

INDICE

1. Introducción	
1.1. Usos de Redes de Ordenadores	3
1.1.1. Objetivos de las redes	3
1.1.2. Aplicaciones de las redes	5
1.2. Estructura de Red	7
1.3. Arquitectura de Redes	11
1.3.1. Jerarquías de los prototipos	11
1.3.2. Problemas de diseño para las capas	14
1.4. Modelo de Referencia OSI	16
1.4.1. Capa física	17
1.4.2. Capa de enlace	18
1.4.3. Capa de red	19
1.4.4. Capa de transporte	19
1.4.5. Capa de sesión	20
1.4.6. Capa de presentación	21
1.4.7. Capa de aplicación	22
1.4.8. Transmisión de datos en el modelo OSI	22
1.5. Servicios	24
1.5.1. Terminología OSI	24
1.5.2. Servicios, orientados a conexión y sin conexión	25
1.5.3. Primitiva de servicio	27
1.5.4. Relación entre servicios y protocolos	30
1.6. Normalización de Redes	31
1.6.1. Quién es quién en el mundo de las telecomunicaciones	32
1.6.2. Quién es quién en el mundo de las normas	33
1.6.3. Estudio de la normalización del modelo OSI	35
1.7. Ejemplos de Redes	37
1.7.1. Redes públicas	37
1.7.2. ARPANET	39
1.7.3. MAP y TOP	42
1.7.4. USENET	46
1.7.5. CSNET	48
1.7.6. BITNET	49
1.7.7. SNA	50
1.8. Bosquejo del Resto del Libro	54
1.9. Resumen	56
2. La Capa Física	60
2.1. Bases Teóricas para la Comunicación de Datos	60
2.1.2. Análisis de Fourier	60
2.1.3. Máxima capacidad de transferencia de datos de un canal	63
2.2. Medios de Transmisión	65
2.2.1. Medio magnético	66
2.2.2. Par trenzado	66
2.2.3. Cable coaxial de banda base	67
2.2.4. Cable coaxial de banda ancha	69
2.2.5. Fibras ópticas	72
2.2.6. Transmisión por trayectoria óptica	75

2.2.7. Comunicación por satélites	77
2.3. Transmisión Analógica	81
2.3.1. Sistema telefónico	81
2.3.2. Modems	84
2.3.3. RS – 232 – C y RS - 449	88
2.4. Transmisión Digital	91
2.4.1. Modulación por impulsos codificados	92
2.4.2. Sistemas de codificación	94
2.4.3. Interfase digital X.21	95
2.5. Transmisión y Conmutación	98
2.5.1. Multiplexión por división de frecuencia y división en el tiempo	98
2.5.2. Conmutación de circuitos	100
2.5.3. Conmutación de paquetes	103
2.5.4. Conmutación híbrida	104
2.6. ISDN – Red Digital de Servicios Integrados	104
2.6.1. Servicios ISDN	106
2.6.3. Arquitectura del sistema ISDN	111
2.6.4. La PBX digital	115
2.6.5. La interfase ISDN	119
2.6.6. Señalización ISDN – SS # 7	125
2.7. Gestión de Terminal	128
2.7.1. Sondeo	128
2.7.2. Multiplexión contra concentración	131
2.8. Resumen	132
3. La Subcapa de Acceso al Medio	136
3.1. Redes de Área Local y Metropolitana	136
3.1.1. Asignación estática de canal en LAN y MAN	138
3.1.2. Asignación dinámica de canal en LAN y MAN	140
3.2. Protocolos ALOHA	141
3.2.1. ALOHA puro y ALOHA ranurado	142
3.2.2. ALOHA de población finita	146
3.3. Protocolos de Red de Área Local	149
3.3.1. CSMA persistente y no persistente	149
3.3.2. CSMA con detección de colisión	151
3.3.3. Protocolos sin colisión	153
3.3.4. BRAP – Reconocimiento de difusión con prioridades alternas	154
3.3.5. MLMA – Protocolo multi – acceso de multinivel	155
3.3.6. Cuenta atrás binario	158
3.3.7. Protocolo de contienda limitada	158
3.3.8. Protocolo de recorrido adaptativo de un árbol	160
3.3.9. Protocolo de la urna	162
3.4. Norma IEEE 802 para Redes de Área Local	166
3.4.1. Norma IEEE 802.3 y Ethernet	166
3.4.2. Norma IEEE 802.4: Paso de testigo en bus	175
3.4.3. Norma IEEE 802.5: Paso de testigo en anillo	181
3.4.4. Comparación de redes de área local	192
3.5. Redes de Fibras Ópticas	196
3.5.1. FDDI	196

3.5.2. Fibernet II	200
3.5.3. S/NET	201
3.5.4. FASNET y EXPRESSNET	202
3.5.5. DATAKIT	205
3.6. Redes de Satélites	207
3.6.1. SPADE	208
3.6.2. Nueva visita a ALOHA	209
3.6.3. ALOHA de reserva	212
3.7. Redes de Paquetes por Radio	215
3.7.1. El sistema ALOHA de la Universidad de Hawaii	216
3.7.2. Enfoques problemas de diseño para redes de paquetes por radio	218
3.8. Ejemplos de la Subcapa MAC	224
3.8.1. Subcapa MAC en redes públicas	224
3.8.2. Subcapa MAC en ARPANET	224
3.8.3. Subcapa MAC en MAP y TOP	225
3.8.4. Subcapa MAC en USENET	225
3.9. Resumen	225
4. La Capa de Enlace	232
4.1. Problemas de Diseño de la Capa Enlace	233
4.1.1. Servicios suministrados a la capa de red	233
4.1.2. Entramado	236
4.1.3. Control de error	239
4.1.4. Control de flujo	240
4.1.5. Gestión de enlace	241
4.2. Detección y Corrección de Errores	242
4.2.1. Códigos correctores de errores	243
4.2.2. Códigos detectores de error	246
4.3. Protocolos Elementales de Enlace	250
4.3.1. Protocolo unilateral no restringido	225
4.3.2. Protocolo unilateral de parada y espera	255
4.3.3. Protocolo unilateral para un canal ruidoso	259
4.4. Protocolos de Ventana Deslizante	262
4.4.1. Protocolo de ventana deslizante de un bit	265
4.4.2. Protocolo que utiliza repetición no selectiva	268
4.4.3. Protocolo que emplea repetición selectiva	275
4.5. Rendimiento del Protocolo	280
4.5.1. Rendimiento del protocolo de parada y espera	281
4.5.2. Rendimiento del protocolo de ventana deslizante	284
4.6. Especificación y Verificación de Protocolos	287
4.6.1. Modelos de máquinas de estado finito	287
4.6.2. Lenguaje Estelle de especificación de protocolos	294
4.6.3. Modelos de redes de Petri	295
4.7. Ejemplos de la Capa de Enlace	297
4.7.1. Capa de enlace en redes públicas	298
4.7.2. Capa de enlace en ARPANET	301
4.7.3. Capa de enlace en MAP y TOP	307
4.7.4. Capa de enlace en USENET	310
4.8. Resumen	313

5. La Capa de Red	317
5.1. Problemas de Diseño de la Capa de Red	317
5.1.1. Servicios proporcionados a la capa de transporte	318
5.1.2. Organización interna de la capa de red	327
5.1.3. Encaminamiento	333
5.1.4. Congestión	335
5.1.5. Interconexión de redes	337
5.2. Algoritmos de Encadenamiento	338
5.2.1. Encadenamiento por el camino más corto	338
5.2.2. Encadenamiento de trayectoria múltiple	338
5.2.3. Encadenamiento centralizado	344
5.2.4. Encadenamiento aislado	346
5.2.5. Inundación	349
5.2.6. Encadenamiento distribuido	350
5.2.7. Encadenamiento óptimo	352
5.2.8. Encadenamiento jerárquico	357
5.2.10. Encadenamiento por difusión	359
5.3. Algoritmos de Control de la Congestión	361
5.3.1. Preasignación de tampones	361
5.3.2. Descarte de paquetes	363
5.3.3. Control isarítmico de la congestión	365
5.3.4. Control de flujo	366
5.3.5. Paquetes reguladores	367
5.3.6. Bloqueos	368
5.4. Interconexión de Redes	374
5.4.1. OSI e interconexión de redes	376
5.4.2. Puentes	380
5.4.3. Pasarelas	395
5.4.4. Comparación de pasarelas orientadas a conexión y sin conexión	404
5.4.5. Software de pasarelas y puentes	405
5.5. Ejemplos de la Capa de Red	409
5.5.1. Capa de red en redes públicas	409
5.5.2. Capa de red en ARPANET (IP)	419
5.5.3. Capa de red en MAP y TOP	423
5.5.4. Capa de red en USENET	424
5.6. Resumen	427
6. La Capa de Transporte	432
6.1. Aspectos de Diseño de la Capa de Transporte	433
6.1.1. Servicios suministrados a la capa de sesión	433
6.1.2. Calidad de servicio	435
6.1.3. Primitivas del servicio de transporte OSI	438
6.1.4. Protocolos de transporte	443
6.1.5. Elementos de protocolos de transporte	448
6.2. Administración de Conexión	452
6.2.1. Direccionamiento	452
6.2.2. Establecimiento de conexión	456
6.2.3. Liberación de conexión	462
6.2.4. Administración de conexión basada en un temporizador	467

6.2.5. Control de flujo y almacenamiento temporal	470
6.2.6. Multiplexión	475
6.2.7. Recuperación ante caídas	477
6.3. Protocolo de Transporte Sencillo Sobre X.25	479
6.3.1. Ejemplo de primitivas de servicio	479
6.3.2. Ejemplo de entidad de transporte	481
6.3.3. El ejemplos como una máquina de estados finitos	489
6.4. Ejemplos de Capa de Transporte	492
6.4.1. Capa de transporte en redes públicas	492
6.4.2. Capa de transporte en ARPANET (TCP)	500
6.4.3. Capa de transporte en MAP y TOP	507
6.4.4. Capa de transporte en USENET	508
6.5. Resumen	508
7. La Capa de Sesión	512
7.1. Aspectos de Diseño de la Capa de Sesión	513
7.1.1. Servicios suministrados a la capa de presentación	513
7.1.2. Intercambio de datos	515
7.1.3. Administración del diálogo	517
7.1.4. Sincronización	518
7.1.5. Administración de actividades	521
7.1.6. Notificación de excepciones	524
7.1.7. Primitivas del servicio de sesión OSI	525
7.2. Llamada de Procedimientos Remotos	529
7.2.1. Modelo cliente – servidor	529
7.2.2. Realización de llamadas de procedimientos remotos	531
7.2.3. Semántica de las llamadas de procedimientos remoto	535
7.2.4. Huérfanos	538
7.2.5. Discusión de RPC	540
7.3. Ejemplos de la Capa de Sesión	541
7.3.1. Capa de sesión en redes públicas	541
7.3.2. Capa de sesión en ARPANET	545
7.3.3. Capa de sesión en MAP y TOP	545
7.3.4. Capa de sesión en USENET	546
7.4. Resumen	546
8. La Capa de Presentación	548
8.1. Diseño de Aspectos de la Capa de Presentación	549
8.1.1. Representación de datos	549
8.1.2. Compresión de datos	550
8.1.3. Seguridad y confidencialidad en las redes	551
8.1.4. Primitivas del servicio de presentación OSI	552
8.2. Notación de Sintaxis Abstracta 1 (ASN.1)	554
8.2.1. Estructuras de datos	555
8.2.2. Sintaxis abstracta	559
8.2.3. Sintaxis de transferencia	567
8.3. Técnicas de Compresión de Datos	571
8.3.1. Codificación de un conjunto finito de símbolos igualmente probados	571
8.3.2. Codificación dependiente de la frecuencia	572

8.3.3. Codificación dependiente del contexto	593
8.4. CRIPTOGRAFIA	557
8.4.1. Criptografía tradicional	577
8.4.2. La norma de cifrado de datos	586
8.4.3. El problema de distribución de la clave	593
8.4.4. Criptografía de clave pública	596
8.4.5. Autenticación y firmas digitales	600
8.5. Ejemplos de la Capa de Presentación	606
8.5.1. Capa de presentación en redes públicas	606
8.5.2. Capa de presentación en ARPANET	608
8.5.3. Capa de presentación en MAP y TOP	609
8.5.4. Capa de presentación en USENET	609
8.6. Resumen	609
9. La Capa de Aplicación	614
9.1. Aspectos de Diseño de la Capa de Aplicación	614
9.1.1. Administración, acceso y transferencia de archivos	614
9.1.2. Correo electrónico	616
9.1.3. Terminales virtuales	617
9.1.4. Otras aplicaciones	618
9.1.5. Elementos del servicio OSI – ACSE y CCR	619
9.2. Administración, Acceso y Transferencia de Archivos	622
9.2.1. Servidores de archivos	622
9.2.2. Control de concurrencia	626
9.2.3. Archivos replicados	629
9.2.4. Aspectos de implementación	631
9.3. Correo Electrónico	636
9.3.1. Arquitectura y servicios del MOTIS y X.400	636
9.3.2. El agente de usuario	641
9.3.3. El agente de transferencia de mensajes	646
9.4. Terminales Virtuales	650
9.4.1. Terminales del modo deslizamiento	650
9.4.2. Terminales del modo página	654
9.4.3. Terminales del modo formulario	656
9.5. Otras Aplicaciones	662
9.5.1. Servicio de directorio	662
9.5.2. Transferencia y administración de trabajos	665
9.5.3. Almacenamiento y transferencia de imágenes	666
9.5.4. Teletexto y videotex	668
9.6. Ejemplos de la Capa de Aplicación	670
9.6.1. Capa de aplicación en redes públicas	671
9.6.2. Capa de aplicación en ARPANET	683
9.6.3. Capa de aplicación en MAP y TOP	690
9.6.4. Capa de aplicación en USENET	696
9.7. Resumen	703
10. Lista de Lecturas y Bibliografía	707
10.1. Sugerencias de Otras Lecturas	707
10.1.1. Introducción y trabajos generales	708
10.1.2. Capa física	709

10.1.3. Subcapa de control de acceso al medio	710
10.1.4. Capa de enlace	710
10.1.5. Capa de red	711
10.1.6. Capa de transporte	712
10.1.7. Capa de sesión	713
10.1.8. Capa de presentación	713
10.1.9. Capa de aplicación	714
10.2. Bibliografía en orden Alfabético	715
A. Apéndice: Teoría de Colas	731
Índice	743