

# Lezione 17

**“ Metodi di accesso multiplo: Accesso casuale ”**  
**(CSMA, CSMA-CD)**

---

Reti di Telecomunicazioni  
R. Bolla, L. Caviglione, F. Davoli

## Contenuto della 17<sup>a</sup> lezione

- CSMA
- CSMA/CD
- Efficienza del CSMA/CD

## CSMA

(Cont.)

---

Il *Carrier Sense Multiple Access* (CSMA) è un perfezionamento delle tecniche di tipo ALOHA, a cui viene aggiunto l'ascolto del canale prima di trasmettere; solo se il canale è osservato libero può iniziare la trasmissione.

17.3

## CSMA

(Cont.)

---

Oltre a poter essere *slotted* o *unslotted* (come l'ALOHA), il CSMA può essere realizzato in tre diversi modi, a seconda di come la stazione si comporta una volta verificato che il canale è occupato:

- *non-persistent*
- *1-persistent*
- *p-persistent*

17.4

## **CSMA non-persistent** (Cont.)

---

Il *non-persistent*, in presenza di canale occupato, si comporta come se ci fosse stata una collisione; l'algoritmo è:

- Se la stazione vede il canale libero, trasmette
- Se vede il canale occupato, rimanda la trasmissione ad un istante futuro, come se ci fosse stata una collisione

17.5

## **CSMA 1-persistent** (Cont.)

---

Il *1-persistent* continua ad ascoltare il canale e, appena questo si libera, trasmette; l'algoritmo è:

- Se la stazione vede il canale libero, trasmette
- Se vede il canale occupato, continua a monitorarlo finché non appare libero e quindi trasmette

17.6

## CSMA p-persistent (Cont.)

---

Il *p-persistent* si comporta come il *1-persistent* (con cui coincide quando  $p=1$ ), ma quando il canale si libera trasmette con prob.  $p$  (nel caso *slotted*); l'algoritmo è:

- Se la stazione vede il canale libero, trasmette con probabilità  $p$ , o rinvia il problema alla *slot* successiva con prob.  $(1-p)$
- Se vede il canale occupato, continua a monitorarlo finché non appare libero e quindi si comporta come nel passo precedente

17.7

## CSMA (Cont.)

---

- Se il tempo di propagazione **PROP** fosse nullo, non avverrebbero collisioni.
- **PROP** è infatti il tempo critico (o intervallo di vulnerabilità) entro cui possono avvenire collisioni.
- Le prestazioni dipendono, in pratica, dal rapporto

$$a = PROP / TRANSP$$

17.8

## CSMA

(Cont.)

- Se  $PROP \ll TRANSP$  ( $a \ll 1$ ) il CSMA è efficace



- Se  $PROP \approx TRANSP$  o  $PROP > TRANSP$  ( $a \approx 1$  o  $a > 1$ ) l'ascolto del canale è in pratica inutile



17.9

## CSMA

(Fine)

In generale, nei protocolli CSMA, il canale risulta occupato (nel caso peggiore in cui tutti vedono un ritardo di propagazione  $PROP$  massimo) ancora per un ritardo di propagazione dopo la fine della trasmissione.



17.10

## CSMA/CD

---

Il *Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection* (CSMA/CD) introduce la variante dell'ascolto durante la trasmissione. In caso di collisione, la trasmissione viene interrotta dopo un tempo prefissato (intervallo di *jamming*).

17.11

## CSMA/CD

---

(Cont.)

L'efficienza del CSMA/CD può essere ricavata approssimativamente sulla base di un modello con le seguenti caratteristiche

- canale *slotted* (la sincronizzazione avviene implicitamente alla caduta della portante, e si opera in modalità *1-persistent*) e durata della *slot* fissata a  $2 \cdot PROP$  (intervallo di rilevamento della collisione)
- ogni stazione trasmette, indipendentemente dalle altre, con probabilità  $p$  nella *slot* (non trasmette con prob.  $1-p$ )

17.12

## CSMA/CD

(Cont.)

L'analisi basata sulle ipotesi precedenti fornisce

$$\begin{aligned}\eta_{\text{CSMA/CD}} &\approx \frac{\text{TRANSP}}{\text{TRANSP} + 3 \text{ PROP}} = \\ &= \frac{1}{1 + 3a}\end{aligned}$$

17.13

## CSMA/CD

(Cont.)

In realtà, il valore effettivo è più vicino a

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} \approx \frac{1}{1 + 5a}$$

o, ancora più precisamente

$$\eta_{\text{CSMA/CD}} \approx \frac{1}{1 + 6.44a}$$

(si veda l'Appendice alla lezione 17)

17.14

## **CSMA/CD**

---

**(Fine)**

Il CSMA/CD non è realizzabile in modo semplice nelle reti radio, a causa dell'enorme differenza che esiste in questo caso fra la potenza del segnale in ingresso (molto bassa) e quella del segnale in uscita (alta), che rientrando nel ricevitore lo "assorda" o addirittura lo brucia.

17.15

## **Quesiti per la lezione 17**

---

- Quali diversi tipi di CSMA si possono individuare?
- Qual'è l'intervallo di vulnerabilità del CSMA?
- In che cosa consiste il CSMA/CD?
- Qual'è l'efficienza del CSMA/CD?

17.16



## Appendice alla lezione 17 (cont.)

---

■ L'efficienza del CSMA/CD può essere calcolata nel modo seguente:

- ◆ Si supponga di essere in condizioni di saturazione, con popolazione di utenti infinita. Il canale non ha mai tempi morti (*idle*) e alterna tra due possibili stati: trasmissione con successo e collisione. Dopo una trasmissione con successo, a causa dell'intensità degli arrivi molto alta e dello schema 1-persistent, si suppone di avere una collisione con prob. 1.
- ◆ Sia  $J$  il numero medio di intervalli di collisione tra due trasmissioni con successo consecutive.

17.17

## Appendice alla lezione 17 (cont.)

---

Allora

$$\eta = \frac{TRANSP}{TRANSP + PROP + 2PROP \cdot J} = \frac{1}{1 + \frac{PROP}{TRANSP}(1+2J)} = \frac{1}{1+(1+2J)a}$$

Resta da calcolare il numero medio di intervalli di collisione (la cui durata è  $2PROP$ , il tempo minimo perché le stazioni coinvolte se ne accorgano e interrompano la trasmissione). Sia  $P_s$  la probabilità di successo e supponiamo indipendenti gli eventi di collisione in intervalli successivi. La distribuzione del numero di intervalli di collisione è geometrica:

17.18

## Appendice alla lezione 17 (cont.)

$$\Pr\{1 \text{ intervallo}\} = P_s$$

$$\Pr\{2 \text{ intervalli}\} = P_s(1 - P_s)$$

$$\Pr\{3 \text{ intervalli}\} = P_s(1 - P_s)^2$$

$$\Pr\{i \text{ intervalli}\} = P_s(1 - P_s)^{i-1}$$

La media è data da

$$J = \sum_{i=1}^{\infty} iP_s(1 - P_s)^{i-1} = \frac{1}{P_s}$$

Infatti:

$$\sum_{i=1}^{\infty} i(1 - P_s)^{i-1} = \frac{d}{dP_s} \sum_{i=1}^{\infty} (1 - P_s)^i = \frac{d}{dP_s} \left[ \frac{1}{1 - (1 - P_s)} - 1 \right] = \frac{1}{P_s^2}$$

Supponiamo ora che ci siano  $n$  pacchetti nel sistema e che ogni utente decida sempre ad ogni "slot" (ovvero, intervallo 2PROP) con probabilità  $p$  o  $1-p$  se trasmettere o meno, indipendentemente dagli altri, sia che si tratti di un pacchetto nuovo o in ritrasmissione.

17.19

## Appendice alla lezione 17 (cont.)

Allora

$$P_s = np(1 - p)^{n-1}$$

Tale quantità è massimizzata scegliendo

$$p = \frac{1}{n} \quad (n \geq 1) \quad \text{Infatti:} \quad \frac{dP_s}{dp} = n(1 - p)^{n-1} - np(n-1)(1 - p)^{n-2} = 0$$

Quindi

$$1 - p - np + p = 0 ; \quad p = \frac{1}{n}$$

$$(P_s)_{\max} = \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{n-1} \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \frac{1}{e}$$

17.20

## **Appendice alla lezione 17** **(Fine)**

---

Infine,  $J = e \approx 2.72$

e pertanto

$$\eta = \frac{1}{1+a(1+2e)} \approx \frac{1}{1+6.44a}$$