

## Reti di calcolatori

### Sottolivello MAC

Prof.ssa Simonetta Balsamo  
Dipartimento di Informatica  
Università Ca' Foscari di Venezia  
balsamo@dsi.unive.it  
<http://www.dsi.unive.it/~reti>

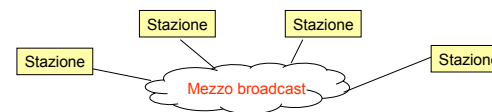
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.1

## Sottolivello MAC: Medium Access Control

- I protocolli per decidere qual'è la prossima stazione a trasmettere su un canale **broadcast** (detto anche *multiaccess channel* o *random access channel*) appartengono al sottolivello MAC
- Sono usati nelle LAN, ma anche nelle WAN basate su satelliti



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.2

## Sottolivello MAC: Medium Access Control

- Per allocare il canale ai vari utenti in competizione esistono due meccanismi:
  - Allocazione statica** decisa in anticipo
  - Allocazione dinamica** si adatta alle esigenze del momento
- Allocazione statica:** preallocazione di banda
  - adatta solo per numero di utenti costante e *data rate* costante
  - possibile spreco di banda e incapacità di gestire traffico *bursty*
- Allocazione dinamica:** adattiva
  - modello a stazioni che generano *frame* - tasso di arrivo  $\lambda$  - spedizione di un *frame* per volta
  - singolo canale
  - collisioni - rilevabile da tutti, ritrasmissione
  - tempo: continuo o discreto (*slotted*)
  - ascolto del canale: *carrier sense* (prima di trasmettere) *no c.s.* (dopo)

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.3

## Sottolivello MAC: Medium Access Control

- Tipi di protocolli per accesso al mezzo condiviso
  - Protocolli ad accesso casuale (random access)**
    - ALOHA
    - CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*)
    - CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access/ Collision Detection*)
    - CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance*)
  - Protocolli ad accesso controllato**
    - Prenotazione
    - Polling*
    - Basati su *token* (anello virtuale)
  - Protocolli basati su divisione del canale**
    - FDMA (*Frequency Division Multiple Access*)
    - TDMA (*Time Division Multiple Access*)
    - CDMA (*Code Division Multiple Access*)

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.4

## Protocolli ad accesso casuale

- Tutte le stazioni sono paritarie
  - Algoritmo distribuito per accedere al mezzo
  - Non esiste alcun elemento centralizzato
- 1) Non esiste un tempo predefinito per l'accesso al mezzo da parte di ogni stazione => **accesso casuale (random access)**
  - 2) Non esiste una regola per stabilire qual è la prossima stazione a trasmettere => **competizione (contention)**
- Si può avere conflitto: **collisione**
    - => distruzione o modifica dei frame
  - Ogni stazione deve rispondere a
    - **Quando si può accedere al mezzo?**
    - **Cosa fare se il mezzo è occupato?**
    - **Come determinare il successo o fallimento di una trasmissione?**
    - **Cosa fare in caso di conflitti?**

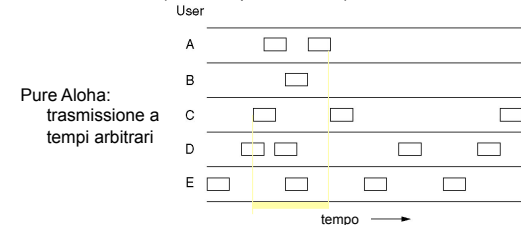
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.5

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha

- Nata negli anni '70 per collegare tra loro, tramite radio al suolo, elaboratori sparsi nelle isole Hawaii (**Pure Aloha** e **Slotted Aloha**)
- **Pure Aloha**: le stazioni trasmettono quando vogliono, e durante la trasmissione ascoltano il canale e confrontano ciò che ricevono con ciò che hanno spedito
- In caso di **collisione** (errore) ripetono l'invio dopo un tempo **casuale**
- Il tempo di attesa per ritrasmettere è casuale per diminuire la probabilità di successive collisioni (detto tempo di **back-off**)



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.6

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha

- Algoritmo Aloha (mittente)
  - 0)  $K=0$
  - 1) invia il frame al livello fisico;
  - 2) aspetta un tempo  $2 \times T_p$
  - 3) If (Ack non ricevuto)
    - 3.1)  $K=K+1$
    - 3.2) If  $K \leq K_{max}$ 
      - scegli un numero casuale  $R \in [0, 2^K - 1]$
      - aspetta un tempo  $T_B = R \times T_p$  oppure  $T_B = R \times T_f$
  - 4) torna a 1)

Con

$T_p$	massimo tempo di propagazione
$T_f$	tempo medio di trasmissione di un frame
$K$	numero di tentativi
$K_{max}$	numero massimo di tentativi (solitamente 16)
$T_B$	tempo di <b>back-off</b>

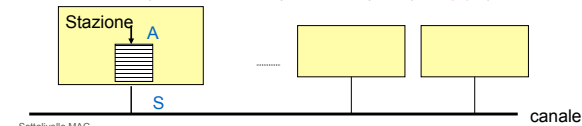
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.7

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha

- Sotto ipotesi di esponentialità dei tempi
  - T **tempo di frame**: tempo per trasmettere un frame (lunghezza frame in bit/bit rate)
- Assumiamo: **generazione di frame** da spedire secondo la distribuzione di Poisson di media  $A$  frame/tempo di frame
  - Se  $A > 1$  il tasso di arrivo dei frame supera la capacità del canale
  - Se  $0 < A < 1$  il tasso di arrivo permette una trasmissione regolare
- Assumiamo: **numero di tentativi** di trasmissione per tempo di frame secondo la distribuzione di Poisson con media  $G$  frame/tempo di frame
  - probabilità che siano generati  $k \geq 0$  frame in un tempo di frame:  $P[k] = G^k e^{-G} / k!$
  - $G \geq A$  - Se  $A = 0$  allora  $G = A$  (carico basso), se  $A > 0$   $G > A$  (carico alto)
- Assumiamo:  $P_0$  probabilità che **non ci sia collisione**
- Dato un carico presentato  $G$ , la capacità di trasporto (**throughput**)  $S = G P_0$

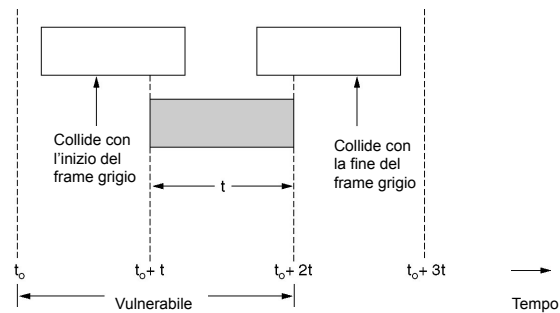


Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.8

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.9

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha

■ se in media sono generati  $G$  frame (carico), allora il throughput del mezzo (la capacità di trasporto) è  $S = G P_0$

con  $P_0$  *probabilità che non vi sia collisione* = probabilità che siano generati ( $k=0$ ) frame nel periodo vulnerabile, dove

$P[0] = e^{-G}$  probabilità che siano generati ( $k=0$ ) frame in un tempo di frame

nel tempo di 2 frame (periodo vulnerabile) il numero medio di frame generati è  $2G$

=> probabilità che nel periodo **vulnerabile** non ci sia collisione (niente traffico), ovvero **non** si verifica altro traffico in questo tempo con probabilità  $P_0 = e^{-2G}$

=> allora la media di frame generata dalla stazione,  $S$ , che in caso di stabilità corrisponde al **throughput** (capacità di trasporto per tempo di frame) è

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

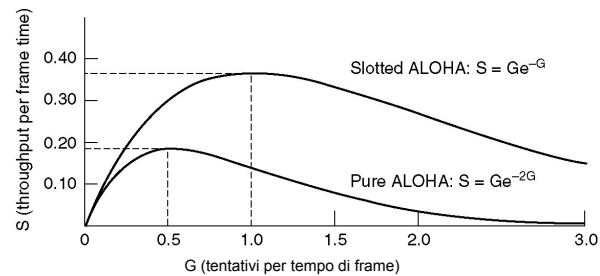
es.  $G=0.5$ , max throughput  $S=0.184$  (<20%) frame per frame time

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.10

## Sottolivello MAC - protocollo Aloha



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.11

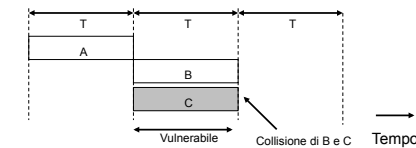
## Sottolivello MAC protocollo slotted Aloha

### ■ Slotted Aloha:

■ divisione del tempo in intervalli discreti

■ segnale speciale all'inizio dell'intervallo

■ nel tempo di 1 frame (periodo **vulnerabile**) il numero medio di frame generati è  $G$   
=> probabilità che nel periodo vulnerabile non ci sia collisione è  $P[0] = e^{-G}$



■ => **throughput**  $S = G e^{-G}$   
■ es. max  $S = 1/e = 0.368$  per  $G=1$  frame per frame time

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.12

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 1/6

### ■ CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- protocolli con ascolto del canale
- Le stazioni possono ascoltare il canale e regolarsi di conseguenza, ottenendo un'efficienza molto più alta (*carrier sense*)

### ■ CSMA: diversi protocolli

- **1-persistent**: Se il canale è libero, allora trasmette con probabilità 1
- **non persistent**: Se si libera, aspetta un tempo *random* prima di trasmettere
- **p-persistent**: Se occupato aspetta lo *slot*, se libero trasmette con probabilità *p*, con probabilità **1-p** aspetta lo slot

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.13

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 2/6

### Algoritmo 1-persistent

- 1) If (canale libero) <invia il frame al livello fisico>;
- 2) torna a 1)

### Algoritmo non-persistent

- 1) If (canale libero) <<aspetta un tempo casuale - 1>;  
<invia il frame al livello fisico> >
- 2) else <aspetta un tempo casuale - 2>;
- 2) torna a 1)

### Algoritmo p-persistent (per comunicazione *slotted*)

- 1) If (canale libero)
  - 1.1) genera un numero casuale X
  - 1.2) if  $X \leq p$  <invia il frame al livello fisico>
  - else <aspetta il prossimo slot>
  - if (canale libero) torna a 1.1)
  - else <applica la procedura di back-off come dopo una collisione>
- 2) torna a 1)

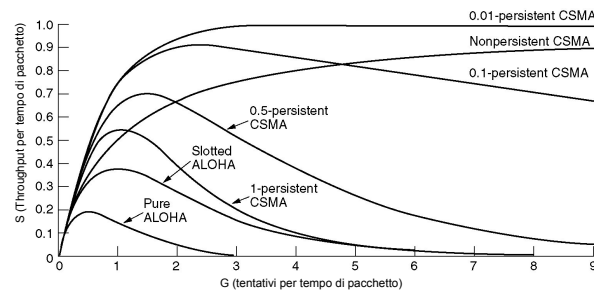
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.14

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 3/6

Confronto dell'utilizzazione del canale per alcuni protocolli ad accesso casuale, in funzione del carico G



Sottolivello MAC

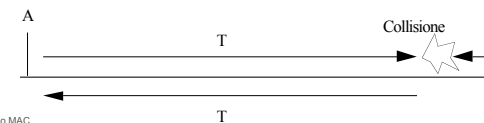
S.Balsamo A.A. 2010

RS.15

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 4/6

### ■ CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)

- Ascolta il canale durante la propria trasmissione
- se la potenza del segnale ricevuto è superiore a quella trasmessa si scopre la collisione
- Se si verifica una *collisione*, la stazione aspetta un tempo casuale e al termine riprova a trasmettere
- **T** tempo di propagazione del segnale fra gli estremi della rete
- Occorre un tempo **2T** perché una stazione possa essere sicura di rilevare una collisione.



Sottolivello MAC

RS.16

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 5/6

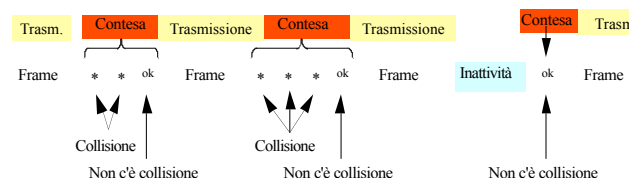
- Il modello concettuale che si utilizza è il seguente:
  - Vi è un'alternanza di periodi di **contesa**, di **trasmissione** e di **inattività**
  - Il periodo di contesa è modellato come uno **Slotted Aloha** con slot di durata  $2T$
  - es.: per un cavo di 1 km si ricava  $T \approx 5 \mu\text{sec}$
- Differenza di CSMA/CD da Slotted Aloha
  - Persistenza (1, non, p)
  - Trasmissione del frame
    - in CSMA/CD trasmissione e controllo del conflitto è un processo continuo
    - ogni stazione riceve e trasmette simultaneamente, con porte distinte
  - Invio di una sequenza di **jamming** (disturbo) per rinforzare la rilevazione di collisione da parte di altre stazioni

Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

R5.17

## Sottolivello MAC - protocollo CSMA 6/6



Uso della variazione di energia per rilevare la collisione

Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

R5.18

## Sottolivello MAC altri protocolli

- NB: in reti wireless non si riesce facilmente a rilevare la collisione=>occorre **evitarla**
- Protocolli ad accesso casuale** - Protocolli per reti LAN wireless
  - CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance*) segnalazione dell'intenzione di inviare e di ricevere - blocco delle altre stazioni
- Protocolli ad accesso controllato**
  - Prenotazione
    - risolvono la contesa per il canale senza collisioni (*collision free*)
      - Protocollo a mappa di bit
      - Conteggio binario
    - Protocolli a contesa limitata
  - Polling**
  - Basati su *token* (anello virtuale)
- Protocolli basati su divisione del canale**
  - FDMA- TDMA - CDMA (*Frequency/Time/Code Division Multiple Access*)
  - Protocolli WDMA (*Wavelength Division Multiple Access*)

Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

R5.19

## Sottolivello MAC protocolli senza collisioni 1/2

- N** stazioni che trasmettono sul canale condiviso
  - Protocollo a **mappa di bit: prenotazione**
- 
- Periodo di contesa diviso in N intervalli
  - La stazione che vuole trasmettere lo segnala con un 1
  - Le stazioni trasmettono in ordine numerico
  - Efficienza: sia  $d$ = numero di bit di dati in un frame
    - Carico basso  $d/(d+N)$  un frame di N bit ogni frame di dati
    - Carico alto  $d/(d+1)$  un frame di N bit ogni N frame di dati, un bit per frame

Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

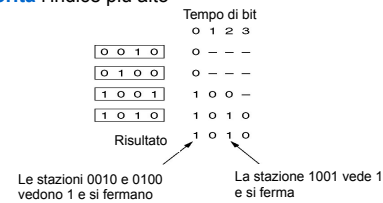
R5.20

## Sottolivello MAC protocolli senza collisioni 2/2

- Per reti con molte stazioni: indirizzo binario
- Protocollo a **conteggio binario**  
tutte le stazioni vedono i bit dichiarati  
chi vuole trasmettere invia il proprio indirizzo in binario  
in caso di conflitto ha **priorità** l'indice più alto  
semplice confronto su bit

Non è equo

Efficienza  $d/(d+\log N)$



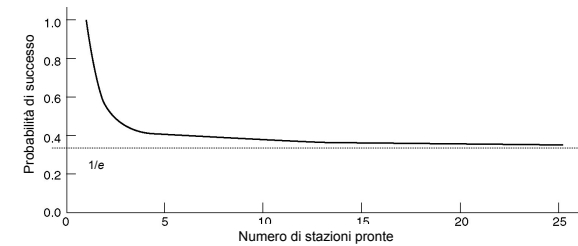
Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

RS.21

## Sottolivello MAC protocolli a contesa limitata 1/2

- Meccanismo simmetrico
  - Ogni stazione cerca di ottenere il canale con probabilità  $p$
  - Probabilità che una stazione, su  $k$  che provano, ottenga il canale:  $kp(1-p)^{k-1}$
  - Ottimo ( $d/dp=0$ )  $p=1/k \Rightarrow$  prob. ottimale di successo =  $((k-1)/k)^{k-1}$



Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

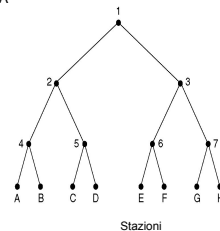
RS.22

## Sottolivello MAC protocolli a contesa limitata 2/2

- Le stazioni sono divise in **gruppi** anche non disgiunti
- Solo le stazioni del gruppo 0 competono per il canale al tempo 0  
solo le stazioni del gruppo 1 competono per il canale al tempo 1 ...
- Problema: come definire i gruppi?
  - Min cardinalità 1 -> nessuna competizione => conteggio binario
  - Cardinalità 2 ->  $p^2$  probabilità di collisione
  - Max cardinalità N -> massima collisione => ALOHA

- Soluzione: definizione dinamica dei gruppi
  - Adaptive Tree Walk**
  - Selezione **dinamica** del gruppo di stazioni che può trasmettere

Iniziano tutti, in caso di collisione  
si seleziona il sottoalbero a radice 2 e se una stazione trasmette, il controllo passa al sottoalbero a radice 3  
in caso di collisione passa al sottoalbero a radice 4, etc. ricorsivamente



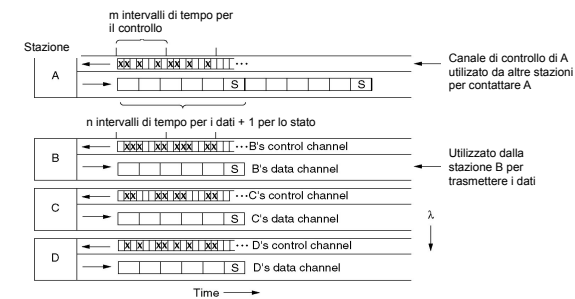
Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

RS.23

## Sottolivello MAC - protocolli WDMA Wavelength Division Multiple Access

- Assegnazione del canale dividendolo in sottocanali FDM o TDM - fibra ottica
  - Spettro diviso in canali (bande di lunghezza d'onda)
  - Ogni stazione ha due canali; controllo e dati



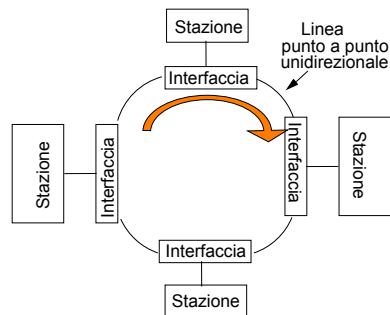
Sottolivello MAC

S. Balsamo A.A. 2010

RS.24

### Sottolivello MAC - rete ad anello 1/4

- Una **rete ad anello** consiste di una collezione di interfacce di rete, collegate a coppie da linee punto a punto



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.25

### Sottolivello MAC - rete ad anello 2/4

- Caratteristiche delle reti ad anello
- Non sono reti basate su un mezzo trasmissivo **broadcast**
  - Non c'è una significativa componente analogica per la rilevazione delle collisioni (che non possono verificarsi)
- L'anello è intrinsecamente **equo**
- Ogni bit che arriva all'interfaccia è copiato in un **buffer interno**, rigenerato e ritrasmesso sul ring
- Può essere modificato prima di essere ritrasmesso

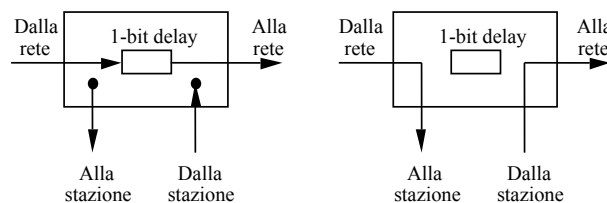
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.26

### Sottolivello MAC - rete ad anello 3/4

- L'interfaccia di rete può operare in due diverse modalità
  - listen mode**
  - transmit mode**



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.27

### Sottolivello MAC - rete ad anello 4/4

- In **listen mode** i bit in ingresso vengono copiati nel **buffer interno** (dove possono essere modificati) e ritrasmessi con un ritardo di **1-bit delay**
- In **transmit mode** l'anello è aperto, e i bit in arrivo vengono rimossi; nuovi bit vengono trasmessi sull'anello
- Una speciale configurazione binaria, detta **token** (**gettone**) circola in continuazione se nessuno vuole trasmettere
- Quando una stazione vuole **trasmettere**, deve:
  - Aspettare che arrivi il **token** (in **listen mode**)
  - Rimuoverlo dal ring (in **listen mode**)
  - Trasmettere i dati (in **transmit mode**)
  - Rigenerare il token (in **transmit mode**)
  - Rimettersi in **listen mode**

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.28

## Sottolivello MAC - standard IEEE 1/2

- IEEE ha prodotto diversi standard per le LAN, IEEE 802. Includono:
  - Specifiche generali del progetto (802.1)
  - Logical Link Control, LLC (802.2)
  - CSMA/CD (802.3)
  - Token Bus (802.4, destinato a LAN per automazione industriale)
  - Token Ring (802.5)
  - DQDB (802.6, destinato alle MAN)
  - Wireless (802.11)
  - Wireless MAN (802.16)
  - PAN (802.15)

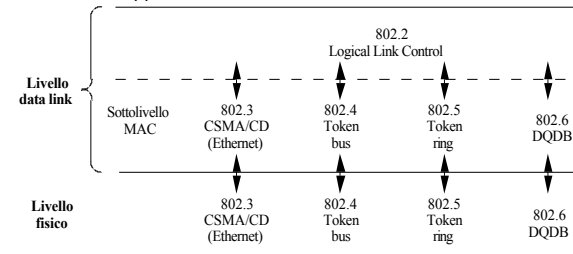
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.29

## Sottolivello MAC - standard IEEE 2/2

- I vari standard differiscono a livello fisico e nel sottolivello MAC, ma sono compatibili a livello data link. Ciò è ottenuto separando dal resto, attraverso l'apposito standard LLC



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.30

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 1/10

- E' lo standard per un protocollo CSMA/CD, di tipo 1-persistent, funzionante a 10Mbps
- 802.3 è l'evoluzione dello standard Ethernet, proposto da Xerox, DEC e INTEL
- 802.3 e Ethernet hanno alcune differenze, ma sono largamente compatibili
- Thick Ethernet: Consiste di un cavo coassiale spesso
  - Ufficialmente si chiama 10Base5, ossia:
    - 10 Mbps
    - Baseband signaling
    - 500 metri di lunghezza massima
- Possono essere installate 100 macchine su un segmento

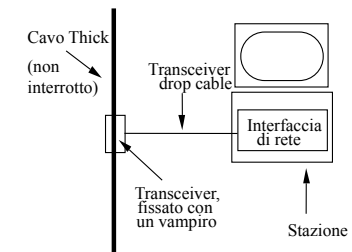
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.31

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 2/10

- Ogni stazione contiene un'interfaccia di rete (scheda Ethernet) che:
  - Incapsula i dati del livello superiore
  - Gestisce il protocollo MAC
  - Codifica i dati da trasmettere
  - In ricezione decapsula i dati, e li consegna al livello superiore (o lo informa dell'errore)



Sottolivello MAC

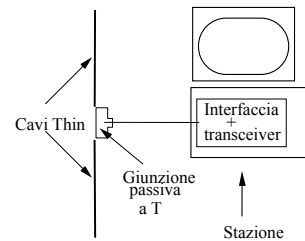
S.Balsamo A.A. 2010

R5.32



## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 3/10

- **Thin Ethernet:** E' un cavo coassiale più sottile, e si piega più facilmente.
- Ufficialmente si chiama **10Base2**, ossia:
  - 10 Mbps
  - Baseband signaling
  - 200 metri di lunghezza massima per un singolo segmento
  - Possono essere installate **30 macchine** su un segmento



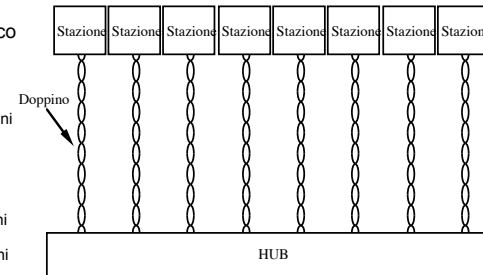
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.33

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 4/10

- **Doppino telefonico**
  - standard **10BaseT**
  - 100m max,
  - 2 macchine, per più di due stazioni un ripetitore (HUB)
  - max lunghezza rete 2.5 km
  - fra qualunque coppia di stazioni max 4 ripetitori
  - max 1024 stazioni sulla rete

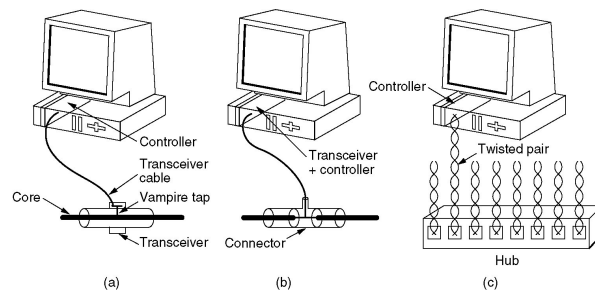


Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.34

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 5/10



(a) 10Base5, (b) 10Base2, (c) 10Base-T

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.35

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet 6/10

Byte: 7 1 2 opp. 6 2 opp. 6 2 0 - 1500 0 - 46 4

Preamble	Start of frame	Indirizzo destinat.	Indirizzo sorgente	Lunghezza dei dati	Dati	Pad	Checksum
----------	----------------	---------------------	--------------------	--------------------	------	-----	----------

- **Preamble** 7 byte tutti uguali a **10101010**, per sincronizzazione
- **Start of frame** 1 byte delimitatore, uguale a **10101011**
- **Indirizzi** 6 byte, univoci a livello mondiale (cablati nell'interfaccia) specifica di un destinatario o un gruppo di destinatari (multicast) oppure broadcast a tutte le stazioni (indirizzo 111111)
- **Lunghezza dei dati** Quanti byte nel campo dati (da 0 a 1500);
- **Dati** Il **payload** del livello superiore
- **Pad** se il frame (esclusi preambolo e delimiter) è **< 64 byte**, questo campo lo porta alla lunghezza di **64 byte**
- **Checksum** Codice **CRC**

RS.36

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet

7/10

- Il protocollo 802.3 è un CSMA/CD di tipo 1-persistent:
  - Prima di trasmettere, la stazione aspetta che il canale sia libero
  - Appena è libero inizia a trasmettere
  - Se c'è una collisione, la circuiteria contenuta nel transceiver invia una sequenza di jamming di 32 bit, per avvisare le altre stazioni
  - Se la trasmissione non riesce, la stazione attende una quantità di tempo casuale e poi riprova
- quanto tempo?

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.37

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet

8/10

- La quantità di tempo che si lascia passare è regolata da un algoritmo, il binary backoff exponential algorithm:
  - Dopo una collisione, il tempo si considera discretizzato (slotted) con uno slot time pari a 51,2 microsecondi (corrispondenti al tempo di trasmissione di 512 bit)
  - Il tempo di attesa prima della prossima ritrasmissione è un multiplo intero dello slot time, scelto a caso in un intervallo i cui estremi dipendono da quante collisioni sono avvenute
- Dopo  $n$  collisioni, il numero  $r$  di slot time da lasciar passare è scelto a caso nell'intervallo  $0 \leq r \leq 2^{k-1}$ , con  $k = \min(n, 10)$
- Dopo 16 collisioni si rinuncia (inviando un messaggio di errore al livello superiore)

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.38

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet

9/10

- Le prestazioni osservate sono molto buone, migliori di quelle stimabili in via teorica
  - Può sopportare un carico medio del 30% (3 Mbps) con picchi del 60% (6 Mbps)
  - Sotto carico medio: 2-3% dei pacchetti ha una collisione
  - Qualche pacchetto su 10.000 ha più di una collisione
- Fast Ethernet
  - standard (802.3u), prevede l'aumento di velocità di un fattore 10 o 100, da 10 Mbps a 100 Mbps o a 1000 Mbps
  - In modo diverso a seconda del supporto fisico utilizzato
    - Doppino di classe 3 (100BaseT4)
    - Doppino di classe 5 (100BaseT)
    - Fibra ottica (100BaseFX)
    - Fibra ottica (1000BaseSX) - Gbps - fibra multimodale - fino a 500m
    - Fibra ottica (1000BaseLX) - Gbps - fibra monomodale - fino a 5km
    - Doppino (1000BaseT) - Gbps - fino a 100m

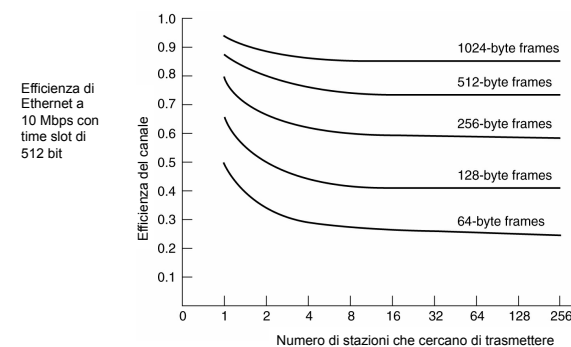
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.39

## Sottolivello MAC - IEEE 802.3 Ethernet

10/10



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.40

## Sottolivello MAC - IEEE 802.5 Token Ring 1/5

- IBM scelse l'anello per la sua architettura di LAN, **Token Ring**. IEEE ha definito lo standard IEEE 802.5 sulla base di tale architettura
- Le differenze sono che la rete IBM prevede velocità di **4 Mbps** e **16 Mbps**, mentre **802.5** prevede oltre ad esse anche la velocità di 1 Mbps
- Il cablaggio è basato su doppino telefonico:
  - schermato (**STP**)
  - non schermato (**UTP**)
  - categoria 3, 4 o 5 per 4 Mbps
  - categoria 4 o 5 per 16 Mbps
- Il cablaggio è fatto utilizzando un **wire center**, che ha la possibilità di isolare parti dell'anello guaste

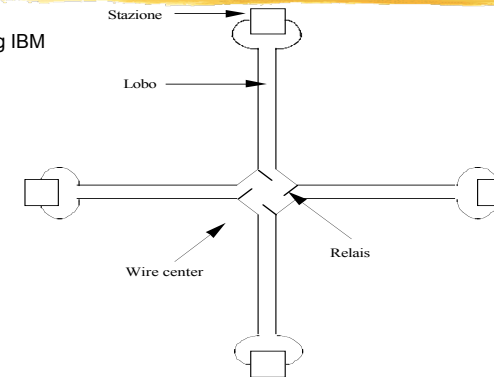
Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.41

## Sottolivello MAC - IEEE 802.5 Token Ring 2/5

### Token Ring IBM

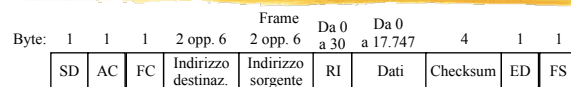


Sottolivello MAC

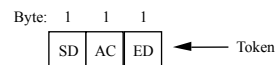
S.Balsamo A.A. 2010

RS.42

## Sottolivello MAC - IEEE 802.5 Token Ring 3/5



- SD, ED:** Starting e ending delimiter
- AC:** Access control, serve per il controllo dell'accesso. Sono 8 bit PPPTMRRR:
  - I tre bit P indicano la **priorità attuale**
  - Il bit M serve per il controllo di **frame orfani**
  - Il bit T, detto **token bit**, identifica un token (0) o un frame (1)
  - I tre bit R indicano la priorità richiesta
- FC:** Frame control
- Indirizzi - Dati - Checksum:** Come 802.3
- RI:** Routing information
- FS:** Frame status



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.43

## Sottolivello MAC - IEEE 802.5 Token Ring 4/5

- Quando il token circola e una stazione vuole trasmettere, essa, che è in **listen mode**, opera come segue

### Aspetta che arrivi il token e quando il token arriva:

- Lascia passare SD
- Lascia passare i bit PPP di AC
- Quando ha nel buffer il token bit T:
  - Lo cambia in uno, trasformando il token in un frame
  - Invia il bit T modificato sul ring
- Si mette immediatamente in transmit mode
- Invia il resto del frame.

### Quando il frame è trasmesso

- Se non ha esaurito il THT (Token holding time) può trasmettere un altro frame
- altrimenti rigenera un nuovo token e lo trasmette
- Trasmesso l'ultimo bit del token si rimette in listen mode

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.44

## Sottolivello MAC - IEEE 802.5 Token Ring 5/5

- Ogni ring ha un **monitor**, che viene designato all'avvio dell'anello. I suoi compiti:
  - Rigenerare il token se esso si perde
  - Ripulire il ring dai
    - resti di frame danneggiati
    - frame orfani

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.45

## Sottolivello MAC - confronto 1/2

- **Vantaggi di 802.3:**
  - Ha un'enorme diffusione
  - Esibisce un buon funzionamento a dispetto della teoria
- **Svantaggi di 802.3:**
  - Ha sostanziose componenti analogiche (per il rilevamento delle collisioni)
  - prestazioni degradate in presenza di forte carico

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.46

## Sottolivello MAC - confronto 1/2

- **Vantaggi di 802.5:**
  - E' totalmente digitale
  - buon funzionamento e prestazioni sotto forte carico
- **Svantaggi di 802.5:**
  - Si manifesta comunque ritardo anche senza forte carico (tempo per ottenere il token)
  - Ha bisogno di un monitor per rilevare malfunzionamenti (e nessuno se ne accorge?)
- **non si può indicare la migliore in assoluto**

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.47

## Sottolivello LLC - descrizione 1/2

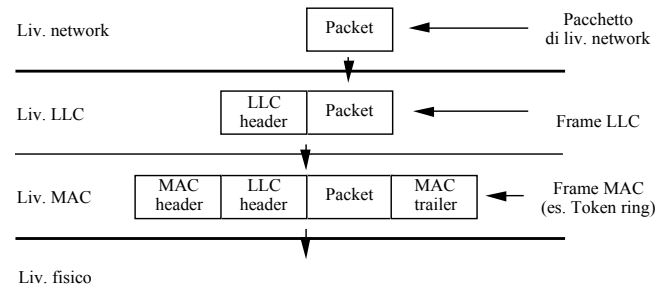
- Ha due funzioni principali:
  - Fornire al livello network un'**interfaccia unica**, nascondendo le differenze fra i vari sottolivelli MAC
  - Fornire, un **servizio più sofisticato** di quello offerto dai vari sottolivelli MAC
- Offre:
  - Servizi **datagram**
  - Servizi **datagram** confermati
  - Servizi **affidabili orientati alla connessione**

Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

R5.48

## Sottolivello LLC - descrizione 1/2



Sottolivello MAC

S.Balsamo A.A. 2010

RS.49