

Corso di
RETI DI CALCOLATORI
(9 CFU)

a.a. 2020-2021
II anno / II semestre

Reti di calcolatori Prof. Gianni Fenu

1

Reti radio mobili II - 1

Reti radio mobili

reti radio mobili / sistemi cellulari
(Open System Authentication – Shared Key Authentication)

trasmissione broadcast con unica frequenza
(radio/TV)

riutilizzo delle frequenze

Reti di calcolatori 02 Prof. Gianni Fenu

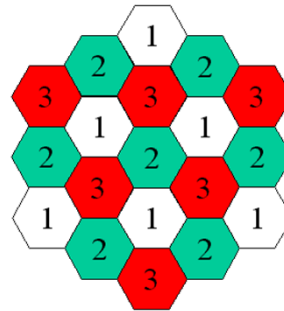
2

CARATTERISTICHE TECNOLOGICHE GENERALI

Riuso delle frequenze:

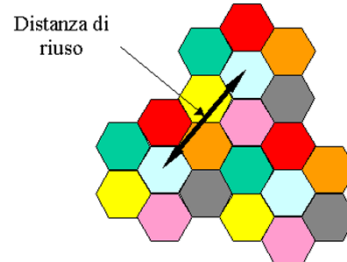
- limitrofia delle frequenze (interferenza cocanale)
- potenza trasmittiva ridotta (riduzione potenza a bordo cella)

Irregolarita' della forma delle celle



3

Mobilita' degli utenti
(trasferimento di cella: handover)



Dimensione celle:

- ogni *base station* ha a disposizione un certo numero di canali (frequenze)
- riducendo le celle aumenta il numero di utenti, ma diminuisce la *distanza di riutilizzo* delle frequenze e aumentano gli handover (QoS)

4

Reti radio mobili		II - 1
<u>SISTEMI CELLULARI ANALOGICI</u>		
ad ogni utente viene assegnata una frequenza per l'intera durata della conversazione		
non e' possibile applicare sistemi di crittografia (scrambler)		
sicurezza di trasmissione basata solo sul riconoscimento del terminale mobile		
tecnologia non adatta alla trasmissione dati		
Reti di calcolatori	05	Prof. Gianni Fenu

5

Reti radio mobili		II - 1
prime applicazioni USA 1983		
in Europa UK e paesi scandinavi 1985		
TACS (Total Access Communication System)		
890-960 Mhz (1000 canali in 70 KHz) 25+45 KHz		
fine anni '80		
E-TACS (Extended TACS)		
872-950 Mhz (1320 canali in 78 Mhz) 25+34 KHz		
limitati all'uso nazionale (apparati differenti, mancata interoperabilita'e concorrenza)		
Reti di calcolatori	06	Prof. Gianni Fenu

6

Reti radio mobili		II - 1
<p>SISTEMA GSM (Global System Mobile communication)</p> <p>creazione di un sistema caratterizzato da:</p> <ul style="list-style-type: none">- 900 Mhz- QoS di comunicazione- basso costo di terminale- basso costo di gestione- compatibilita' ISDN- roaming internazionale- sicurezza e riservatezza comunicazioni- impiego di tecniche TDM aggiuntive		
Reti di calcolatori	07	Prof. Gianni Fenu

7

Reti radio mobili		II - 1
<p>creazione di un sistema caratterizzato da:</p> <p>frequenze riservate al GSM:</p> <p>890-915Mhz up-link (25Mhz) 935-960Mhz down-link (25 Mhz)</p> <p>Global System for Mobile communication (1989-ETSI)</p> <p>1990 Phase I (12 serie di Racc.) 1993 Phase II (6000 pagg. di Racc.)</p>		
Reti di calcolatori	08	Prof. Gianni Fenu

8

Reti radio mobili		II - 1
<p>GSM:</p> <ul style="list-style-type: none">- primo sistema standardizzato a tecnica di trasmissione numerica su canale radio- compatibilita' totale ISDN e OSI- roaming internazionale- trasmissione dati- Short Message System <p>evoluzione in DCS 1800 (Digital Cellular System)</p>		
Reti di calcolatori	09	Prof. Gianni Fenu

9

Reti radio mobili		II - 1
<p>DCS 1800:</p> <ul style="list-style-type: none">- usa protocollo PCN (Personal Communication System)- tecnologia GSM su frequenze 1800Mhz (75Mhz)- caratteristiche di propagazione differenti- ampiezza di banda tripla 75Mhz che triplica gli utenti per cella- minor potenza di trasmissione (meno interferenze e sfruttamento batterie)		
Reti di calcolatori	10	Prof. Gianni Fenu

10

Reti radio mobili		II - 1
<p>telefoni mobili multi-standard</p> <p>dual band: stessa tecnologia ma frequenze differenti spesso con funzionalità dual band handover (GSM - DCS)</p> <p>(esempio: Tri-band 900-1800-1900 (USA))</p> <p>dual mode: diversa tecnologia (GSM - DECT, GSM - satellitare)</p> <p>dual SIM</p>		
Reti di calcolatori	11	Prof. Gianni Fenu

11

Reti radio mobili		II - 1
<p><u>Caratteristiche tecniche del sistema GSM</u></p> <p>suddivisione del territorio in celle:</p> <p>890-915 Mhz up-link (da terminale a base station) 935-960 Mhz down-link (da base station a terminale)</p> <p>massimo sfruttamento della banda 25 Mhz nella service-area col riutilizzo delle frequenze clustering (la banda per provider e' inferiore a 25Mhz)</p>		
Reti di calcolatori	12	Prof. Gianni Fenu

12

Caratteristiche tecniche del sistema GSM

suddivisione del territorio in celle:

ipotesi di suddivisione del territorio con banda 25Mhz:

- 1 canale 200Khz
- $N = 25\text{Mhz}/200\text{Khz} = 125$ canali contemporanei
- con 3 sottobande $N/3 = 41$ canali per sottobanda
- con service area di 11 celle avremo:
 $41 \cdot 11 = 451$ *canali contemporanei*

all'aumentare delle celle si rischia *l'interferenza cocanale*

ritardo di propagazione tra BS - ME - BS e max dim. cella:

- a) tempo massimo consentito di comunicazione (max ritardo) 233 microsec
- b) $\frac{233 \text{ (microsec)}}{233 \cdot 10^{-6} \text{ (sec)}} \cdot \frac{300.000 \text{ Km/sec}}{300.000 \text{ Km/sec}} = 70 \text{ Km}$
dunque BS-ME e' pari a 35Km

maggior sfruttamento della banda:

- al diminuire della dimensione della cella si rischia l'interferenza cocanale
- al diminuire della potenza trasmittiva si abbassa QoS

Reti radio mobili		II - 1				
<p>Parametri tecnici GSM (E-GSM) in Italia</p> <p>tecnica di accesso mista:</p> <ul style="list-style-type: none">- FDMA (per suddivisione di banda)- TDMA: 8 time-slot (full-rate) o 16 time-slot (half-rate) <p><u>con GSM 900</u></p> <table><tr><td>880-915 Mhz</td><td>35Mhz complessivi</td></tr><tr><td>925-960 Mhz</td><td>35Mhz complessivi</td></tr></table> <p>canale 200 Khz pari a 174 portanti</p> <p>con campionamento 16Kbps (full-rate) 1392 canali con campionamento 8Kbps (half-rate) 2784 canali</p>			880-915 Mhz	35Mhz complessivi	925-960 Mhz	35Mhz complessivi
880-915 Mhz	35Mhz complessivi					
925-960 Mhz	35Mhz complessivi					
Reti di calcolatori	15	Prof. Gianni Fenu				

15

Reti radio mobili		II - 1				
<p><u>con DCS 1800</u></p> <table><tr><td>1755-1785 Mhz</td><td>30Mhz complessivi</td></tr><tr><td>1850-1880 Mhz</td><td>30Mhz complessivi</td></tr></table> <p>canale 200 Khz pari a 150 portanti</p> <p>con campionamento 16Kbps (full-rate) 1200 canali con campionamento 8Kbps (half-rate) 2400 canali</p>			1755-1785 Mhz	30Mhz complessivi	1850-1880 Mhz	30Mhz complessivi
1755-1785 Mhz	30Mhz complessivi					
1850-1880 Mhz	30Mhz complessivi					
Reti di calcolatori	16	Prof. Gianni Fenu				

16

Reti radio mobili		II - 1
<p><u>Suddivisione per elementi architeturali del sistema GSM</u></p> <p>MS (Mobile Station) = ME (Mobile Equipment) + SIM (Subscriber Identity Module)</p> <p>IMEI (International Mobile Equipment Identity) = TAC/FAC/SNR/sp 6 cifre modello e costruttore 2 cifre luogo di costruzione 6 cifre serial number 1 cifra disposizione/usi futuri</p> <p>contiene processore (16 bit) esegue algoritmi di cifratura e memoria (RAM, ROM, EEPROM) 8-16-32-64-128 Kbyte</p>		
Reti di calcolatori	17	Prof. Gianni Fenu

17

Reti radio mobili		II - 1
<p>codici associati primari (al sottoscrittore):</p> <ul style="list-style-type: none"> - IMSI, (International Mobile Subscriber Identity) - K_i, chiave di autenticazione <p>codici associati secondari:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A8, algoritmo di cifratura - A3, algoritmo di autenticazione - PIN, PIN2 - PUK (PIN Unlocked Key), PUK2 - rubrica telefonica (text/voice), SMS, MMS, EMS, lista operatori 		
Reti di calcolatori	18	Prof. Gianni Fenu

18

funzioni dirette associate alla MS

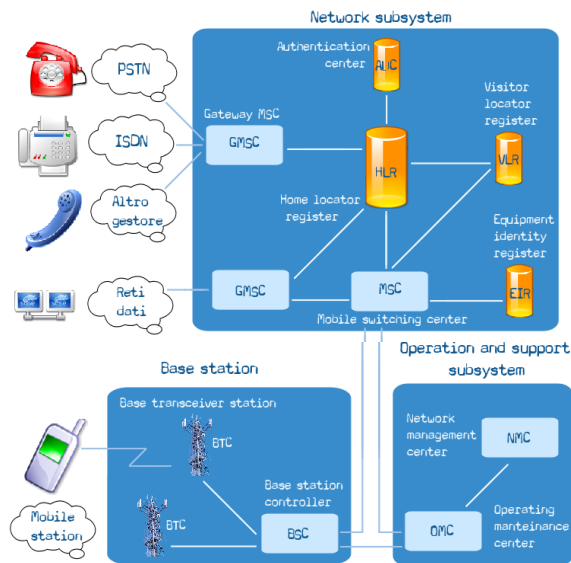
DTX (Discontinuous Transmission) → comfort noise

DPC (Dynamic Power Control):

veicolare	20 Watt	42 dBm	classe 1
.....			
palmare	0.8 Watt	29 dBm	classe 5

32 livelli scalabili a passo 2

Architettura GSM



Reti radio mobili II - 1

Network Subsystem

The diagram illustrates the Network Subsystem architecture. It features two Base Station Controllers (BSC) at the bottom, each connected to three Base Transceiver Stations (BTS) represented by triangles. Both BSCs are connected to a central Mobile Service Switching Center (MSC), which is represented by a box. The MSC is further connected to a Visitor Locator Register (VLR), represented by a cylinder. The entire system is enclosed in a dashed-line box.

BTS (Base Transceiver Station)
BSC (Base Station Controller)
MSC (Mobile service Switching Center)
VLR (Visitor Locator Register)

MSC/VLR Service (location area)
 es. in Italia TIM ha in funzione 40 MSC

Reti di calcolatori 21 Prof. Gianni Fenu

21

Reti radio mobili II - 1

MSC/VLR interroga l'HLR (Home Locator Register) di riferimento nel quale trova:

- i dati dell'abbonato chiamato (*dati statici*)
- i dati sui servizi attivati (*dati dinamici*)
- il VLR presso cui e' stato registrato ultimamente l'abbonato

Reti di calcolatori 22 Prof. Gianni Fenu

22

Reti radio mobili II - 1

$MS_A \rightarrow BTS_A$
 $BTS_A \rightarrow BSC_A$
 $BSC_A \rightarrow MSC_A$
 $MSC_A \rightarrow HLR_A$ (in base alle prime cifre (3xx) individua l'HLRA dell'utente A, le abilitazioni e il VLR di registrazione)
 $MSC_A \rightarrow$ (passa all'analoga individuazione per l'utente B)
 $MSC_A \rightarrow MSC_B$
 $MSC_B \rightarrow BSC_B$
 $BSC_B \rightarrow BTS_B$
 $BTS_B \rightarrow MS_B$

sono impiegati n HLRI per regione per prefisso (360, 368, 347, 348,...)

Reti di calcolatori 23 Prof. Gianni Fenu

23

Reti radio mobili II - 1

GMSC (Gateway Mobile service Switching Center)

PSTN ISDN Altro gestore Rete Dati

Reti di calcolatori 24 Prof. Gianni Fenu

24

Reti radio mobili		II - 1
<p>EIR (Equipment Identity Register)</p> <p>si attiva ad ogni instaurazione</p> <p>DB costituito da record recanti ME:</p> <ul style="list-style-type: none">- con IMEI omologati per GSM (White list);- con IMEI non omologati per GSM (Grey list);- con IMEI di apparecchi rubati (Black list).		
Reti di calcolatori	25	Prof. Gianni Fenu

25

Reti radio mobili		II - 1
<p>AuC (Authentication Center)</p> <p>si attiva ad ogni instaurazione (trasmette solo su rete fissa)</p> <p>DB costituito da record dell'utente recanti:</p> <ul style="list-style-type: none">- IMSI- TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) associato alla LAI (Location Area Identity)- K_i- A_4- A_8		
Reti di calcolatori	26	Prof. Gianni Fenu

26

OMC (Operation and Maintenance Center)

controlla una parte della rete GSM di un operatore

- gestisce la configurazione e le prestazioni di tutti gli elementi dell'architettura (BTS, BSC, MSC, VLR, HLR, AuC, EIR);
- gestisce guasti, allarmi, stato del sistema;
- programma ed esegue test periodici;
- raccoglie tutti i dati per l'accounting degli utenti.

NMC (Network Management Center)

controlla e gestisce tutti gli OMC, dunque l'intera rete

Interfacce GSM tra elementi dell'architettura

Reti radio mobili II - 1

Multiplazione TDMA

Ogni canale 200 KHz è suddiviso in frame da 4,616 ms
 Ogni frame è suddiviso in 8 time-slot da 0,577 ms

26 frame (120 ms) formano una **TRAFFIC MULTIFRAME**

51 frame (235 ms) formano un **CONTROL MULTIFRAME**

Reti di calcolatori 29 Prof. Gianni Fenu

29

Reti radio mobili II - 1

Una **TRAFFIC SUPERFRAME** (6,12 s) è formata da 51 **TRAFFIC MULTIFRAME**

Un **CONTROL SUPERFRAME** (6,12 s) è formata da 26 **CONTROL MULTIFRAME**

Reti di calcolatori 30 Prof. Gianni Fenu

30

Reti radio mobili II - 1

Una HYPERFRAME (3h 28m 53s) è formata da 2048 SUPERFRAME

Reti di calcolatori 31 Prof. Gianni Fenu

31

Reti radio mobili II - 1

Ogni comunicazione è caratterizzata da:

1. Numero di time-slot (TS)
2. Numero di trama (FN) calcolato sull' HYPERFRAME
3. Numero frequenza della portante (canale radio usato)

Per consentire l'handover, una stessa comunicazione ha il time-slot di TX shiftato di 3 time-slot rispetto a quello di RX

Reti di calcolatori 32 Prof. Gianni Fenu

32

Reti radio mobili		II - 1
<u>Difficoltà della comunicazione ed interfaccia radio</u>		
Interferenza cocanale (celle limitrofe)		
Fading (evanescenza momentanea):		
<ul style="list-style-type: none"> - riflessioni d'onda su piu' superfici riflettenti (fading veloce); - assorbimento dovuto ad ostacoli di grande dimensione maggiori della lunghezza d'onda (fading lento). 		
per ovviare esistono due tecniche:		
<ul style="list-style-type: none"> - antenna diversity: si pongono due antenne riceventi a distanza λn; - frequency hopping: la comunicazione viene trasmessa su due frequenze diverse. 		
Reti di calcolatori	33	Prof. Gianni Fenu

33

Reti radio mobili		II - 1
<u>UMTS</u> (Universal Mobile Telecommunication System)		
Convergenza su:		
<ul style="list-style-type: none"> - compatibilità tecnologica col sistema GSM - handovering multi band 		
velocita' di trasmissione dei dati tra 384Kbps e 2.048Mbps (144 Kbps per terminali mobili a velocita' di 500 Km/h)		
tecnologia soft-handover elimina le discontinuita' registrabili nel passaggio di cella		
(1885-2025 Mhz e 2110-2200 Mhz)		
Reti di calcolatori	34	Prof. Gianni Fenu

34