

II parziale

S. d. T.

---

domande e risposte

---

---

---

---



## 1) Il CSMA/CA nello standard IEEE 802.11

Nel momento in cui una stazione vuole tentare una trasmissione verifica se il canale è libero (idle). Poi attende un certo lasso di tempo identificato come DIFS. Se il canale continua ad essere libero inizia la trasmissione del pacchetto.

A trasmissione completa il trasmettente attende un tempo detto SIFS (di durata inferiore al DIFS)

La ricezione di un ACK (conferma dell'avvenuta ricezione dalla stazione ricevente).

Durante la trasmissione e lo SIFS le altre stazioni, trovando il canale occupato, non trasmettono, evitando collisioni (la durata del SIFS inferiore a quella del DIFS assicura che nessuna stazione inizi a trasmettere).

Quando la stazione trasmettente trova il canale occupato oppure ci sono delle prenotazioni da parte di altre stazioni, deve attendere per un tempo casuale (detto tempo di Back-off) che il canale si liberi.

L'obiettivo di Collision Avoidance si ottiene dunque per via statica (e non deterministica) proprio grazie all'estrazione del numero casuale compreso in questo intervallo di tempo, data la scarsa probabilità che due o più stazioni estraggano lo stesso numero di back-off.

## 2) Distanza di Riuscita

Me: sistemi: basati su tecniche di accesso mult:ple qual:  
FDMA e TDMA, si ha interesse a fare sì che celle che  
utilizzano le stesse risorse frequenziali (omologhe) siano  
le più lontane possib:c: per minimizzare l'interferenza  
co-canale.

Utilizzando i cluster (insieme di  $k$  celle non omologhe),  
si risolve il problema. Si definisce una certa distanza  
 $D$ , per fare sì che tutte le celle omologhe siano  
sufficientemente lontane l'una dall'altra. Questa distanza, detta  
distanza di riuscita, a parità di raggio della cella  $R$ , dipende  
dal numero di celle per cluster  $K$ . Sperimentalmente, si  
trova che  $K$  non può essere fissato arbitrariamente,  
ma:

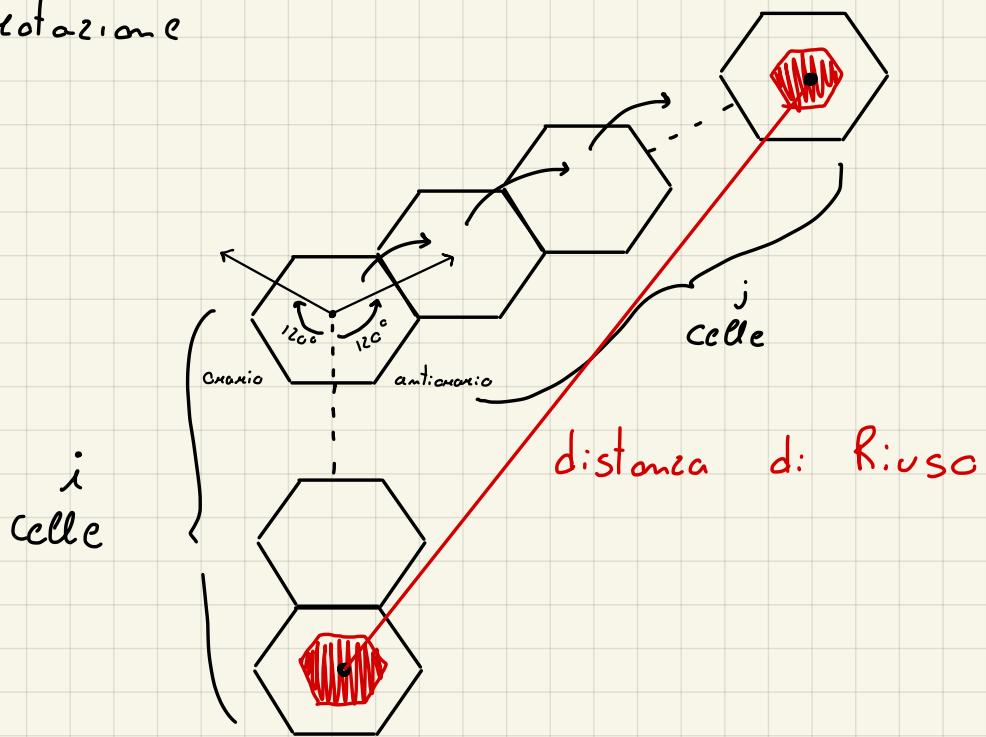
$$K = i^2 + j^2 + (i \cdot j) \quad \text{con } i, j \in \mathbb{N}, \text{ e con } i \neq j \text{ non entrambi nulli.}$$

Si verifica che la cella omologa più vicina si trova  
muovendosi: ① dai elle poi ruotando (in un senso o  
nell'altro) ②  $\alpha = 120^\circ$  e spostandosi ancora ③ dai j elle.  
A questo punto è possibile determinare la distanza  $D$   
tra due celle omologhe, utilizzando il T. di Carnot.

$$D = \sqrt{(i\sqrt{3}R)^2 + (j\sqrt{3}R)^2 - 2(i\sqrt{3}R)(j\sqrt{3}R) \cos \alpha} = \sqrt{3}kR$$

Metodo simbolico per calcolare  $D$ :

1. Vi muovete da  $i$  celle perpendicularmente a un lato dell'esagono
2. Ruotate di:  $\frac{2\pi}{3} = 120^\circ$  in senso orario o antiorario  
(senso di rotazione fissa per ogni lato)
3. Vi muovete di  $j$  celle nella direzione dopo la rotazione



$i\sqrt{3}R$

$j\sqrt{3}R$

$D = \sqrt{(i\sqrt{3}R)^2 + (j\sqrt{3}R)^2 - 2(i\sqrt{3}R)(j\sqrt{3}R) \cos \alpha}$

$= \sqrt{3} \cdot R \sqrt{i^2 + j^2 + ij}$

$\Downarrow$

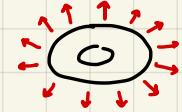
$D = \sqrt{3}k \cdot R$

A distanza  $D$  abbiamo 6 celle analoghe

3) S: ricavi (facendo le opportune assunzioni)

Un'espressione del rapporto segnale - interfere $\ne$  C/I  
in downlink

### ASSUNZIONI:

- 1 - Se BTS sono poste al **centro** della cella di competenza
- 2 - Lo BTS e MS presentano un diagramma di irradiazione omni-directionale (**Antenne isotropiche**)
- 3 - Salvo che le 6 celle analoghe di 1<sup>a</sup> fascia (first tier) sono considerate come **potenzialmente interferenti**.
- 4 - La **potenza trasmessa** da tutte le BTS è la stessa
- 5 - il **modello di propagazione** è lo stesso per tutti:  
segnal: (**lineare**)

### **DL**

Sotto queste ipotesi, la potenza del segnale utile della MS è  
dove **K** è una costante che dipende dalle caratteristiche  
geometriche ed elettroniche del collegamento. **R** è il raggio  
della cella e **n** è il path-loss exponent (dipende dall'ambiente).

La potenza interferente della i-esima cella è:  $I = \frac{K}{d_i^n}$ , dove  
 $d_i^n$  è la distanza tra MS e BTS e supponendo  $K \gg 1$   
 $d_i^n = D^n$

$$C_{MS} = \frac{K}{R^n} \cdot \text{costante}$$

path-loss exponent  
Raggio della cella

Essendo: 6 celle analoghe  $i=6$  quindi:

$$\left(\frac{C}{I}\right)_{\text{downlink}} \geq \frac{C}{6I} = \frac{1}{6} \left(\frac{C}{I}\right)_1 = \frac{(3K)^{n/2}}{6}$$

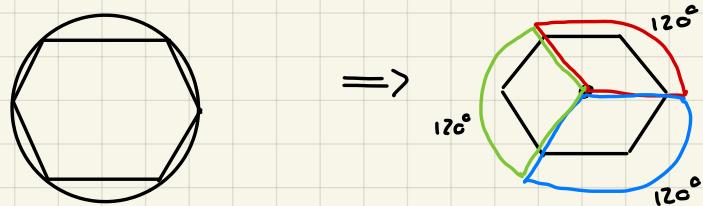
Se la stessa risorsa è usata in tutte le celle analoghe  
(caso peggiore)

Quale potrebbe essere una soluzione per aumentare il rapporto Segnale rumore in downlink?

Possiamo diminuire il numero di celle analoghe che interferiscono con la nostra.

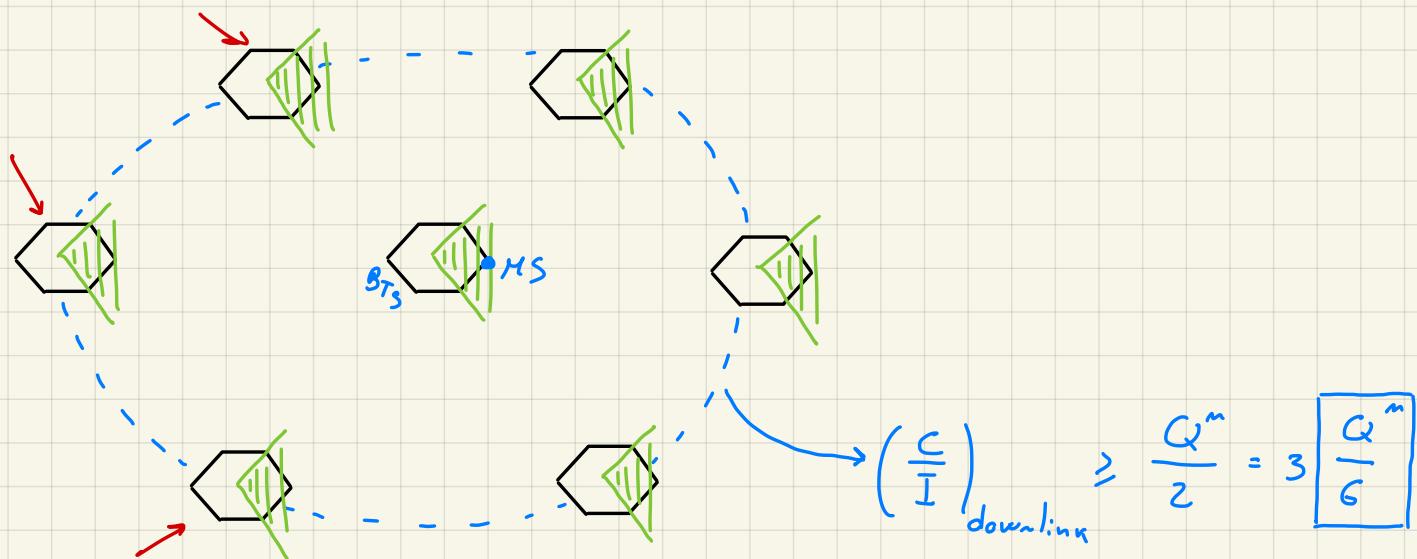
Come facciamo? **SETTORIZZAZIONE DI CELLA**

Invece di considerare un antenna omnidirezionale, si considerano 3 antenne direttive (ognuna con un diagramma di irradiazione di  $120^\circ$ )



Ad ognuno dei 3 settori è associato  $\frac{1}{3}$  delle risorse assegnate alla cella

Caso di antenna isotropica



$$\left( \frac{C}{I} \right)_{\text{downlink}} \geq \frac{Q^*}{3} = 2 \cdot \frac{Q^*}{6}$$

In generale utilizzando celle misettoriali, il rapporto segnale rumore aumenta di un fattore tra 2 e 3.

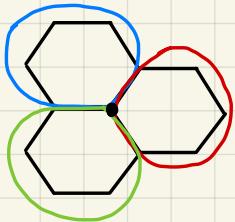
Qual'è il prezzo che pago per questo ragionamento?

Spendo il costo di 3 antenne per cella invece di 1, e inoltre devo fare un'antenna tra i 3 settori della stessa cella, e tra le varie celle analoghe  $\Rightarrow$  ENSOVER INTER-SETTORE

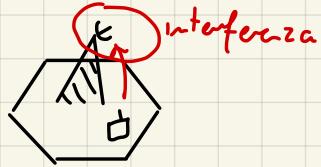


Al fine di entrare in questi costi, si possono condizionare siti tricellulari:

BTS non più al centro di una cella



UPLINK



Le ASSUNZIONI sono quelle del downlink

$$C = \frac{x}{R^m} \quad I = \frac{x}{(D-R)^m} \cdot \frac{c}{I} \geq \frac{c}{\sum I} = \frac{1}{G} \cdot \left(\frac{(D-R)}{R}\right)^m$$

### ASSUNZIONI PEGGIORATIVE

- La MS è situata sul lato/spigolo della cella, e la la massima distanza possibile dalla BTS, riceve più interferenze
- Tutte le celle hanno attiva in quel momento le stesse misurazioni delle MS
- Tutte le BTS delle celle analoghe sono attive su queste misurazioni.

4) Si descriva l'architettura di rete di un sistema cellulare GSM

Il GSM (group special mobile) è stato creato affinché progettasse un numero accettabile un sistema generale delle telecomunicazioni. Presenta prestazioni molto elevate soprattutto ai sistemi 1G in termini di densità geografica degli utenti. Architettura GSM:

### 1) MSS (Mobile Station Subsystem)

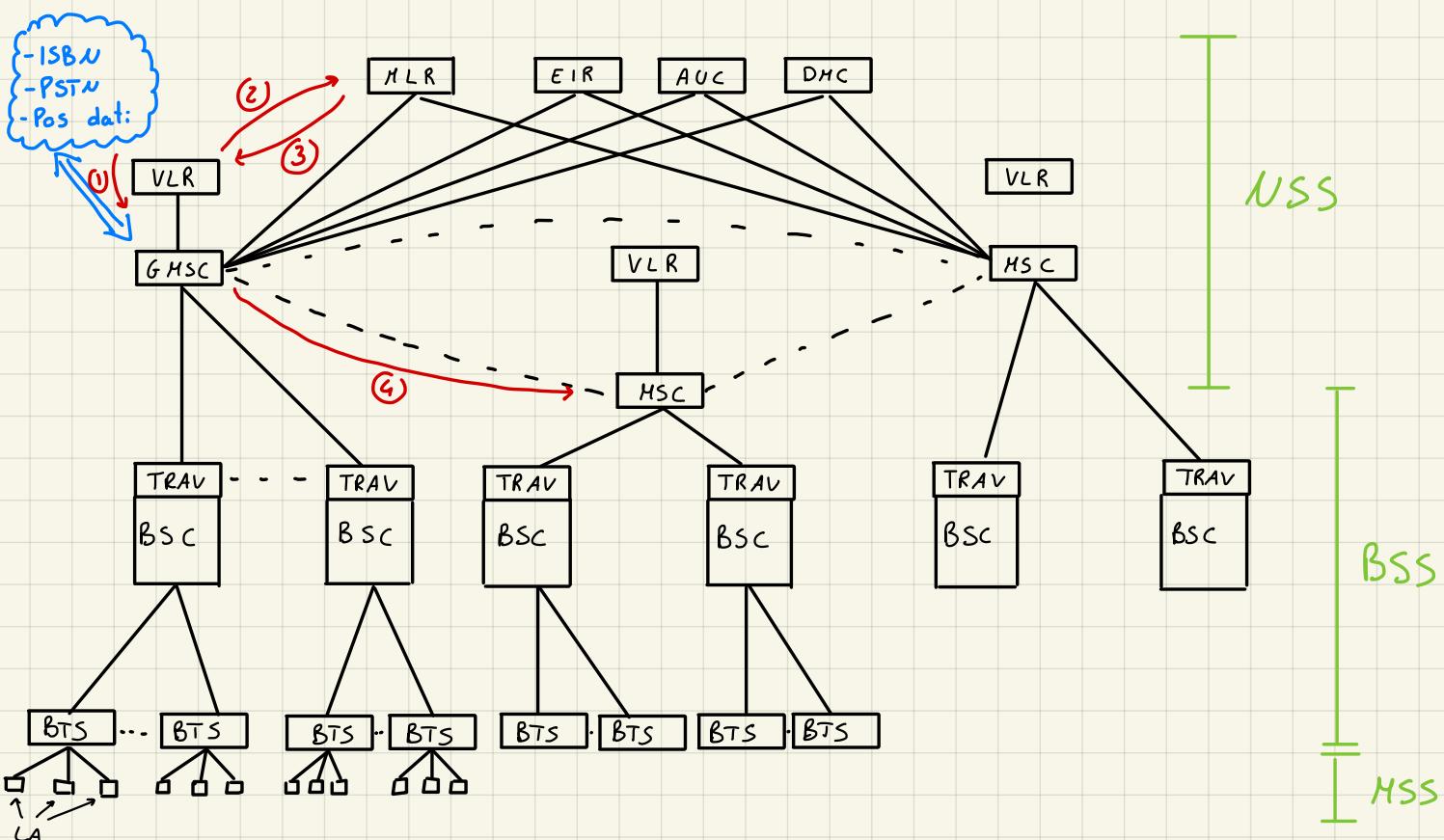
Terminale mobile collegato alla rete tramite interfaccia radio. La parte hardware dell'MSS è il ME (Mobile Equipment) che è composto dal front-end a radio frequenza, dalla parte di elaborazione in banda base e dall'interfaccia utente, inoltre comprende un numero IMEI (International Mobile Equipment Identity) che è il numero identificativo del cellulare.

La parte software dell'MSS è la SIM (Subscriber Identity Mobile) che identifica l'abbonato al servizio e contiene un certo numero di dati, una manovra di dati, una chiave segreta per l'autenticazione e per la crittazione dei dati, un IMSI (International Mobile Subscriber Identity) cioè un numero di 15 cifre che identifica un particolare utente, in un particolare stato di un particolare operatore, e un MS-ISDN (Mobile Station International Subscriber Directory).

- 2) BSS (Base station subsystem) è costituito da:
- BTS (Base Transceiver Station), che contiene le antenne, i modem, e gli amplificatori.
  - BSC (Base Station Controller), che gestisce i controlli radio da e verso gli utenti mobili, stabilisce la legge di frequency hopping di ogni utente, interviene nelle procedure di handover sia all'interno di una cella che in celle adiacenti gestite dalla stessa BSC
  - TRAU (Transcoding and Rate Adaptation Unit), che traduce la codifica RPE-LTP (Regular Pulse Excitation-Cong Term Prediction, bitrate di  $13 \frac{\text{kb}}{\text{s}}$ ) in PCM (Pulse Code Modulation, bitrate di  $64 \frac{\text{kb}}{\text{s}}$ )
- 3) NSS (Network & Switching Subsystem): è connesso attraverso l'interfaccia A che lavora secondo il protocollo MAP (Mobile Application Protocol) ISDN (Integrated Source Digital Network), è composto da:
- (G)MSC (Mobile switching center), le MSC sono centrali di (gateway) commutazione collegate tra loro da una rete interna che gestisce alcune BSC, le G-MSC collegano il sistema cellulare verso l'esterno.
  - VLR (Visitor Location Register), contiene i dati di tutti gli utenti collegati dal MSC, e in particolare l'MS-ISDN e l'IMSI degli utenti controllati dalla MSC, il TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) un id così dell'IMSI utilizzato per motivi di sicurezza, lo LA (Location Area) un

sottoinsieme di celle controllate dallo MSC.

- **HLR** (Home location register), registro dove sono inseriti: tutti i dati di tutti gli abbonati di un operatore, in particolare l'MS-ISDN, l'IMSI, i servizi abilitati e la posizione corrente dell'utente (l'indirizzo SS7 della coppia MSC/VLR)
- **EIR** (Equipment identity Register), contiene tutti i dati IMEI, e ogni operatore ha il suo.
- **AUC** (Authentication center), contiene le parole chiave memorizzate nella SIM



## 5) Modelli: d: canale GSM

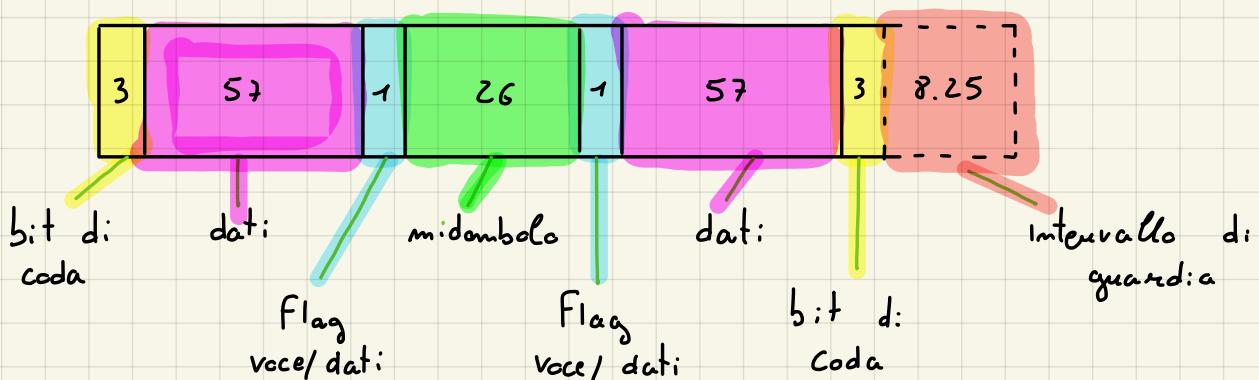
Per il GSM distinguono 3 modelli: d: canale adatto a 3 zone diverse:

- 1) Zona Urbana: pensata per città e quindi per ore con densità geografica d: utenti molto alta. Celle più piccole e potenza adeguata a superare ostacoli: quali: palazzi o altro. Nella zona urbana avvengono molte riflessioni del segnale che possono essere disturbi.
- 2) Zona Collinare: densità d: utenti molto minore, celle più grandi ma comunque con potenza in grado d: oltrepassare ostacoli naturali. Le colline fungono da riflettori a media-grande distanza facendo arrivare alcune riepliche con notevole ritardo.
- 3) Zona Rurale: Condizioni ottimali: poiché abbiamo una densità geografica d: utenti minore, celle più grandi e pochi ostacoli alla trasmissione.

6) Si descriva il segnale GSM, in particolare la struttura di multi-frame, frame e slot

Il segnale GSM è costituito da un multi-frame da 120 ms composto da 26 frame (4,615 ms) di cui 26 frame sono utilizzati per i dati e 2 frame sono per il controllo. Questi 2 frame contengono le informazioni di controllo fra MS e BTS ovvero il controllo della qualità link e dell'handover assistito.

- Un frame è composto da 8 slot da 577 micros. Ogni slot possiede 156,25 bit e in ogni slot abbiano:
  - 3 bit d: testa che consentono l'accensione dell'amplificatore e 3 bit per la coda che consentono lo spegnimento dell'amplif.
  - due gruppi da 57 bit d: payload, per i dati
  - due bit d: steaming flag, identificano il tipo di pacchetto (voce o dati)
  - 26 bit di midamble, all'interno dei quali è presente una parola unica nota sia alla MS che alla rete che serve per stimare la risposta all'impulso del canale
  - 8,25 bit d: guardiola per evitare interferenze da pacchetti sincronizzazioni fra le MS

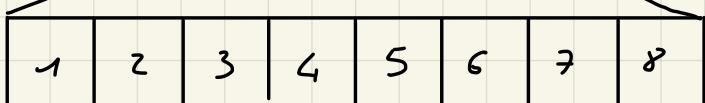


multiframe, 120 ms

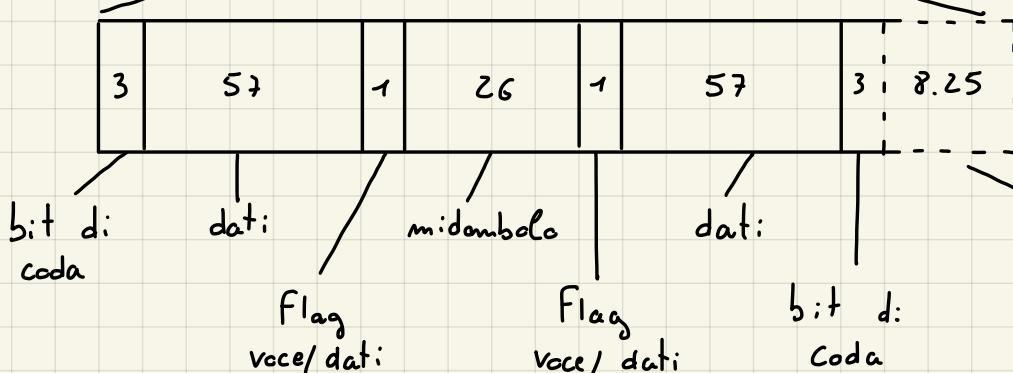


24 frame usati per i dati

2 frame usati per il controllo



frame TDMA, 4.615 ms



7) Si parli della tecnologia W-CDMA in modo comparativo rispetto alla tecnologia GSM

Se W-CDMA è un'interfaccia a banda larga e spettro espanso (spread spectrum) basata sulla tecnologia CDMA. La tecnica W-CDMA permette di raggiungere velocità di trasmissione più elevate soprattutto rispetto alla tecnica di accesso misto TDMA/FDMA utilizzata nella rete GSM/GPRS. Rispetto al GSM presenta numerose migliorie:

- ① - Velocità di uplink e downlink maggiore ( $10/150 \rightarrow 384 \text{ kbps}$ ) e tempo di latenza diminuito ( $600 \rightarrow 150 \text{ ms}$ )
- ② - Più banda a disposizione ( $200 \text{ kHz} \rightarrow 5 \text{ MHz}$ ) che consente di sfruttare la diversità di canali multiplex con ricevitori di tipo rane (frequency hopping nel GSM)
- ③ - il WCDMA supporta la diversità di trasmissione in downlink che ne migliora le trasmissioni.

8) S: punti della rete d: accesso utram

Un sistema UMTS è caratterizzato dall'esistenza d: due sottoinsiemi: d: rete. La parte d: rete deputata a svolgere tutte le funzioni d: autenticazione, commutazione, trasmissione e interconnessione verso le altre reti mobili e/o fisse viene denominata come network (CN).

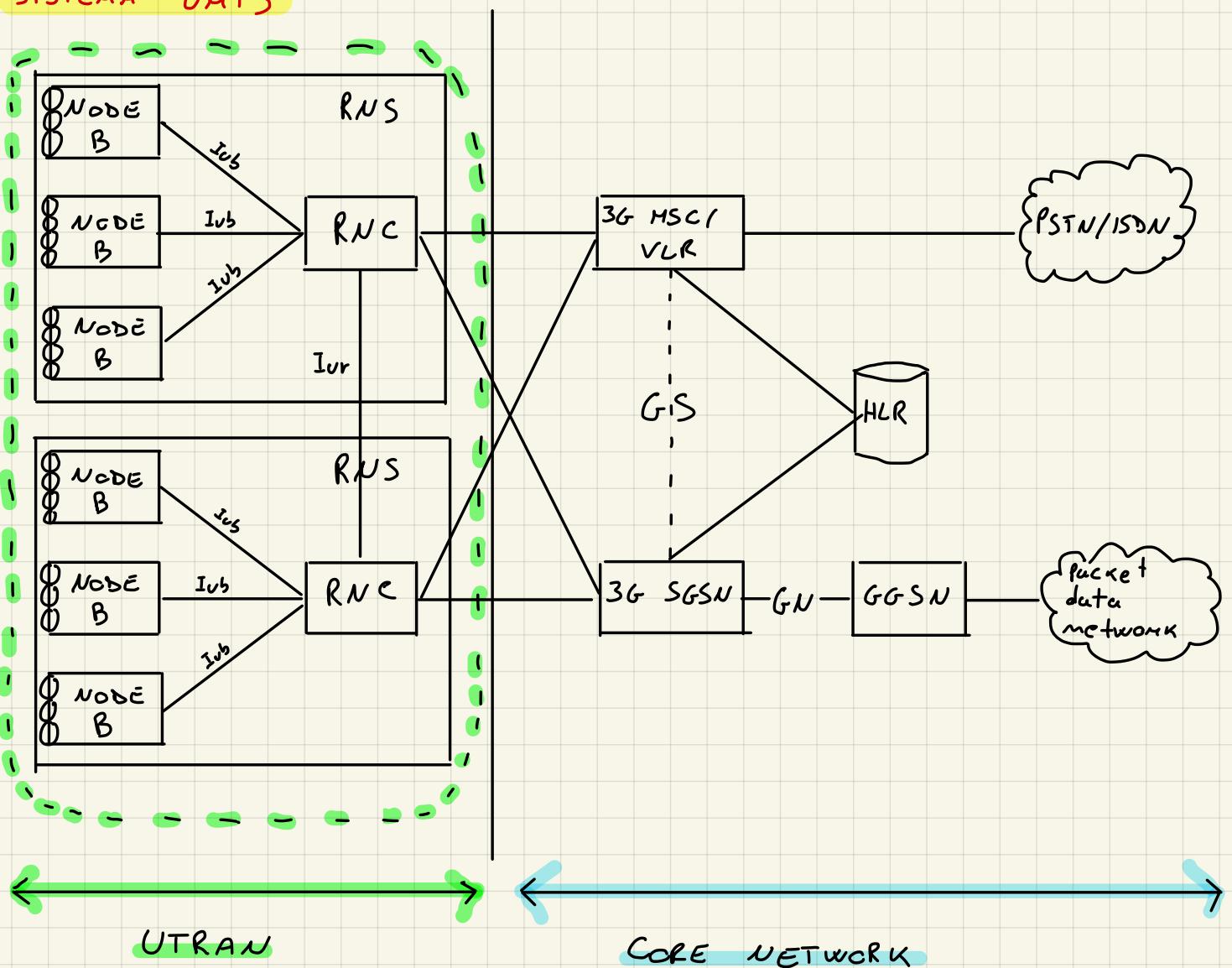
Mentre la parte d: rete che è deputata al collegamento dell'utente mobile e alla gestione delle misure radio è detta rete accesso UTRAN (UMTS radio access network).

l'UTRAN è costituita da un gruppo d: sottoinsiemi d: rete radio (radio network subsystem, RNS), i quali sono composti da un controllore di rete (radio network controller, RNC) e da un gruppo d: stazioni radio base Node-B.  
Ciascun Node-B gestisce una serie d: celle, mediamente da 3 fino a 6, supportando trasmissioni in modalità FDD, TDD o entrambe.

l'interfaccia Iub è dedicata al collegamento tra l'RNC e i vari Node-B che esso controlla, mentre l'interfaccia Iur collega tra loro gli RNC appartenenti a diversi RNS della stessa rete UTRAN. l'elemento centrale della rete d: accesso è l'RNC, il quale gestisce tutte le funzionalità dell'interfaccia radio lato utente, e rende possibile il rapporto de: servizi in modo trasparente verso la CN. In questo modo la mobilità dell'utente è controllata completamente dall'UTRAN, così come le funzionalità d: handover. I Node-B ricevono dall'RNC

le risorse che deve destinare ai singoli utenti, ed essere  
dovuti sfornare trasmissione (interfaccia  $Uu$ ) in cui qualcuno  
ricevuto, aggiustandone però i livelli di potere secondo le  
informazioni che provengono dall'RNC stesso.

### SISTEMA UMTS



o) S: parla dell'architettura d: un sistema LTE (G) evidenziaendo le differenze rispetto all'architettura UMTS.  
La rete d: accesso è costituita solamente da un unico elemento, l'**eNB** (evolved node b) che include tutte le funzionalità, nell'UMTS erano gestite dal mode B e dall'RNC.  
Ed è costituita da:

- **E-UTRAN**: È costituito unicamente da **eNB** connessi tra loro tramite l'interfaccia x2. Ogni **eNB** è poi connesso alla CN attraverso l'interfaccia S1.
- **evolved packet core (EPC)**: S: occupa del trasferimento dei dati verso le reti a pacchetto esterne.  
Composto da:
  - home subscriber server (HSS): evoluzione dell'HLR. Si tratta di un database che contiene informazioni per gestire chiavi in rete
  - Service gateway (SGW): modo di interfacciare con le reti d: accesso E-UTRAN con le altre reti. Si occupa della gestione d: un MS che si porta da un eNB all'altro.
  - PDN-gateway: si occupa di allocare agli indirizzi IP agli UE (user equipment) e della gestione dei flussi informativi.

- Mobility management entity (MME): principale modo di controllo dei CN, si occupa della prima connessione alla rete.

LTE prevede numerose modifiche e migliorie rispetto all'UMTS fra cui:

- Utilizzo della modulazione OFDM per il downlink e Single-Carrier FDMA per l'uplink (al posto del W-CDMA dell'UMTS)
- efficienza spettrale (ovvero numero di bit al secondo trasmessi per ogni hertz della portante) 3 volte superiore alla più evoluta versione dell'UMTS.
- Utilizzo di un minimo di 1,25 MHz e un massimo di 20 MHz di banda per ciascun utente con ampia flessibilità (contro i 5 MHz fissi del W-CDMA)
- applicabilità flessibile a diverse bande di frequenza, incluse quelle del GSM, dell'UMTS-WCDMA e di nuove bande a 2,6 GHz, e con possibilità di aggiungere nuove bande nel tempo a seconda delle necessità.
- Ottimo supporto in mobilità. Sono state registrate elevate prestazioni fino a 350 Km/h, e addirittura sino ai 500 Km/h, a seconda della banda di frequenza usata.

## 10) S: parli della struttura di un frame IEEE 802.11



- frame control: indica il tipo di frame e provvede ad alcune informazioni di controllo.
- Duration ID: indica i microsecondi per cui il canale sarà allocato per una corretta trasmissione.
- Destination address, Source address: indirizzi MAC che servono al pacchetto per i nodi intermedi, sono temporanei e scomparsi quando si passa al livello cablato.
- Sequence control: 16 bit, provvede ad assicurarsi che i bit trasmessi siano nel giusto ordine.
- frame body: È di lunghezza variabile e contiene il payload, i veri e propri dati trasmessi.

11) Si parla dei principali passi di associazione fra un client ed un access point (AP) in reti Wi-Fi.

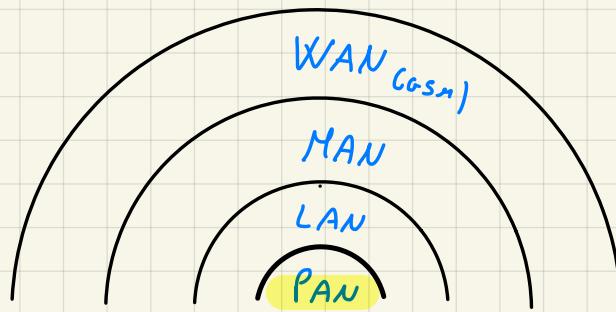
La connessione di un client comincia dopo che esso ha riconosciuto la presenza di un access point.

L'AP annuncia la sua presenza emettendo un broadcast al client nel suo raggio di copertura. Dopo questa fase di emissione abbiamo altre 2 fasi:

- Autenticazione: il client chiede il tipo di accesso ed eventualmente la chiave condivisa. L'AP risponde inviando il tipo di connessione e valuta il successo o l'insuccesso della connessione mediante la chiave.

- Associazione: client e AP si associano mediante i propri indirizzi mac, dopo di che il client riceverà l'indirizzo IP.

12) Cos'è la personal Area Network?



E' stata creata per eliminare i cavi d' connessione ad oggetti vicini (mouse, stampanti, auricolari, ecc..)

Il metodo wireless che ha preso più piede è il **BLUETOOTH**.

Il Bluetooth lavora in una frequenza portante di 2,4 GHz quindi interferisce con il wi-fi.

Lo standard è **IEEE 802.15.x**.

Quando ci accoppiano con un dispositivo, la connessione è molto robusta poiché lavora a **1600 hops/s** (frequency hopping).

Il Bluetooth funziona con un **master** (ch: trasmette) e uno **slave** (ch: riceve)

### PICONET

Un insieme di PICONET si chiama → **SCATTERNET**.

Un altro metodo wireless valido è lo **ZIGBEE**

Mosce per velocità trasmissive basse, punta molto sul risparmio energetico. Si appoggia sullo standard **IEEE 802.15.4**

L'accesso al canale è simile alla gestione CSMA/CA (fa sensing sul canale e

Abbiamo 2 possibili bande frequenti:

(1) 868 / 915 MHz

(2) 2,4 GHz

Il scopo era di avere tutti i modi sincronizzati.

## BECON-ENABLE MODE

Ci sono 2 zone di funzionamento

**ATTIVA** → Tutti i modi possono trasmettere

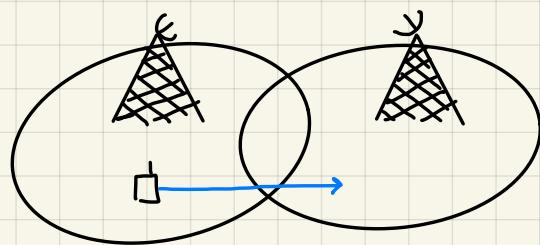
**PASSIVA** → Tutti i modi dormono

La zona attiva ha una durata chiamata SD (Superframe duration) il quale è diviso in 2 periodi: CAP (contention access period) con slot piccoli, e CFP (Contention Free Period), formato da GTS.

13) Osserviamo il passaggio di un MS da una BTS a un'altra in un sistema di reti cellulari.

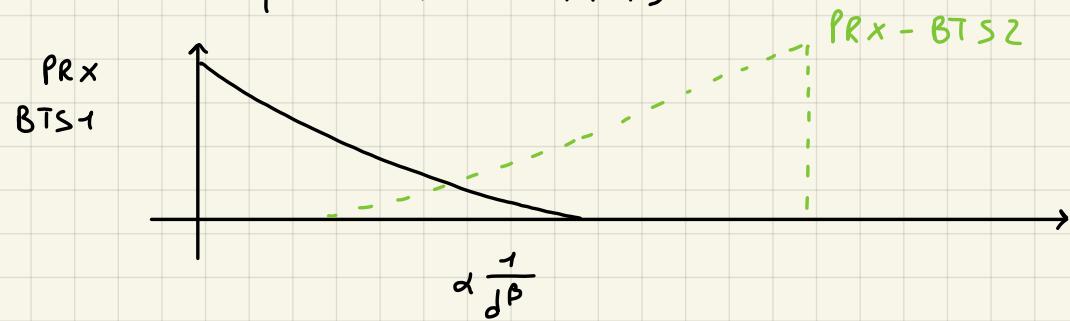
Un'altra osservazione da fare è il passaggio di un MS da una base station a un'altra (handover e handoff)

- Handover non assistito → l'handover viene gestito dalla BTS adiacente



Per la formula d: Friis

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{\left(\frac{4\pi d F_c}{c}\right)^n}$$



Ci sono 2 modi per fare lo switch da BTS1 e BTS2 in questo caso (non assistito) lo switch avviene solo grazie alle BTS, quando il segnale del BTS1 < segnale BTS2 si cambia Area.

Nel secondo modo:

- Handover assistito, il telefono (MS) riesce a capire quale è la potenza della BTS1 e se è troppo debole cerca da solo una potenza maggiore e quindi la BTS2

