

Un protocollo con variante

Matteo Marino

Il protocollo Cdma non è in grado di evitare i conflitti nelle reti. Le sue varianti ne hanno modificato le prestazioni in modo sostanziale

Csma (Carrier Sense Multiple Access) è un protocollo MAC (Media Access Control) ad accesso multiplo con rilevamento della portante. Tale rilevamento ha lo scopo di condividere la disponibilità della rete per l'invio dei pacchetti di dati evitando la contemporaneità degli invii da parte di due sistemi trasmissivi all'interno del 'tempo di contesa'.

In una rete LAN è necessario che tali dispositivi verifichino, infatti, che sul bus non vi sia la presenza della portante

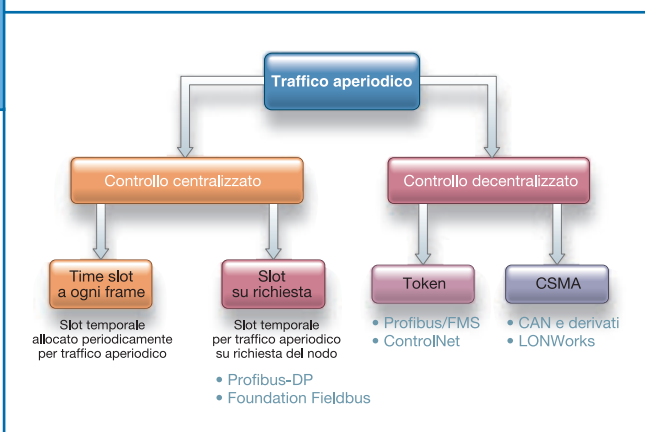
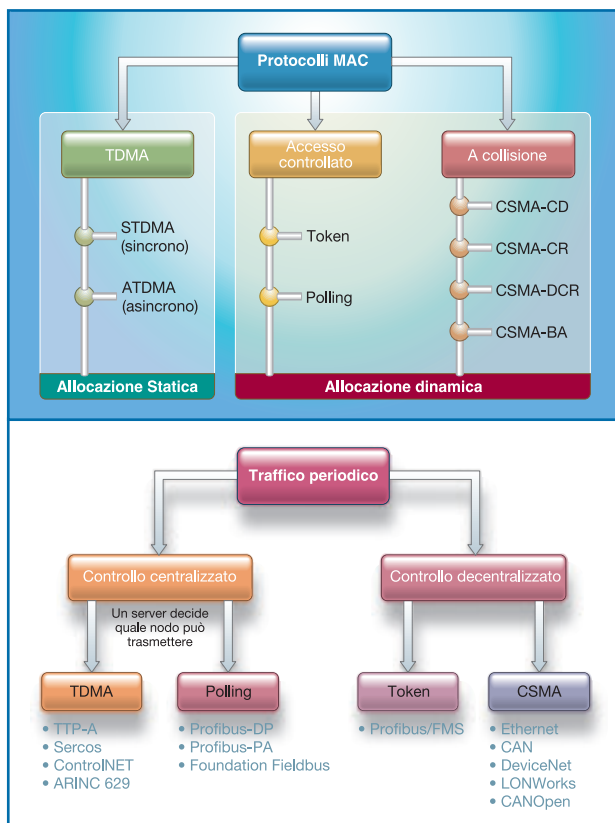
(Carrier Sense) prima di inizializzare la trasmissione di dati. In occasione di occupazione del canale e invio contemporaneo del segnale trasmissivo si potrebbero verificare, infatti, collisioni e conseguenti tempi di attesa arbitrari non deterministici di rinvio e ricezione dei dati.

Il protocollo Cdma non è in grado di evitare i conflitti generando così un'elevata probabilità di collisione tra i segnali. Tale effetto è causato dalla contemporanea verifica della disponibilità della rete da parte dei sistemi host. La collisione tra i segmenti trasmissivi genera, a sua volta, interferenze tra di essi causando ricezioni imprecise.

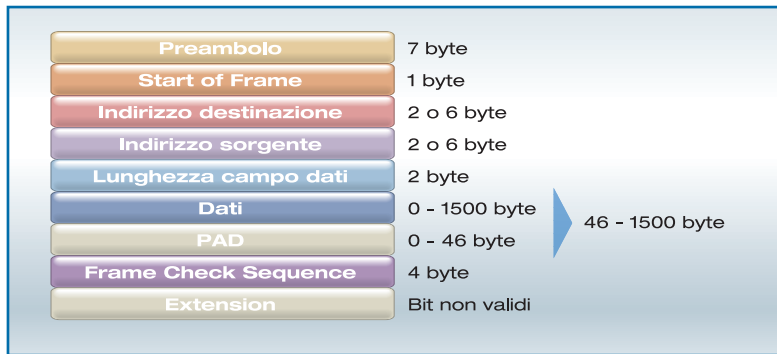
Le varianti successive al Cdma sono in grado di elevare sensibilmente le prestazioni trasmissive apportando una serie di funzionalità che ne hanno, in alcuni casi, stravolto il modello.

Le varianti Cdma

Csma/CD (Collision Detection) è un'evoluzione del protocollo padre che è in grado di valutare preventivamente le collisioni. In una rete che utilizza tale protocollo, secondo lo standard IEEE 802.3, la stazione che deve inviare dati controlla preventivamente che non ci siano trasferimenti in corso effettuando la trasmissione. In caso di intercettazione di eventuali collisioni è in grado di interrompere ogni comunicazione inviando un segnale di disturbo a tutte le altre



Classificazione dei protocolli MAC (Media Access Control)



Struttura del frame CsmA/CD

stazioni presenti sulla rete e riprovando dopo un arco temporale arbitrario.

CsmA/CD si è evoluto in CsmA/CA, (Collision Avoidance) per utilizzi di tipo wireless (IEEE 802.11b).

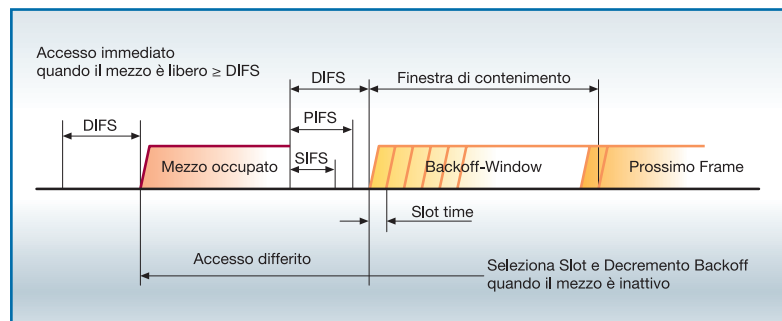
Tali reti sono incapaci di garantire che tutte le stazioni possano raggiungersi vicendevolmente in ogni istante, essendo la potenza del segnale in trasmissione tale da mascherare tutti gli altri segnali in aria.

In un ambiente wireless non si può assumere, infatti, che tutte le stazioni possano ascoltarsi per via del raggio di azione limitato,

quindi non sarebbe possibile rilevare collisioni avvenute fuori dall'area di copertura della stazione trasmittente. Per questo motivo non sarebbe fruttuoso utilizzare il protocollo CD sulle reti senza fili.

Lo standard 802.11b prevede la modalità trasmissiva 'half duplex' rispetto a IEEE 802.3, che è di tipo 'full duplex'.

CsmA/CA ha l'obiettivo di ridurre le collisioni limitando la probabilità di accadimento. Ogni stazione trasmittente, prima di iniziare effettivamente l'invio di segnali, avvisa la stazione destinataria che, previa risposta affermativa tramite un pacchetto ACK (messaggio di 'ackno-



Esempio di funzionamento del CsmA/CA

STRUTTURA DEL FRAME CSMA/CR

Il campo dei dati del CsmA/CR è dotato di una lunghezza specificata dal DLC e, nel caso di Remote Transmit Request, tale campo è vuoto.

Il campo CRC (Cyclic Redundancy Code) contiene il valore del CRC a 16 bit mentre il campo ACK serve per verificare che almeno un nodo abbia correttamente ricevuto il messaggio. Il campo CRC è pilotato dal trasmettitore a uno (1, codifica recessiva) e ogni ricevitore che abbia ricevuto il messaggio pilota il bit a zero (0, dominante). Il trasmettitore può verificare che qualcuno abbia ricevuto il messaggio leggendo lo stato della linea.

Come in CsmA/CD, ogni nodo può decidere di iniziare a trasmettere in qualunque istante se il canale è libero; se lo stato va a zero diventa occupato. Più nodi, inoltre, possono trasmettere lo 'start of frame' contemporaneamente e la linea ha comunque uno stato vali-

do (wired-and) dominante.

La fase di contesa del bus avviene durante la trasmissione dell'identificativo. Se il nodo vede sulla linea lo stato che corrisponde alla propria trasmissione prosegue, mentre appena un nodo verifica che lo stato della linea è dominante, nonostante secondo il proprio identificativo dovrebbe essere recessivo, termina la trasmissione immediatamente.

In CsmA/CR, poiché non possono esistere due identificativi uguali, alla fine della trasmissione del campo identificativo un solo nodo rimane attivo e vince la contesa proseguendo con la trasmissione dei restanti campi. Tutti gli altri nodi, compresi quelli che avevano tentato di trasmettere, riceveranno il frame corretto.

Tale configurazione ha tempi di bit relativamente elevati che provocano ritardi nella propagazione e l'uso di linee

dalla lunghezza ridotta partendo da 1 Mb con distanze inferiori a 25 m fino ad arrivare a distanze di 1 km con velocità che scendono a 50 kb.

Il protocollo CsmA/CR, tarato per dati di dimensione ridotta, è soggetto a un basso 'overhead' di frame raggiungendo un'elevata efficienza di canale anche con basse velocità di trasmissione. Inoltre, non esiste un identificativo di nodo ma solo di messaggio che supporta adeguatamente la comunicazione produttore/consumatore senza la necessità di registrare i consumatori della rete.

Assegnando opportunamente gli identificativi si è in grado, inoltre, di gestire la priorità tra messaggi per cui un messaggio a priorità inferiore può essere bloccato da uno a priorità superiore solamente se il secondo ha già vinto la fase di contesa con un comportamento 'quasi' deterministico.

wledgement', darà il via alla comunicazione. In caso contrario, il mittente riproverà dopo un tempo arbitrario.

Csma/CA utilizza una procedura di 'back off' casuale per risolvere la contesa del mezzo tra più stazioni in attesa di trasmettere. Il tempo di trasmissione è suddiviso in slot temporali e il time slot vale 50 µs per 802.11 Frequency Hopping e 20 µs per 802.11 Direct Sequence.

Una stazione può cominciare a trasmettere solo all'inizio di uno slot e ciascuna stazione che abbia un nuovo frame da inviare ascolta il canale prima di trasmettere. Il carrier sense è eseguito con un meccanismo fisico e uno virtuale e se il canale è libero per un certo intervallo di tempo fisso, chiamato Difs (Distributed Interframe Space), il frame è trasmesso. Se, invece, il canale è occupato da un pacchetto in aria destinato a un'altra stazione, il frame potrà essere trasmesso dopo un intervallo di tempo, a partire dall'istante in cui il mezzo è rilevato come occupato, pari alla somma del tempo necessario per terminare la trasmissione del frame che occupa correntemente il mezzo, di un intervallo di tempo fisso in cui il mezzo deve essere libero e del tempo necessario per risolvere la contesa del mezzo tramite la procedura di back off.

L'intervallo di tempo fisso in cui il mezzo deve essere libero è pari a Difs, se il frame che occupava il mezzo è stato ricevuto correttamente e a Eifs (Extended Inter Frame Space), se il frame che occupava il mezzo non è stato ricevuto correttamente.

Gli spazi temporali interframe del Csma/CA

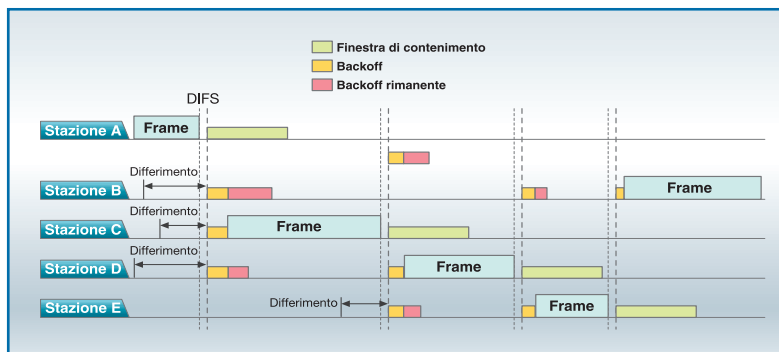
Lo Short Interframe Space (Sifs) è il periodo che intercorre tra trasmissioni successive di un singolo dialogo (per esempio pacchetto dati ACK) ed è l'interframe space più breve, dando così priorità al completamento dello scambio di frame in corso.

Le altre stazioni, che devono aspettare che il mezzo sia libero per un intervallo di tempo più lungo, sono impossibilitate ad accedere al mezzo. Il suo valore di 28 µs è calcolato per consentire alla stazione trasmittente di effettuare la commutazione in modalità di ricezione.

Pifs (PCF Interframe Space) di valore maggiore del Sifs è, invece, il tempo di attesa usato solo dalle stazioni che operano in regime PCF (Point Coordination Function) per guadagnare l'accesso al mezzo prima di ogni altra stazione. Il suo

valore è dato da Sifs più uno slot temporale. Difs (DCF Interframe Space) costituisce il tempo minimo di attesa per una stazione che vuole iniziare una nuova trasmissione; il suo valore è pari alla somma di Pifs più uno slot temporale.

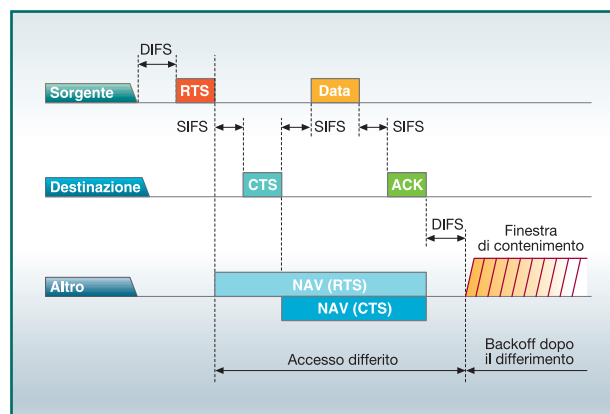
Eifs (Extended Interframe Space); è usato quando il PHY (PCI Express Physcal Layer) segnala al MAC di non essere riuscito a ricevere correttamente un intero frame. La durata di Eifs è tale da garantire che la stazione non collida con un futuro frame appartenente al dialogo corrente.



Procedura di back off

PREGI E DIFETTI DEL CARRIER SENSE VIRTUALE

Il carrier sense virtuale riduce la mole di segnali per la gestione delle collisioni nel mezzo. Se, infatti, due nodi tentano di trasmettere nello stesso slot della finestra di contesa in uno scenario normale, le stazioni perdono l'intero frame ma con il carrier sense virtuale i loro segnali RTS collidono non ricevendo alcun CTS e perdendo di conseguenza solo un RTS.



Il carrier sense virtuale

L'incremento della mole di segnali per la gestione delle collisioni, dovuto allo scambio dei pacchetti RTS/CTS, non è giustificato per pacchetti di dati piccoli o in condizioni di rete scarica. È in alcuni casi possibile predisporre l'impostazione di valori di soglia (RTS Threshold) con cui stabilire la dimensione minima del frame al di sotto della quale il meccanismo RTS/CTS non è utilizzato.

La procedura di back off

È il meccanismo usato per risolvere la contesa tra stazioni che vogliono accedere al mezzo che minimizza le collisioni durante la contesa tra più stazioni che hanno ritardato la trasmissione in corrispondenza dello stesso evento. Tale procedura è invocata quando la stazione rileva il canale come occupato prima della trasmissione del primo frame e dopo ogni trasmissione/ritrasmissione.

Tutti i pacchetti trasmessi in successione dalla stessa stazione sono sempre separati di almeno un tempo di back off. Tale procedura non è invece invocata quando una stazione ingaggia la trasmissione del primo frame e il mezzo è risultato libero per un intervallo di tempo pari a Difs.

Ciascuna stazione, come tempo di back off, sceglie un numero casuale di slot, per un tempo totale compreso nella finestra di contesa tra zero e CW (Contention Window).

Il CW è un valore compreso tra CW minimo e CW massimo e CW è riportato a CW minimo in caso di trasmissione avvenuta con successo. CW è raddoppiato a ogni trasmissione avvenuta senza successo (back off esponenziale) per adattare il back off alle condizioni di carico della rete. In ciascuno slot temporale del tempo di back off, la stazione controlla lo stato del canale facendo uso del meccanismo di carrier sense fisico. In tal caso, se il mezzo è rilevato in stato occupato, la procedura di back off è sospesa e il mezzo deve essere successivamente rilevato libero per un tempo pari a Difs prima di poter riavviare la procedura. Nel caso, invece, che sulla rete non sia stata rilevata alcuna attività nel mezzo per l'intera durata del tempo di back off, potrà avvenire la trasmissione del frame.

La stazione con il tempo di contesa più breve vince e trasmette il proprio frame e gli altri nodi aspettano la successiva contesa.

Il meccanismo di carrier sense

Lo stato del mezzo è determinato usando una funzione fisica e una virtuale.

Il mezzo è di tipo occupato quando una delle due funzioni di carrier sense rileva la presenza di altri segnali.

Il servizio di carrier sense fisico deve essere fornito dallo strato fisico e per questo ogni casa costruttrice implementa la sua tecnica specifica.

Tale analisi della portante risente di alcuni limiti per cui il carrier sense virtuale è fornito dallo strato MAC mentre nel carrier sense fisico il trasmettitore tenta di stimare lo stato del canale utilizzando solo l'informazione locale.

Il carrier sense virtuale si basa sulla distribuzione a tutte le stazioni dell'informazione di mezzo occupato per cui prima di inviare un frame dati, la stazione trasmittente manda un frame RTS (Request To Send) e aspetta un CTS (Clear To Send) dalla stazione ricevente. La ricezione da parte del trasmettitore di CTS indica che il ricevitore è in grado di ricevere RTS e quindi anche un frame dati.

Le stazioni nel raggio di copertura del trasmettitore ascoltano il segnale di richiesta comprendendo la trasmissione in corso. Le stazioni nel raggio di copertura del ricevitore (ma non in quello del trasmettitore), che potenzialmente potrebbero creare collisioni al ricevitore, invece, ascoltano il CTS percependo che c'è una trasmissione in corso.

Sia i pacchetti RTS che CTS contengono un campo di tipo durata che definisce il periodo di tempo in cui il mezzo è riservato per la trasmissione del frame dati e del relativo ACK. Ciascuna stazione che abbia ricevuto un segnale RTS/CTS usa il NAV (Network Allocation Vector) come indicatore del carrier sense virtuale che tiene traccia del traffico futuro nel mezzo sulla base dell'informazione di durata fornita dal frame.

Csma/BA

Un'ulteriore svolta generata sulla base del Csma è costituita dal modello BA (Bitwise Arbitration). Chiamato anche Csma/CR (Collision Resolution), il protocollo determina l'assegnazione della priorità o di un identificativo ai nodi del bus. In caso di collisione, un nodo incaricato di inviare il segnale trasmissivo nel medesimo tempo di un altro, riceve la priorità in funzione del codice assegnatogli.

Attraverso tale protocollo una sola stazione, tra tutte quelle che trasmettono in modo contemporaneo, è in grado di predominare sulle altre continuando la trasmissione senza perdita di informazione. Le altre sospendono la trasmissione ritentando successivamente.

Tale caratteristica deve essere però supportata dal livello fisico e in occasione di collisione l'informazione codificata sul canale non deve essere distrutta. La connessione tipica al mezzo trasmissivo è di tipo 'wired-and' e l'arbitraggio e la risoluzione avvengono tipicamente a livello del bit.

I due stati logici della linea corrispondono a un'implementazione dominante e a una recessiva. Nel caso in cui due stazioni stiano cercando di trasmettere contemporaneamente, predomina quella che trasmette la codifica dominante.

Il meccanismo deve garantire che alla fine della fase di contesa una sola stazione sia rimasta attiva.

Per quanto concerne il campo di identificazione/priorità, l'arbitraggio è effettuato durante la trasmissione di questo campo in base al valore che esso assume. L'arbitraggio è generalmente un identificativo del tipo di messaggio attraverso il quale non si hanno indirizzi espliciti dei nodi mentre può essere usato come un campo per stabilire solamente la priorità del messaggio contenuto nei dati. Per ciò che riguarda, invece, il campo di controllo (Data Length Code), due bit sono riservati e fissati dominanti, quattro bit codificano il numero di byte che saranno presenti nel campo dati (DLC) considerando che sono ammessi fino a otto byte. Nel caso di RTR (Remote Transmit Request), il valore del DLC deve essere uguale a quello che avrà il corrispondente messaggio di risposta. ■