

INDICE

Prefacio	XV
1. Introducción	1
1.1. Usos de las Redes de Computadoras	3
1.1.1. redes para compañías	3
1.1.2. redes para la gente	4
1.1.3. Consideraciones sociales	6
1.2. Hardware de Red	7
1.2.1. Redes de área local	9
1.2.2. Redes de área metropolitana	10
1.2.3. Redes de área amplia	11
1.2.4. Redes inalámbricas	13
1.2.5. Interredes	16
1.3. Software de Red	16
1.3.1. Jerarquías de protocolos	17
1.3.2. Consideraciones de diseño para las capas	21
1.3.3. Interfaces y servicios	22
1.3.4. Servicio orientados a conexión y sin conexión	23
1.3.5. Primitivas de servicios	25
1.3.6. La relación entre servicios y protocolos	27
1.4. Modelos de Referencia	28
1.4.1. El modelo de referencia OSI	28
1.4.2. El modelo de referencia TCP/IP	35
1.4.3. Comparación de los modelos de referencia OSI y TCP	38
1.4.4. Una crítica del modelo y los protocolos OSI	40
1.4.5. Una crítica del modelo de referencia TCP/IP	43
1.5. Ejemplos de Redes	44
1.5.1. NetWare de Novell	45
1.5.2. La ARPANET	47
1.5.3. NSFNET	50
1.5.4. La Internet	52
1.5.6. Plataformas de pruebas de gigabits	54
1.6. Ejemplos de Servicios de Comunicación de Datos	56
1.6.1. SMDS – servicio de datos conmutados de multimegabits	57
1.6.2. Redes X.25	59
1.6.3. Frame relay	60
1.6.4. ISDN de banda ancha y ATM	61
1.6.5. Comparación de los servicios	66
1.7. Estandarización de Redes	66
1.7.1. Quién es quién en el mundo de las telecomunicaciones	67
1.7.2. Quién es quién en el mundo de los estándares internacionales	69
1.7.3. Quién es quién en el mundo de los estándares de Internet	70
1.8. Esquema del Resto del Libro	72
1.9. Resumen	73
2. La Capa Física	77
3.1. Bases Teóricas de la Comunicación de Datos	77
2.1.1. Análisis de Fourier	78
2.1.2. Señales limitadas por el ancho de banda	78

2.1.3. la tasa de envío máximo de un canal	81
2.2. Medios de Transmisión	82
2.2.1. Medios magnéticos	82
2.2.2. Par trenzado	83
2.2.3. Cable coaxial de banda base	84
2.2.4. Cable coaxial de banda ancha	85
2.2.5. Fibra óptica	87
2.3. Transmisión Inalámbrica	94
2.3.1. El espectro electromagnético	94
2.3.2. Radiotransmisión	97
2.3.3. Transmisión por microondas	98
2.3.4. Ondas infrarrojas y milimétricas	100
2.3.5. Trasmisión por ondas de luz	100
2.4. El Sistema Telefónico	102
2.4.1. Estructura del sistema telefónica	103
2.4.2. La política de los teléfonos	106
2.4.3. El lazo local	108
2.4.4. Troncales y multiplexión	118
2.4.5. Conmutación	130
2.5. ISDN de Banda Estrecha	139
2.5.1. Servicios ISDN	140
2.5.2. Arquitectura del sistema ISDN	140
2.5.3. La interfaz ISDN	142
2.5.4. Perspectiva de N – ISDN	143
2.6. ISDN de Banda Ancha y ATM	144
2.6.1. Circuitos virtuales y conmutación de circuitos	145
2.6.2. Transmisión de redes ATM	146
2.6.3. Conmutación ATM	147
2.7. Radio Celular	155
2.7.1. Sistemas de aviso	155
2.7.2. teléfonos inalámbricos	157
2.7.3. Teléfonos celulares analógicos	157
2.7.4. Teléfonos celulares digitales	157
2.7.5. Servicios de comunicaciones personales	162
2.8. Satélites de Comunicaciones	163
2.8.1. Satélites geosincrónicos	164
2.8.2. Satélites de órbita baja	167
2.8.3. Satélites y fibra	168
2.9. Resumen	170
3. La Capa de Enlace de Datos	175
3.1. Cuestiones de Diseño de la Capa de Enlace de Datos	176
3.1.1. Servicios proporcionados a la capa de red	176
3.1.2. Enmarcado	179
3.1.3. Control de errores	182
3.1.4. Control de flujo	183
3.2. Detección y Corrección de Errores	183
3.2.1. Códigos de corrección de errores	184
3.2.2. Códigos de detección de errores	186

3.3. Protocolos Elementales de Enlace de Datos	190
3.3.1. Un protocolo símplex sin restricciones	195
3.3.2. Protocolo símplex de parada y espera	195
3.3.3. Protocolo símplex para un canal ruidoso	197
3.4. Protocolo	202
3.4.1. Un protocolo de ventana corrediza de un bit	206
3.4.2. Un protocolo que se usa regresar n	207
3.4.3. Protocolo usando repetición selectiva	213
3.5. Especificación y Verificación de los Protocolos	219
3.5.1. Modelos de máquina de estado finito	219
3.5.2. Modelos de red de Petri	223
3.6. Ejemplos de Protocolos de Enlace de Datos	225
3.6.1. HDLC – Control de enlace de datos de alto nivel	225
3.6.2. La capar de enlace de datos en Internet	229
3.6.3. La capa de enlace e datos en ATM	235
3.7. Resumen	239
4. La Subcapa de Acceso al Medio	243
4.1. El Problema de Reparto del Canal	244
4.1.1. Reparto estático de canal en las Lan y las MAN	244
4.1.2. Reparto dinámico de canales en las LAN y MAN	245
4.2. Protocolos de Acceso Múltiple	246
4.2.1. ALOHA	246
4.2.2. Protocolos de acceso múltiple con detección de portadora	250
4.2.3. Protocolos libre de colisiones	254
4.2.4. Protocolos de contención limitada	256
4.2.5. Protocolos de acceso múltiple de división en longitud de onda	260
4.2.6. Protocolos de LAN inalámbricas	262
4.2.7. Radio celular digital	266
4.3. Estándares IEEE 802 para LAN y MAN	275
4.3.1. Estándar IEEE 802.3 y Ethernet	276
4.3.2. Estándar IEEE 802.4: token bus	287
4.3.3. Estándar IEEE 802.5: token ring	292
4.3.4. Comparación del 802.3, el 802.4 y el 802.5	299
4.3.5. Estándar IEEE 802.6: bus doble de colas distribuidas	301
4.3.6. Estándar IEEE 802.2: Control lógico de enlace	302
4.4. Puentes	304
4.4.1. Puentes de 802.x a 802.y	307
4.4.2. Puentes transparentes	310
4.4.3. Puentes de enrutamiento desde el origen	314
4.4.4. Comparación de los puentes 802	316
4.4.5. Puentes remotos	317
4.5. LAN de Alta Velocidad	318
4.5.1. FDDI	319
4.5.2. Ethernet rápido	322
4.5.3. HIPPI – Interfaz paralela de alto desempeño	325
4.5.4. Canal de fibra	326
4.6. Redes Satelitales	327
4.6.1. Sondeo	328

4.6.2. ALOHA	329
4.6.3. FDM	330
4.6.4. TDM	330
4.6.5. CDMA	333
4.7. Resumen	333
5. La Capa de Red	339
5.1. Temas de Diseño de la Capa de Red	339
5.1.1. Servicios proporcionados a la capa de transporte	340
5.1.2. Organización interna de la capa de red	342
5.1.3. Comparación de las subredes de circuitos virtuales y de datagramas	344
5.2. Algoritmos de Enrutamiento	345
5.2.1. Principio e optimización	347
5.2.2. Enrutamiento por la trayectoria más corta	348
5.2.3. Inundación	351
5.2.4. Enrutamiento basado en flujo	353
5.2.5. Enrutamiento por vector de distancia	355
5.2.6. Enrutamiento por estado de enlace	359
5.2.7. Enrutamiento jerárquico	365
5.2.8. Enrutamiento para hosts móviles	367
5.2.9. Enrutamiento por difusión	370
5.2.10. Enrutamiento por multitransmisión	372
5.3. Algoritmos de Control de Congestionamientos	374
5.3.1. Principios generales del control de congestión	376
5.3.2. Políticas de prevención de congestión	378
5.3.3. Conformación de tráfico	379
5.3.4. Especificaciones de flujo	384
5.3.5. Control de congestión en las subredes de circuitos virtuales	386
5.3.6. Paquetes de estrangulamiento	387
5.3.7. Desprendimiento de carga	390
5.3.8. Control de fluctuación	392
5.3.9. Control de congestión para multitransmisión	393
5.4. Interredes	396
5.4.1. Diferencias entre las redes	399
5.4.2. Circuitos virtuales concatenados	401
5.4.3. Interredes sin conexiones	402
5.4.4. Proceso de túnel	404
5.4.5. Enrutamiento por interred	405
5.4.6. Fragmentación	406
5.4.7. Muros de seguridad	410
5.5. La Capa de Red en Internet	412
5.5.1. El protocolo IP	413
5.5.2. Direcciones IP	416
5.5.3. Subredes	418
5.5.4. Protocolos de control de Internet	419
5.5.5. Protocolo de enrutamiento de pasarela interior: OSPF	424
5.5.6. Protocolo de enrutamiento de pasarela exterior: BGP	429
5.5.7. Multidifusión Internet	431

5.5.8. IP móvil	432
5.5.9. CIDR – Enrutamiento interdominios sin clases	434
5.5.10. IPv6	437
5.6. La Capa de Red en las Redes ATM	449
5.6.1. Formatos de célula	450
5.6.2. Establecimiento de la conexión	452
5.6.3. Enrutamiento y conmutación	455
5.6.4. Categorías de servicios	458
5.6.5. Calidad del servicio	460
5.6.6. Conformación y vigilancia de tráfico	463
5.6.7. Control de congestiones	467
5.6.8. LAN ATM	471
5.7. Resumen	473
6. La Capa de Transporte	479
6.1. El Servicio de Transporte	479
6.1.1. Servicios proporcionados a las capas superiores	479
6.1.2. Calidad del servicio	481
6.1.3. Primitivas de servicio de transporte	483
6.2. Elementos de los Protocolos de Transporte	488
6.2.1. Direccionamiento	489
6.2.2. Establecimiento de una conexión	493
6.2.3. Liberación de una conexión	498
6.2.4. Control de flujo y buffers	502
6.2.5. Multiplexión	506
6.2.6. Recuperación de caídas	508
6.3. Un Protocolo de Transporte Sencillo	510
6.3.1. Las primitivas de servicio de ejemplo	510
6.3.2. La entidad de transporte de ejemplo	512
6.3.3. El ejemplo como máquina de estado finitos	519
6.4. Los Protocolos de Transporte de Internet (TCP y UDP)	521
6.4.1. Modelo de servicio TCP	523
6.4.2. El protocolo TCP	524
6.4.3. La cabecera de segmento TCP	526
6.4.4. Gestión de una conexión TCP	529
6.4.5. Política de transmisión del TCP	533
6.4.6. Control de congestión con TCP	536
6.4.7. Gestión de temporizadores del TCP	539
6.4.8. UDP	542
6.4.9. TCP y UDP inalámbricos	543
6.5. Los Protocolos de Capa ATM AAL	545
6.5.1. Estructura de la capa de adaptación de ATM	546
6.5.2. AAL 1	547
6.5.2. AAL 2	549
6.5.3. AAL 3/4	550
6.5.4. AAL 5	552
6.5.6. Comparación de los protocolos AAL	554
6.5.7. SSCOP – Protocolo de servicio específico orientado a conexiones	555
6.6. Desempeño	555

6.6.1. Problemas de desempeño en las redes de cómputo	556
6.6.2. Medición de desempeño de las redes	559
6.6.3. Diseño de sistemas para un mejor desempeño	561
6.6.4. Procesamiento rápido de las TPDUs	565
6.6.5. Protocolos de redes de gigabits	568
6.7. Resumen	572
7. La Capa de Aplicación	577
7.1. Seguridad de la Red	577
7.1.1. Cifrado tradicional	580
7.1.2. Dos principios criptográficos fundamentales	585
7.1.3. Algoritmos de clave secreta	587
7.1.4. Algoritmos de la clave pública	597
7.1.5. Protocolos de validación de identificación	601
7.1.6. Firmas digitales	613
7.1.7. Aspectos sociales	620
7.2. DNS – Sistema de Nombres de Dominio	622
7.2.1. El espacio de nombres del DNS	622
7.2.2. Registros de recursos	624
7.2.3. Servidores de nombres	628
7.3. SNMP – Protocolo Sencillo de Administración de Redes	630
7.3.1. El modelo SNMP	631
7.3.2. ASN.1 – Notación de sintaxis abstracta 1	633
7.3.3. SMI – Estructura de la información de administración	639
7.3.4. La MIB - Base de información de administración	641
7.3.5. El protocolo SNMP	642
7.4. Correo Electrónico	643
7.4.1. Arquitectura y servicios	645
7.4.2. El agente de usuario	646
7.4.3. Formatos de mensajes	657
7.4.5. Confidencialidad en el correo electrónico	663
7.5. Noticias USENET	669
7.5.1. USENET desde el punto de vista del usuario	670
7.5.2. Implementación de USENET	675
7.6. La World Wide Web	681
7.6.1. El lado del cliente	682
7.6.2. El lado del servidor	685
7.6.3. Escritura de una página de Web en HTML	691
7.6.4. Java	706
7.6.5. Localización de información en la Web	720
7.7. Multimedia	723
7.7.1. Audio	724
7.7.2. Vídeo	727
7.7.3. Compresión de datos	730
7.7.4. Vídeo a solicitud	744
7.7.5. MBone – Backbone de multidifusión	756
7.8. Resumen	760
8. Lista de Lectura y Bibliografía	767
8.1. Sugerencias para lectura adicional	767

8.1.1. Introducción y obras generales	768
8.1.2. La capa física	769
8.1.3. La capa de enlace de datos	770
8.1.4. La subcapa de acceso al medio	770
8.1.5. La capa de red	771
8.1.6. La capa de transporte	772
8.1.7. La capa de aplicación	772
8.2. Bibliografía Alfabética	775
Índice	795