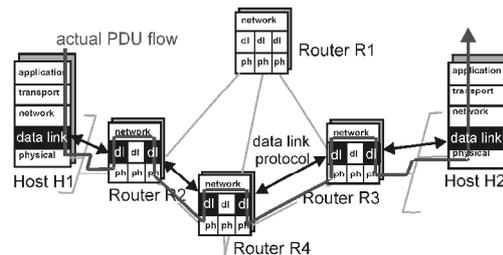


II Livello Data Link

II LivelloData Link 1

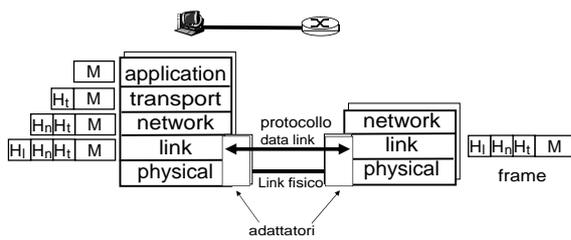
II Contesto



II LivelloData Link 2

II Contesto (2)

- Due dispositivi fisicamente connessi :
 - host-router, router-router, host-host
- Unità di dati trasmessi: frame



II LivelloData Link 3

Servizi del livello Link

- Framing, accesso al link:
 - Incapsula i datagram nei frame, aggiunge header e trailer
 - Se il mezzo è condiviso implementa l'accesso al canale,
 - 'indirizzi fisici' usati negli headers dei frame per identificare mittente e destinatari
 - Diversi dagli indirizzi IP!
- Consegna affidabile tra due dispositivi fisicamente connessi:
 - Già sappiamo come fare (il livello trasporto)!
 - Raramente usato su link con basso tasso di errore (fibra, alcuni tipi di twisted pair)
 - Se i link sono wireless: tassi di errore elevati
 - D: perchè affidabilità sia a livello link che end-to-end?

II LivelloData Link 4

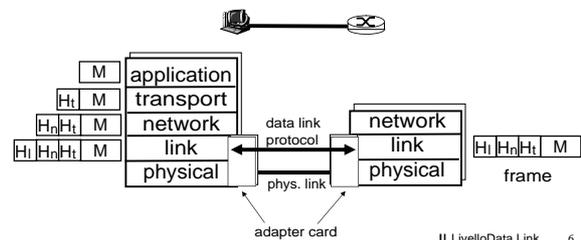
Servizi del livello Link (2)

- Controllo del Flusso:
 - Sincronizzazione tra mittente e ricevente
- Rilevazione dell'Errore:
 - Errori causati dall'attenuazione e dal rumore
 - Il ricevente rileva gli errori:
 - segnala al mittente di ritrasmettere
- Correzione dell'Errore:
 - Il ricevente identifica e corregge gli errori senza ricorrere alle ritrasmissioni

II LivelloData Link 5

Link Layer: Implementazione

- Implementato negli "adapter"
 - Per es., schede PCMCIA, schede Ethernet
 - Includono tipicamente: RAM, chip DSP, interfaccia verso il bus dell'host e verso il link

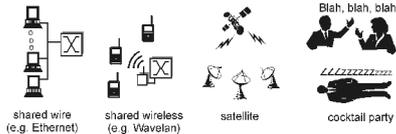


II LivelloData Link 6

Protocolli di Accesso Multiplo

Tre tipi di "links":

- punto-punto (single wire, per es. PPP, SLIP)
- broadcast (shared wire or medium; per es., Ethernet, Wavelan, etc.)



- switched (per es., switched Ethernet, ATM, etc.)

Protocolli di Accesso Multiplo

- Canale di comunicazione condiviso
- Due o più trasmissioni simultanee dai nodi : interferenza
 - Solo un nodo alla volta può inviare con successo
- protocollo di accesso multiplo (MAC - medium access control):
 - algoritmo distribuito che determina come le stazioni devono condividere il canale, cioè quando una stazione può trasmettere
 - Le comunicazioni relative alla condivisione del canale utilizzano lo stesso canale!
 - Quali sono le caratteristiche di un protocollo MAC?
 - sincrono o asincrono
 - informazioni necessarie sulle altre stazioni
 - robustezza (per es., agli errori sul canale)
 - prestazione
 - In effetti gli esseri umani usano costantemente protocolli di questo tipo

Protocolli MAC : una tassonomia

Tre classi principali:

- **Suddivisione del Canale (Channel Partitioning)**
 - dividono il canale in pezzi più piccoli (divisione di tempo o frequenza)
 - allocano i pezzi ai nodi per uso esclusivo
- **Random Access (Accesso Casuale)**
 - consentono collisioni
 - Hanno meccanismi di "recupero" delle collisioni
- **"Taking Turns" (a turno)**
 - coordinano strettamente l'accesso in modo da evitare le collisioni

Obiettivo: efficienza, semplicità, struttura decentralizzata

Protocolli MAC Channel Partitioning : TDMA

TDMA: time division multiple access

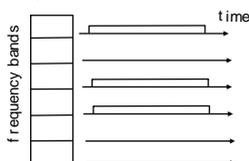
- Accesso "ciclico" al canale
- Ogni stazione ottiene un ammontare fisso di tempo ad ogni ciclo (lunghezza = tempo di trasm. del pkt)
- Gli slot inutilizzati sono sprecati
- esempio: LAN a 6-stazioni, 1,3,4 hanno pkt, gli slots 2,5,6 sprecati



Protocolli MAC Channel Partitioning : FDMA

FDMA: frequency division multiple access

- Lo spettro del canale diviso in bande di frequenza
- Ogni stazione ottiene una banda prefissata
- Tempo trasmissione inutilizzato in banda va sprecato
- esempio: LAN a 6-stazioni, 1,3,4 hanno pkt, bande di frequenza 2,5,6 sprecate

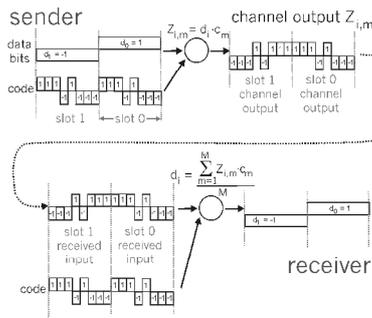


Channel Partitioning (CDMA)

CDMA (Code Division Multiple Access)

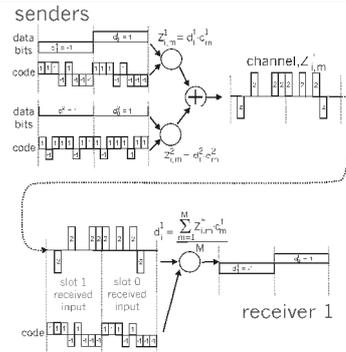
- "codice" unico assegnato a ogni user;
- Usato principalmente nei canali wireless broadcast (cellulari, satellite, etc)
- Gli users dividono la stessa frequenza, ma ogni user ha la sua "chipping" sequence (codice) per codificare i dati
- codifica segnale = (dati originali) X (chipping sequence)
- decodifica: prodotto interno del segnale codificato e della chipping sequence
- Consente agli utenti di "coesistere" e trasmettere simultaneamente con interferenza minima (se i codici sono "ortogonali")

CDMA Codifica/Decodifica



II LivelloData Link 13

CDMA: interferenza di due mittenti



II LivelloData Link 14

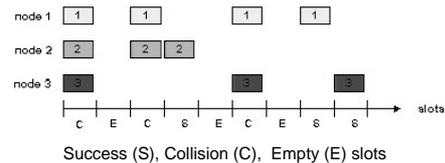
Protocolli Random Access

- Quando un nodo ha un pacchetto da inviare
 - trasmette alla massima velocità del canale R.
 - Nessuna coordinazione a priori tra i nodi
- due o più nodi trasmettono -> "collisione",
- Un protocollo MAC random access specifica:
 - Come rilevare le collisioni
 - Come recuperare le collisioni (per es., con ritrasmissioni ritardate)
- Esempi:
 - slotted ALOHA
 - ALOHA
 - CSMA e CSMA/CD

II LivelloData Link 15

Slotted Aloha

- Tempo suddiviso in slot di eguale dimensione (= tempo di trasmissione del pkt)
- Nodo con nuovo pkt: trasmette all'inizio di ogni slot
- se c'è collisione: ritrasmetti pkt nei prossimi slot con probabilità p , fino al successo



II LivelloData Link 16

Efficienza dello Slotted Aloha

D: qual è la max frazione di slot di successo?

R: Supponiamo N stazioni hanno pacchetti da inviare

- Ognuna trasmette nello slot con probabilità p
- La prob. di trasmissione con successo S è:

$$\text{per singolo nodo: } S = p(1-p)^{(N-1)}$$

per uno su N nodi

$$S = \text{Prob (solo uno trasmetta)}$$

$$= N p (1-p)^{(N-1)}$$

... scegliendo p ottima per $n \rightarrow$ infinito ...

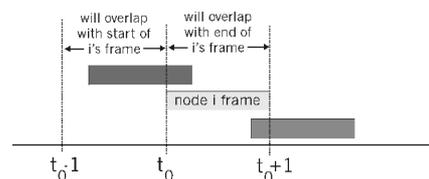
$$= 1/e = .37 \text{ per } N \rightarrow \text{infinito}$$

Al max: canale usato con successo per il 37% del tempo!

II LivelloData Link 17

ALOHA Puro (unslotted)

- unslotted Aloha: più semplice, no sincronizzazione
- se un pkt deve essere trasmesso:
 - invia senza aspettare l'inizio dello slot
- la probabilità di collisione aumenta:
 - pkt inviato a t_0 collide con altri pkt inviati in $[t_0-1, t_0+1]$



II LivelloData Link 18

Pure Aloha (cont.)

$P(\text{successo di dato nodo}) = P(\text{nodo trasmetta}) \cdot$

$P(\text{nessun altro nodo trasm. in } [t_0-1, t_0] \cdot$

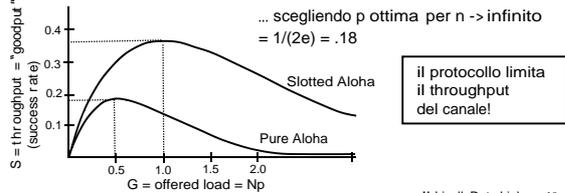
$P(\text{nessun altro nodo trasm. in } [t_0, t_0+1])$

$$= p \cdot (1-p)^{(N-1)} \cdot (1-p)^{(N-1)}$$

$P(\text{successo di uno su N nodi}) = N p \cdot (1-p)^{(N-1)} \cdot (1-p)^{(N-1)}$

... scegliendo p ottima per $n \rightarrow \infty$

$$= 1/(2e) = .18$$



II LivelloData Link 19

CSMA: Carrier Sense Multiple Access

CSMA: ascolta prima di trasmettere:

- Se il canale è libero: trasmetti l'interpkt
- Se il canale è occupato, ritarda la trasmissione
 - Persistent CSMA: riprova immediatamente con probabilità p appena il canale si libera (può essere instabile)
 - Non-persistent CSMA: riprova dopo un intervallo casuale
- Analogia umana: non interrompere gli altri!

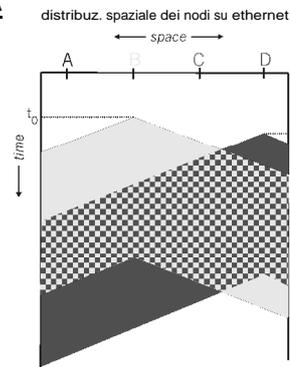
II LivelloData Link 20

collisioni CSMA

collisioni possibili:
Il ritardo di propag. fa sì che due nodi possano non percepire le trasm. dell'altro

collisione:
Tutto il tempo di trasmissione del pacchetto sprecato

nota:
Ruolo della distanza e del ritardo di propagazione nel determinare la probab. di collisione



II LivelloData Link 21

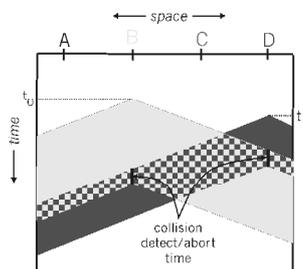
CSMA/CD (Collision Detection)

CSMA/CD: rilevamento portante, ritardo della trasmissione come nel CSMA

- Le collisioni rilevate in tempo minimo
- Le trasmissioni che collidono vengono abortite per ridurre lo spreco del canale
- ritrasmissione persistente o non-persistente
- collision detection:
 - Semplice nelle LAN cablate: misuro il livello del segnale e comparo i segnali in ricezione e trasm.
 - Difficile nelle wireless LAN: il ricevitore è spento durante la trasmissione

II LivelloData Link 22

CSMA/CD collision detection



II LivelloData Link 23

protocolli MAC "a Turno"

protocolli MAC channel partitioning :

- Efficienti per carico elevato
- Inefficienti ai bassi carichi: ritardo nell'accesso al canale e 1/N della banda disponibile anche se c'è solo 1 nodo attivo!

protocolli MAC Random access

- efficienti ai bassi carichi: il singolo nodo può usare l'intero canale
- Carico elevato: overhead di collisione

Protocolli MAC "a turno"

Cercano di avere il meglio dei due approcci!

II LivelloData Link 24

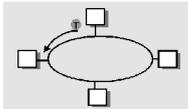
protocolli MAC "a Turno" (2)

Polling:

- Un nodo master "invita" i nodi slave a trasmettere a turno
- Messaggi di Request to Send, Clear to Send
- problemi:
 - polling overhead
 - latenza
 - punto critico (master)

Token passing:

- Gettone (**token**) di controllo scambiato da un nodo al successivo sequentialmente
- messaggio "token"
- problemi:
 - token overhead
 - latenza
 - Punto critico (token)

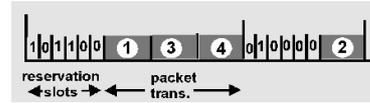


Il LivelloData Link 25

Protocolli a "prenotazione"

Distributed Polling:

- Tempo diviso in slot
- Inizia con N reservation slots (breve)
 - La durata del reservation slot uguale al ritardo di propagazione end-end del canale
 - Una stazione con un messaggio da inviare si prenota
 - La prenotazione è vista da tutti
- Le effettive trasmissioni seguono un ordine di priorità prestabilito



Il LivelloData Link 26

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.