

Indice

	Prefazione	XIII
Capitolo 1	Introduzione	1
	1.1 Modello a strati OSI dei protocolli di comunicazione	2
	1.2 Le tecniche PDH e SDH nel modello a strati OSI	6
	1.3 Piano dell'opera	8
	Riassunto	10
Capitolo 2	Multiplicazione	11
	2.1 Multiplicazione a divisione di frequenza (FDM)	13
	2.1.1 Multiplicazione FDM attraverso modulazione e demodulazione coerente di ampiezza	13
	2.1.2 Gerarchie di moltiplicazione FDM di segnali telefonici	15
	2.1.2.1 Gruppo base (o gruppo primario)	16
	2.1.2.2 Supergruppo (o gruppo secondario)	16
	2.1.2.3 Mastergruppo (o gruppo ternario)	18
	2.1.2.4 Gruppi quaternari e livelli superiori definiti dal CCITT (ITU-T)	19
	2.1.2.5 Gruppi quaternari e livelli superiori utilizzati in Nord America (sistemi AT&T)	19
	2.1.3 Sistemi FDM di maggiore utilizzo in Italia	20
	2.2 Conversione di un segnale analogico in forma numerica	21
	2.2.1 Campionamento	21
	2.2.2 Quantizzazione	22
	2.2.3 Quantizzazione non uniforme del segnale telefonico	24
	2.2.3.1 Legge A	25
	2.2.3.2 Legge μ	25
	2.2.3.3 Quantizzazione non uniforme attraverso compressione della dinamica del segnale	26
	2.2.3.4 Rapporto segnale/rumore di quantizzazione secondo le Leggi A e μ	30
	2.2.4 Codifica standard PCM del segnale telefonico	33

VI Indice

2.3	Multipolazione a divisione di tempo (TDM)	36
2.3.1	Sincronizzazione di trama	39
2.3.2	Multipolazione analogica a divisione di tempo di segnali a modulazione di ampiezza impulsiva (TDM PAM)	39
2.3.3	Multipolazione PCM di segnali telefonici	40
2.3.3.1	Multiplex PCM primario europeo (segnale E1)	42
2.3.3.2	Multiplex PCM primario nordamericano (segnale DS1)	45
2.3.3.3	Struttura di supertrama del multiplex PCM primario nordamericano DS1	46
2.3.3.4	Struttura di supertrama estesa del multiplex PCM primario nordamericano DS1	47
2.3.3.5	Multiplicatore PCM	50
2.3.3.6	Sommario delle principali grandezze caratteristiche dei segnali multiplex PCM	51
2.3.4	Multipolazione numerica	52
2.3.4.1	Multipolazione numerica sincrona	54
2.3.4.2	Sincronizzazione di bit e <i>slip</i>	57
2.3.4.3	Multiplicatore e demultiplicatore numerico sincrono	59
2.3.4.4	Multipolazione numerica asincrona: giustificazione di bit	60
2.3.4.5	Rapporto di giustificazione	64
2.3.4.6	Multiplicatore e demultiplicatore numerico asincrono	65
2.4	Multipolazione a divisione di codice (CDM)	67
2.5	Multipolazione ottica	69
2.5.1	Lunghezza d'onda e frequenza	70
2.5.2	Fibre ottiche	71
2.5.3	Multipolazione ottica a divisione di lunghezza d'onda (WDM)	72
2.5.4	Multipolazione ottica a divisione di tempo (OTDM)	74
2.5.4.1	Modulazione ottica numerica	75
2.5.4.2	Generazione del segnale OTDM	76
2.5.4.3	Demodulazione	77
	Riassunto	79
Capitolo 3 Sistemi di trasmissione PDH		81
3.1	La gerarchia PDH europea	81
3.1.1	Normativa	82
3.1.2	Struttura di trama	82
3.1.3	Sommario delle principali caratteristiche	84
3.2	Le gerarchie PDH nordamericana e giapponese	89
3.2.1	Normativa	89
3.2.2	Strutture di trama	91
3.2.3	Sommario delle principali caratteristiche	92
3.3	Cenni sull'architettura di rete e i sistemi PDH di Telecom Italia	92
3.3.1	Architettura della rete di commutazione telefonica di Telecom Italia	92
3.3.2	Rete di accesso e distribuzione	95

3.3.3	Evoluzione della rete analogica verso le tecniche numeriche	97
3.3.4	Portanti fisici	97
3.3.5	Apparati	98
3.4	Svantaggi della tecnica di trasmissione PDH	99
	Riassunto	100
Capitolo 4	La Gerarchia Numerica Sincrona SDH e SONET	103
4.1	Un po' di storia	103
4.2	Normativa internazionale	105
4.2.1	Cosa sono gli standard	106
4.2.2	Organismi di Normativa internazionale	106
4.2.2.1	International Telecommunications Union (ITU)	106
4.2.2.2	European Telecommunications Standard Institute (ETSI)	107
4.2.2.3	American National Standard Institute (ANSI)	109
4.2.3	Raccomandazioni ITU	109
4.2.3.1	Definizione della gerarchia e della struttura di trama SDH	110
4.2.3.2	Specifica funzionale degli apparati SDH	110
4.2.3.3	Vocabolario dei termini SDH	110
4.2.3.4	Architettura funzionale della rete SDH	110
4.2.3.5	Tecniche di protezione nelle reti SDH	110
4.2.3.6	Interfacce fisiche	111
4.2.3.7	Sincronizzazione	111
4.2.3.8	Jitter e wander	112
4.2.3.9	Gestione degli apparati e delle reti SDH	113
4.2.3.10	Prestazioni dei sistemi trasmissivi in termini di tasso di errore	114
4.2.3.11	Interlavoro SDH-PDH	114
4.2.3.12	Sistemi in ponte radio	115
4.2.4	Normativa ETSI	116
4.2.4.1	Definizione della gerarchia e della struttura di trama SDH	116
4.2.4.2	Specifica funzionale degli apparati SDH	116
4.2.4.3	Architettura funzionale della rete SDH	117
4.2.4.4	Tecniche di protezione nelle reti SDH	117
4.2.4.5	Interfacce fisiche	118
4.2.4.6	Sincronizzazione, jitter e wander	118
4.2.4.7	Gestione degli apparati e delle reti SDH	119
4.2.4.8	Interlavoro SDH-PDH	119
4.2.4.9	Condizioni e test ambientali	120
4.2.4.10	Compatibilità elettromagnetica	121
4.2.4.11	Installazione e condizioni di sicurezza	121
4.2.4.12	Sistemi in ponte radio	122
4.2.5	Normativa ANSI	122
4.2.5.1	Definizione della gerarchia e della struttura di trama SDH	122

VIII Indice

4.2.5.2	Tecniche di protezione nelle reti SDH	122
4.2.5.3	Interfacce fisiche	122
4.2.5.4	Sincronizzazione, jitter e wander	123
4.2.5.5	Prestazioni dei sistemi trasmissivi in termini di tasso di errore	123
4.2.5.6	Gestione ed esercizio degli apparati e delle reti SDH	123
4.2.5.7	Confronto con SDH	123
4.2.5.8	Sistemi in ponte radio	123
4.2.6	Sinossi della Normativa internazionale di interesse per SDH e SONET	123
4.3	Vantaggi della tecnica di trasmissione SDH	127
4.3.1	Vantaggi strutturali	127
4.3.2	Vantaggi per il progettista e il sistemista	127
4.3.3	Fattori di economia per il sistemista e il gestore di rete	128
4.4	Livelli gerarchici SDH e SONET	129
	Riassunto	131
Capitolo 5	Struttura della trama SDH	133
5.1	Generalità	133
5.2	Multipolazione sincrona in SDH	135
5.3	Schemi di multipolazione sincrona ITU-T ed ETSI	136
5.4	Strutture numeriche	138
5.4.1	<i>Container</i>	139
5.4.2	<i>Virtual Container</i>	140
5.4.3	<i>Tributary Unit</i>	141
5.4.4	<i>Tributary Unit Group</i>	142
5.4.5	<i>Administrative Unit</i>	142
5.4.6	<i>Administrative Unit Group</i>	143
5.4.7	<i>Synchronous Transport Module di livello N</i>	143
5.5	Trasporto asincrono del segnale E4 (139.264 Mbit/s) via VC-4	144
5.5.1	Costruzione del VC-4: giustificazione di bit	144
5.5.2	Indicazione dell'allineamento di trama VC-4 tramite puntatore AU	146
5.5.3	Interallacciamento con altri tributari e operazioni finali	147
5.6	Trasporto asincrono e sincrono del segnale E1 (2.048 Mbit/s) via VC-12	149
5.6.1	Costruzione del VC-12: giustificazione di bit	149
5.6.2	Indicazione dell'allineamento di trama VC-12 tramite puntatore TU	151
5.6.3	Interallacciamento con altri tributari e inserimento nel VC-4	152
5.7	Trasporto asincrono dei segnali E3 (34.368 Mbit/s) e DS3 (44.736 Mbit/s) via VC-3	155
5.7.1	Costruzione del VC-3: giustificazione di bit	156
5.7.2	Indicazione dell'allineamento di trama VC-3 tramite puntatore TU	158

5.7.3	Interallacciamento con altri tributari e inserimento nel VC-4	159
5.8	Giustificazione di puntatore	159
5.8.1	Allineamento dinamico dei VC	160
5.8.2	Meccanismo di giustificazione di puntatore AU-4 e AU-3	164
5.8.3	Meccanismo di giustificazione di puntatore TU-3	173
5.8.4	Meccanismo di giustificazione di puntatore TU-2, TU-12 e TU-11	177
5.9	Concatenazione di <i>Virtual Container</i>	185
5.9.1	Concatenazione contigua di X strutture VC-4 (VC-4-Xc)	185
5.9.2	Concatenazione virtuale di X strutture VC-3 (VC-3-Xv) e VC-4 (VC-4-Xv)	187
5.9.3	Concatenazione contigua di X strutture VC-2 in un VC-3 di ordine superiore (VC-2-Xc)	189
5.9.4	Concatenazione virtuale di X strutture VC-2 (VC-2-Xv) e VC-1 (VC-1-Xv)	190
5.10	Byte accessori per funzioni di servizio (<i>overhead</i>)	190
5.10.1	Architettura funzionale a strati della rete SDH	191
5.10.2	Associazione tra overhead e livelli di trasporto SDH	192
5.10.3	Section OverHead (SOH)	196
5.10.3.1	Regenerator Section OverHead (RSOH)	200
5.10.3.2	Multiplex Section OverHead (MSOH)	202
5.10.4	Path OverHead (POH)	203
5.10.4.1	Path Overhead (POH) di VC-4-Xc, VC-4, VC-3	204
5.10.4.2	Path Overhead (POH) di VC-2, VC-1	207
5.11	Strutture di trama per i sistemi radio	209
5.11.1	Schema di moltiplicazione STM-0	210
5.11.2	Interconnessione tra sistemi STM-0 e STM-1	210
5.11.3	Section OverHead (SOH) di STM-0	211
5.11.4	Struttura di trama STM-0	212
5.12	Codici di parità BIP-(<i>n,m</i>): stima del tasso di errore	212
5.12.1	Definizione di codice di parità BIP-(<i>n,m</i>)	214
5.12.2	Efficienza di stima del tasso di errore	215
5.12.3	Efficienza dei codici BIP-(<i>n,m</i>) impiegati in SDH	217
5.12.4	Curve di taratura	219
5.12.5	Curve di sensibilità	221
5.12.6	Indice di imprecisione e prontezza della misura	224
5.13	Sommario di grandezze caratteristiche dei segnali SDH	233
	Riassunto	239
 Capitolo 6 Trasporto di traffico dati su SDH		241
6.1	Una panoramica generale	242
6.2	Trasporto di celle ATM su SDH	243
6.2.1	Brevi richiami su ATM	243
6.2.2	Il modello di riferimento ITU-T dei protocolli ATM	245
6.2.2.1	ATM Adaptation Layer (AAL)	246
6.2.2.2	ATM Layer	246
6.2.2.3	ATM Physical Layer	246

X Indice

6.2.3	Mappaggio di celle ATM nei VC SDH	248
6.2.3.1	Generalità	248
6.2.3.2	Scrambling	248
6.2.3.3	Allineamento di cella (<i>cell delineation</i>)	249
6.2.3.4	Mappaggio di celle ATM nel VC-4 e VC-3	250
6.2.3.5	Mappaggio di celle ATM nel VC-4-Xc e VC-4-Xv	250
6.2.3.6	Mappaggio di celle ATM nel VC-2	251
6.2.3.7	Mappaggio di celle ATM nei VC-2-Xc e VC-2-Xv	251
6.2.3.8	Mappaggio di celle ATM nel VC-12 e VC-11	251
6.3	Trasporto di pacchetti IP su SDH (<i>Packet over SDH</i>)	252
6.3.1	Servizi di Internet	253
6.3.2	Brevi richiami su IP	254
6.3.3	Perché IP su SDH?	255
6.3.4	Pila di protocolli IP-su-SDH (<i>Packet over SDH</i>)	256
6.3.4.1	Inserimento dei datagrammi IP in trame PPP e HDLC	256
6.3.4.2	Scrambling	257
6.3.5	Trasporto di pacchetti IP a velocità superiori a STM-16	259
6.4	Generic Framing Procedure (GFP)	259
6.4.1	Caratteristiche principali	260
6.4.2	Struttura delle trame GFP	261
6.4.2.1	Client frame: core header	263
6.4.2.2	Client frame: payload area	263
6.4.3	Processi di elaborazione indipendenti dal tipo di segnale <i>client</i> (<i>client-independent processes</i>)	265
6.4.3.1	Allineamento di trama (<i>frame delineation</i>)	265
6.4.3.2	Core header scrambling	265
6.4.3.3	Payload area scrambling	266
6.4.3.4	Multiplicazione di trame (<i>frame multiplexing</i>)	266
6.4.3.5	Multiplicazione dei segnali client (<i>client multiplexing</i>)	266
6.4.3.6	Gestione del segnale client (<i>client management</i>)	266
6.4.4	Processi di elaborazione specifici del tipo di segnale <i>client</i> (<i>client-specific processes</i>): modalità di mapping	266
6.4.4.1	Frame-Mapped GFP (GFP-F)	267
6.4.4.2	Transparent-Mapped GFP (GFP-T)	267
6.4.5	Inserimento delle trame GFP nei VC SDH	269
6.5	Concatenazione virtuale dei VC SDH (<i>Virtual Concatenation</i>)	271
6.6	Regolazione dinamica della capacità dei circuiti SDH ottenuti per concatenazione virtuale (LCAS)	273
6.6.1	Applicazioni di LCAS	273
6.6.2	Principi di funzionamento di LCAS	274
6.7	Trasporto di trame Ethernet su SDH (<i>Ethernet over SDH</i>)	274
6.7.1	Ethernet su GFP su SDH	274
6.7.2	Ethernet su HDLC su SDH	275
6.7.3	Ethernet a 10 Gbit/s su SDH	275
6.8	Quadro di sintesi	276
	Riassunto	276

Indice XI

Bibliografia	279
Elenco degli acronimi	286
Elenco dei simboli	292
Prefissi di divisione e moltiplicazione del Sistema Internazionale (SI)	297
Indice analitico	299