

---

# CONTENIDO

---

**PREFACIO**

**xix**

## **PARTE 1: SISTEMAS OPERATIVOS TRADICIONALES**

### **1 INTRODUCCION**

**1**

- 1.1 ¿QUE ES UN SISTEMA OPERATIVO? 3
  - 1.1.1 El sistema operativo como una máquina extendida 3
  - 1.1.2 El sistema operativo como controlador de recursos 4
- 1.2 HISTORIA DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS 5
  - 1.2.1 La primera generación 6
  - 1.2.2 La segunda generación 6
  - 1.2.3 La tercera generación 8
  - 1.2.4 La cuarta generación 12
- 1.3 CONCEPTOS DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS 13
  - 1.3.1 Procesos 14
  - 1.3.2 Archivos 14
  - 1.3.3 Llamadas al sistema 18
  - 1.3.4 El Shell 20
- 1.4 ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS 21
  - 1.4.1 Sistemas monolíticos 21
  - 1.4.2 Sistemas con capas 23
  - 1.4.3 Máquinas virtuales 24
  - 1.4.4 Modelo cliente-servidor 25
- 1.5 BOSQUEJO DEL RESTO DEL LIBRO 27
- 1.6 RESUMEN 28

**2 PROCESOS**

31

- 2.1 INTRODUCCION A LOS PROCESOS 31
  - 2.1.1 El modelo de procesos 32
  - 2.1.2 Implantación de los procesos 36
- 2.2 COMUNICACION ENTRE PROCESOS 38
  - 2.2.1 Condiciones de competencia 38
  - 2.2.2 Secciones críticas 39
  - 2.2.3 Exclusión mutua con espera ocupada 40
  - 2.2.4 Dormir y despertar 44
  - 2.2.5 Semáforos 47
  - 2.2.6 Contadores de eventos 50
  - 2.2.7 Monitores 51
  - 2.2.8 Transferencia de mensajes 56
  - 2.2.9 Equivalencia de primitivas 59
- 2.3 PROBLEMAS CLASICOS DE LA COMUNICACION ENTRE PROCESOS 64
  - 2.3.1 El problema de la cena de los filósofos 64
  - 2.3.2 El problema de los lectores y los escritores 66
  - 2.3.3 El problema del barbero dormilón 68
- 2.4 PLANIFICACION DE PROCESOS 71
  - 2.4.1 Planificación tipo round robin 72
  - 2.4.2 Planificación por prioridad 73
  - 2.4.3 Colas múltiples 75
  - 2.4.4 Primero el trabajo más corto 76
  - 2.4.5 Planificación garantizada 77
  - 2.4.6 Política vs. mecanismo 78
  - 2.4.7 Planificación de dos niveles 79
- 2.5 RESUMEN 80

**3 ADMINISTRACION DE LA MEMORIA**

85

- 3.1 ADMINISTRACION DE LA MEMORIA SIN INTERCAMBIO O PAGINACION 81
  - 3.1.1 Monoprogramación sin intercambio o paginación 86
  - 3.1.2 Multiprogramación y uso de memoria 87
  - 3.1.3 Multiprogramación con particiones fijas 90
- 3.2 INTERCAMBIO 93
  - 3.2.1 Multiprogramación con particiones variables 93
  - 3.2.2 Administración de la memoria con mapas de bits 95
  - 3.2.3 Administración de la memoria con listas ligadas 96
  - 3.2.4 Administración de la memoria con el sistema de los asociados 98
  - 3.2.5 Asignación del hueco de intercambio 100
  - 3.2.6 Análisis de sistemas con intercambio 101

- 3.3 MEMORIA VIRTUAL 102
  - 3.3.1 Paginación 102
  - 3.3.2 Tablas de páginas 105
  - 3.3.3 Ejemplos de hardware de paginación 111
  - 3.3.4 Memoria asociativa 116
  - 3.3.5 Tablas de páginas invertidas 121
- 3.4 ALGORITMOS DE REEMPLAZO DE PAGINAS 123
  - 3.4.1 El algoritmo de reemplazo de páginas óptimo 123
  - 3.4.2 El algoritmo de reemplazo de páginas según el uso no tan reciente 124
  - 3.4.3 El algoritmo de reemplazo "Primero en entrar, primero en salir" (FIFO) 125
  - 3.4.4 El algoritmo de reemplazo de páginas de la segunda oportunidad 126
  - 3.4.5 El algoritmo de reemplazo de páginas del reloj 127
  - 3.4.6 El algoritmo de reemplazo de páginas "la de menor uso reciente" 127
  - 3.4.7 Simulación del algoritmo del uso más reciente en software 128
- 3.5 MODELACION DE ALGORITMOS DE PAGINACION 130
  - 3.5.1 Anomalía de Belady 130
  - 3.5.2 Algoritmos de pilas 131
  - 3.5.3 La distancia de la cadena 134
  - 3.5.4 Predicción de la tasa de fallos de página 135
- 3.6 ASPECTOS DE DISEÑO PARA LOS SISTEMAS DE PAGINACION 136
  - 3.6.1 El modelo del conjunto de trabajo 136
  - 3.6.2 Políticas de asignación locales vs globales 137
  - 3.6.3 Tamaño de página 140
  - 3.6.4 Aspectos de implantación 141
- 3.7 SEGMENTACION 146
  - 3.7.1 Implantación de la segmentación pura 149
  - 3.7.2 Segmentación con paginación: MULTICS 150
  - 3.7.3 Segmentación con paginación: Intel 386 154
- 3.8 RESUMEN 160

## 4 SISTEMAS DE ARCHIVO

165

- 4.1 ARCHIVOS 166
  - 4.1.1 Nombre de los archivos 166
  - 4.1.2 Estructura de un archivo 168
  - 4.1.3 Tipos de archivos 169
  - 4.1.4 Acceso a un archivo 172
  - 4.1.5 Atributos de archivo 172
  - 4.1.6 Operaciones con archivos 174
  - 4.1.7 Archivos mapeados a memoria 178
- 4.2 DIRECTORIOS 179
  - 4.2.1 Sistemas jerárquicos de directorios 179
  - 4.2.2 Nombre de las rutas de acceso 181
  - 4.2.3 Operaciones con directorios 183

- 4.3 IMPLANTACION DEL SISTEMA DE ARCHIVOS 184
  - 4.3.1 Implantación de archivos 185
  - 4.3.2 Implantación de directorios 188
  - 4.3.3 Archivos compartidos 191
  - 4.3.4 Administración del espacio en disco 193
  - 4.3.5 Confiabilidad del sistema de archivos 197
  - 4.3.6 Desempeño del sistema de archivos 202
- 4.4 SEGURIDAD 206
  - 4.4.1 El ambiente de seguridad 206
  - 4.4.2 Fallas famosas de seguridad 207
  - 4.4.3 El gusano de Internet 210
  - 4.4.4 Ataques genéricos a la seguridad 212
  - 4.4.5 Principios del diseño para la seguridad 214
  - 4.4.6 Autenticación del usuario 215
- 4.5 MECANISMOS DE PROTECCION 219
  - 4.5.1 Dominios de protección 219
  - 4.5.2 Listas para control de acceso 222
  - 4.5.3 Posibilidades 224
  - 4.5.4 Modelos de protección 225
  - 4.5.5 Canales ocultos 227
- 4.6 RESUMEN 229

## 5 ENTRADA / SALIDA

233

- 5.1 PRINCIPIOS DE HARDWARE DE E/S 233
  - 5.1.1 Dispositivos de E/S 234
  - 5.1.2 Controladores de dispositivos 235
  - 5.1.3 Acceso directo a memoria (DMA) 237
- 5.2 PRINCIPIOS DEL SOFTWARE DE E/S 239
  - 5.2.1 Objetivos del software de E/S 239
  - 5.2.2 Manejadores de interrupciones 241
  - 5.2.3 Manejadores de dispositivos 241
  - 5.2.4 Software de E/S independiente del dispositivo 242
  - 5.2.5 Software de E/S en el espacio del usuario 244
- 5.3 DISCOS 246
  - 5.3.1 Hardware para discos 246
  - 5.3.2 Algoritmos de programación del brazo del disco 247
  - 5.3.3 Manejo de errores 250
  - 5.3.4 Ocultamiento de una pista a la vez 251
  - 5.3.5 Discos en RAM 252
- 5.4 RELOJES 253
  - 5.4.1 Relojes 253
  - 5.4.2 Software para relojes 254

- 5.5 TERMINALES 257
  - 5.5.1 Hardware para terminales 257
  - 5.5.2 Terminales mapeadas a memoria 259
  - 5.5.3 Software para la Entrada 262
  - 5.5.4 Software para la Salida 267
- 5.6 RESUMEN 268

## 6 BLOQUEOS

271

- 6.1 RECURSOS 273
- 6.2 BLOQUEOS 274
  - 6.2.1 Condiciones para un bloqueo 274
  - 6.2.2 Modelación de bloqueos 275
- 6.3 EL ALGORITMO DEL AVESTRUZ (Ostrich) 278
- 6.4 DETECCION Y RECUPERACION DE BLOQUEOS 279
  - 6.4.1 Detección de bloqueos de forma un recurso de cada tipo 279
  - 6.4.2 Detección de bloqueos de forma varios recursos de cada tipo 281
  - 6.4.3 Recuperación de un bloqueo 284
- 6.5 EVASION DE BLOQUEOS 286
  - 6.5.1 Trayectorias de recursos 286
  - 6.5.2 Estados seguros e inseguros 287
  - 6.5.3 El algoritmo del banquero para sólo un recurso 289
  - 6.5.4 El algoritmo del banquero para varios recursos 290
- 6.6 PREVENCIÓN DE BLOQUEOS 291
  - 6.6.1 Prevención de la condición de exclusión mutua 292
  - 6.6.2 Prevención de la condición Detenerse y esperar 292
  - 6.6.3 Prevención de la condición de no apropiación 293
  - 6.6.4 Prevención de la condición de espera circular 293
- 6.7 OTROS ASPECTOS 294
  - 6.7.1 Cerradura de dos fases 294
  - 6.7.2 Bloqueos sin recursos 295
  - 6.7.3 Inanición 295
- 6.8 RESUMEN 296

## 7 ESTUDIO 1: UNIX

299

- 7.1 HISTORIA DE UNIX 300
  - 7.1.1 UNICS 300
  - 7.1.2 UNIX en la PDP-11 301

- 7.1.3 UNIX portable 302
- 7.1.4 UNIX de Berkeley 303
- 7.1.5 UNIX estándar 303
- 7.2 PANORAMA DE UNIX 305
  - 7.2.1 Objetivos de UNIX 306
  - 7.2.2 Interfaces de UNIX 307
  - 7.2.3 Entrada a UNIX 308
  - 7.2.4 El Shell de UNIX 309
  - 7.2.5 Archivos y directorios en UNIX 311
  - 7.2.6 Programas de utilerías en UNIX 312
- 7.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN UNIX 314
  - 7.3.1 Procesos en UNIX 316
  - 7.3.2 El modelo de memoria de UNIX 320
  - 7.3.3 El sistema de archivos en UNIX 323
  - 7.3.4 Entrada/Salida en UNIX 326
- 7.4 LLAMADAS AL SISTEMA EN UNIX 330
  - 7.4.1 Llamadas al sistema para la administración de procesos en UNIX 330
  - 7.4.2 Llamadas al sistema para la administración de la memoria en UNIX 334
  - 7.4.3 Llamadas al sistema relacionadas con archivos y directorios en UNIX 335
  - 7.4.4 Llamadas al sistema relacionadas con Entrada/Salida en UNIX 337
- 7.5 IMPLANTACION DE UNIX 337
  - 7.5.1 Implantación de procesos en UNIX 338
  - 7.5.2 Implantación del control de la memoria en UNIX 342
  - 7.5.3 Implantación del sistema de archivos en UNIX 347
  - 7.5.4 Implantación de la Entrada/Salida en UNIX 350
- 7.6 RESUMEN 352

## 8 ESTUDIO 2: MS-DOS

356

- 8.1 HISTORIA DE MS-DOS 356
  - 8.1.1 La IBM-PC 357
  - 8.1.2 MS-DOS Versión 1.0 359
  - 8.1.3 MS-DOS Versión 2.0 359
  - 8.1.4 MS-DOS Versión 3.0 360
  - 8.1.5 MS-DOS Versión 4.0 361
  - 8.1.6 MS-DOS Versión 5.0 362
- 8.2 PANORAMA DE MS-DOS 363
  - 8.2.1 Uso de MS-DOS 363
  - 8.2.2 El Shell de MS-DOS 367
  - 8.2.3 Configuración de MS-DOS 369
- 8.3 CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN MS-DOS 370
  - 8.3.1 Procesos en MS-DOS 371

- 8.3.2 El modelo de memoria de MS-DOS 375
- 8.3.3 El sistema de archivos en MS-DOS 385
- 8.3.4 Entrada/Salida en MS-DOS 387
- 8.4 LLAMADAS AL SISTEMA EN MS-DOS 388
  - 8.4.1 Llamadas al sistema para la administración de procesos en MS-DOS 390
  - 8.4.2 Llamadas al sistema para la administración de la memoria en MS-DOS 390
  - 8.4.3 Llamadas al sistema relacionadas con archivos y directorios en MS-DOS 391
  - 8.4.4 Llamadas al sistema relacionadas con Entrada/Salida en MS-DOS 391
- 8.5 IMPLANTACION DE MS-DOS 392
  - 8.5.1 Implantación de procesos en MS-DOS 393
  - 8.5.2 Implantación de la administración de la memoria en MS-DOS 395
  - 8.5.3 Implantación del sistema de archivos en MS-DOS 397
  - 8.5.4 Implantación de la Entrada/Salida en MS-DOS 402
- 8.6 RESUMEN 405

## PARTE 2: SISTEMAS OPERATIVOS DISTRIBUIDOS

### 9 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS

411

- 9.1 OBJETIVOS 412
  - 9.1.1 Ventajas de los sistemas distribuidos con respecto de los centralizados 412
  - 9.1.2 Ventajas de los sistemas distribuidos con respecto de las PC independientes 414
  - 9.1.3 Desventajas de los sistemas distribuidos 415
- 9.2 CONCEPTOS DE HARDWARE 416
  - 9.2.1 Multiprocesadores con base en buses 419
  - 9.2.2 Multiprocesadores con conmutador 420
  - 9.2.3 Multicomputadoras con base en buses 422
  - 9.2.4 Multicomputadoras con conmutador 422
- 9.3 CONCEPTOS DE SOFTWARE 423
  - 9.3.1 Sistemas operativos de redes y NFS 424
  - 9.3.2 Sistemas realmente distribuidos 433
  - 9.3.3 Sistemas de multiprocesador con tiempo compartido 434
- 9.4 ASPECTOS DEL DISEÑO 437
  - 9.4.1 Transparencia 437
  - 9.4.2 Flexibilidad 440
  - 9.4.3 Confiabilidad 442
  - 9.4.4 Desempeño 443

- 9.4.5 Escalabilidad 444
- 9.5 RESUMEN 446

## **10 COMUNICACION EN LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS**

449

- 10.1 PROTOCOLOS CON CAPAS 450
  - 10.1.1 La capa física 453
  - 10.1.2 La capa de enlace de los datos 453
  - 10.1.3 La capa de la red 455
  - 10.1.4 La capa de transporte 455
  - 10.1.5 La capa de sesión 456
  - 10.1.6 La capa de presentación 456
  - 10.1.7 La capa de aplicación 457
- 10.2 EL MODELO CLIENTE-SERVIDOR 457
  - 10.2.1 Clientes y servidores 457
  - 10.2.2 Un ejemplo cliente-servidor 457
  - 10.2.3 Direccionamiento 461
  - 10.2.4 Primitivas de bloqueo vs. no bloqueo 465
  - 10.2.5 Primitivas almacenadas en buffer vs. no almacenadas 468
  - 10.2.6 Primitivas confiables vs. no confiables 470
  - 10.2.7 Implantación del modelo cliente-servidor 472
- 10.3 LLAMADA A UN PROCEDIMIENTO REMOTO (RPC) 474
  - 10.3.1 Operación básica de RPC 475
  - 10.3.2 Transferencia de parámetros 479
  - 10.3.3 Conexión dinámica (Dynamic Binding) 484
  - 10.3.4 Semántica de RPC en presencia de fallos 487
  - 10.3.5 Aspectos de la implantación 492
  - 10.3.6 Areas de problemas 503
- 10.4 COMUNICACION EN GRUPO 506
  - 10.4.1 Introducción a la comunicación en grupo 506
  - 10.4.2 Aspectos del diseño 508
  - 10.4.3 Comunicación en grupo en ISIS 518
- 10.5 RESUMEN 522

## **11 SINCRONIZACION EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS**

525

- 11.1 SINCRONIZACION DE RELOJES 526
  - 11.1.1 Relojes lógicos 528
  - 11.1.2 Relojes físicos 531
  - 11.1.3 Algoritmos para la sincronización de relojes 534



- 11.2 EXCLUSION MUTUA 540
  - 11.2.1 Un algoritmo centralizado 540
  - 11.2.2 Un algoritmo distribuido 541
  - 11.2.3 Un algoritmo de anillo de fichas (Token Ring) 544
  - 11.2.4 Comparación de los tres algoritmos 546
- 11.3 ALGORITMOS DE ELECCION 547
  - 11.3.1 El algoritmo del grandulón 547
  - 11.3.2 Un algoritmo de anillo 549
- 11.4 TRANSACCIONES ATOMICAS 550
  - 11.4.1 Introducción a las transacciones atómicas 550
  - 11.4.2 El modelo de transacción 552
  - 11.4.3 Implantación 556
  - 11.4.4 Control de concurrencia 560
- 11.5 BLOQUEOS EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS 564
  - 11.5.1 Detección distribuida de bloqueos 566
  - 11.5.2 Prevención distribuida de bloqueos 569
- 11.6 RESUMEN 572

## 12 PROCESOS Y PROCESADORES EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS

575

- 12.1 HILOS (THREADS) 575
  - 12.1.1 Introducción a los hilos 576
  - 12.1.2 Uso de hilos 577
  - 12.1.3 Aspectos del diseño de un paquete de hilos 580
  - 12.1.4 Implantación de un paquete de hilos 584
  - 12.1.5 Hilos y RPC 587
  - 12.1.6 Un ejemplo de paquete de hilos 589
- 12.2 MODELOS DE SISTEMAS 593
  - 12.2.1 El modelo de estación de trabajo 594
  - 12.2.2 Uso de estaciones de trabajo inactivas 597
  - 12.2.3 El modelo de la pila de procesadores 601
  - 12.2.4 Un modelo híbrido 605
- 12.3 ASIGNACION DE PROCESADORES 605
  - 12.3.1 Modelos de asignación 606
  - 12.3.2 Aspectos del diseño de algoritmos de asignación de procesadores 608
  - 12.3.3 Aspectos de la implantación de algoritmos de asignación de procesadores 610
  - 12.3.4 Ejemplo de algoritmos de asignación de procesadores 612
- 12.4 PLANIFICACION EN SISTEMAS DISTRIBUIDOS 618
- 12.5 RESUMEN 620

**13 SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS****623**

- 13.1 DISEÑO DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS 624
  - 13.1.1 La interfaz del servicio de archivos 624
  - 13.1.2 La interfaz del servidor de directorios 626
  - 13.1.3 Semántica de los archivos compartidos 631
- 13.2 IMPLANTACION DE UN SISTEMA DISTRIBUIDO DE ARCHIVOS 634
  - 13.2.1 Uso de archivos 635
  - 13.2.2 Estructura del sistema 637
  - 13.2.3 Ocultamiento 640
  - 13.2.4 Réplica 646
  - 13.2.5 Un ejemplo: el sistema de archivos Andrew 651
  - 13.2.6 Lecciones aprendidas 657
- 13.3 TENDENCIAS EN LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS DE ARCHIVOS 658
  - 13.3.1 Hardware reciente 659
  - 13.3.2 Escalabilidad 661
  - 13.3.3 Redes en un área amplia 662
  - 13.3.4 Usuarios móviles 663
  - 13.3.5 Tolerancia de fallos 664
- 13.4 RESUMEN 664

**14 ESTUDIO 3: AMOEBIA****667**

- 14.1 INTRODUCCION A AMOEBIA 667
  - 14.1.1 Historia de Amoebia 667
  - 14.1.2 Objetivos de la investigación 668
  - 14.1.3 La arquitectura del sistema Amoebia 669
  - 14.1.4 El micronúcleo (microkernel) de Amoebia 671
  - 14.1.5 Los servidores de Amoebia 673
- 14.2 OBJETOS Y POSIBILIDADES EN AMOEBIA 675
  - 14.2.1 Posibilidades 675
  - 14.2.2 Protección de objetos 676
  - 14.2.3 Operaciones usuales 678
- 14.3 ADMINISTRACION DE PROCESOS EN AMOEBIA 679
  - 14.3.1 Procesos 680
  - 14.3.2 Hilos 682
- 14.4 ADMINISTRACION DE LA MEMORIA EN AMOEBIA 683
  - 14.4.1 Segmentos 684
  - 14.4.2 Segmentos mapeados 684
- 14.5 COMUNICACION EN AMOEBIA 684
  - 14.5.1 Llamada a un procedimiento remoto (RPC) 685

- 14.5.2 Comunicación en grupo en Amoeba 689
- 14.5.3 El protocolo Internet Fast Local (FLIP) 698
- 14.6 LOS SERVIDORES DE AMOEBA 706
  - 14.6.1 El servidor de archivos 707
  - 14.6.2 El servidor de directorios 711
  - 14.6.3 El servidor de réplicas 717
  - 14.6.4 El servidor de ejecución 717
  - 14.6.5 El servidor de arranque 719
  - 14.6.6 El servidor TCP/IP 719
  - 14.6.7 Otros servidores 720
- 14.7 RESUMEN 720

## 15 ESTUDIO 4: MACH

723

- 15.1 INTRODUCCION A MACH 723
  - 15.1.1 Historia de Mach 723
  - 15.1.2 Objetivos de Mach 724
  - 15.1.3 El micrónúcleo (microkernel) de Mach 725
  - 15.1.4 El servidor BSD UNIX de Mach 727
- 15.2 ADMINISTRACION DE LOS PROCESOS EN MACH 728
  - 15.2.1 Procesos 728
  - 15.2.2 Hilos 731
  - 15.2.3 Planificación 734
- 15.3 ADMINISTRACION DE LA MEMORIA EN MACH 737
  - 15.3.1 Memoria virtual 738
  - 15.3.2 Memoria compartida 741
  - 15.3.3 Administradores de la memoria externa 744
  - 15.3.4 Memoria compartida distribuida en Mach 748
- 15.4 COMUNICACION EN MACH 749
  - 15.4.1 Puertos 749
  - 15.4.2 Envío y recepción de mensajes 756
  - 15.4.3 El servidor de mensajes de la red 761
- 15.5 EMULACION DE BSD UNIX EN MACH 763
- 15.6 COMPARACION DE AMOEBA Y MACH 765
  - 15.6.1 Filosofía 765
  - 15.6.2 Objetos 766
  - 15.6.3 Procesos 767
  - 15.6.4 Modelo de memoria 768
  - 15.6.5 Comunicación 769
  - 15.6.6 Servidores 770
- 15.7 RESUMEN 770