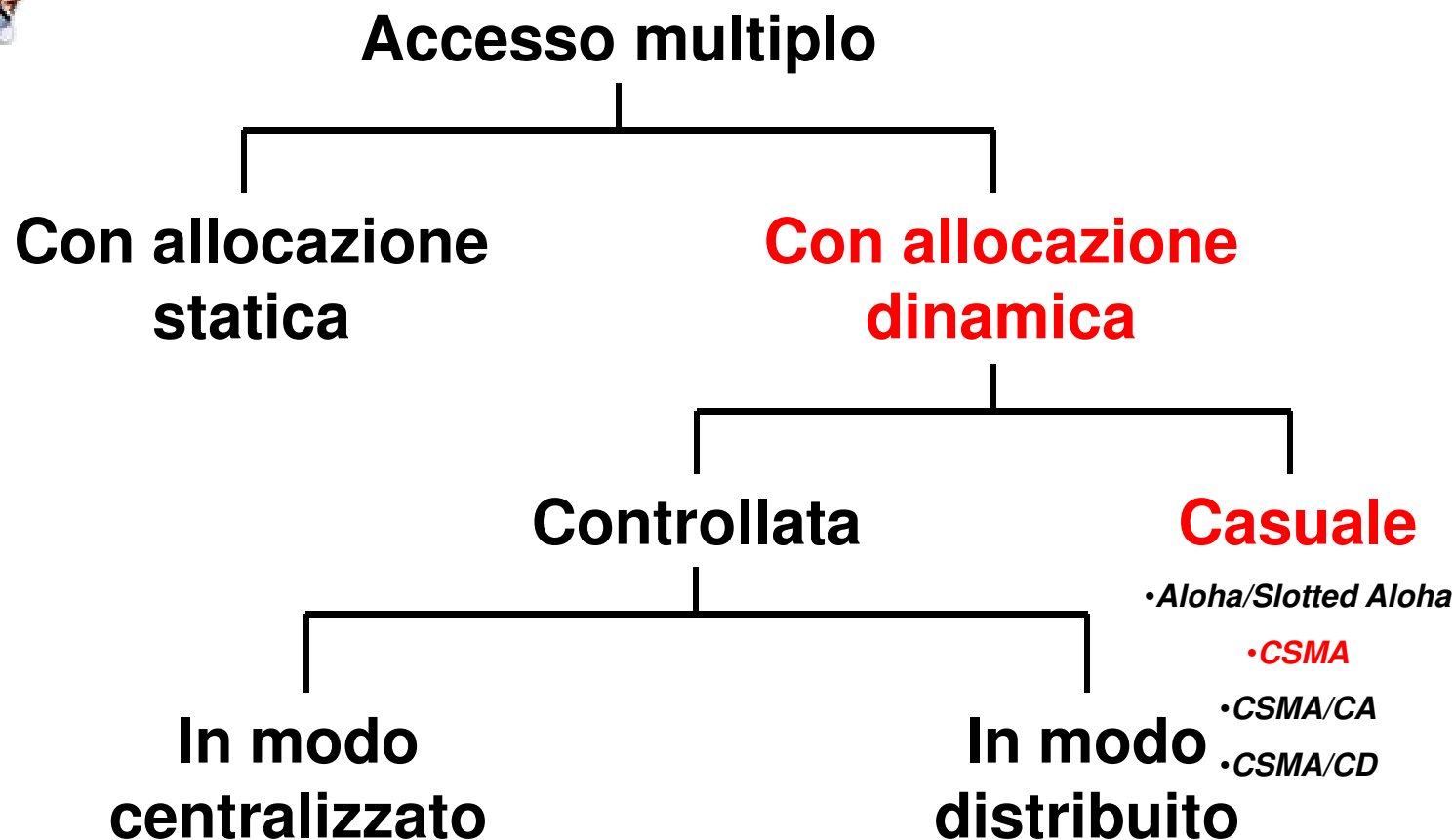


Prestazioni di ALOHA e Slotted ALOHA





Tecniche di accesso multiplo





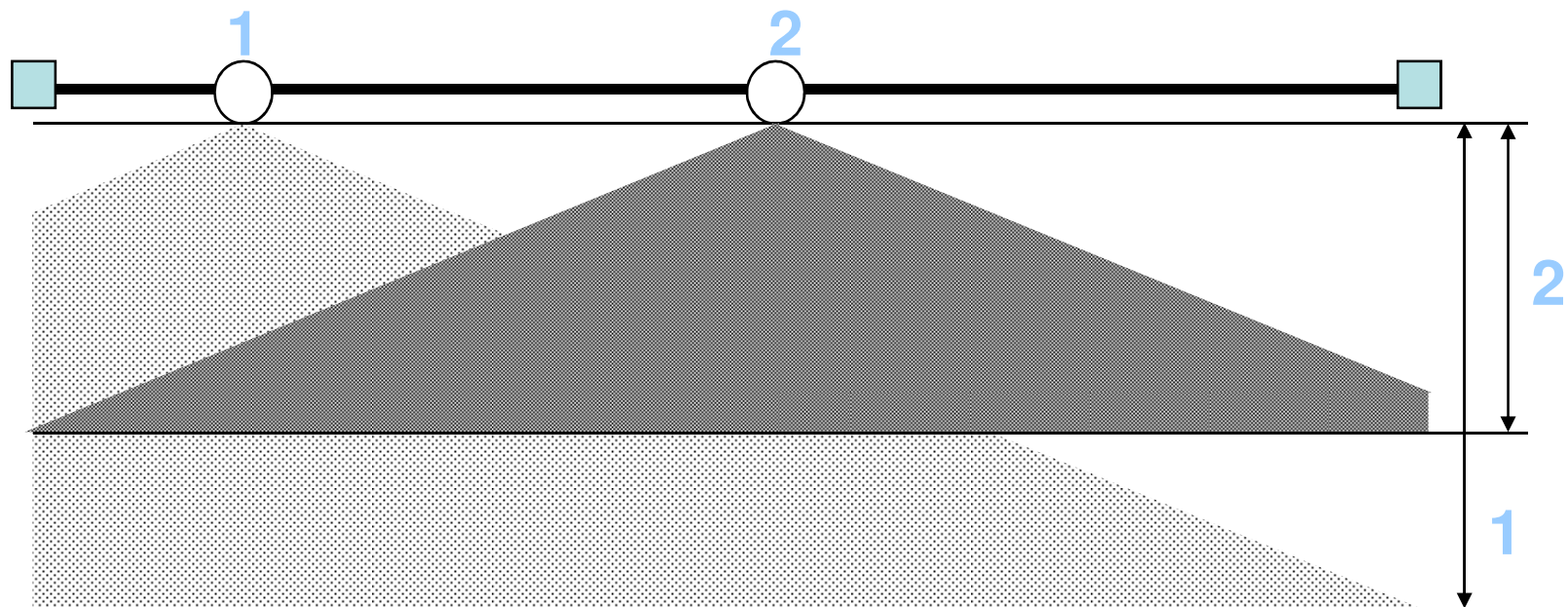
CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Adotta la regola: "Listen before transmit".
- Procedura:
 - una stazione che desidera emettere ascolta se il canale è occupato da una emissione precedente:
 - ✓ se il canale è *libero*, la stazione emette;
 - ✓ se il canale è *occupato*, la stazione ritarda l'emissione ad un istante successivo.
 - se la stazione emittente non riceve un riscontro positivo dalla stazione ricevente, viene ritentata la trasmissione con gli stessi accorgimenti descritti nella procedura del protocollo ALOHA.



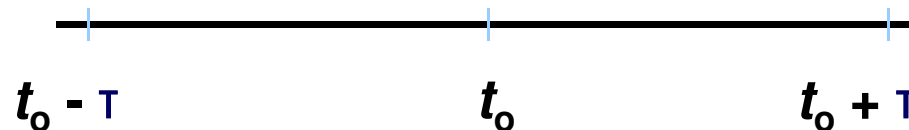
CSMA

- A causa dei ritardi di propagazione il protocollo CSMA è *soggetto* a collisioni.



CSMA

- Per questo protocollo e per quelli della stessa famiglia l'intervallo di vulnerabilità è uguale a 2τ , e cioè al doppio del valore massimo del ritardo di propagazione tra due stazioni della rete.
- Infatti, nella condizione più sfavorevole, una stazione A che inizia ad emettere nell'istante t_0 collide con una stazione B quando
 - non ha sentito l'emissione della stazione B iniziata al tempo $t_0 - \tau$;
 - non viene sentita dalla stazione B che inizia ad emettere al tempo $t_0 + \tau$.





CSMA: procedure di persistenza

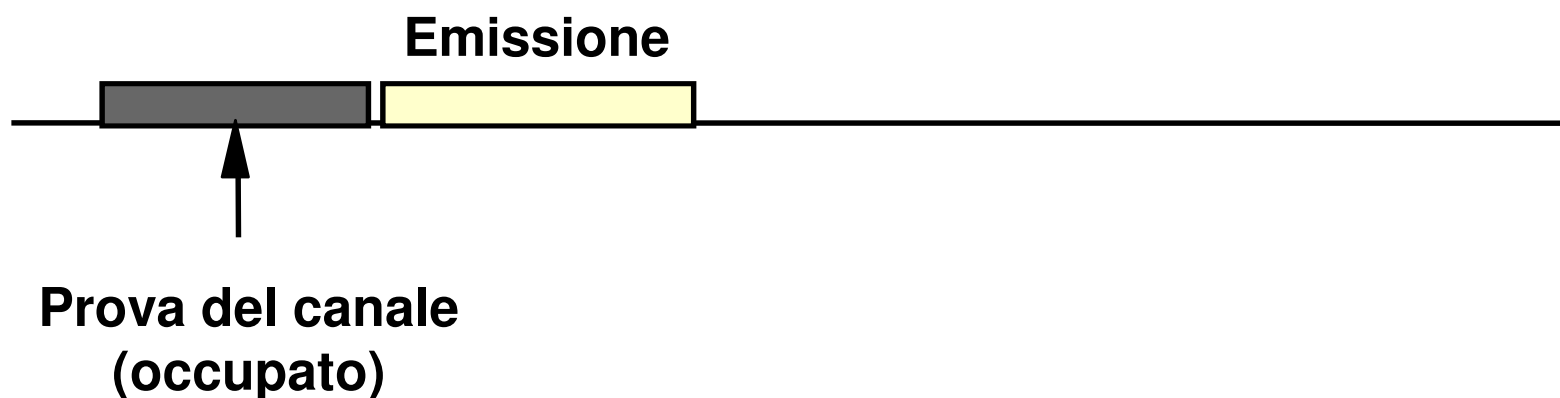
- Il protocollo deve gestire due problemi connessi alla reiterazione dei tentativi di accesso
 - in presenza di canale occupato;
 - a seguito di collisioni.
- Nel caso di canale occupato, l'istante successivo di emissione è determinato in base ad una *procedura di persistenza*
 - ✓ 1-persistente
 - ✓ 0-persistente
 - ✓ p-persistente

CSMA: procedure di persistenza



1-persistente

- La stazione aspetta che il canale torni libero, quindi trasmette.

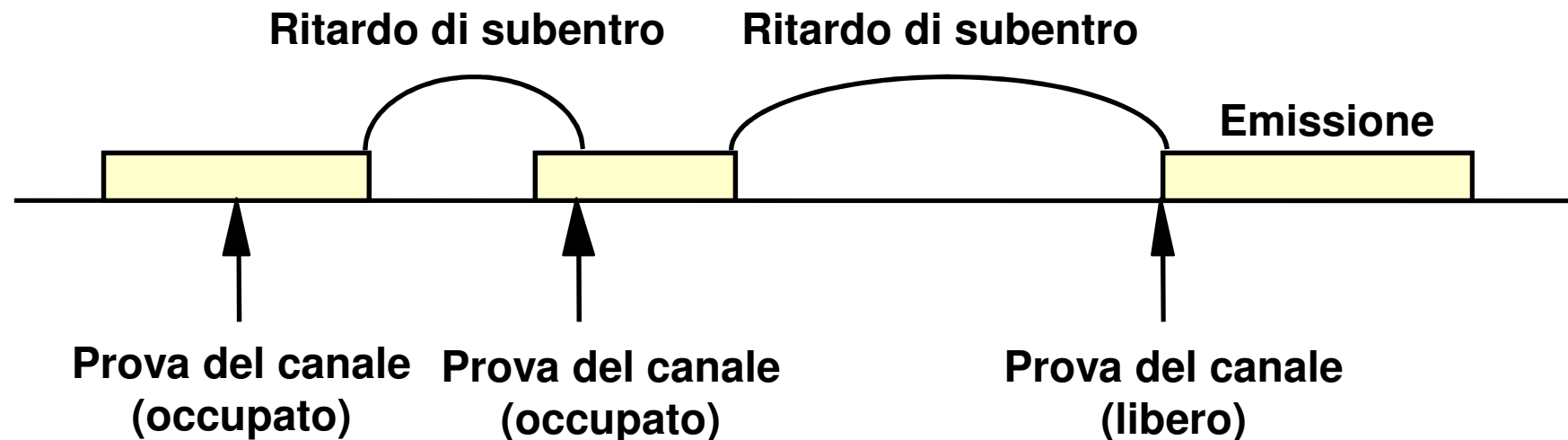




CSMA: *procedure di persistenza*

0-persistente

- La stazione aspetta che il canale torni libero e ritarda poi l'emissione di un intervallo di tempo calcolato in base ad un algoritmo di subentro (backoff).

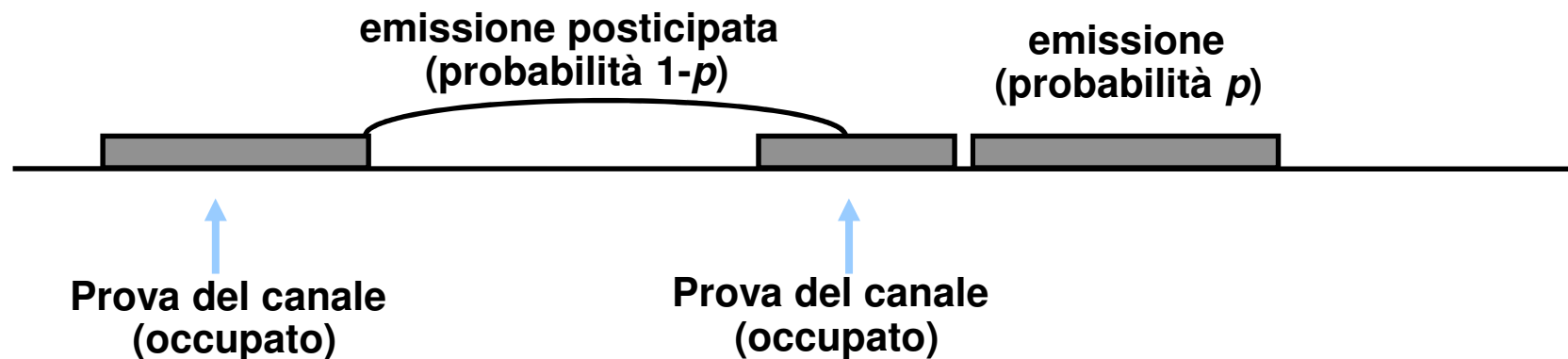




CSMA: procedure di persistenza

p-persistente

- La stazione attende che il canale torni libero, quindi effettua l'emissione con probabilità p , altrimenti la trasmissione è ritardata di un intervallo di tempo calcolato in base ad un algoritmo di subentro.



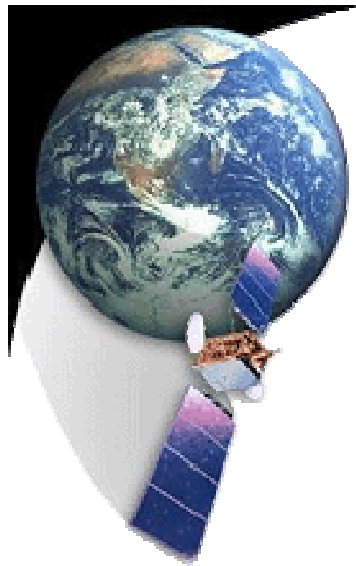


CSMA: prestazioni

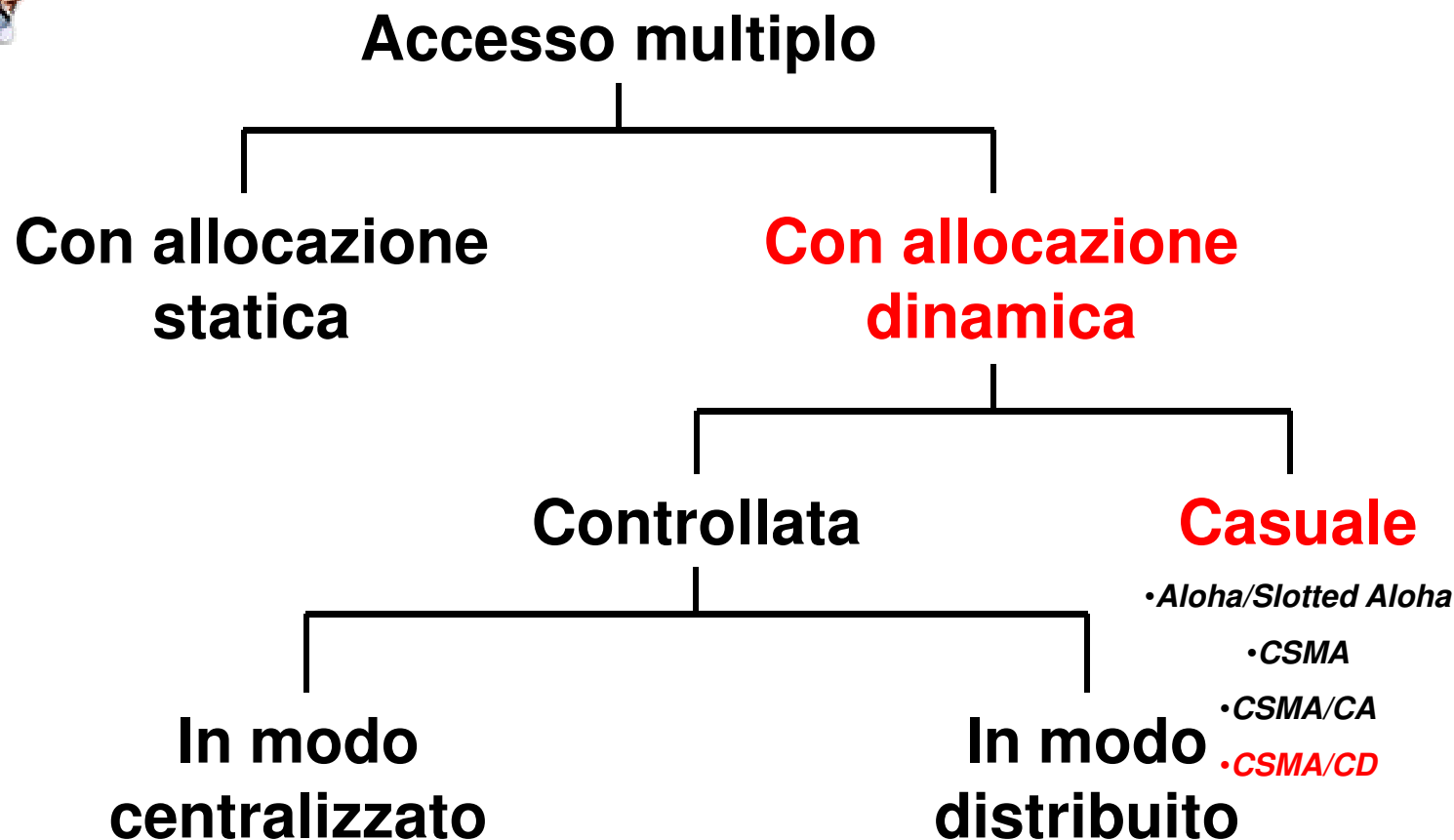
- Nel caso non persistente si può dimostrare che:

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

- Dove:
 - T è il tempo di trasmissione;
 - τ è il tempo di propagazione;
 - $a = \tau/T$.



Tecniche di accesso multiplo





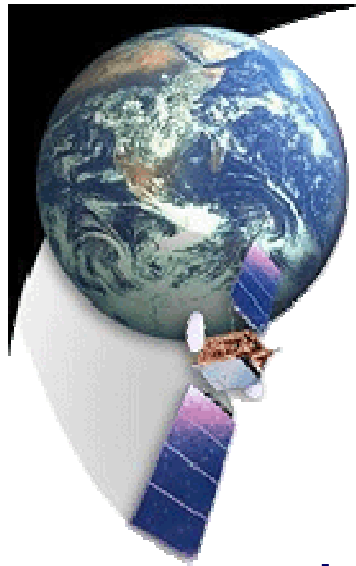
CSMA con rivelazione di collisione (CSMA/CD)

- Rispetto al protocollo CSMA, migliora le prestazioni riducendo la durata delle collisioni.
- Adotta la regola: "Ascolta prima di parlare e mentre parli".
- Procedura (secondo lo standard IEEE 802.3):
 - una stazione che ha ricevuto informazione dalla sorgente e che ha provveduto a strutturarla in una MAC-PDU, tenta di emetterla ascoltando il canale:
 - ✓ se il canale è libero, la emette subito;
 - ✓ se il canale è occupato, segue una delle procedure di persistenza;



CSMA con rivelazione di collisione (CSMA/CD)

- se, durante l'emissione viene rivelata una collisione, la stazione interrompe l'emissione e emette un breve segnale di JAM con lo scopo segnalare l'evento alle altre stazioni (*collision enforcement*);
- completata l'emissione del segnale di JAM, la stazione attende per un tempo W di durata aleatoria e poi riprova ad emettere la MAC-PDU andata in collisione.



Algoritmo di Exponential Backoff

- La durata di attesa per tentare una nuova emissione di una MAC-PDU andata in collisione è estratta dall'applicazione dell'*algoritmo di Exponential Backoff*.
 - l'asse dei tempi è suddiviso in intervalli temporali (IT) di durata T_{IT} uguale all'intervallo di vulnerabilità, e cioè a due volte il ritardo di propagazione massimo;



Algoritmo di Exponential Backoff

- la durata di attesa W è un multiplo casuale di T_{IT} ,

$$W = K T_{IT}$$

in cui l'ordine di molteplicità K è un intero estratto da una distribuzione uniforme su un intervallo $0 - R$ di larghezza (almeno inizialmente) crescente esponenzialmente con il numero di collisioni subite dalla MAC-PDU;

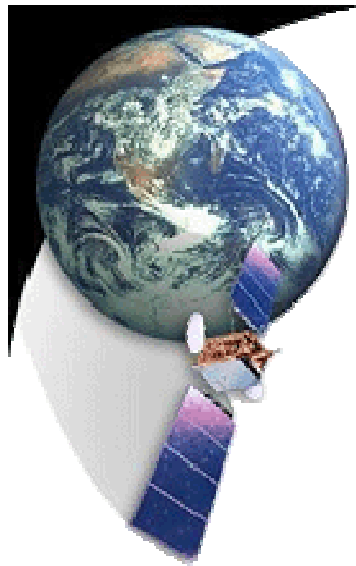


Algoritmo di Exponential Backoff

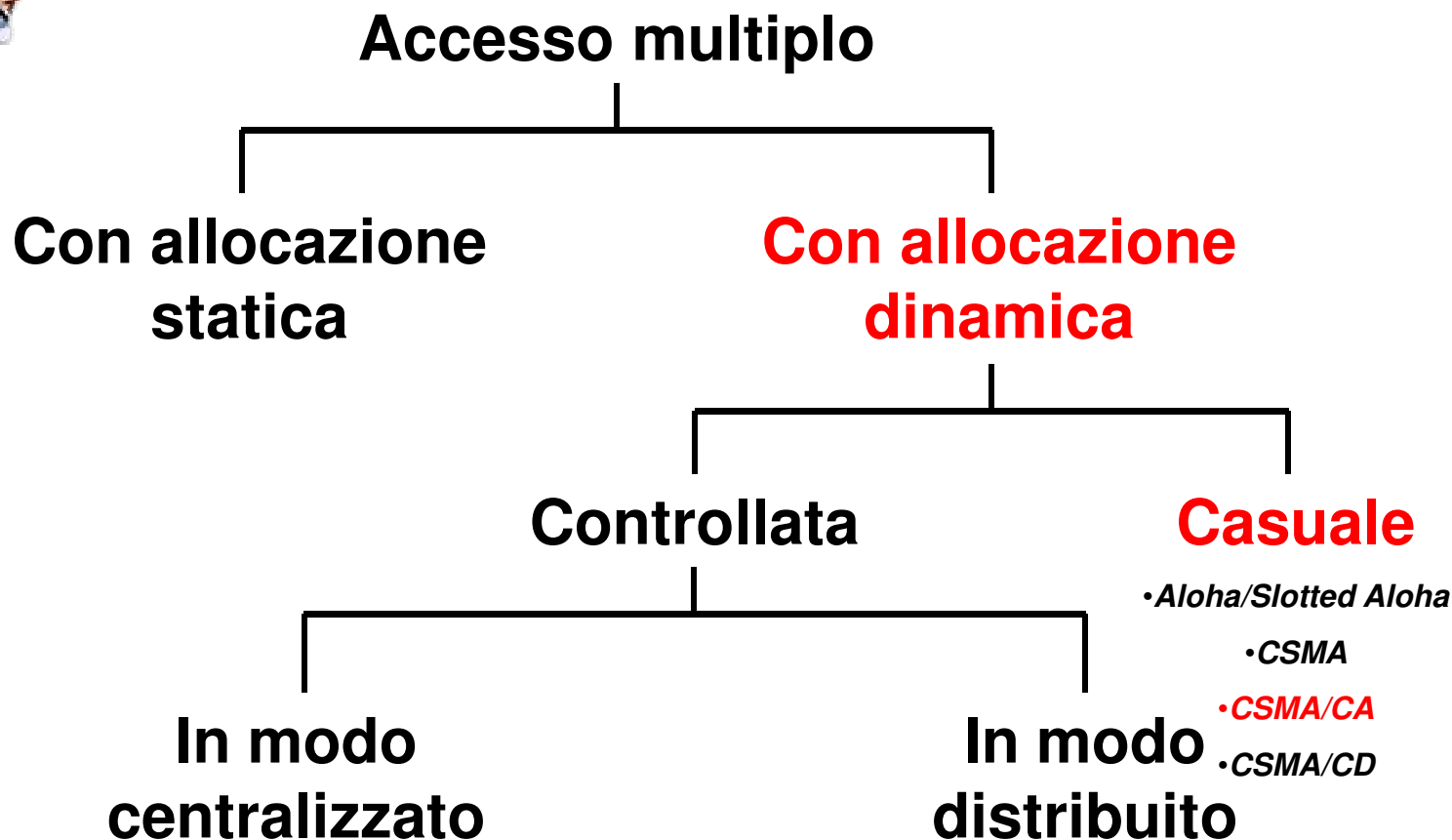
- se i è il numero d'ordine di una collisione subita dalla MAC-PDU, l'intervallo R è così definito

$$R = \begin{cases} 2^i - 1 & \text{se } 1 \leq i \leq 10 \\ 1023 & \text{se } 10 < i \leq 16 \end{cases};$$

dopo 16 collisioni si interrompono i tentativi di emissione e si notifica il fallimento ai livelli superiori.



Tecniche di accesso multiplo





IEEE 802.11: Distributed Coordination Function (DCF)

- E' un protocollo distribuito a contesa, basato sul CSMA/CA (Collision Avoidance).
- Non è prevista la rilevazione di collisione (CD), in quanto essa è di difficile realizzazione in una rete wireless.



Distributed Coordination Function (DCF)

- Ogni unità informativa viene trasferita con lo scambio di quattro trame, una prima RTS (Request To Send), una seconda CTS (Clear To Send), una terza di dati e una quarta di riscontro (ACK).
- Gli RTS e CTS contengono una informazione (NAV- Network Allocation Vector) circa la durata di impegno della rete ove l'accesso fosse consentito.

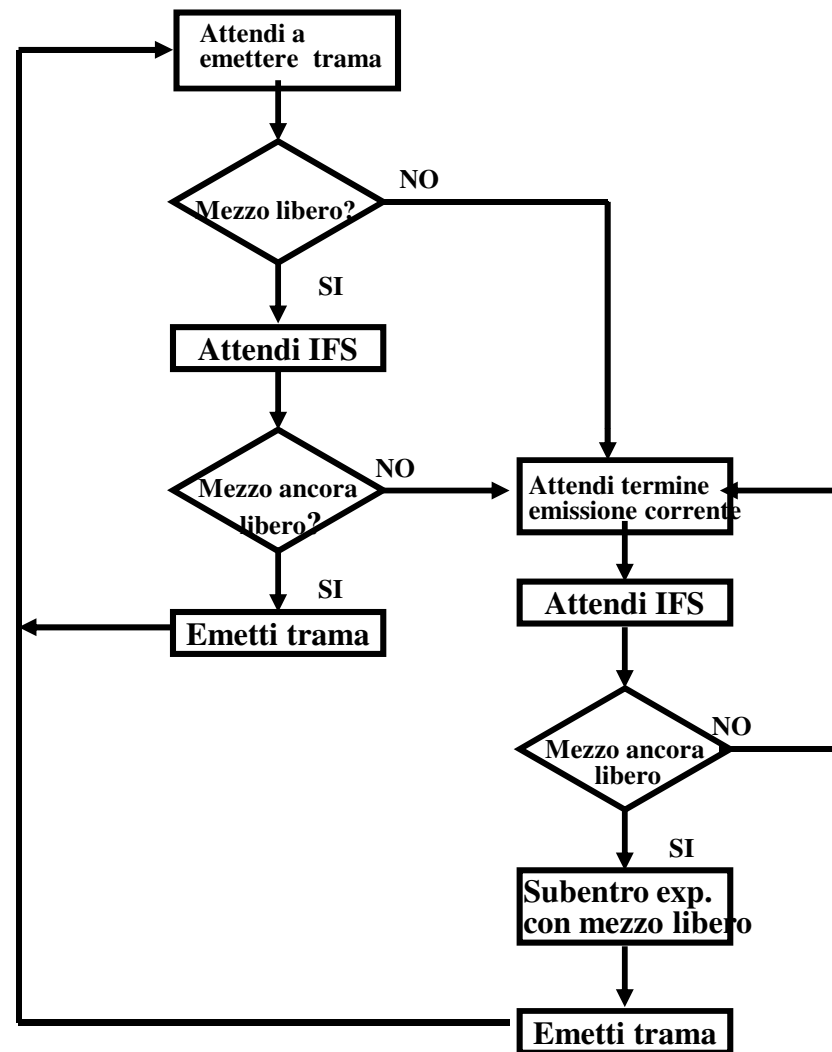


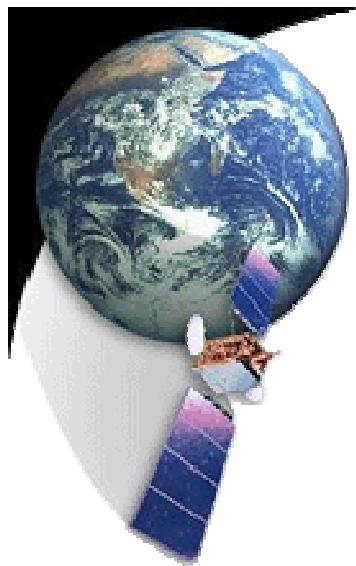
Distributed Coordination Function (DCF)

- L'intervallo di tempo che intercorre tra due trame successive è chiamato "inter-frame space" (IFS).
- Una stazione determina che un canale è libero tramite l'uso della funzione "ascolto del canale" per l'IFS specificato.
- Sono definiti tre diversi IFS per fornire un numero corrispondente di priorità di accesso al mezzo:
 - SIFS: Short IFS; precede una ACK, un RTS o un CTS o un MPDU contenente un frammento di MSDU, ad eccezione del primo.
 - PIFS: PCF (Point Coordination Function) IFS; non è di interesse per questa trattazione.
 - DIFS: DCF IFS; è usato solo durante la DCF e precede le trame MPDU contenenti dati.

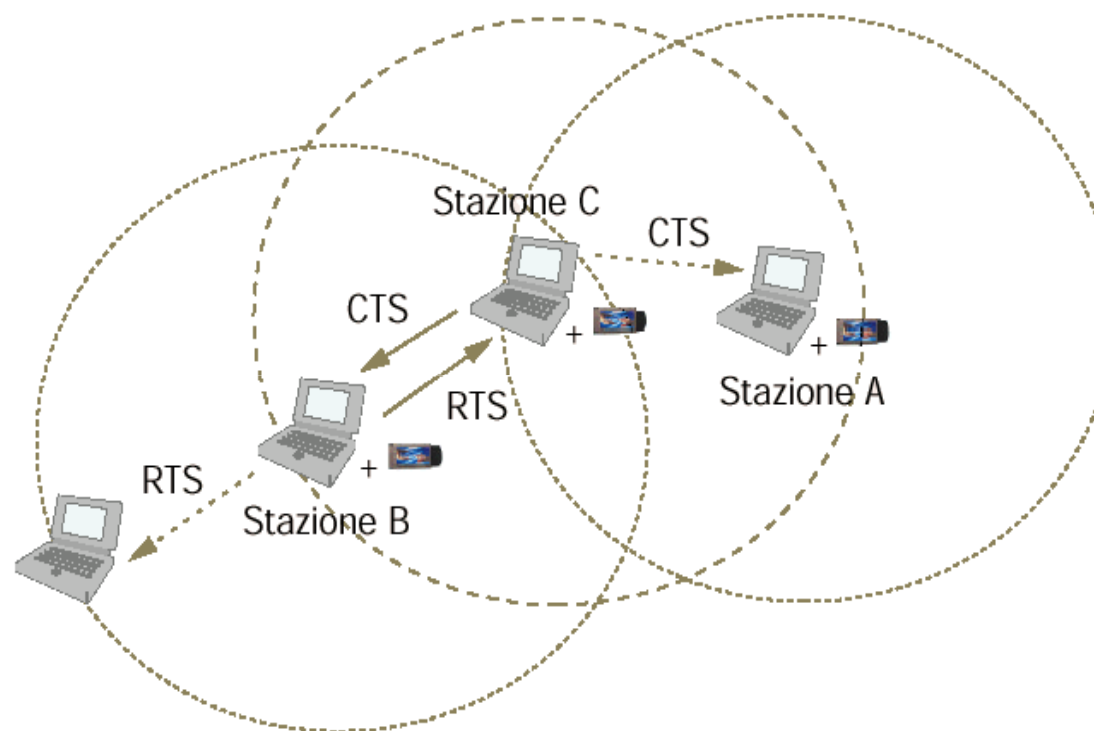


Distributed Coordination Function (DCF)





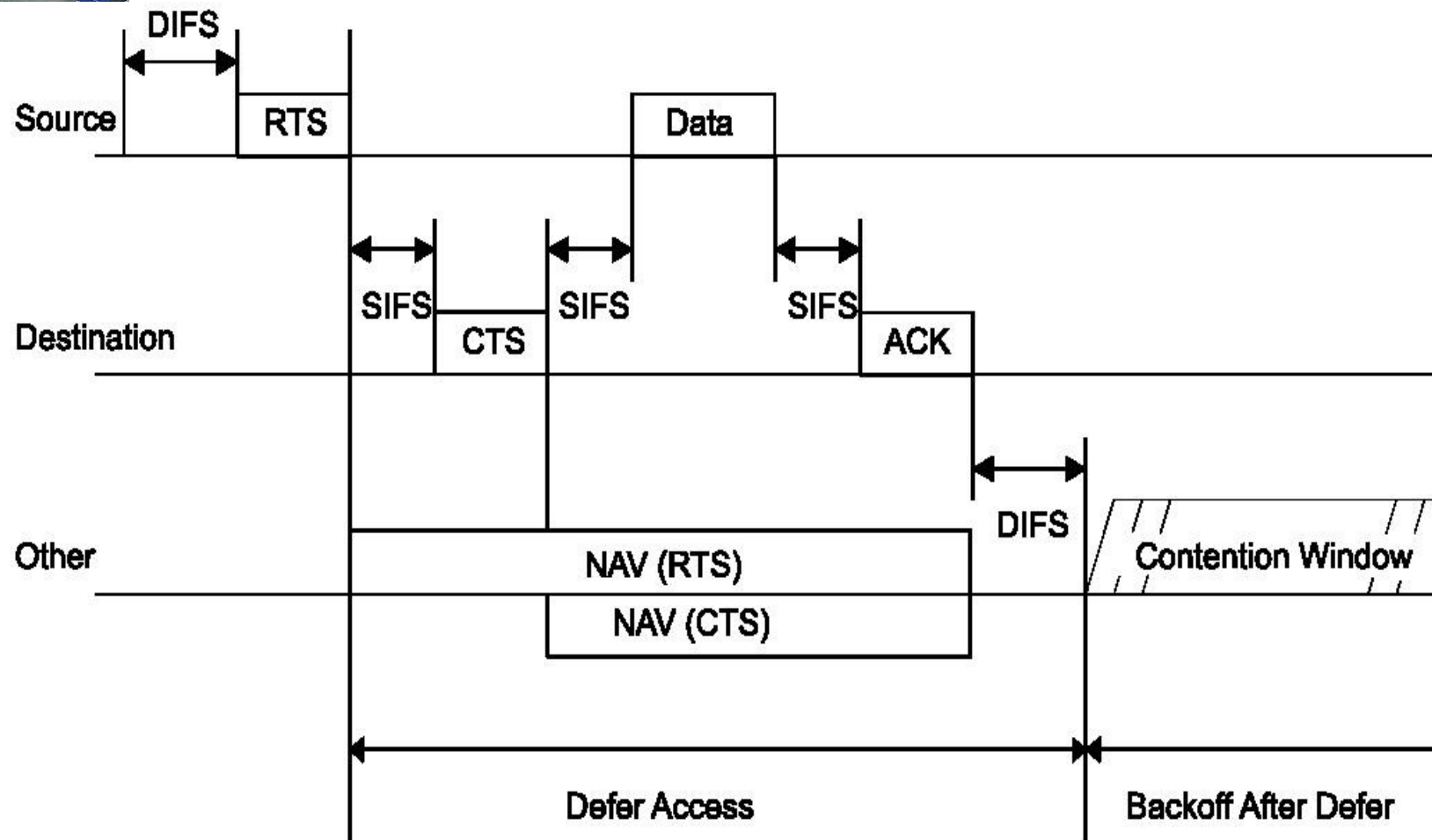
Terminale nascosto



CTS = Clear To Send
RTS = Ready To Send

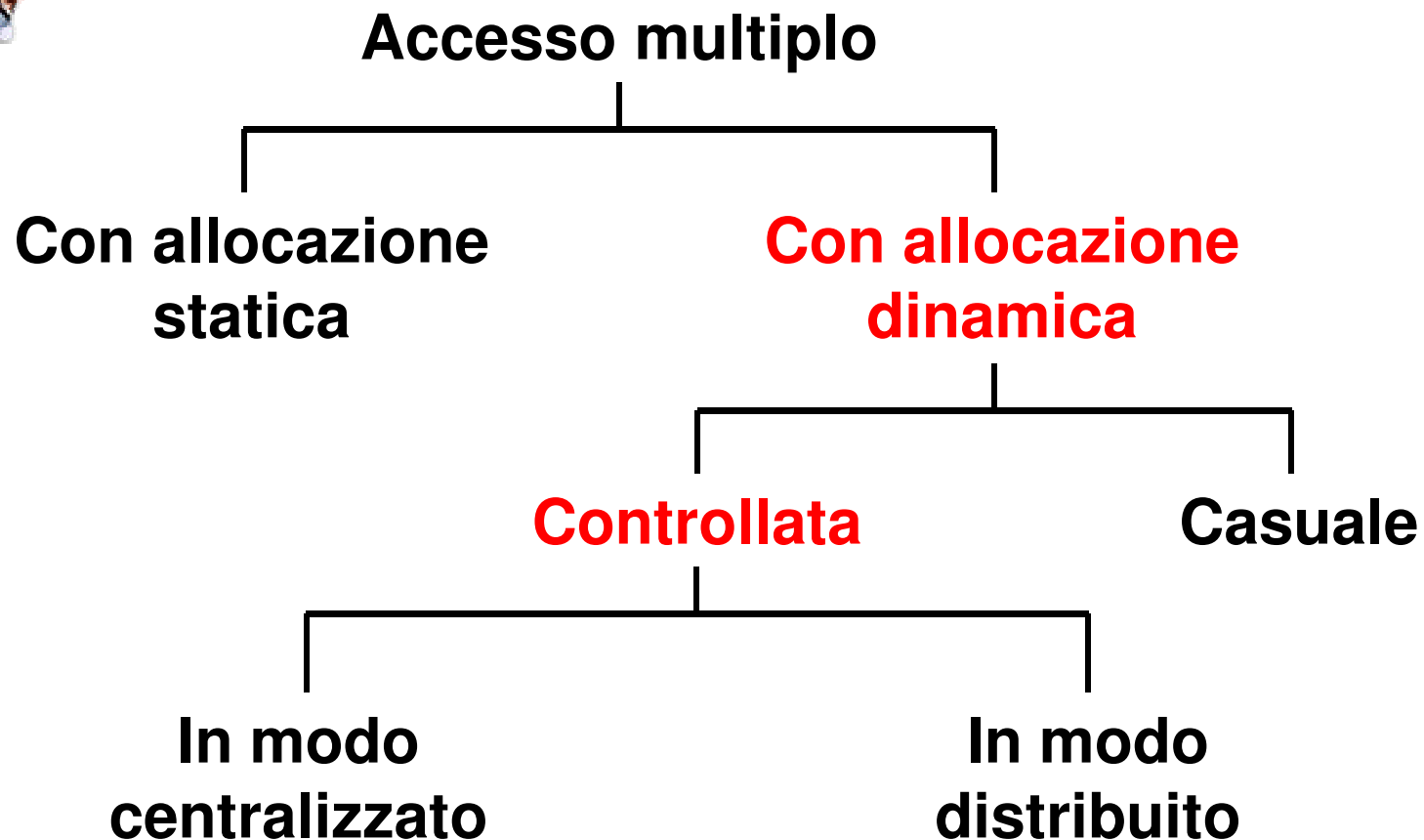
Le stazioni A e B sono nascoste tra loro. Il pacchetto CTS, inviato dalla stazione C alla B in risposta al pacchetto RTS, è ricevuto anche dalla stazione A.

DCF: esempio





Tecniche di accesso multiplo



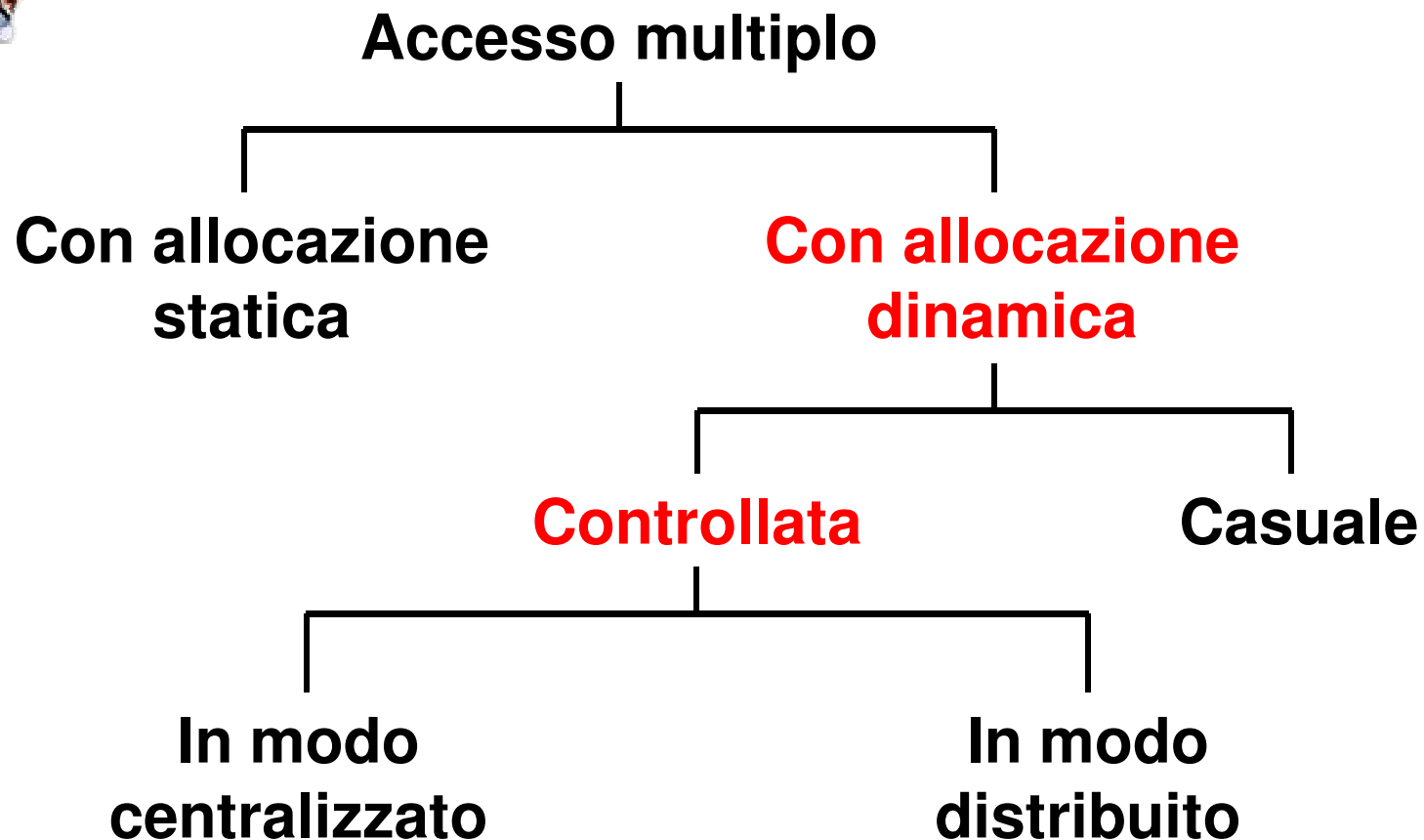


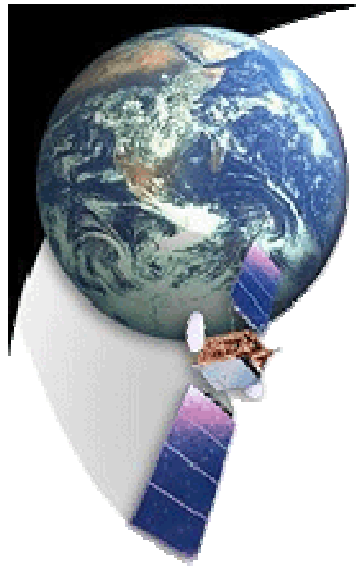
Protocolli MAC senza collisioni

- Sono basati sulla possibilità di prenotare e/o arbitrare l'accesso alla risorsa trasmissiva condivisa
 - polling;
 - token passing.
- Permettono di offrire limiti garantiti per le prestazioni di portata e ritardo, anche con la definizione di classi di priorità, e garantiscono la stabilità del MAC.

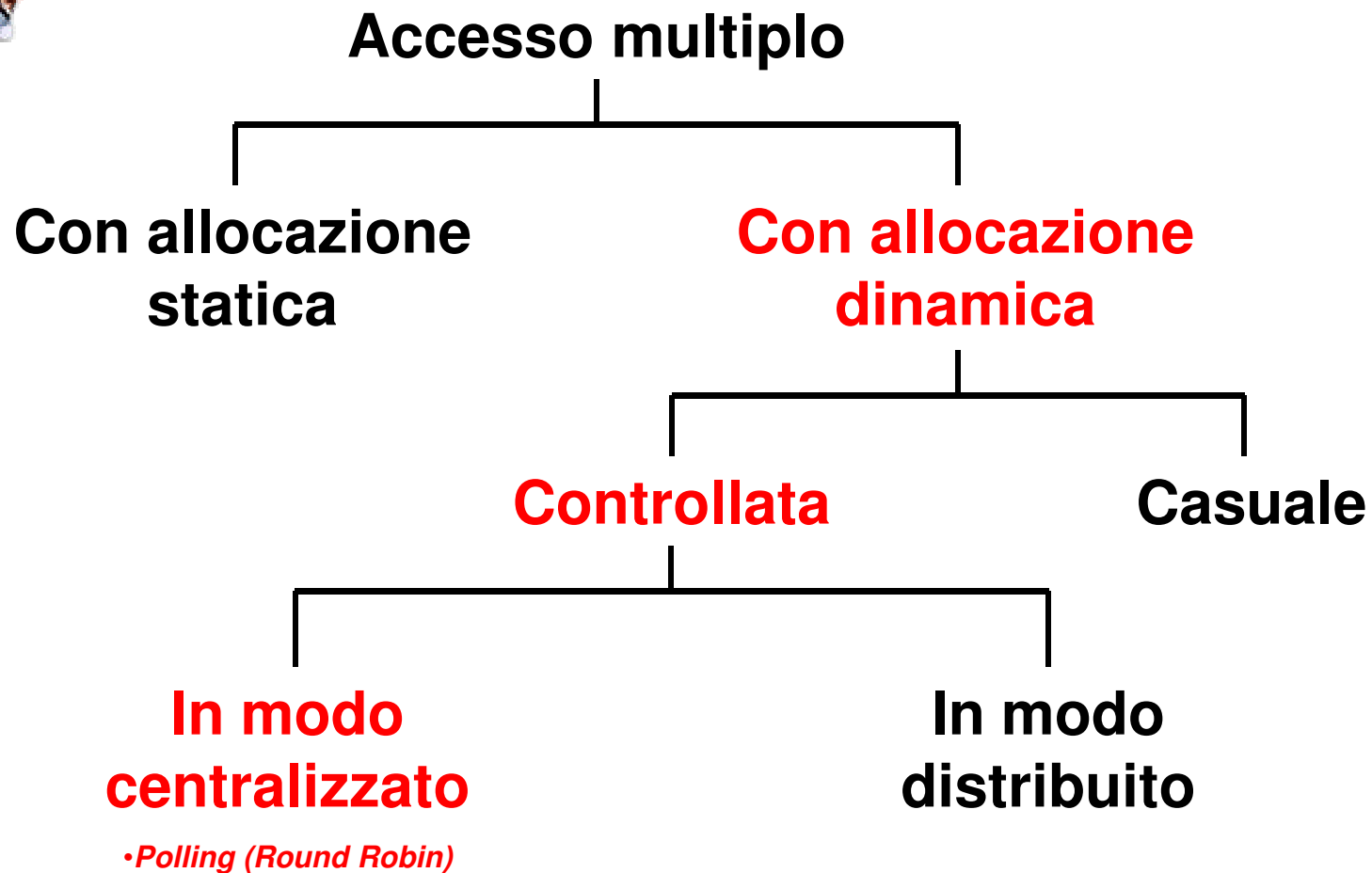


Tecniche di accesso multiplo





Tecniche di accesso multiplo





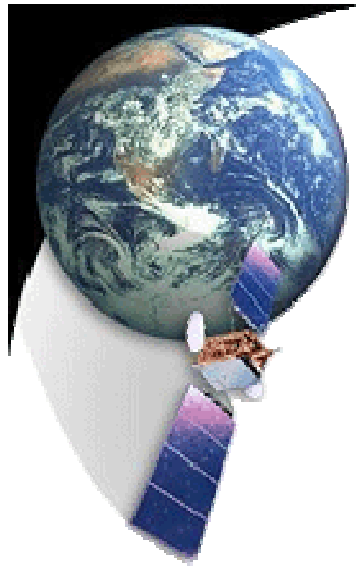
Polling

- Una delle stazioni (primaria) provvede ad abilitare ognuna delle altre (secondarie) a trasmettere.
- Ciascuna stazione a turno ha l'opportunità di trasmettere.
- Quando viene il suo turno la stazione:
 - *se non ha trame in coda* declina l'opportunità di trasmettere;
 - *se ha trame in coda* trasmette tutte le trame (servizio esaustivo) oppure k trame consecutive prima di rilasciare il controllo (servizio k-limitato).
- Il diritto a trasmettere passa quindi alla stazione successiva.

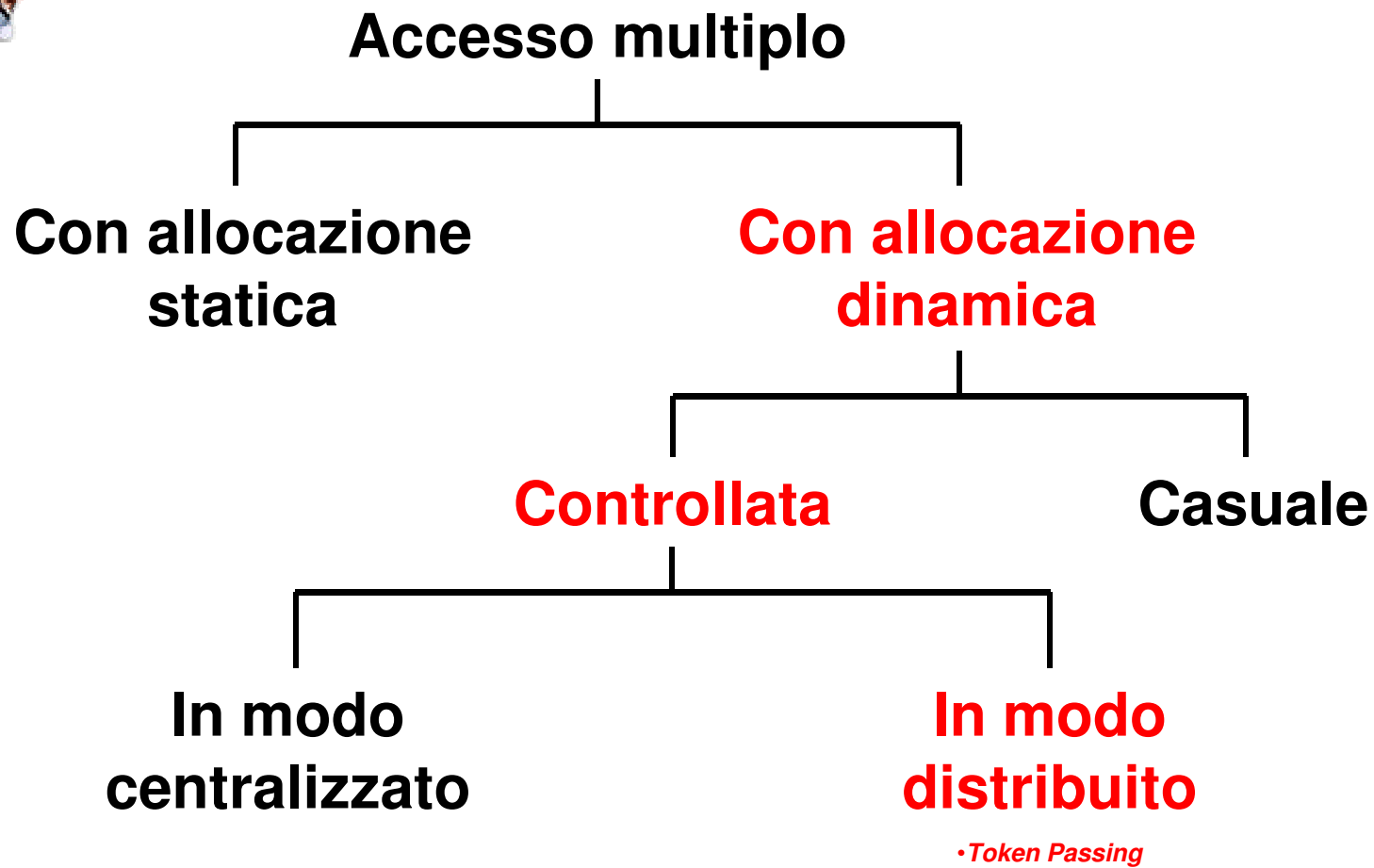


Polling

- Il controllo centralizzato non viene usato nelle LAN a causa della complessità di gestione dovuta al controllore centralizzato e alla scarsa affidabilità in caso di guasti.
- Viene adottato nei sistemi di trasmissione di dati a pacchetto per sistemi radiomobili (es. GPRS – General Packet Radio Service).
- La necessità di definire le modalità con le quali le stazioni e il controllore si scambiano le informazioni di servizio (coda piena o coda vuota, permessi di trasmissione, ecc.) costituisce un problema; le informazioni di servizio dovranno necessariamente utilizzare il mezzo condiviso stesso per la trasmissione.

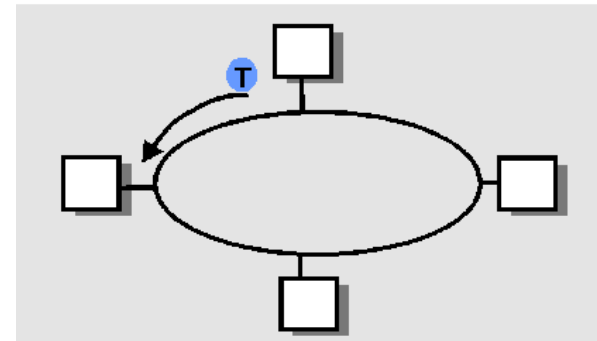


Tecniche di accesso multiplo



Token passing

- Se il canale è sequenziale, come nel caso della topologia ad anello, il passaggio del controllo può non essere esplicitamente indirizzato. Basta un simbolo logico (*token*) che venga fermato dalla stazione che ne ha bisogno e poi rilasciato alla successiva.
- Il controllo passa ordinatamente da stazione (controllo distribuito).
- All'interno dell'anello ruota il token.
- Il nodo mittente attende la ricezione del token e lo modifica accodandogli la trama informativa.





Token passing


- Ogni nodo riceve la trama dall'interfaccia d'ingresso e la rilancia su quella di uscita.
- Quando il nodo destinatario la riceve, riconosce l'indirizzo e legge la trama, ovvero la inoltra agli strati superiori.
- Quando la trama giunge di nuovo al nodo mittente, questi la rimuove dall'anello ed emette un nuovo token che può essere catturato dai nodi a valle.
- Criticità:
 - l'invio dei token costituisce overhead;
 - latenza;
 - singolo punto di fallimento (token).

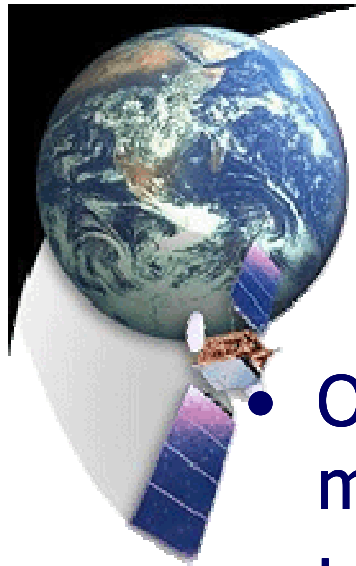


IEEE 802.5 Token Ring

- Lo standard IEEE 802.5 Token Ring implementa un controllo di accesso al mezzo controllato con token passing.
- I primi studi sulla rete Token Ring risalgono al 1976 quando nei laboratori IBM si cercò di sviluppare una LAN alternativa ad Ethernet.
- Token Ring viene realizzata con cablaggio a stella ed è caratterizzata da una topologia logica ad anello.
- Le velocità trasmissive supportate sono di 4Mbit/s, 16 Mbit/s, 100Mbit/s e 1 Gbit/s.

IEEE 802.5 Token Ring

- 
- Una stazione che ha trame da trasmettere e cattura il token (trama particolare che circola sull'anello indicando che l'anello è libero), lo trattiene per un certo tempo (inferiore ad un tempo massimo detto *Token Holding Time - THT*) durante il quale trasmette trame sull'anello.
 - Ogni trama attraversa tutte le stazioni sino a tornare alla stazione mittente (effetto broadcast) che elimina le trame dall'anello.
 - Ogni stazione *rigenera* il segnale introducendo un ritardo minimo di almeno 1 bit.
 - Quando la stazione non ha più trame o scade il Token Holding Time emette il token in coda all'ultima trama.



IEEE 802.5 Token Ring

- Ogni stazione trattiene il token per un tempo massimo THT di 8.9 ms.
- La capacità della linea è C.
- La lunghezza massima della trama è data da:

$$L_{\max} = \text{THT} \times C / 8 \text{ byte}$$

- ✓ Per $C = 4 \text{ Mbit/s}$, $L_{\max} = 4450 \text{ byte}$
- ✓ Per $C = 16 \text{ Mbit/s}$, $L_{\max} = 17800 \text{ byte}$
- ✓ Per $C = 100 \text{ Mbit/s}$, $L_{\max} = 18207 \text{ byte}$



IEEE 802.5 Token Ring

- Il tempo impiegato da un segnale ad attraversare completamente l'anello è detto *latenza di anello*, e rappresenta il tempo di propagazione di una trama da quando viene immessa sull'anello a quando ritorna alla stazione che l'ha generata.
- La latenza di anello L_{ring} è somma di due componenti:
 - il ritardo di propagazione lungo i collegamenti tra stazioni adiacenti;
 - il ritardo di attraversamento delle stazioni (o latenza di stazioni).



Token Ring: prestazioni

- Dati i seguenti parametri:
 - N : numero di stazioni sull'anello;
 - D[m] : lunghezza dell'anello;
 - v[m/s] : velocità di propagazione del segnale sull'anello;
 - C[bit/s] : capacità dell'anello;
 - b[bit] : ritardo introdotto ad ogni stazione;
 - T_t[s] : tempo di trasmissione di una trama;
 - L_{ring}[s] : round trip time o latenza d'anello.
- La latenza d'anello L_{ring} si ottiene sommando il tempo di propagazione (D/v) sull'anello al ritardo totale introdotto dalle stazioni:

$$L_{ring} = D/v + (b/c) \times N \quad [s]$$



Token Ring: prestazioni

- Modalità di rilascio del token:
 - *single token*: la stazione rilascia il token subito dopo aver trasmesso le proprie trame e aver rimosso dall'anello il primo bit dell'ultima trama trasmessa;
 - *single packet*: la stazione rilascia il token subito dopo aver rimosso completamente dall'anello tutte le sue trame trasmesse;
 - *multiple token*: la stazione rilascia il token subito dopo aver finito di trasmettere le proprie trame.
- Nella modalità single token l'efficienza η dell'anello (o throughput massimo) viene calcolata come segue.
 - Caso 1: il tempo di trasmissione della trama è maggiore della latenza di anello ($T_t > L_{ring}$).
 - ✓ Il tempo durante il quale l'anello è scarico è il tempo L_{ring}/N



Token Ring: prestazioni

necessario a far passare il token dalla generica stazione n che possiede il token alla stazione successiva $n+1$

$$\eta = \frac{T_t}{T_t + \frac{L_{ring}}{N}}$$

- Caso 2: il tempo di trasmissione della trama è minore della latenza di anello.
 - ✓ La stazione completa la trasmissione dell'intera trama prima che il primo bit spedito abbia percorso l'intero anello.

$$\eta = \frac{T_t}{L_{ring} + \frac{L_{ring}}{N}}$$



Token Ring: prestazioni

- Nella modalità single packet, il rilascio del token segue la rimozione completa della trama dall'anello.

$$\eta = \frac{T_t}{T_t + L_{ring} + \frac{L_{ring}}{N}}$$

- Nel caso multiple token, la stazione n che ha completato la trasmissione di una trama genera subito un nuovo token per la stazione $n+1$ senza aspettare di rimuovere la trama dall'anello
 - sull'anello ci sono più trame di stazioni diverse;
 - l'efficienza è pari a quella del caso single token: l'attesa è solo quella dovuta al trasferimento dei token alla stazione a valle.



Esercizio 1

- Si consideri il protocollo ALOHA e il modello con traffico sul canale di Poisson.
- La probabilità di successo è nota è pari a 0.1.
- Si calcoli:
 - il traffico sul canale G ;
 - il throughput S .



Soluzione

- La probabilità di successo è data da:

$$P_s = e^{-2G}$$

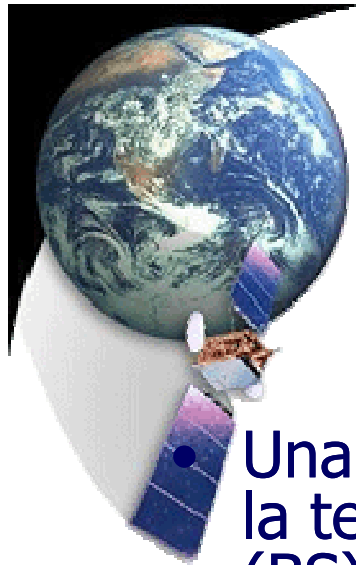
e quindi:

$$e^{-2G} = 0.1$$

$$-2G = \ln(0.1)$$

$$G = -\frac{1}{2} \ln(0.1) = 1.15 \text{ Erlang}$$

- Il throughput S è dato da: $S = Ge^{-2G} = 0.115$



Esercizio 2

- Una rete locale wireless composta da M stazioni usa la tecnica di polling con una stazione base centrale (BS).
- Si supponga che ciascuna stazione si trovi a 200m dalla BS e che la velocità del canale sia di $C=2\text{Mbit/s}$.
- I messaggi di polling sono lunghi $L_{\text{poll}}=64$ byte e le trame $L_t=1250$ byte.
- Si calcoli:
 - il tasso di arrivo massimo delle trame considerando che le stazioni possono trasmettere un numero illimitato di trame per ogni polling;
 - il tasso di arrivo massimo delle trame se le stazioni possono trasmettere 4 trame per polling e inviano un messaggio di 64 byte alla BS alla fine della trasmissione.



Soluzione

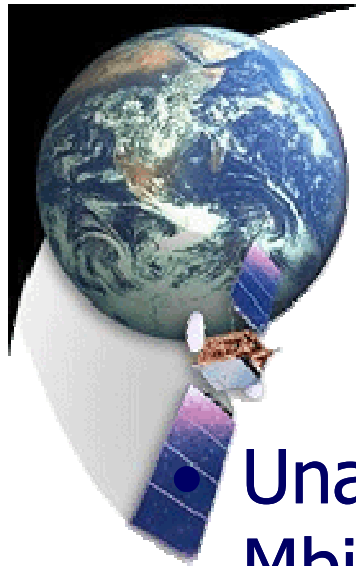
- Nel primo caso il tasso massimo di arrivo dipende dalla capacità del canale:

$$\lambda = C/L_t = (2 \times 10^6) / (1250 \times 8) \text{ bit/trama} = 200 \text{ trame/s}$$

- Se le stazioni possono trasmettere $N=4$ trame per polling:

$$\lambda_{\max} = N(NT_t + T_{\text{poll}} + T_{\text{end}} + 2\tau)$$

- T_t = tempo di trasmissione della trama $= L_t / C = (1250 \times 8) / 2 \times 10^6 = 5 \text{ ms}$
- T_{poll} = tempo di trasmissione della trama di polling $= L_{\text{poll}} / C = (64 \times 8) / 2 \times 10^6 = 256 \mu\text{s}$
- T_{end} = tempo di trasmissione messaggio fine invio trame $= T_{\text{poll}}$
- τ = tempo di propagazione $= 200 \text{ m} / (3 \times 10^8) = 0.66 \mu\text{s}$



Esercizio 3

- Una rete Token Ring lunga 2 km opera a 16 Mbit/s con 50 stazioni.
- Il ritardo di propagazione è di $5\mu\text{s}$, la lunghezza dell'intestazione è 24 bit, il ritardo per stazione è 1 bit, le trame hanno lunghezza media di 1000 bit.
- Si calcoli la latenza d'anello (incluso il tempo di trasmissione di trama).



Soluzione

- Alla velocità di 16 Mbps il tempo di trasmissione di un bit è $1/(16 \times 10^6) = 0.06 \mu\text{s}$.
- La latenza sull'anello è pari a:
Tempo di propagazione sull'anello + tempo di trasmissione trama/header + ritardi nelle 49 stazioni = $2\text{Km} \times 5 \mu\text{s/Km} + (1000 + 24) \text{ bit} \times (0.06 \mu\text{s/bit}) + 49 \text{ stazioni} \times (0.06 \mu\text{s/bit}) \times 1 \text{ bit/stazione}$
 $= 74 \mu\text{s}$