
Contenido

PREFACIO	xvii
1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS	1
1.1 ¿QUÉ ES UN SISTEMA DISTRIBUIDO?	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Ventajas de los sistemas distribuidos con respecto de los centralizados	3
1.2.2 Ventajas de los sistemas distribuidos con respecto de las PC independientes	6
1.2.3 Desventajas de los sistemas distribuidos	6
1.3 CONCEPTOS DE HARDWARE	8
1.3.1 Multiprocesadores con base en buses	10
1.3.2 Multiprocesadores con conmutador	12
1.3.3 Multicomputadoras con base en buses	13
1.3.4 Multicomputadoras con conmutador	14
1.4 CONCEPTOS DE SOFTWARE	15
1.4.1 Sistemas operativos de redes	16
1.4.2 Sistemas realmente distribuidos	18
1.4.3 Sistemas de multiprocesador con tiempo compartido	20
1.5 ASPECTOS DEL DISEÑO	22
1.5.1 Transparencia	22
1.5.2 Flexibilidad	25
1.5.3 Confiabilidad	27
1.5.4 Desempeño	28

- 1.5.5 Escalabilidad 29
- 1.6 RESUMEN 31

2 COMUNICACIÓN EN LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS

34

- 2.1 PROTOCOLOS CON CAPAS 35
 - 2.1.1 La capa física 38
 - 2.1.2 La capa de enlace de datos 38
 - 2.1.3 La capa de red 40
 - 2.1.4 La capa de transporte 40
 - 2.1.5 La capa de sesión 41
 - 2.1.6 La capa de presentación 41
 - 2.1.7 La capa de aplicación 42
- 2.2 REDES CON MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA 42
 - 2.2.1 ¿Qué es el modo de transferencia asíncrona? 42
 - 2.2.2 La capa física ATM 44
 - 2.2.3 La capa ATM 45
 - 2.2.4 La capa de adaptación ATM 46
 - 2.2.5 Conmutación ATM 47
 - 2.2.6 Algunas implicaciones del ATM para sistemas distribuidos 49
- 2.3 EL MODELO CLIENTE-SERVIDOR 50
 - 2.3.1 Clientes y servidores 51
 - 2.3.2 Un ejemplo cliente-servidor 52
 - 2.3.3 Direccionamiento 56
 - 2.3.4 Primitivas con bloqueo vs. sin bloqueo 58
 - 2.3.5 Primitivas almacenadas en buffer vs. no almacenadas 61
 - 2.3.6 Primitivas confiables vs. no confiables 63
 - 2.3.7 Implantación del modelo cliente-servidor 65
- 2.4 LLAMADA A UN PROCEDIMIENTO REMOTO (RPC) 68
 - 2.4.1 Operación básica de RPC 68
 - 2.4.2 Transferencia de parámetros 72
 - 2.4.3 Conexión dinámica 77
 - 2.4.4 Semántica de RPC en presencia de fallas 80
 - 2.4.5 Aspectos de la implantación 84
 - 2.4.6 Áreas de problemas 95
- 2.5 COMUNICACIÓN EN GRUPO 99
 - 2.5.1 Introducción a la comunicación en grupo 99
 - 2.5.2 Aspectos del diseño 101
 - 2.5.3 Comunicación en grupo en ISIS 110
- 2.6 RESUMEN 114

3 SINCRONIZACIÓN EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS

118

- 3.1 SINCRONIZACIÓN DE RELOJES 119
 - 3.1.1 Relojes lógicos 120
 - 3.1.2 Relojes físicos 124
 - 3.1.3 Algoritmos para la sincronización de relojes 127
 - 3.1.4 Uso de relojes sincronizados 132
- 3.2 EXCLUSIÓN MUTUA 134
 - 3.2.1 Un algoritmo centralizado 134
 - 3.2.2 Un algoritmo distribuido 135
 - 3.2.3 Un algoritmo de anillo de fichas 138
 - 3.2.4 Comparación de los tres algoritmos 139
- 3.3 ALGORITMOS DE ELECCIÓN 140
 - 3.3.1 El algoritmo del grandulón 141
 - 3.3.2 Un algoritmo de anillo 143
- 3.4 TRANSACCIONES ATÓMICAS 144
 - 3.4.1 Introducción a las transacciones atómicas 144
 - 3.4.2 El modelo de transacción 145
 - 3.4.3 Implantación 150
 - 3.4.4 Control de concurrencia 154
- 3.5 BLOQUEOS EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS 158
 - 3.5.1 Detección distribuida de bloqueos 159
 - 3.5.2 Prevención distribuida de bloqueos 163
- 3.6 RESUMEN 165

4 PROCESOS Y PROCESADORES EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS

169

- 4.1 HILOS 169
 - 4.1.1 Introducción a los hilos 170
 - 4.1.2 Uso de hilos 171
 - 4.1.3 Aspectos del diseño de paquetes de hilos 174
 - 4.1.4 Implantación de un paquete de hilos 178
 - 4.1.5 Hilos y RPC 184
- 4.2 MODELOS DE SISTEMAS 186
 - 4.2.1 El modelo de estación de trabajo 186
 - 4.2.2 Uso de estaciones de trabajo inactivas 189
 - 4.2.3 El modelo de la pila de procesadores 193
 - 4.2.4 Un modelo híbrido 197
- 4.3 ASIGNACIÓN DE PROCESADORES 197
 - 4.3.1 Modelos de asignación 197
 - 4.3.2 Aspectos del diseño de algoritmos de asignación de procesadores 199

4.3.3	Aspectos de la implantación de algoritmos de asignación de procesadores	201
4.3.4	Ejemplo de algoritmos de asignación de procesadores	203
4.4	PLANIFICACIÓN EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS	210
4.5	TOLERANCIA DE FALLAS	212
4.5.1	Fallas de componentes	212
4.5.2	Fallas de sistema	213
4.5.3	Sistemas síncronos vs. asíncronos	214
4.5.4	Uso de redundancia	214
4.5.5	Tolerancia de fallas mediante réplica activa	215
4.5.6	Tolerancia de fallas mediante respaldo primario	217
4.5.7	Acuerdos en sistemas defectuosos	219
4.6	SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE TIEMPO REAL	223
4.6.1	¿Qué es un sistema de tiempo real?	223
4.6.2	Aspectos del diseño	226
4.6.3	Comunicación en tiempo real	230
4.6.4	Planificación de tiempo real	234
4.7	RESUMEN	240

5 SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS 245

5.1	DISEÑO DE LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS	246
5.1.1	La interfaz del servicio de archivos	246
5.1.2	La interfaz del servidor de directorios	248
5.1.3	Semántica de los archivos compartidos	253
5.2	IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO DE ARCHIVOS	256
5.2.1	Uso de archivos	256
5.2.2	Estructura del sistema	258
5.2.3	Ocultamiento	262
5.2.4	Réplica	268
5.2.5	Un ejemplo: el sistema de archivos de red (NFS) de Sun	272
5.2.6	Lecciones aprendidas	278
5.3	TENDENCIAS EN LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS	279
5.3.1	Hardware reciente	280
5.3.2	Escalabilidad	282
5.3.3	Redes de área amplia	283
5.3.4	Usuarios móviles	284
5.3.5	Tolerancia de fallas	284
5.3.6	Multimedia	285
5.4	RESUMEN	285

6	MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA	289
6.1	INTRODUCCIÓN	290
6.2	¿QUÉ ES LA MEMORIA COMPARTIDA?	292
6.2.1	Memoria en circuitos	293
6.2.2	Multiprocesadores basados en un bus	293
6.2.3	Multiprocesadores basados en un anillo	298
6.2.4	Multiprocesadores con conmutador	301
6.2.5	Multiprocesadores NUMA	307
6.2.6	Comparación de los sistemas con memoria compartida	311
6.3	MODELOS DE CONSISTENCIA	315
6.3.1	Consistencia estricta	315
6.3.2	Consistencia secuencial	317
6.3.3	Consistencia causal	321
6.3.4	Consistencia PRAM y consistencia del procesador	322
6.3.5	Consistencia débil	325
6.3.6	Consistencia de liberación	327
6.3.7	Consistencia de entrada	330
6.3.8	Resumen de modelos de consistencia	331
6.4	MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA CON BASE EN PÁGINAS	333
6.4.1	Diseño básico	334
6.4.2	Réplica	334
6.4.3	Granularidad	335
6.4.4	Obtención de la consistencia secuencial	337
6.4.5	Búsqueda del propietario	339
6.4.6	Búsqueda de las copias	342
6.4.7	Reemplazo de página	343
6.4.8	Sincronización	344
6.5	MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA CON VARIABLES COMPARTIDAS	345
6.5.1	Munin	346
6.5.2	Midway	353
6.6	MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA BASADA EN OBJETOS	356
6.6.1	Objetos	356
6.6.2	Linda	358
6.6.3	Orca	365
6.7	COMPARACIÓN	371
6.8	RESUMEN	372

7 ESTUDIO 1: AMOEBA

- 7.1 INTRODUCCIÓN A AMOEBA 376
 - 7.1.1 Historia de Amoeba 376
 - 7.1.2 Objetivos de investigación 377
 - 7.1.3 La arquitectura del sistema Amoeba 378
 - 7.1.4 El micronúcleo de Amoeba 380
 - 7.1.5 Los servidores de Amoeba 382
- 7.2 OBJETOS Y POSIBILIDADES EN AMOEBA 384
 - 7.2.1 Posibilidades 384
 - 7.2.2 Protección de objetos 385
 - 7.2.3 Operaciones estándar 387
- 7.3 ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS EN AMOEBA 388
 - 7.3.1 Procesos 388
 - 7.3.2 Hilos 391
- 7.4 ADMINISTRACIÓN DE MEMORIA EN AMOEBA 392
 - 7.4.1 Segmentos 392
 - 7.4.2 Segmentos asociados 393
- 7.5 COMUNICACIÓN EN AMOEBA 393
 - 7.5.1 Llamada a un procedimiento remoto (RPC) 394
 - 7.5.2 Comunicación en grupo en Amoeba 398
 - 7.5.3 El protocolo Internet Fast Local (FLIP) 407
- 7.6 LOS SERVIDORES DE AMOEBA 415
 - 7.6.1 El servidor de archivos 415
 - 7.6.2 El servidor de directorios 420
 - 7.6.3 El servidor de réplicas 425
 - 7.6.4 El servidor de ejecución 425
 - 7.6.5 El servidor de arranque 427
 - 7.6.6 El servidor TCP/IP 427
 - 7.6.7 Otros servidores 428
- 7.7 RESUMEN 428

8 ESTUDIO 2: MACH

- 8.1 INTRODUCCIÓN A MACH 431
 - 8.1.1 Historia de Mach 431
 - 8.1.2 Objetivos de Mach 433
 - 8.1.3 El micronúcleo de Mach 433
 - 8.1.4 El servidor BSD UNIX de Mach 435
- 8.2 ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS EN MACH 436
 - 8.2.1 Procesos 436

- 8.2.2 Hilos 439
- 8.2.3 Planificación 442
- 8.3 ADMINISTRACIÓN DE MEMORIA EN MACH 445
 - 8.3.1 Memoria virtual 446
 - 8.3.2 Memoria compartida 449
 - 8.3.3 Administradores externos de la memoria 452
 - 8.3.4 Memoria compartida distribuida en Mach 456
- 8.4 COMUNICACIÓN EN MACH 457
 - 8.4.1 Puertos 457
 - 8.4.2 Envío y recepción de mensajes 464
 - 8.4.3 El servidor de mensajes de la red 469
- 8.5 EMULACIÓN DE UNIX EN MACH 471
- 8.6 RESUMEN 472

9 ESTUDIO 3: CHORUS

475

- 9.1 INTRODUCCIÓN A CHORUS 475
 - 9.1.1 Historia de Chorus 475
 - 9.1.2 Objetivos de Chorus 477
 - 9.1.3 Estructura del sistema 477
 - 9.1.4 Abstracciones del núcleo 479
 - 9.1.5 Estructura del núcleo 481
 - 9.1.6 El subsistema UNIX 483
 - 9.1.7 El subsistema orientado a objetos 483
- 9.2 ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS EN CHORUS 483
 - 9.2.1 Procesos 484
 - 9.2.2 Hilos 485
 - 9.2.3 Planificación 486
 - 9.2.4 Señalamientos, excepciones e interrupciones 487
 - 9.2.5 Llamadas al núcleo para la administración de procesos 488
- 9.3 ADMINISTRACIÓN DE MEMORIA EN CHORUS 490
 - 9.3.1 Regiones y segmentos 490
 - 9.3.2 Asociadores 491
 - 9.3.3 Memoria compartida distribuida 492
 - 9.3.4 Llamadas al núcleo para la administración de memoria 493
- 9.4 COMUNICACIÓN EN CHORUS 495
 - 9.4.1 Mensajes 495
 - 9.4.2 Puertos 495
 - 9.4.3 Operaciones de comunicación 496
 - 9.4.4 Llamadas al núcleo para la comunicación 498

- 10.5.1 Nombres 546
- 10.5.2 El servicio de directorio de celda 547
- 10.5.3 El servicio de directorio global 549
- 10.6 SERVICIO DE SEGURIDAD 554
 - 10.6.1 Modelo de seguridad 555
 - 10.6.2 Componentes de seguridad 557
 - 10.6.3 Boletos y autenticadores 558
 - 10.6.4 RPC autenticada 559
 - 10.6.5 ACL 562
- 10.7 SISTEMA DISTRIBUIDO DE ARCHIVOS 564
 - 10.7.1 Interfaz DFS 565
 - 10.7.2 Componentes DFS en el núcleo servidor 566
 - 10.7.3 Componentes DFS en el núcleo cliente 569
 - 10.7.4 Componentes DFS en el espacio del usuario 571
- 10.8 RESUMEN 573

11 LISTA DE LECTURAS Y BIBLIOGRAFÍA

577

- 11.1 SUGERENCIAS PARA LECTURA POSTERIOR 577
- 11.2 BIBLIOGRAFÍA EN ORDEN ALFABÉTICO 584

ÍNDICE

605