


*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**

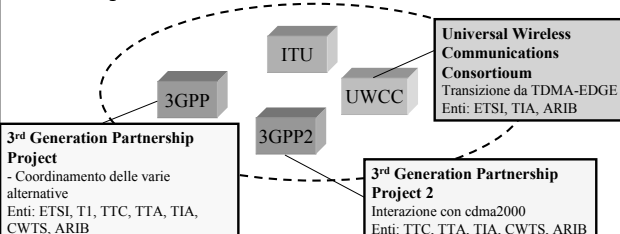
- problematiche:
  - » interoperabilità: diverse regolamentazioni nazionali;
  - » compatibilità: presenza di standard molto diversi.
- Nel 1997 il sistema cambia nome: **IMT-2000 (International Mobile Communications-2000)**.
- Nel 1998 vengono presentate 17 proposte di standard
  - alcune rappresentavano 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:



**3rd Generation Partnership Project**  
- Coordinamento delle varie alternative  
Enti: ETSI, T1, TTC, TTA, TIA, CWTS, ARIB

**3rd Generation Partnership Project 2**  
Interazione con cdma2000  
Enti: TTC, TTA, TIA, CWTS, ARIB

**Universal Wireless Communications Consortium**  
Transizione da TDMA-EDGE  
Enti: ETSI, TIA, ARIB

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**

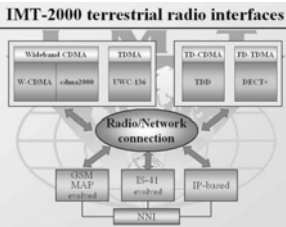
- Servizi di trasporto
  - servizi a commutazione di circuito (voce e audio);
  - servizi a commutazione di pacchetto;
  - servizi a banda larga
    - » servizi interattivi (interrogazioni, messaggistica, conversazioni),
    - » servizi distributivi.
- Teleservizi
  - voce, fax, teleconferenza, servizi *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

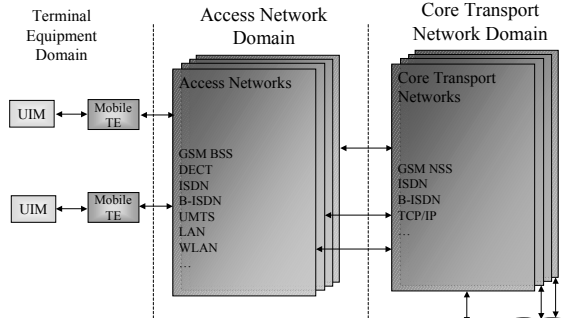
- L'architettura di riferimento IMT-2000 identifica 5 segmenti principali
  - l'utente, con un proprio modulo di accesso (USIM);
  - il terminale utente;
  - la rete di accesso, composta da architetture ed interfacce sia di rete fissa che mobile (terrestre o satellitare);
  - la rete di trasporto (*core 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 – L'architettura di rete



10

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

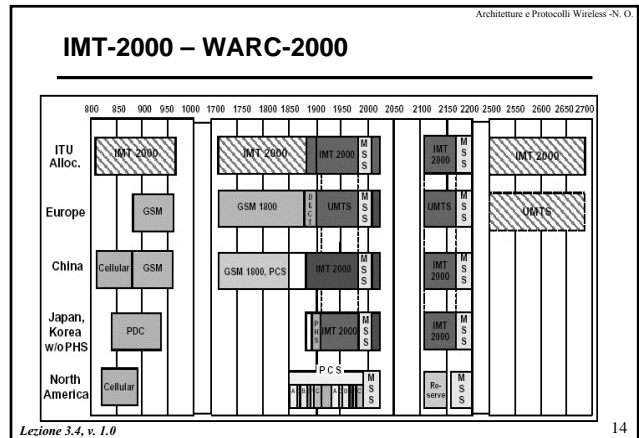
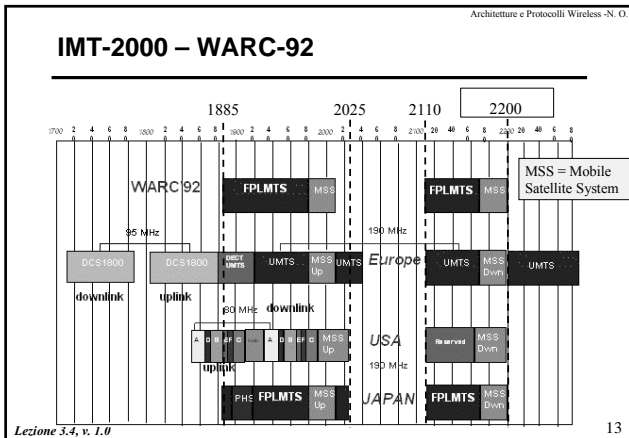
Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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

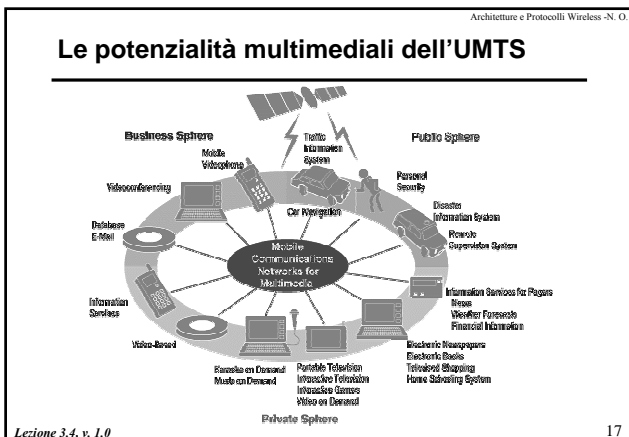
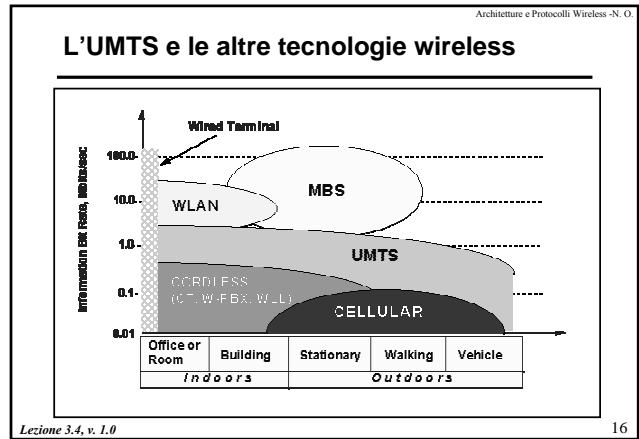


Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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).

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.

18

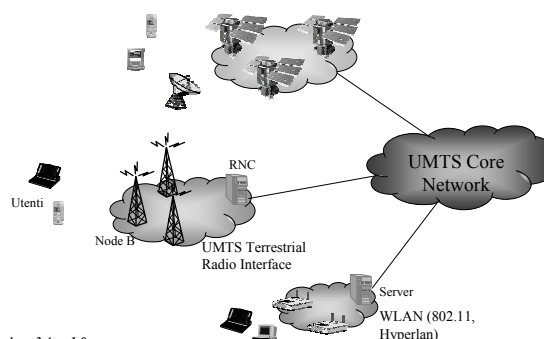
## Le release UMTS

- 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

## L'architettura UMTS



Lezione 3.4, v. 1.0

20

## 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

## 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

## Le interfacce radio – UTRA

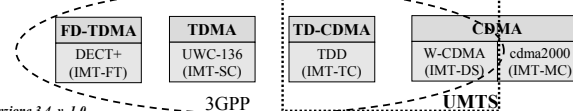
- La tecnologia CDMA Wideband è stata scelta per l'interfaccia radio UMTS.
- WCDMA è una tecnica DSSS nella cui i codici derivano da sequenze quasi-random.
- Il fattore di *spreading* è variabile
  - permette di essere adattato alle condizioni del canale e alla bitrate dell'utente.
- Protezione degli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

Lezione 3.4, v. 1.0

23

## 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.



Lezione 3.4, v. 1.0

24

### L'interfaccia radio

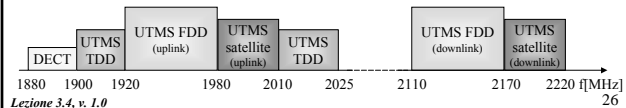
- Lo spettro a disposizione viene diviso in canali di 5 MHz (possono essere ridotti fino a 4.4).
- La velocità di trasmissione è di 3.84 Mchip/s.
- L'informazione su ciascun canale è organizzata in trame
  - durata 10 ms;
  - divise in 15 slot.

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

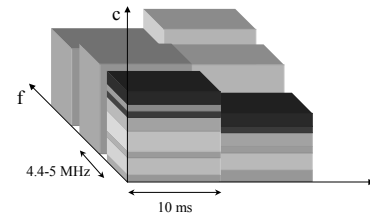
### L'interfaccia radio

- 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

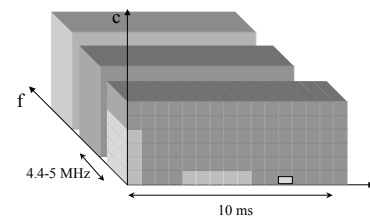
### Frequency Division Duplex

- 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

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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).

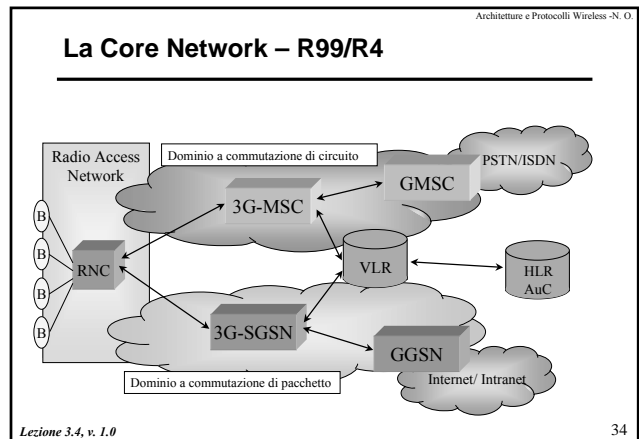
Lezione 3.4, v. 1.0 32

Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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

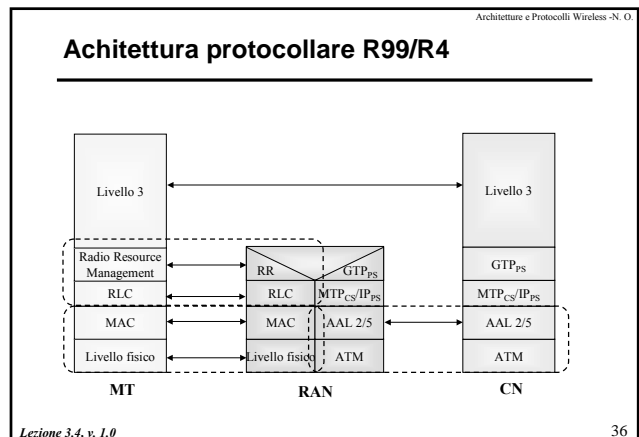


Architetture e Protocolli Wireless -N. O.

### 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



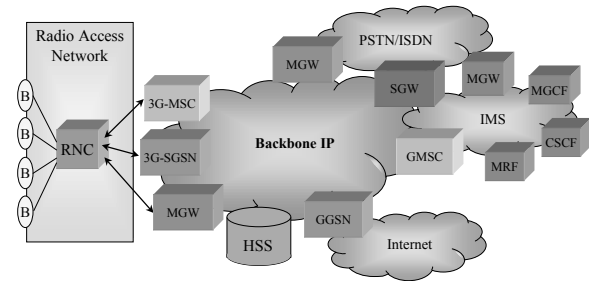
### La Core Network – R5

- 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

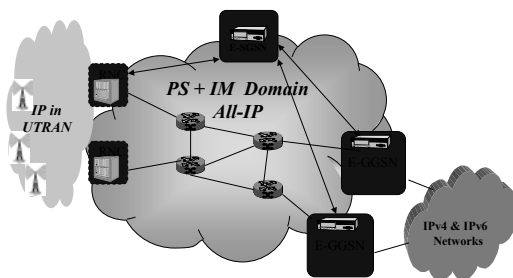
### La Core Network – R6

- 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

