



CONTENIDO

PRÓLOGO	XIII
Objetivos y audiencia	XIII
Organización del libro	XIV
Referencias	XIV
Cambios en esta edición	XV
Reconocimientos	XV
Sitio web	XVI
1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS	1
1.1. Introducción	2
1.2. Ejemplos de sistemas distribuidos	3
1.2.1. Internet	3
1.2.2. Intranets	4
1.2.3. Computación móvil y ubicua	5
1.3. Recursos compartidos y Web	7
1.3.1. El World Wide Web	8
1.4. Desafíos	15
1.4.1. Heterogeneidad	15
1.4.2. Extensibilidad	17
1.4.3. Seguridad	18
1.4.4. Escalabilidad	19
1.4.5. Tratamiento de fallos	20
1.4.6. Concurrencia	21
1.4.7. Transparencia	22
1.5. Resumen	24
Ejercicios	25
2. MODELOS DE SISTEMA	27
2.1. Introducción	28
2.2. Modelos arquitectónicos	28
2.2.1. Capas de software	29
2.2.2. Arquitecturas de sistema	31
2.2.3. Variaciones en el modelo de cliente-servidor	34

2.2.4.	Interfaces y objetos.....	40
2.2.5.	Requisitos de diseño para arquitecturas distribuidas.....	41
2.3.	Modelos fundamentales.....	44
2.3.1.	Modelo de interacción.....	45
2.3.2.	Modelo de fallo.....	50
2.3.3.	Modelo de seguridad.....	54
2.4.	Resumen.....	58
	Ejercicios.....	59
3.	REDES E INTERCONEXIÓN DE REDES.....	61
3.1.	Introducción.....	62
3.1.1.	Las redes y los sistemas distribuidos.....	62
3.2.	Tipos de redes.....	65
3.3.	Fundamentos de redes.....	69
3.3.1.	Transmisión de paquetes.....	69
3.3.2.	Flujos de datos.....	69
3.3.3.	Esquemas de conmutación.....	70
3.3.4.	Protocolos.....	71
3.3.5.	Encaminamiento.....	77
3.3.6.	Control de la congestión.....	80
3.3.7.	Interconexión de redes.....	81
3.4.	Protocolos Internet.....	84
3.4.1.	Direccionamiento IP.....	86
3.4.2.	El protocolo IP.....	89
3.4.3.	Encaminamiento IP.....	90
3.4.4.	IP versión 6.....	93
3.4.5.	IP móvil.....	96
3.4.6.	TCP y UDP.....	97
3.4.7.	Nombres de dominio.....	100
3.4.8.	Cortafuegos.....	100
3.5.	Casos de estudio: Ethernet, LAN inalámbrica y ATM.....	104
3.5.1.	Ethernet.....	105
3.5.2.	LAN inalámbrica IEEE 802.11.....	109
3.5.3.	Redes de modo de transferencia asíncrono.....	112
3.6.	Resumen.....	114
	Ejercicios.....	115
4.	COMUNICACIÓN ENTRE PROCESOS.....	117
4.1.	Introducción.....	118
4.2.	API para los protocolos de Internet.....	119
4.2.1.	Las características de la comunicación entre procesos.....	119
4.2.2.	Sockets.....	121
4.2.3.	Comunicación de datagramas UDP.....	122
4.2.4.	Comunicación de streams TCP.....	125
4.3.	Representación externa de datos y empaquetado.....	128
4.3.1.	Representación común de datos de CORBA (CDR).....	130
4.3.2.	Serialización de objetos en Java.....	132
4.3.3.	Referencias objetos remotos.....	134
4.4.	Comunicación cliente-servidor.....	135
4.5.	Comunicación en grupo.....	143
4.5.1.	Multidifusión IP. Una implementación de la comunicación en grupo.....	144
4.5.2.	Fiabilidad y orden en multidifusión.....	146
4.6.	Caso de estudio: comunicación entre procesos en UNIX.....	147
4.6.1.	Comunicación de datagramas.....	148

4.6.2. Comunicación con streams	149
4.7. Resumen	150
Ejercicios	151
5. OBJETOS DISTRIBUIDOS E INVOCACIÓN REMOTA	155
5.1. Introducción	156
5.1.1. Interfaces	157
5.2. Comunicación entre objetos distribuidos	159
5.2.1. El modelo de objetos	159
5.2.2. Objetos distribuidos	161
5.2.3. El modelo de objetos distribuido	161
5.2.4. Cuestiones de diseño para RMI	163
5.2.5. Implementación de RMI	166
5.2.6. Compactación automática de memoria	171
5.3. Llamada a un procedimiento remoto	172
5.3.1. Caso de estudio Sun RPC	173
5.4. Eventos y notificaciones	175
5.4.1. Los participantes en una notificación de eventos distribuida	178
5.4.2. Especificación de eventos distribuidos de Jini	180
5.5. El caso de estudio Java RMI	182
5.5.1. Construcción de programas clientes y servidores	184
5.5.2. Diseño e implementación de Java RMI	188
5.6. Resumen	189
Ejercicios	190
6. SOPORTE DEL SISTEMA OPERATIVO	193
6.1. Introducción	194
6.2. El nivel de sistema operativo	195
6.3. Protección	198
6.4. Procesos e hilos	199
6.4.1. Espacios de direcciones	200
6.4.2. Creación de un proceso nuevo	202
6.4.3. Hilos	205
6.5. Comunicación e invocación	216
6.5.1. Prestaciones de la invocación	217
6.5.2. Operación asíncrona	224
6.6. Arquitectura del sistema operativo	226
6.7. Resumen	230
Ejercicios	231
7. SEGURIDAD	235
7.1. Introducción	236
7.1.1. Amenazas y ataques	238
7.1.2. Seguridad de las transacciones electrónicas	240
7.1.3. Diseño de sistemas seguros	242
7.2. Visión general de las técnicas de seguridad	244
7.2.1. Criptografía	244
7.2.2. Usos de la criptografía	245
7.2.3. Certificados	248
7.2.4. Control de acceso	250
7.2.5. Credenciales	252
7.2.6. Cortafuegos	254
7.3. Algoritmos criptográficos	254

7.3.1.	Algoritmos de clave secreta (simétricos).....	258
7.3.2.	Algoritmos de clave pública (asimétricos).....	261
7.3.3.	Protocolos criptográficos híbridos.....	264
7.4.	Firmas digitales.....	264
7.4.1.	Firmas digitales con claves públicas.....	265
7.4.2.	Firmas digitales con claves secretas, MAC.....	266
7.4.3.	Funciones de resumen seguro.....	268
7.4.4.	Estándares de certificación y autoridades de certificación.....	269
7.5.	Práctica de la criptografía.....	270
7.5.1.	Prestaciones de los algoritmos criptográficos.....	271
7.5.2.	Aplicaciones de la criptografía y obstáculos políticos.....	271
7.6.	Casos de estudio: Needham-Schroeder, Kerberos, SSL y Millicent.....	273
7.6.1.	El protocolo de autenticación de Needham y Schroeder.....	273
7.6.2.	Kerberos.....	275
7.6.3.	Seguridad de transacciones electrónicas con Sockets seguros.....	280
7.6.4.	Transacciones electrónicas de pequeño importe: el protocolo Millicent.....	284
7.7.	Resumen.....	287
	Ejercicios.....	288
8.	SISTEMAS DE ARCHIVOS DISTRIBUIDOS.....	291
8.1.	Introducción.....	292
8.1.1.	Características de los sistemas de archivos.....	294
8.1.2.	Requisitos del sistema de archivos distribuidos.....	296
8.1.3.	Casos de estudio.....	298
8.2.	Arquitectura del servicio de archivos.....	300
8.3.	Sistema de archivos en red de Sun (NFS).....	305
8.4.	Sistema de archivos Andrew.....	316
8.4.1.	Implementación.....	318
8.4.2.	Consistencia de la caché.....	321
8.4.3.	Otros aspectos.....	324
8.5.	Avances recientes.....	325
8.6.	Resumen.....	331
	Ejercicios.....	332
9.	SERVICIOS DE NOMBRES.....	335
9.1.	Introducción.....	336
9.1.1.	Nombres, direcciones y otros atributos.....	336
9.2.	Servicios de nombres y el sistema de nombres de dominio.....	339
9.2.1.	Espacios de nombres.....	340
9.2.2.	Resolución de nombres.....	343
9.2.3.	El sistema de nombres de dominio.....	346
9.3.	Servicios de directorio y descubrimiento.....	352
9.4.	Estudio del caso del servicio de nombres global.....	356
9.5.	Estudio del caso del servicio de directorio X.500.....	359
9.6.	Resumen.....	363
	Ejercicios.....	364
10.	TIEMPO Y ESTADOS GLOBALES.....	367
10.1.	Introducción.....	368
10.2.	Relojes eventos y estados de proceso.....	369
10.3.	Sincronización de relojes físicos.....	371
10.3.1.	Sincronización en un sistema síncrono.....	372
10.3.2.	Método de Cristian para sincronizar relojes.....	373

10.3.3.	El algoritmo de Berkeley.....	374
10.3.4.	El protocolo del tiempo de red.....	375
10.4.	Tiempo lógico y relojes lógicos.....	377
10.5.	Estados globales.....	381
10.5.1.	Estados globales y cortes consistentes.....	382
10.5.2.	Predicados de estado global, estabilidad, seguridad y vitalidad.....	384
10.5.3.	El algoritmo de <i>instantánea</i> de Chandy y Lamport.....	385
10.6.	Depuración distribuida.....	389
10.6.1.	Observación de estados globales consistentes.....	390
10.6.2.	Evaluando <i>posiblemente</i> ϕ	392
10.6.3.	Evaluando sin duda alguna ϕ	393
10.6.4.	Evaluando <i>definitivamente</i> ϕ y <i>sin duda alguna</i> ϕ en sistemas síncronos.....	394
10.7.	Resumen.....	395
	Ejercicios.....	395
11.	COORDINACIÓN Y ACUERDO.....	399
11.1.	Introducción.....	400
11.1.1.	Suposiciones sobre fallos y detectores de fallos.....	401
11.2.	Exclusión mutua distribuida.....	403
11.2.1.	Algoritmos para la exclusión mutua.....	404
11.3.	Elecciones.....	411
11.4.	Comunicación por multidifusión.....	415
11.4.1.	Multidifusión básica.....	417
11.4.2.	Multidifusión fiable.....	417
11.4.3.	Multidifusión ordenada.....	421
11.5.	Consenso y sus problemas relacionados.....	428
11.5.1.	Definición del modelo del sistema y del problema.....	429
11.5.2.	Consenso en un sistema síncrono.....	432
11.5.3.	El problema de los generales bizantinos en un sistema síncrono.....	433
11.5.4.	Imposibilidad en sistemas asíncronos.....	436
11.6.	Resumen.....	439
	Ejercicios.....	439
12.	TRANSACCIONES Y CONTROL DE CONCURRENCIA.....	443
12.1.	Introducción.....	444
12.1.1.	Sincronización sencilla (sin transacciones).....	444
12.1.2.	Modelo de fallos para transacciones.....	446
12.2.	Transacciones.....	447
12.2.1.	Control de concurrencia.....	451
12.2.2.	Recuperabilidad de transacciones abortadas.....	455
12.3.	Transacciones anidadas.....	457
12.4.	Bloqueos.....	459
12.4.1.	Bloqueos indefinidos.....	466
12.4.2.	Incrementando la concurrencia en esquemas de bloqueo.....	469
12.5.	Control optimista de la concurrencia.....	472
12.6.	Ordenación por marcas de tiempo.....	476
12.7.	Comparación de métodos para el control de concurrencia.....	483
12.8.	Resumen.....	484
	Ejercicios.....	485
13.	TRANSACCIONES DISTRIBUIDAS.....	491
13.1.	Introducción.....	492
13.2.	Transacciones distribuidas planas y anidadas.....	492

13.2.1.	El coordinador de una transacción distribuida.....	493
13.3.	Protocolos de consumación atómica.....	495
13.3.1.	El protocolo de consumación en dos fases.....	496
13.3.2.	Protocolo de consumación en dos fases para transacciones anidadas.....	499
13.4.	Control de concurrencia en transacciones distribuidas.....	503
13.4.1.	Bloqueo.....	503
13.4.2.	Control de concurrencia con ordenación de marcas temporales.....	504
13.4.3.	Control de concurrencia optimista.....	505
13.5.	Interbloques distribuidos.....	506
13.6.	Recuperación de transacciones.....	513
13.6.1.	Registro histórico.....	515
13.6.2.	Versiones sombra.....	518
13.6.3.	La necesidad de entradas del estado de la transacción y lista de intenciones en un archivo de recuperación.....	519
13.6.4.	Recuperación del protocolo de consumación en dos fases.....	520
13.7.	Resumen.....	523
	Ejercicios.....	524
14.	REPLICACIÓN.....	527
14.1.	Introducción.....	528
14.2.	Modelo de sistema y comunicación en grupo.....	530
14.2.1.	Modelo del sistema.....	530
14.2.2.	Comunicación en grupo.....	533
14.3.	Servicios tolerantes a fallos.....	538
14.3.1.	Replicación pasiva (primario-respaldo).....	541
14.3.2.	Replicación activa.....	543
14.4.	Servicios con alta disponibilidad.....	545
14.4.1.	La arquitectura cotilla.....	545
14.4.2.	El sistema Bayou y la aproximación de la transformación operacional.....	554
14.4.3.	El sistema de archivos Coda.....	556
14.5.	Transacciones con datos replicados.....	563
14.5.1.	Arquitecturas para transacciones replicadas.....	564
14.5.2.	Replicación de copias disponibles.....	566
14.5.3.	Particiones en la red.....	568
14.5.4.	Copias disponibles con validación.....	569
14.5.5.	Métodos de consenso con quórum.....	570
14.5.6.	El algoritmo de la partición virtual.....	572
14.6.	Resumen.....	575
	Ejercicios.....	576
15.	SISTEMAS MULTIMEDIA DISTRIBUIDOS.....	579
15.1.	Introducción.....	580
15.2.	Características de los datos multimedia.....	583
15.3.	Gestión de la calidad de servicio.....	585
15.3.1.	Negociación de la calidad de servicio.....	587
15.3.2.	Control de admisión.....	593
15.4.	Gestión de recursos.....	594
15.4.1.	Planificación de recursos.....	594
15.5.	Adaptación de caudales.....	596
15.5.1.	Escalado.....	596
15.5.2.	Filtrado.....	597
15.6.	Caso de estudio: el servidor de vídeo Tiger.....	598
15.7.	Resumen.....	602
	Ejercicios.....	602

16. MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA	605
16.1. Introducción.....	606
16.1.1. DSM frente a paso de mensajes.....	607
16.1.2. Aproximaciones a la implementación de DSM.....	608
16.2. Cuestiones de diseño e implementación.....	610
16.2.1. Estructura.....	610
16.2.2. Modelo de sincronización.....	612
16.2.3. Modelo de consistencia.....	612
16.2.4. Opciones de actualización.....	616
16.2.5. Granularidad.....	617
16.2.6. <i>Thrashing</i> (fustigamiento).....	619
16.3. Consistencia secuencial e Ivy.....	619
16.3.1. El modelo de sistema.....	619
16.3.2. Invalidación de escritura.....	621
16.3.3. Protocolos de invalidación.....	622
16.3.4. Un algoritmo de gestión distribuida dinámico.....	624
16.3.5. <i>Thrashing</i>	626
16.4. Liberación de consistencia y Munin.....	626
16.4.1. Accesos a memoria.....	627
16.4.2. Consistencia relajada.....	629
16.4.3. Munin.....	630
16.5. Otros modelos de consistencia.....	632
16.6. Resumen.....	633
Ejercicios.....	634
17. EL CASO DE ESTUDIO CORBA	637
17.1. Introducción.....	638
17.2. CORBA RMI.....	638
17.2.1. Ejemplo de cliente y servidor CORBA.....	641
17.2.2. La arquitectura de CORBA.....	644
17.2.3. Lenguaje de definición de interfaz de CORBA.....	647
17.2.4. Referencias a objetos remotos en CORBA.....	651
17.2.5. Correspondencia con el lenguaje en CORBA.....	652
17.3. Servicios de CORBA.....	653
17.3.1. El servicio de nombres de CORBA.....	654
17.3.2. Servicio de eventos de CORBA.....	657
17.3.3. Servicio de notificación de CORBA.....	658
17.3.4. Servicio de seguridad de CORBA.....	660
17.4. Resumen.....	661
Ejercicios.....	661
18. ESTUDIO DEL CASO: MACH	665
18.1. Introducción.....	666
18.1.1. Objetivos y principales características del diseño.....	667
18.1.2. Repaso de las principales abstracciones de Mach.....	668
18.2. Puertos, nombres y protección.....	669
18.3. Tareas e hilos.....	671
18.4. Modelo de comunicación.....	672
18.4.1. Mensajes.....	672
18.4.2. Puertos.....	674
18.4.3. Mach_msg.....	675
18.5. Implementación de la comunicación.....	676
18.5.1. Gestión transparente de mensajes.....	676