

INDICE

Prólogo	XXI
Prólogo a la edición en Español	XXV
Parte I. Visión General	
Capítulo 1. Introducción	3
1.1. Un modelo para las comunicaciones	4
1.2. Comunicaciones de datos	7
1.3. Comunicación de datos a través de redes	8
Redes de área amplia	8
Redes de área local	11
1.4. Protocolos y Arquitectura de Protocolos	11
Un modelo de tres capas	13
La arquitectura de protocolos TCP/IP	17
El modelo OSI	18
1.5. Normalizaciones	20
Apéndice 1A. Organizaciones de Normalización	21
Normalizaciones en Internet y el IETF	21
La organización Internacional para la normalización (ISO)	23
El sector de normalización de la UIT para las telecomunicaciones	25
El forum ATM	26
Apéndice 1B. Recursos en Internet	26
Páginas Web para este libro	26
Otros sitios Web	26
Grupos de noticias USENET	27
Capítulo 2. Protocolos y arquitectura	29
2.1. Protocolos	30
Características	30
Funciones	32
2.2. OSI	41
El modelo	41
Normalización dentro del modelo de referencia OSI	44
Primitivas de servicio y parámetros	46
Las capas de OSI	47
2.3. Arquitectura de Protocolos TCP/IP	51
La aproximación de TCP/IP	51
La arquitectura de protocolos TCP/IP	52
Funcionamiento de TCP e IP	52
Interfaces de protocolo	54
Las aplicaciones	54
2.4. Lecturas recomendadas	55
2.5. Problemas	56
Parte II. Comunicaciones de Datos	
Capítulo 3. Transmisión de Datos	61
3.1. Conceptos y terminología	62
Terminología utilizadas en transmisión de datos	63
Frecuencia, espectro y ancho de banda	63

3.2. Trasmisión de Datos Analógicos y Digitales	73
Datos	74
Señales	78
Trasmisión	79
3.3. Perturbaciones en la Trasmisión	82
Atenuación	82
Distorsión de retardo	83
Ruido	85
Capacidad del canal	86
3.4. Lecturas Recomendadas	90
3.5. Problemas	91
Apéndice 3A. Análisis de Fourier	93
Desarrollo en serie de Fourier para señales periódicas	93
Transformada de Fourier para señales no periódicas	95
Densidad de potencia espectral y ancho de banda	95
Apéndice 3B. Decibelios y energía de la señal	97
Capítulo 4. Medios de Trasmisión	101
4.1. Medios de Trasmisión guiados	103
Par trenzado	104
Cable coaxial	108
Fibra óptica	109
4.2. Trasmisión Inalámbrica	112
Microondas terrestres	113
Microondas por satélite	115
Ondas de radio	118
Infrarrojos	119
4.3. Lectura y sitios Web recomendados	119
4.4. Problemas	120
Capítulo 5. Codificación de Datos	121
5.1. Datos, Digitales, Señales Digitales	123
No retorno a cero (NRZ, Nonreturn to Zero)	127
Binario multinivel	128
Bifase	129
Velocidad de modulación	130
Técnicas de <<scrambling>>	131
5.2. Datos Digitales, Señales Analógicas	133
Técnicas de codificación	133
Prestaciones	137
5.3. Datos Analógicos, Señales Digitales	139
Modulación por codificación de impulsos	140
Modulación Delta (DM, Delta Modulation)	141
Prestaciones	143
5.4. Datos Analógicos, Señales Analógicas	145
Modulación en amplitud	145
Modulación en ángulo	148
Modulación en amplitud en cuadratura. QAM (Quadrature Amplitude Modulation)	151
5.5. Espectro Expandido (Spread Spectrum)	152

Salto en frecuencia	153
Secuencia directa	154
5.6. Lecturas recomendadas	156
5.7. Problemas	156
Apéndice 5A. Demostración del teorema de muestreo	160
Capítulo 6. La Interfaz en las Comunicaciones de Datos	163
6.1. Transmisión Asíncrona y síncrona	164
Transmisión asíncrona	165
Transmisión síncrona	167
6.2. Configuraciones de la línea	168
Topología	168
Full – Duplex y Semi – Duplex	168
6.3. Interfaces	169
V. 24/EIA – 232 –F	171
La interfaz física de la RDSI	177
6.4. Lecturas Recomendadas	179
6.5. Problemas	179
Capítulo 7. Control del Enlace de Datos	181
7.1. Control del Flujo	183
Control de flujo mediante parada – y - espera	184
Control de flujo mediante ventana deslizante	185
7.2. Detección de Errores	188
Comprobación de paridad	189
Comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check)	189
7.3. Control de Errores	195
ARQ con parada – y – espera	195
ARQ con vuelta – atrás – N	197
ARQ con rechazo selectivo	199
7.4. Control del Enlace de Datos a Alto Nivel (HDLC, HIGH – LEVEL DATA LINK CONTROL)	200
Características básicas	200
Estructura de la trama	201
Funcionamiento	203
7.5. Otros Protocolos para el Control del Enlace de Datos	207
LAPB	207
LAPD	208
Control del enlace lógico (LLC, Logical Link Control)	209
Retransmisión de tramas (Frame Realy)	209
Modo de transferencia asíncrono (Atm, Asynchronous Transfer Mode)	209
7.6. Lecturas Recomendadas	210
7.7. Problemas	210
Apéndice 7A. Análisis de Prestaciones	311
Control de flujo con parada – y – espera	213
Control de flujo con ventanas deslizante	215
ARQ	217
Capítulo 8. Multiplexación	221
8.1. Multiplexación por División en Frecuencias	223
Características	223

Sistemas con portadora analógica	228
8.2. Multiplexación por División en el Tiempo Síncrona	230
Características	230
Control del enlace en TDM	230
Sistemas con portadora digital	234
Interfaz usuario – red en RDSI	236
SONET/SDH	239
Jerarquía de señal	239
8.3. Multiplexación por División en el Tiempo Estadística	242
Características	242
Prestaciones	244
8.4. Línea de Abonado Digital Asimétrica	248
Diseño ADSL	249
Multitono discreto	250
8.5. xDSL	252
Línea de abonado digital de alta velocidad	252
Línea de abonado digital de línea simple	252
Línea a abonado digital de muy alta velocidad (VDSL)	253
8.6. Lecturas y sitios Web recomendados	253
8.7. Problemas	254
Problemas	254
Parte III.	
Redes de Área Amplia	
Capítulo 9. Conmutación de Circuitos	259
9.1. Redes Conmutadas	260
9.2. Redes de conmutación de circuitos	261
9.3. Conceptos de Conmutación de Circuitos	264
Conmutación por división en el espacio	266
Conmutación por división en el tiempo	268
9.4. Encaminamiento en redes de Conmutación de circuitos	270
9.5. Señalización de control	272
Funciones de señalización	272
Localización de la señalización	276
Señalización por canal común	276
Sistema de señalización número 7	280
9.6. Lecturas recomendadas	283
9.7. Problemas	283
Capítulo 10. Conmutación de Paquetes	285
10.1. Principios de Conmutación de Paquetes	287
Técnica de conmutación	288
Tamaño de paquete	289
Comparación de las técnicas de conmutación de circuitos y de paquetes	291
Funcionamiento externo e interno	293
10.2. Encaminamiento	296
Características	296
Estrategias de encaminamiento	299
Ejemplos	304
10.3. X.25	309

Servicio de circuito virtual	310
Formato de paquete	312
Multiplexación	314
Control de flujo y de errores	315
Secuencia de paquetes	316
Reinicio y arranque	317
10.4. Lecturas Recomendadas	317
10.5. Problemas	317
Apéndice 10A. Algoritmos de mínimos coste	321
Algoritmo de Dijkstra	322
Algoritmo de Bellman – Ford	323
Comparación	325
Capítulo 11. Transferencia en Modo Asíncrono y Retransmisión de Tramas	327
11.1. Arquitectura de protocolos	328
11.2. Conexiones Lógicas ATM	329
Uso de canales virtuales	330
Características camino virtual /canal virtual	331
Señalización de control	333
11.3. Celdas ATM	334
Formato de cabecera	334
Control de flujo genérico	335
Control de errores de cabecera	336
11.4. Transmisión de Celdas ATM	338
Capa física basada en celdas	339
Capa física basada en SDH	340
11.5. Clases de servicios ATM	342
Servicios de tiempo real	342
Servicios de no tiempo real	343
11.6. Capa de Adaptación ATM	345
Servicios ALL	345
Protocolos AAL	346
11.7. Retransmisión de Tramas	352
Fundamentos	352
Arquitectura de protocolos en retrasmisión de tramas	354
Transferencia de datos de usuario	355
11.8. Lecturas y sitios Web recomendados	356
11.9. Problemas	357
Capítulo 12. Congestión en Redes de Datos	361
12.1. Efectos de la Congestión	362
Funcionamiento ideal	364
Funcionamiento real	365
12.2. Control de Congestión	367
Contrapresión	367
Paquetes de obstrucción	368
Señalización implícita de congestión	368
Señalización explícita de congestión	369
12.3. Gestión de Tráfico	270

Idoneidad	370
Calidad de servicio	370
Reservas	370
12.4. Control de Congestión en Redes de Conmutación de Paquetes	371
12.5. Gestión de tráfico en ATM	371
Requisitos para el control de tráfico y de congestión en ATM	372
Efectos de latencia/velocidad	372
Variación del retardo de celdas	373
Control de tráfico de congestión	376
Técnicas de gestión de tráfico y de control de congestión	377
12.6. Gestión ABR en ATM	383
Mecanismos de realimentación	384
Flujo de celdas	385
12.7. Control de congestión en retransmisión de tramas	387
Gestión de la tasa de tráfico	388
Prevención de congestión mediante señalización explícita	391
12.8. Lecturas recomendadas	392
12.9. Problemas	393
Parte IV.	
Redes de Áreas Local	
Capítulo 13. Tecnologías LAN	397
13.1. Aplicaciones de redes LAN	399
LAN de computadores personales	399
Redes de respaldo y de almacenamiento	399
Redes ofimáticas de alta velocidad	400
LAN troncales	401
13.2. Arquitectura LAN	401
Arquitectura de protocolos	401
Topologías	403
Control de acceso al medio	407
Control de enlace lógico	409
13.3. Redes LAN en bus	412
Características de la topología en bus	412
Medios de transmisión para redes LAN en bus	412
Cable coaxial de banda base	413
13.4. LAN en anillos	415
Características de las LAN en anillo	415
Fluctuación en la temporización	416
Problemas potenciales en el anillo	417
Arquitectura en estrella – anillo	417
13.5. LAN en estrella	418
LAN en estrella con par trenzado y fibra óptica	418
Centros y conmutadores	419
13.6. Redes LAN Inalámbricas	421
Aplicaciones de LAN inalámbricas	421
Requisitos de las LAN inalámbricas	424
Tecnologías de LAN inalámbricas	425
13.7. Puentes	426

Funciones de los puentes	427
Arquitectura de protocolos de puentes	428
Encaminamiento estático	429
Técnica de árbol de expansión	431
13.8. Lecturas y sitios Web recomendados	433
13.9. Problemas	434
Apéndice 13A. Estándares EIII 802	435
Capítulo 14. Sistemas LAN	437
14.1. Ethernet (CSMA/CD)	438
Control de acceso al medio en IEEE 802.3	438
Control de acceso al medio en IEEE 802.3	438
Especificaciones IEEE 802.3. a 10 Mbps (Ethernet)	443
Especificaciones IEEE 802.3. a 100 Mbps (Fast Ethernet)	445
Gigabyte Ethernet	447
14.2. Anillo con paso de testigo y FDDI	449
Control de acceso al medio en IEEE 802.5.	455
Control de acceso al medio FDDI	455
Especificaciones de la capa física en FDDI	461
14.3. Redes LAN ATM	461
14.4. Canal de fibra óptica	464
Elementos del canal de fibra	465
Arquitectura de protocolos del canal de fibra	466
14.5. LAN inalámbricas	467
14.6. Lectura y sitios Web recomendados	472
14.7. Problemas	473
Apéndice 14.A. Codificación de señales digitales para redes LAN	474
4B/5B - NRZI	475
MLT - 3	477
8B6T	478
8B/10B	479
Apéndice 14B. Análisis de prestaciones	480
Parte V.	
Protocolos de Interconexión	
Capítulo 15. Protocolos de Interconexión de Redes	489
15.1. Principios de la interconexión entre redes	492
Requisitos	492
Enfoque sobre la arquitectura	493
15.2. Interconexión entre redes sin conexión	494
Funcionamiento de un esquema de interconexión no orientado a conexión	494
Cuestionario de diseño	497
15.3. El protocolo Internet	501
Servicios IP	501
Protocolo IP	503
Direcciones IP	504
Protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP)	507
15.4. IPv6	510
IP de nueva generación	510
Estructura IPv6	511

Cabecera IPv6	513
Direcciones IPv6	516
Cabecera de opciones salto – a – salto	516
Cabecera de fragmentación	518
Cabecera de encaminamiento	518
Cabecera de opciones para el destino	519
15.5. Multidifusión	519
Requisitos para la multidifusión	521
Protocolo de gestión de grupos de Internet (IGMP)	523
15.6. Lecturas recomendadas y páginas Web	525
15.7. Problemas	525
Capítulo 16. Funcionamiento de la Interconexión de Redes	529
16.1. Protocolos de Encaminamiento	531
Sistemas autónomos	531
Protocolo de pasarela frontera	533
Protocolo abierto del primer camino más corto (OSPF, Open Shortest Path First)	538
16.2. Arquitectura de servicio integrados	541
Tráfico en Internet	543
Enfoque ISA	544
Componentes ISA	545
Servicios ISA	547
Disciplinas de atención en cola	549
16.3. Reserva de Recursos: RSVP	550
Características y metas de RSVP	551
Flujos de datos	553
Funcionamiento de RSVP	554
Mecanismos del protocolo RSVP	555
16.4. Servicios diferenciales (DS)	556
Servicios	556
Octetos DS	558
Configuración y funcionamiento de los DS	560
16.5. Lecturas recomendadas y Páginas Web	562
16.6. Problemas	563
Capítulo 17. Protocolos de Transporte	565
17.1. Mecanismos del Protocolo de la Capa de Transporte Orientado a Conexión	566
Servicios de red de secuenciamiento seguro	567
Servicios de red no seguros	574
17.2. TCP	583
Servicios TCP	583
Formato de la cabecera TCP	584
Mecanismos TCP	587
Opciones en los criterios de implementación de TCP	588
17.3. Control de la congestión en TCP	591
Gestión de los temporizadores de retransmisión	591
Gestión de la ventana	597
17.4. UDP	599
17.5. Lecturas recomendadas	600

17.6. Problemas	600
Capítulo 18. Seguridad en Redes	605
18.1. Requisitos y amenazas a la seguridad	607
Ataques pasivos	607
Ataques activos	608
18.2. Privacidad con cifrado convencional	608
Cifrado convencional	608
Algoritmo de cifrado	610
Localización de los dispositivos de cifrado	613
Distribución de claves	614
Relleno de tráfico	616
18.3. Autenticación de Mensajes y Funciones de Dispersión (<<hash>>)	616
Técnicas de autenticación de mensajes	616
Funciones de dispersión seguras	620
La función de dispersión segura SHA - 1	621
18.4. Cifrado de clave pública y firmas digitales	624
Cifrado de clave pública	624
Firmas digitales	626
El algoritmo de cifrado de clave pública RSA	626
Gestión de claves	628
18.5. Seguridad con IPv4 e IPv6	629
Aplicaciones de IPSec	630
El ámbito de IPSec	630
Asociaciones de seguridad	631
Modos de transporte y modos túnel	632
Cabecera de autenticación	633
Encapsulado de seguridad de la carga útil	634
Gestión de claves	635
18.6. Lecturas recomendadas y páginas Web	636
18.7. Problemas	636
Capítulo 19. Aplicaciones Distribuidas	639
19.1. Notación Sintáctica Abstracta uno (ASN.1)	640
Sintaxis abstracta	641
Conceptos de ASN.1	643
19.2. Gestión de red – SMMP	653
Sistemas de gestión de red	653
Protocolo simple de gestión de red versión 2 (SNMPv2)	655
Protocolo sencillo de gestión de red versión 3 (SNMPv3)	660
19.3. Correo Electrónico – SMTP y MIME	661
Protocolo sencillo de transferencia de correo (SMTP)	661
Ampliación de correo Internet multiobjetivo (MIME)	667
19.4. Protocolo de Transferencia de Hipertextos (HTTP)	674
Descripción general de http	676
Mensajes	678
Mensajes de petición	682
Mensajes de respuesta	684
Entidades	686

19.5. Lecturas recomendadas y páginas Web	687
19.6. Problemas	687
Apéndice A. RDSI y RDSI de banda ancha	691
A.1. Visión general de la RDSI	693
Concepto de RDSI	693
Arquitectura	696
Normalizaciones	697
A.2. Canales RDSI	698
A.3. Acceso del usuario	701
A.4. Protocolo RDSI	703
Arquitectura del protocolo RDSI	703
Conexiones RDSI	704
Señalización de canal común en la interfaz red – usuario RDSI	708
Protocolo de la capa de enlace: LAPD	711
A.5. RDSI de banda ancha	714
Arquitectura recomendada	717
A.6. Lecturas recomendadas	717
A.7. Problemas	717
Apéndice B. RFCs citados en este libro	719
Apéndice C. Proyectos para enseñanza de comunicaciones de datos y computadores	
C.1. Proyectos de simulación	721
C.2. Modelado de prestaciones	722
C.3. Proyectos de investigación	722
C.4. Asignación de lecturas /informes	723
Glosario	725
Bibliografía	735
Índice	741