

Corso di  
**RETI DI CALCOLATORI**  
(9 CFU)

a.a. 2020-2021  
II anno / II semestre


Reti di calcolatori Prof. Gianni Fenu

1

Sottolivello di accesso al mezzo II - 3

**Sottolivello di accesso al mezzo**

Allocazione del canale

reti point-to-point  reti broadcast

l'impiego di canali broadcast (o multiaccesso o ad accesso casuale)  
viene regolato da **protocolli MAC** (Medium Access Control)

MAC e' tipico delle reti LAN e Satellitari

Reti di calcolatori 02 Prof. Gianni Fenu

2

Allocazione del canale**Allocazione Statica**

FDM

dalla Teoria delle code:

$$T = 1 / \mu C - \lambda \quad (1)$$

- T, ritardo medio per canale (s)
- C, capacita' del canale (bps)
- $1/\mu$ , lunghezza media del frame (bit/frame)
- $\lambda$ , frequenza di arrivo frame (frame/s)

3

usando FDM, con N canali, il ritardo medio sara':

$$T_{FDM} = 1 / \mu(C/N) - (\lambda/N) = N / \mu C - \lambda = NT \quad (2)$$

(2)&gt;(1)

dunque con N canali si avrebbe un ritardo maggiore  
che con una coda ordinata

ergo meglio una coda unica ordinata

idem per TDM

4

**Allocazione dinamica**

definizioni:

- modello a stazioni: ogni stazione trasmette con frequenza  $\lambda$ ;
- assunzione di canale singolo: canale unico e stazioni equivalenti;
- assunzione di collisione: simultaneità della trasmissione;
- tempo continuo: una frame può essere trasmessa in qualsiasi istante, non esiste un orologio sincronizzatore;

5

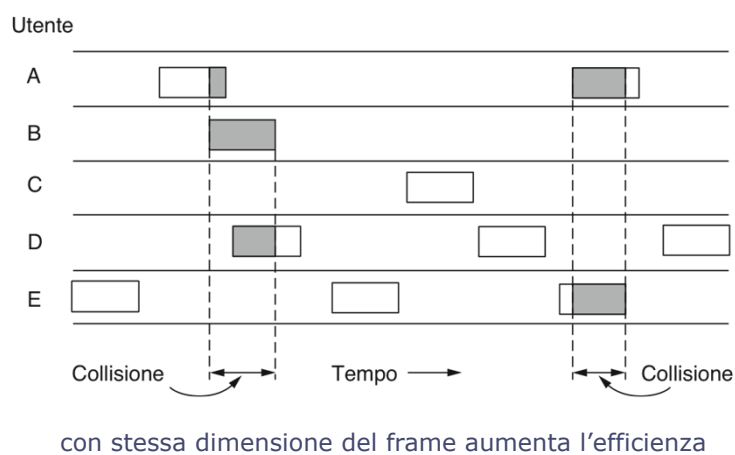
- tempo discreto: (time slot = n frame) slot ozioso, slot con trasmissione corretta, slot con collisione;
- rilevamento della portante: verifica di utilizzo del canale;
- senza rilevamento della portante: nessuna verifica del canale.

6

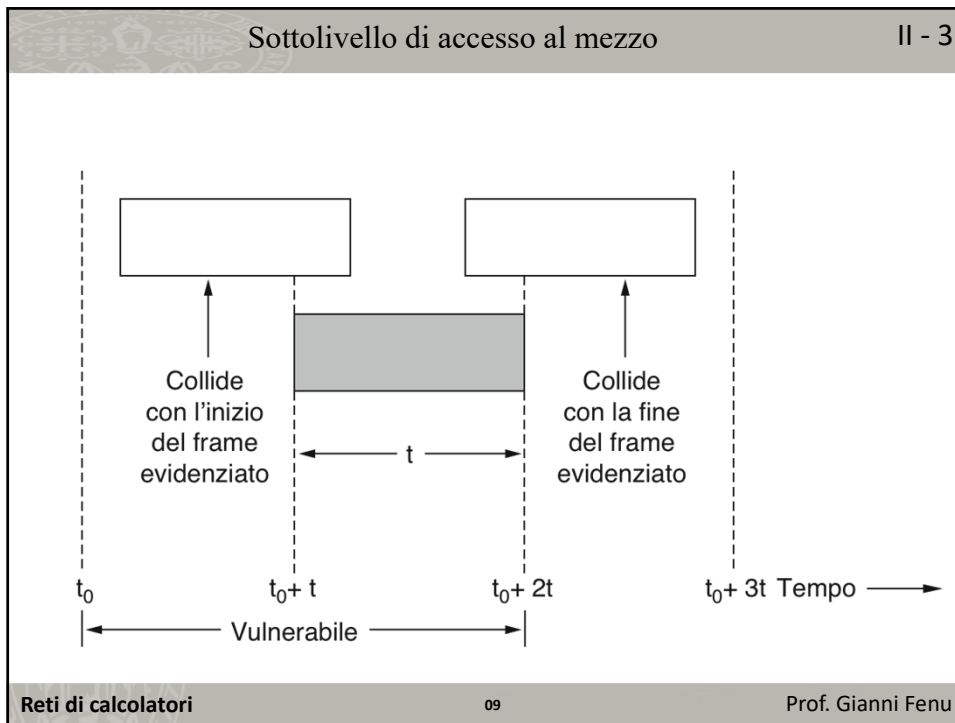
**Protocolli multiaccesso (a contesa)****ALOHA puro**

- tutti possono trasmettere dati in qualunque momento, ma potranno verificare l'arrivo corretto solo dopo
- il reinvio di un frame che ha subito una collisione avviene dopo un tempo casuale (tecnica a contesa)

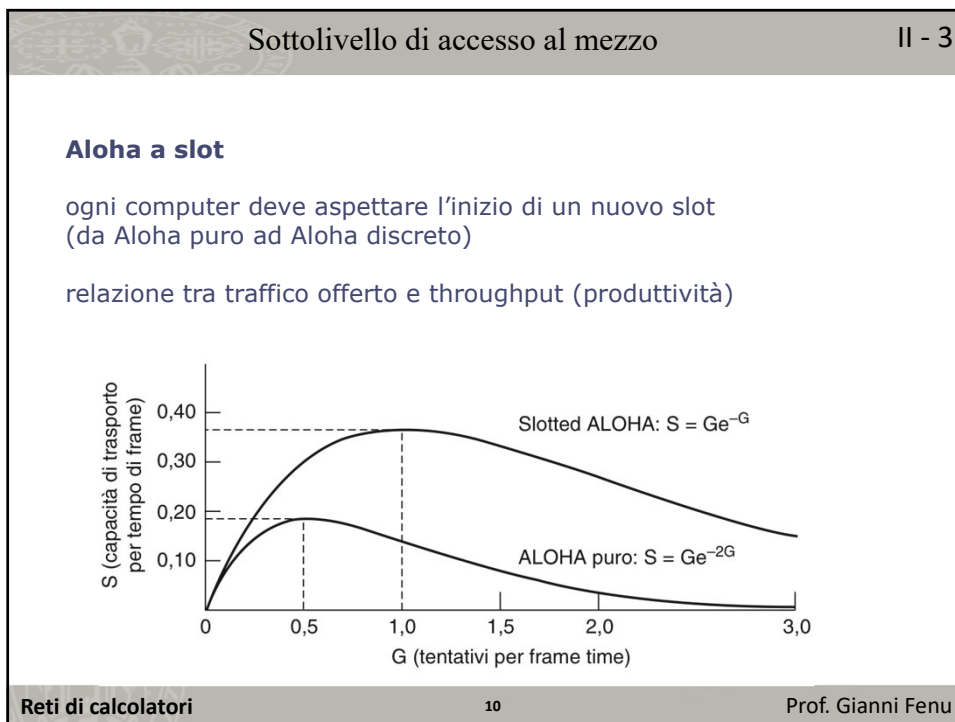
7



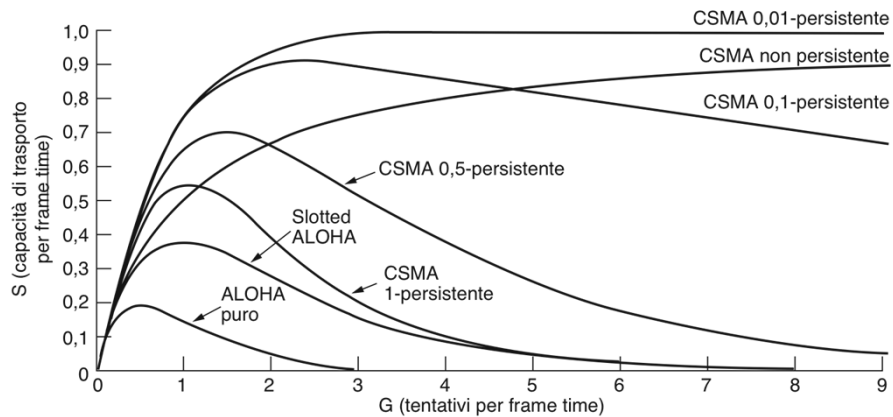
8



9



10



11

### Protocolli multiaccesso con rilevamento della portante

#### **CSMA (Carrier Sense Multiple Access) persistente e non persistente**

##### **CSMA 1-persistente**

perchè trasmette con probabilità 1 quando trova il canale libero

##### **CSMA non persistente**

se non trova il canale libero non rimarrà continuamente in ascolto ma riproverà ad ascoltarlo dopo un tempo arbitrario

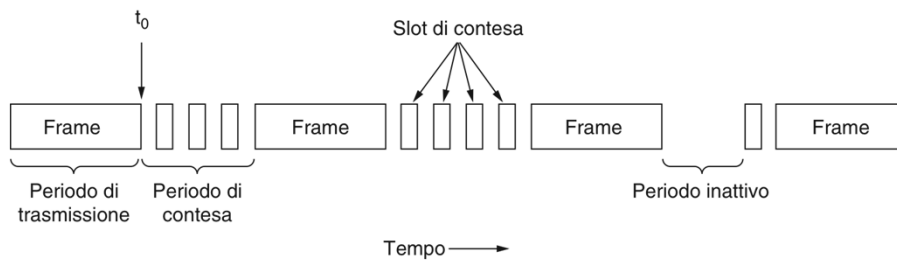
##### **CSMA $p$ -persistente**

si applica considerando slot trasmissivi, se trova il canale libero invia con probabilità  $p$  e con probabilità  $q=p-1$  attenderà il prossimo slot e così via

12

**CSMA con rilevazione di collisione (CSMA/CD)**

- sta in ascolto e rileva la collisione interrompendo immediatamente la trasmissione stessa, liberando il canale



13

**Protocolli esenti da collisione (non a contesa)**

**(1) Protocollo a mappa di bit (protocollo di prenotazione)**

- date N stazioni esiste uno *slot di contesa*, ordinato (**metodo di base a mappa di bit**), nel quale le stazioni che devono trasmettere pongono il bit 0 pari a 1 e prenotano uno slot trasmissivo

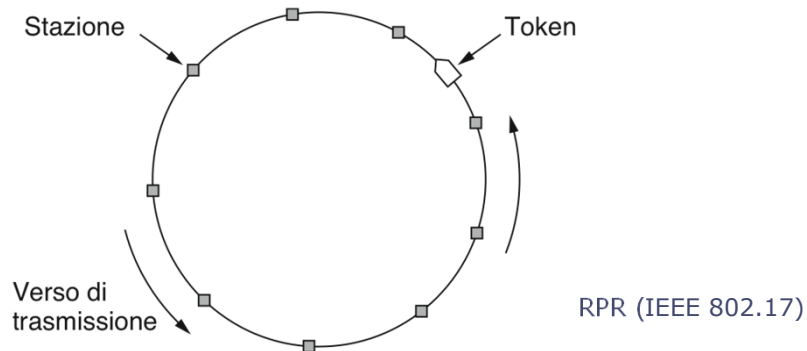


- gli slot di contesa e i frames trasmissivi sono ordinati

14

**(2) Token passing**

- token ring (IEEE 802.5) o token bus (IEEE 802.4)

**(3) Binary countdown**

- rispetto alla tecnica precedente possiamo usare indirizzi binari per le stazioni evitando l'invio di un intero slot di contesa che con molte stazioni diverrebbe lunghissimo
- gli indirizzi avranno uguale numero di bit
- l'assegnazione tra più stazioni con richiesta di trasmettere verrà fatta a quella con indirizzo più alto (conteggio binario a ritroso)



Sottolivello di accesso al mezzo II - 3

	Tempo di bit			
	0	1	2	3
0 0 1 0	0	-	-	-
0 1 0 0	0	-	-	-
1 0 0 1	1	0	0	-
1 0 1 0	1	0	1	0
Risultato	1	0	1	0

Le stazioni 0010 e 0100  
vedono questo 1  
e si arrendono

La stazione 1001  
vede questo 1  
e si arrende

Reti di calcolatori
17
Prof. Gianni Fenu

17

Sottolivello di accesso al mezzo II - 3

**Protocolli a contesa limitata**

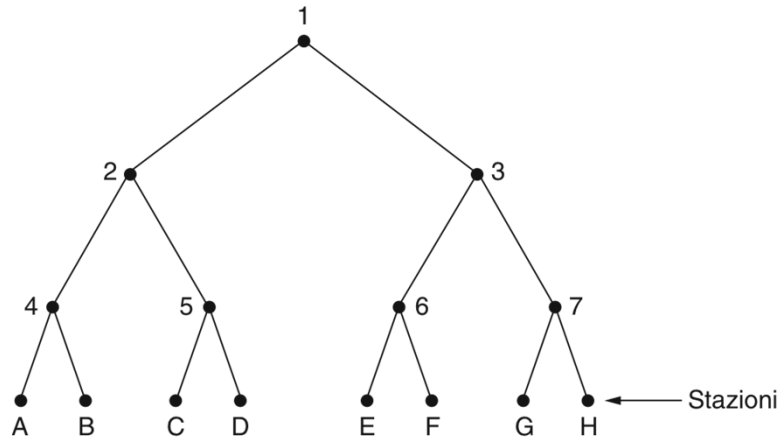
- protocolli a contesa → efficienti a basso carico
- protocolli senza contesa → efficienti ad alto carico

Numero di stazioni pronte	Probabilità di successo
1	1.0
2	0.5
3	0.33
4	0.25
5	0.2
10	0.14
15	0.11
20	0.09
25	0.08

Reti di calcolatori
18
Prof. Gianni Fenu

18

**Protocolli di attraversamento adattivo ad albero**

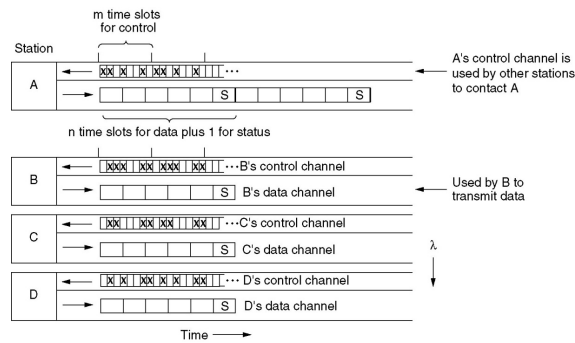


19

**Protocolli multiaccesso a suddivisione di lunghezza d'onda**

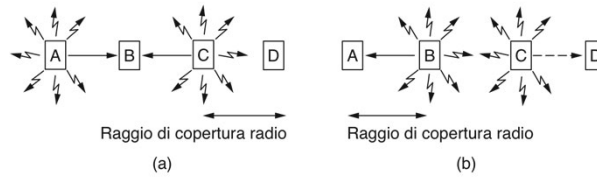
**WDMA (Wavelength Division Multiple Access)**

- stella passiva con una coppia di fibre per ogni attestazione (una con piccola lunghezza d'onda per il controllo e una con una maggiore lunghezza d'onda per la trasmissione dei frame)



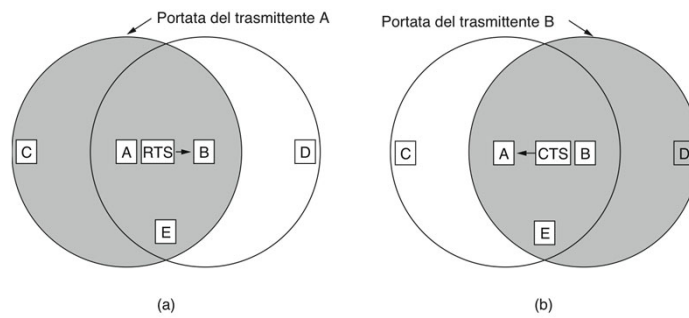
20

**Protocolli per LAN wireless**



21

**Protocolli per LAN wireless**



22

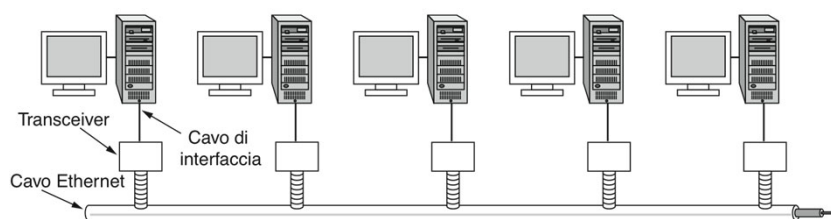
**Standard IEEE 802 (ISO 8802) per LAN**

incompatibilita' livello fisico e MAC

**Standard IEEE 802.3 (famiglia) / Ethernet**

- e' uno standard CSMA/CD 1-persistente
- 10 Mbps, 50 ohm

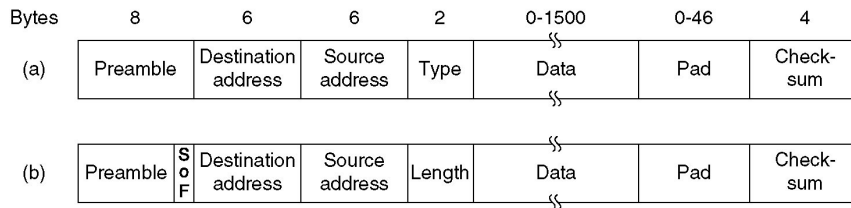
23

**Ethernet (classica)**

24

**Ethernet (classica)**

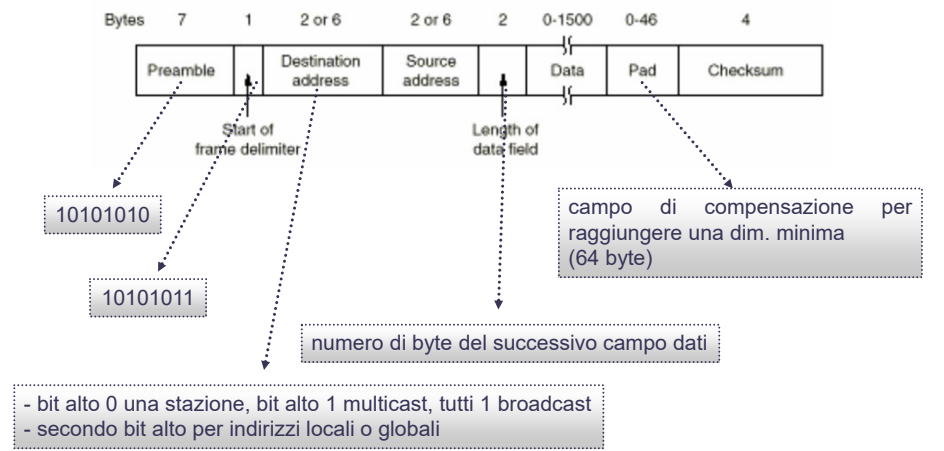
**Formati di frame**



- DIX (DEC, Intel, Xerox) Ethernet
- IEEE 802.3

**Ethernet (classica)**

**Protocollo del sottolivello MAC 802.3**



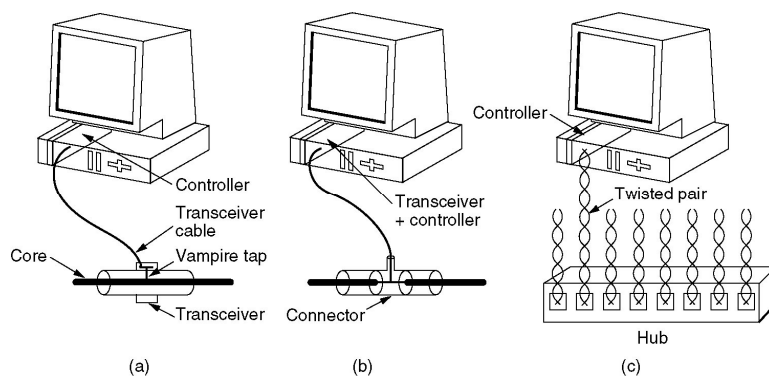
**Ethernet (classica)**

Cablaggi

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

inoltre: 100BaseTx

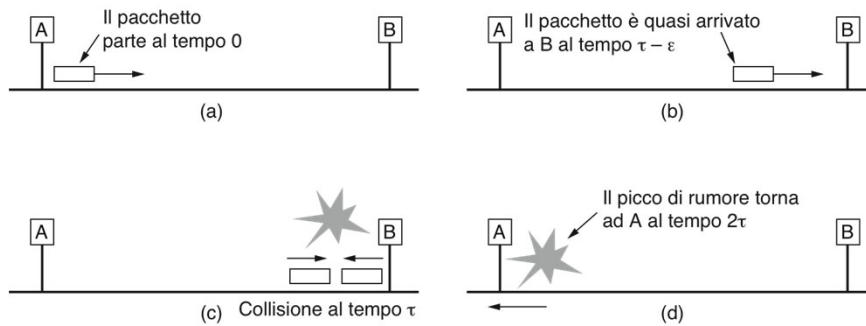
**Ethernet (classica)**



- (a) 10 base 5
- (b) 10 Base 2
- (c) 10 Base T

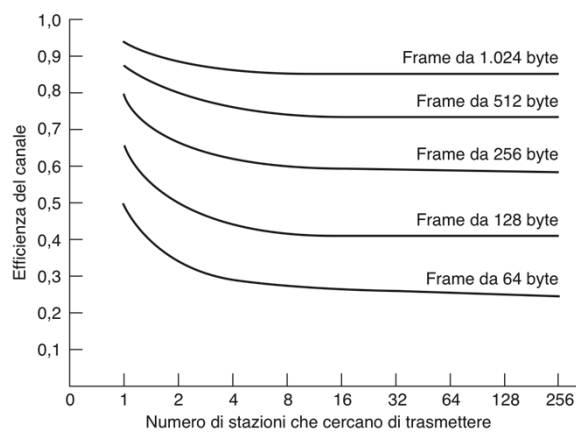
Ethernet (classica)

Rilevamento della collisione in IEEE 802.3



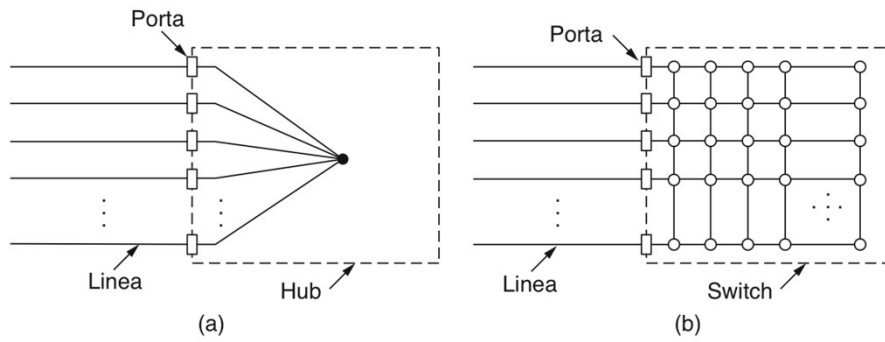
Ethernet (classica)

Efficienza del canale Ethernet a 10 Mbps con time slot di 64 byte



**Ethernet Commutata**

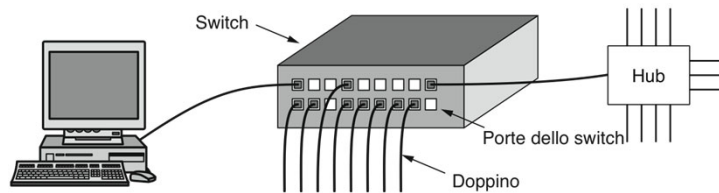
**Differenze tra Hub e Switch**



31

**Ethernet (commutata)**

**LAN 802.3 commutate (switch hub)**



Per uno o più schede, per una o più porte, si ha un *dominio di collisione* (o gruppo)

32

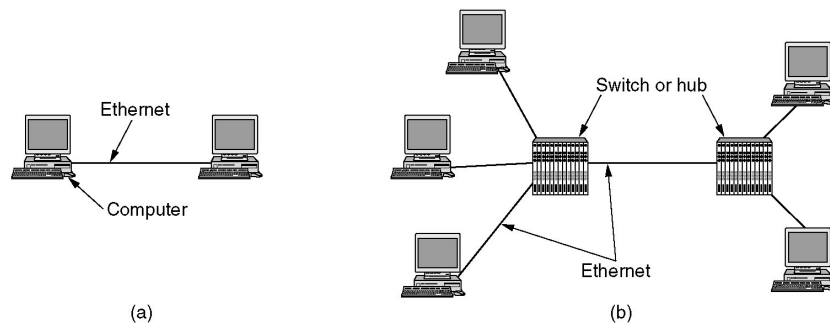


**Fast Ethernet**

Nome	Cavo	Lunghezza max. segmento	Vantaggi
100Base-T4	Doppino	100 m	UTP di categoria 3
100Base-TX	Doppino	100 m	Full duplex a 100 Mbps (UTP di categoria 5)
100Base-FX	Fibra ottica	2.000 m	Full duplex a 100 Mbps; distanze elevate

33

**Gigabit Ethernet**



34

**Gigabit Ethernet**

Nome	Cavo	Lunghezza max. segmento	Vantaggi
1000Base-SX	Fibra ottica	550 m	Fibra multimodale (50, 62,5 $\mu\text{m}$ )
1000Base-LX	Fibra ottica	5.000 m	Fibra mono (10 $\mu\text{m}$ ) o multimodale (50, 62,5 $\mu\text{m}$ )
1000Base-CX	2 coppie di STP	25 m	Doppino schermato
1000Base-T	4 coppie di UTP	100 m	UTP standard in Categoria 5

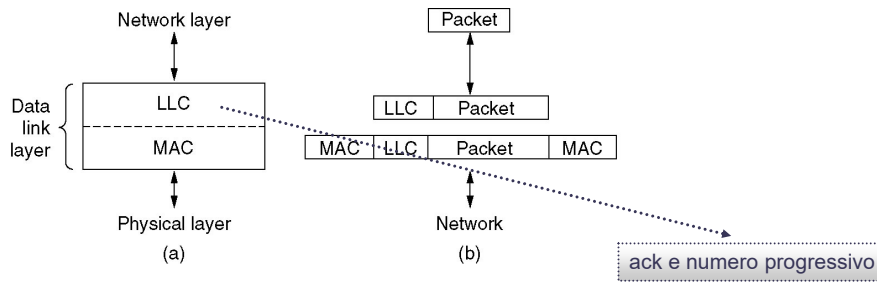
**10-Gigabit Ethernet**

Nome	Cavo	Lunghezza max. segmento	Vantaggi
10GBase-SR	Fibra ottica	Fino a 300 m	Fibra multimodale (0,85 $\mu\text{m}$ )
10GBase-LR	Fibra ottica	10 Km	Fibra monomodale (1,3 $\mu\text{m}$ )
10GBase-ER	Fibra ottica	40 Km	Fibra monomodale (1,5 $\mu\text{m}$ )
10GBase-CX4	4 coppie di biassiali	15 m	Rame biassiale
10GBase-T	4 coppie di UTP	100 m	UTP di Categoria 6a

**Figura 4.22** Cablatura di 10-gigabit Ethernet.

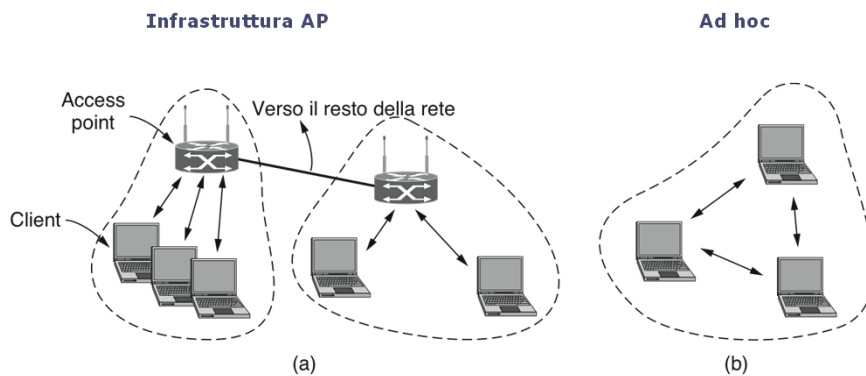
**Standard IEEE 802.2 (protocollo LLC - Logical Link Control)**

controllo degli errori (ack) e controllo del flusso (sliding window)



37

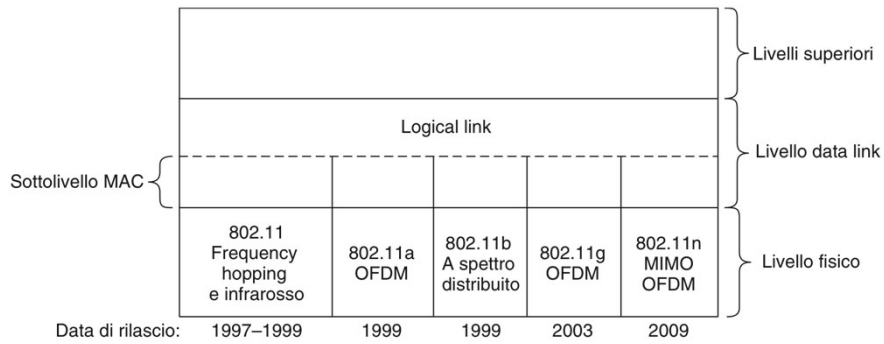
**LAN Wireless**



38

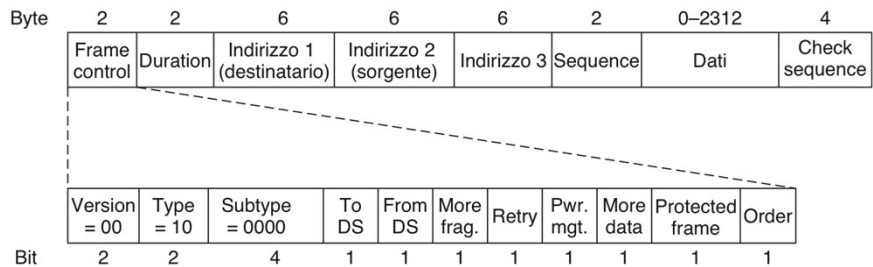
**LAN Wireless**

Una parte della pila dei protocolli 802.11



**LAN Wireless**

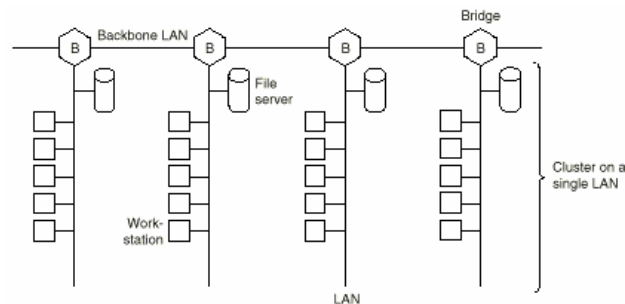
Formato frame dati del protocollo 802.11



**Commutazione nello strato data link.**

**I Bridge**

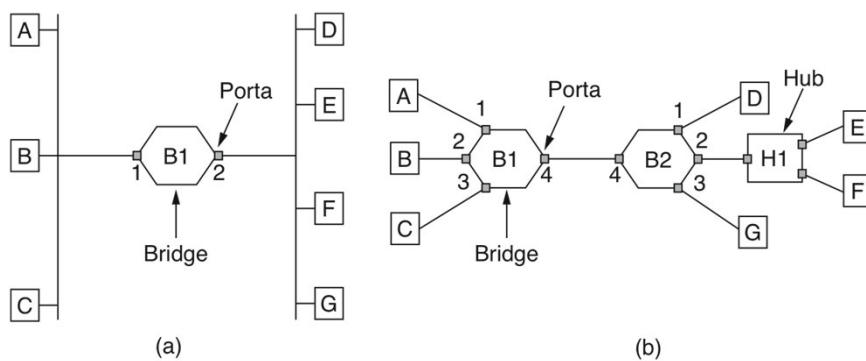
Copiano e trasmettono trame appartenenti a differenti protocolli



41

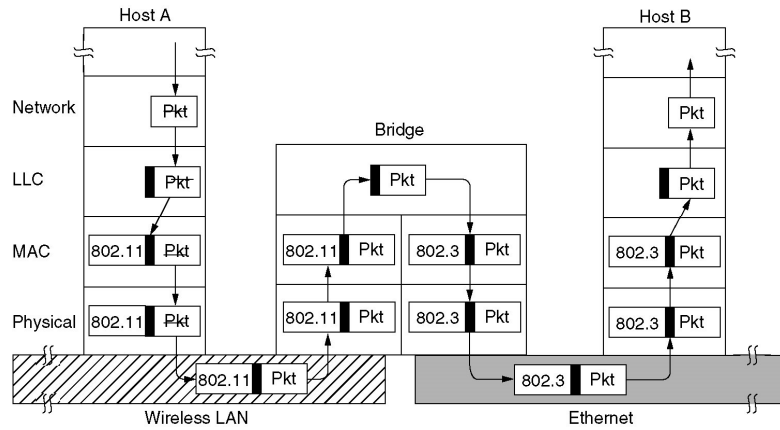
**I Bridge**

- (a) Un bridge che connette due LAN multidrop.
- (b) Due bridge che connettono sette stazioni punto a punto.



42

Bridge tra 802.x e 802.y



43

- velocità differenti tra LAN
- timer dei livelli superiori a data-link
- lunghezze differenti dei frame

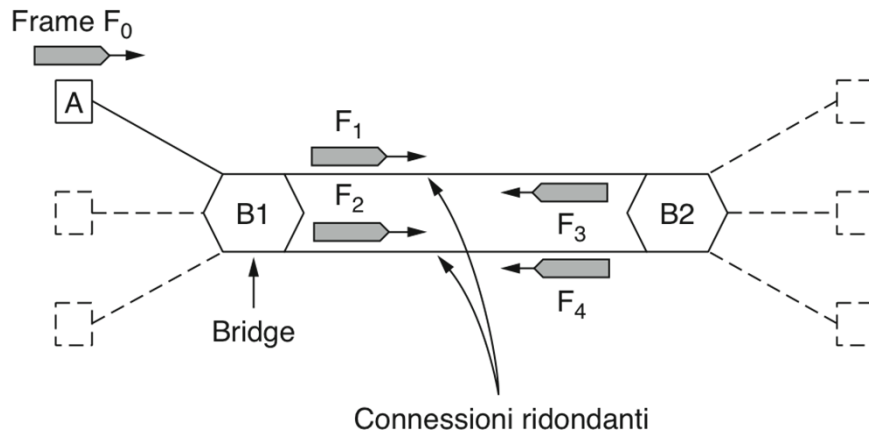
Source LAN	Destination LAN		
	802.3 (CSMA/CD)	802.4 (Token bus)	802.5 (Token ring)
802.3		1, 4	1, 2, 4, 8
802.4	1, 5, 8, 9, 10	9	1, 2, 3, 8, 9, 10
802.5	1, 2, 5, 6, 7, 10	1, 2, 3, 6, 7	6, 7

- Actions:
1. Reformat the frame and compute new checksum
  2. Reverse the bit order.
  3. Copy the priority, meaningful or not.
  4. Generate a fictitious priority.
  5. Discard priority.
  6. Drain the ring (somehow).
  7. Set A and C bits (by lying).
  8. Worry about congestion (fast LAN to slow LAN).
  9. Worry about token handoff ACK being delayed or impossible.
  10. Panic if frame is too long for destination LAN.

Parameters assumed:  
 802.3: 1500-byte frames, 10 Mbps (minus collisions)  
 802.4: 8191-byte frames 10 Mbps  
 802.5: 5000-byte frames 4 Mbps

Fig. 4-37. Problems encountered in building bridges from 802.x to 802.y.

44

**Bridge con spanning tree (1)**

45

**Bridge con spanning tree (2)**

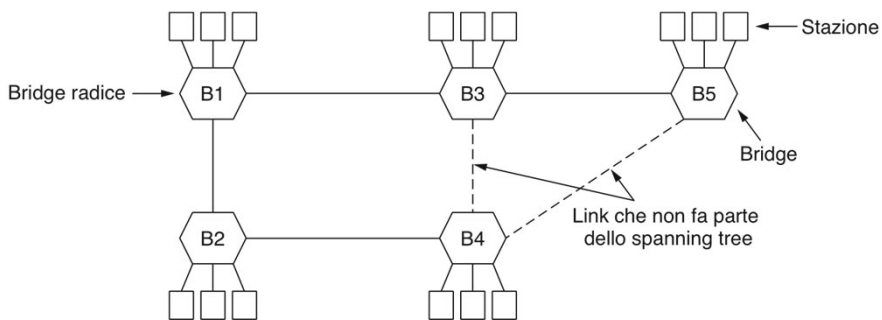
tabella hash (all'inizio vuota con algoritmo di flooding):

questo consente un apprendimento all'indietro (backward learning):

- scartare frame proveniente da un nodo della stessa LAN
- trasmettere frame per LAN differenti
- dest. sconosciuta (flooding)

46

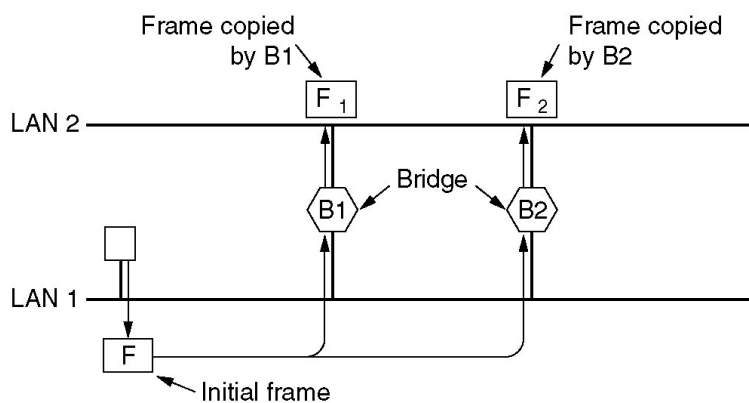
### Bridge con spanning tree (3)



47

### Bridge ad albero di attraversamento (1)

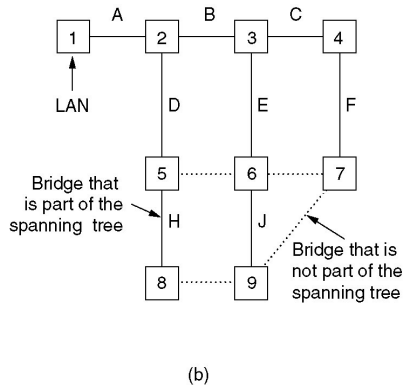
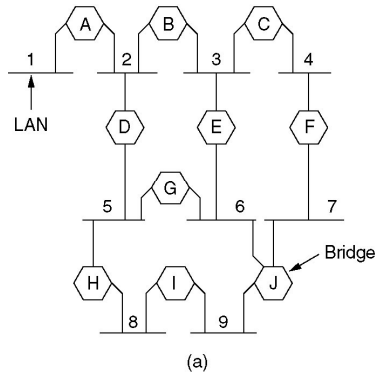
trasparenti paralleli (modello adattivo)



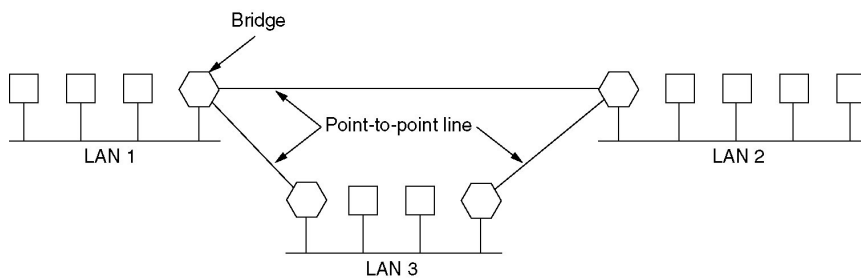
48



**Bridge ad albero di attraversamento (2)**



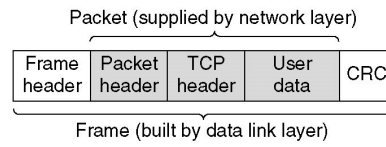
**Bridge remoti**



Dispositivi.

Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub

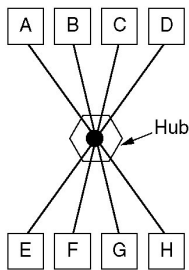
(a)



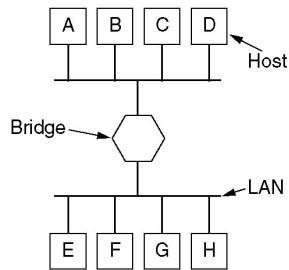
(b)

51

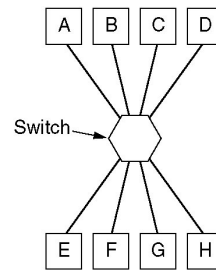
- (a) Hub.
- (b) Bridge
- (c) Switch



(a)



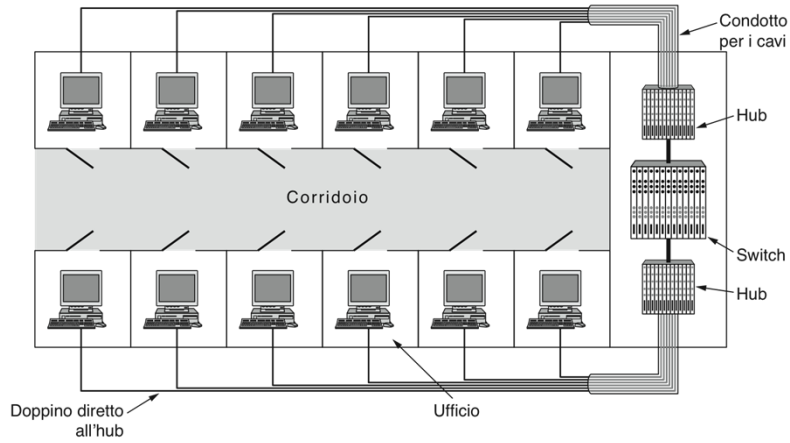
(b)



(c)

52

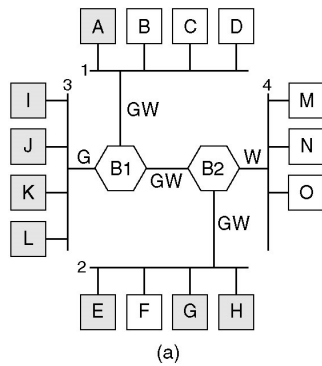
**VLAN (Lan Virtuali)**



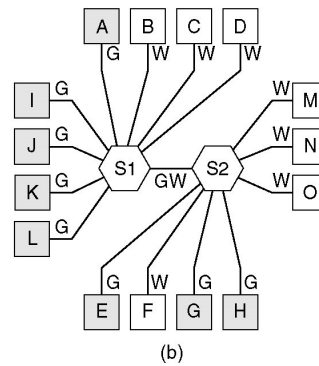
53

**VLAN (Lan Virtuali)**

- (a) 4 LAN fisiche organizzate in due VLAN
- (b) Le stesse macchine in due VLAN con Switch



(a)



(b)

54

**VLAN (Lan Virtuali)**

