



Sommario

Prefazione all'edizione italiana	XVII	
Prefazione	XIX	
Capitolo 1	Introduzione	1
1.1	Applicazioni delle reti di calcolatori	2
1.1.1	Applicazioni aziendali	3
1.1.2	Applicazioni domestiche	5
1.1.3	Utenti mobili	10
1.1.4	Risvolti sociali	13
1.2	Hardware di rete	16
1.2.1	Personal area network	17
1.2.2	Local area network	18
1.2.3	Metropolitan area network	22
1.2.4	Wide area network	22
1.2.5	Le internetwork	26
1.3	Software di rete	28
1.3.1	Gerarchie dei protocolli	28
1.3.2	Progettazione dei livelli	32
1.3.3	Servizi orientati alla connessione e senza connessione a confronto	34
1.3.4	Primitive di servizio	36
1.3.5	Relazione tra servizi e protocolli	38
1.4	Modelli di riferimento	39
1.4.1	Il modello di riferimento OSI	39
1.4.2	Il modello di riferimento TCP/IP	43
1.4.3	Il modello usato in questo libro	45
1.4.4	Confronto tra i modelli di riferimento OSI e TCP/IP	46
1.4.5	Critica del modello e dei protocolli OSI	48
1.4.6	Critica del modello di riferimento TCP/IP	50
1.5	Esempi di reti	51
1.5.1	Internet	51
1.5.2	La terza generazione di reti cellulari*	60
1.5.3	LAN wireless: 802.11*	65
1.5.4	RFID e reti di sensori*	69





1.6 Standardizzazione delle reti*	71
1.6.1 Il Who's Who del mondo delle telecomunicazioni	72
1.6.2 Il Who's Who del mondo degli standard internazionali	74
1.6.3 Il Who's Who del mondo degli standard di Internet	75
1.7 Unità metriche	77
1.8 Organizzazione del resto del libro	78
1.9 Sommario	79

Capitolo 2 Il livello fisico 83

2.1 Basi teoriche della comunicazione dati	83
2.1.1 Analisi di Fourier	84
2.1.2 Segnali a banda limitata	84
2.1.3 Velocità massima di trasmissione di un canale	88
2.2 Mezzi di trasmissione vincolati	89
2.2.1 Supporti magnetici	89
2.2.2 Doppino	90
2.2.3 Cavo coassiale	91
2.2.4 Linee elettriche	92
2.2.5 Fibre ottiche	93
2.3 Trasmissioni wireless	98
2.3.1 Lo spettro elettromagnetico	99
2.3.2 Trasmissioni radio	102
2.3.3 Trasmissione a microonde	103
2.3.4 Trasmissione a infrarossi	107
2.3.5 Trasmissione a onde luminose	107
2.4 Comunicazioni satellitari*	109
2.4.1 Satelliti geostazionari	110
2.4.2 Satelliti su orbite medie	114
2.4.3 Satelliti su orbite basse	114
2.4.4 Satelliti o fibra ottica?	116
2.5 Modulazione digitale e multiplexing	117
2.5.1 Trasmissione in banda base	118
2.5.2 Trasmissione in banda passante	122
2.5.3 Multiplexing a divisione di frequenza	125
2.5.4 Multiplexing a divisione di tempo	127
2.5.5 Multiplexing a divisione di codice	128
2.6 La rete telefonica pubblica commutata	131
2.6.1 Struttura del sistema telefonico	131
2.6.2 Politiche telefoniche	134

2.6.3	Collegamenti locali: modem, ADSL e fibre	136
2.6.4	Trunk e multiplexing	144
2.6.5	Commutazione	152
2.7	Il sistema telefonico mobile*	156
2.7.1	Prima generazione (1G): voce analogica	157
2.7.2	Seconda generazione (2G): voce digitale	161
2.7.3	Terza generazione (3G): voce digitale e dati	165
2.8	Televisione via cavo	169
2.8.1	Televisione ad antenna collettiva	169
2.8.2	Internet via cavo	170
2.8.3	Allocazione dello spettro	172
2.8.4	Cable modem	173
2.8.5	ADSL o connessione via cavo?	175
2.9	Sommario	176
Capitolo 3 Il livello data link		181
3.1	Progettazione del livello data link	181
3.1.1	Servizi forniti al livello di rete	182
3.1.2	Suddivisione in frame	184
3.1.3	Controllo degli errori	188
3.1.4	Controllo di flusso	189
3.2	Rilevazione e correzione degli errori	190
3.2.1	Codici a correzione di errore	191
3.2.2	Codici a rilevazione di errore	197
3.3	Protocolli data link elementari	202
3.3.1	Un protocollo simplex utopistico	206
3.3.2	Un protocollo simplex stop-and-wait per un canale privo di errori	208
3.3.3	Un protocollo simplex stop-and-wait per un canale soggetto a rumore	210
3.4	Protocolli a finestra scorrevole	213
3.4.1	Un protocollo a finestra scorrevole a 1 bit	216
3.4.2	Un protocollo che usa go-back-n	219
3.4.3	Un protocollo che usa la ripetizione selettiva	225
3.5	Esempi di protocolli data link	230
3.5.1	Pacchetti su SONET	231
3.5.2	ADSL – asymmetric digital subscriber loop	234
3.6	Sommario	237

Capitolo 4	Il sottolivello MAC	241
4.1	Problema dell'allocazione del canale	242
4.1.1	Allocazione statica del canale	242
4.1.2	Ipotesi per l'allocazione di canali dinamici	243
4.2	Protocolli ad accesso multiplo	245
4.2.1	ALOHA	245
4.2.2	Protocolli ad accesso multiplo con rilevamento della portante	250
4.2.3	Protocolli senza collisione	253
4.2.4	Protocolli a contesa limitata	257
4.2.5	Protocolli per LAN wireless	260
4.3	Ethernet	263
4.3.1	Livello fisico di Ethernet classica	264
4.3.2	Protocollo del sottolivello MAC di Ethernet classica	265
4.3.3	Prestazioni di Ethernet	269
4.3.4	Ethernet commutata	271
4.3.5	Fast Ethernet	273
4.3.6	Gigabit Ethernet	276
4.3.7	10-gigabit Ethernet	279
4.3.8	Retrospectiva su Ethernet	280
4.4	Lan wireless	282
4.4.1	Architettura e stack di protocolli di 802.11	282
4.4.2	Livello fisico di 802.11	284
4.4.3	Protocollo del sottolivello MAC di 802.11	285
4.4.4	Struttura del frame di 802.11	292
4.4.5	Servizi	293
4.5	Wireless a banda larga*	295
4.5.1	Confronto tra 802.16, 802.11 e 3G	295
4.5.2	Architettura e stack di protocolli di 802.16	296
4.5.3	Livello fisico di 802.16	298
4.5.4	Protocollo del sottolivello MAC di 802.16	300
4.5.5	Struttura del frame 802.16	301
4.6	Bluetooth*	302
4.6.1	Architettura Bluetooth	302
4.6.2	Applicazioni Bluetooth	303
4.6.3	Stack di protocolli Bluetooth	304
4.6.4	Livello radio di Bluetooth	305
4.6.5	Livelli link di Bluetooth	306
4.6.6	Struttura del frame di Bluetooth	307

4.7	RFID*	309
4.7.1	Architettura di EPC Gen 2	309
4.7.2	Livello fisico di EPC Gen 2	310
4.7.3	Livello di identificazione dei tag di EPC Gen 2	311
4.7.4	Formato dei messaggi di identificazione dei tag	312
4.8	Commutazione a livello data link	313
4.8.1	Vari utilizzi dei bridge	314
4.8.2	Bridge con apprendimento	315
4.8.3	Bridge con spanning tree	318
4.8.4	Repeater, hub, bridge, switch, router e gateway	321
4.8.5	Virtual LAN	323
4.9	Sommario	330
Capitolo 5 Il livello di rete		335
5.1	Problematiche nella progettazione del livello di rete	335
5.1.1	Commutazione di pacchetto store-and-forward	335
5.1.2	Servizi forniti al livello di trasporto	336
5.1.3	Implementazione del servizio senza connessione	338
5.1.4	Implementazione del servizio orientato alla connessione	339
5.1.5	Confronto tra reti a circuito virtuale e reti datagram	340
5.2	Algoritmi di routing	342
5.2.1	Il principio di ottimalità	344
5.2.2	Algoritmo di cammino minimo	345
5.2.3	Flooding	349
5.2.4	Routing basato sul vettore delle distanze	350
5.2.5	Routing basato sullo stato dei collegamenti	353
5.2.6	Routing gerarchico	358
5.2.7	Routing broadcast	359
5.2.8	Routing multicast	362
5.2.9	Routing anycast	365
5.2.10	Routing per host mobili	366
5.2.11	Routing nelle reti ad hoc	368
5.3	Algoritmi per il controllo della congestione	371
5.3.1	Approcci al controllo della congestione	373
5.3.2	Traffic-aware routing	375
5.3.3	Controllo di ammissione	376
5.3.4	Limitazione del traffico	377
5.3.5	Load shedding	381



5.4	Qualità del servizio	383
5.4.1	Requisiti delle applicazioni	383
5.4.2	Traffic shaping	385
5.4.3	Scheduling dei pacchetti	389
5.4.4	Controllo di ammissione	393
5.4.5	Servizi integrati	396
5.4.6	Servizi differenziati	399
5.5	Internetworking	402
5.5.1	Differenze tra le reti	403
5.5.2	Come connettere le reti	404
5.5.3	Tunneling	407
5.5.4	Routing tra reti distinte	408
5.5.5	Frammentazione dei pacchetti	410
5.6	Il livello di rete in Internet	413
5.6.1	Protocollo IP versione 4	416
5.6.2	Indirizzi IP	419
5.6.3	IP versione 6	432
5.6.4	Protocolli di controllo di Internet	441
5.6.5	Commutazione di etichetta e MPLS	446
5.6.6	OSPF – Protocollo di routing per gateway interni	450
5.6.7	BGP – Protocollo di routing per gateway esterni	454
5.6.8	Multicast su Internet	459
5.6.9	Mobile IP	460
5.7	Sommario	463
Capitolo 6 Il livello di trasporto		469
6.1	Il servizio di trasporto	469
6.1.1	Servizi forniti ai livelli superiori	469
6.1.2	Primitive del livello di trasporto	471
6.1.3	Le socket di Berkeley	475
6.1.4	Un esempio di programmazione con le socket: un file server per Internet	477
6.2	Elementi dei protocolli di trasporto	481
6.2.1	Indirizzamento	482
6.2.2	Stabilire una connessione	485
6.2.3	Rilascio della connessione	490
6.2.4	Controllo degli errori e controllo di flusso	495
6.2.5	Multiplexing	500
6.2.6	Ripristino dopo un crash	500



6.3	Controllo di congestione	503
6.3.1	Allocazione auspicabile di banda	503
6.3.2	Regolazione del tasso di spedizione	507
6.3.3	Problemi con le reti wireless	511
6.4	Protocolli di trasporto di Internet: UDP	513
6.4.1	Introduzione a UDP	514
6.4.2	Remote procedure call	516
6.4.3	Protocolli di trasporto real-time	519
6.5	Protocolli di trasporto di Internet: TCP	524
6.5.1	Introduzione a TCP	524
6.5.2	Il modello di servizio di TCP	525
6.5.3	Il protocollo TCP	528
6.5.4	Instestazione del segmento TCP	529
6.5.5	Instaurazione della connessione TCP	533
6.5.6	Rilascio di una connessione TCP	534
6.5.7	Modello di gestione della connessione TCP	535
6.5.8	La finestra scorrevole di TCP	537
6.5.9	Gestione dei timer di TCP	541
6.5.10	Controllo della congestione di TCP	543
6.5.11	Il futuro di TCP	554
6.6	Problemi di prestazioni*	555
6.6.1	Problemi di prestazioni nelle reti di calcolatori	555
6.6.2	Misurazione delle prestazioni di rete	556
6.6.3	Struttura degli host per reti veloci	558
6.6.4	Elaborazione rapida dei segmenti	562
6.6.5	Compressione dell'instestazione	565
6.6.6	Protocolli per reti ad alta capacità su lunghi percorsi	567
6.7	Reti con tolleranza al ritardo*	571
6.7.1	Architettura DTN	572
6.7.2	Bundle protocol	574
6.8	Sommario	577
Capitolo 7 Il livello applicazione		581
7.1	DNS – domain name system	581
7.1.1	Lo spazio dei nomi DNS	582
7.1.2	Record delle risorse di dominio	585
7.1.3	Name server	589
7.2	Posta elettronica	593
7.2.1	Architettura e servizi	594
7.2.2	User agent	595



7.2.3	Formato dei messaggi	600
7.2.4	Trasferimento dei messaggi	607
7.2.5	Consegna finale	612
7.3	Il World Wide Web	615
7.3.1	Panoramica dell'architettura	616
7.3.2	Pagine Web statiche	631
7.3.3	Documenti Web dinamici e applicazioni Web	640
7.3.4	Web mobile	661
7.3.5	Ricerca sul Web	663
7.4	Streaming audio e video	665
7.4.1	Audio digitale	667
7.4.2	Video digitale	672
7.4.3	Streaming di contenuti registrati	680
7.4.4	Streaming di contenuti in tempo reale	688
7.4.5	Conferenze in tempo reale	691
7.5	Distribuzione di contenuti	701
7.5.1	Contenuti e traffico Internet	702
7.5.2	Server farm e proxy Web	704
7.5.3	Content delivery network	708
7.5.4	Reti peer-to-peer	713
7.6	Sommario	722
Capitolo 8 Sicurezza delle reti		727
8.1	Crittografia	730
8.1.1	Introduzione alla crittografia	730
8.1.2	Cifrari a sostituzione	733
8.1.3	Cifrari a trasposizione	734
8.1.4	Blocchi monouso	736
8.1.5	Due principi crittografici fondamentali	740
8.2	Algoritmi a chiave simmetrica	742
8.2.1	DES – data encryption standard	744
8.2.2	AES – advanced encryption standard	747
8.2.3	Modalità di cifratura	750
8.2.4	Altri cifrari	755
8.2.5	Criptoanalisi	755
8.3	Algoritmi a chiave pubblica	757
8.3.1	RSA	758
8.3.2	Altri algoritmi a chiave pubblica	759
8.4	Firme digitali	760
8.4.1	Firme a chiave simmetrica	761
8.4.2	Firme a chiave pubblica	762



8.4.3	Message digest	763
8.4.4	Attacco del compleanno	767
8.5	Gestione delle chiavi pubbliche	769
8.5.1	Certificati	770
8.5.2	X.509	771
8.5.3	Infrastrutture a chiave pubblica	772
8.6	Sicurezza delle comunicazioni	776
8.6.1	IPsec	776
8.6.2	Firewall	780
8.6.3	VPN, reti private virtuali	783
8.6.4	Sicurezza wireless	785
8.7	Protocolli di autenticazione	790
8.7.1	Autenticazione basata su un segreto condiviso	791
8.7.2	Come stabilire una chiave condivisa: lo scambio di chiave di Diffie-Hellman	795
8.7.3	Autenticazione usando un centro di distribuzione delle chiavi	797
8.7.4	Autenticazione con Kerberos	800
8.7.5	Autenticazione con crittografia a chiave pubblica	802
8.8	Sicurezza della posta elettronica*	803
8.8.1	PGP – pretty good privacy	803
8.8.2	S/MIME	807
8.9	Sicurezza del Web	808
8.9.1	Minacce alla sicurezza	808
8.9.2	Sicurezza nell'attribuzione dei nomi	809
8.9.3	SSL – secure socket layer	814
8.9.4	Sicurezza del codice mobile	818
8.10	Aspetti sociali	821
8.10.1	Privacy	821
8.10.2	Libertà di parola	824
8.10.3	Copyright	828
8.11	Sommario	831
Capitolo 9	Letture consigliate e bibliografia	837
9.1	Suggerimenti per ulteriori letture*	837
9.1.1	Introduzione e opere generiche	838
9.1.2	Il livello fisico	838
9.1.3	Il livello data link	839
9.1.4	Il sottolivello MAC (medium access control)	840
9.1.5	Il livello di rete	840



XVI Sommario

9.1.6	Il livello di trasporto	841
9.1.7	Il livello applicazione	841
9.1.8	La sicurezza delle reti	842
9.2	Bibliografia*	843
	Indice analitico	859

