

Reti locali

Gruppo Reti TLC

nome.cognome@polito.it

<http://www.tlc.polito.it/>

RETI LOCALI - 1

Caratteristiche reti locali

- Piccola estensione geografica
- Mezzo trasmissivo condiviso \Rightarrow può trasmettere solo un nodo alla volta
 - Motivazioni: traffico impulsivo
 - canale dedicato sarebbe male utilizzato
 - quando trasmetto voglio alta velocità
 - Trasmissione broadcast
 - comodo per traffico broadcast e multicast
 - si deve inserire indirizzo destinatario per unicast
- Topologie
 - bus, anello, stella, bus monodirezionale

RETI LOCALI - 2

Multiplicazione ed accesso multiplo

- Problema: condivisione di un canale
- Multiplicazione: problema concentrato
 - tutti i flussi disponibili in un unico punto di accesso al canale
 - router, ponte radio, satellite, stazione base di rete cellulare
- Accesso multiplo: problema distribuito
 - flussi accedono al canale da punti differenti, distanti
 - reti locali, terminali mobili rete cellulare, stazioni di terra in comunicazioni via satellite

RETI LOCALI - 3

Possibile soluzione

- Condivisione “rigida” del canale
 - si divide canale in piccole porzioni
 - si allocano porzioni canale in modo esclusivo
- Tre possibili soluzioni
 - Time Division
 - Frequency Division
 - Code Division
- Adottate nel caso della multiplicazione con allocazione statica
- Se usate per accesso multiplo, necessario comunicare allocazione ai nodi

RETI LOCALI - 4

Protocolli per LAN

- Condivisione “rigida” adottabile in LAN?
- Problemi:
 - serve allocazione dinamica a causa del traffico impulsivo (N code a velocità C peggio di 1 coda a velocità NC)
 - necessario comunicare allocazioni
 - Chi decide allocazione?
 - Decisore centralizzato o replicato in modo distribuito?
 - Che protocollo di accesso si utilizza per comunicare informazione al decisore e dal decisore ai nodi?
- Obiettivo: emulare multiplicazione statistica!

RETI LOCALI - 5

Protocolli per accesso multiplo

- Gli umani usano protocolli ad accesso multiplo molto spesso
- Esempi:
 - moderatore che decide chi parla
 - allocazione su alzata di mano (prenotazione)
 - accesso libero
 - accesso libero, ma educato (se qualcuno parla taccio)
 - passaggio ciclico di testimone

RETI LOCALI - 6

Protocolli per LAN: classificazione

- Diversi tipi di protocolli. Tre famiglie principali:
 - a contesa o accesso casuale (CSMA/CD, Ethernet)
 - ad accesso ordinato (Token Ring, Token Bus, FDDI)
 - a slot con prenotazione (DQDB)
- Parametri per valutare protocolli LAN
 - Capacità e traffico smaltito (throughput)
 - Equità
 - Ritardo (accesso, propagazione, consegna)
 - Numero di stazioni, lunghezza della rete, topologia, facilità di realizzazione, robustezza

RETI LOCALI - 7

Protocolli accesso casuale

- Quando un nodo deve trasmettere
 - trasmette il pacchetto alla velocità R del canale
 - senza coordinarsi con altri nodi
- Se due o più nodi trasmettono contemporaneamente \Rightarrow collisione
- I protocolli MAC ad accesso casuale specificano:
 - come riconoscere collisione
 - come recuperare a fronte di collisione (ritrasmissione)

RETI LOCALI - 8

Risoluzione collisioni

- Possiamo risolvere le collisioni:
 - Ritrasmettendo il pacchetto colliso dopo un ritardo casuale
 - Attraverso un processo dicotomico di riduzione dell'insieme di nodi che competono per l'accesso al canale
- Il secondo approccio consente di porre un limite superiore al ritardo d'accesso

RETI LOCALI - 9

Risoluzione dicotomica delle collisioni

- Ipotesi:
 - Accesso a slot al canale
 - Indirizzi compresi tra I_{min} e I_{max}
 - Alla fine di ogni slot, ogni nodo ha un feedback dal canale:
 - I = nessuna attività sul canale
 - S = trasmissione con successo
 - C = collisione

RETI LOCALI - 10

Risoluzione dicotomica collisioni

```

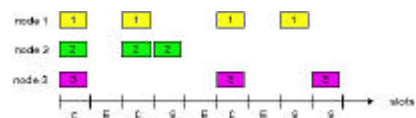
Solve( $I_{min}$ ,  $I_{max}$ ) {
  if feedback == C {
    ? = ( $I_{min} + I_{max}$ ) / 2;
    Solve( $I_{min}$ ,  $I_{min} + ?$ );
    Solve( $I_{min} + ? + 1$ ,  $I_{max}$ );
  }
}
    
```

E' possibile modificare l'algoritmo per lavorare solo con feedback binario (I o A = (C or S)), e per permettere ai nodi di diventare attivi mentre è in corso una risoluzione di collisioni.

RETI LOCALI - 11

Slotted Aloha

- Tempo diviso in slot (di uguale dimensione)
- I nodi trasmettono all'inizio di uno slot
- Se c'è collisione: ritrasmetto in altro slot con probabilità p, (oppure riprovo con ritardo casuale) fino al successo



Success (S), Collision (C), Empty (E) slots

RETI LOCALI - 12

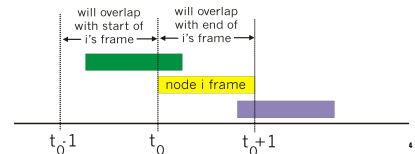
Slotted Aloha: efficienza

- Percentuale di slot occupati con successo?
 - Ipotesi: N stazioni devono trasmettere
 - Ogni stazione trasmette nello slot con probabilità p
 - Prob. di trasmissione con successo:
 - di un singolo nodo: $S = p(1-p)^{N-1}$
 - di un qualsiasi nodo tra gli N nodi
 - $S = \text{Prob (solo uno trasmetta)} = N p (1-p)^{N-1}$
- scegliendo il valore ottimo di p per infiniti nodi, si ottiene $1/e$, pari a 0.37

RETI LOCALI - 13

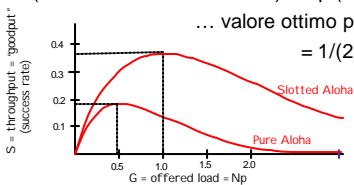
ALOHA

- Più semplice, non richiede sincronizzazione
- Ritrasmissione in qualunque istante, senza attendere inizio slot
- Probabilità di collisione aumenta:
 - pacchetto giallo collide con altri pacchetti trasmessi in $[t_0-1, t_0+1]$



Aloha puro

- $P(\text{successo di un dato nodo}) = P(\text{nodo trasmetta}) \cdot P(\text{nessun altro nodo trasmette in } [p_0-1, p_0]) \cdot P(\text{nessun altro nodo trasmette in } [p_0-1, p_0])$
- $$= p(1-p)^{N-1} \cdot (1-p)^{N-1}$$
- $P(\text{successo di un nodo tra N}) = Np \cdot (1-p)^{N-1} \cdot (1-p)^{N-1}$
- ... valore ottimo per p con N infinito
- $$= 1/(2e) = 0.18$$



RETI LOCALI - 15

Osservazioni

- Protocolli semplici
- Throughput limitato a valori bassi (collisioni)
 - nel caso migliore (non realistico) si ottiene efficienza 18% o 37%
 - dipende dal tipo di traffico
- Protocollo instabile!
- A basso carico, ritardo di accesso nullo o contenuto
- Ritardi di accesso non controllabili a priori in modo deterministico

RETI LOCALI - 16

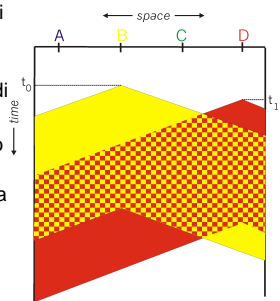
CSMA: Carrier Sense Multiple Access

- Ascolto canale prima di trasmettere
 - se sento canale libero: trasmetto pacchetto
 - se sento canale occupato, ritardo trasmissione
- CSMA persistente (1-persistente): riprovo immediatamente appena canale libero
- CSMA non-persistente (0-persistente): riprovo dopo tempo casuale
- CSMA p-persistente con probabilità p sono 1-persistente, con probabilità $(1-p)$ sono 0-persistente

RETI LOCALI - 17

CSMA: collisioni?

- Si verificano a causa dei ritardi di propagazione
- Collisione: spreco completamente tempo di trasmissione pacchetto
- Nota: la distanza (ritardo di propagazione) gioca ruolo fondamentale nella probabilità di collisione



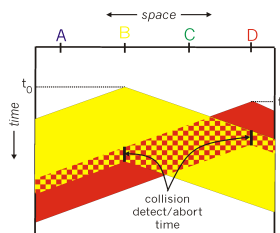
RETI LOCALI - 18

CSMA/CD (Collision Detection)

- CSMA/CD aggiunge a CSMA
 - se mi accorgo (in fretta) delle collisioni sospendo la trasmissione del pacchetto
 - riduco lo spreco dovuto ad una trasmissione inutile
- Collision detection:
 - facile nelle LAN cablate: misuro potenza segnale, confronto segnale ricevuto e trasmesso
 - difficile in LAN wireless: half duplex (quando trasmetto ricevitore disattivo)

RETI LOCALI - 19

CSMA/CD collision detection



RETI LOCALI - 20

CSMA/CD: prestazioni

- Parametro fondamentale è il ritardo di propagazione end to end
 - Più precisamente conta rapporto tra dimensione del pacchetto e dimensione della rete
- Prestazioni ottime su reti piccole (rispetto alla dimensione del pacchetto) e con velocità di trasmissione bassa
- Pacchetti grandi!
- Vincolo tra dimensione pacchetto e dimensione rete per riconoscere le collisioni

RETI LOCALI - 21

CSMA/CD: prestazioni

- Si preferisce 1-persistente perchè migliore a basso carico
 - ritardo di accesso inferiore
- Instabile
 - backoff esponenziale sulle ritrasmissioni
- Difficile separare traffico a diversa priorità
- Adottato nella rete Ethernet

RETI LOCALI - 22

Protocolli accesso ordinato

- Allocazione deterministica delle risorse
- Evitano collisioni
- Algoritmo centralizzato
 - protocolli polling
- Algoritmo distribuito
 - protocolli token

RETI LOCALI - 23

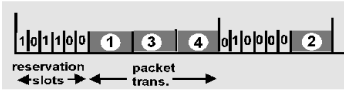
Protocolli polling

- Stazione MASTER raccoglie informazioni dalle slave (canale suddiviso nel tempo) e abilita trasmissioni a turno
- Permette allocazione di banda, controllo sui ritardi, e gestione priorità
- Problemi
 - overhead di polling
 - ritardo di accesso a basso carico
 - se master si guasta, blocca la rete

RETI LOCALI - 24

Polling eseguito in modo distribuito

- Tempo diviso in slot
- All'inizio N slot di prenotazione
 - chi deve trasmettere lo segnala nello slot
 - tutte le stazioni vedono segnalazione
- Tutti eseguono stesso algoritmo per decidere allocazione trasmissioni



RETI LOCALI - 25

Protocolli token

- Token = Segnale di controllo che abilita a trasmettere passato da nodo a nodo
 - topologia fisica o logica (ad anello) per regole di passaggio token
- Permette allocazione di banda, controllo deterministico sui ritardi, e gestione priorità
- Problemi:
 - overhead del token
 - ritardo di accesso a basso carico
 - perdita del token blocca la rete

RETI LOCALI - 26

Protocolli token

- Ipotesi: token gira su anello fisico
- Problemi
 - creazione token
 - estrazione pacchetto da anello
 - nodo sorgente
 - nodo destinazione (perdo caratteristica broadcast della rete)
 - nodo dedicato

RETI LOCALI - 27

Estrazione al destinatario

- Necessario leggere indirizzi
 - Serve buffer di transito in ogni nodo (di circa un centinaio di bit)
- Quanti bit stanno su un anello?
 - Anello 1km, trasmetto a 1Mbit/s
 - $1 \times 10^6 \text{ bit/s} \times 10^3 \text{ m} \times 1 / (2 \times 10^8 \text{ m/s}) = 5 \text{ bit}$
 - Anello 2km, trasmetto a 10Mbit/s
 - $1 \times 10^7 \text{ bit/s} \times 2 \times 10^3 \text{ m} \times 1 / (2 \times 10^8 \text{ m/s}) = 100 \text{ bit}$
- Ritardi di transito diventerebbero inaccettabili

RETI LOCALI - 28

Estrazione al destinatario

- Si potrebbe sfruttare il riuso spaziale sull'anello. Ma ...
- chi rigenera il token?
 - Se rigenera il destinatario, ci possono essere fenomeni di starvation: i nodi tra sorgente e destinazione perdono l'opportunità di accesso
 - Se rigenera la sorgente, non si guadagna in prestazioni
- come si ottiene multicasting e broadcasting?

RETI LOCALI - 29

Protocolli token

- Due versioni
 - single packet
 - single token
- Single packet
 - stazione che deve trasmettere
 - preleva token da anello
 - trasmette e trattiene token fino a quando riceve il proprio pacchetto
 - estrae pacchetto ed inserisce token in rete.
 - un solo pacchetto in rete per volta

RETI LOCALI - 30

Protocolli token

- Single token
 - stazione che deve trasmettere
 - preleva token da anello
 - trasmette e rilascia immediatamente token
 - estrae primo pacchetto che riceve perchè è pacchetto trasmesso dalla stazione
 - un solo token in rete alla volta, preceduto da treno di pacchetti

RETI LOCALI - 31

Protocolli token

- Problemi
 - Perdita e gestione del token (creazione, controllo univocità, verifica esistenza)
 - Tempo di passaggio del token in cui nessuno trasmette
 - Pacchetti spuri su anello (stazione monitor)
 - Gestione anello logico se topologia non anello fisico
 - inserimento, eliminazione, verifica esistenza stazioni

RETI LOCALI - 32

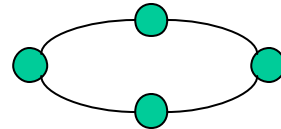
Protocolli token

- Confronto prestazioni tra SP e ST
 - SP meno efficiente
 - tempo di passaggio del token sempre pari ad un RTT su anello (dipende da dimensione pacchetto-rete!)
 - ST meno robusto a pacchetti spuri su anello
- Confronto prestazioni con accesso casuale
 - alto throughput (no instabilità)
 - ritardo massimo di accesso controllato
 - priorità gestibili
 - perdita del token blocca rete
 - algoritmi recupero complessi
 - ritardo accesso maggiore

RETI LOCALI - 33

Buffer insertion

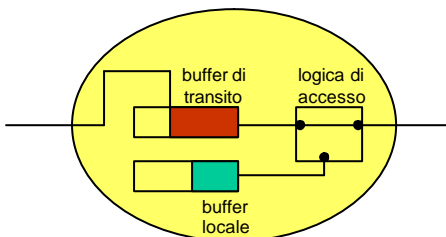
- Protocollo d'accesso per reti locali su topologia ad anello



- Ogni nodo funge da repeater e può inserire un buffer sul percorso dei dati

RETI LOCALI - 34

Buffer insertion



Un pacchetto locale può essere immesso sull'anello solo se il buffer di transito ha uno spazio libero maggiore della dimensione del pacchetto. Il buffer di transito deve almeno essere pari ad un pacchetto di dimensione massima

RETI LOCALI - 35

Buffer insertion

- Gli spazi tra pacchetti in ingresso permettono di svuotare il buffer di transito
- Le regole di selezione tra pacchetti in transito e pacchetti locali possono essere differenziate in funzione di classi di servizio
- Sorgono problemi di equità: un nodo può essere inondato da traffico generato dai nodi a monte. Servono meccanismi aggiuntivi per il controllo dell'equità (es. Metaring)

RETI LOCALI - 36

Buffer insertion e token ring

- Possibili alte utilizzazioni anche in presenza di elevati ritardi di propagazione
- Possibile rimozione dei pacchetti alla destinazione, quindi riuso spaziale delle risorse trasmissive
- Controllo equità e ritardi più facile per il token ring

RETI LOCALI - 37

Protocolli con accesso a slot

- Slot che si propagano su anello (slotted ring) o bus unidirezionali
- Vantaggi
 - Si ottiene curva di throughput ideale con banale protocollo empty-slot (evito collisioni)
 - Sfruttano parallelismo nello spazio
 - Complessità indipendente da
 - velocità di trasmissione
 - dimensione della rete
 - Facile ottenere servizi isocroni e gestione priorità

RETI LOCALI - 38

Protocolli con accesso a slot

- Svantaggi
 - Segmentazione e riassetaggio
 - Ultimo slot male utilizzato in segmentazione
 - Overhead di intestazione su tutti gli slot
 - Equità da affrontare
- Problemi
 - Dimensione slot

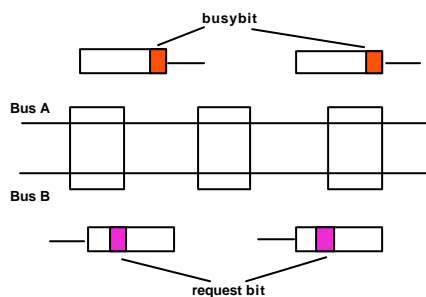
RETI LOCALI - 39

Protocollo d'accesso su bus monodirezionale (DQDB)

- Realizza una coda distribuita di richieste d'accesso
 - idealmente coda FIFO globale
- Idea base:
 - Invio di prenotazione (usando bit di richiesta) verso stazioni upstream (che precedono la stazione sul bus unidirezionale)
- Basato su contatori all'interno dei nodi
- Instradamento binario

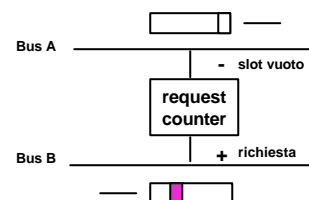
RETI LOCALI - 40

Protocollo d'accesso: prenotazioni



RETI LOCALI - 41

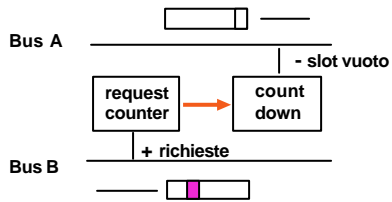
Stato di idle: il nodo non ha nulla da trasmettere



Il *request counter* (RQ) conta le richieste non soddisfatte dalle stazioni a valle

RETI LOCALI - 42

Stato di countdown: il nodo vuole trasmettere

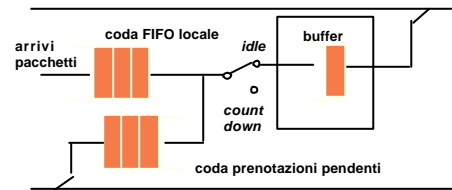


Il *countdown counter* (CD) conta le precedenti richieste non soddisfatte delle stazioni a valle

RETI LOCALI - 43

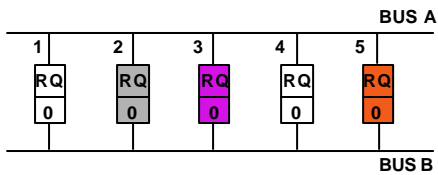
Modello logico

- Ogni nodo può accordare al più un segmento per bus
- La trasmissione delle richieste è asincrona



RETI LOCALI - 44

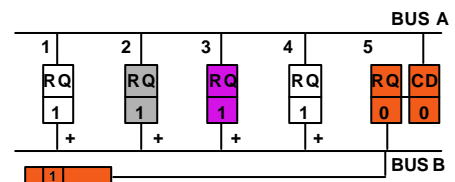
Esempio di accesso



RETI LOCALI - 45

Esempio

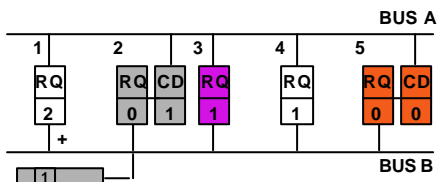
Prenotazione del nodo 5



RETI LOCALI - 46

Esempio

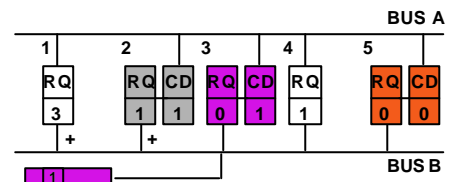
Prenotazione del nodo 2



RETI LOCALI - 47

Esempio

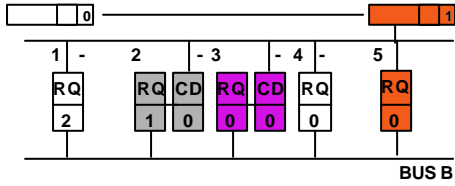
Prenotazione del nodo 3



RETI LOCALI - 48

Esempio

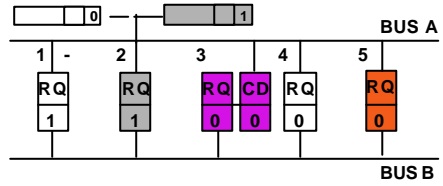
Trasmissione del nodo 5



RETI LOCALI - 49

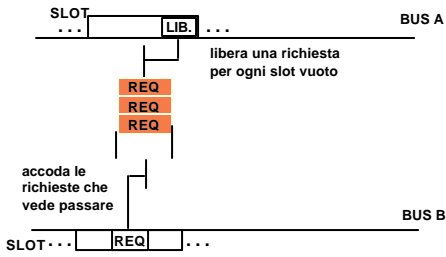
Esempio

Trasmissione del nodo 2



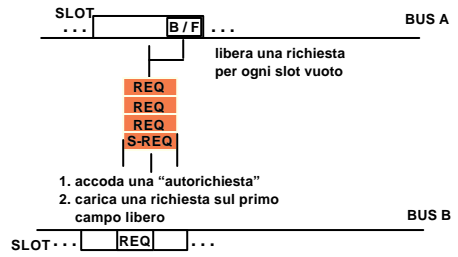
RETI LOCALI - 50

Coda distribuita: il nodo non deve trasmettere



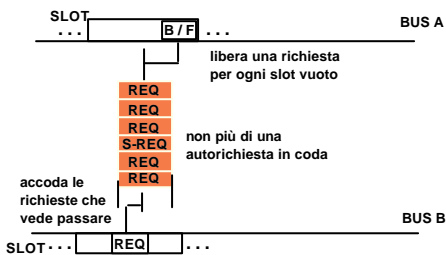
RETI LOCALI - 51

Coda distribuita: il nodo deve trasmettere



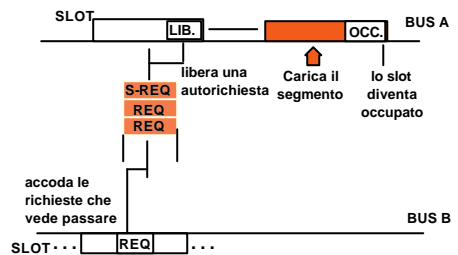
RETI LOCALI - 52

Coda distribuita: il nodo attende di trasmettere



RETI LOCALI - 53

Coda distribuita: il nodo trasmette



RETI LOCALI - 54

DQDB: osservazioni

- Coda delle prenotazioni non FIFO causa ritardi propagazione
- Iniquità di banda in casi estremi
 - carico molto elevato e stazioni lontane
 - soluzione: bandwidth balancing
- Slot reuse
 - costa in ritardo (devo esaminare destinatario)
 - nodi dedicati
 - guadagno dipende da distribuzione del traffico