

Wireless Systems (3) - Medium Access Control protocols



Luciano Bononi

(bononi@cs.unibo.it)

<http://www.cs.unibo.it/~bononi/>

Ricevimento: sempre aperto .

Si consiglia di concordare via e-mail almeno un giorno prima
(informazioni in tempo reale sulla home page personale)

Figure-credits: some figures have been taken from slides published on the Web, by the following authors (in alphabetical order):

J.J. Garcia Luna Aceves (ucsc), James F. Kurose & Keith W. Ross, Jochen Schiller (fub), Nitin Vaidya (uiuc)

Unico Canale Broadcast ad accesso condiviso:

Voglio comunicare con tutti i dispositivi, e allettanti fra loro nello stesso canale condiviso

→ MAC PROTOCOL: Problema: Se tutti i dispositivi "parlano" tutti fra loro, nessuno capisce (sullo stesso unico canale)

→ I segnali si distruggono tra loro (aumenta più diventa elevato il **tono** di **comunicazione** dell' unico canale condiviso)

→ Risolto:

1) Appuccio centralizzato e prioritario:

Serve un dispositivo che manda un segnale, prende la priorità e comunichi su tutti i dispositivi

→ coordinamento dovuto ad un **emittente centrale**

→ Se manca, tutti parlano con tutti → collisioni

Nelle reti cablate:

Quindi come condividiamo il canale gestendo gli accessi ed evitando le collisioni?

→ Protocollo MAC ETHERNET

• Prima di trasmettere, verifico che il mezzo trasmissivo non è occupato → **CARRIER SENSING**

• Caso sincrono: due dispositivi comunicano assieme nello stesso momento → collisione
(entrambi hanno visto il canale libero e nello stesso momento hanno trasmesso)

• TRANSMISSION DETECTION: Il protocollo si accorge che i due o più segnali sono presenti sul canale → si interrompe e si fa trasmettere il segnale

Se c'è una collisione, quando è il momento buono per trasmettere nuovamente il messaggio? → evitando una trasmissione immediata con collisione immediata

⇒ Si usa un tempo di attesa randomico → Ho uno "spargimento casuale" degli accessi.

cioè de sincronizzo l'accesso condiviso al canale per ogni dispositivo (con questo meccanismo casuale di attesa)

Pero questo tempo non può essere troppo lungo

→ Non esiste però un modo per determinare il tempo medio di attesa → si va per tentativi e si fa **learning by experience** ← migliora il tempo di attesa medio (aumento o lo diminuisce) (tentativo per tentativo)

• Più dispositivi sono connessi, più collisioni sono probabili e più si deve aumentare il tempo medio di attesa

→ Il protocollo ETHERNET se ci fossero problemi più gravi, modifica ai livelli superiori di fare dei controlli (livello rete, livello applicaz.)

Esempio Si stacca il cavo ethernet → collisioni continue e numerose nonostante i tempi di attesa aumentati al massimo

Livello applicazione: modifica che c'è un problema all'uomo

→ Ethernet non può dare garanzie (Es. making best effort di INTERNET/rete locale) (per migliorare si potrebbe usare il token ring)

The MAC layer in wireless networks

■ The wireless MAC layer roles

■ Access control to shared channel(s)

- Natural broadcast of wireless transmission
- Collision of signal: a time/**space** problem
- Who transmits when? (**and where**)?
 - Avoid collisions (**no Collision Detection**)

■ Scarce resources utilization

- Channel capacity and battery power

■ performance and QoS

→ nel cavo: token, mmy
→ wireless: non si può, basta un intervento
/numere radio

- System level and (**or vs?**) user level

■ Frame organization, and intra-, inter-layer information management

- Cross layering principles for adaptive behavior? → Aggiungo allo stack ISO/OSI
- Risk for "spaghetti design" [Kumar2003]

↳ violazione dello STACK ISO/OSI

[Kumar2003] V. Kawadia, P.R. Kumar, "A Cautionary Perspective on Cross Layer Design", Submitted for publication, 2003
(<http://black1.csl.uiuc.edu/~prkumar/>)

livelli MAC per adattare il punto collo MAC al mondo wireless
↓
viola lo STACK ISO/OSI

Il MAC protocol nel mondo wireless fallisce quasi sempre, ha probabilità altissime di collisione

Se si voce implementare un MAC protocol nel mondo wireless bisogna considerare i seguenti aspetti:

Broadcast naturale: perché le onde radio arrivano a tutti i dispositivi (diffondendosi nello spazio) nello stesso canale definito

collisioni: Nel mondo cibato c'è un problema temporale, mentre in quello radio c'è sia il tempo che lo spazio: il MAC protocol deve chiedersi da dove si sta trasmettendo e quando

NON c'è la COLLISION DETECTION
→ si potrebbe fare in un modo:

Su un canale invio le informazioni, su un altro invio del rumore ? → chiamare

→ Ma non si usa mai perché i canali (frequenze dello spettro radio) costano

PROBLEMI DI SCARSITÀ DELLE RISORSE:

→ capacità del canale
→ durata della batteria

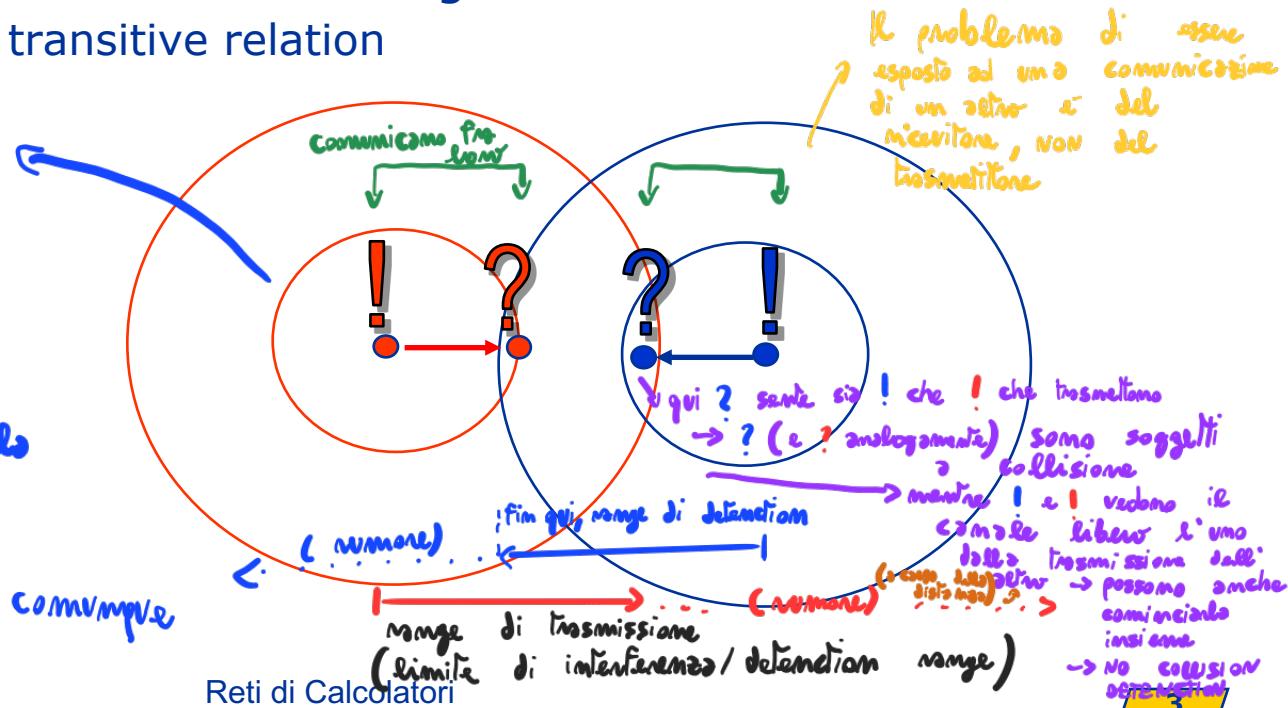
Collision of wireless signals

- Collision has destructive effect on the receiver (*e. non sul trasmettitore*)
 - ...causes both channel and power waste
 - Collision detection is not practical in wireless systems
 - Collision avoidance/resolution + contention control on the sender
 - Capture effect is possible
 - Exploited to enhance channel reuse, if possible
 - Collision domain: set of nodes sharing the same channel
 - Space splitting, transitive relation

C'è un'ASIMMETRIA nei
moli:

• il Trasmettente
NON sa quando deve
parlare, vede sempre il
completo libero, lo sa
il ricevente, che vede le
collissioni.

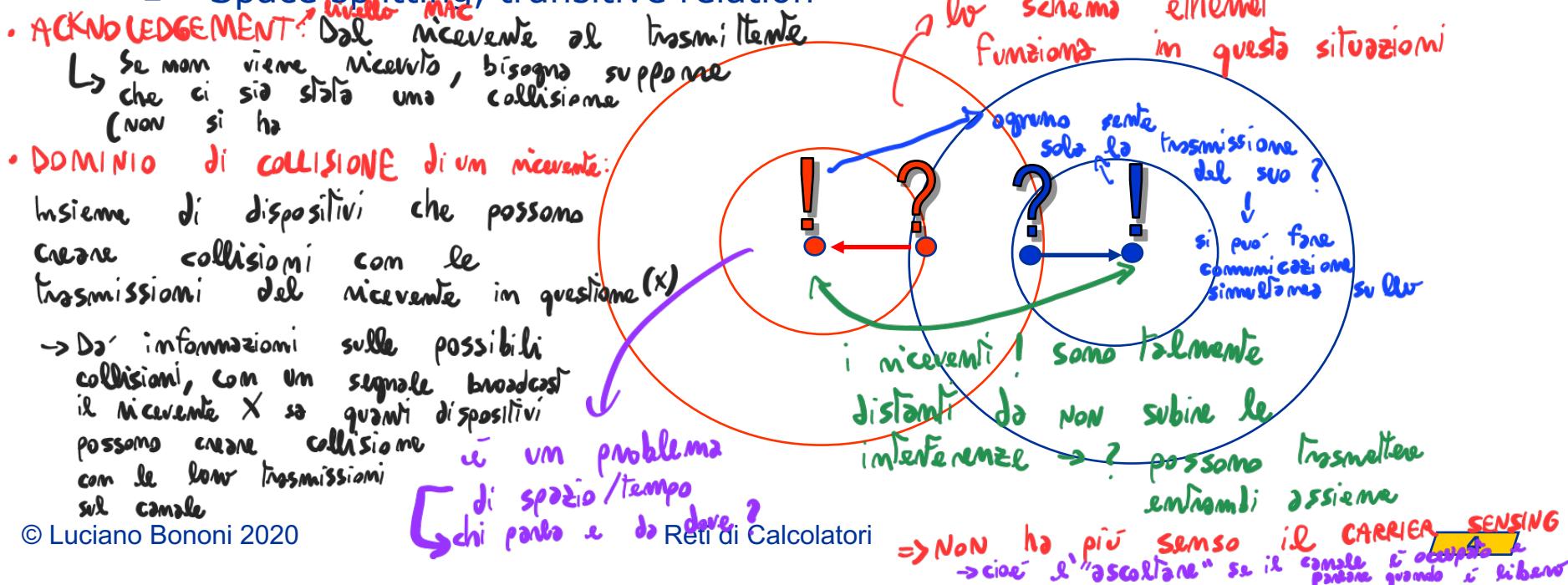
Ma la decisione di trasmettere la prevede comunque il trasferimento.



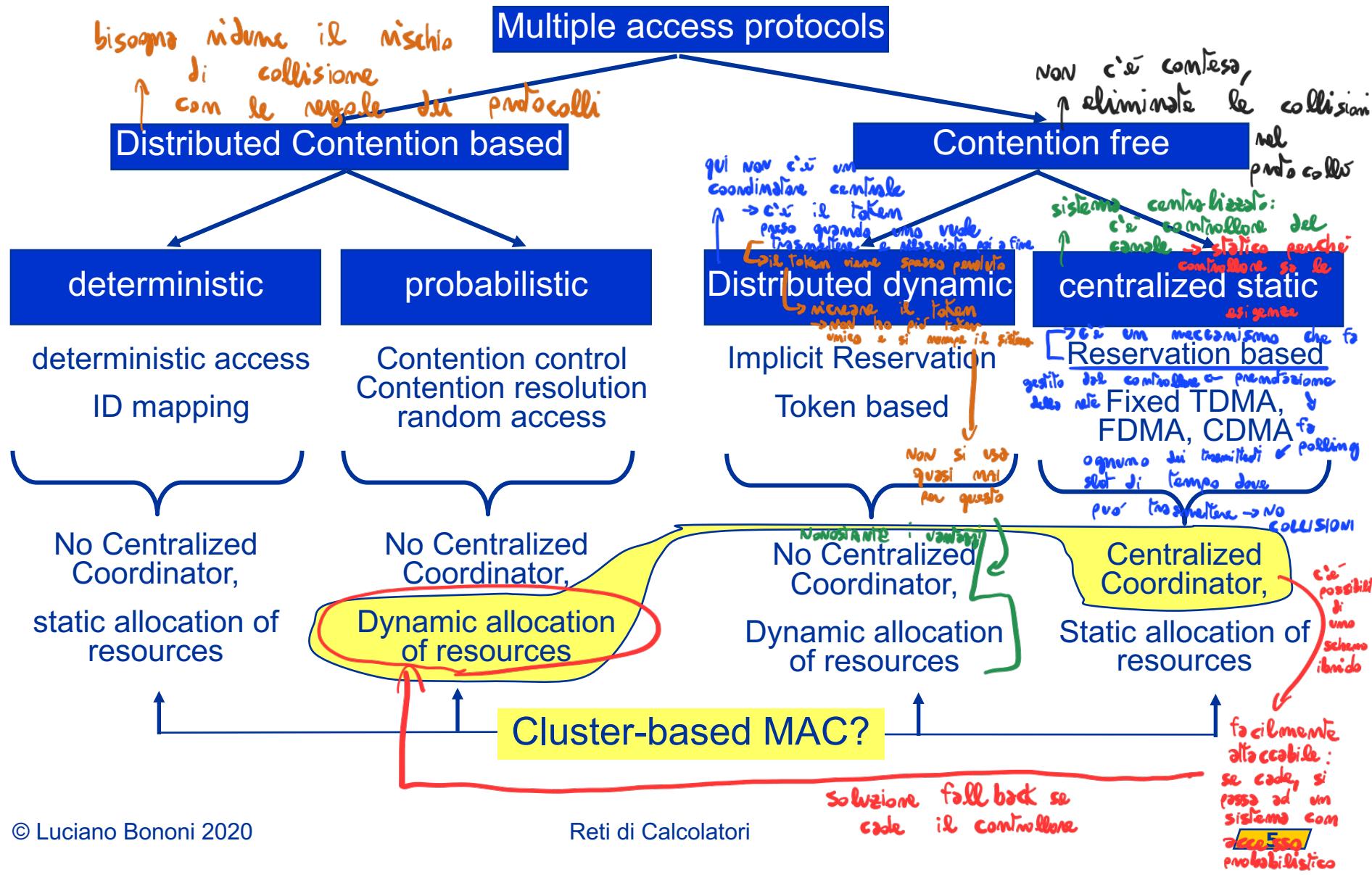
Visti i problemi della slide sopra, inventiamo il verso di trasmissione (da ? a !)

Collision of wireless signals

- Il canale è libero o occupato? Dipende da dove sei → cioè da come sono composti i DOMINI di COLLISIONE dei dispositivi riceventi e trasmettenti
- Collision has destructive effect on the receiver
 - ...causes both channel and power waste
 - Collision detection is not practical in wireless systems
 - Collision avoidance/resolution + contention control on the sender
- Capture effect is possible
 - Exploited to enhance channel reuse, if possible
- Collision domain: set of nodes sharing the same channel
 - Space splitting, transitive relation



Wireless MAC protocols' classification



Distributed Contention based

- NON c'è MAI coordinazione centrale

Accesso deterministico

Schemi ↓ dare ogni potenziale modo centrale ha una funzione
ID MAPPING → hashing ("modulo per es.") su indirizzo MAC
così che se ho collisione nell'hash, lo modifico

Accesso probabilistico

Cerca di gestire le collisioni, cerca di tutto è determinato dalla probabilità che due o più dispositivi vogliano comunicare sul canale e quindi devono abbassare la probabilità di avere collisione

- 1) Aumento la pena media d'attesa (tempo) che attendendo prima di trasmettere
- 2) controllare contesa (1)
misurare contesa (2)

Vorremmo creare un protocollo ETHERNET

Evolutionary perspective of distributed MAC

WIRELESS MAC PROTOCOL → dominio del tempo

- Se io voglio trasmettere un frame sul canale radio, voglio sapere la finestra di tempo in cui tale frame può fare collisione con altri frame nel canale /
- Distributed, contention-based wireless MAC Problem:
 - the frame vulnerability (collision risk) → NON È UNA collision detection → fatta mentre c'è collisione, ma è collision avoidance che è fatta prima di trasmettere
 - Needs resolution in distributed way (no centralized coordinator)
 - let's analyze the **time domain first**

Sono tutti MAC Protocol

- Aloha [Abramson1970]: no coordination → protocollo che è distribuito e ad accesso probabilistico
- Slotted Aloha → il tempo viene considerato come slot → un frame viene trasmesso all'inizio dello slot e ci sia junior (In Aloha base esiste 2 slot)
- CSMA [Kleinrock1975]: listen before to transmit
 - "ascolta il canale radio prima di trasmettere" → ma a seconda delle disposizioni spaziali (vedi es. ! e ?) puo' causare problemi o non causarne
- Slotted CSMA
- CSMA/CD:
 - (unpractical in wireless scenarios) → possibile perché un dispositivo
 - CSMA/CA → collision avoidance + contention resolution (reactive resolution of collisions)
 - CSMA/CA + contention control (preventive/reactive reduction of risk of collisions)

questo range di tempo è un metodo di COLLISION AVOIDANCE → FRAME VULNERABILITY

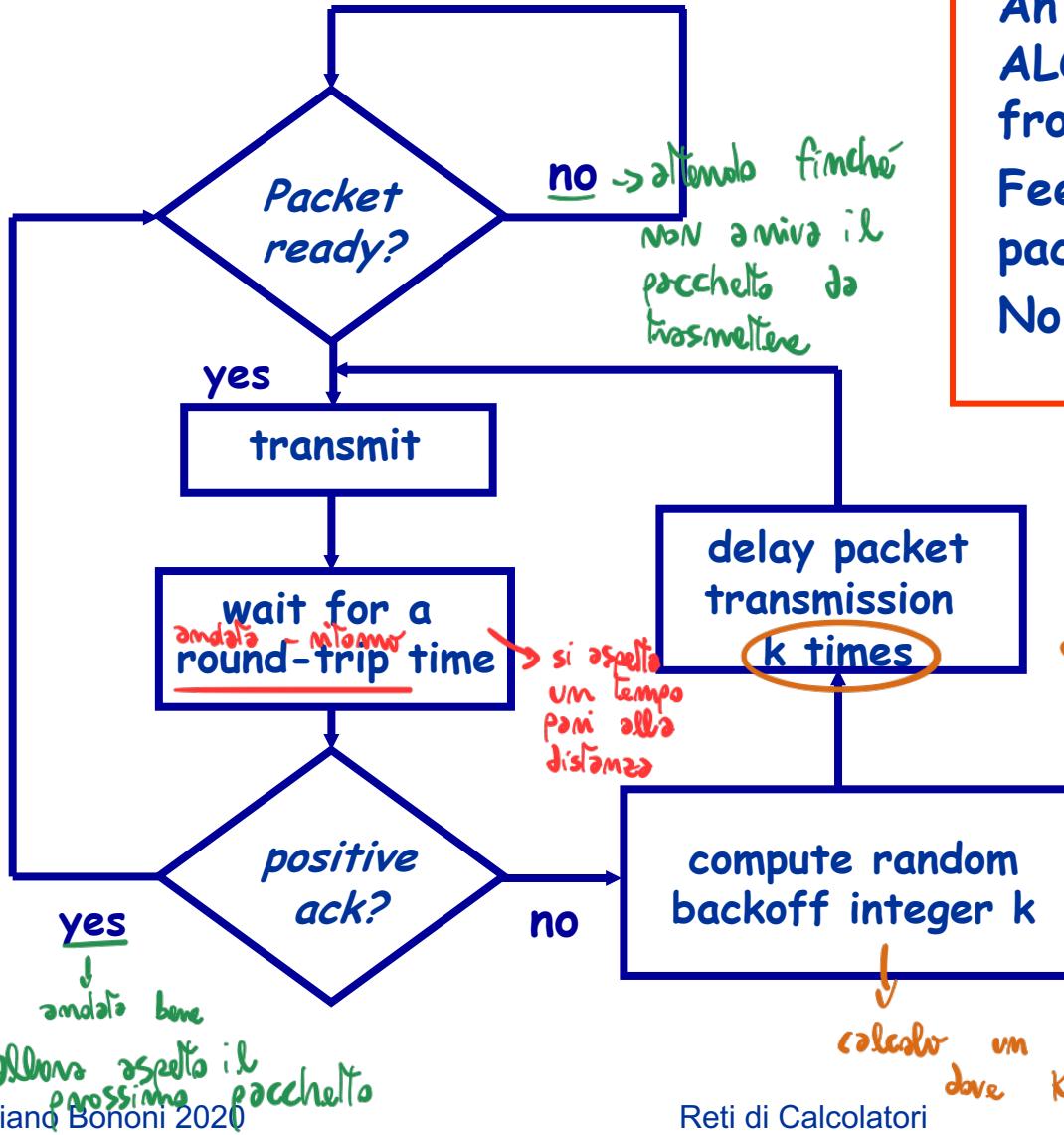
[Abramson1970]

N. Abramson, "The ALOHA system - another alternative for computer communications", Proc. Fall Joint Comput. Conf. AFIPS, 1970

[Kleinrock1975]

L. Kleinrock, F.A. Tobagi "Packet Switching in Radio Channels: Part I - Carrier Sense Multiple-Access modes and their throughput-delay characteristics", IEEE Transactions on Communications, Vol Com-23, No. 12, pp.1400-1416, 1975

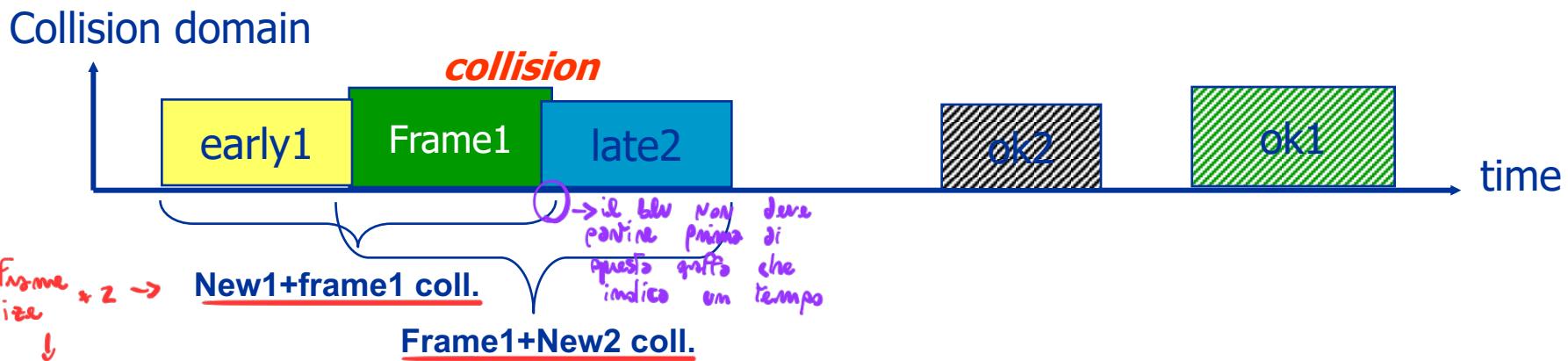
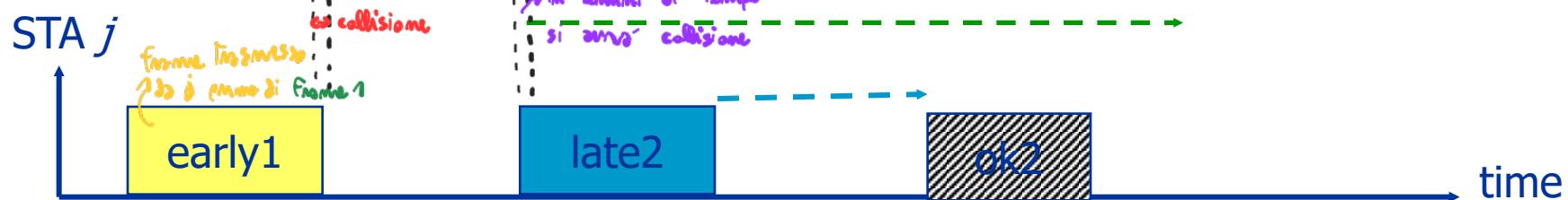
The ALOHA protocol



An integral part of the ALOHA protocol is feedback from the receiver
Feedback occurs after a packet is sent
No coordination among sources

Assumo per ora che i frame abbiano dimensione costante

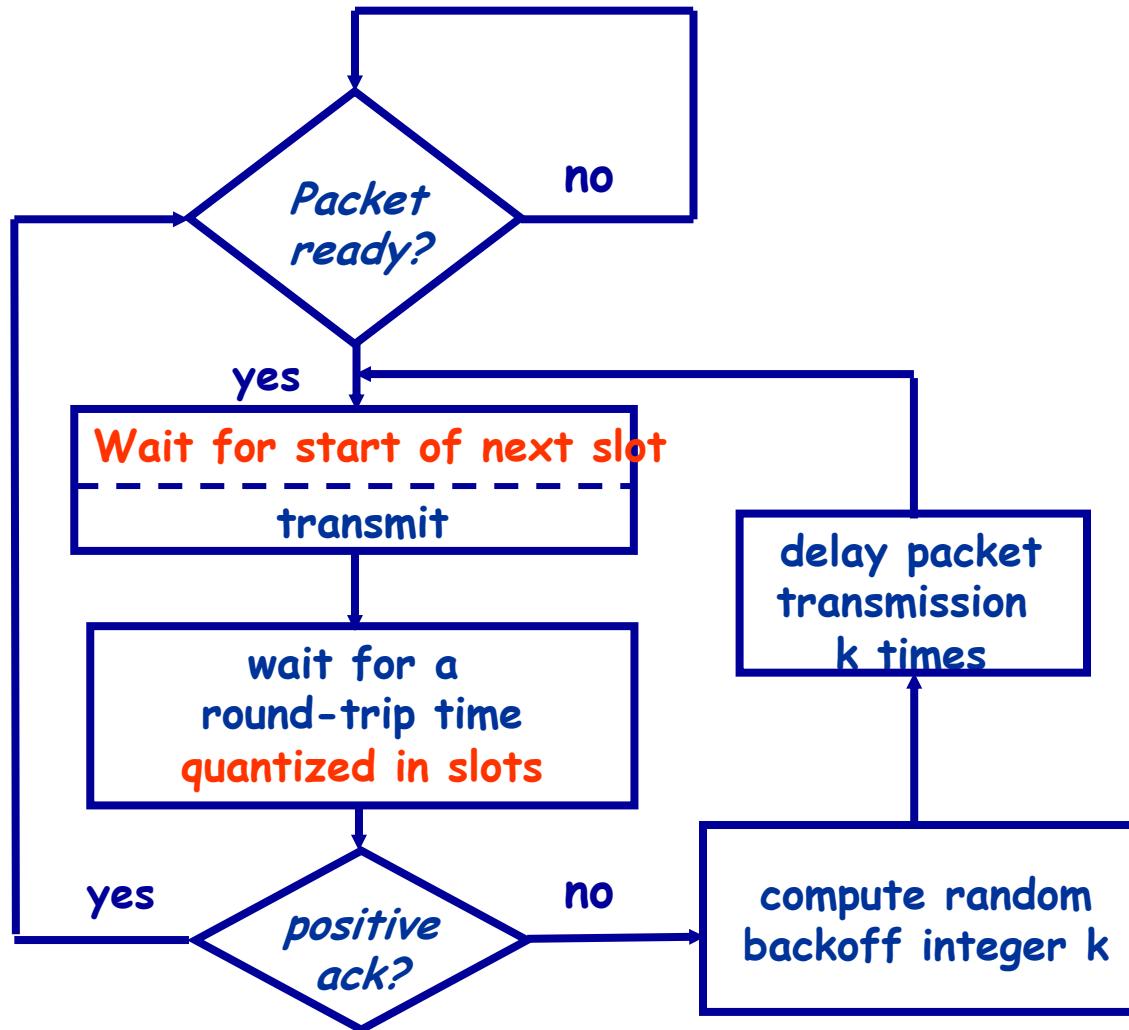
The ALOHA protocol



Frame vulnerability time: twice the frame size

(Assunto che i frame abbiano stessa size in questo caso)

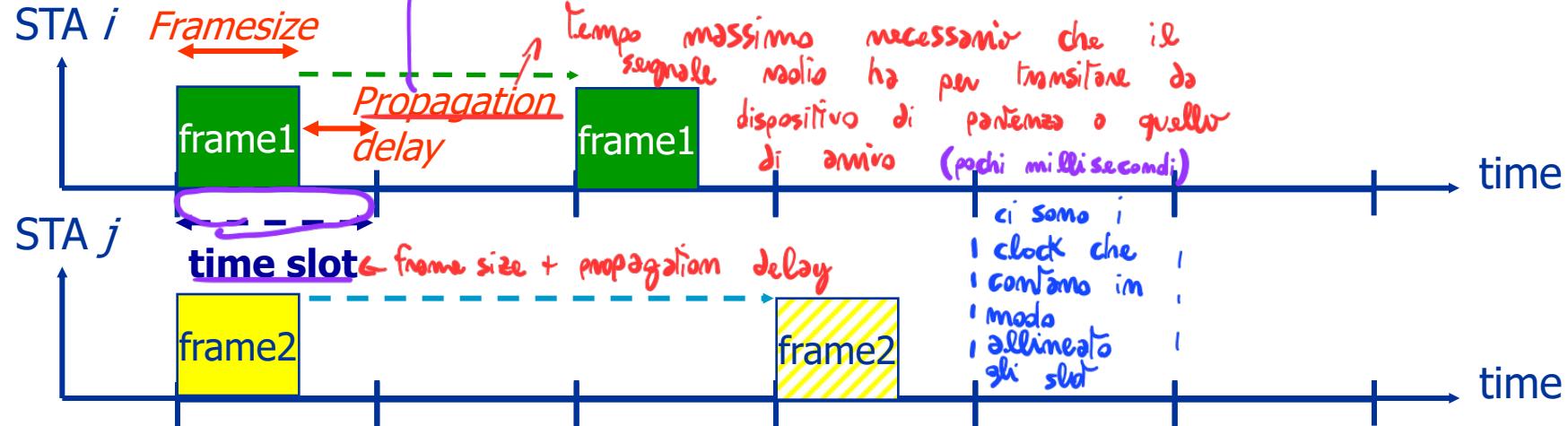
Slotted ALOHA



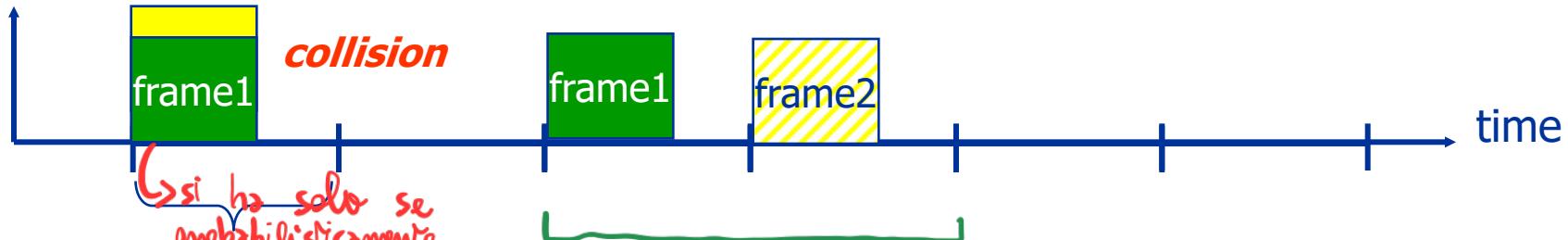
Slotted ALOHA

se non ci fosse, non daremo la possibilità

all'ACK di essere ricevuto correttamente a causa delle collisioni

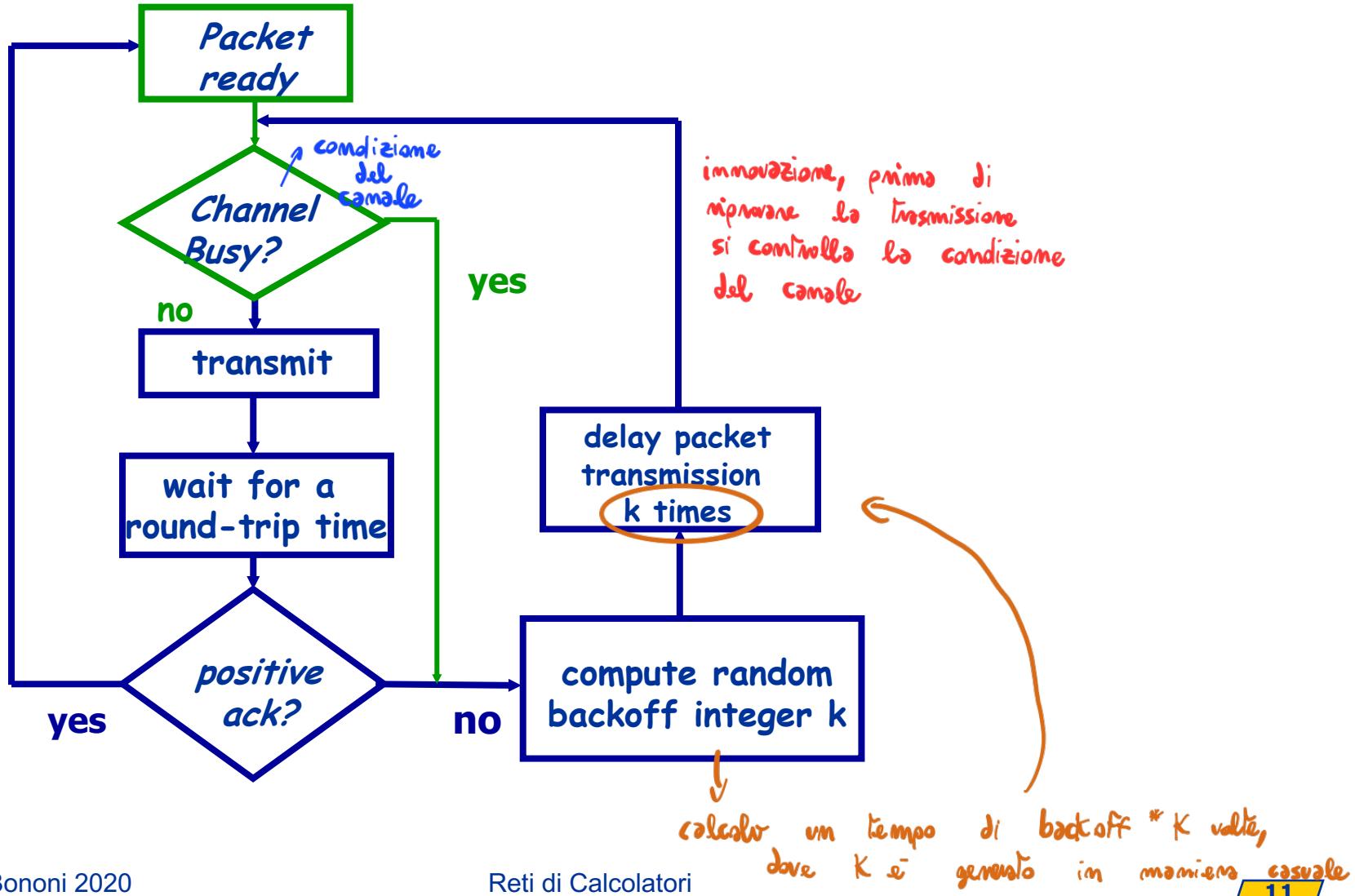


Collision domain

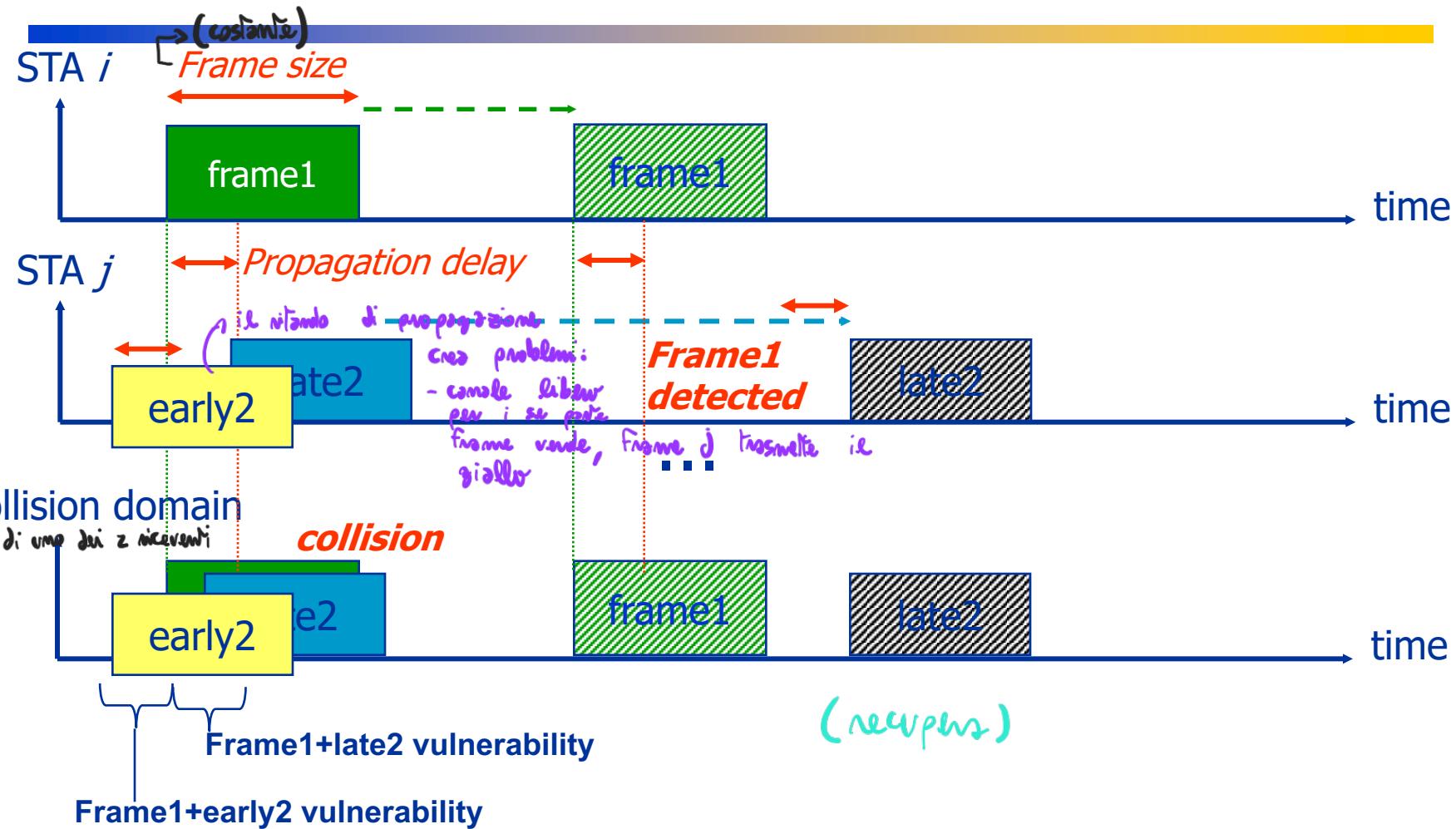


- Frame vulnerability time: the frame size (slot + propagation)

CSMA Protocol



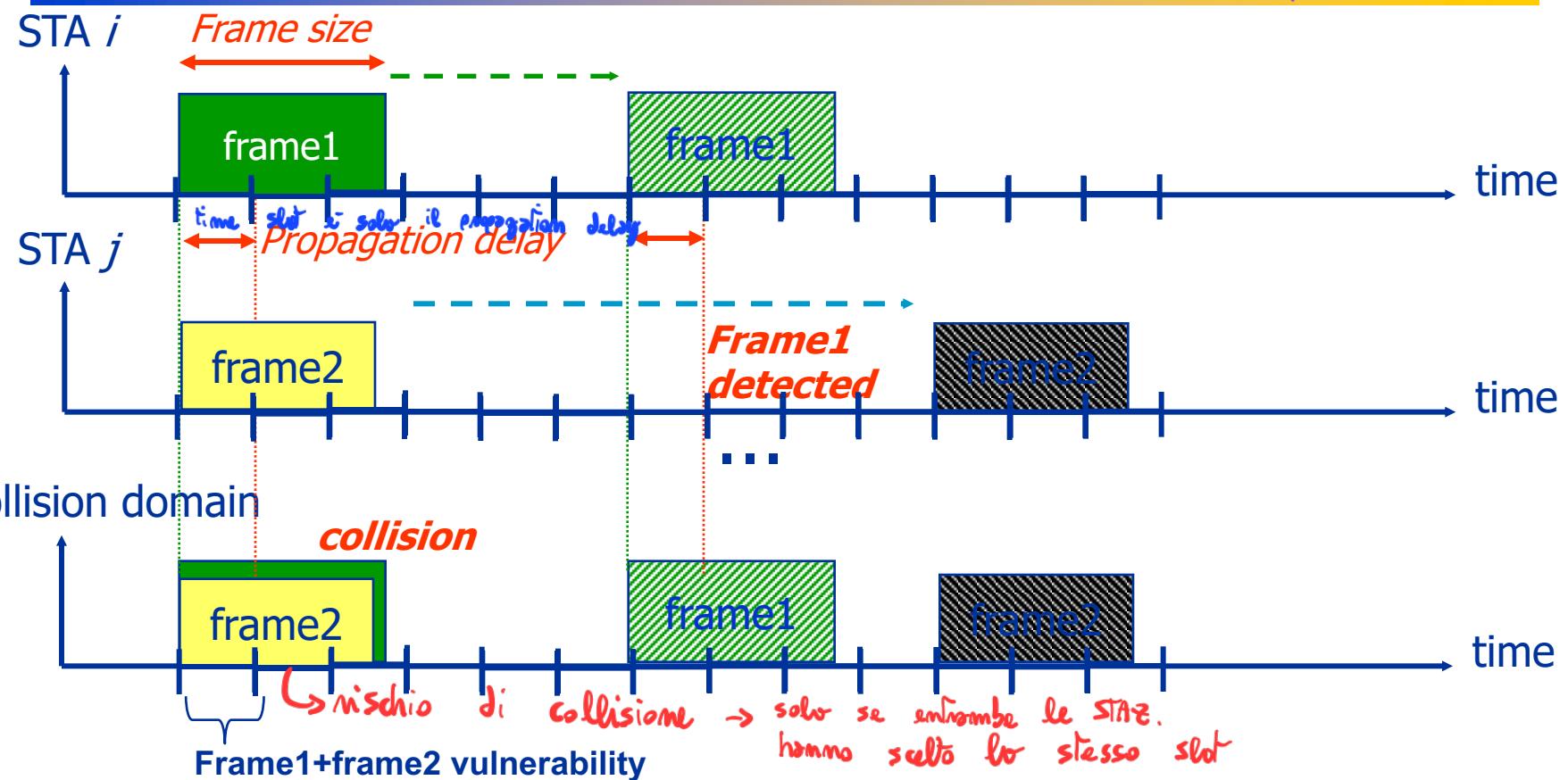
CSMA Protocol



- Frame vulnerability time: twice the propagation delay

Slotted CSMA Protocol

→ wi - fi
(per quanto riguarda il dominio del tempo)



- Frame vulnerability time: the propagation delay

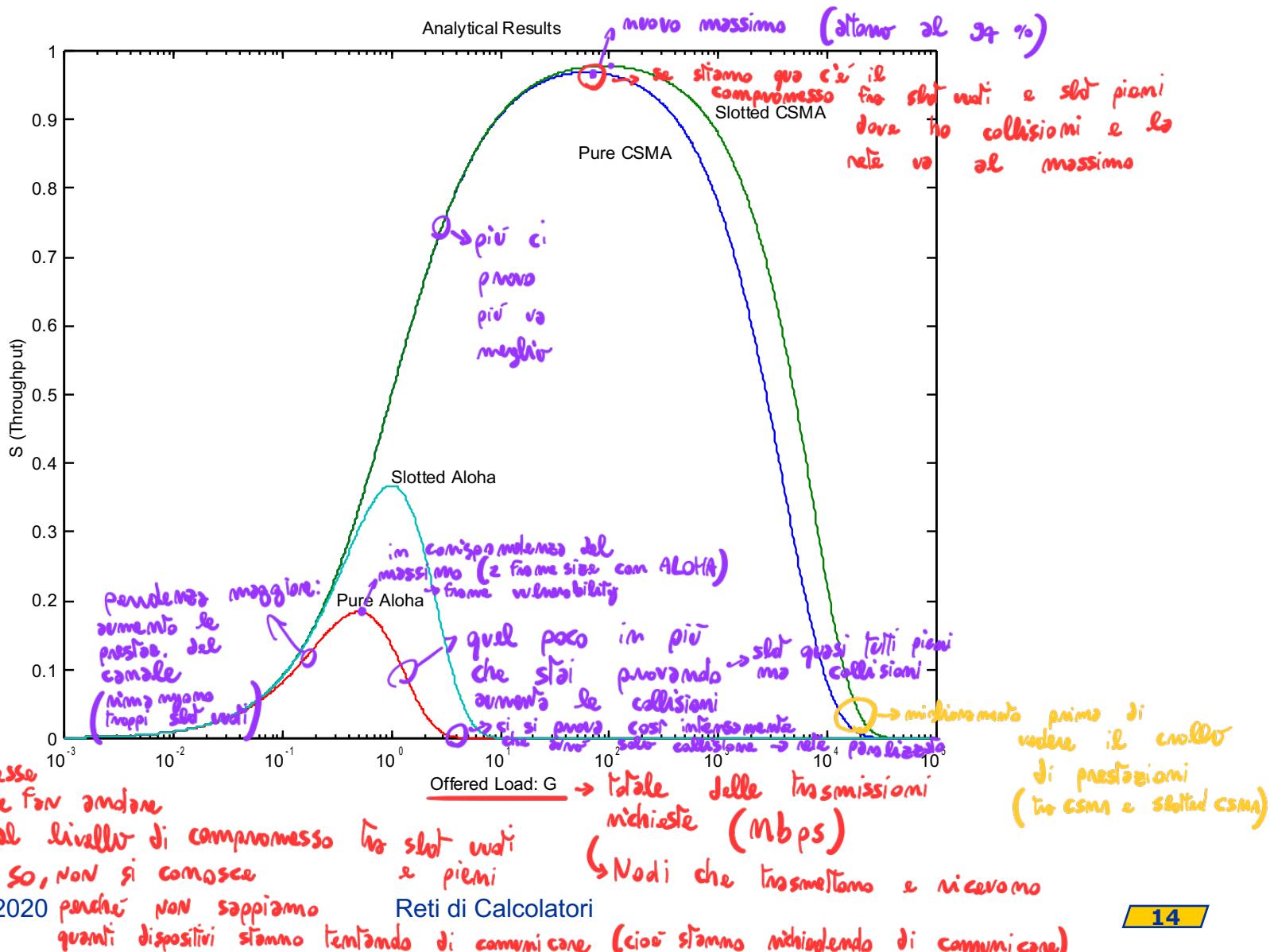
→ comprende i bit inviati: sia quelli contenenti informazioni

sid
ar

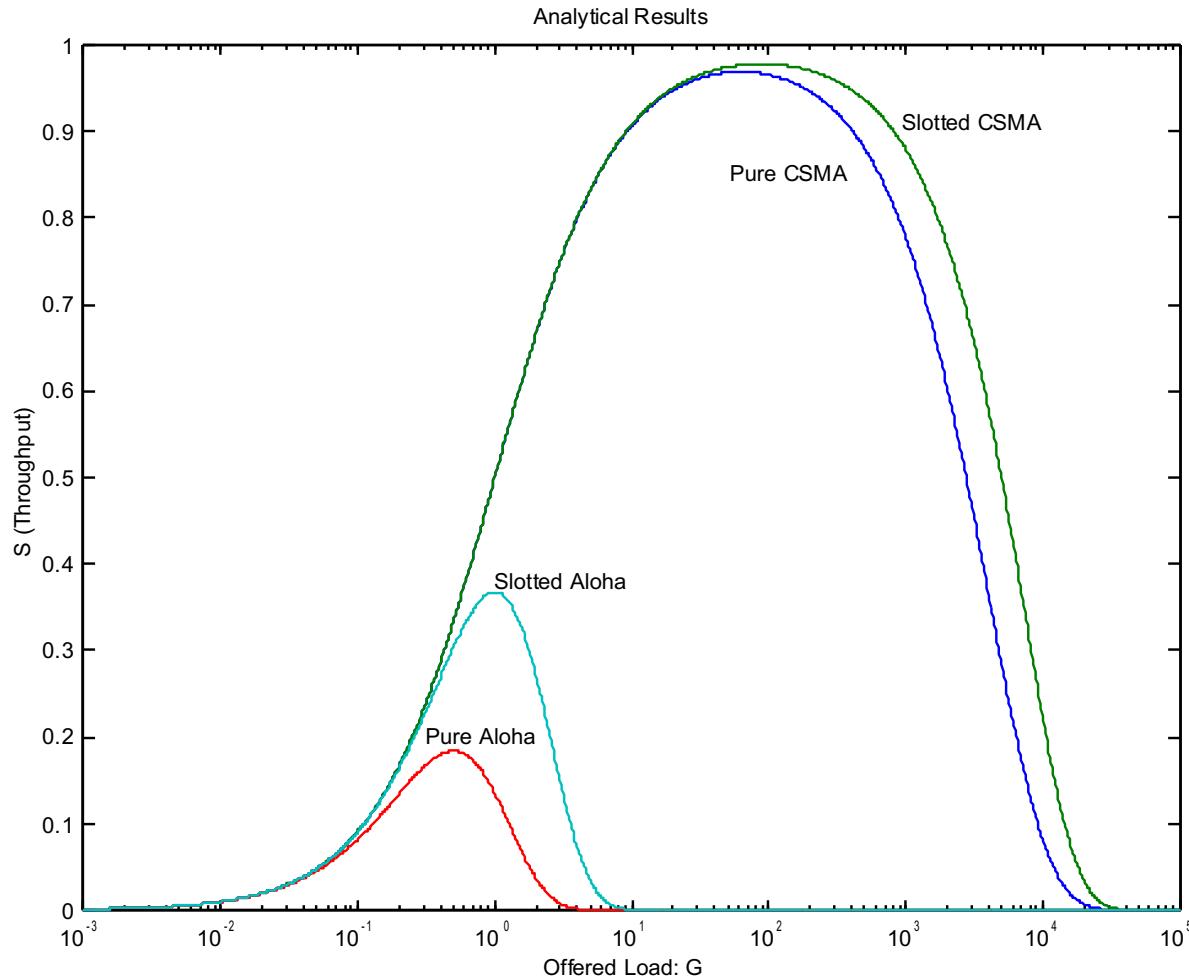
10

Quelli contenenti informazioni di protocollo

Throughput comparison



Throughput comparison



Evolutionary perspective of distributed MAC

- Distributed, contention-based wireless MAC Problem:
 - the frame vulnerability (collision risk)
 - Needs resolution in distributed way (no centralized coordinator)
- ~~Il MAC protocol deve evitare le collisioni, che sprecano tempo ed energia (batte) del canale~~
let's analyze the Space domain → distanza euclidea tra
Request to send / Clear to send trasm. e ricev.
 - MACA [Karn1990]: RTS/CTS, no carrier sense (MACA-BI, RIMA...) E già la tecnologia, ma si scalda di non utilizzarla
 - MACAW [Bharghavan et al.1994]: RTS/CTS, no carrier sense and immediate ACK (more reliable and efficient Link Layer Control)
 - FAMA [Fullmer et al.1995]: RTS/CTS, carrier sense + other stuff più specifiche nelle slide da s' RTS più lungo del CTS
- Main solution: RTS/CTS mechanism
 - Today under some criticisms

[Karn1990]

P. Karn, "MACA - A new Channel Access Method for Packet Radio", proc. 9-th Computer Networking Conference, September 1990

[Bharghavan et al. 1994]

V. Bharghavan, A. Demers, S. Shenker, and L. Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LAN's," proc. ACM SIGCOMM'94, pp.212-225, London, 1994

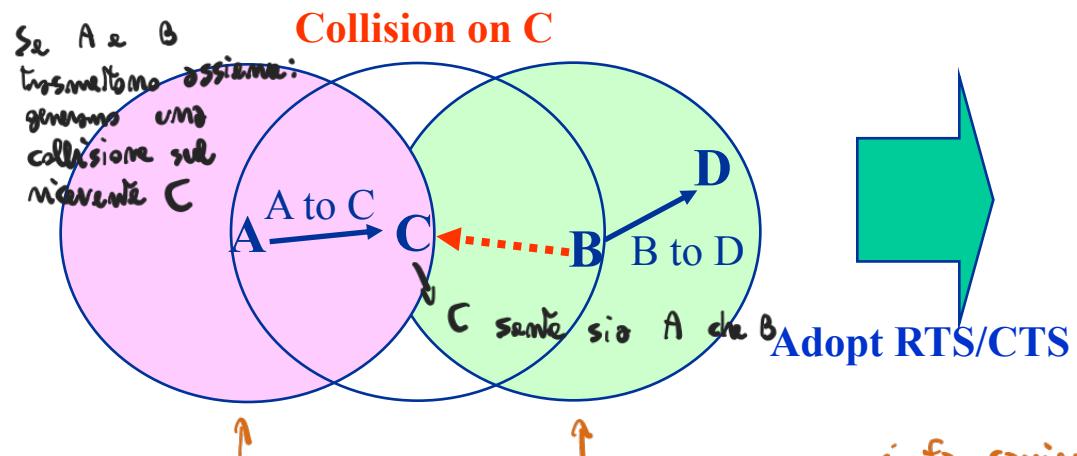
[Fullmer et al. 1995]

C.L. Fullmer, J.J. Garcia-Luna-Aceves, "Floor Acquisition Multiple Access (FAMA) for Packet Radio Networks", Proc. ACM Sigcomm'95 Cambridge, MA, 1995

Hidden and Exposed terminals: RTS/CTS

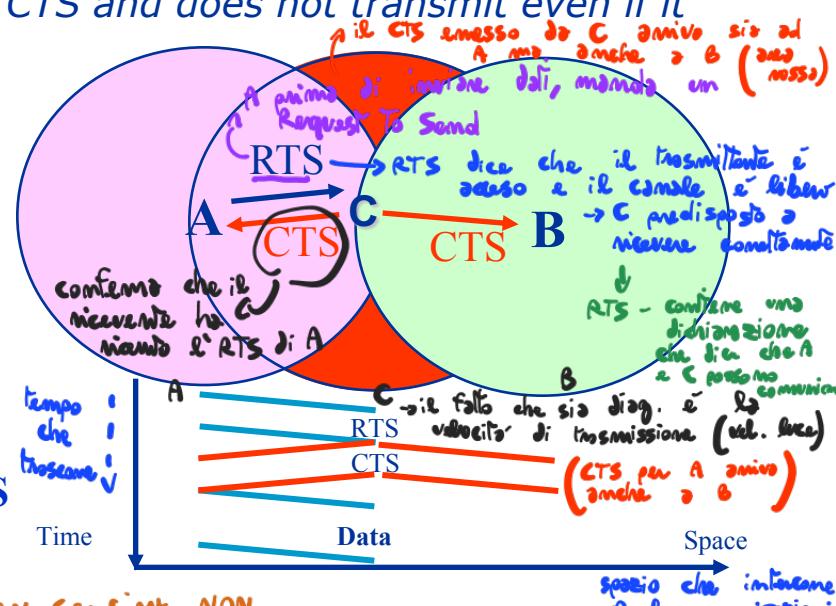
Bisogna gestire i terminali ESPOSTI e/o NASCOSTI

- **The space domain:**
- Hidden and exposed terminals: space vulnerability
- RTS/CTS mechanism to contrast Hidden terminals → RTS/CTS implementa un meccanismo di collision avoidance
 - Hidden terminals: B does not sense traffic, but the receiver C cannot receive its packet due to a transmission from A to C (A hidden to B)
 - to seize the channel, according to CSMA/CA, a station transmits a short RTS (request to send) packet and waits for the CTS (Clear to Send) response.
 - A transmit RTS to C and seizes the coverage area
 - C respond with CTS to A (B receive the CTS and does not transmit even if it cannot sense A's transmission)



A e B sono "nascosti" → se si fa collisione, NON sono visibili (troppo distanti) evidenti l'uno all'altro, mentre B e C sono esposti

- **The space domain:**
- Hidden and exposed terminals: space vulnerability
- RTS/CTS mechanism to contrast Hidden terminals → RTS/CTS implementa un meccanismo di collision avoidance
 - Hidden terminals: B does not sense traffic, but the receiver C cannot receive its packet due to a transmission from A to C (A hidden to B)
 - to seize the channel, according to CSMA/CA, a station transmits a short RTS (request to send) packet and waits for the CTS (Clear to Send) response.
 - A transmit RTS to C and seizes the coverage area
 - C respond with CTS to A (B receive the CTS and does not transmit even if it cannot sense A's transmission)

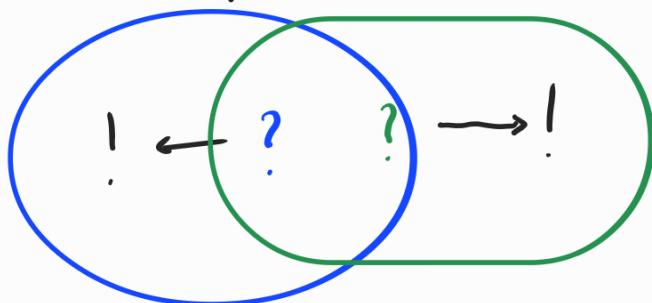


Il CTS ricevuto da B → informa B che anche se vede il canale vuoto sa che potrebbe creare disturbi
 risolve il problema dei terminali hidden

→ Se poi nel CTS metto la dimensione del frame e il tempo di trasmissione di A e C B sa che non deve trasmettere perché disturberebbe la comunicazione

→ Se ci fosse un altro dispositivo D non sente il CTS, ma sente solo l'RTS, posso comunicare perché sto comunicando in un range di un trasmettente e non un ricevente (disturbo il trasmettente, ma non c'è un problema, non deve ricevere)

ho questa situaz.



→ Nei router: threshold soglia (in bytes) oltre al quale la dimensione del payload (campo dati frame) contiene anche i bytes del RTS/CTS → supera la soglia, uso RTS/CTS
 → Se la dimensione del frame attuale (1500 byte) è superata mettendo RTS/CTS
 ⇒ C'è quindi il concetto di prendere lo spazio attorno al ricevente, che NON vogliamo disturbare
 Se disturbo il trasmettente non c'è problema

Se l'access point è in mezzo → tanti dispositivi ha senso RTS / CTS → RTS sono circa 48 byte

- ⇒ dipende se ho ampio spazio o meno
- se lo spazio è piccolo, i terminali sono tutti esposti e "sentono" se il canale è libero
 - se lo spazio è ampio si usa RCT/CTS

L'uso di CTS/RTS dipende dalla dimensione del frame

- Se ho 100 byte, posso anche fare a meno e riprovare finché non è inviato
- Se faccio un file transfer → si che servono RTS/CTS

(NON avendo collision detection,
se trasferisco 2400 byte e poi va male,
è svantaggioso, se uso RTS/CTS proteggo
il frame ed evito problemi)

CTS/CTS
conviene perché si usano frame di
dimensione massima

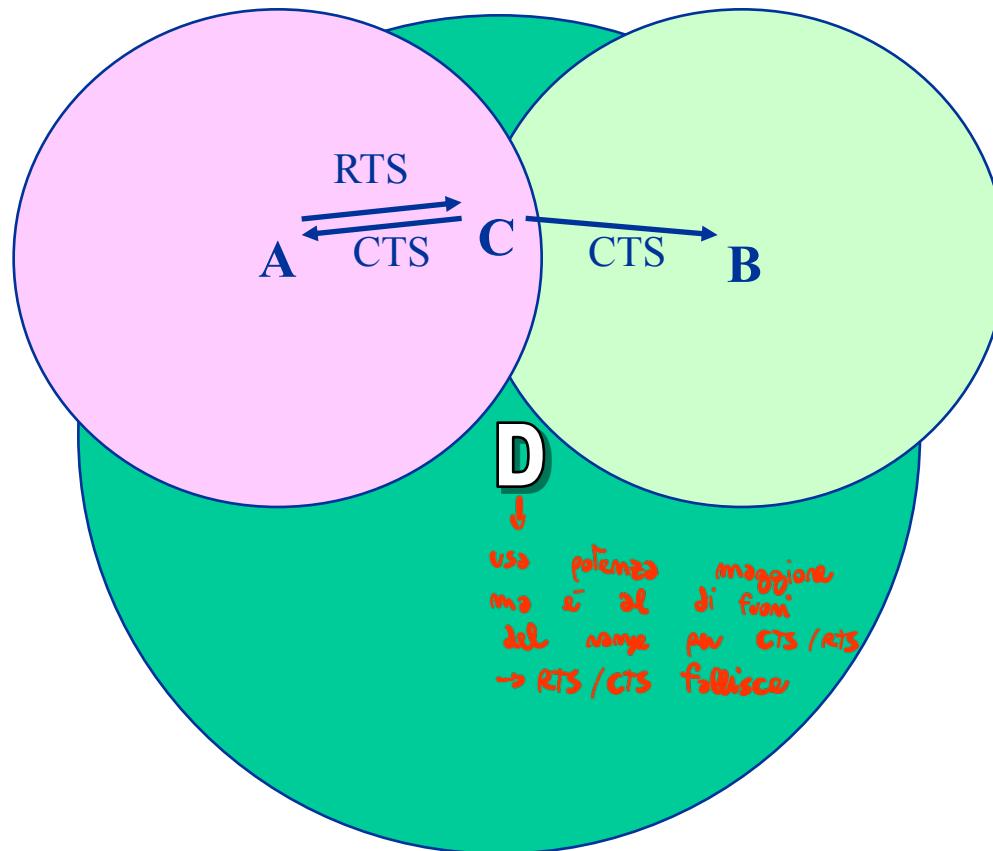
Ese. se RTS/CTS Threshold: 1499 bytes

(siccome la dimensione max per
ethernet è 1500, avrai RTS/CTS e
frame di dimensione max possibile)

→ Bisogna ricordarsi che RTS/CTS è un costo, si usa dove è necessario, se non ci sono rischi altri puo'
essere NON usato (verdi sopra)

RTS/CTS drawbacks

- **RTS/CTS is not a “guaranteed” solution and it is additional overhead**
- Power asymmetry, detection and interference range >> transmission range



ATTACCO

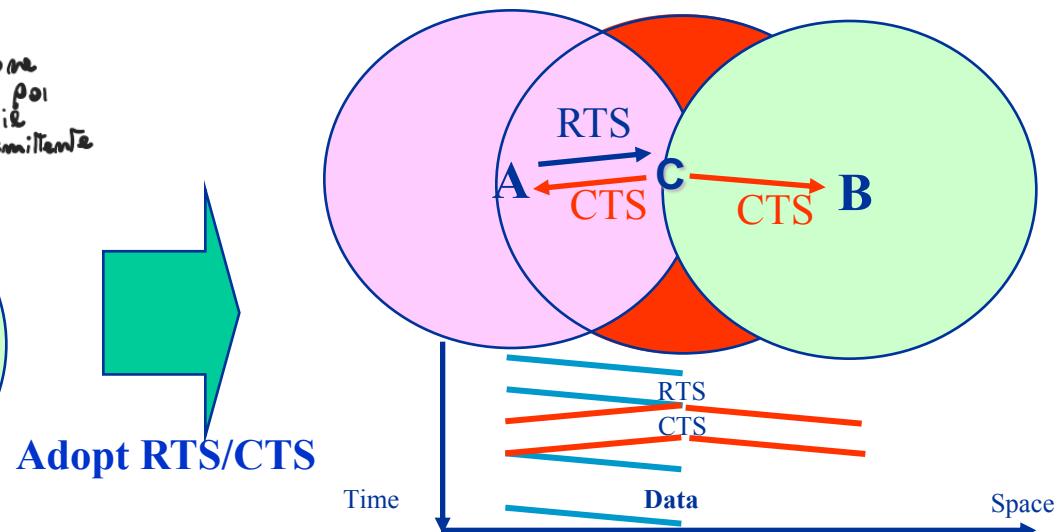
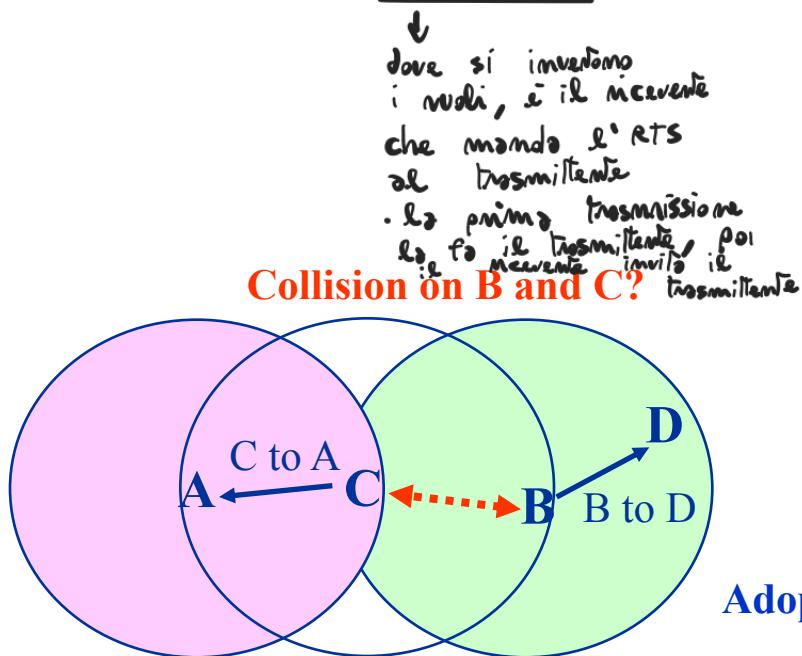
CTS FLOATING :

© Luciano Bononi 2020

attaccante manda il CTS a tutti → non c'è mirevabile
senza motivo Reti di Calcolatori

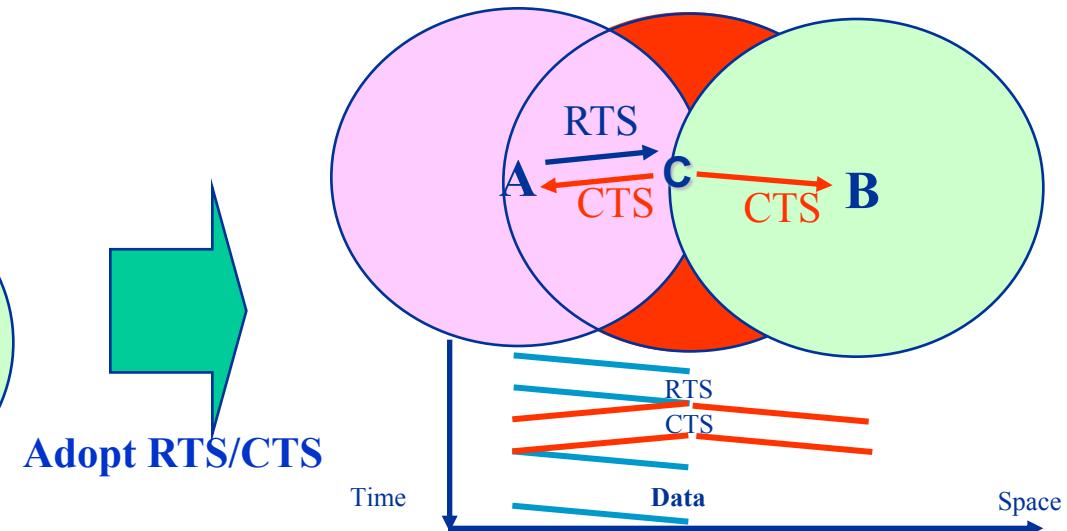
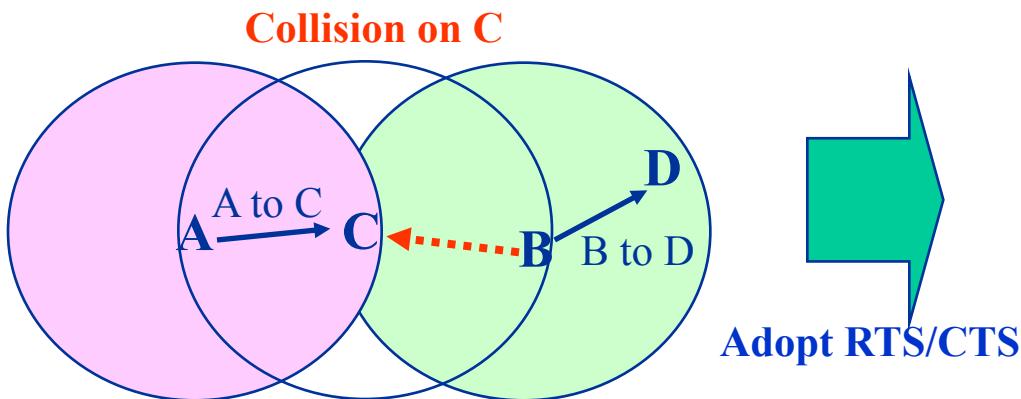
MACA: slotted RTS/CTS, no CS

- MACA: eliminates the carrier sensing
 - ...because the contention is on the receiver!
- Introduces **slotted RTS/CTS** (30 bytes each) and **slot time equals the RTS (and CTS) duration**
- Allow exploitation of concurrent spatial transmission if the receiver is not exposed to two hidden transmitter terminals
- Variations: MACA-BI, RIMA (receiver initiated)



MACAW: no cs + slotted RTS/CTS + ACK

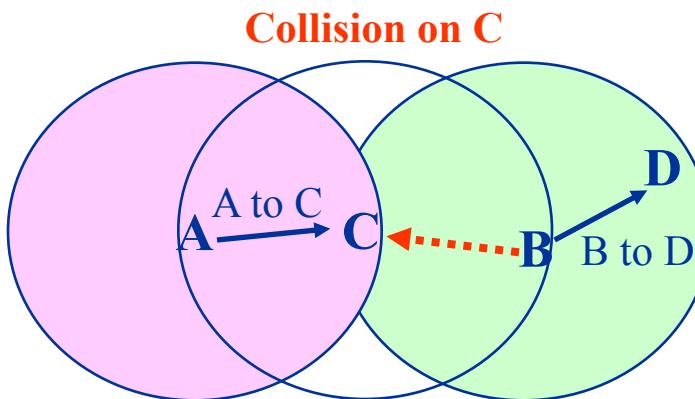
- MACAW: fairness of the backoff procedure
 - MILD + **Binary Exponential Backoff** → *stima la conflso per l'accesso al canale e regola del cw*
 - Cooperation-based backoff values (space-issues of contention)
- no carrier sensing before both slotted RTS/CTS
- **Introduces ACK** (RTS – CTS – DATA – ACK) → *si minimizza perché se i dati vengono corrotti*
 - Efficient retransmission policy at Data Link layer
- Problem: both sender and receiver act as receiver during frame transmissions (no concurrent space exploitation of the channel)



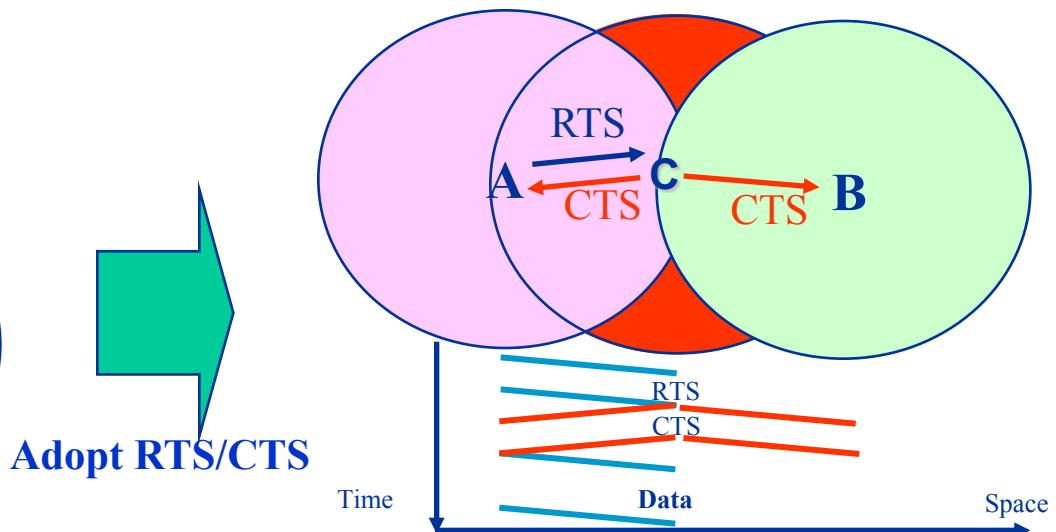
FAMA: cs + slotted RTS/CTS + ACK

- FAMA: re-introduces carrier sensing before both slotted RTS/CTS
- Introduces lower bound for size of RTS/CTS and CTS-dominance
- Floor acquisition: principle for time and space contention

↓
necessario reinviare il frame perché comunque il destinatario deve comprendere anche da ricevente (non può "perdere" se il canale non è libero)
→ se NON torna l'ACK → collisione



Adopt RTS/CTS



Esempio:

1 1 1 xxxx X ... 1 1 1 1 0000 ... 1 1 1 1 1 1

funzione
random da 0 a 1

Backoff Counter (BC) = $\text{rnd}(\) * \text{CW}_i$ (Contention Window ~ CW)

BC (tentativo i-esimo) = $\text{rnd}(\) * \text{CW}_i$

$\text{CW}_i: \text{CW} * 2^i$

$i=0$ // primo tentativo
 $\text{CW}_0 = \text{CW} * 2^0 = \text{CW}(8)$

$i=1$
 $\text{CW}_1 = \text{CW} * 2^1 = 8 * 2 = 16$

$\text{CW}_0 = 8$
 $\text{CW}_1 = 16$
 $\text{CW}_2 = 32$
 $\text{CW}_3 = 64$
 $\text{CW}_4 = 128$
 $\text{CW}_5 = 256$
 $\text{CW}_6 = 512$
 $\text{CW}_7 = 1024$

binary exponential backoff (BEB) → livello MAC
→ meccanismo di controllo della contesa ≠ congestion control (fatto da TCP → livello 4)
CW₀ per l'accesso al canale scelgo uno slot a caso su 8 slot
CW₁ scelgo --- su 16 slot
CW₂ scelgo ---
CW₃ scelgo ---
CW₄ scelgo ---
CW₅ scelgo ---
CW₆ scelgo ---
CW₇ scelgo ---
sur finestra scendente di TCP di un router

controllo di flusso: se il buffer del ricevente ha un massimo, va limitata la sliding window non puo' superare tale massimo

si fa ponendo un limite superiore alla sliding window

Ad hoc Multi-hop: Time/Space problems

- A bi-directional chain of MAC frames
 - TCP streams (Data + Ack)
- Self-contention (MAC layer problem)
 - Inter-stream self-contention (Data vs. Ack TCP streams)
 - Intra-stream self-contention (same TCP stream)
 - How to obtain coordination?
 - New proposed solutions
 - *Fast forward*
 - *Quick exchange*
 - *Flow numbering (pre-routing at the MAC layer???)*
 - *Frame transmission by forward invitation*

CSMA/CA: the IEEE 802.11 Wireless LAN

Ma come fa il wi-fi ad avere sia il coordinamento centrale (access point) oppure se non c'è o non c'è allocazione dinamica risorse (> accesso probabilistico)
→ c'è una struttura della **superframe**: contiene un primo tempo dove fa la sistema centralizzato e fase statica e un altro tempo in cui → il wi-fi passa ad un canale distribuito

■ 1 Medium Access Control (MAC) protocol:

- 2 coordination functions co-exist in a superframe structure (time division)

z funzioni di coordinamento:
vantaggio: non si rompe, questo relè non muore
Distributed Coordination Function (DCF) → per dare il comando al wi-fi distribuito

- Ad-Hoc networks (peer to peer)
- Distributed control (no base station)
- contention based access (no QoS, no minimum delay) tempo finito (no garanzie)
punto non garantisco a nessuno di farcela a comunicare in un
tempo finito → collisioni
- CSMA/CA access protocol with Binary Exponential Backoff

■ Point Coordination Function (PCF)

- Centralized control (Base station) → polling di trasmettere ai client nella lista di chi vuole trasmettere
- Polling based access (soft QoS, minimum delay)
↓
ogni client attende il proprio turno di trasmissione
- minimum bandwidth guarantee
↳ gestita da una lista

- da' garanzie su
- minima quantità di byte trasmessi
 - tutti riescono a comunicare in tempo finito
 - no collisioni

vive venduto con una sola delle due funzioni di coordinamento, no garanzie sulle comunicazioni, no indistruttibile soggetto a attacco

22

CSMA/CA: the IEEE 802.11 Wireless LAN

■ 1 Medium Access Control (MAC) protocol:

- 2 coordination functions co-exist in a superframe structure (time division)
→ funzioni di controllo del canale

■ Distributed Coordination Function (DCF)

- Ad-Hoc networks (peer to peer)
- Distributed control (no base station)
- contention based access (no QoS, no minimum delay)
- CSMA/CA access protocol with Binary Exponential Backoff
→ tutti partono quando gli pare → collisioni

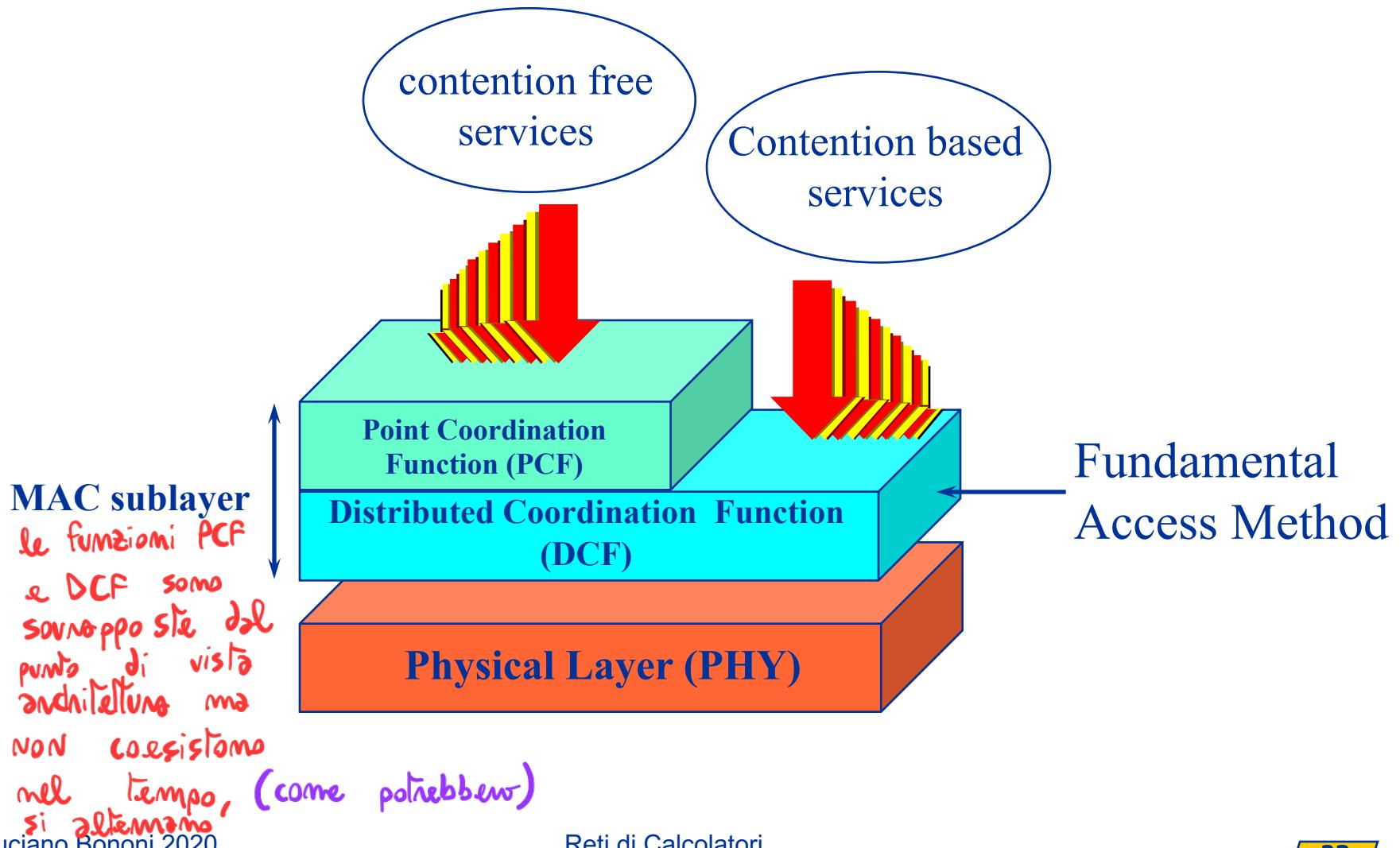
(l'unico modo per una infrastruttura best-effort c'è qualità di servizio e banda minima)

■ Point Coordination Function (PCF)

- Centralized control (Base station)
- Polling based access (soft QoS, minimum delay)
- minimum bandwidth guarantee

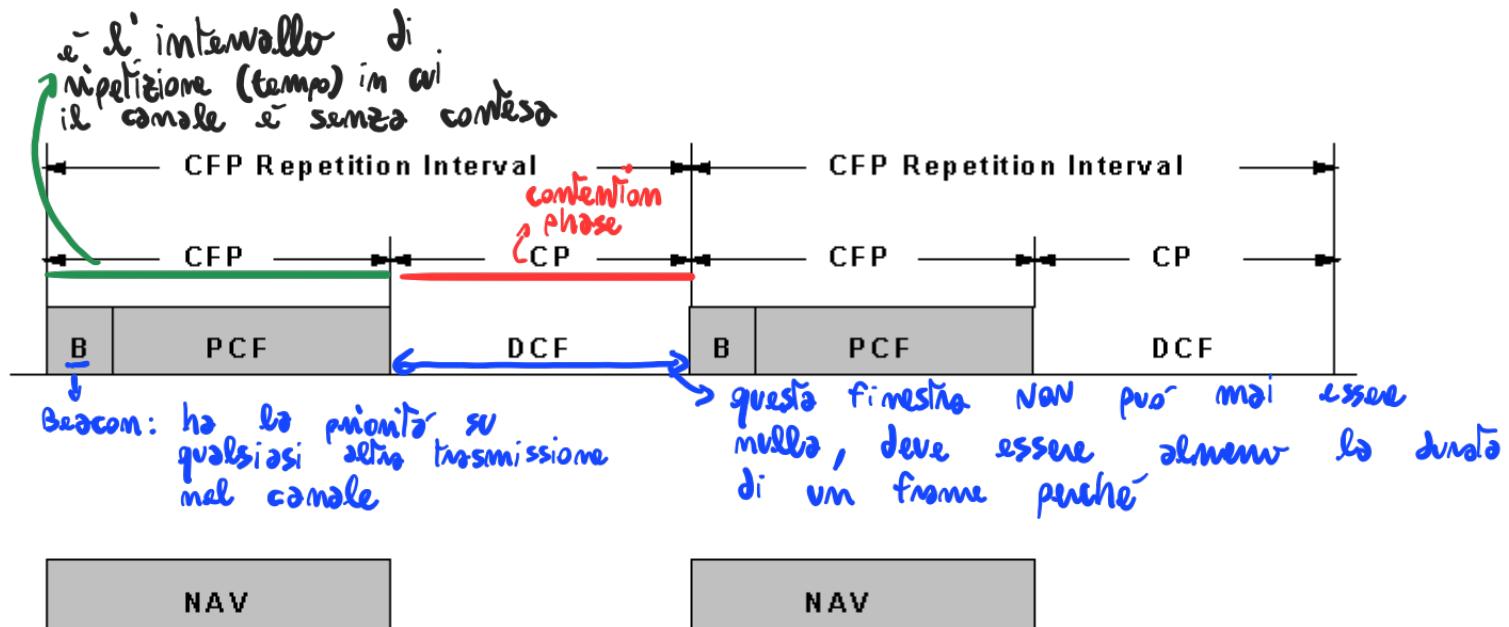
l'access point coordina i dispositivi nella comunicazione, li autorizza uno alla volta
(Ora tocca a te, poi tocca a te)
→ c'è garanzia di ritardo e qualità di servizio e banda minima
(ogni processo parla per 10 ms per esempio)

IEEE 802.11 MAC protocol architecture



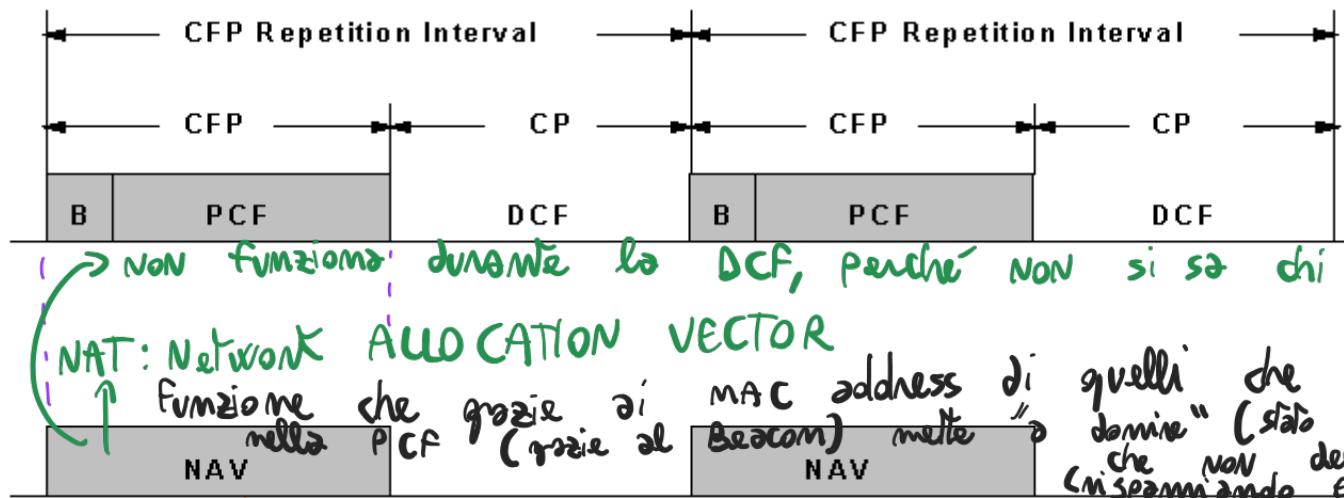
Point coordinated mode (PCF)

- point coordinated mode is a contention free, optional service
 - can co-exist with the DCF in a superframe structure.
- central coordinator, i.e. the access point (Beacon)
 - manages stations belonging to its access list.
 - guaranteed to access the channel in a contention-free environment.



Point coordinated mode (PCF)

- point coordinated mode is a contention free, optional service
 - can co-exist with the DCF in a superframe structure.
- central coordinator, i.e. the access point (Beacon)
 - manages stations belonging to its access list.
 - guaranteed to access the channel in a contention-free environment.



NON funziona durante la DCF, perché NON si sa chi sia coinvolto

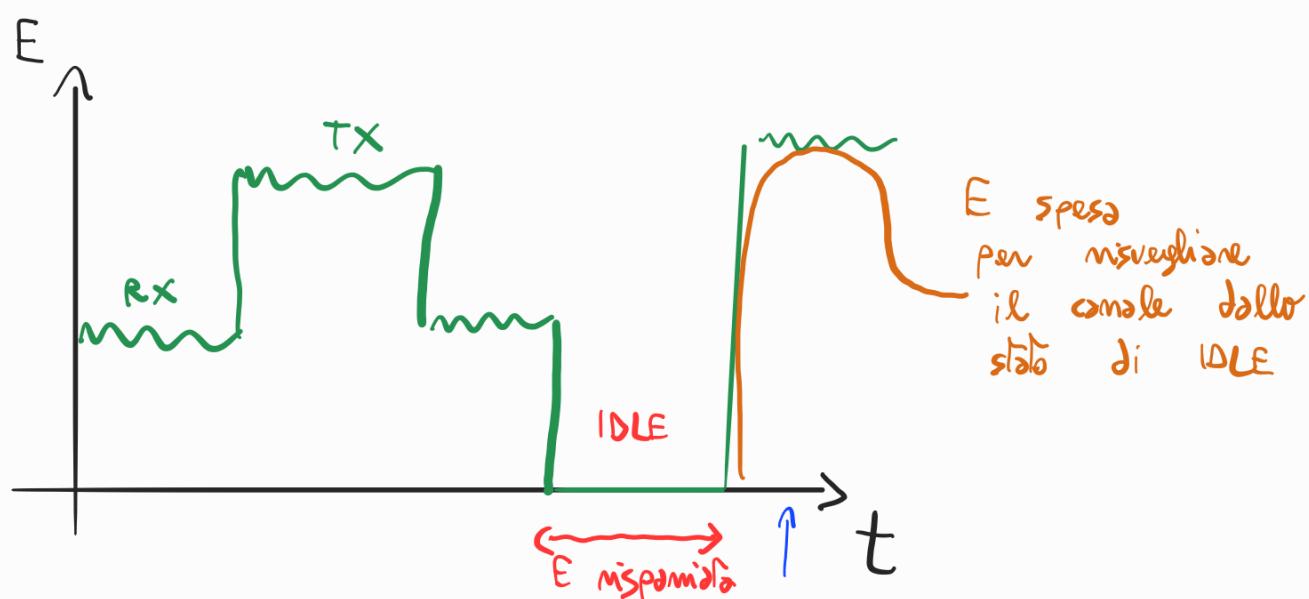
NAT: Network Allocation Vector

Funzione nella PCF grazie ai MAC address di quelli che comunicano (domine" (stati idle) i dispositivi che non devono comunicare (risparmiando energia))

Il access point e il central coordination manda un beacon (messaggio) a tutti i modi trasmissenti del canale, con cui l'access point comunica

→ Nel Beacon vengono annunciati anche i MAC ADDRESS dei dispositivi (nuovi) che comunicano in PCF

Scheda di rete di un modo:



l' Energia per il risveglio dalla stato idle è molto ma alla fine il bilancio è positivo
(Ho risparmiato un po' di energia)

→ Quanto una scheda di rete Ua in Idle?

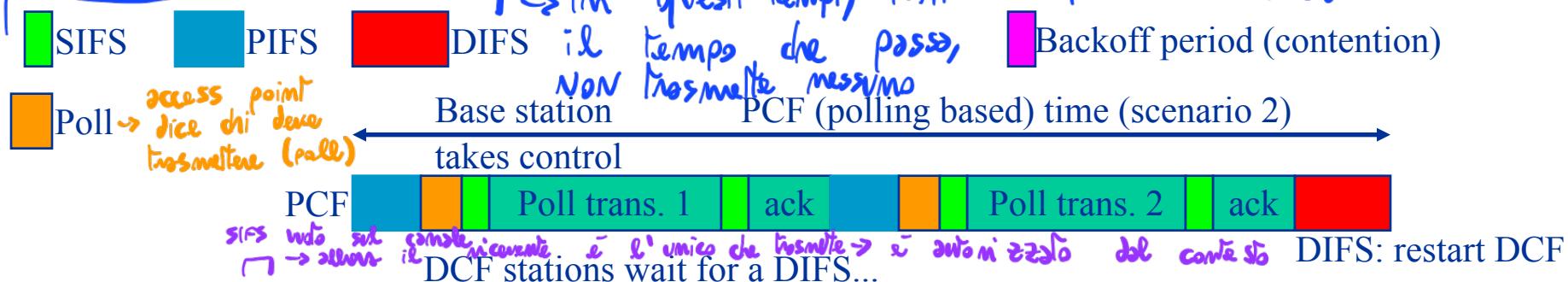
Ogni Beacon annuncia i dispositivi che comunicano nella PCF che seguono, quelli che non comunicano possono andare in Idle se stai sticamente conviene o meno a livello emergico

N.B. Nelle DCF i nuovi dispositivi che vogliono comunicare entrano nel canale (annunciati nel beacon seguente se ce l'hanno fatto a comunicare nella ament DCF) (dunque riproviamo alla successiva)

DCF and PCF control: IFS

- Each station performs a carrier sensing activity when accessing the channel
 - priority is determined by Interframe spaces (IFS):
 - Short IFS (SIFS) < Point IFS (PIFS) < Distributed IFS (DIFS)
 - after a SIFS only the polled station can transmit (or ack)
 - after a PIFS only the Base Station can transmit (and PCF takes control)
 - after a DIFS every station can transmit according to basic access CSMA/CA (DCF restarts)
- 3 dimensioni diverse

tempi (Interframe spaces) → in questi tempi, tutti i dispositivi "ascoltano"



DCF time (scenario 1: no PCF takes control)

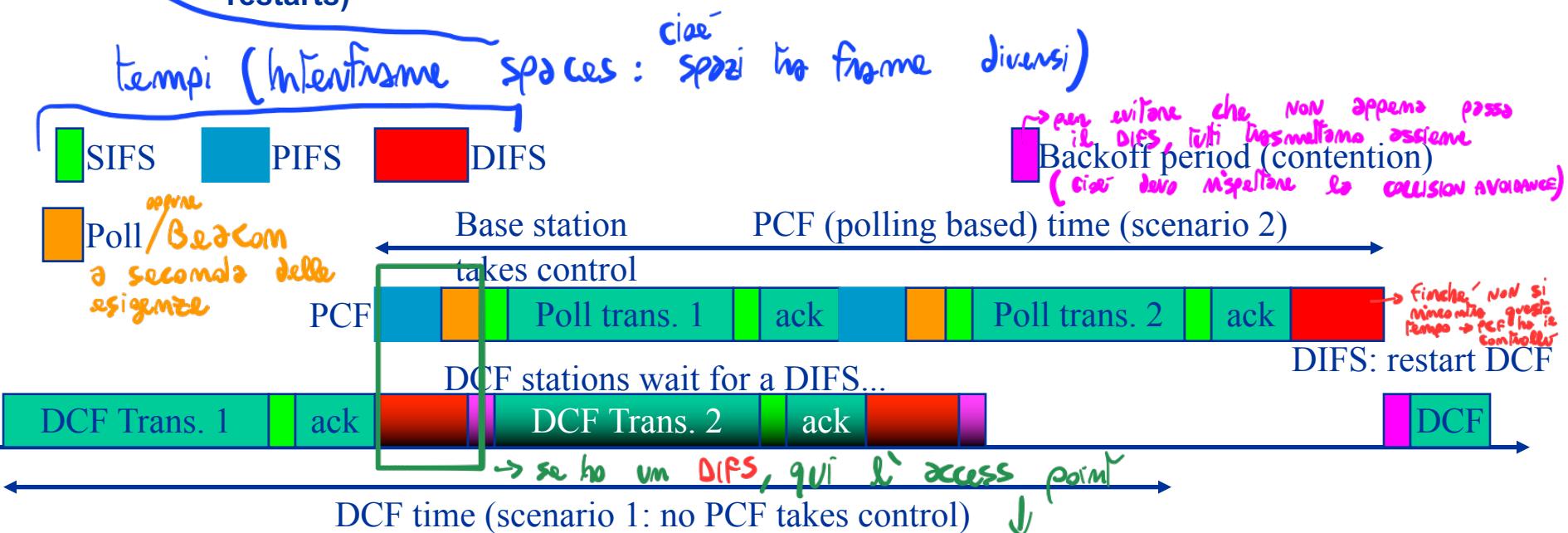
DCF and PCF control: IFS

- Each station performs a carrier sensing activity when accessing the channel

- priority is determined by Interframe spaces (IFS):

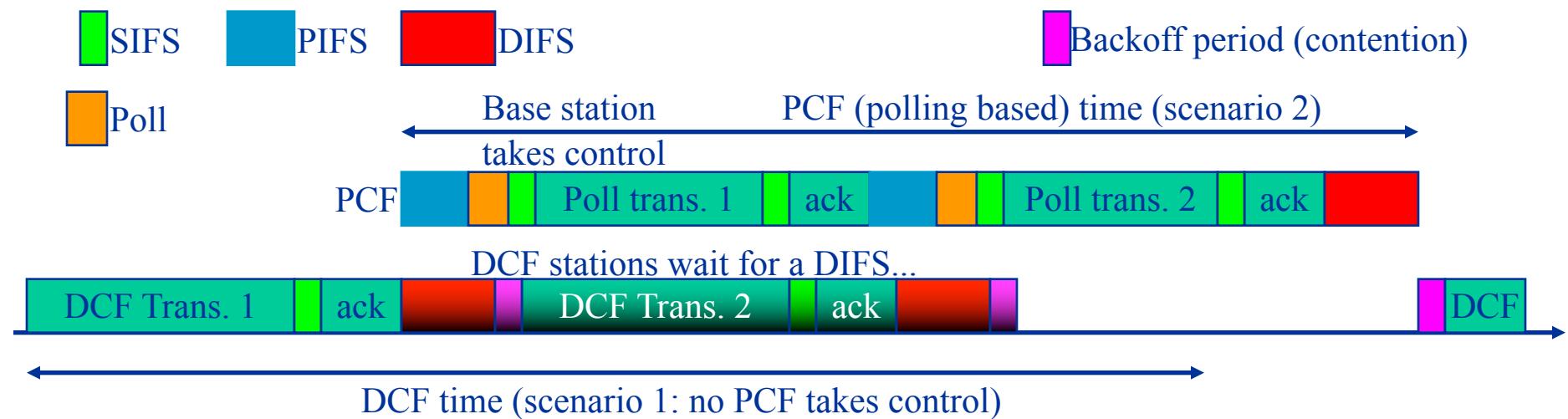
- Short IFS (SIFS) < Point IFS (PIFS) < Distributed IFS (DIFS)
- after a SIFS only the polled station can transmit (or ack)
- after a PIFS only the Base Station can transmit (and PCF takes control)
- after a DIFS every station can transmit according to basic access CSMA/CA (DCF restarts)

3 dimensioni diverse



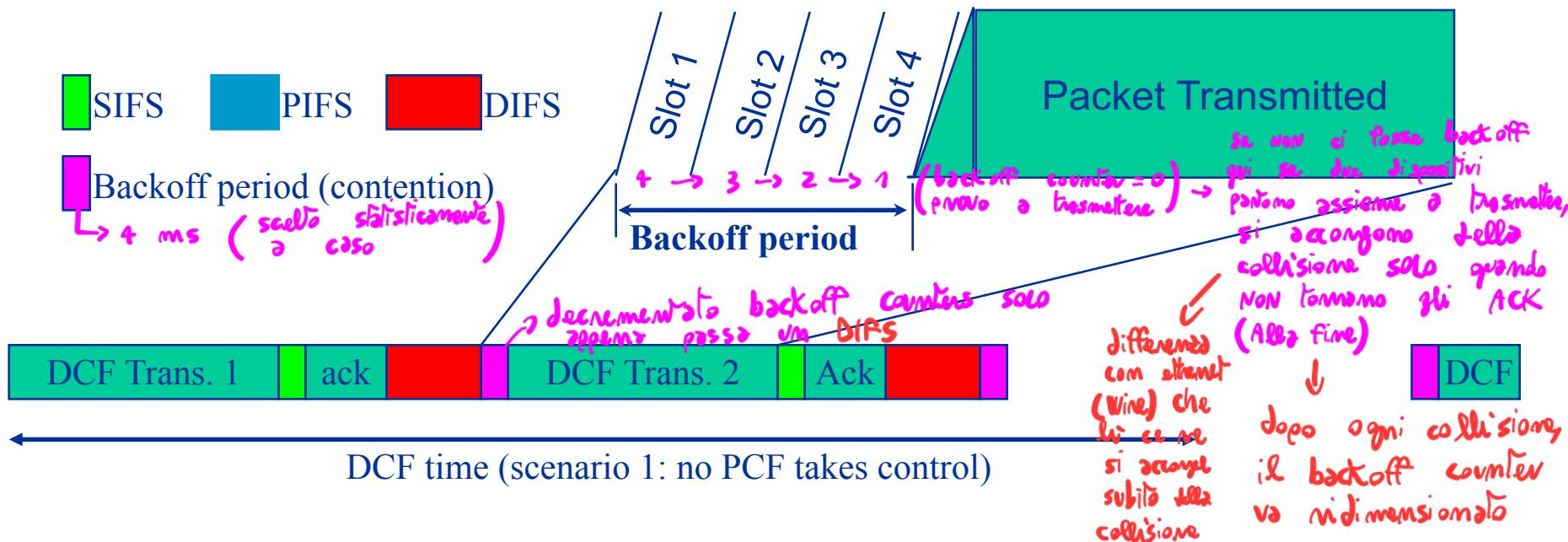
Point Coordination Function (PCF)

- during the PCF time the base station has priority in accessing the channel
 - Base Station waits for a PIFS after a transmission and takes control (DCF stations must wait for DIFS>PIFS)
 - base station polls stations that reserved the channel
 - at the end of the PCF period the Base Station releases the channel and DCF restarts (after a DIFS)

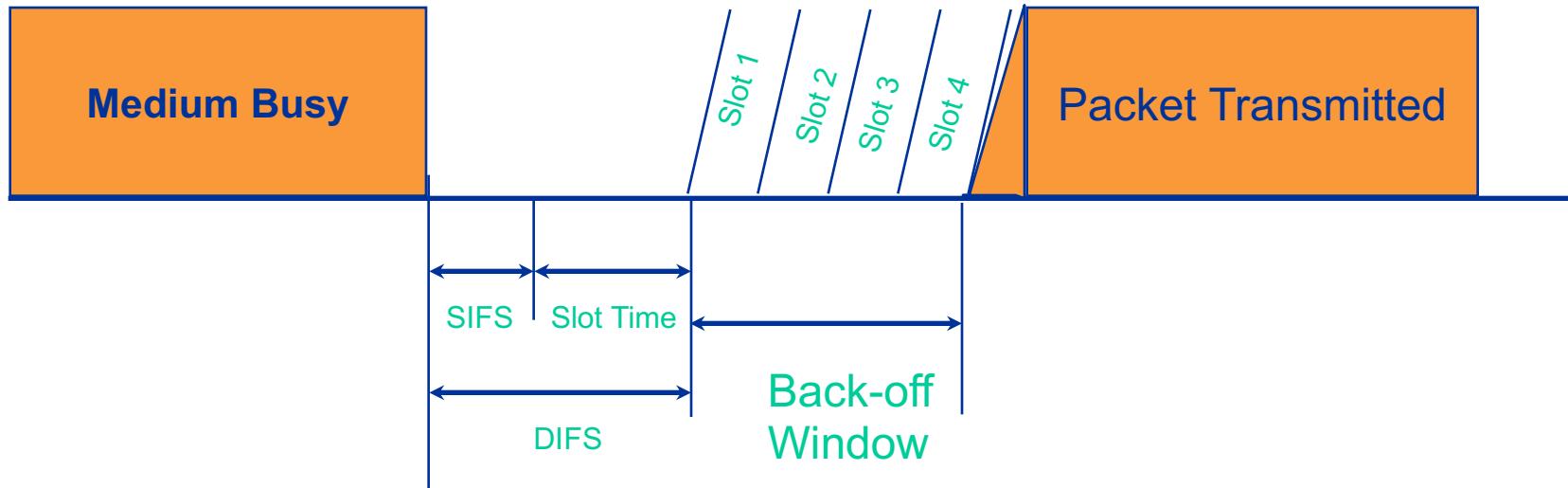


Distributed Coordination Function (DCF)

- Basic Access mode:
 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) access scheme (listen before transmit)
 - carrier sensing performed to detect ongoing transmissions
 - Binary Exponential Backoff over slotted idle time
 - **each station randomly selects the transmission slot in a variable sized Contention Window**
 - no Collision Detection (CD)



CSMA/CA Access Mechanism



- CSMA/CA is an efficient protocol for data traffic, like Ethernet
- Listen before transmit
- Always back-off before a transmission or retransmission
 - Designed to provide fair access to the medium

DCF Backoff procedure

IMPLEMENTA
→ COLLISION AVOIDANCE → prima che
= avvenga

- Selection of a random Backoff Time

ETHERNET → ha collision detection, quando avviene interrompe la trasmissione (su coda)

CW_i =contention window size at the i-th transmission attempt. CW_i is doubled after each collision experienced (to reduce the contention)

$$\text{BackoffTime}(i) = (CWi * \text{random}) * \text{SlotTime}$$

i	1	2	3	4	5	6	7
CW_i	15	31	63	127	255	511	1023

meccanismo →

automatico
che adatta

la dimensione della finestra di scelta a seconda delle collisioni avvenute in precedenza (dell'esperienza)

• Reduction of the Backoff Time
After an idle DIFS period from the last transmission, a station decrements its Backoff Time by a Slot_time for each slot where no activity is sensed on the

tempo di attesa
backoff counter
(di valore più
elevato)

• Frozen

As soon as the medium is determined to be busy, the backoff procedure is suspended.

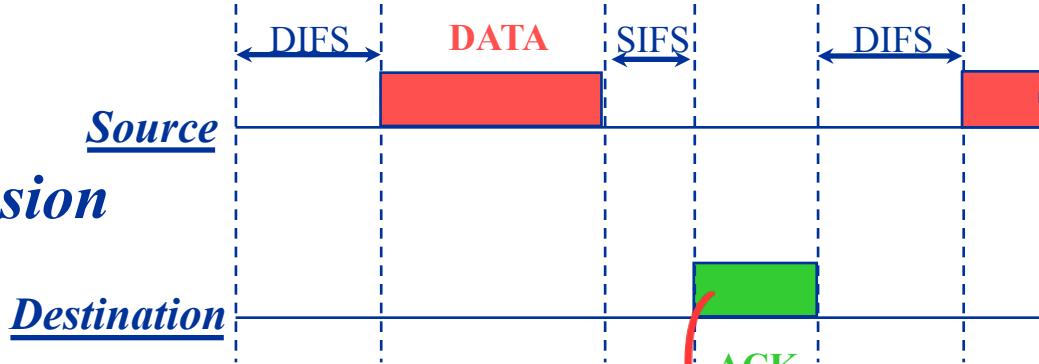
solo se le
collisioni sono elevate

• Transmission

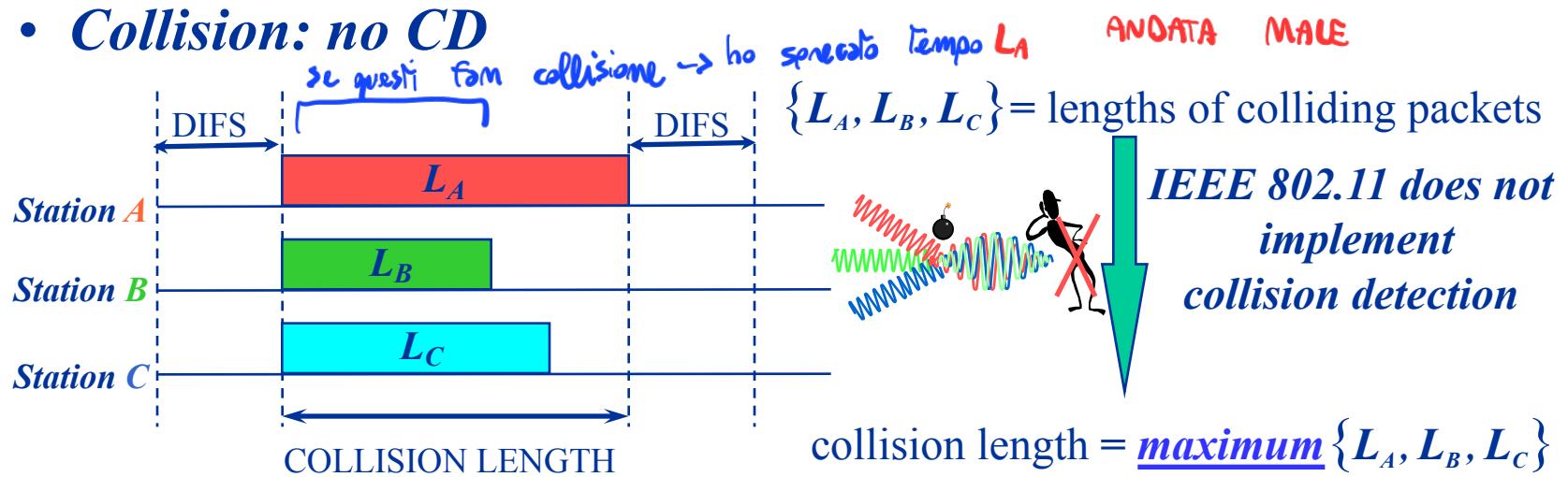
When the Backoff Time reaches zero, the station starts the transmission.

DCF basic access: overview

- *Successful transmission*



- *Collision: no CD*



IEEE 802.11 Contention Control

- Effect of high contention = many collisions

$\lambda = 100\%$

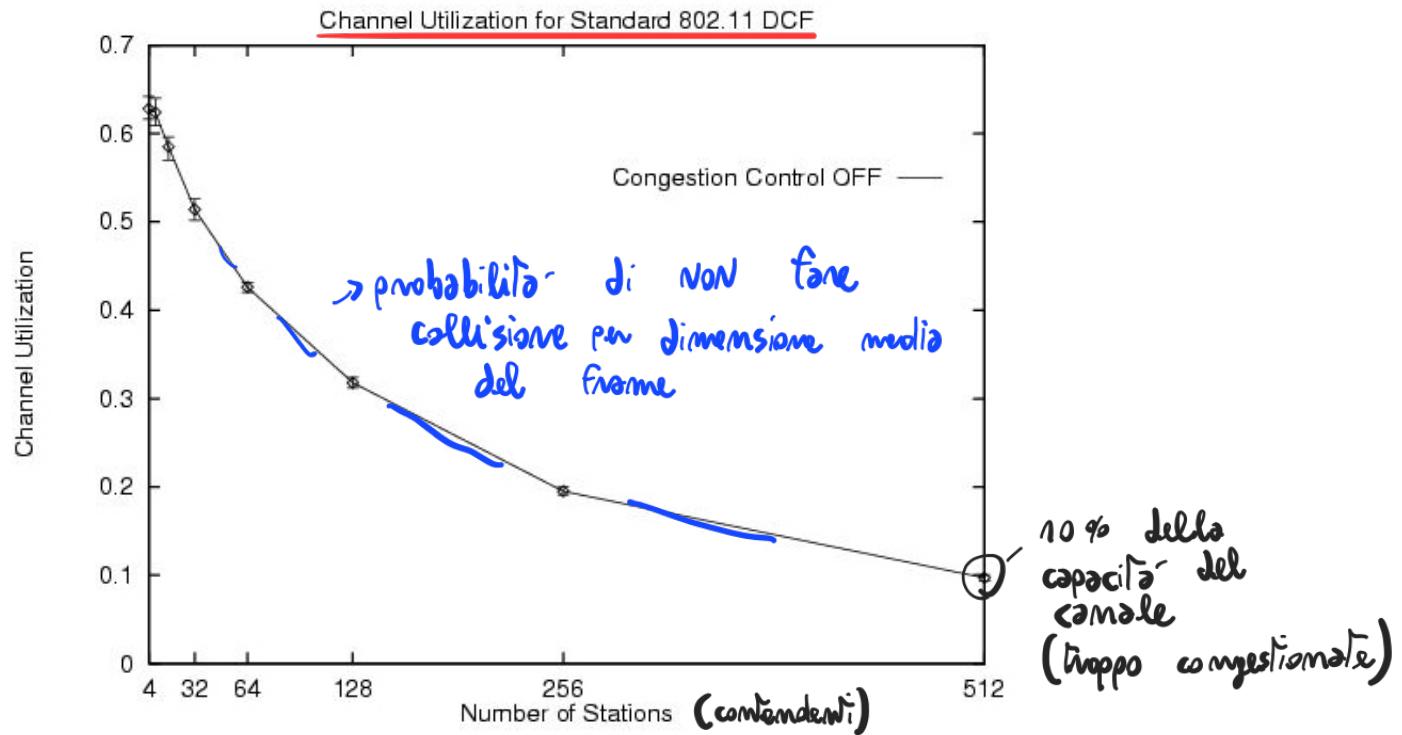


FIG. 1. Channel utilization of Standard 802.11 DCF