

Sommario

| | |
|----------------------------------|------|
| Prefazione all'edizione italiana | XIII |
| Prefazione | XV |

| | |
|---|-----------|
| Capitolo 1 Reti di calcolatori e Internet | 1 |
| 1.1 Che cos'è Internet? | 2 |
| 1.1.1 Gli "ingranaggi" di Internet | 2 |
| 1.1.2 Descrizione dei servizi | 5 |
| 1.1.3 Che cos'è un protocollo? | 6 |
| 1.2 Ai confini della rete | 9 |
| 1.2.1 Le reti di accesso | 11 |
| 1.2.2 Mezzi trasmissivi | 17 |
| 1.3 Il nucleo della rete | 21 |
| 1.3.1 Commutazione di pacchetto | 22 |
| 1.3.2 Commutazione di circuito | 25 |
| 1.3.3 Una rete di reti | 30 |
| 1.4 Ritardi, perdite e throughput nelle reti a commutazione di pacchetto | 34 |
| 1.4.1 Panoramica del ritardo nelle reti a commutazione di pacchetto | 34 |
| 1.4.2 Ritardo di accodamento e perdita di pacchetti | 37 |
| 1.4.3 Ritardo end-to-end | 40 |
| 1.4.4 Throughput nelle reti di calcolatori | 42 |
| 1.5 Livelli dei protocolli e loro modelli di servizio | 45 |
| 1.5.1 Architettura a livelli | 45 |
| 1.5.2 Incapsulamento | 51 |
| 1.6 Reti sotto attacco | 53 |
| 1.7 Storia delle reti di calcolatori e di Internet | 58 |
| 1.7.1 Sviluppo della commutazione di pacchetto: 1961-1972 | 58 |
| 1.7.2 Reti proprietarie e internetworking: 1972-1980 | 59 |
| 1.7.3 La proliferazione delle reti: 1980-1990 | 60 |
| 1.7.4 Esplosione di Internet: gli anni '90 | 61 |
| 1.7.5 Il nuovo millennio | 62 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| 1.8 Riepilogo | 63 |
| Domande e problemi | 65 |
| Domande di revisione | 65 |
| Problemi | 68 |
| Esercitazioni Wireshark | 76 |
| Intervista a Leonard Kleinrock | 78 |

Capitolo 2 Livello di applicazione **81**

| | |
|---|------------|
| 2.1 Principi delle applicazioni di rete | 82 |
| 2.1.1 Architetture delle applicazioni di rete | 84 |
| 2.1.2 Processi comunicanti | 86 |
| 2.1.3 Servizi di trasporto disponibili per le applicazioni | 88 |
| 2.1.4 Servizi di trasporto offerti da Internet | 90 |
| 2.1.5 Protocolli a livello di applicazione | 94 |
| 2.1.6 Applicazioni di rete trattate in questo libro | 95 |
| 2.2 Web e HTTP | 95 |
| 2.2.1 Panoramica di HTTP | 96 |
| 2.2.2 Connessioni persistenti e non persistenti | 97 |
| 2.2.3 Formato dei messaggi HTTP | 100 |
| 2.2.4 Interazione utente-server: i cookie | 105 |
| 2.2.5 Web caching | 107 |
| 2.3 Posta elettronica in Internet | 113 |
| 2.3.1 SMTP | 114 |
| 2.3.2 Confronto con HTTP | 117 |
| 2.3.3 Formati dei messaggi di posta | 118 |
| 2.3.4 Protocolli di accesso alla posta | 118 |
| 2.4 DNS: il servizio di directory di Internet | 123 |
| 2.4.1 Servizi forniti da DNS | 123 |
| 2.4.2 Panoramica del funzionamento di DNS | 126 |
| 2.4.3 Record e messaggi DNS | 131 |
| 2.5 Distribuzione di file P2P | 135 |
| 2.6 Streaming video e reti per la distribuzione di contenuti | 143 |
| 2.6.1 Video su Internet | 143 |
| 2.6.2 Streaming HTTP e DASH | 144 |
| 2.6.3 Reti per la distribuzione di contenuti | 145 |
| 2.7 Programmazione delle socket: come creare un'applicazione di rete | 149 |
| 2.7.1 Programmazione delle socket con UDP | 150 |
| 2.7.2 Programmazione delle socket con TCP | 155 |

| | |
|--|------------|
| 2.8 Riepilogo | 160 |
| Domande e problemi | 160 |
| Domande di revisione | 160 |
| Problemi | 163 |
| Esercizi di programmazione delle socket | 170 |
| Esercitazione Wireshark: HTTP | 172 |
| Esercitazione Wireshark: DNS | 172 |
| Intervista a Marc Andreessen | 173 |

Capitolo 3 Livello di trasporto **175**

| | |
|--|------------|
| 3.1 Introduzione e servizi a livello di trasporto | 176 |
| 3.1.1 Relazione tra i livelli di trasporto e di rete | 176 |
| 3.1.2 Panoramica del livello di trasporto di Internet | 179 |
| 3.2 Multiplexing e demultiplexing | 180 |
| 3.3 Trasporto non orientato alla connessione: UDP | 187 |
| 3.3.1 Struttura dei segmenti UDP | 191 |
| 3.3.2 Checksum UDP | 191 |
| 3.4 Principi del trasferimento dati affidabile | 193 |
| 3.4.1 Costruzione di un protocollo di trasferimento dati affidabile | 194 |
| 3.4.2 Protocolli per il trasferimento dati affidabile con pipeline | 203 |
| 3.4.3 Go-Back-N (GBN) | 207 |
| 3.4.4 Ripetizione selettiva | 212 |
| 3.5 Trasporto orientato alla connessione: TCP | 218 |
| 3.5.1 Connessione TCP | 218 |
| 3.5.2 Struttura dei segmenti TCP | 220 |
| 3.5.3 Timeout e stima del tempo di andata e ritorno | 226 |
| 3.5.4 Trasferimento dati affidabile | 228 |
| 3.5.5 Controllo di flusso | 236 |
| 3.5.6 Gestione della connessione TCP | 238 |
| 3.6 Principi del controllo di congestione | 243 |
| 3.6.1 Cause e costi della congestione | 245 |
| 3.6.2 Approcci al controllo di congestione | 250 |
| 3.7 Controllo di congestione TCP | 252 |
| 3.7.1 Fairness | 262 |
| 3.7.2 Notifica esplicita di congestione (ECN): controllo di congestione assistito dalla rete | 265 |

| | |
|--|------------|
| 3.8 Riepilogo | 266 |
| Domande e problemi | 268 |
| Domande di revisione | 268 |
| Problemi | 272 |
| Esercizi di programmazione | 285 |
| Esercitazione Wireshark: esplorando TCP | 285 |
| Esercitazione Wireshark: esplorando UDP | 286 |
| Intervista a Van Jacobson | 287 |

Capitolo 4 Livello di rete: piano dei dati **289**

| | |
|---|------------|
| 4.1 Panoramica del livello di rete | 290 |
| 4.1.1 Inoltro e instradamento: piano dei dati e piano di controllo | 290 |
| 4.1.2 Modelli di servizio | 294 |
| 4.2 Che cosa si trova all'interno di un router? | 296 |
| 4.2.1 Elaborazione alle porte di ingresso e inoltro basato sull'indirizzo di destinazione | 299 |
| 4.2.2 Struttura di commutazione | 302 |
| 4.2.3 Elaborazione alle porte di uscita | 304 |
| 4.2.4 Dove si verifica l'accodamento? | 304 |
| 4.2.5 Schedulazione dei pacchetti | 308 |
| 4.3 Il protocollo Internet (IP): IPv4, indirizzamento, IPv6 e altro ancora | 312 |
| 4.3.1 Formato dei datagrammi IPv4 | 312 |
| 4.3.2 Frammentazione dei datagrammi IPv4 | 315 |
| 4.3.3 Indirizzamento IPv4 | 316 |
| 4.3.4 NAT (network address translation) | 327 |
| 4.3.5 IPv6 | 329 |
| 4.4 Inoltro generalizzato e SDN | 335 |
| 4.4.1 Match | 338 |
| 4.4.2 Action | 339 |
| 4.4.3 Esempi del paradigma match-action in OpenFlow | 339 |
| 4.5 Riepilogo | 342 |
| Domande e problemi | 342 |
| Domande di revisione | 342 |
| Problemi | 345 |
| Esercizi di programmazione | 350 |
| Intervista a Vinton G. Cerf | 351 |

Capitolo 5 Livello di rete: piano di controllo **353**

| | |
|---|------------|
| 5.1 Introduzione | 354 |
| 5.2 Algoritmi di instradamento | 356 |
| 5.2.1 Instradamento "link-state" (LS) | 359 |
| 5.2.2 Instradamento "distance-vector" (DV) | 363 |
| 5.3 Instradamento interno ai sistemi autonomi: OSPF | 370 |
| 5.4 Instradamento tra ISP: BGP | 374 |
| 5.4.1 Il ruolo di BGP | 374 |
| 5.4.2 Distribuzione delle informazioni dei cammini in BGP | 375 |
| 5.4.3 Selezione delle rotte migliori | 376 |
| 5.4.4 Anycast IP | 379 |
| 5.4.5 Politiche di instradamento | 381 |
| 5.4.6 Retrospectiva: come essere presenti in Internet | 382 |
| 5.5 Il piano di controllo SDN | 383 |
| 5.5.1 Il piano di controllo SDN: controller SDN e applicazioni di controllo | 386 |
| 5.5.2 Il protocollo OpenFlow | 388 |
| 5.5.3 Interazione tra piano dei dati e piano di controllo: un esempio | 390 |
| 5.5.4 SDN: il passato e il futuro | 392 |
| 5.6 ICMP (Internet control message protocol) | 392 |
| 5.7 Gestione della rete e SNMP | 396 |
| 5.7.1 Infrastruttura di gestione | 397 |
| 5.7.2 SNMP (<i>simple network management protocol</i>) | 399 |
| 5.8 Riepilogo | 401 |
| Domande e problemi | 402 |
| Domande di revisione | 402 |
| Problemi | 403 |
| Esercizi di programmazione con le socket | 408 |
| Esercitazioni Wireshark | 410 |
| Intervista a Jennifer Rexford | 411 |

Capitolo 6 Livello di collegamento e reti locali **413**

| | |
|--|------------|
| 6.1 Livello di collegamento: introduzione | 414 |
| 6.1.1 Servizi offerti dal livello di collegamento | 416 |
| 6.1.2 Dov'è implementato il livello di collegamento? | 417 |
| 6.2 Tecniche di rilevazione e correzione degli errori | 418 |
| 6.2.1 Controllo di parità | 420 |
| 6.2.2 Checksum | 422 |
| 6.2.3 Controllo a ridondanza ciclica (CRC) | 422 |

| | |
|--|------------|
| 6.3 Collegamenti broadcast e protocolli di accesso multiplo | 425 |
| 6.3.1 Protocolli a suddivisione del canale | 427 |
| 6.3.2 Protocolli ad accesso casuale | 429 |
| 6.3.3 Protocolli a rotazione | 437 |
| 6.3.4 DOCSIS: il protocollo a livello di collegamento per reti di accesso a Internet HFC | 438 |
| 6.4 Reti locali commutate | 440 |
| 6.4.1 Indirizzi a livello di collegamento e ARP | 441 |
| 6.4.2 Ethernet | 447 |
| 6.4.3 Switch a livello di collegamento | 453 |
| 6.4.4 LAN virtuali (VLAN) | 459 |
| 6.5 Canali virtuali: una rete come un livello di collegamento | 462 |
| 6.5.1 Multiprotocol label switching (MPLS) | 463 |
| 6.6 Le reti dei data center | 466 |
| 6.7 Retrospectiva: cronaca di una richiesta di una pagina web | 471 |
| 6.7.1 Si comincia: DHCP, UDP, IP e Ethernet | 472 |
| 6.7.2 Siamo ancora all'inizio: DNS e ARP | 474 |
| 6.7.3 Siamo ancora all'inizio: instradamento intra-dominio al server DNS | 475 |
| 6.7.4 Interazione client-server: TCP e HTTP | 476 |
| 6.8 Riepilogo | 477 |
| Domande e problemi | 479 |
| Domande di revisione | 479 |
| Problemi | 480 |
| Esercitazioni Wireshark | 487 |
| Intervista a Simon S. Lam | 488 |

| | |
|--|------------|
| Capitolo 7 Reti mobili e wireless | 491 |
| 7.1 Introduzione | 492 |
| 7.2 Collegamenti wireless e caratteristiche di rete | 495 |
| 7.2.1 CDMA | 499 |
| 7.3 Wi-Fi: LAN wireless 802.11 | 502 |
| 7.3.1 Architettura di 802.11 | 503 |
| 7.3.2 Protocollo MAC di 802.11 | 507 |
| 7.3.3 Pacchetto IEEE 802.11 | 513 |
| 7.3.4 Mobilità all'interno di una sottorete IP | 516 |
| 7.3.5 Funzionalità avanzate di 802.11 | 517 |
| 7.3.6 Personal Area Network: Bluetooth e Zigbee | 519 |

| | |
|---|------------|
| 7.4 Accesso cellulare a Internet | 521 |
| 7.4.1 Panoramica dell'architettura di una rete cellulare | 521 |
| 7.4.2 Rete dati cellulare 3G: accesso Internet agli utenti delle reti cellulari | 524 |
| 7.4.3 Verso il 4G: LTE | 526 |
| 7.5 Gestione della mobilità | 529 |
| 7.5.1 Indirizzamento | 532 |
| 7.5.2 Instradamento verso il nodo mobile | 533 |
| 7.6 IP mobile | 539 |
| 7.7 Gestione della mobilità nelle reti cellulari | 543 |
| 7.7.1 Instradamento delle chiamate verso utenti mobili | 544 |
| 7.7.2 Handoff in GSM | 545 |
| 7.8 Wireless e mobilità: l'impatto sui protocolli a livello superiore | 548 |
| 7.9 Riepilogo | 551 |
| Domande e problemi | 551 |
| Domande di revisione | 551 |
| Problemi | 553 |
| Esercitazioni Wireshark | 556 |
| Intervista a Deborah Estrin | 557 |

| | |
|--|------------------|
| Capitolo 8 Sicurezza nelle reti | (on-line) |
|--|------------------|

| | |
|---|--|
| 8.1 Sicurezza di rete | |
| 8.2 Principi di crittografia | |
| 8.3 Integrità dei messaggi e firma digitale | |
| 8.4 Autenticazione di un punto terminale | |
| 8.5 Rendere sicura la posta elettronica | |
| 8.6 Rendere sicure le connessioni TCP: SSL | |
| 8.7 Sicurezza a livello di rete: IPsec e reti private virtuali | |
| 8.8 Sicurezza nelle LAN wireless | |
| 8.9 Sicurezza operativa: firewall e sistemi di rilevamento delle intrusioni | |
| 8.10 Riepilogo | |
| Domande e problemi | |
| Laboratorio Wireshark | |
| Laboratorio IPsec | |
| Intervista a Steven M. Bellovin | |



Capitolo 9 Reti multimediali

(on-line)

- 9.1 Applicazioni multimediali di rete
- 9.2 Streaming di video registrato
- 9.3 Voice-over-IP
- 9.4 Protocolli per applicazioni in tempo reale
- 9.5 Supporto di Internet alle applicazioni multimediali
- 9.6 Riepilogo
 - Domande e problemi
 - Esercizi di programmazione
 - Intervista a Henning Schulzrinne

Bibliografia

559

Indice analitico

587