

*Architetture e Protocolli
per Reti Wireless*

Università di Genova
Facoltà di Ingegneria

3. Reti Radio-mobili Cellulari
3.4 UMTS

Prof. Raffaele Bolla



Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

La storia

- Nel 1985 viene fondato il primo gruppo di lavoro su un futuro sistema di comunicazione mobile:
 - FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunications System);
 - la definizione del GSM non era ancora stata completata!
 - obiettivi:
 - » interoperabilità globale;
 - » compatibilità 2G;
 - » terminali piccoli e leggeri;
 - » integrazione con reti ISDN;
 - » copertura globale (componenti terrestri e satellitari);

Lezione 3.4, v. 1.0 2

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

La storia

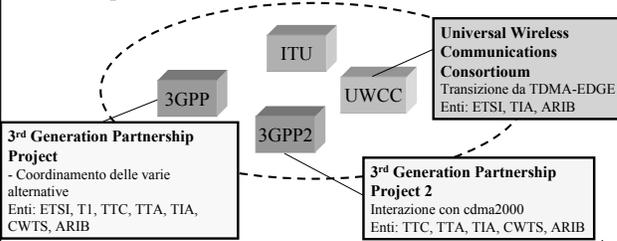
- problematiche:
 - » interoperabilità: diverse regolamentazioni nazionali;
 - » compatibilità: presenza di standard molto diversi.
- Nel 1997 il sistema cambia nome: **IMT-2000 (International Mobile Communications-2000)**.
- Nel 1998 vengono presentate 17 proposte di standard
 - alcune rappresentavano una evoluzione di specifici sistemi 2G (EDGE, DECT);
 - tutte sono state accettate!

Lezione 3.4, v. 1.0 3

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Gli enti di standardizzazione

- FPLMTS nasce in ambito ITU.
- Successivamente diversi enti entrano a far parte del processo di standardizzazione:



Lezione 3.4, v. 1.0 4

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – I servizi

- Lo slogan di IMT-2000 era quello di volere un sistema in cui valesse la regola delle quattro “a”
 - *anywhere, anytime, anytype e anyvolume*;
 - qualsiasi tipo di servizio sempre e dovunque.
- Introduzione dei servizi “location based”
 - indicazioni di viabilità (cartine, direzioni, orari mezzi pubblici), di utilità (servizi commerciali), ricreative (turismo, video-on-demand).
- Il punto cardine è rappresentato dai servizi dati e multimediali
 - è necessario superare le limitazioni di banda dei sistemi di seconda generazione.

Lezione 3.4, v. 1.0 5

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – I servizi

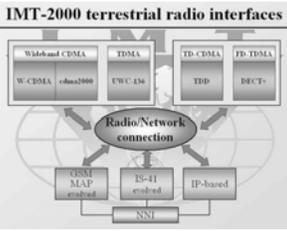
- Servizi di trasporto
 - servizi a commutazione di circuito (voce e audio);
 - servizi a commutazione di pacchetto;
 - servizi a banda larga
 - » servizi interattivi (interrogazioni, messaggistica, conversazioni),
 - » servizi distributivi.
- Teleservizi
 - voce, fax, teleconferenza, servizi *broadcast*, tele-shopping, posta elettronica.
- Servizi supplementari
 - identificazione chiamante, comunicazione multipla, gruppi chiusi, inoltro chiamata.

Lezione 3.4, v. 1.0 6

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000

- L'IMT-2000 propone un insieme di standard
 - evoluzione delle tecnologie 2G.
- cdma-2000**
 - multicarrier CDMA: l'estensione della capacità trasmissiva avviene utilizzando più portanti per utente;
 - evoluzione di IS-95.
- W-CDMA o UTRA**
 - UMTS Terrestrial Radio Access;
 - evoluzione delle tecniche TDMA.



7

Lezione 3.4, v. 1.0

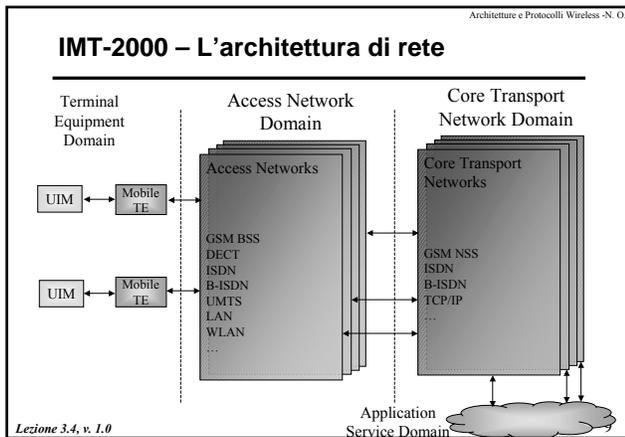
Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – L'architettura di rete

- L'architettura di riferimento IMT-2000 identifica 5 segmenti principali
 - l'utente, con un proprio modulo di accesso (USIM);
 - il terminale utente;
 - la rete di accesso, composta da architetture ed interfacce sia di rete fissa che mobile (terrestre o satellitare);
 - la rete di trasporto (*core network*), a commutazione di circuito o di pacchetto, una rete intelligente;
 - la rete di servizio, fornisce i contenuti da trasferire all'utente alla rete di trasporto.

8

Lezione 3.4, v. 1.0



Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – Le velocità di trasmissione

- Dalla teoria dell'informazione, la velocità massima di trasmissione è proporzionale:
 - alla banda disponibile;
 - al rapporto segnale/rumore (potenza di trasmissione).
- La banda di solito è limitata da considerazione di natura non tecniche.
- La potenza di trasmissione è limitata
 - dalla presunte interazioni con l'organismo umano;
 - dalla durata delle batterie.
- La mobilità disturba ulteriormente la trasmissione.

10

Lezione 3.4, v. 1.0

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – Le velocità di trasmissione

- Vengono individuati tre scenari tipici:
 - macro celle (aree rurali);
 - velocità di spostamento elevatissime (fino a 500 Km/h);
 - massimo tasso di trasmissione: 144 kbps;
 - micro celle (aree urbane)
 - velocità pedestri o veicolari "lente";
 - massimo tasso di trasmissione: 384 kbps;
 - pico celle (ambienti interni)
 - mobilità sostanzialmente nulla;
 - massimo tasso di trasmissione: 2 Mbps.

11

Lezione 3.4, v. 1.0

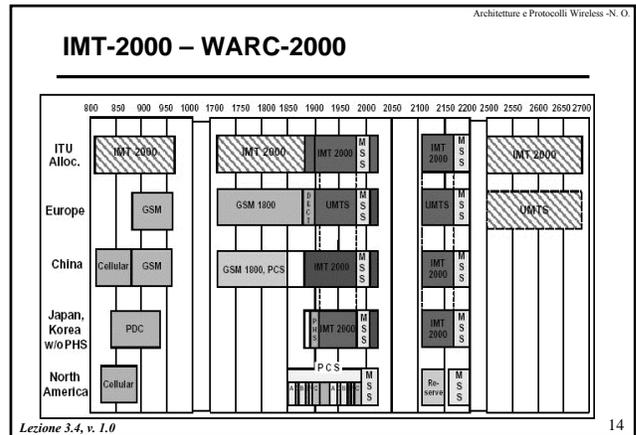
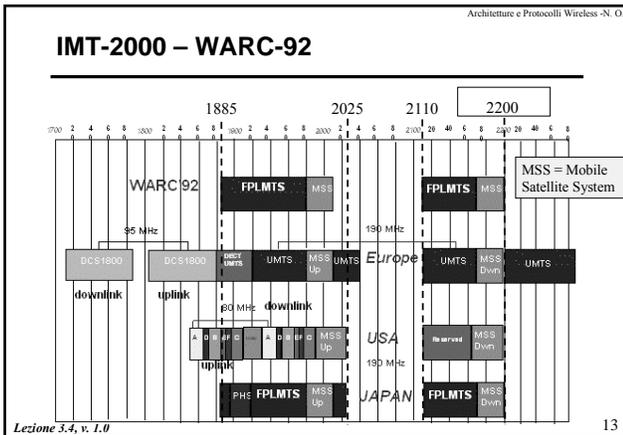
Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

IMT-2000 – Frequenze allocate

- La *World Administrative Radio Conference (WARC-92)* ha individuato 230 MHz per le comunicazioni IMT-2000
 - 155 MHz per comunicazioni terrestri e 75 per comunicazioni satellitari.
- Le bande assegnate non sono immediatamente disponibili in tutto il mondo
 - i sistemi 3G devono coesistere con eventuali altri sistemi già presenti.
- Nella conferenza WARC-2000 sono state riservate ulteriori frequenze, da rendere disponibili nel medio-lungo periodo (2005-2008)
 - la banda totale risulta di circa 500 MHz.

12

Lezione 3.4, v. 1.0

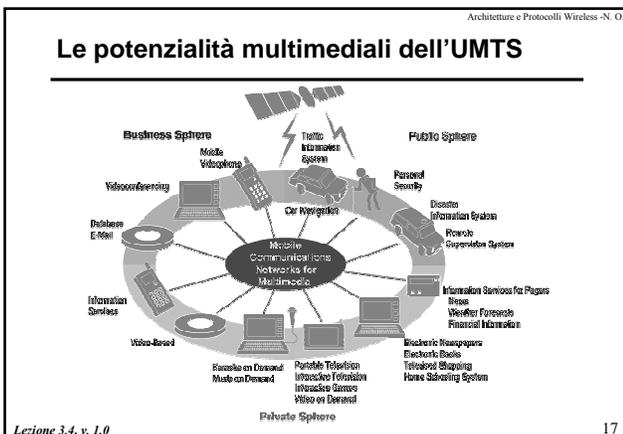
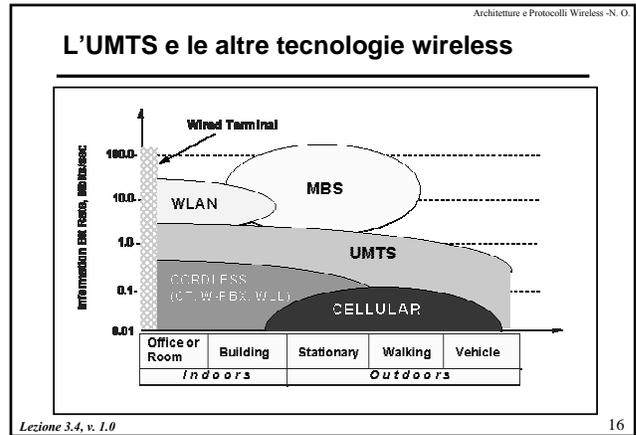


Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Universal Mobile Telecommunications System

- L'UMTS è stato sviluppato da 3GPP
 - rappresenta una delle soluzioni in ambito IMT-2000;
 - nasce come evoluzione del GSM verso le rete 3G.
- Fino alla sua completa realizzazione, l'UMTS coesisterà con le reti GSM (EDGE e GPRS).

Lezione 3.4, v. 1.0 15



Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Le classi di servizio

- Classe conversazionale
 - conversazioni in tempo reale tra utenti;
 - ritardi bassi e costanti.
- Classe streaming
 - servizio unidirezionale;
 - ritardo costante per visione fluida senza interruzioni.
- Classe interattiva
 - accesso a dati ed elaboratori remoti (telnet);
 - latenza di attraversamento della rete bassa.
- Classe background
 - accesso a dati remoti da scaricare;
 - vincoli relativi al servizio percepito dall'utente.

Lezione 3.4, v. 1.0 18

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Le release UMTS

- Per raggiungere un consenso globale 3GPP sta introducendo l'UMTS in fasi e release annuali
 - UMTS Rel. '99 (R3) definisce gli aggiornamenti e gli sviluppi per la rete GSM esistente;
 - UMTS Rel. '00 (R4) introduce ulteriori aggiornamenti (TD-CDMA e EDGE);
 - UMTS R5 (2002), servizi tradizionali su IP (SIP, VoIP);
 - UMTS R6 (2004), ottimizzazione della trasmissione di voce su infrastruttura a pacchetto.
- L'evoluzione è partita da una tecnica di trasporto ATM per poi orientarsi verso IP (versioni 4 e 6).

Lezione 3.4, v. 1.0 19

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

L'architettura UMTS

The diagram illustrates the UMTS architecture. On the left, 'Utenti' (Users) are shown with mobile devices. These connect to the 'UMTS Terrestrial Radio Interface', which includes 'Node B' (base stations) and the 'RNC' (Radio Network Controller). The RNC is connected to the 'UMTS Core Network', represented by a cloud. The core network is further connected to a 'Server' and 'WLAN (802.11, Hyperlan)'.

Lezione 3.4, v. 1.0 20

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

I terminali utenti

- Le USIM sono molto simili alle SIM GSM
 - supportano i profili utente;
 - consentono l'aggiornamento di informazioni direttamente via radio;
 - autenticazione dell'utente;
 - funzionalità di sicurezza;
 - download sicuro di nuove applicazioni.
- UMTS non pone vincoli alle funzionalità dei terminali utenti.
 - sono la controparte aerea del Node B.
- Vengono utilizzate molte informazioni GSM:
 - IMSI, TMSI, P-TMSI, MSISDN, IMEI.

Lezione 3.4, v. 1.0 21

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Le interfacce radio – UTRA

- Node B:
 - trasmissione/ricezione sull'interfaccia radio;
 - modulazione/demodulazione;
 - codifica di canale CDMA;
 - gestione degli errori;
 - controllo di potenza ad anello chiuso.
- Radio Network Controller (RNC):
 - controllo delle risorse radio e allocazione dei canali;
 - controllo d'accesso;
 - controllo degli handover;
 - segmentazione/riassembaggio;
 - segnalazione broadcast;
 - controllo di potenza ad anello aperto.

Lezione 3.4, v. 1.0 22

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Le interfacce radio – UTRA

- La tecnologia CDMA Wideband è stata scelta per l'interfaccia radio UMTS.
- WCDMA è una tecnica DSSS nella cui i codici derivano da sequenze quasi-random.
- Il fattore di *spreading* è variabile
 - permette di essere adattato alle condizioni del canale e alla bitrate dell'utente.
- Protezione degli errori
 - codifica convoluzionale;
 - codifica di Reed-Solomon + interleaving;
 - turbo codici.

Lezione 3.4, v. 1.0 23

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

Le interfacce radio – UTRA

- Due modalità operative:
 - UTRA-FDD (o W-CDMA, in senso stretto): canali simmetrici per uplink e downlink appaiati con modalità FDD
 - ottimizzato per celle di grandi dimensioni;
 - UTRA-TDD (o TD-CDMA): canali multiplati nella stessa trama
 - ottimizzato per la copertura di micro e pico celle.

FD-TDMA DECT+ (IMT-FT)	TDMA UWC-136 (IMT-SC)	TD-CDMA TDD (IMT-TC)	CDMA W-CDMA (IMT-DS) cdma2000 (IMT-MC)
------------------------------	-----------------------------	----------------------------	---

3GPP UMTS

Lezione 3.4, v. 1.0 24

L'interfaccia radio

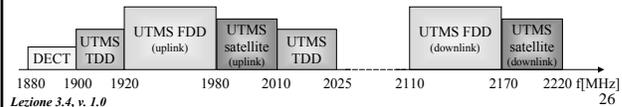
- Lo spettro a disposizione viene diviso in canali di 5 MHz (possono essere ridotti fino a 4.4).
- La velocità di trasmissione è di 3.84 Mchip/s.
- L'informazione su ciascun canale è organizzata in trame
 - durata 10 ms;
 - divise in 15 slot.

Lezione 3.4, v. 1.0

25

L'utilizzo delle frequenze

- La banda riservata è asimmetrica
 - l'utilizzo di bande appaiate porterebbe ad un utilizzo non ottimale delle risorse;
 - un *Frequency Division Duplex* (FDD) è la soluzione migliore per i servizi simmetrici;
 - un *Time Division Duplex* (TDD) è più efficiente per i servizi asimmetrici.
- La banda è divisa in porzioni di 5 MHz.



Lezione 3.4, v. 1.0

26

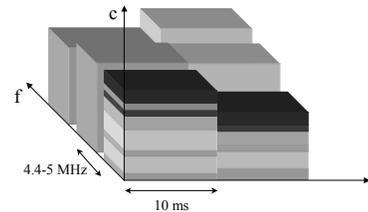
L'interfaccia radio

- Ogni slot trasporta 2560 chip
 - bit trasmessi \times fattore di allargamento (*spreading factor*);
 - il fattore di allargamento è quindi da scegliersi inversamente proporzionale alla bit rate desiderata.
- Diversi flussi possono essere trasportati su canali diversi, a velocità differenti.
- La velocità massima è 2 Mbps.
- La modulazione è una QPSK (*Dual Code BPSK* per il canale *uplink* nel caso FDD).

Lezione 3.4, v. 1.0

27

UTRA – FDD



Lezione 3.4, v. 1.0

28

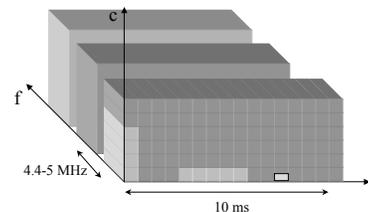
Frequency Division Duplex

- Per ogni diversa frequenza possono essere utilizzati fino a 256 diversi codici
 - è ragionevole che il numero di utenti attivi contemporaneamente sia minore.
 - lo stesso utente può utilizzare più codici con lo stesso *spreading factor*.
- *Spreading factor* utilizzabili: 4, ..., 256.
- Le diverse slot all'interno della trama vengono utilizzate per trasportare diversi canali logici.

Lezione 3.4, v. 1.0

29

UTRA – TDD



Lezione 3.4, v. 1.0

30

Time Division Duplex

- Le slot possono venire allocate per *downlink* o *uplink*
 - soluzione ottima per traffico asimmetrico.
- Fino a 16 diversi codici possono essere utilizzati per ogni singola slot
 - *spreading factor*: 1, ..., 16.
- Diverse velocità di trasmissione
 - multislot;
 - multicodice;
 - *spreading factor*.

Lezione 3.4, v. 1.0

31

Canali UMTS

- L'UMTS identifica tre tipologie di canali:
 - *canali logici*
 - » specificano il tipo di informazione da trasmettere;
 - » sono gestiti dal MAC per offrire servizi al RLC;
 - *canali di trasporto*
 - » specificano le modalità di trasporto;
 - » rappresentano i servizi offerti a livello superiore;
 - » definiti a livello 1;
 - *canali fisici*
 - » definiscono i parametri del trasporto (codice, frequenza, intervallo temporale).

Lezione 3.4, v. 1.0

32

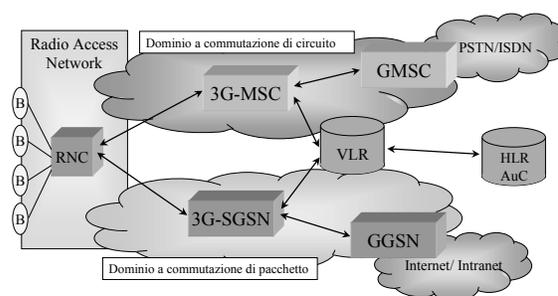
Canali UMTS

- L'insieme dei canali serve per trasportare
 - informazione necessaria alla stima del canale
 - » deve essere trasmessa con continuità all'interno dei dati;
 - informazione di sistema
 - » da diffondere periodicamente per l'aggancio alla rete;
 - dati utente
 - » brevi trasmissioni sporadiche (SMS);
 - » trasmissioni sporadiche con quantità di dati non trascurabili;
 - » trasmissioni di quantità considerevoli di informazioni o servizi continuativi (voce);
 - informazioni di controllo
 - » legate allo specifico servizio.
- I canali logici sono sostanzialmente gli stessi del GSM.

Lezione 3.4, v. 1.0

33

La Core Network – R99/R4



Lezione 3.4, v. 1.0

34

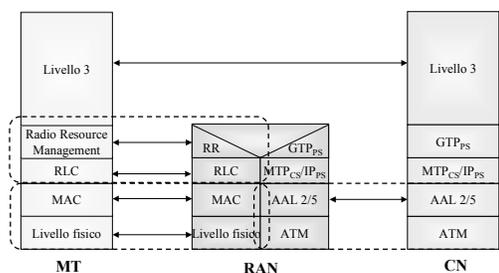
La Core Network – R99/R4

- Nella Release '99 la Core Network si appoggiava alle infrastrutture esistenti
 - gli MSC devono essere aggiornati per effettuare le nuove operazioni richieste (3G-MSC).
- A livello di trasporto si utilizza ATM
 - permette alla rete di fornire garanzie di QoS;
 - AAL2 nel dominio a commutazione di circuito
 - » permette di aggregare più flussi;
 - AAL5 nel dominio a commutazione di pacchetto
 - » trasporta una versione modificata del GTP,
 - » consente la frammentazione dei pacchetti.

Lezione 3.4, v. 1.0

35

Achitettura protocollare R99/R4



Lezione 3.4, v. 1.0

36

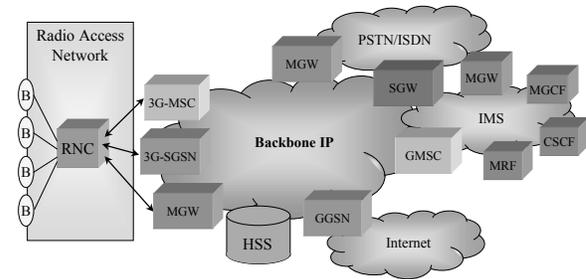
La Core Network – R5

- Le release successive sono orientate verso la commutazione di pacchetto (IMS, *IP Multimedia Service*)
 - possibilità di sfruttare le applicazioni basate su IP;
 - modello di Internet:
 - struttura di trasporto distribuita legata da un insieme di protocolli di interconnessione comuni,
 - applicazioni lasciate alla abilità ed alla fantasia dei singoli.
- Le funzionalità dei nodi sono riviste
 - l'MSC gestisce esclusivamente la segnalazione, il traffico viene smaltito dai *Media Gateway* (MGW);
 - vengono introdotti nuovi nodi con il compito di gestire le chiamate nella rete a pacchetto (*Call State Control Functions*, CSCF)

Lezione 3.4, v. 1.0 dialogano tra loro mediante SIP e con l'esterno con H.248.

37

La Core Network – R5



Lezione 3.4, v. 1.0

38

La Core Network – R5

- HSS (*Home Subscriber Server*): base di dati di riferimento per l'utente; sostituisce ed integra le funzioni dell'HLR.
- CSCF: gestisce la fase di controllo della sessione.
- SGW (*Signalling Gateway*): conversione tra la segnalazione SS7 e quella su IP.
- MGW (*Media Gateway*): conversione del formato dei media.
- MGCF (*Media Gateway Control Function*): controlla le chiamate di uno specifico MGW, converte la segnalazione (ISUP/SIP) ed interagisce con il CSCF.
- MRF (*Media Resource Function*): gestisce le chiamate multi-utente e conferenze multimediali.

Lezione 3.4, v. 1.0

39

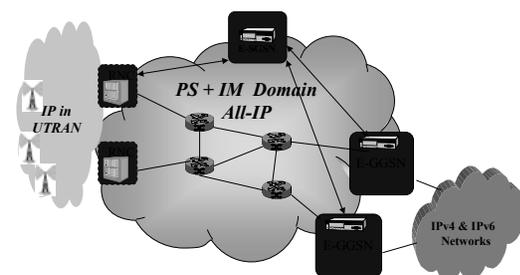
La Core Network – R6

- IMS fase 2: integrazione con IP anche nella parte di accesso a larga banda
 - xDSL, WLAN.
- Convergenza dei servizi di rete fissa e mobile
 - conversione di tutto il traffico a commutazione di circuito in traffico IP.
- QoS su IP.

Lezione 3.4, v. 1.0

40

L'evoluzione verso la rete solo IP – 3GPP R6+



Lezione 3.4, v. 1.0

41

Coesistenza con il GSM

- La struttura di rete fissa iniziale dell'UMTS sfrutta l'infrastruttura GSM esistente.
- La possibilità di handover verso il GSM consente di avere da subito una copertura globale.
 - sono necessari terminali "dual standard";
 - lo standard UMTS consente al terminale di reperire informazioni dalla rete GSM mentre funziona come UMTS
 - la compatibilità è stata creata a livello di multitrama;
 - ogni sistema deve diffondere informazioni riguardanti le frequenze/codici dell'altro.

Lezione 3.4, v. 1.0

42

