



Wireless Lan



Sommario

- ❑ Introduzione alle Wireless LAN
- ❑ Livello MAC
- ❑ Livello Fisico



Wireless LAN

- ❑ La principale caratteristica di una rete locale wireless, è che i dati sono trasmessi tramite onde radio o raggi infrarossi. Eliminando in tal modo qualsiasi tipo di connessione fisica tra i dispositivi della stessa rete.
- ❑ Le Wireless LAN offrono numerosi vantaggi rispetto alle reti cablate.



Vantaggi di Wireless LAN

- ❑ Mobilità:
 - Gli utenti possono accedere alle risorse di rete mentre sono in movimento.
- ❑ Facilità e semplicità di installazione:
 - Non è necessario cablare.
- ❑ Flessibilità:
 - Si può creare velocemente una piccola rete.
- ❑ Costo:
 - Nel tempo sono di gran lunga più economici.



Problemi di Wireless LAN

- ❑ Interferenze, riflessioni multiple.
- ❑ Velocità ridotte.
- ❑ Area di copertura in funzione alla potenza di trasmissione.
- ❑ Consumo batterie.
- ❑ Elettrosmog.
- ❑ Sicurezza.



Standard IEEE802.11

- ❑ La IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) ha prodotto una famiglia di standard di livello fisico e di livello data link, denominata IEEE802, ormai diventata un punto di riferimento globalmente accettato per le reti di computer.
- ❑ Nel 1997 nasceva il primo standard di riferimento, lo standard IEEE802.11, che dettava le specifiche di livello fisico e di livello data link, per l'implementazione di una rete LAN Wireless.



802.11b – WiFi (Wireless Fidelity)

- ❑ Compatibile con lo standard precedente (f di 2.4 GHz)
- ❑ Data-rate dai 5.5 ai 11 Mb/s
- ❑ Grande successo
- ❑ Riconosciuto ed adottato da tutte le aziende leader nel settore:
 - Nokia, 3Com, Apple, Cisco System, Intersil, Compaq, IBM, ed altre, hanno fondato nel 1999 il WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)



802.11a

- ❑ Successivo all'802.11b
- ❑ Molto più veloce (fino a 54Mb/s)
- ❑ Non ha avuto successo:
 - Ha perso la compatibilità con il precedente
 - Freq. dai 5 ai 40 GHz



802.11g

- ❑ Ultimo nato tra gli standard 802.11
- ❑ Noto come i-wifi
- ❑ Compatibile con i precedenti
 - Banda di lavoro invariata (2.4 GHz)
- ❑ Aumentato il Data-Rate
 - fino a 54 Mb/s
 - tecnica di modulazione OFDM
(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

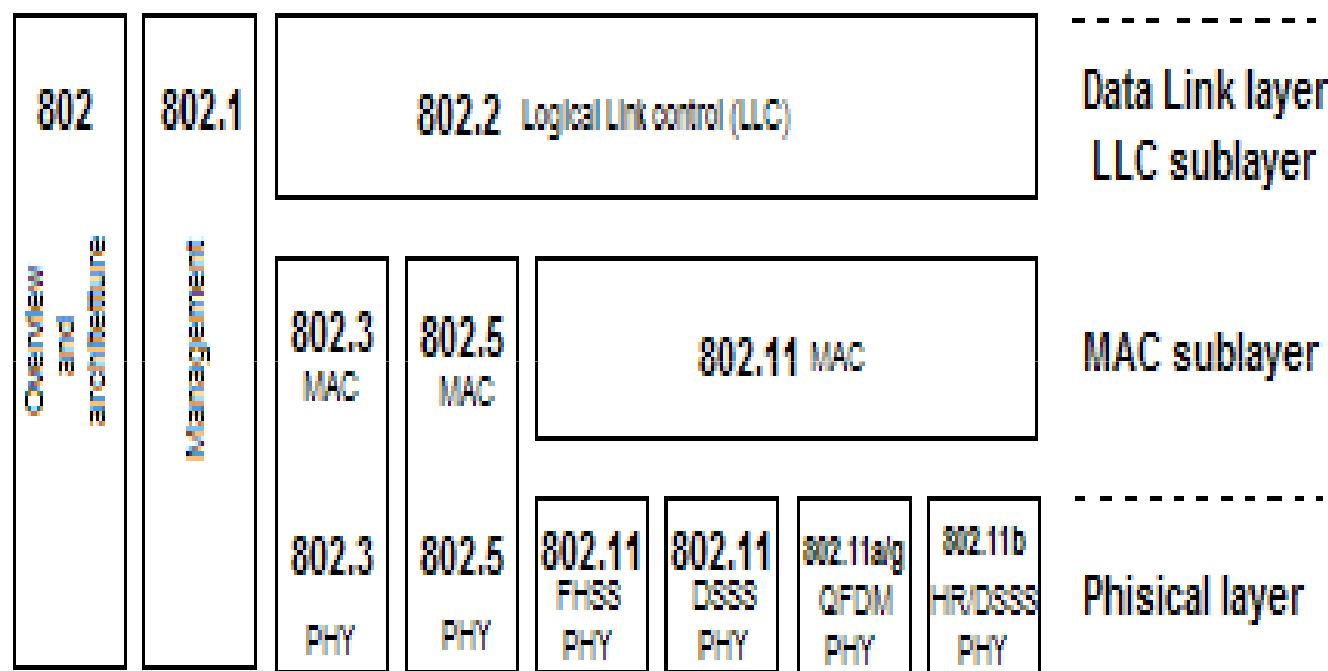


Altri standard 802.11

- ❑ IEEE ha avviato altri gruppi di lavoro 802.11 (c, d, e, f, h,i e j) :
 - c,d – standard per il livello fisico
 - e – integrazione del QoS nel MAC
 - f – roaming e sistemi distribuiti
 - h – standard per il livello PHY sui 5 GHz
 - i – sicurezza
 - j – standard per il wireless sui 5 GHz (sciolto)

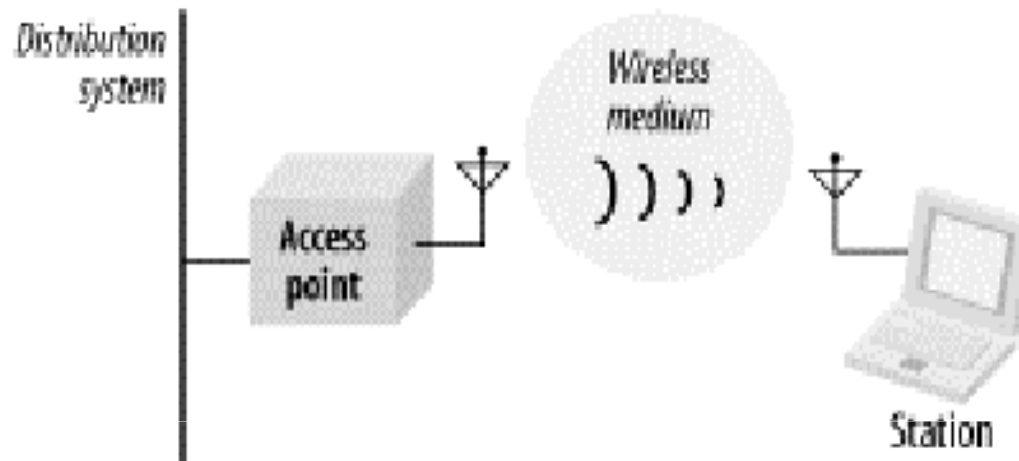


Relazione tra protocolli IEEE802





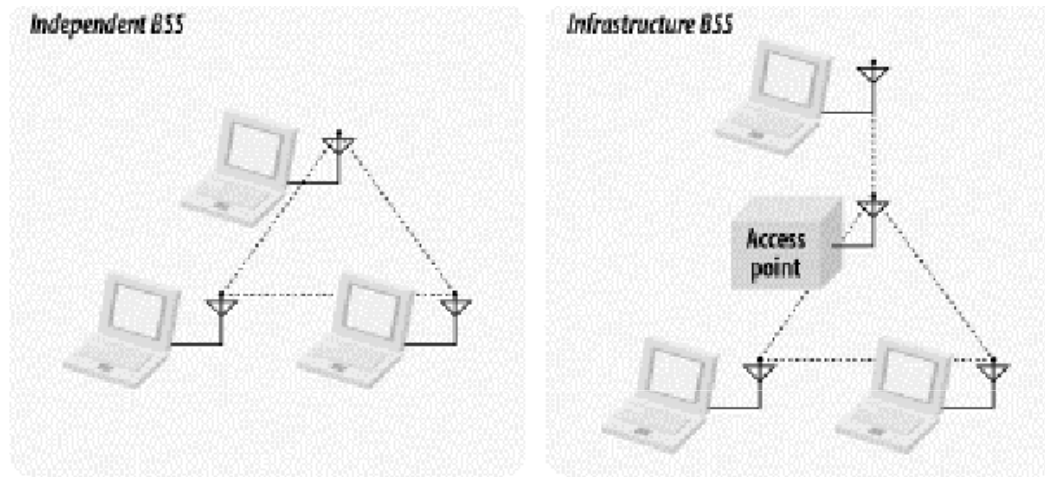
Componenti di IEEE802.11 LAN



- ❑ Le reti 802.11 sono formate da 4 componenti fisici principali:
 - Sistema di distribuzione.
 - Punto di accesso.
 - Mezzo wireless.
 - Station.

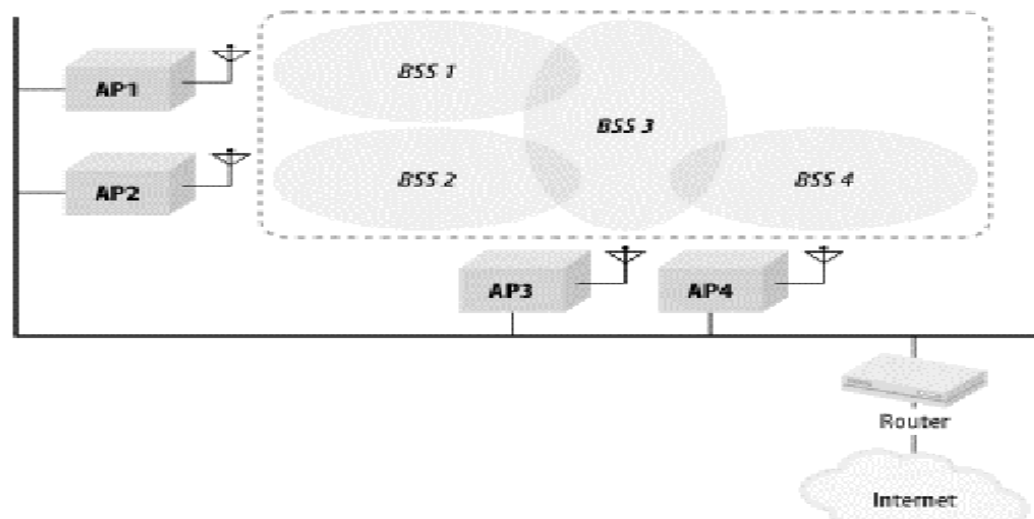


Architetture di rete



- ❑ Le architetture di rete sono:
 - Independent Basic Service Set (IBSS) o anche Ad Hoc Network
 - Infrastructure Basic Service Set o anche infrastructure Mode

Extended Service Set (ESS)



- Una BSS è limitata per piccoli ambienti, 802.11 permette di creare una ESS collegando più infrastrutture BSS al Sistema di Distribuzione (Dorsale).



Servizi

- ❑ IEEE802.11 fornisce nove servizi:
 - Tre per la consegna dei dati fra stazioni (servizi delle stazioni).
 - Sei sono riservati per operazioni di controllo accesso alla rete e di sicurezza (servizi distribuzione).



Servizio di Distribuzione

- ❑ Consegna gli MSDU all'interno di un DS.
- ❑ Questo servizio si riferisce ad una rete IEEE 802.11 infrastrutturata.
- ❑ Come è distribuito il messaggio all'interno del DS non è specificato nello standard.
- ❑ Quello che è richiesto sono solo informazioni sufficienti affinché il DS sia in grado di determinare il percorso di instradamento.
- ❑ Le informazioni sono fornite al DS tramite i servizi di associazione, riassociazione e dissociazione.



Servizio di Integrazione

- ❑ Permette il trasporto degli MSDU fra il DS ed una rete non IEEE802.11.
- ❑ Effettua tutte le conversioni necessarie per garantire la compatibilità.
- ❑ Un messaggio proveniente da una LAN integrata deve invocare questo servizio prima di entrare nel DS.



Servizio di Associazione

- ❑ È il servizio che stabilisce un' associazione iniziale fra una stazione e un punto di accesso.
- ❑ Per consegnare un messaggio all'interno di un DS, il servizio di distribuzione ha bisogno di sapere a quale AP deve accedere. Queste informazioni vengono fornite al DS tramite il servizio di associazione.



Servizio di Riassociazione

- ❑ Questo servizio “sposta” un’ associazione corrente da un punto di accesso all’ altro all’interno del medesimo ESS.
- ❑ Il servizio parte dalle stazioni mobili quando il livello di segnale indica che un’associazione diversa sarebbe più vantaggiosa.
- ❑ Dopo che la riassociazione è conclusa il sistema di distribuzione aggiorna le registrazioni di posizione delle stazioni mobili.



Servizio di Dissociazione

- ❑ Questo servizio è chiamato ogni volta che un'associazione corrente deve essere terminata.
- ❑ La Disassociazione è una notifica (non una richiesta) e può essere richiamata sia dal punto di accesso che dalla stazione mobile.
- ❑ Non può essere rifiutata.



Servizio di Autenticazione

- ❑ Questo servizio è usato per far conoscere la identità di una stazione alle altre.
- ❑ A differenza delle LAN cablate il mezzo è aperto a chiunque quindi è necessario che una stazione dimostri di possedere il diritto a comunicare con le altre stazioni (per esempio con la conoscenza di una chiave segreta).
- ❑ L'autenticazione è condizione necessaria e sufficiente affinché una stazione possa trasmettere all'interno di una BSS.
- ❑ È condizione necessaria, a cui deve seguire l'associazione, per trasmettere all'interno di una ESS.



Servizio di Deautenticazione

- ❑ Annulla un'autenticazione esistente.



Servizio di Privacy

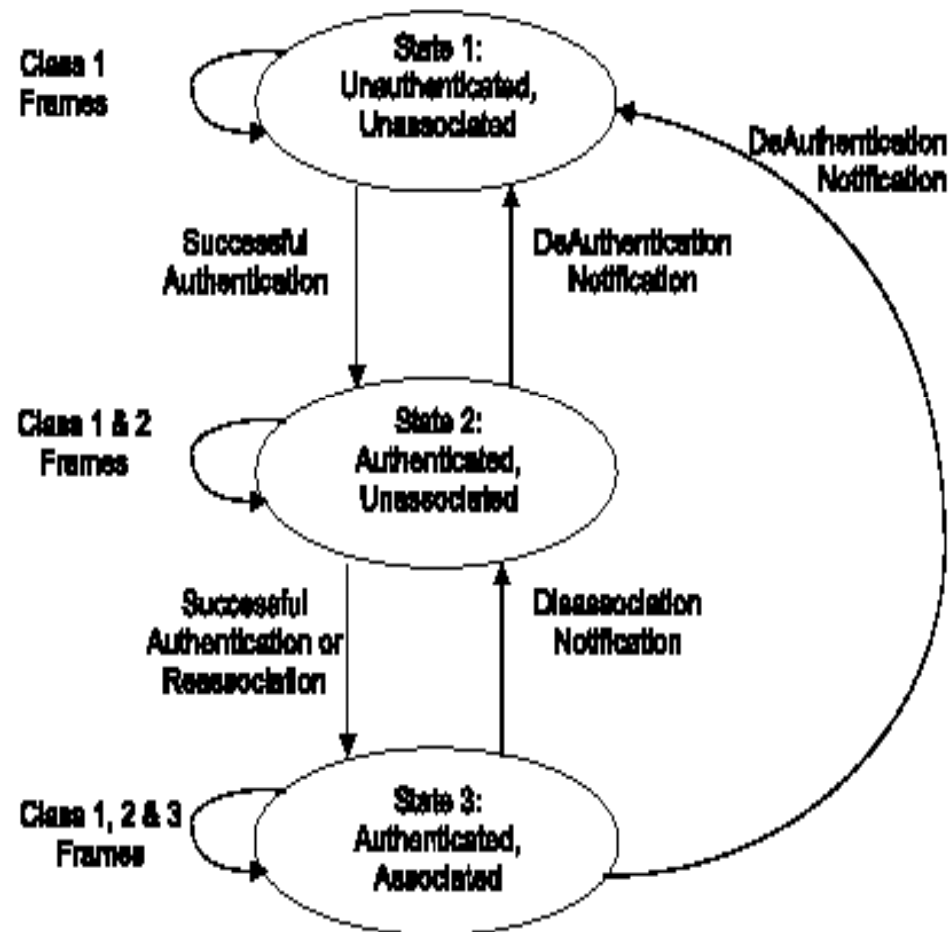
- ❑ A differenza di una LAN cablata in una rete Wireless una qualsiasi stazione può sentire il traffico all'interno di un intervallo. Per assicurare il livello di sicurezza al pari di una LAN cablata lo standard permette la crittografia.
- ❑ IEEE802.11 definisce un algoritmo chiamato WEP (wired equivalent privacy).



Servizio di consegna MSDU

- ❑ Le stazioni forniscono il servizio di consegna MSDU (MAC service data unit), che è responsabile di portare i dati a destinazione.

Relazione tra servizi





Livello MAC



Livello MAC (medium access control)

- ❑ Il livello MAC è incaricato di fornire il trasferimento diretto degli MSDU sia in una BSS che in ESS.
- ❑ Come Ethernet utilizza lo schema di accesso CSMA ma a differenza di esso non utilizza il rilevamento di collisione (CD collision detect) ma preferisce evitarla (CA collision avoidance).



Le sfide del livello MAC

- ❑ Le differenze fra la rete cablata e wireless creano delle sfide per i progettisti dei protocolli di livello datalink. Gli ostacoli principali sono:
 - Qualità del collegamento RF.
 - Problema della stazione nascosta.

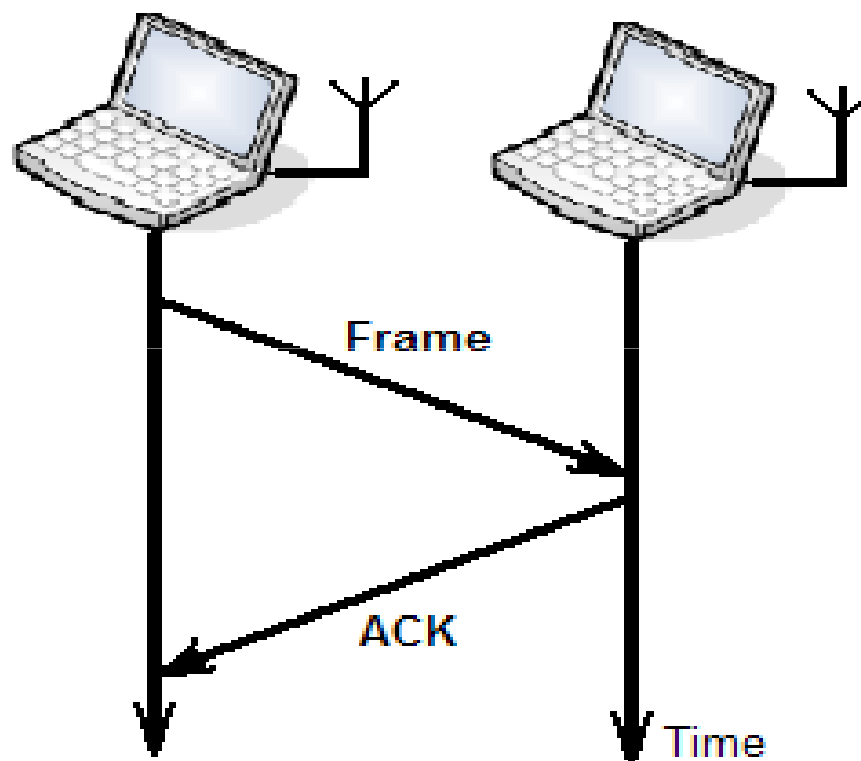


Qualità del collegamento RF

- ❑ Su Ethernet cablato, è ragionevole pensare di trasmettere un frame e assumere che la destinazione lo ricevi correttamente. Lo stesso non è vero quando le frequenze utilizzate sono nelle bande non autorizzate ISM.
- ❑ Oltre al rumore e al multipath, può accadere che una stazione si sposti in un punto non coperto da segnale.
- ❑ A differenza di altri protocolli, 802.11 utilizza acknowledgment positivi.

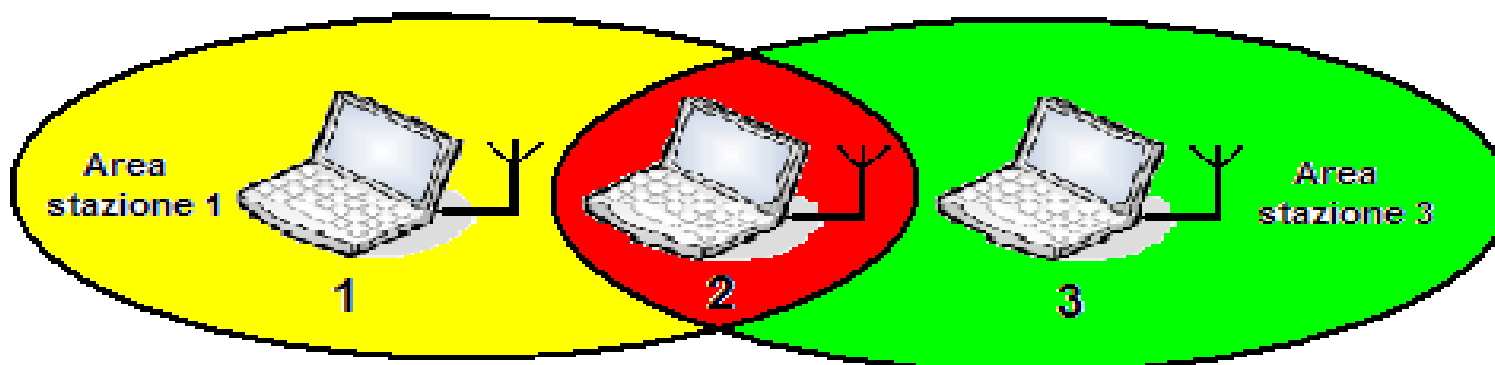


Acknowledgment positivo





Stazione nascosta



- ❑ Nella figura la stazione 2 può comunicare con entrambi i nodi 1 e 3
- ❑ Ma qualcosa impedisce alle stazioni 1 e 3 di comunicare direttamente.
- ❑ Può essere difficile rilevare collisioni che derivano da stazioni nascoste.

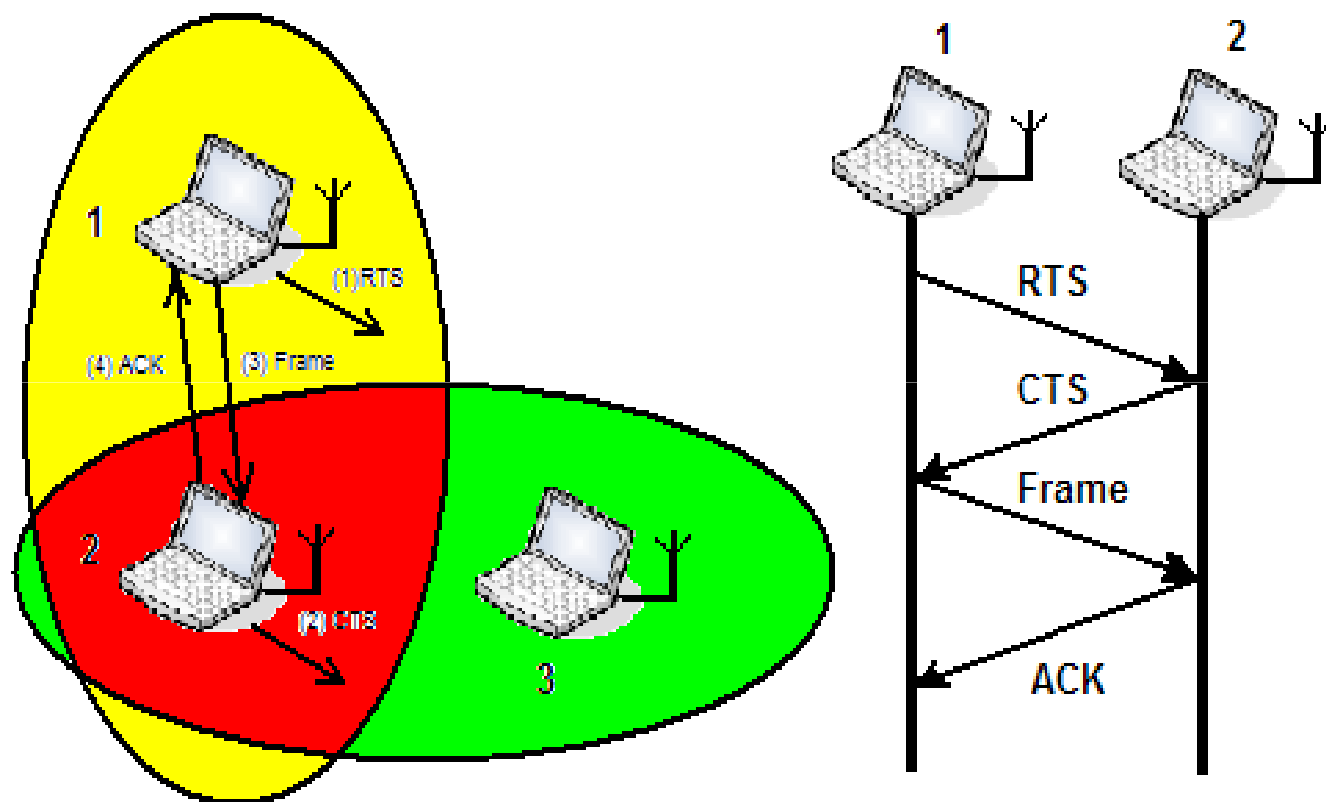


Soluzione stazione nascosta

- ❑ Per evitare collisioni lo standard 802.11 permette di usare un meccanismo con il quale la stazione prima di inviare un frame richiede la trasmissione di speciali piccoli pacchetti:
 - RTS (Request to send): Oltre a riservarsi il mezzo, farà tacere qualsiasi stazione che lo sente.
 - CTS (Clear to Send): Viene inviato in risposta all'RTS, ed ha il compito di far tacere le stazioni nell'immediata vicinanza.



Meccanismo RTS/CTS





Modi di accesso e sincronizzazione MAC

- ❑ L'accesso al mezzo senza fili è controllato da funzioni di coordinazione.
- ❑ Due sono le modalità di accesso multiplo:
 - DCF (Distributed Coordination Function): per i servizi normali.
 - PCF (Point Coordination Function): se si vogliono servizi privi di contesa.



DCF (Distributed Coordination Function)

- ❑ Il DCF è la base del meccanismo di accesso CSMA/CA.
- ❑ Come Ethernet, prima di trasmettere controlla se il mezzo è libero.
- ❑ Per evitare collisioni, le stazioni utilizzano un backoff casuale dopo ogni frame.
- ❑ In alcune circostanze il DCF può utilizzare il meccanismo RTS/CTS per ridurre la possibilità di collisione dovuta a stazioni nascoste.



PCF (Point Coordination Function)

- ❑ Stazioni speciali chiamate coordinatori sono utilizzate per fornire un servizio senza contesa. I punti coordinatori risiedono nei punti di accesso, cosicché il PCF è limitato a reti infrastrutturate. Il PCF permette alle stazioni di trasmettere i frame dopo un intervallo più breve.



Carrier sensing e Network Allocation Vector

- ❑ Il carrier sensing è utilizzato per determinare se il mezzo è disponibile. Due sono le funzioni in IEEE802.11:
 - Carrier sensing fisico
 - Carrier sensing virtuale
- ❑ Se ambedue le funzioni di carrier sensing indicano che il mezzo è occupato, il sottostato MAC riferisce questo agli strati alti.



Carrier sensing fisico

- ❑ Le funzioni di rilevamento fisico della portante sono riferite allo strato fisico e dipendono dal supporto e dalla modulazione utilizzata.
- ❑ Il carrier sensing fisico non può fornire tutte le informazioni necessarie quando si è in presenza di stazioni nascoste.

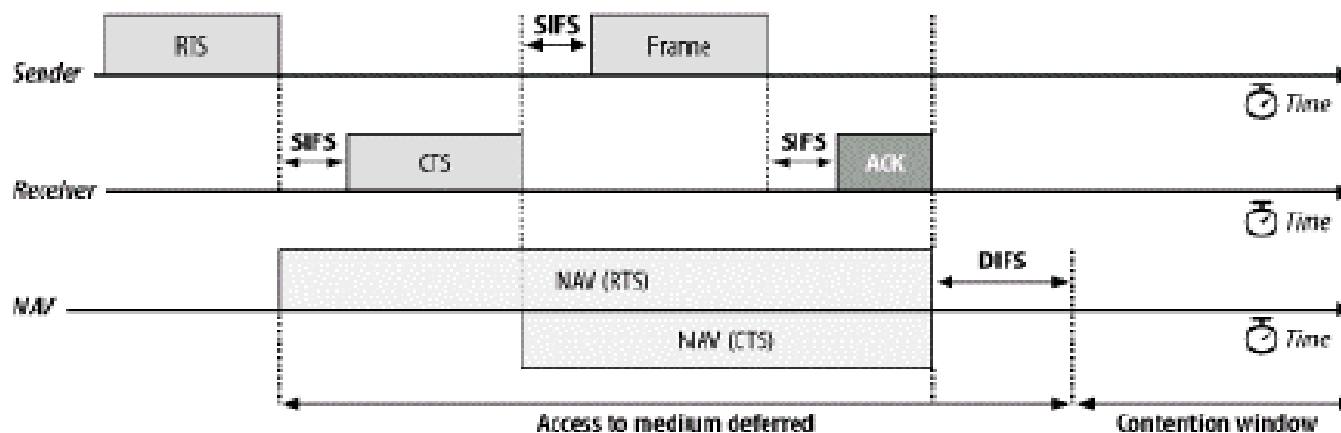


Carrier sensing virtuale

- ❑ Il carrier sensing virtuale è dato dal NAV (Network Allocation Vector). I frame 802.11 portano un campo di durata che è utilizzato per riservare il supporto per un periodo di tempo fisso.
- ❑ Le stazioni impostano il NAV al tempo per il quale pensano di utilizzare il canale. Le altre stazioni contano dal NAV a zero.
- ❑ Se:
 - $\text{NAV} \neq 0 \rightarrow$ Mezzo occupato
 - $\text{NAV} = 0 \rightarrow$ Mezzo libero
- ❑ L'utilizzo del NAV assicura che non si interrompano le operazioni atomiche.

Utilizzo del NAV nello scambio RTS/CTS

- ❑ Nella figura la sequenza RTS/CTS è atomica.
- ❑ Il NAV è riportato nelle testate dei frame RTS e CTS.
- ❑ I frame RTS non sono sentiti necessariamente da ogni stazione della rete.
- ❑ Quindi il destinatario della trasmissione risponde con un CTS che include un NAV più breve.





Spaziatura Interframe

- ❑ Come in Ethernet tradizionale, la spaziatura interframe ha un grande ruolo nel coordinare l'accesso al mezzo. Tre tipi di spaziatura sono utilizzati:
 - SIFS (Short Interframe Space).
 - PIFS (PCF Interframe Space).
 - DIFS (DCF Interframe Space).
 - EIFS (Extended Interframe Space).
- ❑ Questi livelli di spaziatura creano vari livelli di priorità per vari tipi di traffico.



SIFS (Short Interframe Space)

- ❑ Il SIFS è usato per trasmissioni ad alta priorità come frame ACK, RTS/CTS.
- ❑ Queste trasmissioni cominciano dopo che il SIFS è trascorso, una volta iniziate il mezzo diventa occupato, cosicché le strutture trasmesse dopo che SIFS è trascorso hanno priorità su frame che possono essere trasmesse solo dopo intervalli più lunghi.



PIFS (PCF Interframe Space)

- ❑ È utilizzato dal PCF durante l'operazione di contention-free. Le stazioni con dati da trasmettere nel periodo di contesa libero, lo possono fare dopo che il PIFS è trascorso avendo prelazione sul traffico a base di contesa.



DIFS (DCF Interframe Space)

- ❑ Il DIFS è il tempo di inattività medio minimo per servizi contention-based. Le stazioni possono accedere al mezzo se è trascorso un periodo superiore al DIFS.



EIFS (Extended Interframe Space)

- ❑ Non è un intervallo fisso, è utilizzato solo quando c'è un errore in trasmissione di un frame.



Accesso a base di contesa utilizzando il DCF

- Il DCF permette a più stazioni di interagire senza controllo centrale e può essere usato sia in una IBSS che in una rete infrastrutturata. Prima di tentare di trasmettere, ogni stazione controlla se il supporto è inattivo. Se il supporto non è inattivo le stazioni rimandano la trasmissione, impiegando un algoritmo esponenziale di backoff per evitare le collisioni. Lo strato MAC governa un'insieme di regole che si dividono in :
 - Regole di base
 - Regole aggiuntive



Regole di base del DCF

1. Se il supporto è inattivo per un periodo maggiore di DIFS, la trasmissione può iniziare immediatamente. La percezione della portante può essere sia fisica che virtuale. Se il frame precedente è stato ricevuto senza errori il supporto deve essere libero per almeno un DIFS altrimenti per un EIFS.
2. Se il supporto è occupato, la stazione deve attendere che il canale diventi inattivo (differimento dell'accesso). Se l'accesso è differito allora la stazione attende che il supporto diventi inattivo per un DIFS e avvia la procedura esponenziale di backoff.



Regole aggiuntive del DCF

- ❑ Molte di queste regole dipendono dalle trasmissioni precedenti.
- 1. Il recupero degli errori è responsabilità della stazione che invia il frame. I mittenti attendono l'ACK per ogni frame trasmesso, se l'ACK non arriva devono ritentare la trasmissione fino a quando non ha successo.
 - Gli ACK positivi sono l'unica indicazione di successo. Se un ACK è atteso e non arriva, bisogna ritentare la trasmissione.
 - Tutti i dati unicast devono avere un ACK.
 - Qualsiasi malfunzionamento incrementa un contatore, tuttavia c'è una finestra di congestione più lunga quando vengono ritentate le trasmissioni.
- 2. Sequenze multiframe possono aggiornare il NAV.



Regole aggiuntive del DCF

3. ACK, CTS in uno scambio CTS/RTS, e i frammenti di una trasmissione frammentata possono essere trasmessi dopo il SIFS e ricevere quindi la priorità massima.
 - Una volta che una stazione ha trasmesso il primo frame, ha conseguito il controllo del canale. Qualsiasi frame aggiuntivo e i loro ACK possono essere trasmessi utilizzando il SIFS che chiude fuori qualsiasi altra stazione.
 - Frame aggiuntivi nella sequenza aggiornano il NAV per il tempo previsto di utilizzazione del mezzo.
4. Sequenze di frame estese sono richieste per pacchetti che sono più grandi delle soglie configurate.
 - I pacchetti più grandi della soglia RTS devono avere il cambio RTS/CTS.
 - I pacchetti più grandi della soglia di frammentazione devono essere frammentati.



Recupero errori con il DCF

- ❑ La scoperta di un errore dipende dalla stazione che inizia lo scambio atomico di frame. Quando è rilevato un errore, la stazione con dati deve rinviare il frame. Gli errori devono essere rilevati dalla stazione inviante. In alcuni casi, il mittente può dedurre la perdita di un frame, per la mancanza di un ACK positivo del destinatario. Quando vengono ritrasmessi i frame, si incrementa il contatore di tentativo. Le stazioni hanno 2 contatori di tentativo a seconda della dimensione del frame:
 - Contatore di tentativo Breve
 - Contatore di tentativo Lungo
- ❑ I contatori di tentativo iniziano da 0 e sono incrementati quando una trasmissione fallisce.



Contatore di tentativo Breve

- ❑ Viene usato per frame più piccoli della soglia RTS. Il conteggio di tentativo breve è reimpostato a zero quando:
 - Un frame CTS è ricevuto in risposta a un RTS trasmesso.
 - Un ACK di strato MAC è ricevuto dopo una trasmissione non frammentata.
 - Ha ricevuto una frame broadcast o multicast.



Contatore di tentativo lungo

- ❑ Viene usato per frame più grandi della soglia RTS. Il conteggio di tentativo lungo è reimpostato a zero quando:
 - Un ACK di strato MAC è ricevuto per un frame più lungo della soglia RTS.
 - Ha ricevuto una frame broadcast o multicast.

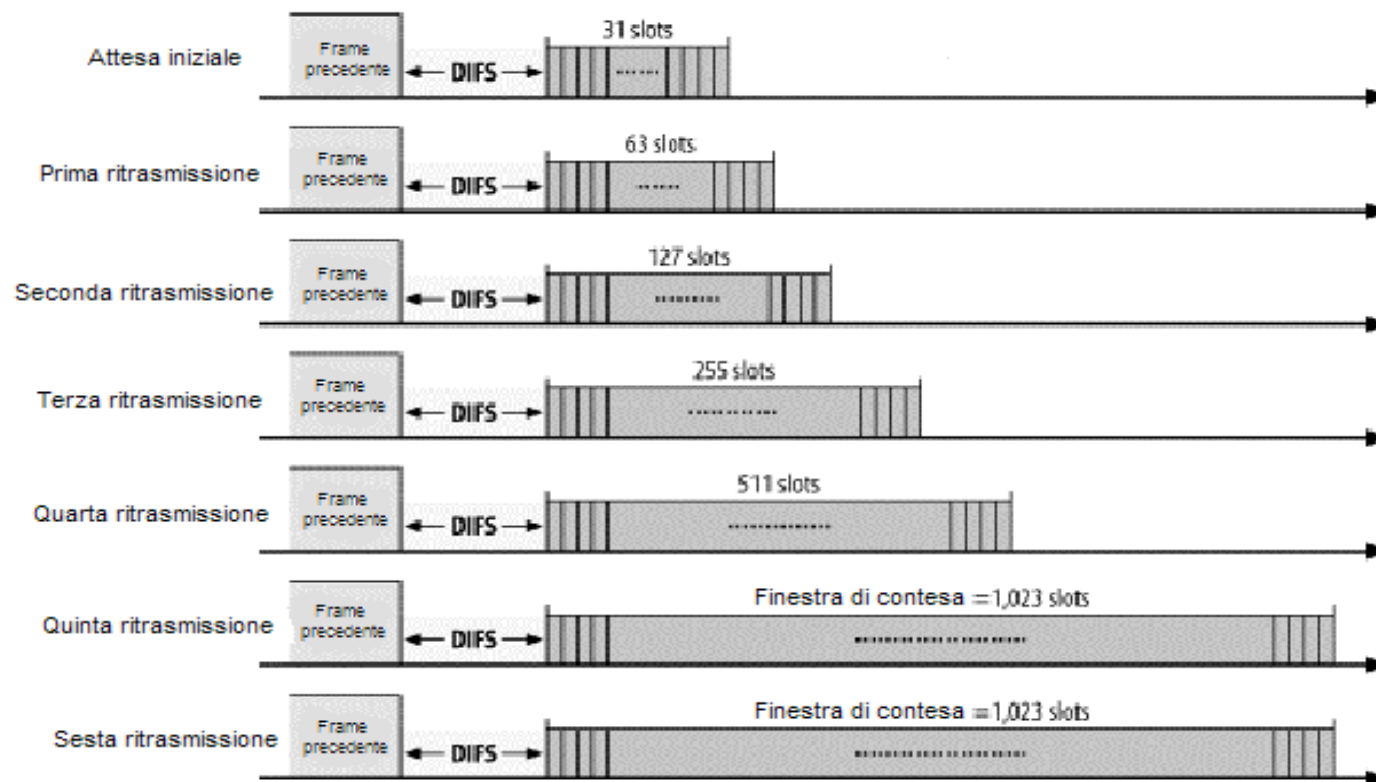


Backoff con il DCF

- ❑ Dopo che la trasmissione del frame è stata completata ed il DIFS è trascorso, le stazioni possono tentare di trasmettere i dati congestion-based.
- ❑ Un periodo di tempo chiamato finestra di contesa (o finestra di Backoff) segue il DIFS.
- ❑ Questa finestra è divisa in slot. La lunghezza di ogni slot dipende dal mezzo (strati fisici ad alta velocità hanno lunghezza più piccola dello slot).
- ❑ Le stazioni scelgono uno slot casuale ed attendono questo per accedere al supporto.
- ❑ Tutte gli slot sono ugualmente probabili, quando numerose stazioni stanno tentando di trasmettere, la stazione che sceglie il primo slot vince la contesa.
- ❑ Il tempo di Backoff è scelto in un intervallo più grande ogni volta che una trasmissione non riesce.

Finestra di contesa del DSSS

- I vari tipi di strati fisici utilizzano dimensioni diverse per la finestra di contesa. Qui è riportata quella del DSSS.





Backoff con DCF

- ❑ Le dimensioni della finestra di contesa sono sempre 1 meno la potenza del 2 (es. 31,63..).
- ❑ Ogni volta che il tentativo aumenta, la finestra passa alla potenza successiva di due.
- ❑ Quando la finestra di contesa raggiunge la sua dimensione massima (es. nel DS è 1023) vi rimane fino a quando non verrà reimpostato.
- ❑ La finestra di contesa è reimpostata alla dimensione minima quando i frame sono stati trasmessi con successo o contrariamente si è raggiunto il limite massimo di tentativo con il conseguente scarto del frame.



Backoff Time

$$BackoffTime = Random() \times SlotTime$$

$$Random() = [0, CW]$$

$$CW_{min} \leq CW \leq CW_{MAX}$$

$$CW_{nuovo} = (CW_{vecchio} + 1) \times PF - 1$$

PF=Fattore di persistenza=2

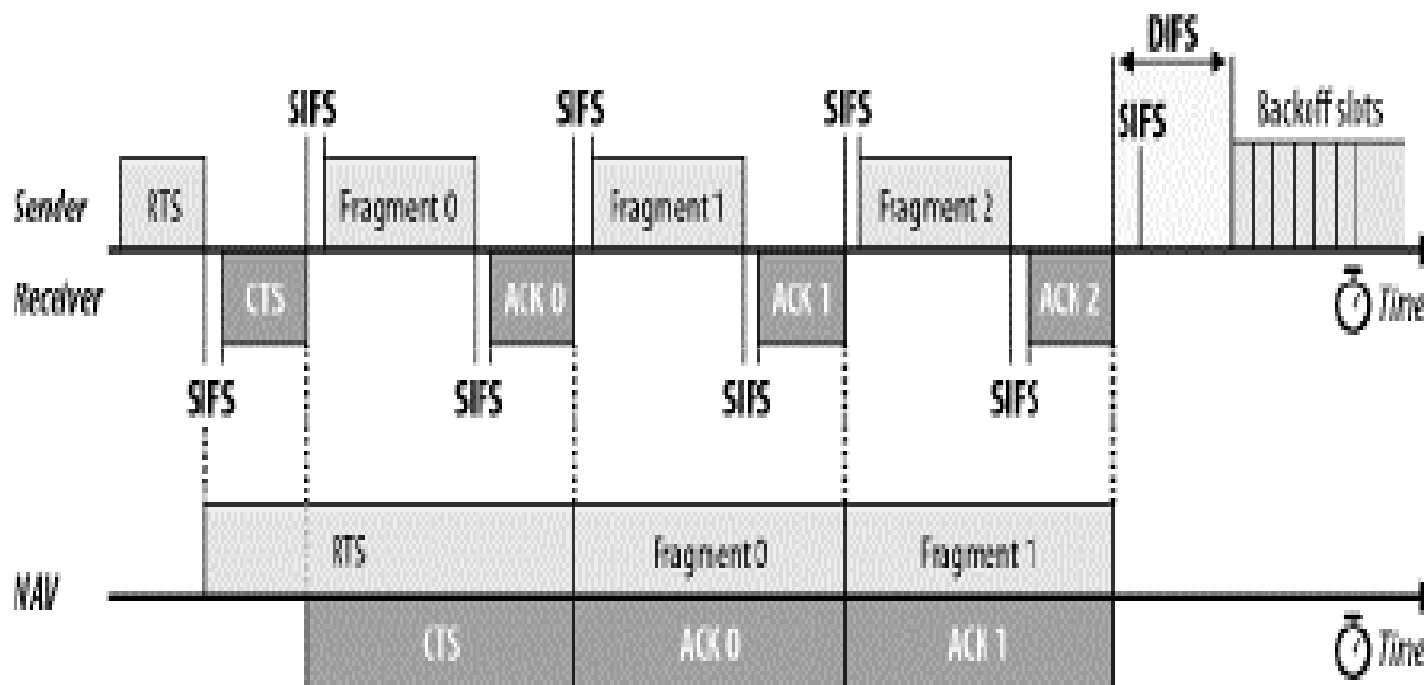


Frammentazione e Riassemblamento.

- ❑ Quando la dimensione di un pacchetto supera un certo limite imposto allora deve essere frammentato.
- ❑ La frammentazione può aiutare a migliorare l'affidabilità in presenza di interferenza.
- ❑ I frammenti hanno un numero ascendente per facilitare il riassemblamento. Informazioni di controllo del frame indicano se ci sono più pacchetti. I frammenti e il loro ACK sono separati dal SIFS, in modo che la stazione mantiene il controllo del canale durante il burst di frammentazione.
- ❑ Il NAV è anche utilizzato per assicurare che altre trasmissioni non utilizzano il canale durante il burst di frammentazione.



Burst di frammentazione



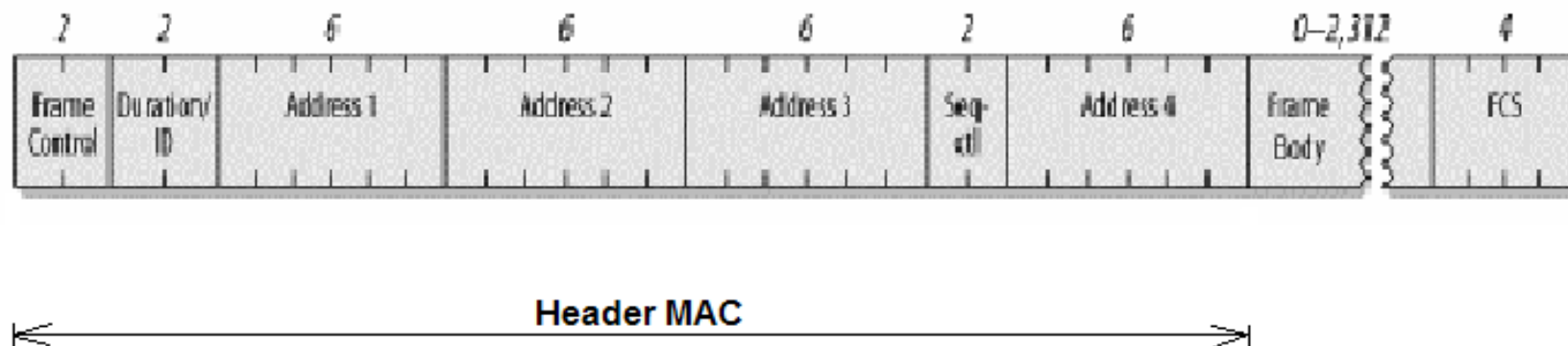


Formato del Frame

- ❑ I frame MAC IEEE802.11 adottano delle caratteristiche univoche come l'uso di 4 campi indirizzo. Non tutti i tipi frame utilizzano questi campi. Da notare come caratteristiche tipiche di Ethernet, come il preambolo e lunghezza/tipo mancano perché qui fanno parte dello strato fisico. I campi di un generico frame MAC IEEE 802.11 sono:
 - Frame control.
 - Duration/ID.
 - Address1,Address2,Address3,Address4.
 - Sequence control field.
 - Frame Body.
 - Frame check sequence.



Frame IEEE 802.11 MAC

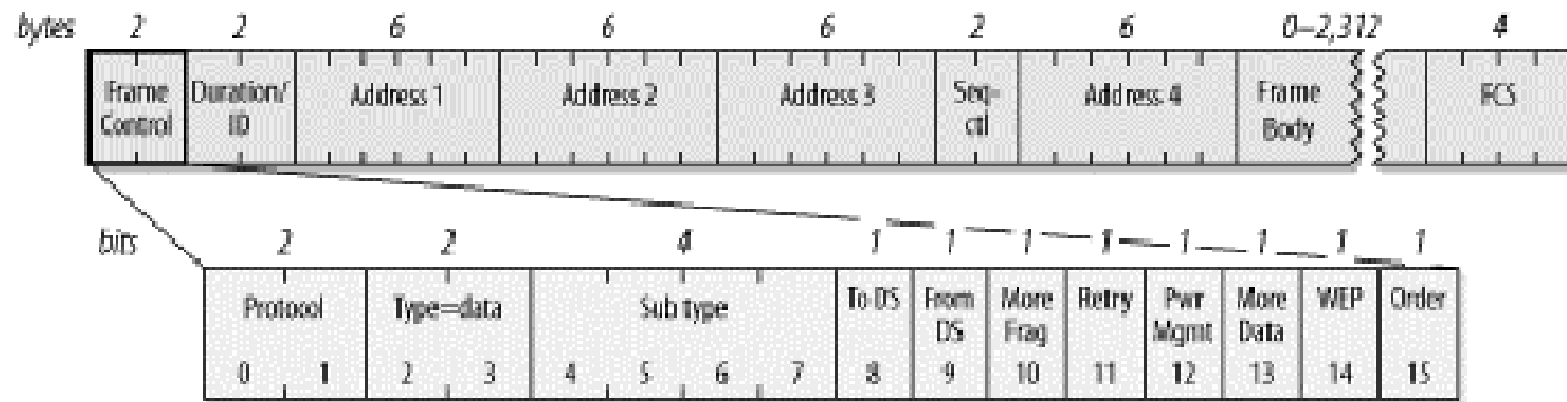


I campi sono trasmessi da sinistra a destra.

Frame control

□ I componenti del campo frame control sono:

- *Protocol version.*
- *Type and subtype fields.*
- *To DS and from DS bits.*
- *More fragments bits.*
- *Retry bit.*
- *Power Management bit.*
- *More data bit.*
- *WEP bit.*
- *Order bit.*





Protocol Version

- ❑ Questi 2 bit indicano quale versione di IEEE 802.11 MAC è contenuta nel frame. Attualmente è la versione numero 0. Le altre versioni usciranno quando IEEE standardizza nuovi cambiamenti al MAC che lo rendano incompatibile con la precedente versione.



Type and subtype field

- ❑ I campi di tipo e sottotipo identificano il tipo di frame utilizzato. Per far fronte a rumore e inaffidabilità sono state introdotte numerose funzioni di gestione. La seguente tabella riporta le varie classi di frame. I bit sul frame sono riportati al contrario.

Subtype value	Subtype name
Control frames (type=01)^[b]	
1010	Power Save (PS)-Poll
1011	RTS
1100	CTS
1101	Acknowledgment (ACK)
1110	Contention-Free (CF)-End
1111	CF-End+CF-Ack
Data frames (type=10)^[c]	
0000	Data
0001	Data+CF-Ack
0010	Data+CF-Poll
0011	Data+CF-Ack+CF-Poll
0100	Null data (no data transmitted)
0101	CF-Ack (no data transmitted)
0110	CF-Poll (no data transmitted)
0111	Data+CF-Ack+CF-Poll
(Frame type 11 is reserved)	

Subtype value	Subtype name
Control frames (type=01)^[b]	
1010	Power Save (PS)-Poll
1011	RTS
1100	CTS
1101	Acknowledgment (ACK)
1110	Contention-Free (CF)-End
1111	CF-End+CF-Ack
Data frames (type=10)^[c]	
0000	Data
0001	Data+CF-Ack
0010	Data+CF-Poll
0011	Data+CF-Ack+CF-Poll
0100	Null data (no data transmitted)
0101	CF-Ack (no data transmitted)
0110	CF-Poll (no data transmitted)
0111	Data+CF-Ack+CF-Poll
(Frame type 11 is reserved)	



To DS and FromDS bits

- Questi bit indicano se il frame è destinato al sistema di distribuzione. Il significato è espresso nella seguente tabella.

	TO DS=0	TO DS=1
FromDS=0	Tutti i frame di gestione e controllo. Frame all'interno di un IBSS (no infrastructure network).	Data frame trasmessi da una stazione wireless verso una infrastructure network.
FromDS=1	Data frame ricevuto per una stazione wireless verso una infrastructure network.	Data frame in un "wireless bridge".



More fragments bits

- ❑ Quando un pacchetto higher-level è stato frammentato dal MAC, dal frammento iniziale e da qualsiasi seguente questo bit è settato ad 1.
- ❑ Tutti gli altri frame impostano questo bit a zero.



Retry bit

- ❑ I frame possono essere ritrasmessi per qualsiasi motivo. I frame ritrasmessi settano questo bit a 1 per aiutare la stazione ricevente ad eliminare i duplicati.



Power management bit

- ❑ Gli adattatori di rete basati su 802.11 sono spesso montati in computer portatili. Per avere più autonomia i dispositivi hanno la capacità di spegnere una parte dell'interfaccia di rete.
- ❑ Questo bit indica se la stazione sarà in modalità power-saving dopo il completamento di un cambio di struttura atomico. I punti di accesso hanno questo bit settato sempre ad 1.



More data bit

- ❑ Per soddisfare la modalità power save delle stazioni, i punti di accesso possono memorizzare i frame ricevuti dal sistema di distribuzione. Un punto di accesso setta questo bit ad 1 per indicare che almeno un frame è disponibile ed è indirizzato ad una stazione che “dorme”.



WEP bit

- ❑ IEEE 802.11 definisce un insieme di routine di crittografia chiamate Wired Equivalent Privacy (WEP).
- ❑ Quando un frame è stato trattato dal WEP, questo bit è settato ad uno.

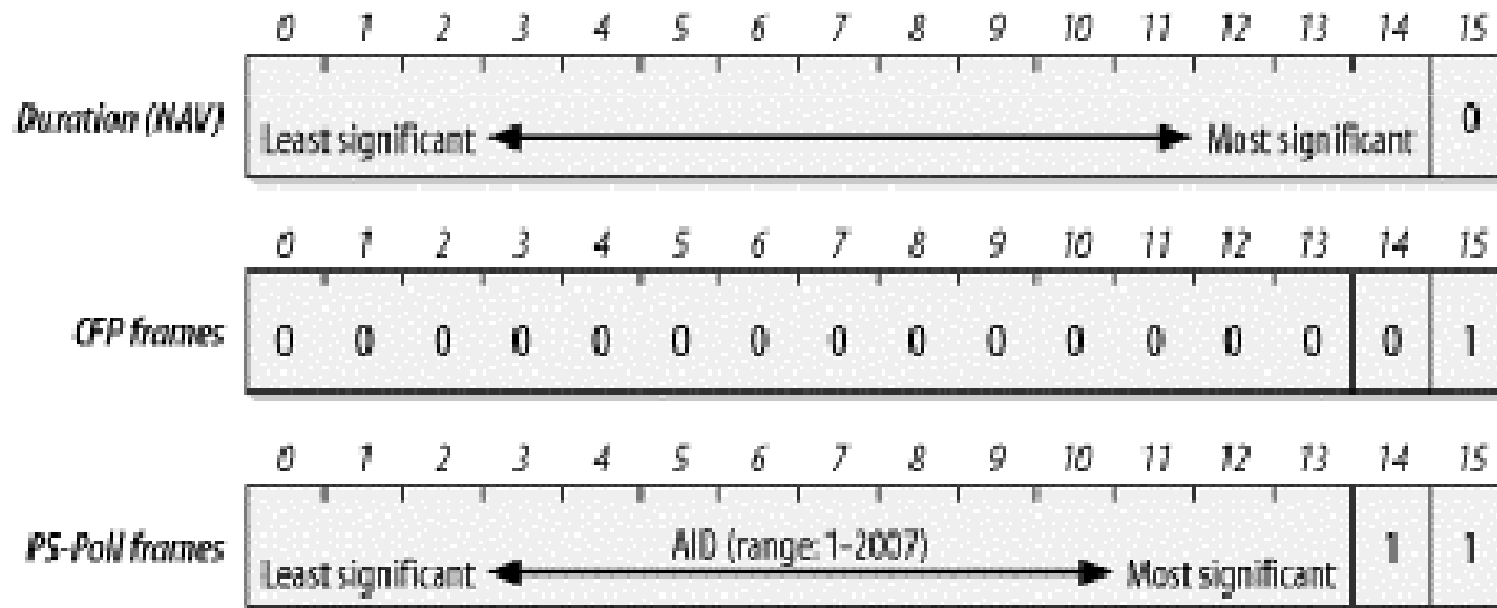


Order bit

- ❑ I frame ed i frammenti possono essere trasmessi in ordine al costo di un trattamento aggiuntivo sia all'invio che alla ricezione.
- ❑ Quando è impiegato l'ordine stretto, questo bit è settato ad uno.

Campo Duration/ID

- Questo campo ha numerosi usi, prende una delle tre forme:
 - Duration (setta il NAV).
 - CFP frames (frame trasmessi durante i periodi content-free).
 - Frame PS-Poll.





Duration

- ❑ Quando il 15-esimo bit è 0, il campo duration/ID è utilizzato per settare il NAV.
- ❑ Il valore rappresenta il numero di microsecondi che ci si aspetta che il supporto rimanga occupato per la trasmissione attualmente in corso.
- ❑ Tutte le stazioni devono controllare le testate di tutti i frame che ricevono e aggiornare il NAV.



CFP frames

- ❑ Durante i periodi di contesa libera il 14-esimo bit è posto a 0 e il 15-esimo a 1, tutti gli altri sono 0.
- ❑ Questo valore è interpretato come un NAV (di durata 32768).



PS-Poll frames

- ❑ I bit 14 e 15 sono posti ad 1 in strutture PS-Poll. Le stazioni possono spegnere i trasmettitori per risparmiare la batteria.
- ❑ Le stazioni che “dormono” devono svegliarsi periodicamente.
- ❑ Per assicurare che non si perdano i frame le stazioni che si “svegliano” trasmettono un frame PS-Poll per recuperare le strutture memorizzate negli access point.
- ❑ Insieme a questa richiesta, le stazioni che si svegliano incorporano l'associazione ID (AID) che indica a quale BSS appartengono.
- ❑ L'AID oscilla tra 1-2007, valori 2008-16383 sono riservati.



Address field

- ❑ I campi indirizzo sono usati per una varietà di scopi. La regola generale è che Address1 è il destinatario, Address2 è la sorgente, Address3 è utilizzato per filtrare al destinatario. L'indirizzamento nell'802.11 segue le convenzioni utilizzate nelle altre reti 802.11 tra cui Ethernet.
- ❑ Gli indirizzi sono a 48 bit e possono essere:
 - Unicast (primo bit è 0).
 - Multicast (primo bit è 1).
 - Broadcast (tutti 1).
- ❑ Gli indirizzi a 48 bit sono utilizzati per una varietà di scopi:
 - Destination address.
 - Source address.
 - Receiver address.
 - Transmitter address.
 - Basic service set ID (BSSID).



Destination address

- ❑ L'indirizzo della destinazione è l' identificativo a 48 bit che corrisponde al destinatario finale (la stazione che porgerà il frame agli strati di protocollo più alti).



Source address

- ❑ Questo identificativo a 48 bit identifica la sorgente della trasmissione.



Receiver address

- ❑ Questo identificativo a 48 bit indica quale stazione wireless dovrebbe trattare il frame.
- ❑ Se è una stazione wireless il receiver address è anche destination address.



Trasmitter address

- ❑ Questo indirizzo a 48 bit serve per identificare l'interfaccia wireless che ha trasmesso il frame sul mezzo wireless.



Basic service set ID (BSSID)

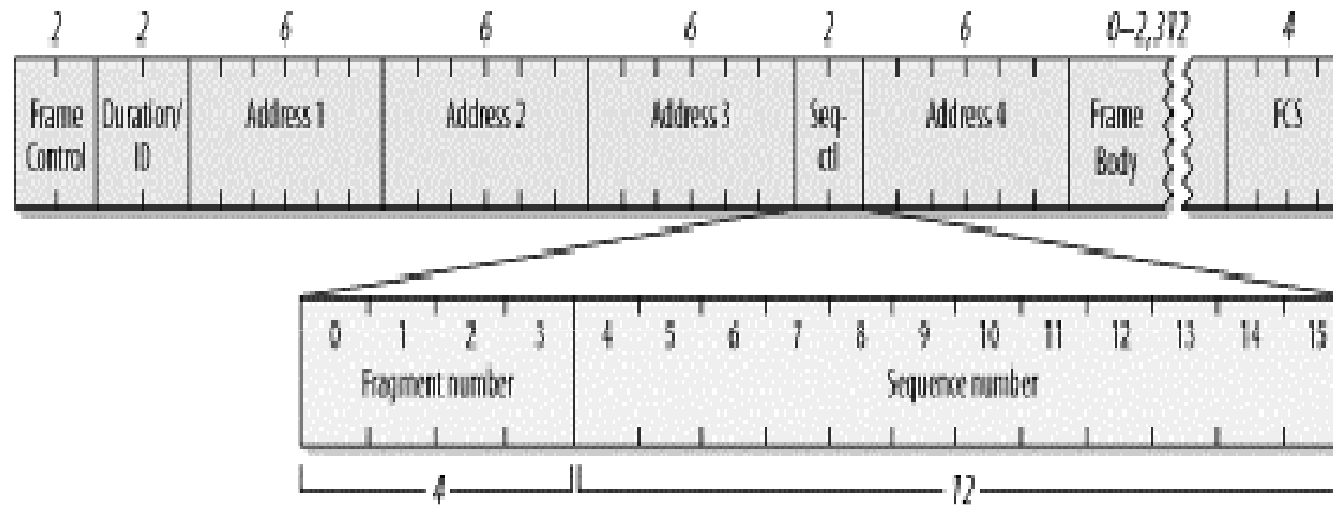
- ❑ Per identificare varie LAN senza fili nella stessa area, le stazioni possono essere assegnate ad un BSS ID.
- ❑ Nelle infrastructure Network il BSSID è utilizzato per identificare l'interfaccia wireless del punto di accesso.
- ❑ Le reti ad-hoc generano un BSSID casuale con un bit Universal/local settato ad uno.



Sequence control field

- ❑ Questo campo a 16 bit è utilizzato sia per la deframmentazione che per scartare i frame duplicati.
- ❑ È composto da:
 - Fragment number a 4 bit.
 - Sequence number a 12 bit.
- ❑ Ai frame provenienti dagli strati alti viene assegnato un sequence number incrementato di uno per ogni pacchetto (contatore modulo 4096). Se i pacchetti higher level sono frammentati, tutti i frammenti avranno lo stesso sequence fragment.
- ❑ Ciò che è diverso tra i frammenti è il Fragment number.
- ❑ Al primo frammento è assegnato il numero 0, per i successivi incrementa di 1.

Sequence control field





Frame Body

- ❑ Il corpo del frame, chiamato anche campo dati, sposta il carico utile higher level da stazione a stazione. 802.11 può trasmettere frame con un carico utile massimo di 2303 byte (2312 per costo gestionale WEP).
- ❑ Le testate LLC utilizzano 8 byte, per un carico max del protocollo di rete di 2296 byte. Su reti IP si eviterà la trasmissione di frame con campi data più grandi di 1500 byte.



Frame check sequence

- ❑ L'FCS permette alle stazioni di controllare l'integrità dei frame ricevuti. Nell'FCS sono inclusi tutti i campi della testata MAC e del frame body.
- ❑ Benchè 802.11 e 802.3 utilizzano lo stesso metodo per calcolare l'FCS, le testate MAC sono diverse, cosicchè l'FCS deve essere ricalcolato dai punti di accesso.



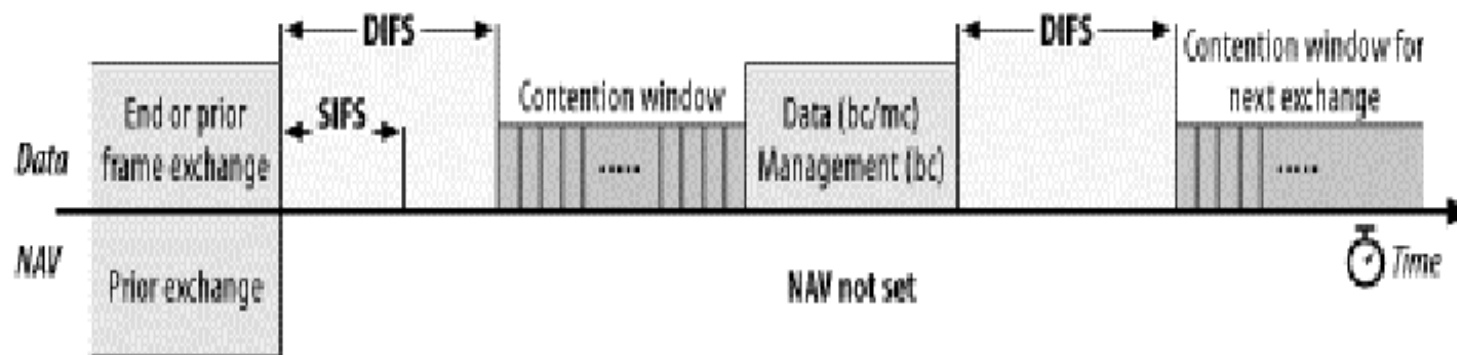
Servizi dati contention based

- ❑ Lo scambio di frame in DCF dominano l'802.11 MAC.
- ❑ Secondo le regole del DCF si ha una consegna di tipo best effort.
- ❑ I vari tipi di servizi dati sotto il DCF sono:
 - Dati Broadcast, multicast e strutture di gestione.
 - Unicast:Basic Positive acknowledgment.
 - Unicast:Fragmentation.
 - Unicast:RTS/CTS.
 - Unicast:RTS/CTS con frammentazione.
 - Power Saving sequence immediate e deffered response.



Dati broadcast, multicast e frame di gestione

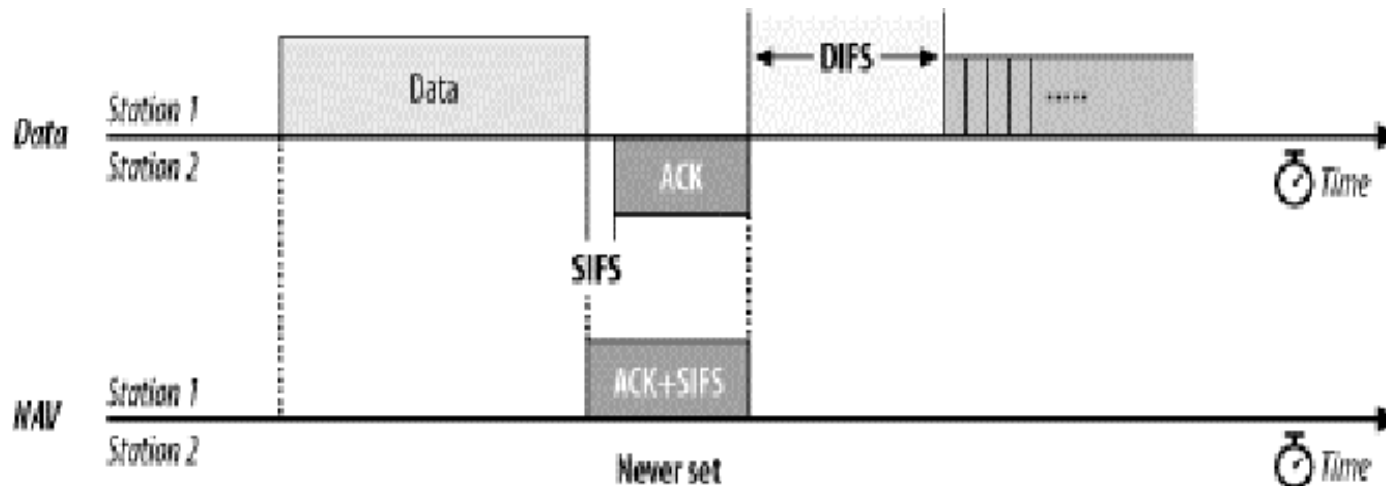
- ❑ Questi frame non hanno bisogno di riscontro. I frame che ricadono in questa categoria sono:
 - Data frame broadcast con "indirizzo broadcast" nel campo Address1.
 - Data frame multicast con "indirizzo multicast" nel campo Address1.
 - Frame di gestione broadcast con "indirizzo broadcast" nel campo Address1.
- ❑ I frame non possono essere frammentati, e non ricevendo alcun ACK lasciano il NAV a 0. Alcune stazioni possono perdere il traffico broadcast senza che esso venga ritrasmesso.



Frame Unicast

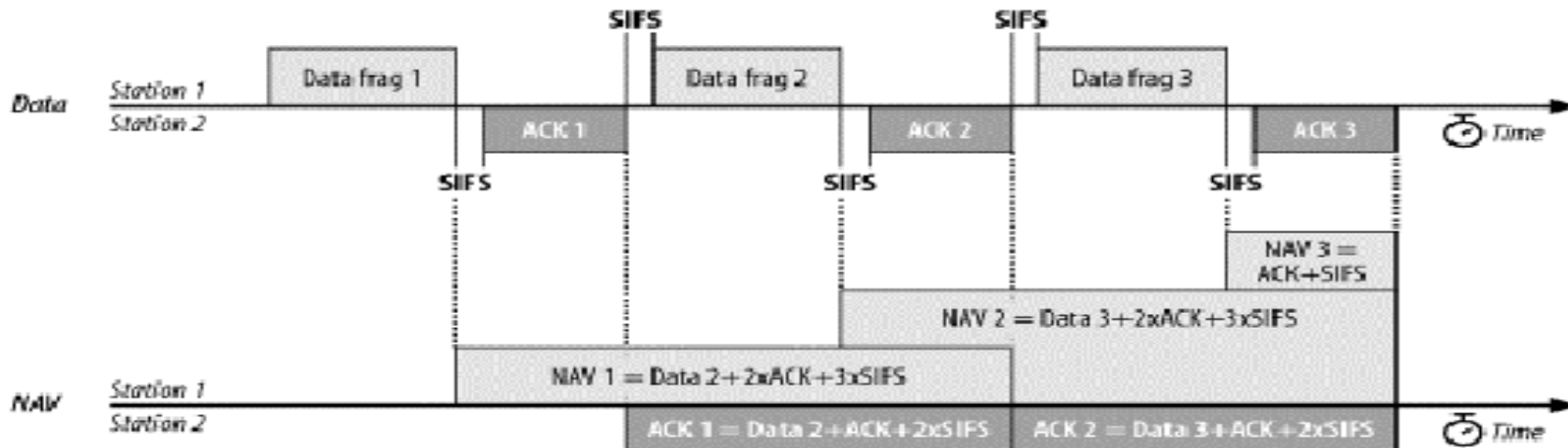
Basic Positive acknowledgment

- ❑ I frame Unicast devono essere riscontrati altrimenti sono considerati persi.
- ❑ Il frame utilizza il NAV per riservare il supporto per l'acknowledgment e per il SIFS.
- ❑ Poiché la sequenza conclude con un ACK, nessun rilevamento di portante virtuale è necessario.
- ❑ Per questo motivo Il NAV dell'ACK è impostato a zero.



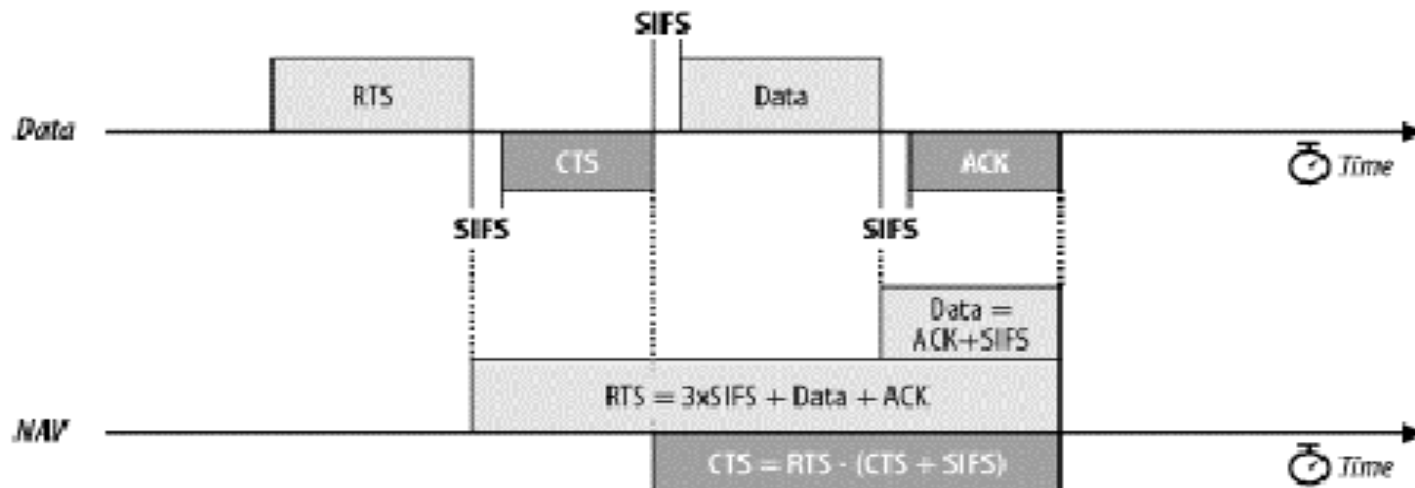
Frame Unicast Fragmentation

- Il primo frame dati che viene trasmesso setta il NAV per un periodo abbastanza lungo per soddisfare il suo ACK, frammento successivo e ACK che lo segue.
- Il campo di controllo More fragment settato ad 1 indica che si tratta di un frammento.
- Tutti gli ACK non finali continuano ad estendere il frammento dati successivo e il suo ACK. Il meccanismo continua fino a che More fragment=0.
- La soglia di frammentazione è configurabile.



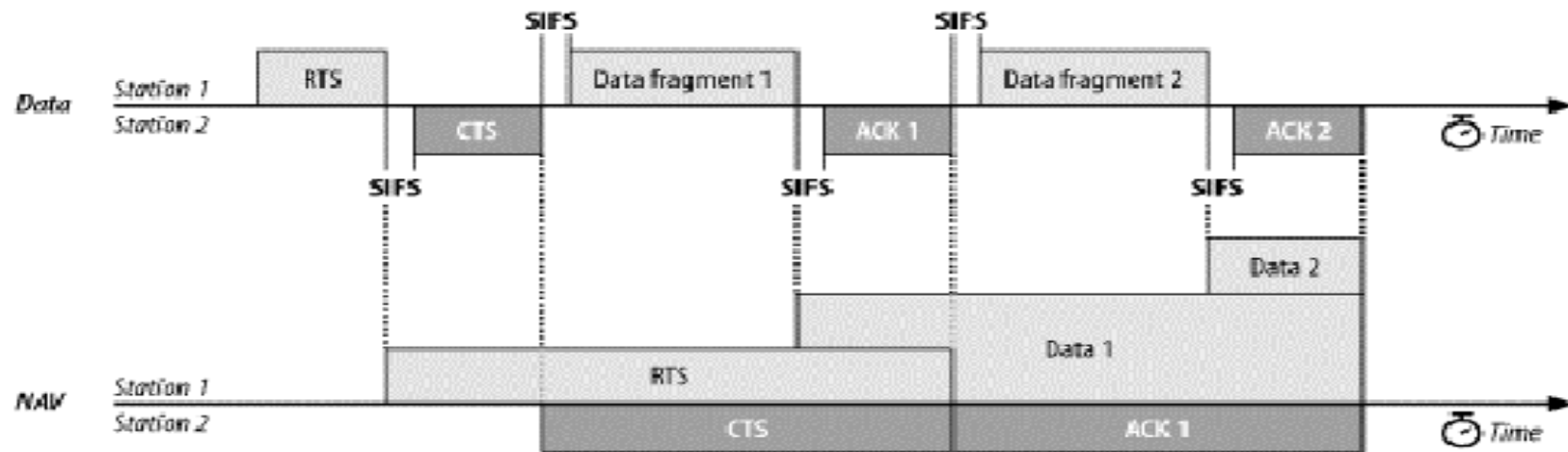
Frame Unicast RTS/CTS

- ❑ Il NAV dell' RTS permette al CTS di completare e riservare l'accesso al frame dati.
- ❑ Come la frammentazione, l'uso di RTS/CTS è configurabile.
- ❑ Le strutture più grandi di una certa soglia sono precedute dallo scambio RTS/CTS.
- ❑ Le strutture più piccole sono trasmesse semplicemente.



Frame Unicast RTS/CTS con frammentazione

- ❑ In pratica lo scambio RTS/CTS è spesso combinato con la frammentazione.
- ❑ Le strutture frammentate di solito sono abbastanza lunghe e traggono beneficio dallo scambio RTS/CTS.
- ❑ La soglia di frammentazione di solito si imposta coincidente con la soglia RTS/CTS.



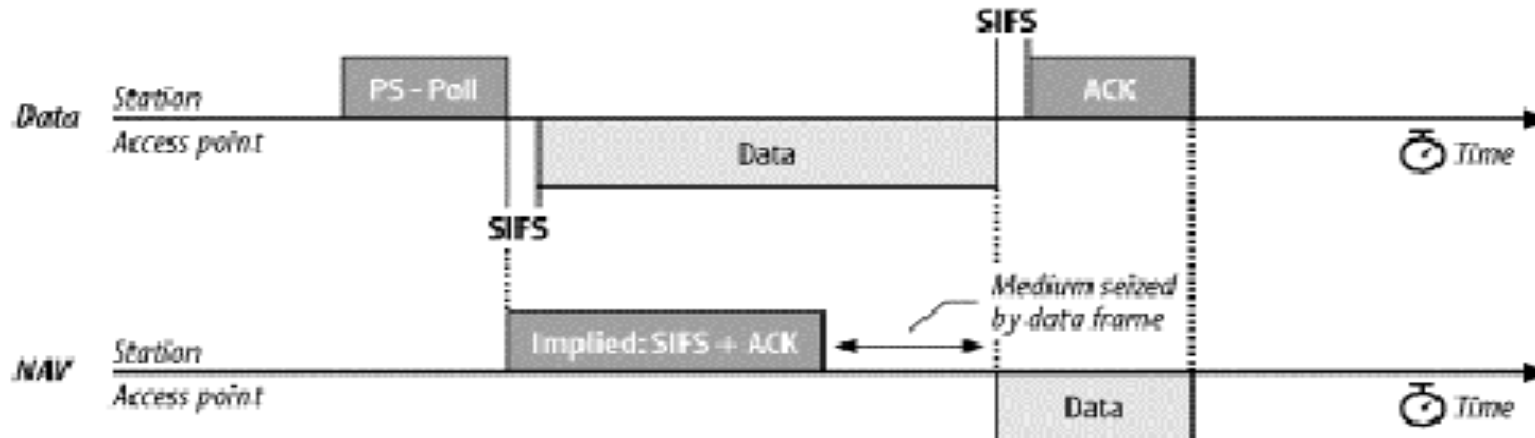


Power Saving sequence

- ❑ I componenti che necessitano di maggiore potenza nei sistemi RF, sono gli amplificatori.
- ❑ 802.11 permette di massimizzare la durata della batteria chiudendo il ricetrasmittitore radiofonico, e lasciandolo spento periodicamente.
- ❑ Durante i periodi in cui le stazioni dormono, i punti di accesso memorizzano per loro i frame unicast.
- ❑ Per recuperare questi frame, le stazioni appena sveglie inviano frame PS-Poll. Gli access point possono agire in due modalità:
 - Immediate Response.
 - Deferred response.

Power Saving sequence Immediate response

- ❑ L'access point risponde immediatamente al PS-Poll.
- ❑ Dopo un SIFS l'AP trasmette il frame.
- ❑ Il frame PS-Poll contiene un Association ID nel campo Duration/ID che permettere all'access point di trovare il frame memorizzato per la stazione mobile.
- ❑ La specifica MAC imposta il NAV alla lunghezza di un ACK+SIFS.
- ❑ Se il NAV risulta troppo breve, comunque l'access point acquisisce il diritto a differire tutte le altre trasmissioni nella rete.
- ❑ Alla conclusione del frame dati, il NAV viene aggiornato.

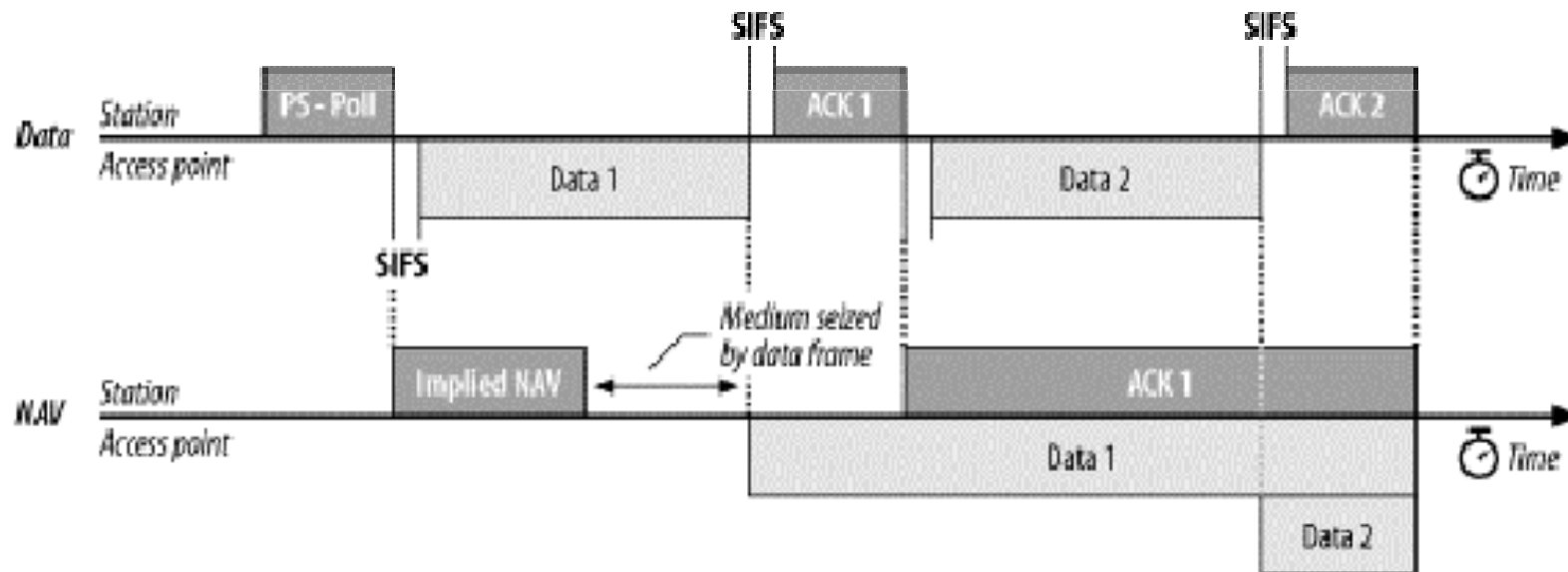




Power Saving sequence

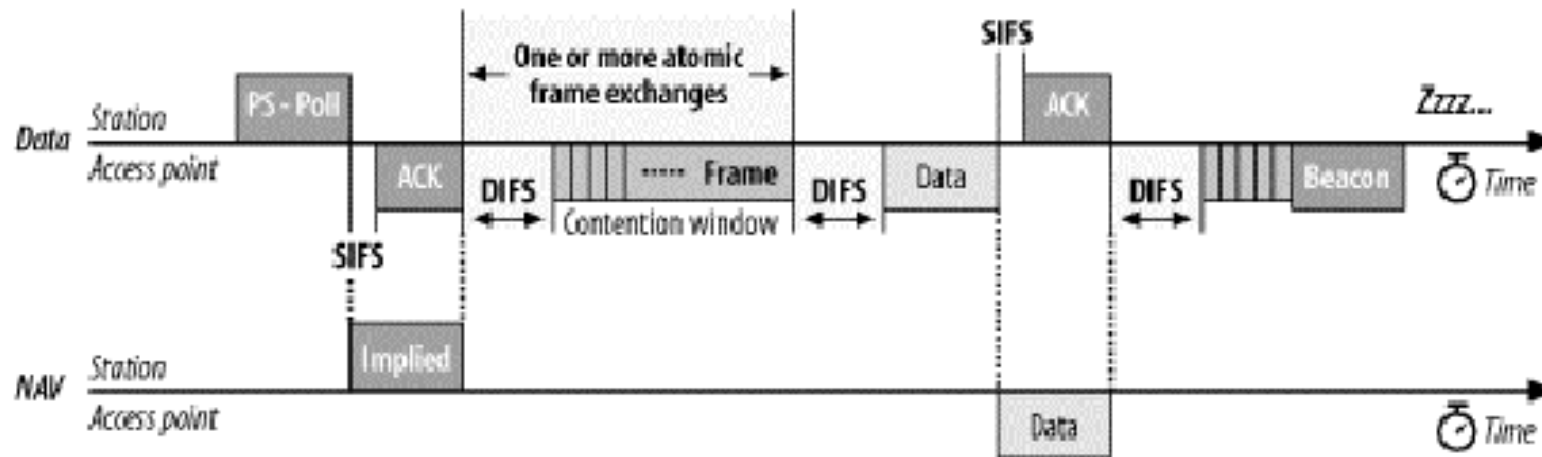
Immediate response con frammentazione

- ❑ Se il frame memorizzato nell'Access Point è esteso, si può usare la frammentazione.



Power Saving sequence Deferred response

- ❑ Invece di una risposta immediata, l'access point può rispondere con un ACK.
- ❑ Una stazione che richiede un frame con un PS-Poll deve stare sveglia fino a quando non sia consegnato.
- ❑ Una stazione non può ritornare in modo low-power fino a quando non riceve un frame Beacon.



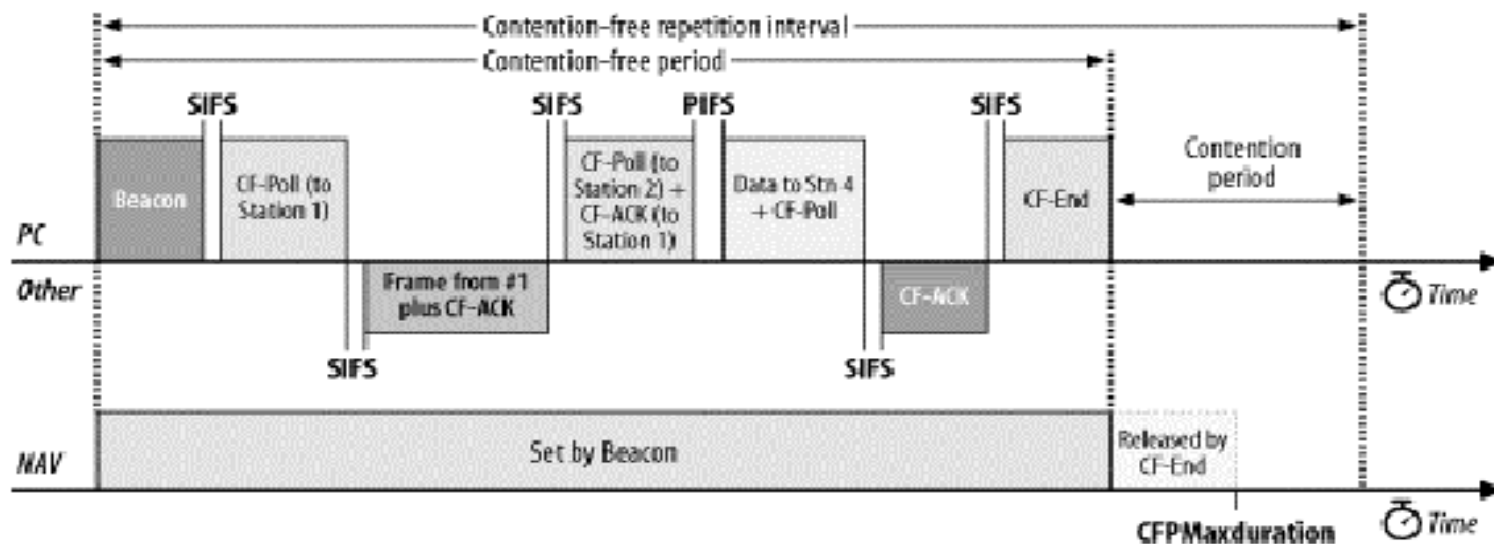


Accesso a contesa libera utilizzando PCF

- ❑ Per sostenere applicazioni real time, l'802.11 permette questa seconda funzione di coordinazione (non usata in pratica).
- ❑ Il servizio contention free non è fornito a tempo pieno, ma si alterna con un periodo content based.
- ❑ Il servizio contention free utilizza un controllo accessi centralizzato (access point).

Alternanza PCF-DCF

- ❑ Quando si utilizza il PCF, il tempo è suddiviso in:
 - Periodo di content free (accesso controllato da PCF).
 - Periodo content based (accesso controllato dal DCF).
- ❑ Questi periodi (configurabili) si alternano ad intervalli chiamati contention free repetition interval.





Operazioni PCF

- ❑ Il PCF supporta le seguenti operazioni:
 - Riserva il mezzo per il periodo di contesa libera: all'inizio del contention free period, l'access point trasmette un frame Beacon. Un componente del Beacon include la durata max del periodo content free (CFPMaxDuration). Tutte le stazioni ricevono il beacon e settano il NAV. Come salvaguardia aggiuntiva tutte le trasmissioni sono separate da SIFS e PIFS che sono minori del DIFS, in questo modo si escludono le trasmissioni DCF.
 - Polling list: Dopo che l'access point ha conseguito il controllo, da una possibilità ad una qualunque stazione su una polling list di trasmettere dati. I frame di elezione sono i CF-Poll. Il CF-Poll è una licenza per trasmettere un frame.



Tipi di Frame content free

- ❑ I vari tipi di frame utilizzati con PCF sono:
 - Dati: uguale a quelli contention based.
 - CF-ACK: indica la ricezione del frame.
 - CF-Poll: inviato dall'Access Point ad una Stazione Mobile da il diritto di trasmettere.
 - Data+CF-ACK: combina Dati e CF-ACK.
 - Data+CF-Poll: combina Dati e CF-Poll.
 - CF-ACK+CF-Poll
 - Data+CF-ACK+CF-Poll: massima efficienza.
 - CF-End.
 - CF-End+CF-ACK.



Limitazioni del QoS di 802.11

- ❑ DCF (Distributed Coordination Function)
 - Solo servizio Best effort.
 - Ritardo pacchetto.
 - Degradazione del Throughput con alto carico.
- ❑ PCF (Point Coordination Function)
 - Schema di elezione centrale inefficiente.
 - Ritardo di Beacon imprevedibile tra la cooperazione tra i modi di contention period e contention free period.
 - Tempo di trasmissione sconosciuto.



IEEE 802.11e

- ❑ Lo standard originale 802.11 ha numerosi problemi nel QoS.
- ❑ Per superare questi svantaggi è stato progettato IEEE 802.11e.
- ❑ I miglioramenti riguardano il PCF e DCF.
- ❑ In questo standard si introduce l'Enhanced DCF (EDCF) e Hybrid Coordination Function (HCF).

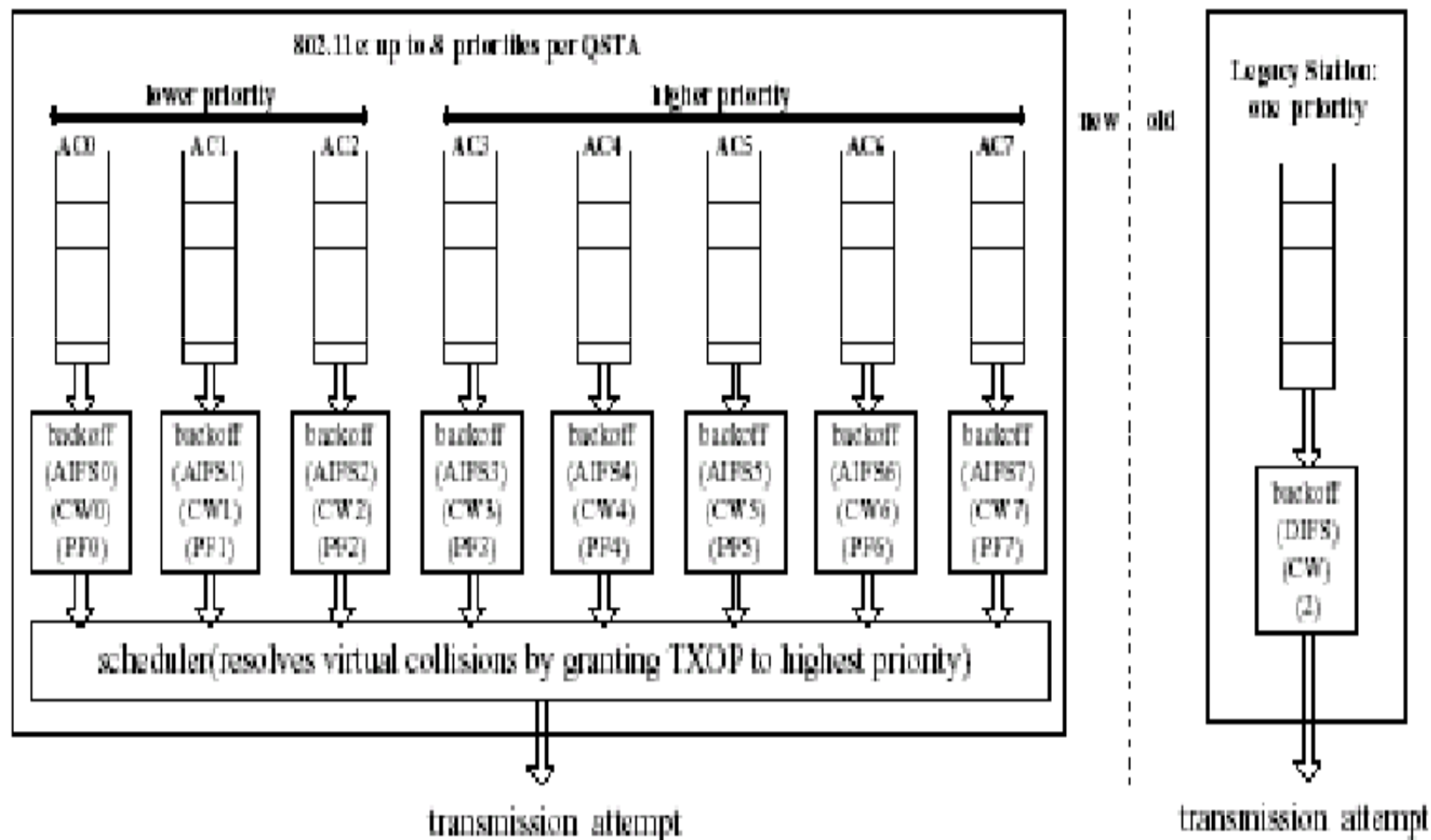


EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function)

- ❑ Diversi flussi sono classificati come traffic categories (TCs).
- ❑ La finestra di contesa minima è diversa per la varie classi di priorità.
- ❑ Questo avvantaggia la classi di priorità alte, che ottengono più tempo di trasmissione.
- ❑ Utilizzo di vari spazi interframe per la varie classi di priorità.



Classi di traffico in 802.11e

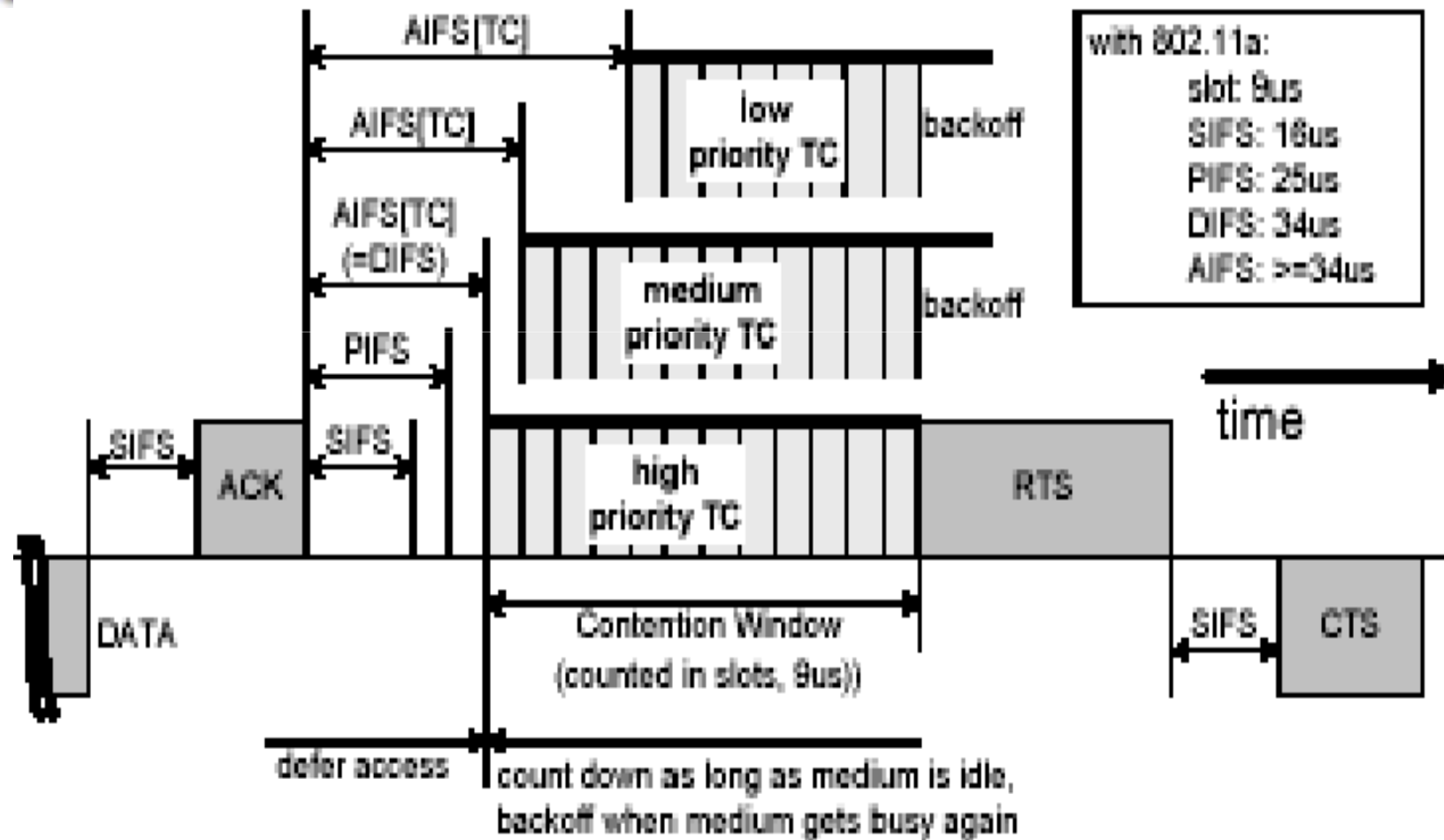




EDCF: Funzionamento

- ❑ L'EDCF è operativo solo durante il periodo content window.
- ❑ Durante il contention window, per ogni TC c'è una contesa indipendente (TXOP Transmission Opportunity).
- ❑ Ogni TC avvia un Backoff dopo che il canale è stato inattivo per un AIFS (Arbitration Inter Frame Space).
- ❑ L'AIFS dipende dalla categoria di traffico.

AIFS (Arbitration Interframe Space)





Backoff con EDCF

- Rilevata una collisione, la finestra di contesa diventa:

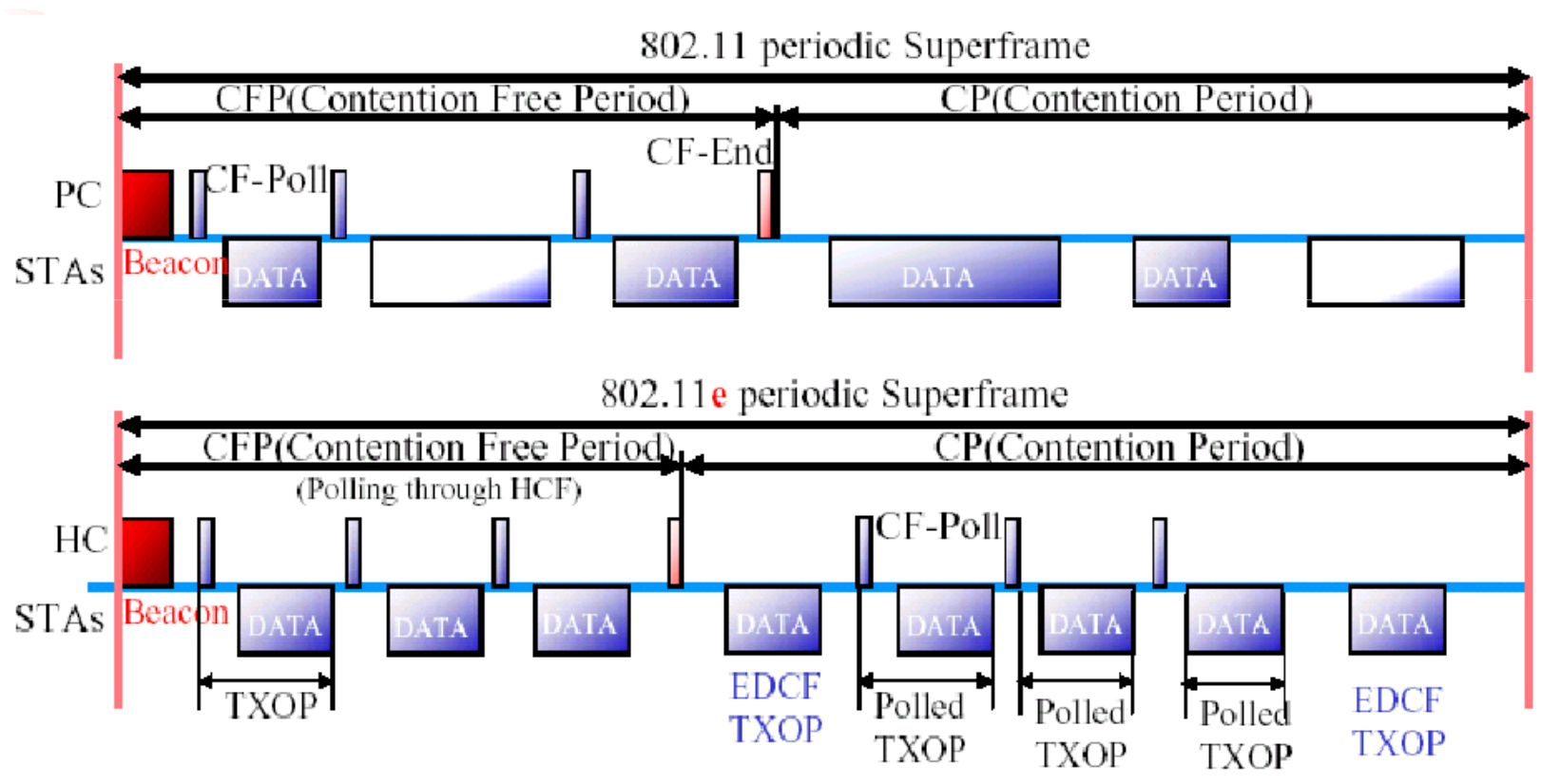
$$CW_{\substack{\text{nuova} \\ \text{EDCF}}}[TC] = (CW_{\text{vecchia}}[TC] + 1) \times PF[TC] - 1$$



HCF (Hybrid Coordination Function)

- ❑ Estensione di PCF.
- ❑ 2 meccanismi di accesso:
 - Contention free.
 - Contention based (anche se la contesa è controllata).
- ❑ Durante il CFP:
 - Il coordinatore HC vota le stazioni per l'accesso al canale.
 - La massima durata di ciascun TXOP è assegnata da HC utilizzando i frame CF-Poll.
- ❑ Durante il CP:
 - HC può inviare polled TXOP nel CP, inviando frame CF-Poll dopo un periodo PIFS idle.
 - Contesa controllata:
 - Permette alle stazioni di richiedere l'allocazione di polled TXOP.
 - Le stazioni richiedono allocazione di risorse con la TC e la durata TXOP.
 - HC manda un ACK alle stazioni richiedenti.

HCF



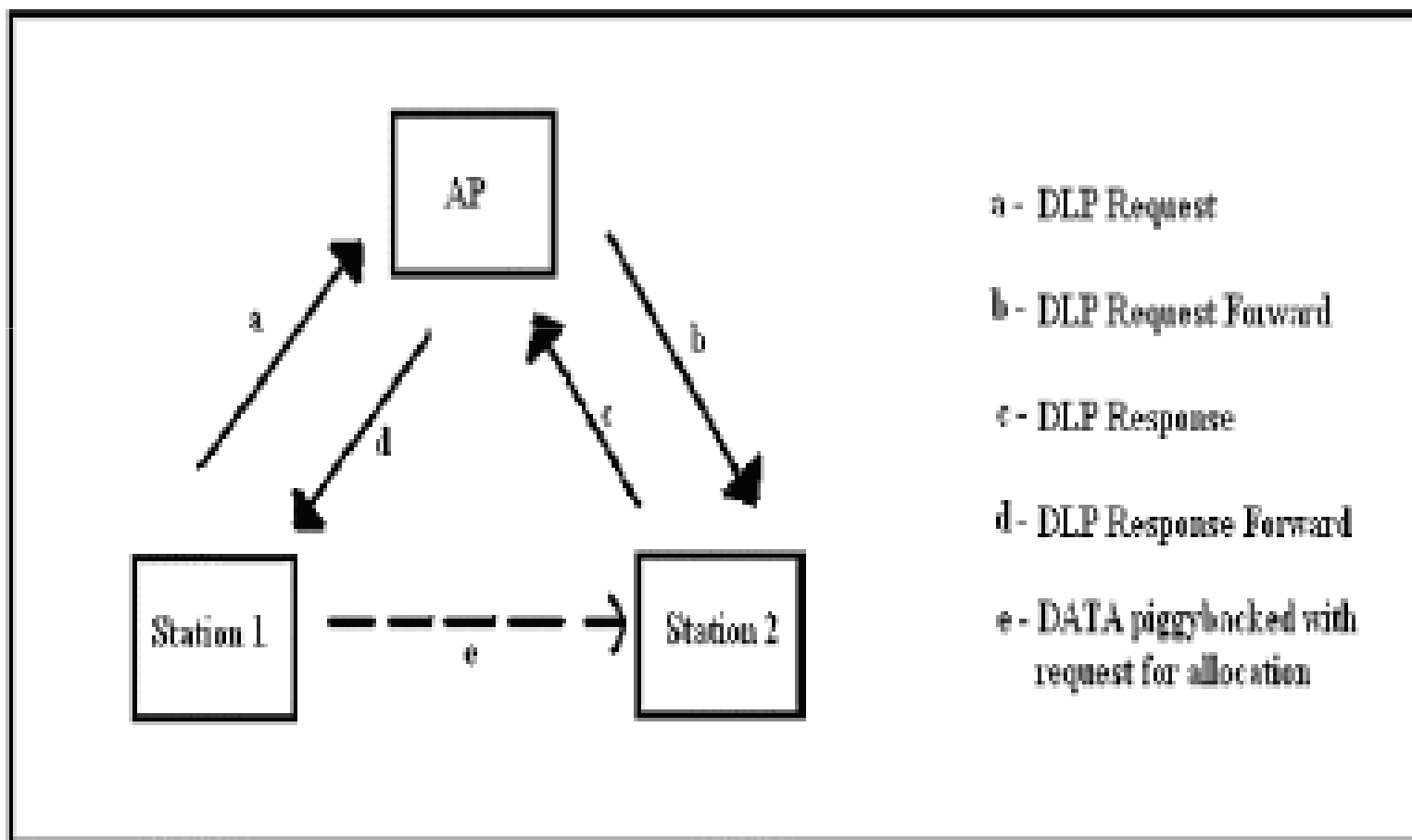


Direct Link Protocol

- ❑ 802.11-1997 il traffico in una BSS avviene solo tra access point e stazione.
- ❑ 802.11e aggiunge la capacità per le stazioni di inviare direttamente il traffico tra di loro.
 - In questo modo si ha un aumento dell'efficienza della banda.



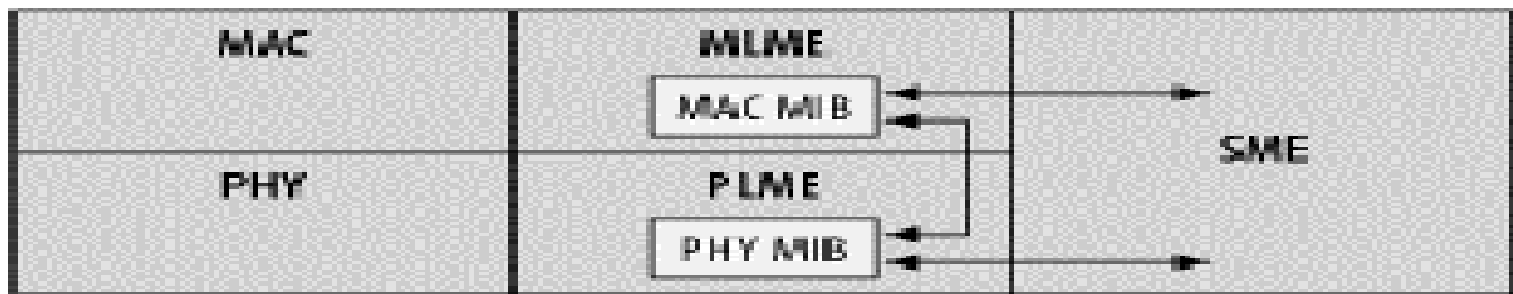
Direct Link Protocol





Architettura di gestione (cenni)

- ❑ Concettualmente, l'architettura di gestione di 802.11 è composta da tre componenti:
 - MLME (MAC Layer management Entity).
 - PLME (PHY Layer management Entity).
 - SME (System management Entity).
- ❑ Sia il MAC che il PHY layer hanno accesso a una base di informazioni di gestione chiamata MIB.
- ❑ Lo SME può modificare sia il MAC MIB che il PHY MIB attraverso le interfacce MLME e PLME.



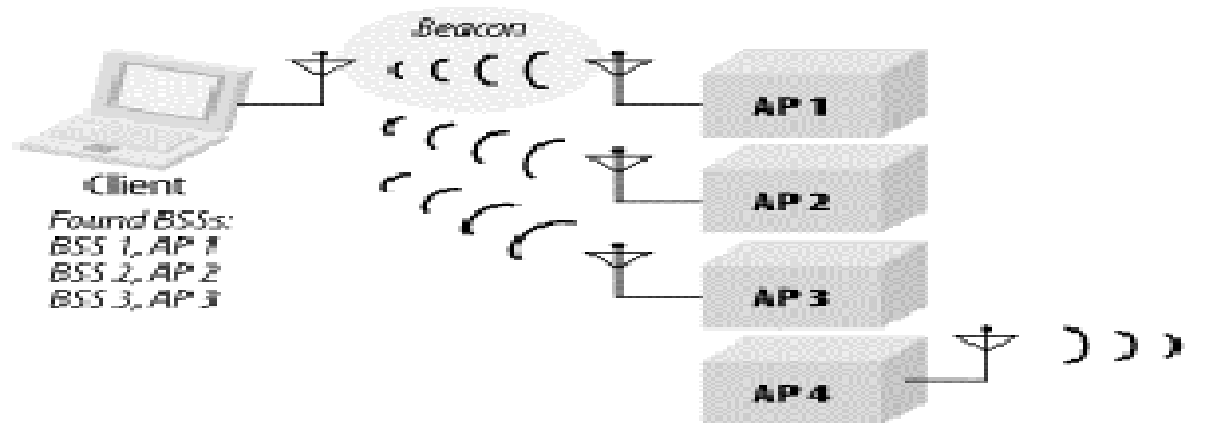


Scanning

- ❑ Prima di utilizzare la rete è necessario trovarla.
- ❑ Il processo di identificazione della rete è chiamato scanning.
- ❑ Numerosi sono i parametri per la procedura di scanning, che possono essere anche specificati dall'utente:
 - BSSType (independent, infrastructure, o entrambi).
 - BSSID (singolo o broadcast).
 - SSID (assegna una stringa di bit ad un ESS).
 - ScanType (attivo o passivo).
 - Channel List.
 - Probe delay.
 - MinChannelTime e MaxChannelTime.

Scanning Passivo

- ❑ Questo tipo di scansione aumenta la durata della batteria, perché non c'è alcuna trasmissione.
- ❑ In questa modalità la stazione passa da un canale all'altro e attende i frame beacon.
- ❑ Questi frame vengono memorizzati per estrarre informazioni sulle BSS.
- ❑ I beacon sono progettati per permettere ad una stazione di scoprire i parametri di una BSS.

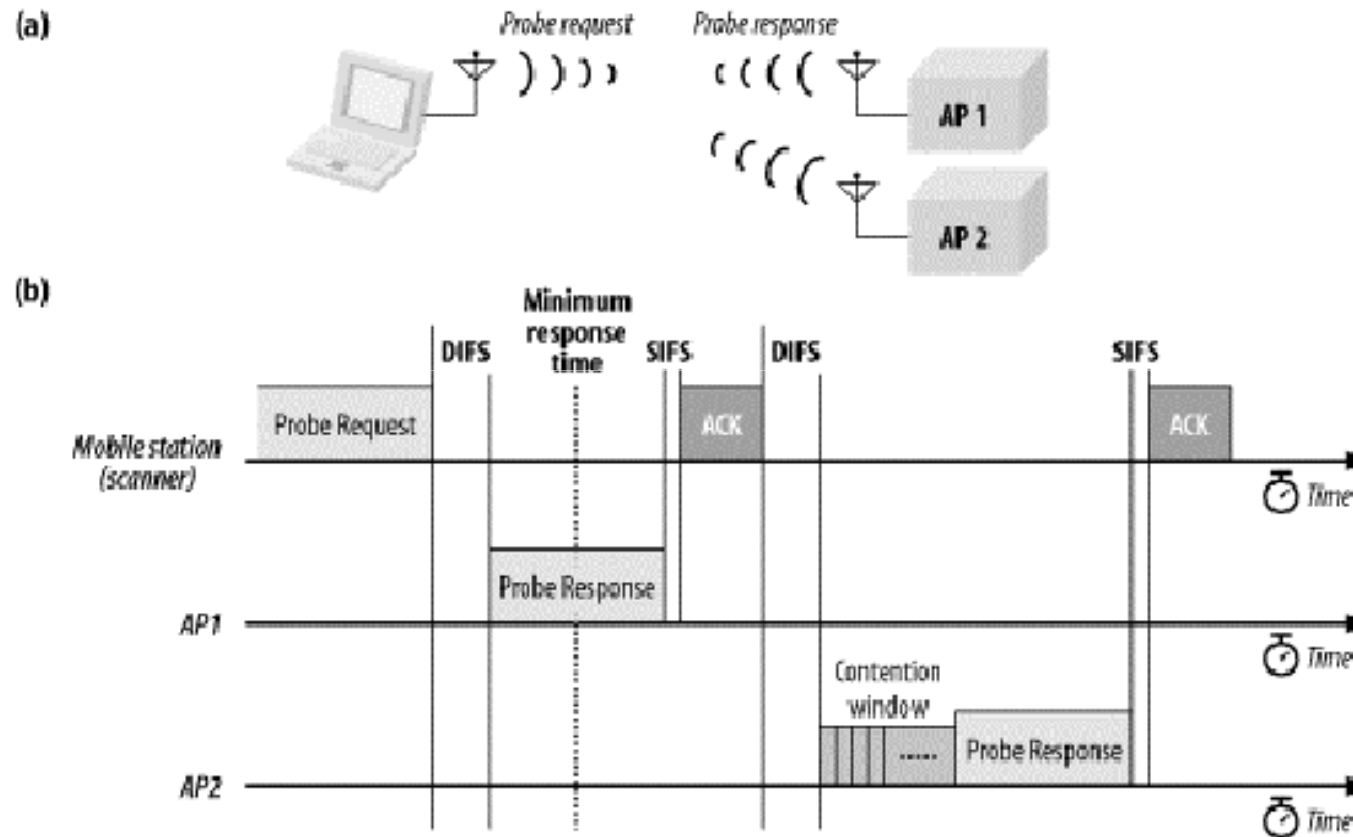




Scanning attivo

- Invece di aspettare i frame beacon, la stazione tenta di trovare la rete. Su ogni canale dei frame chiamati Probe request sono utilizzati per ottenere delle risposte (Probe Request) da una rete con un dato nome.
 - I passi sono:
 1. Sposta il canale ed attende se arriva un frame o se scade il Probe delay. Se la struttura è rilevata allora il canale è in uso e può essere sondato.
 2. Accede al supporto in modalità DCF e invia un Probe Request.
 3. Attende fino a MinChannelTime:
 - Se il mezzo non era mai occupato, non c'è alcuna rete. Passa al canale successivo.
 - Se il supporto era occupato, aspetta fino al MaxChanneltime i frame di Probe response.
- Una sola stazione è responsabile della risposta (Access Point).

Scanning attivo e accesso al mezzo





Scanning report

- ☐ Alla fine della scansione si genera un rapporto di scansione.
- ☐ Questo rapporto elenca tutti i BSS con i loro parametri.
- ☐ Oltre a BSSID, SSID e al BSSType, i parametri includono anche:
- ☐ Beacon interval.
- ☐ Periodo DTIM (parte del meccanismo power saving).
- ☐ Parametri di sincronizzazione.
- ☐ Parametri PHY, CF, IBSS.
- ☐ BSSBasicRateSet.



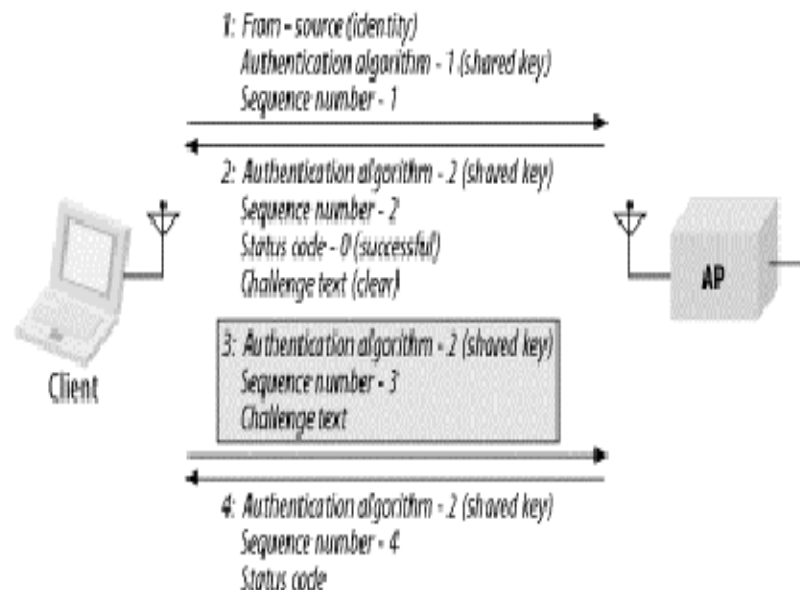
Unione

- ❑ Dopo lo scanning report, la stazione può unirsi ad un BSS.
- ❑ Il BSS può essere scelto anche dall'utente.
- ❑ Alcuni BSS che fanno parte dello stesso ESS possono essere scelti sulla base di certi parametri, come il livello del segnale.

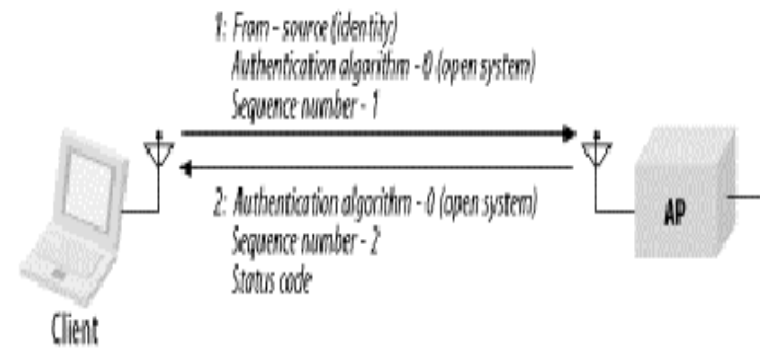
Autenticazione

- ❑ Due approcci sono specificati in 802.11:
 - Open-System Authentication
 - Shared-Key Authentication
- ❑ L'autenticazione shared Key è basata sul WEP.

Shared-key authentication

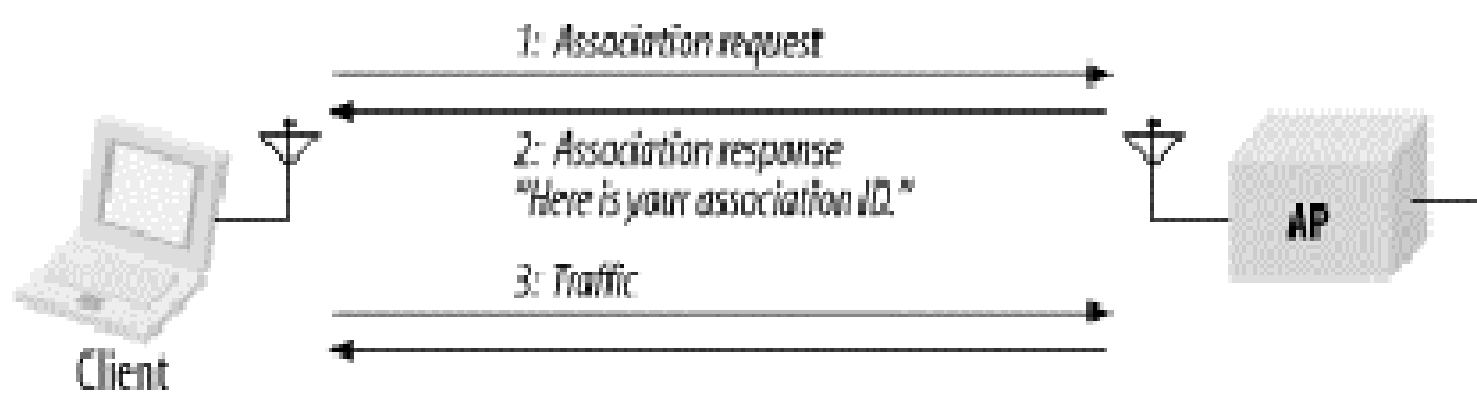


Open-system authentication



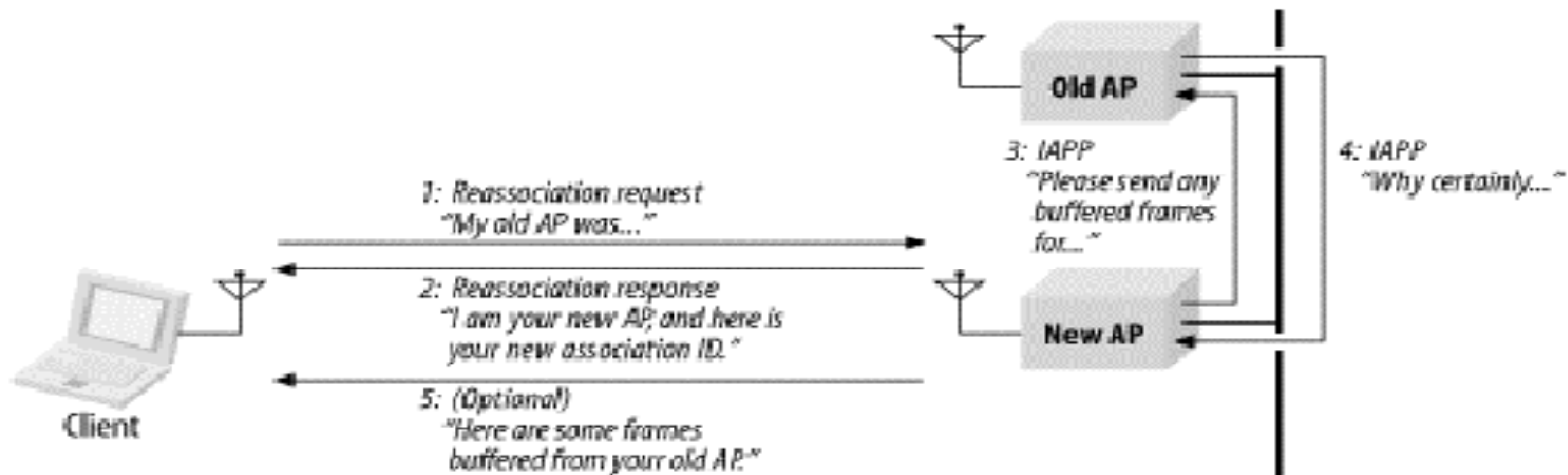
Associazione

- ❑ L'associazione è fatta partire dalla stazione mobile. Una volta autenticata la stazione mobile può emettere un frame Association Request.
- ❑ Quando è concessa la richiesta di associazione, il punto d'accesso risponde con successo (code 0), e AssociationID.



Reassociazione

- ❑ La reassociazione è il processo che sposta un'associazione da un vecchio access point ad uno nuovo.
- ❑ Quando una stazione mobile rileva che un altro access point sarebbe la scelta migliore, allora parte la reassociazione.
- ❑ La scelta dipende dal tipo di device (livello segnale ecc.).





Sviluppi futuri

- ❑ IEEE 802.11i (in preparazione) definisce delle caratteristiche del sottostrato MAC per migliorare la sicurezza, con riferimento sia all'autenticazione dell'utente che alla privacy.



Conclusioni

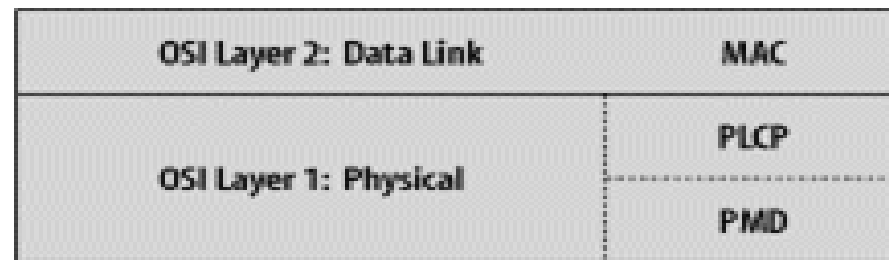
- ❑ 802.11 MAC è troppo obsoleto, perché non garantisce il QoS.
- ❑ 802.11e introduce meccanismi per introdurre il QoS.

Livello Fisico

Il livello fisico è diviso in due sottostrati:

- Physical Layer Convergence Procedure: fa da collante fra il livello MAC e le trasmissioni in aria. Questo sottolivello aggiunge il proprio header
- Physical Medium Dependent: responsabile della trasmissione dei singoli bits tramite l'antenna

Il livello fisico include anche un CCA (clear channel assessment) che serve ad indicare al MAC quando un segnale è rilevato.





Radio Link

Fino al 1997 erano stati standardizzati tre livelli fisici:

- Frequency-hopping (FH) spread-spectrum radio PHY
- Direct-sequence (DS) spread-spectrum radio PHY
- Infrared light (IR) PHY

Nel 1999 sono stati aggiunti altri due standard basati sulle trasmissioni radio:

- 802.11a: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) PHY
- 802.11b: High-Rate Direct Sequence (HR/DS or HR/DSSS) PHY



Spread Spectrum

I sistemi tradizionali cercano di comprimere più segnale possibile all'interno di una ristretta banda di frequenze, mentre i segnali ad ampio spettro utilizzano funzioni matematiche per espandere il segnale su un intervallo di frequenze più grande.

In questo modo il segnale è come se fosse considerato alla stregua del rumore, tale artificio rende l'interferenza più facilmente eliminabile.

Nelle bande non licenziate, come quelle in cui operano le WLAN, l'FCC ha imposto dei limiti sulla potenza delle trasmissioni ad ampio spettro.

1W di potenza di output del trasmettitore

4W di potenza radiata effettiva (ERP)



Tipologie di spread-spectrum

- *Frequency hopping (FH o FHSS)*: salta da una frequenza centrale ad un'altra secondo uno schema casuale. Supporta data-rate fino a 2 Mbps.
- *Direct Sequence (DS o DSSS)*: utilizza funzioni matematiche per estendere lo spettro su un range più ampio. Data-rate fino 11 Mbps (nella versione High Rate).
- *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*: l'OFDM divide un canale disponibile in diversi sottocanali e codifica porzioni del segnale su ogni sottocanale in parallelo. Data-rate fino a 54 Mbps.

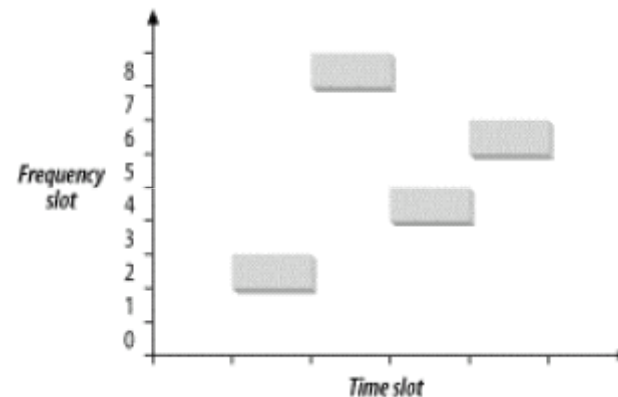


Culture

Frequency Hopping

L'elettronica necessaria per supportare tale schema è semplice e poco costosa. Il principale vantaggio risiede nella facilità di gestione di alti carichi aggregati, possibili tramite la coesistenza di reti diverse.

Il frequency hopping dipende dal rapido cambiamento della frequenza di trasmissione secondo uno schema pseudocasuale. La temporizzazione degli hops è fondamentale, per fare in modo che trasmettitore e ricevitore siano sempre sincronizzati sulla frequenza da utilizzare.

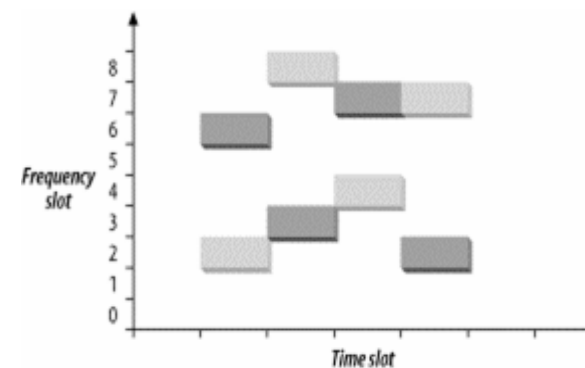
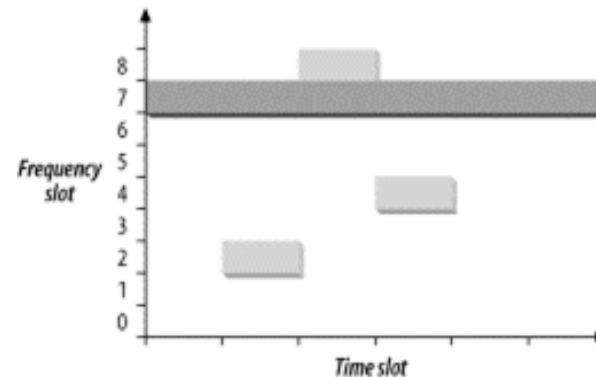




Vantaggi del FH

1. Se esiste già un utente primario di uno slot frequenziale a banda stretta, solo una parte della trasmissione dell'utente secondario (operante con FH) viene persa, e le potenze in gioco sono tali per cui gli effetti della trasmissione dell'utente secondario sono trascurabili.

2. Due sistemi che utilizzano entrambi FH possono utilizzare schemi di salto differenti in modo da non interferirsi reciprocamente.





Dettagli

802.11 divide la banda in microonde ISM in canali da 1 MHz. Il 99% dell'energia in gioco è destinata ai canali, essi sono definiti dalle frequenze centrali che partono con il canale 0 a 2.4 GHz.

Il dwell time, cioè la durata temporale di uno slot FH è fissata a 390 unità di tempo (circa 0.4 s). Il salto di canale nell'802.11 ha una durata di 224 microsecondi.

802.11 suddivide le sequenze di hopping in insiemi privi di overlapping, e due membri di un insieme sono sequenze di salto ortogonali. La dimensione di un insieme dipende dalle autorità locali.

Le stazioni conoscono l'ordine di salto dei canali, per cui conoscendo il passo corrente possono sincronizzarsi facilmente.

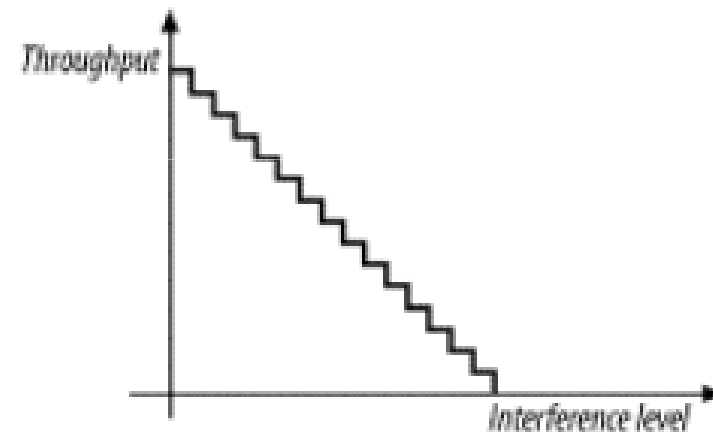
Il livello fisico 802.11 con Frequency Hopping utilizza GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying).



Interferenze nel FH

802.11 rappresenta un utilizzo secondario delle bande di frequenze ISM, per cui è sempre soggetto agli interferenti primari.

L'interferenza su un canale riduce il bit rate di 1.25%, se più canali sono soggetti ad interferenza allora il throughput continua a decrescere.





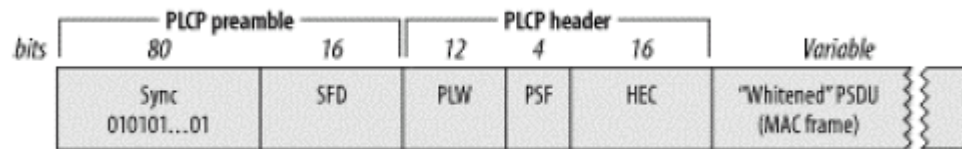
Culture

Physical Layer Convergence Procedure (PLCP) per FH

Dato che in 802.11 esistono differenti livelli fisici, è necessario che dal livello MAC si passi al livello fisico operando un'opportuna trasformazione dipendentemente dal livello fisico utilizzato.

Il PLCP per FH aggiunge un'intestazione di 5 campi al frame ricevuto dal MAC:

- Preambolo: usato per sincronizzare trasmettitore e ricevitore
 - Sync: composto da 80 bit di '0' e '1' alternati
 - Start Frame Delimiter: composto da 16 bit, marca l'inizio del frame 0000 1100 1011 1101
- Header: contiene i campi specifici per il PLCP
 - PSDU Length word: composto da 12 bit, è la dimensione del payload, che può essere al massimo 4095 bytes
 - PLCP Signaling: gli ultimi 3 bit dei 4 codificano la velocità con la quale il payload MAC è trasmesso
 - Head Error Check: 16 bit di CRC sono usati per rilevare errori nell'header



Per rendere i dati più simili a rumore bianco, essi subiscono un processo di "imbiancamento"



Physical Medium Dependent (PMD) per FH

Sebbene il PLCP abbia un campo per indicare la velocità di trasmissione, nel PMD è possibile utilizzare solo 2 velocità:

- 1Mbps: lo schema di modulazione è il 2-GFSK. La minima potenza usata è 10 mW
- 2Mbps: lo schema di modulazione è il 4-GFSK. Il firmware che supporta 2 Mbps può utilizzare anche 1Mbps

□ Carrier Sense/Clear Channel Assessment (CS/CCA)

Per implementare il CSMA/CD, 802.11 necessita di un meccanismo che gli faccia comprendere se il mezzo è libero o occupato. Il MAC utilizza sia un riscontro fisico che uno virtuale, il livello fisico si occupa, ovviamente, solo del primo. 802.11 non specifica come determinare se un segnale è presente.



Parametri fondamentali per FH

La tabella riporta alcuni dei parametri fondamentali nella descrizione del livello fisico FH

Parameter	Value	Notes
Slot time	50 μ s	
SIFS time	28 μ s	The SIFS is used to derive the value of the other interframe spaces (DIFS, PIFS, and EIFS).
Contention window size	15-1,023 slots	
Preamble duration	96 μ s	Preamble symbols are transmitted at 1 MHz, so a symbol takes 1 s to transmit; 96 bits require 96 symbol times.
PLCP header duration	32 μ s	The PLCP header is 32 bits, so it requires 32 symbol times.
Maximum MAC frame	4,095 bytes	802.11 recommends a maximum of 400 symbols (400 bytes at 1 Mbps, 800 bytes at 2 Mbps) to retain performance across different types of environments.

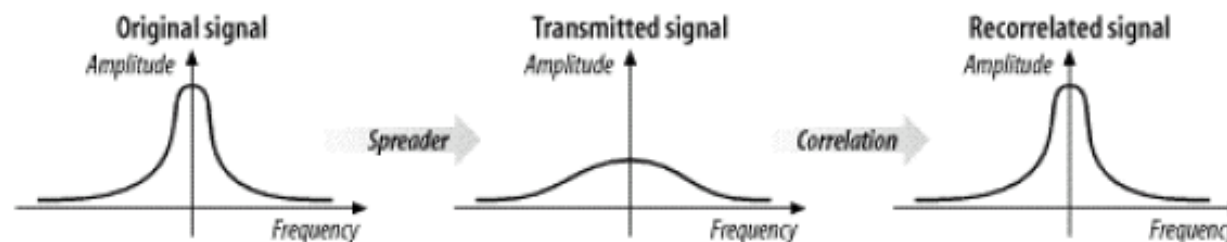
Direct Sequence

La direct sequence è stata la tecnica di modulazione di maggior successo. L'hardware, per questa tecnica, richiede una potenza maggiore per ottenere gli stessi 2 Mbps della FH.

Il reale vantaggio di questa tecnica è la sua facile adattabilità a data rate molto più elevati di quelli raggiungibili tramite FH.

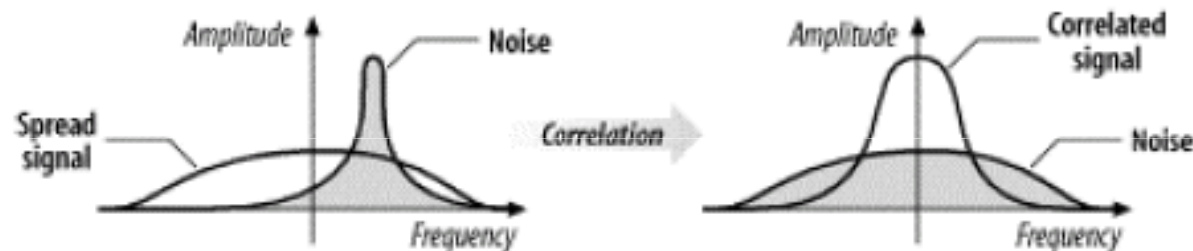
Essa diffonde l'energia in RF su un'ampia banda in maniera controllata, i ricevitori possono usare la correlazione per recuperare il segnale originario.

Ciò che fa lo spreader nel trasmettitore è invertito dal correlatore nel ricevitore



Spreading del segnale

Un correlatore cerca i cambiamenti nel segnale RF che avvengono su tutta l'intera banda di frequenze. Il rumore, per sua natura, è molto concentrato in un range frequenziale molto ristretto, per cui non produce effetti rilevanti sull'intera banda di frequenze. Per questo motivo la tecnica DS ottiene ottimi risultati contro l'interferenza.

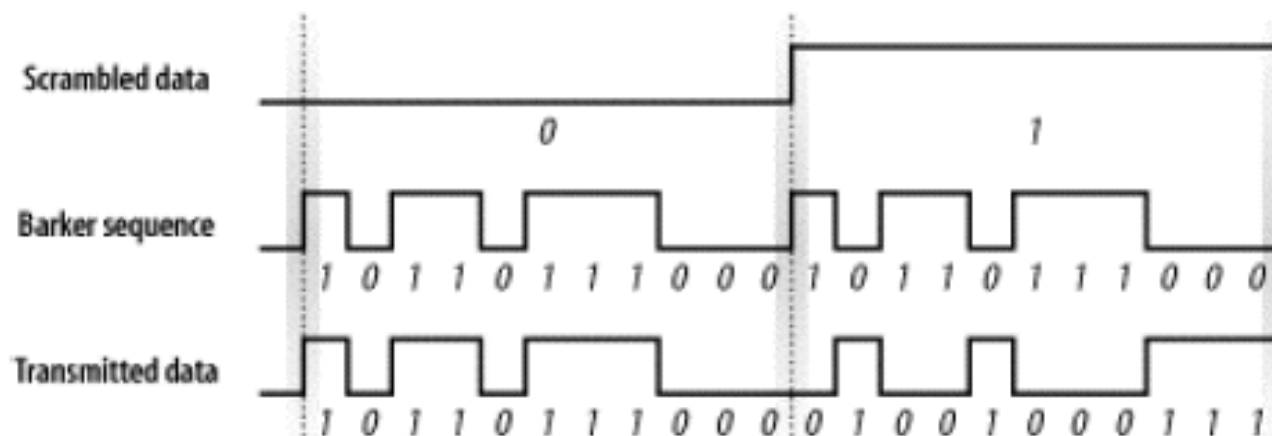


La DS funziona applicando una sequenza di chip al flusso dei dati. Un chip è una cifra binaria usata dal processo di spreading. I flussi di chip, chiamati anche codici di rumore pseudocasuali (PN code), sono molto più veloci dei sottostanti flussi dati.

Codificare un bit rate lento tramite un chip rate elevato ha l'effetto collaterale di diffondere la potenza del segnale su una banda molto più ampia.

Codifica tramite Barker word

Per la codifica, 802.11 utilizza la sequenza di Barker a 11 bit: +1,-1,+1,+1,-1,+1,+1,+1,-1,-1,-1 che diventa in 802.11: 10110111000. Tale sequenza è applicata ad ogni bit del flusso dati tramite un addizionatore in modulo 2. Codificare un '1' significa modificare tutti i bit, mentre codificare uno '0' significa mantenerli tutti uguali.





Canali e modulazione

I canali utilizzati da DS sono molto più grandi di quelli utilizzati da FH. DS ha 14 canali all'interno della banda centrata intorno a 2.4 GHz, ognuno largo 5 MHz. Nella tabella sono riportati i canali consentiti nei vari paesi, il canale 10 è utilizzabile quasi dappertutto, per questo è, di solito, il canale di default.

Regulatory domain	Allowed channels
US (FCC)/Canada (IC)	1 to 11 (2.412-2.462 GHz)
Europe, excluding France and Spain (ETSI)	1 to 13 (2.412-2.472 GHz)
France	10 to 13 (2.457-2.472 GHz)
Spain	10 to 11 (2.457-2.462 GHz)
Japan (MKK)	14 (2.484 GHz)

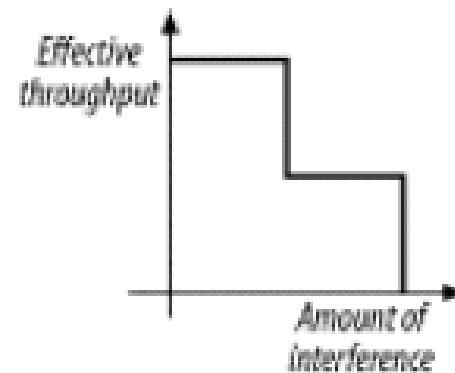
DPSK è la base per tutti i sistemi 802.11 Direct Sequence



Culture

Interferenze nel DS

La tecnica DS è molto più resistente alle interferenze rispetto al FH, in quanto permette di escludere i segnali a banda stretta con grande facilità. Lo svantaggio di questa tecnica è che l'eliminazione del rumore non è incrementale: fino ad un certo livello, il correlatore può rimuovere il rumore, ma una volta che l'interferenza oscura una parte della banda di frequenze, non si riesce a recuperare niente.



DS riesce anche a limitare le interferenze di un utente primario con maggiore facilità rispetto a FH. Dopo lo spreading infatti appaiono come semplice rumore di fondo ad un altro sistema.

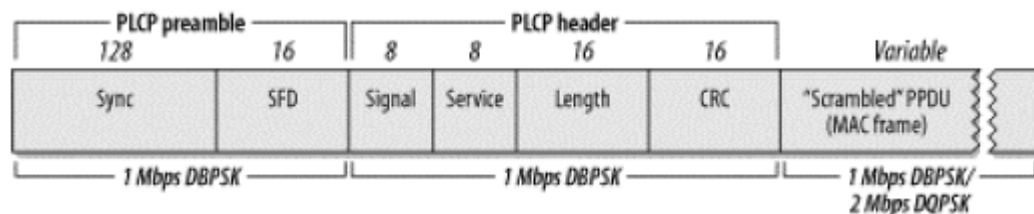


Culture

Physical Layer Convergence Procedure (PLCP) per DS

Il PLCP per sistemi DS aggiunge un'intestazione composta da 6 campi al frame ricevuto dal livello MAC.

- ❑ Preambolo: serve a sincronizzare trasmettitore e ricevitore
 - Sync: composto da 128 bit posti a '1'
 - Start Frame Delimiter: sequenza 0000 0101 1100 1111, per delimitare l'inizio del frame
- ❑ Intestazione:
 - Signal: serve ad identificare il rate di trasmissione del MAC
 - Service: destinato ad usi futuri
 - Length: indica il tempo necessario a trasferire un intero senza segno a 16 bit
 - CRC: a 16 bit, per rilevare errori



I dati con questa tecnica, anziché essere "imbiancati", vengono spostati, insieme all'intestazione e al preambolo PLCP



Physical Medium Dependent (PMD) per DS

La tecnica DS utilizza un singolo PMD, che incorpora due data rate possibili 1Mbps e 2 Mbps. Come per l'FH, un firmware che rileva problemi nelle trasmissioni a 2 Mbps può ridurre il rate 1 Mbps.

☐ Carrier Sense/Clear Channel Assessment (CS/CCA)

Questo meccanismo opera in uno di tre modi possibili:

1. Quando l'energia supera una certa soglia (ED), esso riporta che il mezzo è occupato
2. Controlla se effettivamente esiste già un segnale DSSS presente, anche se sotto la soglia ED
3. Rileva se è presente un segnale e se questo è superiore alla soglia ED



Parametri fondamentali per DS

La tabella riporta i parametri fondamentali nella descrizione del livello fisico DSSS.

Parameter	Value	Notes
Slot time	20 μ s	
SIFS time	10 μ s	The SIFS is used to derive the value of the other interframe spaces (DIFS, PIFS, and EIFS).
Contention window size	31 to 1,023 slots	
Preamble duration	144 μ s	Preamble symbols are transmitted at 1 MHz, so a symbol takes 1 s to transmit; 144 bits require 144 symbol times.
PLCP header duration	48 μ s	The PLCP header is 48 bits, so it requires 48 symbol times.
Maximum MAC frame	4-8,191 bytes	



High Rate Direct Sequence

Nel 1999, IEEE rilasciò un nuovo standard, che secondo la numerazione si chiamò 802.11b. Esso aggiunge un nuovo livello fisico a quelli già visti. Usa lo stesso livello MAC, ma tramite una differente modulazione raggiunge velocità di 11 Mbps.

802.11 DS usa un rate di 11 milioni di chips al secondo; il sistema invia 1 milione di parole di Barker al secondo. Ogni parola codifica 1 o 2 bit, in modo tale da ottenere 1 o 2 Mbps. Per ottenere rate più elevati è necessario codificare nello stesso tempo un numero maggiore di bit.



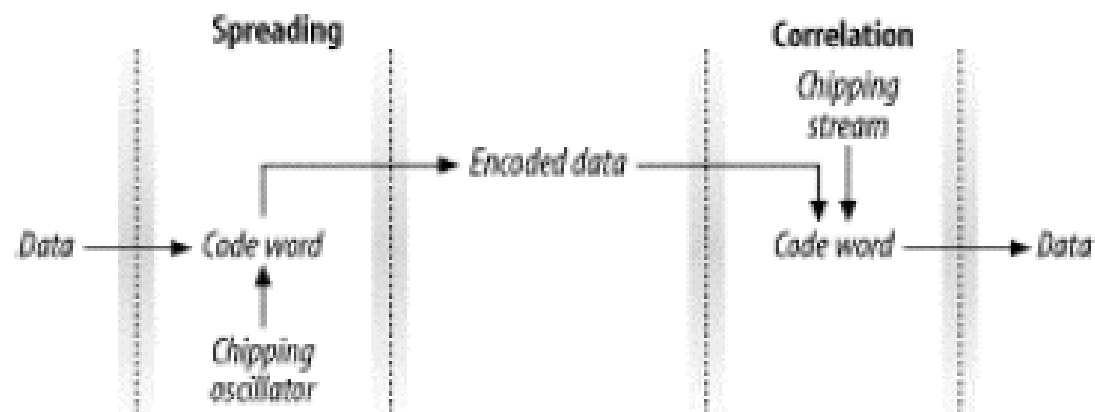
Complementary Code Keying (1)

Una codifica basata su un cambiamento lineare di fase non può supportare che un trasporto di pochi bit per parola di codice. DPSK richiede che i ricevitori siano in grado di distinguere differenze di un quarto di ciclo. Ulteriori aumenti nel numero di bit richiederebbero il riconoscimento di frazioni di ciclo ancora più piccole, cosa molto complicata in presenza di multipath e che richiederebbe elettronica molto complessa.

Il CCK divide il flusso di chip in parole di 8-bit, così che la trasmissione dati sia basata su una serie di 1,375 milioni di simboli di codice al secondo. CCK è basato su sofisticate formulazioni matematiche che danno la possibilità di trasferire da 4 a 8 bit di dati per ogni parola, realizzando throughput che vanno da 5.5 a 11 Mbps. Inoltre le stesse funzioni matematiche garantiscono al ricevitore una facile distinzione delle parole di codice anche in presenza di multipath e di interferenze.



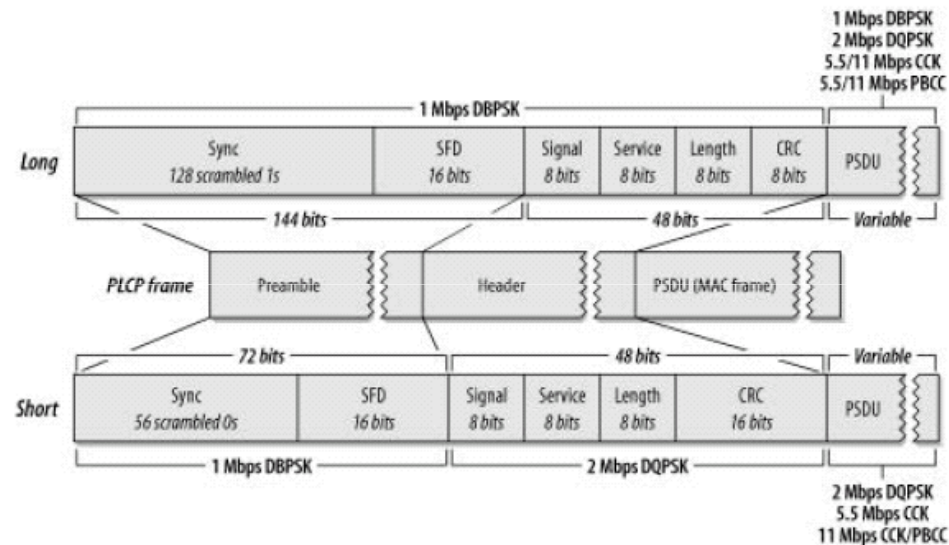
Complementary Code Keying (2)



La figura illustra come si ottiene la parola di dati: il processo è simile a quello usato in DS, la differenza sta nel fatto che le parole di codice sono ricavate parzialmente anche dai dati. CCK non usa una codifica statica e ripetitiva come quella di Barker, esso utilizza le parole di codice per trasportare informazioni.

Physical Layer Convergence Procedure (PLCP) per HR/DS

Al contrario dei livelli fisici visti finora, HR/DS ha due possibilità per la PLCP:



Il formato di frame lungo e quello corto. Il formato corto può essere utilizzato solo se tutte le stazioni lo supportano, mentre il formato lungo è identico a quello visto per il DS. 802.11b richiede che le stazioni che hanno sentito uno scan attivo rispondano con lo stesso formato del frame che hanno ricevuto (se possono usare entrambi i formati).

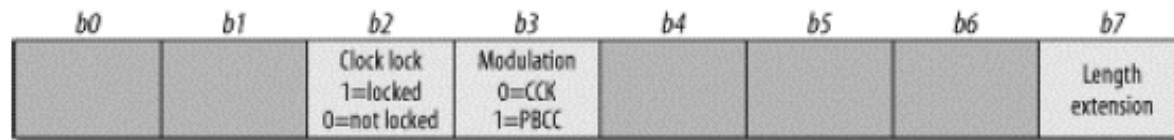
PLCP per HR/DS

□ Preambolo:

- Sync Lungo: composto da 128 bit posti ad '1'. E' processato da uno scrambler prima della trasmissione, che può usare o no un seme per la funzione di scrambling
- Sync Breve: composto da 56 bit a '0'. Anch'esso viene processato da uno scrambler
- SFD Lungo: sequenza 1111 0011 1010 000 per indicare l'inizio del frame
- SFD Breve: sequenza opposta al SFD lungo: 0000 1100 0101 1111

□ Intestazione:

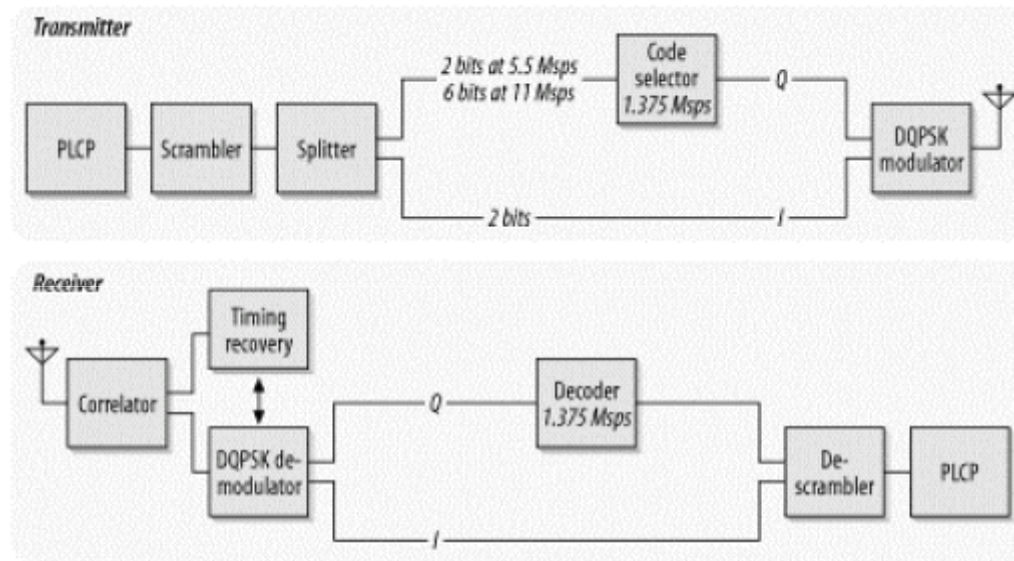
- Signal Lungo: usato per indicare il rate utilizzato nella trasmissione, utilizza 8-bit
- Signal Breve: stesso significato del precedente ma con sole 3 possibilità di scelta.
- Service: l'ultimo bit indica se bisogna estendere la grandezza del campo length generale, il terzo se gli orologi del sistema sono bloccati ad utilizzare tutti lo stesso oscillatore e il quarto per definire la codifica utilizzata (CCK o PBCC)
- Length: è la lunghezza temporale del frame da trasmettere
- CRC: è il codice di rilevazione di errori





Physical Medium Dependent (PMD) per HR/DS

Utilizza un solo schema per le specifiche PMD, il transceiver è rappresentato in figura



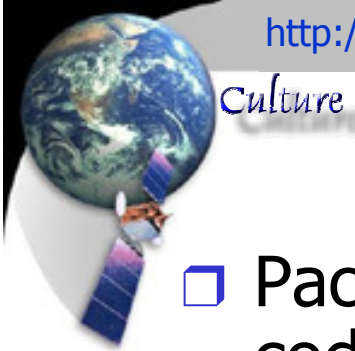
Per assicurare consistenza con gli altri schemi può trasmettere e ricevere a 1 e 2Mbps, ma tramite la CCK può raggiungere anche 5.5 e 11 Mbps.



Physical Medium Dependent (PMD) per HR/DS – CS/CCA

Come per il DS anche il CS/CCA per HR/DS può utilizzare tre modi distinti:

1. Quando l'energia misurata supera una soglia ED, il canale è considerato occupato
2. Quando sollecitato questo modo fa partire un timer di 3.65 ms e parte con il conto alla rovescia, se non è ricevuto alcun segnale valido allo spiro del timer allora il mezzo è inattivo. Il tempo scelto rappresenta il tempo necessario a trasmettere il frame più lungo a 5.5 Mbps.
3. Combina i due metodi precedenti, per cui un segnale deve essere riscontrato sopra una certa soglia perché il mezzo sia considerato occupato.



Elementi Opzionali in 802.11b

- ❑ Packet Binary Convolutional Coding: è una possibile codifica convoluzionale non largamente implementata. Nel 2001 una proposta di standard di WLAN basato su PBCC è stata rigettata
- ❑ Channel Agility: per evitare interferenze con le esistenti reti 802.11 basate su Frequency Hopping, 802.11b utilizza la channel agility, con la quale è capace di spostarsi, periodicamente, su un canale differente. Tre canali DS sono usati per non creare sovrapposizioni fra le reti, le sequenze di hop e i tempi di mantenimento del canale sono progettati in modo da non interferire con una rete FH nella stessa area.



Parametri fondamentali per HR/DSSS

La tabella riporta i parametri fondamentali nella descrizione del livello fisico HR/DSSS

Parameter	Value	Notes
Maximum MAC frame length	4,095 bytes	
Slot time	20 μ s	
SIFS time	10 μ s	The SIFS is used to derive the value of the other interframe spaces (DIFS, PIFS, and EIFS).
Contention window size	31 to 1,023 slots	
Preamble duration	144 μ s	Preamble symbols are transmitted at 1 MHz, so a symbol takes 1 s to transmit; 96 bits require 96 symbol times.
PLCP header duration	48 bits	The PLCP header transmission time depends on whether the short preamble is used.