



Índice de contenido

Capítulo 1	Redes de computadores e Internet	1
1.1.	¿Qué es Internet?	2
1.1.1.	Una descripción práctica	2
1.1.2.	Descripción del servicio	5
1.1.3.	¿Qué es un protocolo?	6
1.1.4.	Algunos enlaces buenos	8
1.2.	El extremo de la red	9
1.2.1.	Sistemas terminales, clientes y servidores	9
1.2.2.	Servicio sin conexión y orientado a conexión	11
1.3.	El núcleo de la red	14
1.3.1.	Conmutación de circuitos y conmutación paquetes	14
1.3.2.	Reenvío de paquetes en redes de computadores	24
1.4.	Redes de acceso y medio físico	28
1.4.1.	Acceso a la red	28
1.4.2.	Medios físicos	34
1.5.	ISP y troncales Internet	38
1.6.	Retardo y pérdida en redes de conmutación de paquetes	41
1.6.1.	Tipos de retardo	41
1.6.2.	Retardo de cola y pérdida de paquetes	44
1.6.3.	Retardo y rutas en Internet	47
1.7.	Capas de protocolo y sus modelos de servicio	48
1.7.1.	Arquitectura en capas	49
1.7.2.	La pila de protocolos de Internet	53
1.7.3.	Entidades y capas de red	56
1.8.	Historia de las redes de computadores e Internet	57
1.8.1.	El desarrollo de la conmutación de paquetes: 1961-1972	57
1.8.2.	Redes propietarias e intercomunicación entre redes (<i>Internetworking</i>): 1972-1980	58
1.8.3.	Una proliferación de redes: 1980-1990	60
1.8.4.	La explosión Internet: la década de 1990	61
1.8.5.	Desarrollos recientes	62

1.9.	Resumen	63
	Recorrido por este libro	64
	Problemas y preguntas de repaso	65
	Problemas	66
	Preguntas para la discusión	71
	Entrevista: Leonard Kleinrock	73
 Capítulo 2 Capa de aplicación		75
2.1.	Principios de los protocolos de la capa de aplicación	76
2.1.1.	Protocolos de la capa de aplicación	76
2.1.2.	¿Qué servicios necesita una aplicación?	81
2.1.3.	Servicios proporcionados por los protocolos de transporte de Internet	83
2.1.4.	Aplicaciones de red tratadas en este libro	86
2.2.	La Web y HTTP	86
2.2.1.	Introducción a HTTP	88
2.2.2.	Conexiones no persistentes y persistentes	90
2.2.3.	Formato del mensaje HTTP	93
2.2.4.	Interacción usuario-servidor: autorización y cookies	97
2.2.5.	El GET condicional	100
2.2.6.	Contenido HTTP	101
2.3.	Transferencia de archivos: FTP	102
2.3.1.	Comandos y respuestas FTP	103
2.4.	Correo electrónico en Internet	104
2.4.1.	SMTP	106
2.4.2.	Comparación con HTTP	109
2.4.3.	Formatos de mensajes de correo y MIME	110
2.4.4.	Protocolos de acceso al correo	115
2.5.	DNS: el servicio de directorio de internet	119
2.5.1.	Servicios proporcionados por DNS	120
2.5.2.	Resumen de cómo trabaja el DNS	122
2.5.3.	Registros DNS	127
2.5.4.	Mensajes DNS	129
2.6.	Programación de sockets con TCP	131
2.6.1.	Programación de sockets con TCP	132
2.6.2.	Un ejemplo de aplicación cliente/servidor en Java	133
2.7.	Programación de sockets con UDP	140
2.8.	Construcción de un servidor web sencillo	146
2.8.1.	Funciones del servidor web	146
2.9.	Distribución de contenidos	150
2.9.1.	Caché web	151
2.9.2.	Redes de distribución de contenidos	156
2.9.3.	Compartición de archivos entre iguales	160
2.10.	Resumen	167

Problemas y preguntas de repaso	167
Problemas	169
Preguntas para la discusión	172
Trabajos de programación	173
Entrevista: Tim Berners-Lee	176

Capítulo 3 La capa de transporte	179
3.1. Introducción a los servicios de la capa de transporte	180
3.1.1. Relación entre las capas de transporte y de red	180
3.1.2. Repaso de la capa de transporte en Internet	183
3.2. Multiplexado y demultiplexado	185
3.3. Transporte sin conexión: UDP	191
3.3.1. Estructura del segmento UDP	194
3.3.2. Suma de comprobación UDP	194
3.4. Fundamentos de la transferencia fiable de datos	196
3.4.1. Construcción de un protocolo de transferencia fiable de datos	198
3.4.2. Protocolos fiables de transporte de datos entubados	208
3.4.3. Retroceder N (GBN)	210
3.4.4. Repetición selectiva (SR)	215
3.5. Transporte orientado a conexión: TCP	221
3.5.1. La conexión TCP	221
3.5.2. La estructura del segmento TCP	224
3.5.3. Estimación del tiempo de ida y vuelta y del tiempo límite de espera	228
3.5.4. Transferencia fiable de datos	231
3.5.5. Control del flujo	238
3.5.6. Gestión de la conexión TCP	241
3.6. Fundamentos del control de la congestión	245
3.6.1. Las causas y los costes de la congestión	245
3.6.2. Aproximaciones al control de la congestión	251
3.6.3. Ejemplo de control de la congestión asistido por red: el control de la congestión ABR de ATM	252
3.7. El Control de la congestión TCP	254
3.7.1. Imparcialidad	261
3.7.2. Modelado del retardo TCP	264
3.8. Resumen	272
Problemas y preguntas de repaso	273
Problemas	275
Preguntas para la discusión	282
Entrevista: Sally Floyd	283

Capítulo 4	Capa de red y rutado	285
4.1.	Introducción y modelos de servicio de red	286
4.1.1.	Modelo de servicio de red	288
4.1.2.	Orígenes de los servicios de datagrama y de circuito virtual	292
4.2.	Principios de rutado	292
4.2.1.	Un algoritmo de rutado de estado de enlaces	295
4.2.2.	El algoritmo de rutado por vector de distancias	299
4.2.3.	Otros algoritmos de rutado	308
4.3.	Rutado jerárquico	309
4.4.	El protocolo Internet (IP)	312
4.4.1.	Direccionamiento IPv4	313
4.4.2.	Desplazamiento de un datagrama desde su fuente al destino: direccionamiento, rutado y encaminamiento	321
4.4.3.	Formato de datagrama	324
4.4.4.	Fragmentación del datagrama IP	327
4.4.5.	ICMP: protocolo de mensajes de control de Internet	329
4.4.6.	Protocolo de configuración dinámica de host	331
4.4.7.	Traductores de direcciones de red (NAT)	334
4.5.	Rutado en Internet	336
4.5.1.	Rutado intrasistema autónomo en Internet: RIP y OSF	336
4.5.2.	Rutado entre sistemas autónomos (inter-SA): BGP	342
4.6.	¿Qué hay dentro de un router?	348
4.6.1.	Puertos de entrada	349
4.6.2.	Entramado de conmutación	352
4.6.3.	Puertos de salida	354
4.6.4.	¿Dónde ocurre la puesta en cola?	354
4.7.	IPv6	357
4.7.1.	Formato del datagrama de IPv6	359
4.7.2.	Transición de IPv4 a IPv6	361
4.8.	Rutado de multidifusión	364
4.8.1.	Introducción: la abstracción de multidifusión de Internet y los grupos de multidifusión	365
4.8.2.	IGMP	368
4.8.3.	Rutado de multidifusión: el caso general	372
4.8.4.	Rutado de multidifusión en Internet	377
4.9.	Movilidad y capa de red	381
4.9.1.	Consideraciones sobre la movilidad en el diseño de la capa de red	381
4.9.2.	Gestión de la movilidad	383
4.9.3.	IP móvil	390
4.10.	Resumen	394

Problemas y preguntas de repaso	395
Problemas	397
Preguntas para la discusión	403
Trabajo de programación	404
Entrevista: Vinton G. Cerf	406

Capítulo 5 Capa de enlace y redes de área local 409

5.1. Capa de enlace de datos: introducción y servicios	411
5.1.1. Los servicios proporcionados por la capa de enlace	411
5.1.2. Comunicación entre adaptadores	414
5.2. Técnicas de detección y corrección de errores	415
5.2.1. Comprobaciones de paridad	417
5.2.2. Métodos de comprobación de sumas	418
5.2.3. Comprobación de redundancia cíclica (CRC)	419
5.3. Protocolos de acceso múltiple	421
5.3.1. Protocolos de partición de canal	424
5.3.2. Protocolos de acceso aleatorio	428
5.3.3. Protocolos de toma de turnos	434
5.3.4. Redes de área local (LAN)	436
5.4. Direcciones LAN y ARP	437
5.4.1. Direcciones LAN	438
5.4.2. Protocolo de resolución de direcciones	440
5.5. Ethernet	443
5.5.1. Ethernet básico	444
5.5.2. CSMA/CD: protocolo de acceso al medio de Ethernet	448
5.5.3. Tecnologías Ethernet	451
5.6. Hubs, bridges y switches	455
5.6.1. Hubs	455
5.6.2. Bridges	457
5.6.3. Switches	464
5.7. Enlaces sin cable	468
5.7.1. Redes sin cable: IEEE 802.11b	469
5.7.2. Bluetooth	474
5.8. PPP: El protocolo punto a punto	476
5.8.1. Enmarcamiento de datos PPP	478
5.8.2. Protocolo de control de enlace PPP (LCP), y protocolos de control de red	480
5.9. Modo de transferencia asíncrona (ATM)	482
5.9.1. Características principales de ATM	483
5.9.2. La capa física ATM	484
5.9.3. La capa ATM	486
5.9.4. Capa de adaptación de ATM	487
5.9.5. IP sobre ATM	489
5.10. Frame Relay	492
5.10.1. El contexto histórico	492

5.10.2.	Frame Relay	493
5.11.	Resumen	497
	Problemas y preguntas de repaso	499
	Problemas	500
	Preguntas para la discusión	506
	Entrevista: Robert M. Metcalfe	507
Capítulo 6 Redes multimedia		509
6.1.	Aplicaciones de redes multimedia	510
6.1.1.	Ejemplos de aplicaciones multimedia	510
6.1.2.	Obstáculos para la multimedia en la Internet actual	513
6.1.3.	¿Cómo debería evolucionar internet para un mejor soporte multimedia?	514
6.1.4.	Compresión de audio y vídeo	516
6.2.	Transmisión de audio y vídeo almacenado	518
6.2.1.	Acceso de audio y vídeo a través de un servidor web	520
6.2.2.	Envío de multimedia desde un servidor de transmisión a una aplicación de ayuda	522
6.2.3.	Protocolo de transmisión en tiempo real (RTSP; <i>Real-Time Streaming Protocol</i>)	524
6.3.	Aprovechar al máximo el servicio de mejor esfuerzo: un ejemplo de telefonía Internet	528
6.3.1.	Las limitaciones del servicio de mejor esfuerzo	528
6.3.2.	Eliminación de fluctuaciones en el receptor para el audio	530
6.3.3.	Recuperación de pérdida de paquetes	533
6.3.4.	Transmisión de audio y vídeo almacenado	536
6.4.	Protocolos para aplicaciones interactivas en tiempo real	537
6.4.1.	RTP	537
6.4.2.	Protocolo de control de RTP (RTCP)	541
6.4.3.	SIP	544
6.4.4.	H.323	550
6.5.	Más allá del mejor esfuerzo	551
6.5.1.	Escenario 1: una aplicación audio de 1 Mbps, y una transferencia FTP	552
6.5.2.	Escenario 2: una aplicación audio de 1 Mbps, y una transferencia FTP de alta prioridad	553
6.5.3.	Escenario 3: una aplicación audio de mal comportamiento, y una transferencia FTP	554
6.5.4.	Escenario 4: dos aplicaciones de audio de 1 Mbps sobre un enlace de 1,5 Mbps sobrecargado	555
6.6.	Mecanismos de planificación y vigilancia	557
6.6.1.	Mecanismos de planificación	557

6.6.2.	Vigilancia: la cubeta agujereada	561
6.7.	Servicios integrados	564
6.7.1.	Calidad garantizada de servicio	565
6.7.2.	Servicio de red de carga controlada	566
6.8.	RSVP	566
6.8.1.	La esencia de RSVP	567
6.8.2.	Algunos ejemplos sencillos	569
6.9.	Servicios diferenciados	571
6.9.1.	Servicios diferenciados: un escenario sencillo	572
6.9.2.	Clasificación y acondicionamiento del tráfico	574
6.9.3.	Comportamientos de salto	576
6.9.4.	Críticas a los servicios diferenciados	577
6.10.	Resumen	578
	Problemas y cuestiones de repaso	580
	Problemas	580
	Preguntas para la discusión	584
	Trabajo de programación	584
	Entrevista: Henning Schulzrinne	586

Capítulo 7 Seguridad en las redes de computadores 589

7.1.	¿Qué es la seguridad en la red?	590
7.2.	Principios de la criptografía	593
7.2.1.	Criptografía de clave simétrica	595
7.2.2.	Encriptación de clave pública	600
7.3.	Autenticación	605
7.3.1.	Protocolo de autenticación pa1.0	605
7.3.2.	Protocolo de autenticación pa2.0	606
7.3.3.	Protocolo de autenticación pa3.0	606
7.3.4.	Protocolo de autenticación pa3.1	607
7.3.5.	Protocolo de autenticación pa4.0	608
7.3.6.	Protocolo de autenticación pa5.0	609
7.4.	Integridad	612
7.4.1.	Generación de firmas digitales	613
7.4.2.	Resumir el mensaje	614
7.4.3.	Algoritmos para la función de dispersión	616
7.5.	Distribución de claves y certificación	618
7.5.1.	El centro de distribución de claves	618
7.5.2.	Certificación de clave pública	621
7.6.	Control de acceso: cortafuegos	625
7.6.1.	Filtrado de paquetes	626
7.6.2.	Pasarela de aplicación	628
7.7.	Ataques y contramedidas	630
7.7.1.	Planear	631
7.7.2.	Husmear paquetes	631
7.7.3.	Falsificación	632

7.7.4.	Ataques de denegación de servicio y de denegación de servicio distribuida	633
7.7.5.	Secuestro	634
7.8.	Seguridad capa a capa: casos de estudio	635
7.8.1.	Correo electrónico seguro	636
7.8.2.	Capa de sockets seguros (SSL), y seguridad en la capa de transporte (TLS)	641
7.8.3.	Seguridad en la capa de red: IPsec	645
7.8.4.	Seguridad en IEEE 802.11	649
7.9.	Resumen	651
	Problemas y preguntas	652
	Problemas	653
	Preguntas para la discusión	655
	Entrevista: Steven M. Bellovin	656
 Capítulo 8 Gestión de redes		659
8.1.	¿Qué es la gestión de red?	659
8.2.	Infraestructura para la gestión de red	664
8.3.	El entorno de gestión estándar de Internet	666
8.3.1.	Estructura de la información de gestión: SMI	668
8.3.2.	Base de información de gestión: MIB	671
8.3.3.	Operaciones del protocolo SNMP y correspondencias de transporte	673
8.3.4.	Seguridad y administración	676
8.4.	ASN.1	679
8.5.	Conclusión	684
	Problemas y preguntas de repaso	684
	Problemas	685
	Preguntas para la discusión	686
	Entrevista: Jeh Case	687
 Referencias		689
Índice alfabético		719