

# Wireless Sensors Networks (WSN)

MAC ottimizzati per low duty cycle

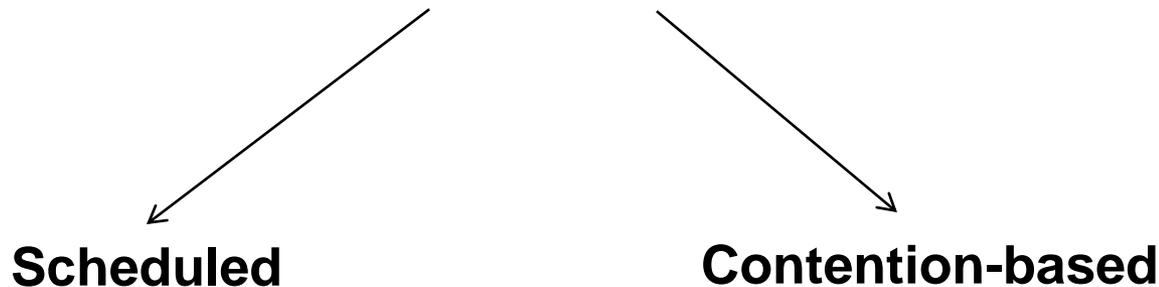
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

I motivi che determinano inefficienza energetica a livello MAC sono:

- ❑ Overhead (es. Scambio di dati per informazioni di controllo, sincronizzazione)
- ❑ Idle listening: prolungato ascolto del canale in attesa di pacchetti
- ❑ Collisioni di pacchetti (che possono determinare la ritrasmissione)
- ❑ Overhearing: ricezione e decodifica di pacchetti destinati ad altri nodi

Obiettivo di un protocollo MAC energeticamente efficiente è di ridurre queste situazioni



**In realtà, le soluzioni migliori dal punto di vista dell'efficienza energetica sono una combinazione della tipologia scheduled e contention-based**

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## **Scheduled MAC**

Prevedono una fase di sincronizzazione in cui vengono assegnati determinati time slot per trasmettere. Una volta ricevuto il proprio “schedule”, ogni nodo si sveglia solo per trasmettere in quell’intervallo di tempo.

Esempio tipico è il TDMA (Time-Division-Multiple-Access)

I nodi accendono il proprio radio-trasmittitore solo durante i time slots che gli sono assegnati . Ai nodi viene assegnato un time slot sulla base di uno specifico algoritmo di scheduling.

Spesso c’è un nodo che coordina le trasmissioni in un cluster e che assegna i timeslots (il master nel Bluetooth, il Piconet Coordinator nel caso di IEE802.15.4).



E’ naturalmente adatto a comunicazioni con low duty cycle  
Idealmente si riduce al minimo il consumo di energia

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

Uno degli algoritmi TDMA più efficienti energeticamente è il TRAMA

Il TRAMA divide il tempo in due parti: un periodo di accesso a contesa e un periodo di accesso “schedulato”.

L'accesso a contesa si usa per riservare gli slots.

L'accesso schedulato si usa per trasmettere i dati negli slot assegnati.

L'algoritmo di prenotazione degli slots avviene sulla base delle informazioni che ogni nodo raccoglie sui nodi almeno distanti due hops. Ogni nodo, ha un proprio livello di priorità e lo slot viene assegnato sulla base di questo.

Il nodo inoltre manda un messaggio di sincronizzazione a tutti i possibili nodi riceventi con le informazioni su chi e in quali time slots deve ricevere i dati del nodo, cosicché questi nodi sanno quando si devono svegliare per ricevere i dati.

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## Vantaggi:

Riducono 3 delle cause di inefficienza dei protocolli MAC: idle listening, collisioni, e overhearing

## Svantaggi TDMA:

- Limitata flessibilità e scalabilità per lavorare in scenari dove la topologia può cambiare spesso e l'allocazione delle risorse può diventare problematica
- Necessità di sincronizzazione (e quindi, overhead)!
- Lavorano peggio degli schemi a contesa in basse condizioni di traffico.



Non sono usati di frequente nelle WSN

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

Protocolli a contesa:

- ALOHA
- Slotted ALOHA
- CSMA
- CSMA/CA
- CSMA/CA con RTS/CTS

Gran parte degli algoritmo proposti per WSN sono a contesa poichè:

- Sono più scalabilit e flessibili
- Introducono meno ritardo di schemi TDMA
- Si adattano facilmente alle condizioni di traffico

Sono però meno efficienti energeticamente per la presenza di collisioni e la necessità di ascoltare il canale.

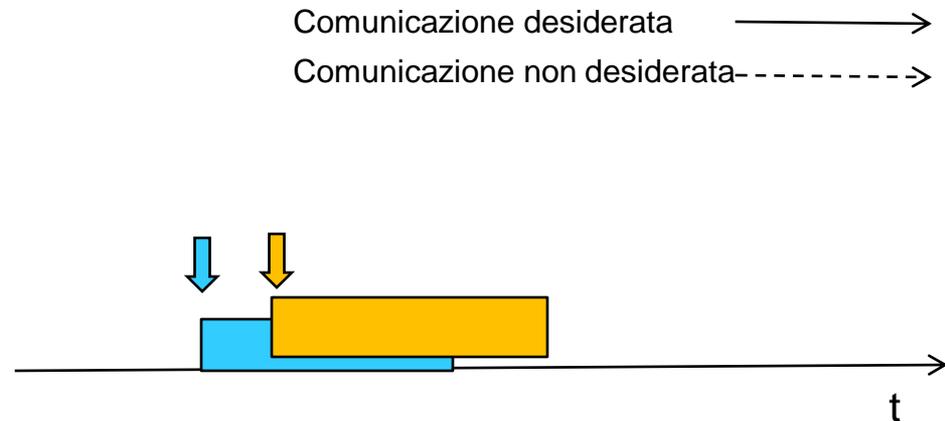
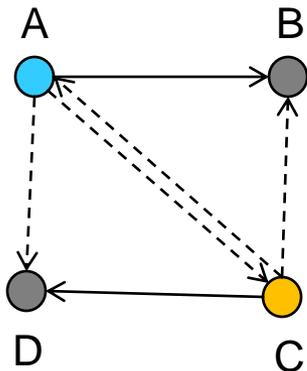
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## ALOHA

Quando un nodo ha un pacchetto nel buffer del livello data link, lo trasmette in modalità broadcast.

Possono avvenire collisioni (ossia, parziale o totale sovrapposizione tra pacchetti trasmessi da nodi diversi).



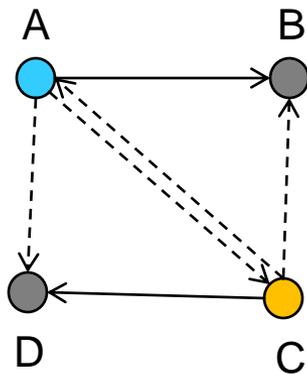
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## Slotted ALOHA

**Il tempo è suddiviso in slot.** . Quando un nodo ha un pacchetto nel buffer del livello data link, lo trasmette in modalità broadcast cominciando la trasmissione nell'istante di inizio del successivo slot temporale.

Possono avvenire collisioni ma in questo caso solo con TOTALE sovrapposizione tra pacchetti trasmessi da nodi diversi.



Comunicazione desiderata —————>  
Comunicazione non desiderata - - - - ->



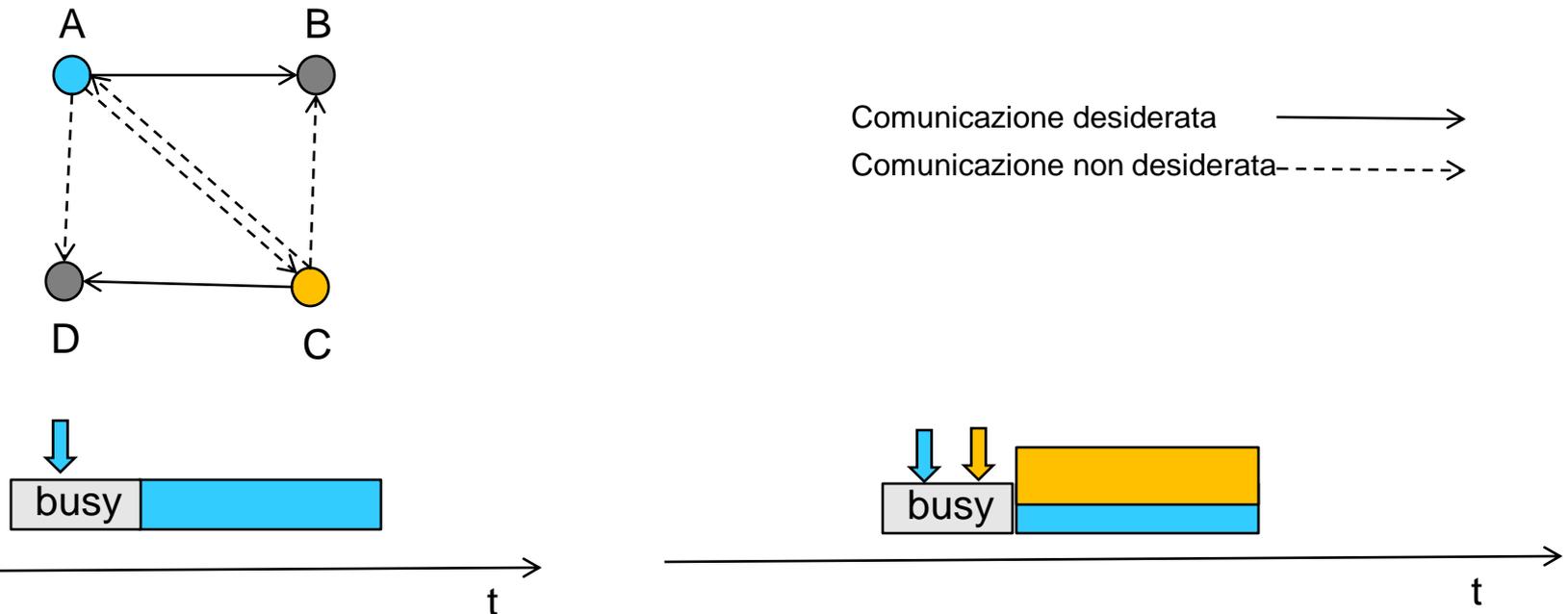
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## CSMA

Quando un nodo ha un pacchetto nel buffer del livello data link, comincia a monitorare (sensing) la portante sul canale. Se verifica che il canale è libero, allora smette di monitorare e trasmette il pacchetto in broadcast.

Possono ancora avvenire collisioni poichè due nodi potrebbero entrambi monitorare il canale e contemporaneamente, vedendo che è libero, smettere di monitorare e cominciare a trasmettere.

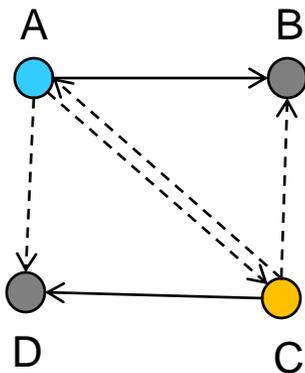


# Wireless Sensors Networks (WSN)

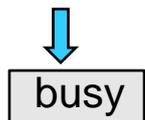
*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## CSMA/CA

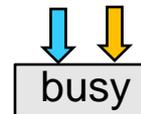
Quando un nodo ha un pacchetto nel buffer del livello data link, comincia a monitorare (sensing) la portante sul canale. Quando rivela che il canale è libero, aspetta un periodo di back-off al termine del quale trasmette il pacchetto. Le collisioni possono ancora avvenire, ma con probabilità più bassa rispetto al semplice CSMA. Larghi back-off possono ridurre arbitrariamente le collisioni, ma introducono eccessiva latenza.



Comunicazione desiderata —————>  
Comunicazione non desiderata - - - - ->



t



t

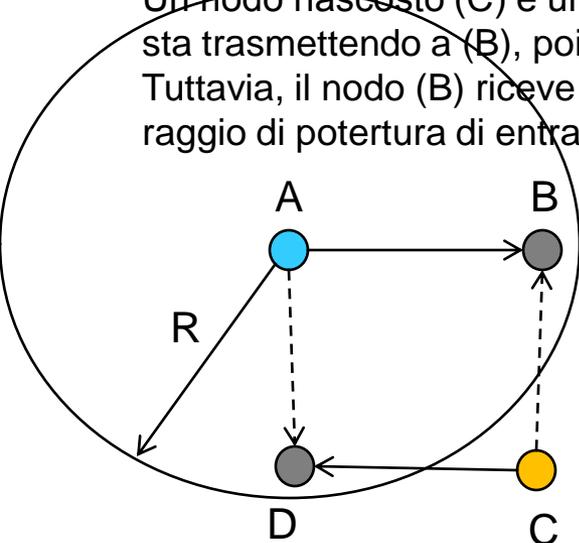
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

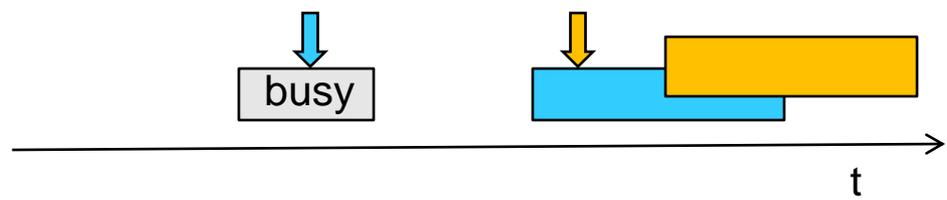
## CSMA/CA: Hidden Terminal Problem

Anche se il backoff risolvesse il problema della collisioni in un canale di broadcast perfetto (ogni nodo è entro la portata di tutti gli altri), in una rete in cui non tutti i nodi sono entro il raggio di copertura degli altri, ma esistono dei nodi nascosti, questi nodi possono provocare collisioni.

Un nodo nascosto (C) è un nodo che volendo trasmettere a (D), non è però in grado di capire che (A) sta trasmettendo a (B), poichè è fuori la portata di (A) (la potenza ricevuta da (A) è troppo piccola). Tuttavia, il nodo (B) riceve sia ciò che ha trasmesso (A) che ciò che ha trasmesso (C) poichè (B) è nel raggio di copertura di entrambi i nodi → si verifica una collisione



Comunicazione desiderata →  
Comunicazione non desiderata - - - - ->



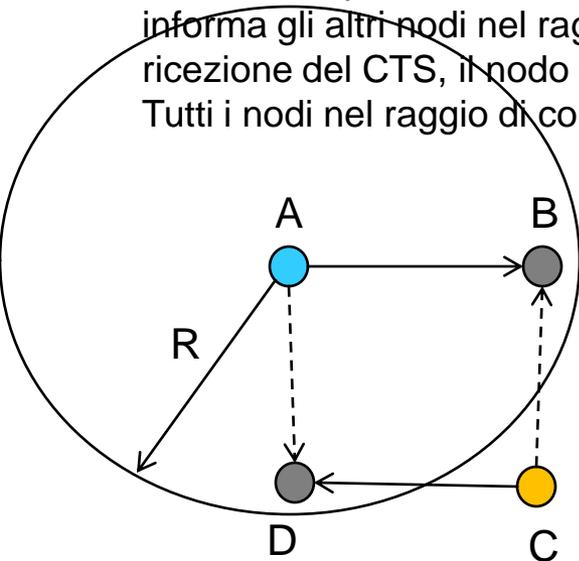
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

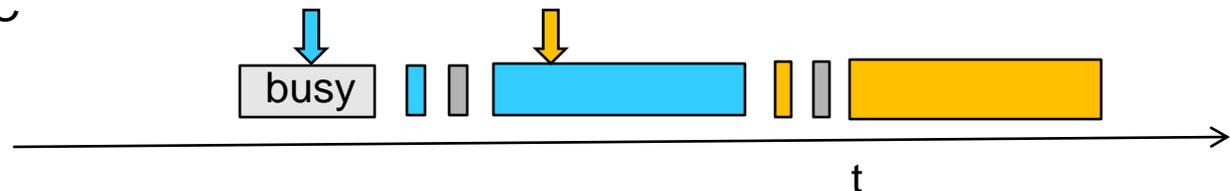
## CSMA/CA con RTS/CTS

Quando un nodo ha un pacchetto nel buffer del livello data link, comincia a monitorare (sensing) la portante sul canale. Quando rivela che il canale è libero, aspetta un periodo di back-off al termine del quale trasmette un breve pacchetto di RTS (Request-to-send) con cui informa tutti gli altri nodi nel proprio raggio di copertura di evitare di trasmettere per un intervallo pari alla durata di un pacchetto. Il ricevitore risponde con un breve pacchetto CTS (Clear-to-send) con cui autorizza la trasmissione e informa gli altri nodi nel raggio di copertura di evitare di trasmettere per un periodo di pacchetto. Alla ricezione del CTS, il nodo sorgente trasmette in broadcast il pacchetto.

Tutti i nodi nel raggio di copertura del ricevitore sanno di dover aspettare prima di trasmettere un RTS.



Comunicazione desiderata —————>  
Comunicazione non desiderata - - - - ->



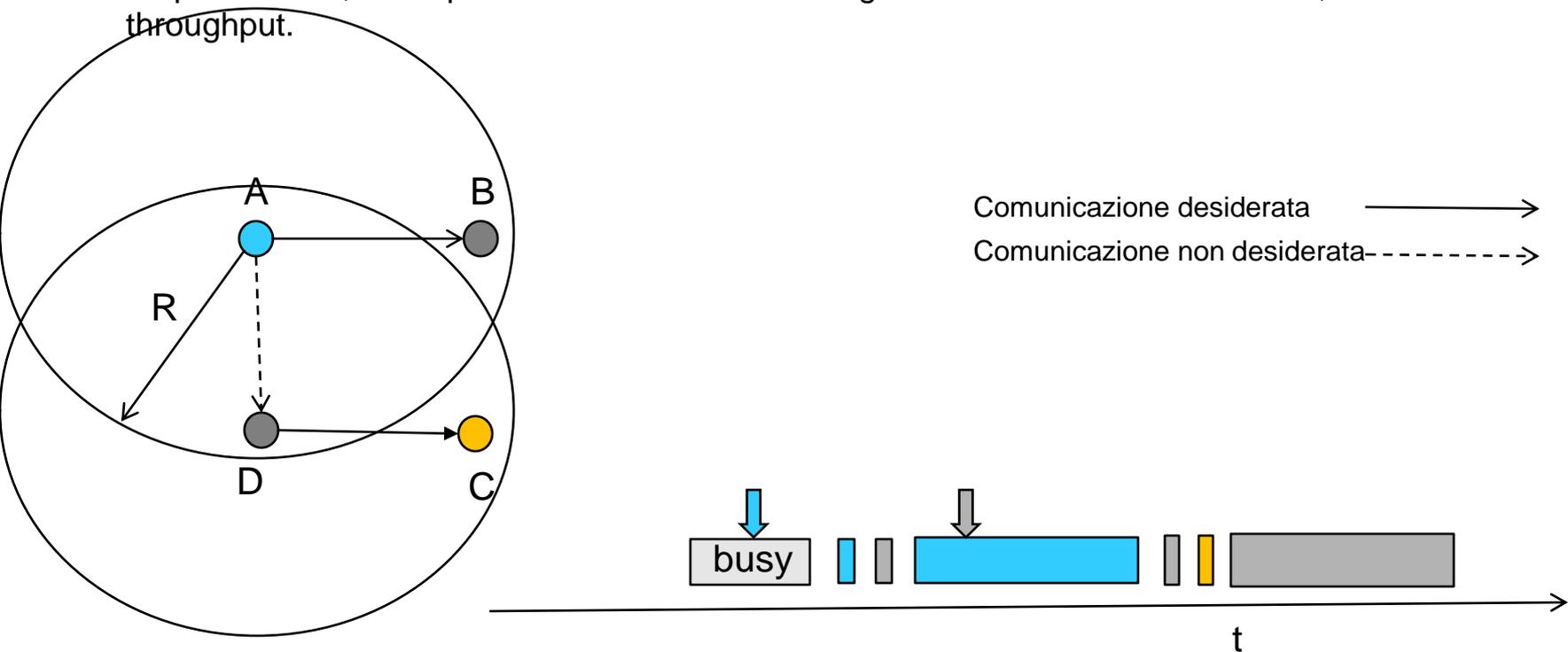
# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## CSMA/CA con RTS/CTS: exposure terminal problem

Se un nodo (A) vuole trasmettere un pacchetto ad un nodo (B), manda in broadcast l'RTS, tutti i nodi nel raggio di copertura eviteranno di trasmettere. D'altro canto, ci potrebbe essere un nodo (D) che vuole trasmettere a (C) che non è nel raggio di copertura di (A) e che evita di trasmettere sebbene la sua trasmissione non sarebbe un problema poichè la sua copertura non include il nodo (B).

In questo caso, il semplice CSMA lavorerebbe meglio di CSMA/CA con RTS/CTS, che invece riduce il throughput.



# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

In generale, il CSMA può essere di tipo:

- Not Persistent: se il nodo rivela attività sul canale, aspetta un tempo di ritardo casuale (backoff) prima di riprovare a trasmettere.
- P- Persistent: se il nodo rivela attività sul canale, continua a monitorarlo aspettando che si liberi.

## **Svantaggi del CSMA:**

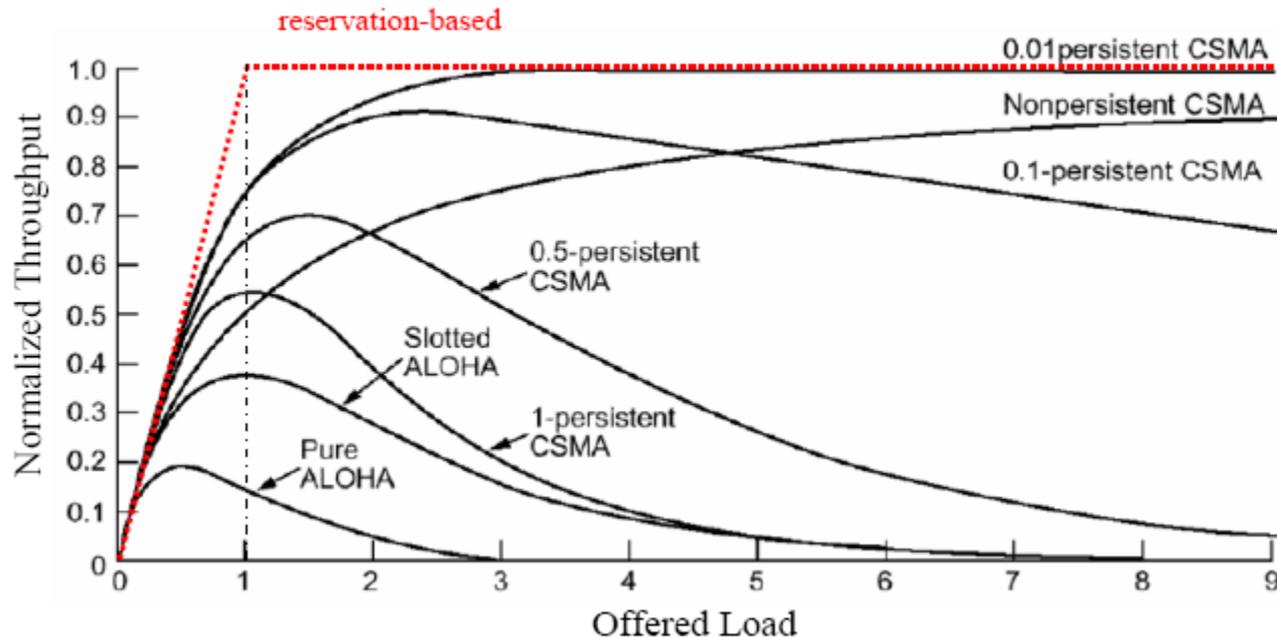
- 1) i nodi devono rimanere nello stato di ricezione anche quando non trasmettono (per fare il sensing del canale)
- 2) Come tutti i protocolli random, è non nulla la probabilità di collisione che determina ulteriore spreco di energia per via della necessità di dover ritrasmettere
- 3) Il meccanismo RTS/CTS, pur riducendo il problema della collisioni dovuto all'hidden terminal, introduce un overhead che può essere eccessivo per i piccoli pacchetti trasmessi da un sensore.

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

Svantaggio protocolli a contesa:

Presentano una degradazione delle prestazioni in termini di throughput quando il carico cresce.



**Confronto tra protocolli reservation-based e random**

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

Si possono usare algoritmi di tipo duty-cycling per ulteriormente aumentare l'efficienza energetica di protocolli a contesa.

## Esempio: S-MAC

un algoritmo noto per le WSN è l'S-MAC (Sensor-MAC) che adotta un meccanismo di tipo *rendezvous*. I nodi si scambiano pacchetti di sincronizzazione per coordinare i loro periodi di sleep/wakeup. Ogni nodo stabilisce il suo schedule o segue quello del vicino. I nodi che usano lo stesso schedule formano un cluster virtuale. L'accesso al canale è diviso in due parti: listen period in cui i nodi si scambiano i pacchetti di sincronizzazione e poi il periodo di trasferimento effettivo dei dati.

# Wireless Sensors Networks (WSN)

*Protocolli MAC ottimizzati per low duty cycle*

## Trama dell'S-MAC

