



Andrew S. Tanenbaum  
David J. Wetherall



# RETI DI CALCOLATORI



Quinta edizione



ALWAYS LEARNING

PEARSON





© 2011 Pearson Italia, Milano-Torino

*Authorized translation from the English language edition, entitled: **Computer Networks, 5<sup>th</sup> edition**, by Andrew Tanenbaum; David Wetherall published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2011*

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

*Italian language edition published by Pearson Italia S.p.A., Copyright © 2011.*

Le informazioni contenute in questo libro sono state verificate e documentate con la massima cura possibile. Nessuna responsabilità derivante dal loro utilizzo potrà venire imputata agli Autori, a Pearson Italia S.p.A. o a ogni persona e società coinvolta nella creazione, produzione e distribuzione di questo libro.

Per i passi antologici, per le citazioni, per le riproduzioni grafiche, cartografiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi, inseriti in quest'opera, l'editore è a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione nei riferimenti.

I diritti di riproduzione e di memorizzazione elettronica totale e parziale con qualsiasi mezzo, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, sono riservati per tutti i paesi.

LA FOTOCOPIATURA DEI LIBRI È UN REATO Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da AIDRO, corso di Porta Romana n. 108, 20122 Milano, e-mail segreteria@aidro.org e sito web [www.aidro.org](http://www.aidro.org).

Traduzione: Dario Maggiorini, Sabrina Gaito

Copy-editing: Donatella Pepe

Impaginazione: Andrea Astolfi

Progetto grafico di copertina: Achilli Ghizzardi Associati - Milano

Stampa: Tip.Le.Co.– San Bonico (PC)

Tutti i marchi citati nel testo sono di proprietà dei loro detentori.

978-88-7192-640-7

Printed in Italy

1<sup>a</sup> edizione: settembre 2011

Ristampa  
00 01 02 03 04

Anno  
11 12 13 14 15





*a Suzanne, Barbara, Daniel, Aron, Marvin, Matilde,  
e alla memoria di Bram e Sweetie  $\pi$  (AST)*

*a Katrin, Lucy, e Pepper (DJW)*





# Sommario

Prefazione all'edizione italiana	XVII	
Prefazione	XIX	
<b>Capitolo 1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Applicazioni delle reti di calcolatori</b>	<b>2</b>
1.1.1	Applicazioni aziendali	3
1.1.2	Applicazioni domestiche	5
1.1.3	Utenti mobili	10
1.1.4	Risvolti sociali	13
<b>1.2</b>	<b>Hardware di rete</b>	<b>16</b>
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
<b>1.3</b>	<b>Software di rete</b>	<b>28</b>
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
<b>1.4</b>	<b>Modelli di riferimento</b>	<b>39</b>
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
<b>1.5</b>	<b>Esempi di reti</b>	<b>51</b>
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





<b>1.6 Standardizzazione delle reti*</b>	<b>71</b>
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
<b>1.7 Unità metriche</b>	<b>77</b>
<b>1.8 Organizzazione del resto del libro</b>	<b>78</b>
<b>1.9 Sommario</b>	<b>79</b>

**Capitolo 2 Il livello fisico 83**

<b>2.1 Basi teoriche della comunicazione dati</b>	<b>83</b>
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
<b>2.2 Mezzi di trasmissione vincolati</b>	<b>89</b>
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
<b>2.3 Trasmissioni wireless</b>	<b>98</b>
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
<b>2.4 Comunicazioni satellitari*</b>	<b>109</b>
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
<b>2.5 Modulazione digitale e multiplexing</b>	<b>117</b>
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
<b>2.6 La rete telefonica pubblica commutata</b>	<b>131</b>
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
<b>2.7</b>	<b>Il sistema telefonico mobile*</b>	<b>156</b>
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
<b>2.8</b>	<b>Televisione via cavo</b>	<b>169</b>
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
<b>2.9</b>	<b>Sommario</b>	<b>176</b>
<b>Capitolo 3 Il livello data link</b>		<b>181</b>
<b>3.1</b>	<b>Progettazione del livello data link</b>	<b>181</b>
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
<b>3.2</b>	<b>Rilevazione e correzione degli errori</b>	<b>190</b>
3.2.1	Codici a correzione di errore	191
3.2.2	Codici a rilevazione di errore	197
<b>3.3</b>	<b>Protocolli data link elementari</b>	<b>202</b>
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
<b>3.4</b>	<b>Protocolli a finestra scorrevole</b>	<b>213</b>
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
<b>3.5</b>	<b>Esempi di protocolli data link</b>	<b>230</b>
3.5.1	Pacchetti su SONET	231
3.5.2	ADSL – asymmetric digital subscriber loop	234
<b>3.6</b>	<b>Sommario</b>	<b>237</b>

<b>Capitolo 4</b>	<b>Il sottolivello MAC</b>	<b>241</b>
<b>4.1</b>	<b>Problema dell'allocazione del canale</b>	<b>242</b>
4.1.1	Allocazione statica del canale	242
4.1.2	Ipotesi per l'allocazione di canali dinamici	243
<b>4.2</b>	<b>Protocolli ad accesso multiplo</b>	<b>245</b>
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
<b>4.3</b>	<b>Ethernet</b>	<b>263</b>
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
<b>4.4</b>	<b>Lan wireless</b>	<b>282</b>
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
<b>4.5</b>	<b>Wireless a banda larga*</b>	<b>295</b>
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
<b>4.6</b>	<b>Bluetooth*</b>	<b>302</b>
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

<b>4.7</b>	<b>RFID*</b>	<b>309</b>
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
<b>4.8</b>	<b>Commutazione a livello data link</b>	<b>313</b>
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
<b>4.9</b>	<b>Sommario</b>	<b>330</b>
<b>Capitolo 5 Il livello di rete</b>		<b>335</b>
<b>5.1</b>	<b>Problematiche nella progettazione del livello di rete</b>	<b>335</b>
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
<b>5.2</b>	<b>Algoritmi di routing</b>	<b>342</b>
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
<b>5.3</b>	<b>Algoritmi per il controllo della congestione</b>	<b>371</b>
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



<b>5.4</b>	<b>Qualità del servizio</b>	<b>383</b>
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
<b>5.5</b>	<b>Internetworking</b>	<b>402</b>
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
<b>5.6</b>	<b>Il livello di rete in Internet</b>	<b>413</b>
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
<b>5.7</b>	<b>Sommario</b>	<b>463</b>
<b>Capitolo 6 Il livello di trasporto</b>		<b>469</b>
<b>6.1</b>	<b>Il servizio di trasporto</b>	<b>469</b>
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
<b>6.2</b>	<b>Elementi dei protocolli di trasporto</b>	<b>481</b>
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

<b>6.3</b>	<b>Controllo di congestione</b>	<b>503</b>
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
<b>6.4</b>	<b>Protocolli di trasporto di Internet: UDP</b>	<b>513</b>
6.4.1	Introduzione a UDP	514
6.4.2	Remote procedure call	516
6.4.3	Protocolli di trasporto real-time	519
<b>6.5</b>	<b>Protocolli di trasporto di Internet: TCP</b>	<b>524</b>
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	Intestazione 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
<b>6.6</b>	<b>Problemi di prestazioni*</b>	<b>555</b>
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'intestazione	565
6.6.6	Protocolli per reti ad alta capacità su lunghi percorsi	567
<b>6.7</b>	<b>Reti con tolleranza al ritardo*</b>	<b>571</b>
6.7.1	Architettura DTN	572
6.7.2	Bundle protocol	574
<b>6.8</b>	<b>Sommario</b>	<b>577</b>
<b>Capitolo 7 Il livello applicazione</b>		<b>581</b>
<b>7.1</b>	<b>DNS – domain name system</b>	<b>581</b>
7.1.1	Lo spazio dei nomi DNS	582
7.1.2	Record delle risorse di dominio	585
7.1.3	Name server	589
<b>7.2</b>	<b>Posta elettronica</b>	<b>593</b>
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
<b>7.3</b>	<b>Il World Wide Web</b>	<b>615</b>
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
<b>7.4</b>	<b>Streaming audio e video</b>	<b>665</b>
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
<b>7.5</b>	<b>Distribuzione di contenuti</b>	<b>701</b>
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
<b>7.6</b>	<b>Sommario</b>	<b>722</b>
<b>Capitolo 8</b>	<b>Sicurezza delle reti</b>	<b>727</b>
<b>8.1</b>	<b>Crittografia</b>	<b>730</b>
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
<b>8.2</b>	<b>Algoritmi a chiave simmetrica</b>	<b>742</b>
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
<b>8.3</b>	<b>Algoritmi a chiave pubblica</b>	<b>757</b>
8.3.1	RSA	758
8.3.2	Altri algoritmi a chiave pubblica	759
<b>8.4</b>	<b>Firme digitali</b>	<b>760</b>
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
<b>8.5</b>	<b>Gestione delle chiavi pubbliche</b>	<b>769</b>
8.5.1	Certificati	770
8.5.2	X.509	771
8.5.3	Infrastrutture a chiave pubblica	772
<b>8.6</b>	<b>Sicurezza delle comunicazioni</b>	<b>776</b>
8.6.1	IPsec	776
8.6.2	Firewall	780
8.6.3	VPN, reti private virtuali	783
8.6.4	Sicurezza wireless	785
<b>8.7</b>	<b>Protocolli di autenticazione</b>	<b>790</b>
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
<b>8.8</b>	<b>Sicurezza della posta elettronica*</b>	<b>803</b>
8.8.1	PGP – pretty good privacy	803
8.8.2	S/MIME	807
<b>8.9</b>	<b>Sicurezza del Web</b>	<b>808</b>
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
<b>8.10</b>	<b>Aspetti sociali</b>	<b>821</b>
8.10.1	Privacy	821
8.10.2	Libertà di parola	824
8.10.3	Copyright	828
<b>8.11</b>	<b>Sommario</b>	<b>831</b>
<b>Capitolo 9</b>	<b>Letture consigliate e bibliografia</b>	<b>837</b>
<b>9.1</b>	<b>Suggerimenti per ulteriori letture*</b>	<b>837</b>
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
<b>9.2</b>	<b>Bibliografia*</b>	<b>843</b>
	<b>Indice analitico</b>	<b>859</b>





## Prefazione all'edizione italiana

Giunto ormai alla quinta edizione, il testo *Reti di calcolatori* di Andrew S. Tanenbaum si conferma uno dei testi di maggior successo sia per l'insegnamento delle reti sia per l'uso professionale, grazie anche al coinvolgimento di David J. Wetherall come coautore.

In questi ultimi anni gli operatori nel settore delle telecomunicazioni sono stati sia promotori che testimoni di profondi cambiamenti, che hanno portato all'introduzione di nuove tecnologie e all'obsolescenza di altre. Queste novità hanno costretto il mondo accademico a rivedere significativamente non solo parte della letteratura ma anche il modo di fare didattica. Gli autori si fanno testimoni di questi cambiamenti attraverso una revisione completa e approfondita del testo, con una particolare attenzione alle reti a larga banda, alle tecnologie wireless, alle architetture web e alle reti peer-to-peer.

Il libro sulle reti di Tanenbaum è stato, per anni, il primo testo per l'avvicinamento all'argomento anche per molti di coloro che oggi le insegnano. Nonostante i radicali cambiamenti apportati durante le varie edizioni si continua a riconoscere uno stile inconfondibile: leggero e godibile quando affronta gli argomenti in senso generale, spumeggiante e divertente nel fornire aneddoti e considerazioni sul mondo reale e, infine, preciso e rigoroso, nella trattazione tecnica e scientifica.

Il viaggio nel mondo delle telecomunicazioni proposto dagli autori parte dai fondamenti, seguendo quello che ormai è diventato "l'approccio classico". Prosegue poi, in un crescendo di astrazione, attraverso i protocolli e le architetture che costituiscono Internet. Durante il percorso, la visione storica di Tanenbaum è fondamentale per capire l'evoluzione delle reti sotto un profilo non solo tecnologico ma anche commerciale; in particolare gli autori riflettono sempre su quali siano state le cause scatenanti la progettazione (o l'abbandono) di una tecnologia, favorendo l'acquisizione di una metodologia scientifica da parte del lettore, attraverso un continuo susseguirsi di domande e risposte. Prima di congedarsi, parlando di crittografia e sicurezza, gli autori si spingono oltre gli aspetti tecnici, toccando temi quali la libertà di espressione, la censura e la gestione del copyright; argomenti che per un motivo o per l'altro vivono a stretto contatto con il mondo delle reti, ma che in molti libri non vengono trattati in quanto non strettamente tecnici. Il vero valore aggiunto durante tutto il percorso, rispetto ad altri testi, è quello di fare continue osservazioni di carattere non solo storico ma anche organizzativo e commerciale, contestualizzando il contenuto tecnico in una realtà industriale con la quale il lettore, sia esso studente, professionista o semplicemente consumatore, dovrà andarsi a confrontare.





## XVIII Prefazione all'edizione italiana

---

Questa nuova edizione, aggiornata e ampliata, si propone non solo come un valido ausilio per docenti e studenti, ma anche come punto di riferimento per il professionista in cerca di un manuale aggiornato e approfondito. L'edizione italiana, in particolare, cerca di dare un contributo alla dimensione internazionale assunta dal lavorare nel campo delle telecomunicazioni. Si è infatti cercato il miglior compromesso possibile tra l'uso di una terminologia italiana, a noi familiare, e quella inglese, ormai pervasiva in ambito professionale; ove possibile si sono fornite entrambe le diciture di ogni concetto, cercando però di utilizzare nel testo i termini normalmente adottati in un contesto lavorativo.

*Sabrina Gaito, Dario Maggiorini*  
*Università degli Studi di Milano*





# Prefazione

Questo libro è arrivato alla quinta edizione. Ogni edizione trova corrispondenza con una fase diversa nell'uso che è stato fatto delle reti di calcolatori. Quando apparve la prima edizione, nel 1980, le reti erano una curiosità accademica. Al tempo della seconda edizione, il 1988, le reti erano usate da università e grandi aziende. Quando, nel 1996, fu pubblicata la terza edizione, le reti di calcolatori e in special modo Internet, erano diventate una realtà per milioni di persone. Con la quarta edizione, nel 2003, le reti wireless e i dispositivi mobili erano diventati il modo più comune di accedere al Web e a Internet. Ora, nella quinta edizione, le reti si focalizzano sulla distribuzione di contenuti (in particolar modo video attraverso CDN e reti peer-to-peer) e i telefoni cellulari sono piccoli computer collegati a Internet.

## Novità della quinta edizione

Tra i molti cambiamenti in questo libro, il più importante è l'aggiunta del professor David J. Wetherall in qualità di coautore. David porta con sé un ricco bagaglio di conoscenza sulle reti avendo iniziato più di venti anni fa con la progettazione di reti metropolitane; da allora si è occupato di Internet e reti wireless e oggi è professore all'Università di Washington, dove insegna e fa ricerca nell'ambito delle reti di calcolatori, e argomenti correlati, da una decina d'anni.

Naturalmente, il libro ha anche subito molti cambiamenti per tenere il passo con il mondo, sempre in movimento, delle reti di calcolatori. Tra questi troviamo materiale nuovo e aggiornato su:

- Reti wireless (802.12 e 802.16)
- Le reti 3G usate dagli smartphone
- RFID e reti di sensori
- Distribuzione di contenuti tramite CDN
- Reti peer-to-peer
- Multimedia in tempo reale (registrata e in diretta)
- Telefonia su Internet (voice over IP)
- Reti con tolleranza al ritardo







Il Capitolo 1 svolge la stessa funzione introduttiva che aveva nella quarta edizione, ma i contenuti sono stati rivisti e aggiornati. Internet, le reti di telefonia mobile, 802.11, RFID e le reti di sensori sono illustrate come esempi di reti di calcolatori. Il materiale riguardante la prima versione di Ethernet e ATM è stato tolto.

Nel Capitolo 2, dove ci si occupa del livello fisico, è stata ampliata la trattazione della modulazione digitale (includendo OFDM in quanto largamente utilizzata nelle reti wireless). Vengono presentate anche nuove tecnologie di rete, incluse quelle che sfruttano fibre ottiche fino all'abitazione dell'utente (*fiber to the home*) o che prevedono l'uso delle linee elettriche domestiche.

Il Capitolo 3, che parla di collegamenti punto a punto, è stato migliorato sotto due punti di vista. Il materiale riguardante i codici di rilevamento e correzione degli errori è stato aggiornato ed include ora una breve descrizione di codici moderni molto importanti nelle applicazioni pratiche (come, ad esempio, codici convoluzionali e LDPC). I protocolli portati ad esempio ora fanno riferimento all'invio di pacchetti su SONET e ad ADSL. Il materiale riguardante la verifica dei protocolli è stato rimosso perché scarsamente utilizzato.

Nel Capitolo 4, sul sottolivello MAC, i principi sono sempre gli stessi ma la tecnologia è cambiata. I paragrafi sulle reti portate come esempio sono stati riscritti di conseguenza, includendo gigabit Ethernet, 802.11, 802.16, Bluetooth e RFID. È stata anche aggiornata la parte relativa alle LAN commutate, includendo le VLAN.

Il Capitolo 5, sul livello di rete, si occupa degli stessi argomenti della quarta edizione. Nella revisione sono stati aggiornati i contenuti e si è deciso di approfondire la qualità di servizio (importante per i contenuti multimediali in tempo reale) e la connessione tra reti. I paragrafi su BGP, OSPF e CIDR sono stati estesi, come pure è stato esteso quello sull'instradamento multicast. Infine, è stato aggiunto l'instradamento any-cast.

Il Capitolo 6, sul livello di trasporto, ha avuto dei contenuti aggiunti, altri rivisti e altri ancora rimossi. I contenuti aggiuntivi descrivono le reti con tolleranza al ritardo e propongono una trattazione generale sul controllo di congestione. I contenuti aggiornati espandono la trattazione relativa al controllo di congestione di TCP. Infine, sono state rimosse le parti relative ai livelli di rete orientati alla connessione in quanto molto rari al giorno d'oggi.

Anche il Capitolo 7, sulle applicazioni, è stato aggiornato ed esteso. Anche se il materiale riguardante DNS e posta elettronica è simile alla quarta edizione, negli ultimi anni ci sono stati molti sviluppi riguardo l'uso del Web, i contenuti multimediali in streaming e la distribuzione di contenuti. Di conseguenza, i paragrafi su Web e multimedia sono stati aggiornati. Un nuovo paragrafo descrive la distribuzione di contenuti includendo CDN e reti peer-to-peer.

Il Capitolo 8, sulla sicurezza, si occupa ancora di entrambe le cifrature a chiave simmetrica e a chiave pubblica per garantire la confidenzialità e il fatto che i messaggi non siano stati alterati. Il materiale sulle tecniche utilizzate nella pratica, tra cui firewall e VPN è stato aggiornato, mentre sono state aggiunte parti riguardanti la sicurezza di 802.11 e Kerberos V5.





Il Capitolo 9 contiene una lista aggiornata di letture consigliate e una bibliografia completa di oltre 300 citazioni. Più della metà di queste citazioni sono articoli e libri scritti dal 2000 in poi, il resto sono citazioni di articoli classici.

## Lista degli acronimi

I libri di informatica sono pieni di acronimi, e questo non fa eccezione. Quando avrete finito di leggere questo libro, le seguenti sigle vi saranno familiari: ADSL, AES, AJAX, AODV, AP, ARP, ARQ, AS, BGP, BOC, CDMA, CDN, CGI, CIDR, CRL, CSMA, CSS, DCT, DES, DHCP, DHT, DIFS, DMCA, DMT, DMZ, DNS, DOCSIS, DOM, DSLAM, DTN, FCFS, FDD, FDDI, FDM, FEC, FIFO, FSK, FTP, GPRS, GSM, HDTV, HFC, HMAC, HTTP, IAB, ICANN, ICMP, IDEA, IETF, IMAP, IMP, IP, IPTV, IRTF, ISO, ISP, ITU, JPEG, JSP, JVM, LAN, LATA, LEC, LEO, LLC, LSR, LTE, MAN, MFJ, MIME, MPEG, MPLS, MSC, MTSO, MTU, NAP, NAT, NRZ, NSAP, OFDM, OSI, OSPF, PAWS, PCM, PGP, PIM, PKI, POP, POTS, PPP, PSTN, QAM, QPSK, RED, RFC, RFID, RPC, RSA, RTSP, SHA, SIP, SMTP, SNR, SOAP, SONET, SPE, SSL, TCP, TDD, TDM, TSAP, UDP, UMTS, URL, VLAN, VSAT, WAN, WDM e XML. Non preoccupatevi: ognuno di loro apparirà in **grassetto** e verrà accuratamente spiegato prima di essere usato. Per fare una prova, vedete quanti siete in grado di identificarne *prima* di leggere il libro, scrivete il numero a margine e provate di nuovo *dopo* aver letto il libro.

## Come usare questo libro

Per aiutare i docenti a usare questo libro come testo di riferimento, abbiamo strutturato i capitoli in concetti fondamentali e opzionali. I paragrafi contrassegnati con un “\*” nell’indice trattano dei contenuti opzionali. Se il paragrafo principale (ad esempio il 2.7) è contrassegnato in questo modo tutti i suoi sottoparagrafi sono anch’essi opzionali. I paragrafi opzionali propongono materiale utile, ma che può essere omesso in un corso breve senza incorrere in una perdita di continuità didattica. Naturalmente, gli studenti dovrebbero essere incoraggiati a leggere anche questi paragrafi, nella misura in cui hanno tempo disponibile, perché tutto il materiale proposto è attuale e importante.

## Materiali didattici di supporto

Dall’indirizzo <http://hpe.pearson.it/tanenbaum> è possibile accedere a un Companion Website (in inglese) contenente utili supplementi, tra cui link a articoli, tutorial e FAQ organizzati per argomenti, simulatori di protocolli e una demo liberamente scaricabile sulla steganografia.

I docenti che adottano il testo, inoltre, potranno richiedere il Solutions Manual (in inglese) e le slide in PowerPoint con le figure del testo (in italiano).





## Ringraziamenti

Molte persone ci hanno aiutato durante la stesura della quinta edizione. Vogliamo ringraziare in maniera particolare Emmanuel Agu (Worcester Polytechnic Institute), Yoris Au (University of Texas at San Antonio), Nikhil Bhargava (Aircom International, Inc.), Michael Buettner (University of Washington), John Day (Boston University), Kevin Fall (Intel Labs), Ronald Fulle (Rochester Institute of Technology), Ben Greenstein (Intel Labs), Daniel Halperin (University of Washington), Bob Kinicki (Worcester Polytechnic Institute), Tadayoshi Kohno (University of Washington), Sarvish Kulkarni (Villanova University), Hank Levy (University of Washington), Ratul Mahajan (Microsoft Research), Craig Partridge (BBN), Michael Piatek (University of Washington), Joshua Smith (Intel Labs), Neil Spring (University of Maryland), David Teneyuca (University of Texas at Antonio), Tammy VanDegrift (University of Portland) e Bo Yuan (Rochester Institute of Technology), per averci dato idee e commenti. Melody Kadenko e Julie Svendsen hanno dato supporto organizzativo a David.

Shivakant Mishra (University of Colorado at Boulder) e Paul Nagin (Chimborazo Publishing, Inc.) hanno pensato a molti problemi nuovi e stimolanti per la fine dei capitoli. Il nostro contatto alla Pearson, Tracy Dunkelberger, è stata di aiuto in molti aspetti, come al solito. Melinda Haggerty e Jeff Holcomb hanno fatto un buon lavoro nel far procedere le cose senza problemi. Steve Armstrong (LeTourneau University) ha preparato i lucidi. Stephen Turner (University of Michigan at Flint) ha controllato con arte le risorse Web e i simulatori che accompagnano il libro. Il nostro copyeditor, Rachel Head, è uno strano ibrido: ha l'occhio di un'aquila e la memoria di un elefante. Dopo aver letto tutte le sue correzioni, entrambi ci siamo chiesti come abbiamo fatto a finire le elementari.

Infine, arriviamo alle persone più importanti. Suzanne è già passata diciannove volte attraverso questo e ancora dimostra infinita pazienza e amore. Barbara e Marvin, che adesso conoscono la differenza tra libri di testo buoni e cattivi, sono sempre un'ispirazione per produrne di buoni. Daniel e Matilde sono delle gradite aggiunte alla nostra famiglia. Aron è difficile che legga questo libro nell'immediato futuro, ma a lui piacciono le belle figure del Capitolo 8 (Tanenbaum).

Katrin e Lucy hanno dato un sostegno infinito e sono sempre riuscite a darmi un sorriso. Grazie (Wetherall).

ANDREW S. TANENBAUM

DAVID J. WETHERALL

