

# INDICE

## Capitolo 1

<b>Introduzione.....</b>	<b>1</b>
1.1 L'evoluzione dei sistemi di comunicazione mobile .....	1
1.2 I sistemi di prima generazione in Italia.....	3
1.2.1 RTMI .....	3
1.3 I sistemi di seconda generazione in Italia .....	4
1.3.1 RTMS 450.....	4
1.3.2 TACS 900 .....	4
1.3.3 GSM .....	5
1.3.3.1 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) .....	6
1.3.3.2 GPRS (General Packet Radio Service) .....	6
1.3.3.3 EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) .....	7
1.4 I sistemi di terza generazione .....	7
1.4.1 UMTS .....	7
1.5 Le tecniche di accesso multiplo .....	8
1.5.1 Accesso multiplo a divisione di frequenza FDMA .....	9
1.5.2 Accesso multiplo a divisione di tempo TDMA .....	11
1.5.3 Accesso multiplo a divisione di codice CDMA.....	13
1.6 Comunicazioni a due vie.....	18
1.6.1 Frequency Division Duplex FDD .....	18
1.6.2 Time Division Duplex TDD .....	19
1.7 Tecniche di commutazione.....	20

## Capitolo 2

<b>Il sistema GPRS .....</b>	<b>21</b>
2.1 Architettura logica del sistema .....	21
2.1.1 TE-MT .....	22
2.1.2 BSS .....	23
2.1.3 MSC-VLR.....	24
2.1.4 GMSC.....	25
2.1.5 HLR .....	25
2.1.6 SGSN .....	25
2.1.7 GGSN .....	26
2.2 Caratteristiche del servizio .....	26

2.2.1	Radio-bearer e servizi.....	27
2.2.2	Qualità del Servizio (QoS).....	28
2.2.2.1	Service precedence (priorità).....	29
2.2.2.2	Classi di ritardo ( <i>delay class</i> ).....	29
2.2.2.3	Reliability class.....	30
2.2.2.4	Throughput class.....	30
2.3	Piano di utente e piano di controllo.....	32
2.3.1	Architettura interna della rete.....	33
2.3.2	Il livello SNDCP.....	34
2.3.2.1	Primitive di servizio.....	36
2.3.2.2	Primitive utilizzate dal livello SNDCP.....	37
2.3.2.3	Funzioni proprie del livello.....	38
2.3.3	Il livello LLC.....	40
2.3.3.1	Servizi di livello.....	40
2.3.3.2	Primitive di servizio verso i livelli inferiori.....	43
<b>Capitolo 3</b>		
<b>I livelli sull'interfaccia U<sub>M</sub>.....</b>		<b>45</b>
3.1	Le interazioni fra i livelli.....	45
3.1.1	RR-management.....	46
3.1.2	Il sottolivello RLC/MAC.....	48
3.1.3	Il livello Fisico.....	52
3.2	Il livello RLC.....	56
3.2.1	Countdown procedure.....	59
3.2.2	Trasferimento dati in modalità acknowledged.....	60
3.2.3	Trasferimento dati in modalità unacknowledged.....	62
3.2.4	Struttura dei blocchi RLC/MAC.....	63
3.3	Il livello MAC.....	65
3.3.1	Procedure generali in packet idle ed in packet transfer mode.....	66
3.3.2	Instaurazione di un TBF iniziato da un MS sul PCCCH.....	66
3.3.3	Instaurazione di un TBF iniziato dalla rete.....	71
3.3.4	Trasferimento dati in uplink.....	73
3.3.4.1	Allocazione dinamica.....	74
3.3.4.2	Allocazione dinamica estesa.....	76
3.3.4.3	Allocazione fissa.....	77
3.3.5	Trasferimento dati in downlink.....	77
<b>Capitolo 4</b>		
<b>Il sistema UMTS – Architettura e livello fisico.....</b>		<b>81</b>

4.1	Evoluzione dalle reti GSM a quelle UMTS .....	81
4.2	I servizi e le classi di Quality of Service.....	84
4.3	Architettura generale.....	87
4.4	UTRAN .....	91
4.4.1	Architettura dell'UTRAN .....	91
4.4.2	Funzioni dell'UTRAN .....	92
4.4.3	Modello protocollare generale per le interfacce UTRAN .....	95
4.5	Architettura protocollare dell'interfaccia radio .....	96
4.6	Livello fisico.....	98
4.6.1	Servizi.....	98
4.6.1.1	I canali di trasporto .....	102
4.6.2	Funzioni .....	103
4.6.2.1	Canali fisici.....	104
4.1.3	Spreading e scrambling.....	107
4.1.4	Il controllo di potenza.....	109
4.1.5	Il Physical Random Access Channel (PRACH).....	111
4.1.6	Il Physical Common Packet Channel (PCPCH).....	114
4.1.7	Il Dedicated Physical Data Channel (DPDCH), Dedicated Physical Control Channel (DPCCH) e Dedicated Physical Channel (DPCH) .....	117
4.1.8	Il Physical Downlink Shared Channel (PDSCH).....	121
<b>Capitolo 5</b>		
<b>Il sistema UMTS – Livelli MAC, RLC, PDCP, BMC e RRC.....</b>		<b>123</b>
5.1	Livello MAC .....	123
5.1.1	Servizi di livello MAC .....	123
5.1.2	Funzioni di livello MAC.....	126
5.1.3	Entità di livello MAC .....	127
5.1.4	MAC-c/sh lato UE.....	129
5.1.5	MAC-d lato UE .....	130
5.1.6	MAC-c/sh lato UTRAN.....	132
5.1.7	MAC-d lato UTRAN .....	133
5.1.8	PDU di livello MAC.....	134
5.1.9	La trasmissione sul RACH (Random Access Channel) .....	136
5.1.10	La trasmissione sul CPCH .....	138
5.1.11	Combinazioni possibili delle modalità di trasmissione .....	142
5.2	Livello RLC.....	145
5.2.1	Servizi forniti ai livelli superiori.....	145
5.2.2	Funzioni del livello RLC .....	146

5.2.3	Modalità trasparente .....	147
5.2.4	Modalità unacknowledged .....	148
5.2.5	Modalità acknowledged .....	149
5.2.6	PDU di livello RLC .....	150
5.2.7	Variabili di stato .....	153
5.1.8	Il flusso dati attraverso il livello 2 .....	154
5.3	Livello PDCP .....	156
5.3.1	Servizi forniti ai livelli superiori .....	156
5.3.1.1	Funzioni del livello PDCP .....	157
5.4	Livello BMC .....	158
5.4.1	Servizi .....	158
5.4.2	Funzioni .....	158
5.5	Livello RRC .....	159
5.5.1	Servizi forniti .....	159
5.5.2	Funzioni di livello RRC .....	160
5.5.3	Gli stati e la connessione RRC .....	162
5.5.3.1	Stato CELL_DCH .....	163
5.5.3.2	Stato CELL_FACH .....	164
5.5.3.3	Stato CELL_PCH .....	164
5.5.3.4	Stato URA_PCH .....	165
5.5.4	Procedure di controllo dei Radio Bearer .....	165
5.6	Procedure di Radio Resource Management .....	167
5.6.1	Procedure in Idle Mode .....	167
5.6.1.1	Criteri di selezione della cella .....	167
5.6.1.2	Immediate cell evaluation .....	167
5.6.1.3	Riselezione di cella .....	168
5.6.1.4	Registrazione .....	168
5.6.2	Procedure di RRC connection Mobility .....	168
5.6.2.1	Handover .....	168
5.6.3	Call Admission Control .....	171
5.6.3.1	Strategie .....	171
<b>Capitolo 6</b>		
<b>Scenario simulativo e modello di mobilità degli utenti .....</b>		<b>173</b>
6.1	Finalità e caratteristiche generali del simulatore .....	173
6.2	Spazio di simulazione .....	175
6.2.1	Topologia .....	175
6.2.2	Suddivisione dello spazio in pixel .....	178

6.2.3	Disposizione delle base station .....	181
6.3	Mobilità degli utenti.....	182
6.3.1	Descrizione dei possibili ambienti di simulazione .....	182
6.3.1.1	Ambiente <i>Indoor office</i> .....	183
	Ambiente urbano.....	184
6.3.1.3	Ambiente extraurbano .....	184
6.3.2	Modello di ambiente scelto per il simulatore.....	185
6.4	Modello di propagazione.....	190
6.4.1	Attenuazione di propagazione.....	190
6.4.2	Fading veloce .....	191
6.4.3	Shadowing.....	192
6.5	Scelte effettuate .....	194
6.6	Modelli di traffico.....	196
6.6.1	Servizi real time .....	196
6.6.2	Servizi non real time.....	196
6.6.2.1	Modello WWW.....	196
6.6.2.2	Modello FUNET .....	198
6.6.2.3	Modello Mobitex.....	199
6.6.3	Sorgenti utilizzate nelle simulazioni .....	199
	Modello Railway.....	201
6.7	Caratteristiche di antenna .....	201
6.8	Determinazione dei blocchi errati.....	202
6.9	La pila protocollare.....	203
6.10	Il pacchetto .....	205
<b>Capitolo 7</b>		
<b>Il simulatore GPRS.....</b>		<b>207</b>
7.1	Obiettivi del simulatore.....	207
7.2	Il livello MAC nella BTS.....	208
7.2.1	Modello MAC-BTS in trasmissione.....	215
7.2.2	Modello MAC-BTS in ricezione.....	216
7.3	Il livello MAC nel MS .....	217
7.3.1	Modello MAC-MS in trasmissione .....	219
7.3.2	Modello MAC-MS in ricezione .....	220
7.4	Definizione degli algoritmi .....	221
7.4.1	Packet Access Procedure. ....	221
7.4.2	Instaurazione di un TBF iniziata dalla rete.....	225
7.4.3	Trasferimento dati in uplink.....	226

7.4.4	Trasferimento dati in DOWNLINK .....	232
7.4.5	Handover intra-SGSN .....	233
<b>Capitolo 8</b>		
<b>Il simulatore UMTS.....</b>		<b>235</b>
8.1	Descrizione generale della struttura.....	235
8.1.1	Il Radio Network Controller .....	237
8.1.2	Il NODE_B .....	238
8.1.3	Temporizzazione e schedulazione.....	239
8.2	Il MAC nel MS .....	240
8.2.1	Gerarchia delle classi e connessione fra i livelli .....	240
8.2.2	Il MAC_D all'interno di un UE.....	243
8.2.2.1	RB_mapping_INFO. ....	244
8.2.2.2	C/T SWITCH.....	246
8.2.2.3	Buffer di memorizzazione .....	246
8.2.2.4	TFCS e DCH-TF.....	247
8.2.2.5	C/T DEMUX .....	247
8.2.3	Modello del MAC-c/sh lato UE .....	248
8.2.3.1	Buffer di trasmissione .....	248
8.2.3.2	TCTF – Insert .....	250
8.2.3.3	TCTF – Read .....	250
8.3	Il MAC nell'UTRAN .....	251
8.3.1	Il MAC_D nell'UTRAN .....	251
8.3.2	Modello del MAC-c/sh lato UTRAN.....	252
8.3.2.1	Controller.....	252
8.3.2.2	TCTF-Read:.....	254
8.3.2.3	Lista di MAC-d:.....	254
8.4	Descrizione degli algoritmi sviluppati.....	254
8.4.1	Lettura dei parametri di sistema e connessione alla rete. ....	255
8.4.2	Trasmissione sul DCH.....	259
8.4.3	Trasmissione sul RACH .....	261
8.4.3.1	Procedura di trasmissione .....	262
8.4.4	Trasmissione sul CPCH.....	264
8.4.4.1	Procedura di accesso .....	265
8.4.4.2	Procedura di trasmissione .....	267
8.4.5	Trasmissione sul DSCH.....	267
<b>Capitolo 9</b>		
<b>Risultati delle simulazioni GPRS .....</b>		<b>269</b>

9.1	Caratteristiche generali.....	269
9.2	Comportamento del sistema .....	271
9.2.1	Uplink .....	271
9.2.2	Downlink .....	273
9.3	Condivisione delle risorse tra GSM e GPRS .....	274
9.3.1	Uplink .....	277
9.3.2	Downlink .....	281
9.4	Allocazione esclusiva delle risorse a GPRS.....	284
9.4.1	Allocazione ridotta .....	284
9.4.1.1	Uplink.....	287
9.4.1.2	Downlink .....	292
9.4.2	Allocazione completa.....	294
9.4.2.1	Uplink.....	294
9.4.2.2	Downlink .....	297
<b>Capitolo 10</b>		
<b>Risultati delle simulazioni UMTS .....</b>		<b>301</b>
10.1	Caratteristiche generali delle simulazioni .....	301
10.2	Comportamento del sistema UMTS .....	304
10.2.1	RACH .....	304
10.2.2	CPCH.....	306
10.2.3	DCH.....	308
10.2.4	DSCH.....	308
10.3	Prestazioni sul RACH .....	309
10.4	Prestazioni sul CPCH.....	313
10.5	Prestazioni sul DCH.....	317
10.6	Prestazioni sul DSCH .....	319
10.7	Confronto fra le prestazioni dei canali di trasporto .....	325
10.8	Confronto tra GPRS ed UMTS .....	328
<b>Capitolo 11</b>		
<b>Conclusioni.....</b>		<b>331</b>
<b>Appendice</b>		
<b>Elenco di sigle, acronimi e simboli.....</b>		<b>337</b>
<b>Bibliografia.....</b>		<b>341</b>