

CONTENIDO



Prólogo	xxi
---------------	-----

PARTE I: CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1. Introducción	3
1.1. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS	4
1.1.1. Procesamiento serie	5
1.1.2. Procesamiento por lotes	7
1.1.3. Multiprogramación	9
1.2. TIPOS DE SISTEMAS OPERATIVOS	11
1.2.1. Sistemas operativos de lotes	12
1.2.2. Sistemas operativos de multiprogramación	12
<i>Sistemas de tiempo compartido</i>	14
<i>Sistemas de tiempo real</i>	15
<i>Sistemas operativos combinados</i>	16
1.2.3. Sistemas operativos distribuidos	16
1.3. DIFERENTES PERSPECTIVAS DE UN SISTEMA OPERATIVO	17
1.3.1. El sistema operativo desde la perspectiva del usuario del lenguaje de órdenes	17
1.3.2. El sistema operativo desde la perspectiva del usuario de las llamadas al sistema	19

1.4. RECORRIDO DE LA EJECUCIÓN DE UNA ORDEN	21
1.5. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS OPERATIVOS ..	23
1.5.1. Requisitos funcionales	23
1.5.2. Implementación	25
1.6. RESUMEN	29
OTRAS LECTURAS	29
2. Procesos	31
2.1. CONCEPTO DE PROCESO	32
2.1.1. División implícita y explícita en tareas	34
2.1.2. Relaciones entre procesos	35
2.2. LOS PROCESOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROGRAMADOR DE SISTEMAS	36
2.2.1. Ejemplo de multitarea	37
2.2.2. Sincronización entre procesos	39
2.2.3. Comportamiento de los procesos del ejemplo	40
2.2.4. Epílogo: los procesos desde la perspectiva del programador de sistemas	48
2.3. LOS PROCESOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL SISTEMA OPERATIVO	49
2.3.1. Bloque de control de proceso (BCP)	51
2.3.2. Estado del sistema y listas de procesos	52
2.3.3. Transiciones de estado de un proceso	53
2.3.4. Conmutación de procesos	56
2.3.5. Hebras de ejecución (<i>threads</i>)	58
2.4. SERVICIOS DEL SISTEMA OPERATIVO PARA GESTIÓN DE PROCESOS	59
<i>CREAR (IDproceso, atributos);</i>	60
<i>ELIMINAR (IDproceso);</i>	61
<i>ABORTAR (IDproceso);</i>	61
<i>DIVIDIR/UNIR (FORK/JOIN)</i>	62
<i>SUSPENDER (IDproceso);</i>	62
<i>REANUDAR (IDproceso);</i>	63
<i>RETARDAR (IDproceso, tiempo);</i>	63
<i>LEER_ATRIBUTOS (IDproceso, grupo_atributos);</i>	64
<i>MODIFICAR_PRIORIDAD (IDproceso, nueva_prioridad);</i>	64
2.4.1. Respuestas de error	65
2.5. PLANIFICACIÓN	65
2.5.1. Tipos de planificadores	66
<i>Planificador a largo plazo</i>	66
<i>Planificador a medio plazo</i>	67
<i>Planificador a corto plazo</i>	68
2.5.2. Criterios de planificación y rendimiento	69
2.5.3. Diseño del planificador	71
2.6. ALGORITMOS DE PLANIFICACIÓN	72
2.6.1. Planificación FCFS (<i>First-Come, First-Served</i>)	73
2.6.2. Planificación SRTN (<i>Shortest Remaining Time Next</i>)	75
2.6.3. Planificación por reparto del tiempo (RR, <i>Round Robin</i>)	78
2.6.4. Planificación con expropiación basada en prioridades (ED, <i>Event Driven</i>)	84

2.6.5. Planificación MLQ (<i>Multiple-Level Queues</i>)	85
2.6.6. Planificación por múltiples colas con realimentación	87
2.7. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO	87
2.7.1. FCFS (lotes)	91
2.7.2. Primero el trabajo más corto	91
2.7.3. Reparto del tiempo	92
2.8. RESUMEN	93
OTRAS LECTURAS	94
EJERCICIOS	94
3. Sincronización entre procesos	97
3.1. NECESIDAD DE SINCRONIZACIÓN ENTRE PROCESOS	98
3.2. EXCLUSIÓN MUTUA	101
3.2.1. Primer algoritmo	103
3.2.2. Segundo algoritmo	106
3.2.3. Tercer algoritmo	108
3.3. SEMÁFOROS	109
3.3.1. Definición de semáforo e implementación con espera activa . .	110
3.3.2. Propiedades y características de los semáforos	113
<i>Disciplina de servicio de los semáforos</i>	114
<i>Granularidad de los semáforos</i>	115
3.4. SOPORTE HARDWARE PARA EXCLUSIÓN MUTUA	115
3.4.1. Control de concurrencia pesimista y optimista	116
3.4.2. Habilitar/deshabilitar interrupciones	117
3.4.3. Instrucción comprobar-y-fijar	119
3.4.4. Instrucción comparar-e-intercambiar	122
3.5. IMPLEMENTACIÓN DE SEMÁFOROS CON COLAS	125
3.6. PROBLEMAS CLÁSICOS EN PROGRAMACIÓN CONCU- RRENTE	127
3.6.1. Productores/consumidores	127
<i>Productores y consumidores con un búfer ilimitado</i>	127
<i>Productores y consumidores con un búfer limitado</i>	131
3.6.2. Lectores y escritores	134
3.7. RESUMEN	137
OTRAS LECTURAS	138
EJERCICIOS	139
4. Comunicación y sincronización entre procesos	145
4.1. REGIONES CRÍTICAS Y REGIONES CRÍTICAS CONDICIO- NALES	146
4.2. MONITORES	148
4.3. MENSAJES	156
4.3.1. Aspectos de la implementación de mensajes	157
<i>Denominación</i>	158
<i>Copia</i>	159
<i>Intercambio síncrono o asíncrono de mensajes</i>	161
<i>Longitud de los mensajes</i>	163
4.3.2. Comunicación y sincronización entre procesos mediante men- sajes	163

4.3.3. Señalización de interrupciones mediante mensajes	168
4.4. SINCRONIZACIÓN Y COMUNICACIÓN ENTRE PROCESOS EN ADA	171
4.4.1. El mecanismo de entrada-aceptación (<i>entry-accept</i>)	173
4.4.2. La instrucción SELECT	176
4.5. INTERBLOQUEOS	180
4.5.1. Recursos reutilizables y consumibles	183
4.5.2. Prevención de interbloques	184
4.5.3. Evitación de interbloques	187
<i>Petición de recurso</i>	189
<i>Liberación de recurso</i>	190
4.5.4. Detección y recuperación de interbloques	191
4.5.5. Método combinado	195
4.6. RESUMEN	196
OTRAS LECTURAS	197
EJERCICIOS	199
5. Gestión de memoria: asignación contigua	203
5.1. MONITOR DE UN SOLO PROCESO	206
5.2. ASIGNACIÓN DE MEMORIA PARTICIONADA. ESTÁTICA	209
5.2.1. Principios de operación	210
5.2.2. Intercambio (<i>swapping</i>)	214
5.2.3. Reubicación	217
<i>Reubicación estática</i>	217
<i>Reubicación dinámica</i>	218
5.2.4. Protección	220
5.2.5. Compartición	222
5.2.6. Comentarios finales	223
5.3. ASIGNACIÓN DE MEMORIA PARTICIONADA. DINÁMICA	224
5.3.1. Principios de operación	225
5.3.2. Compactación	231
5.3.3. Protección	234
5.3.4. Compartición	235
5.3.5. Comentarios finales	237
5.4. SEGMENTACIÓN	238
5.4.1. Principios de operación	239
<i>Traducción de direcciones</i>	241
<i>Registros descriptores de segmento</i>	243
5.4.2. Protección	246
5.4.3. Compartición	247
5.4.4. Comentarios finales	249
5.5. RESUMEN	251
OTRAS LECTURAS	252
EJERCICIOS	252
6. Gestión de memoria: asignación no contigua	255
6.1. PAGINACIÓN	256
6.1.1. Principios de operación	256
6.1.2. Asignación de páginas	259

6.1.3.	Soporte hardware para paginación	260
6.1.4.	Protección y compartición	264
6.1.5.	Comentarios finales	266
6.2.	MEMORIA VIRTUAL	266
6.2.1.	Principios de operación	268
6.2.2.	Posibilidad de interrumpir las instrucciones	270
6.2.3.	Gestión de memoria virtual	273
6.2.4.	Comportamiento de los programas	275
6.2.5.	Políticas de sustitución	277
	<i>Cadenas de referencia a memoria</i>	278
	<i>Algoritmos de sustitución</i>	279
	<i>Políticas de sustitución globales y locales</i>	284
6.2.6.	Políticas de asignación	284
	<i>Frecuencia de fallos de página (FFP)</i>	288
6.2.7.	Conjunto operativo: una teoría para la sustitución y asignación de páginas	289
6.2.8.	Soporte y consideraciones hardware	291
6.2.9.	Protección y compartición	293
6.2.10.	Segmentación y paginación	294
6.2.11.	Jerarquía de tablas de traducción de direcciones y unidades de gestión de memoria (MMU)	296
6.2.12.	Consideraciones sobre Unix	299
6.2.13.	Comentarios finales	300
6.3.	RESUMEN	301
	OTRAS LECTURAS	302
	EJERCICIOS	303
7.	Gestión de archivos	307
7.1.	EL SISTEMA DE ARCHIVOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL USUARIO DEL LENGUAJE DE ÓRDENES	308
7.1.1.	Servicios de archivos en el lenguaje de órdenes	313
7.2.	EL SISTEMA DE ARCHIVOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL PROGRAMADOR DE SISTEMAS	316
7.3.	ORGANIZACIÓN DEL DISCO	320
7.3.1.	Tiempo de acceso al disco	321
7.4.	CONTROLADOR Y RUTINA DEL DISCO	322
7.5.	LA GESTIÓN DE ARCHIVOS DESDE LA PERSPECTIVA DEL SISTEMA OPERATIVO	326
7.5.1.	Directorios	329
7.5.2.	Gestión del espacio de disco	335
	<i>Asignación contigua</i>	336
	<i>Asignación no contigua</i>	339
7.5.3.	Anatomía de la traducción de direcciones de disco	345
7.5.4.	Servicios del sistema relativos a archivos	352
7.5.5.	Entrada/salida asíncrona	357
7.6.	CACHES DE DISCO Y CACHE DE BÚFERES EN UNIX	358
7.7.	GENERALIZACIÓN DE LOS SERVICIOS DE ARCHIVOS	363
7.8.	RESUMEN	365
	OTRAS LECTURAS	367
	EJERCICIOS	367

8. Seguridad y protección	371
8.1. AMENAZAS Y OBJETIVOS DE SEGURIDAD	372
8.2. INTENTOS DE PENETRACIÓN	374
8.3. POLÍTICAS Y MECANISMOS DE SEGURIDAD	375
8.3.1. Políticas de seguridad	376
8.3.2. Mecanismos de seguridad y principios de diseño	377
8.4. VALIDACIÓN	378
8.4.1. Contraseñas	379
8.4.2. Validación basada en artefactos	380
8.4.3. Técnicas biométricas	381
8.5. PROTECCIÓN Y CONTROL DE ACCESO	381
8.5.1. Protección en sistemas informáticos	382
8.5.2. Modelo de protección por matriz de accesos	383
8.5.3. Jerarquías de accesos	385
8.5.4. Listas de accesos	387
8.5.5. Capacidades	388
8.5.6. Cerraduras y llaves	392
8.6. MODELOS FORMALES DE PROTECCIÓN	393
8.6.1. Matriz de control de accesos	393
8.6.2. Modelo Tomar-Conceder	396
8.6.3. Modelo Bell-LaPadula	397
8.6.4. Modelo Retículo de Flujo de Información	399
8.7. CRIPTOGRAFÍA	402
8.7.1. Criptografía convencional	403
8.7.2. La norma de cifrado de datos (DES, data encryption standard).	406
8.7.3. Criptografía con clave pública	407
<i>El algoritmo de Rivest, Shamir, Adelman (RSA)</i>	408
<i>Validación</i>	410
<i>Firmas digitales</i>	411
8.8. GUSANOS Y VIRUS	412
8.8.1. Gusanos informáticos	412
8.8.2. Virus informáticos	414
8.9. RESUMEN	416
OTRAS LECTURAS	418
EJERCICIOS	419

PARTE II: IMPLEMENTACIÓN

9. Entrada/salida: principios y programación	423
9.1. EL PROBLEMA DE LA ENTRADA/SALIDA	424
9.1.1. Operación asíncrona	424
9.1.2. Diferencia de velocidad: procesador frente a periféricos	425
9.2. INTERFACES DE ENTRADA/SALIDA	427
9.2.1. Registros búfer	431
9.2.2. Registros de órdenes	432
9.2.3. Registros de estado	433
9.3. EJEMPLOS DE PUERTOS DE E/S	433
9.3.1. El receptor/transmisor universal síncrono/asíncrono (USART)	433

9.3.2. Temporizadores de intervalo programable (PIT)	437
9.4. E/S CONTROLADA POR PROGRAMA	438
9.4.1. Control de un solo dispositivo	439
9.4.2. Control de múltiples dispositivos: encuesta	444
9.5. E/S GUIADA POR INTERRUPCIONES	446
9.5.1. Control de un solo dispositivo	446
<i>Conmutación de contexto</i>	446
<i>Rutina de servicio de interrupción (RSI)</i>	448
9.5.2. Control de múltiples dispositivos	452
<i>Vectorización de interrupciones</i>	453
<i>Niveles de control de interrupciones</i>	455
<i>Niveles de prioridad</i>	456
<i>Resumen del procesamiento de interrupciones</i>	456
9.6. E/S CONCURRENTES	457
9.7. RESUMEN	463
OTRAS LECTURAS	464
EJERCICIOS	465
10. Diseño del núcleo de un sistema operativo multitarea (KMOS)	471
10.1. DEFINICIÓN DE LOS SERVICIOS DE KMOS	473
10.2. PRINCIPALES DECISIONES DE DISEÑO	476
10.3. TRANSICIONES DE ESTADO DE LOS PROCESOS EN KMOS	477
10.4. ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL DE KMOS	479
10.4.1. Despacho de procesos	480
10.4.2. Comunicación y sincronización entre procesos	481
<i>Buzones y mensajes</i>	481
<i>Las operaciones ENVIAR y RECIBIR</i>	484
10.4.3. Gestión de interrupciones	487
10.4.4. Gestión de procesos	490
<i>Creación de procesos</i>	490
<i>Retardar un proceso durante un tiempo especificado</i>	491
10.4.5. Arranque del sistema	493
10.5. CONSIDERACIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN	495
10.5.1. Lenguajes de implementación de sistemas	495
<i>Facilidades para desarrollo modular de programas</i>	496
<i>Acceso al hardware y a las direcciones físicas de memoria</i> ..	499
10.5.2. Invocación al sistema operativo	500
<i>Llamada a procedimiento</i>	500
<i>Llamada a supervisor</i>	501
<i>Interrupción software</i>	502
10.6. RESUMEN	503
OTRAS LECTURAS	504
EJERCICIOS	504
11. Implementación de KMOS	509
11.1. LISTAS DEL SISTEMA KMOS	510
11.2. LA LISTA PREPARADOS Y SU MANIPULACIÓN	513
11.2.1. Implementación de la lista Preparados en KMOS	513
11.2.2. Bloque de control de proceso	515

	<i>Gestión de las pilas de procesos</i>	515
	<i>Estructura del bloque de control de proceso</i>	516
11.2.3.	Inserciones en la lista Preparados	517
11.2.4.	El proceso nulo	519
11.3.	COMUNICACIÓN Y SINCRONIZACIÓN ENTRE PROCESOS ..	521
11.3.1.	Buzones y mensajes	521
11.3.2.	La operación ENVIAR	523
11.3.3.	La operación RECIBIR	525
11.4.	GESTIÓN DE PROCESOS	526
11.4.1.	Creación de procesos	526
11.4.2.	Eliminación de procesos	528
11.4.3.	Despacho de procesos	528
11.4.4.	Retardo de un proceso durante un tiempo especificado	531
	<i>Gestión del temporizador y lista Retardados</i>	531
	<i>La operación RETARDAR</i>	535
	<i>Procesamiento de interrupciones del temporizador</i>	536
11.4.5.	El procedimiento SPILA	538
11.5.	GESTIÓN DE INTERRUPCIONES	539
11.5.1.	Buzones y prioridades de interrupción	539
11.5.2.	Servicio de interrupciones en KMOS	541
11.5.3.	Habilitación de los niveles de interrupción hardware	543
11.6.	ARRANQUE Y CONFIGURACIÓN INICIAL DEL SISTEMA ...	544
11.7.	RESUMEN	544
	OTRAS LECTURAS	545
	EJERCICIOS	546
	CÓDIGO FUENTE DE KMOS EN PASCAL	549

PARTE III: TEMAS AVANZADOS

12.	Sistemas multiprocesadores	573
12.1.	MOTIVACIÓN Y CLASIFICACIÓN	574
12.1.1.	Ventajas de los multiprocesadores	574
12.1.2.	Clasificación de los multiprocesadores	575
12.2.	INTERCONEXIONES EN LOS MULTIPROCESADORES	577
12.2.1.	Sistemas orientados a bus	577
12.2.2.	Sistemas conectados por barras cruzadas	579
12.2.3.	Hipercubos	580
12.2.4.	Sistemas basados en conmutadores multietapa	582
12.3.	TIPOS DE SISTEMAS OPERATIVOS MULTIPROCESADORES	584
12.3.1.	Supervisores separados	584
12.3.2.	Maestro/esclavos	585
12.3.3.	Simétrico	585
12.4.	FUNCIONES Y REQUISITOS DE LOS SISTEMAS OPERATIVOS MULTIPROCESADORES	586
12.5.	CUESTIONES DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SIS- TEMA OPERATIVO	588
12.5.1.	Gestión y planificación de los procesadores	588
	<i>Soporte para multiprocesamiento</i>	588
	<i>Asignación de recursos de procesamiento</i>	589

<i>Planificación</i>	590
12.5.2. Gestión de memoria	592
12.6. INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN PARALELA	593
12.6.1. Ganancia de velocidad	593
12.6.2. Un ejemplo de programación paralela: multiplicación de matrices	594
12.6.3. FORK (DIVIDIR) y JOIN (UNIR) en multiprocesadores ..	597
12.7. SINCRONIZACIÓN EN MULTIPROCESADORES	598
12.7.1. Comprobar-y-fijar	599
12.7.2. Comparar-e-intercambiar	600
12.7.3. Acceder-y-sumar	602
12.8. RESUMEN	604
OTRAS LECTURAS	605
EJERCICIOS	606
13. Sistemas operativos distribuidos: algoritmos	609
13.1. MOTIVACIÓN DE LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS	610
13.1.1. ¿Por qué distribuidos?	610
13.1.2. ¿Qué es distribuido?	613
13.2. REDES DE COMPUTADORES	614
13.2.1. Redes de área extensa	615
13.2.2. Redes de área local	619
13.2.3. Protocolos de comunicación y el modelo OSI	621
<i>Capa física</i>	622
<i>Capa de enlace de datos</i>	622
<i>Capa de red</i>	623
<i>Capa de transporte</i>	623
<i>Capa de sesión</i>	624
<i>Capa de presentación</i>	624
<i>Capa de aplicación</i>	624
13.3. ALGORITMOS PARA PROCESAMIENTO DISTRIBUIDO	625
13.3.1. El entorno y suposiciones habituales	626
13.3.2. El tiempo y la ordenación de los sucesos	628
13.3.3. La exclusión mutua en los sistemas distribuidos	630
<i>Algoritmo de Lamport</i>	631
<i>Algoritmo de Ricart y Agrawala</i>	632
13.3.4. Transacciones	633
13.3.5. Control de concurrencia distribuida e interbloqueos	634
13.4. TRATAMIENTO DE FALLOS	637
13.4.1. Fallos en sistemas distribuidos	638
13.4.2. Elección de un sucesor	639
13.4.3. Regeneración de un testigo perdido	641
13.4.4. Consecución de acuerdos	642
13.5. RESUMEN	647
OTRAS LECTURAS	648
EJERCICIOS	649
14. Sistemas operativos distribuidos: implementación	651
14.1. MODELOS DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS	652
14.1.1. El modelo basado en hosts	653

14.1.2. El modelo depósito de procesadores	653
14.1.3. El modelo estaciones de trabajo/servidores	654
14.1.4. El modelo integrado	656
14.2. DENOMINACIÓN	657
14.2.1. Mapas estáticos	659
14.2.2. Difusión	660
14.2.3. Servidores de nombres	660
14.2.4. Tablas de prefijos	661
14.3. MIGRACIÓN DE PROCESOS	662
14.4. LLAMADAS A PROCEDIMIENTOS REMOTOS	666
14.4.1. Transferencia de control	667
14.4.2. Vinculación	669
14.4.3. Flujo de datos	670
14.4.4. Aspectos del diseño de un servidor RPC	671
14.4.5. RPC frente a paso de mensajes	673
14.5. MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA	674
14.6. SISTEMAS DE ARCHIVOS DISTRIBUIDOS	676
14.6.1. División cliente/servidor del trabajo	677
14.6.2. Caché de archivos y semántica de consistencia	681
14.6.3. Constancia del estado y rendimiento	684
14.6.4. Tolerancia a fallos	685
14.7. RESUMEN	687
OTRAS LECTURAS	688
EJERCICIOS	689

PARTE IV: ESTUDIO DE CASOS PARTICULARES

15. Estudio de casos particulares	693
15.1. SISTEMA OPERATIVO PC-DOS (MS-DOS)	694
15.1.1. PC-DOS desde la perspectiva del usuario del lenguaje de órdenes	694
15.1.2. PC-DOS desde la perspectiva del usuario de llamadas al sistema	696
15.1.3. Implementación de PC-DOS	698
15.1.4. Resumen de PC-DOS	701
15.2. SISTEMA OPERATIVO UNIX	702
15.2.1. UNIX desde la perspectiva del usuario del lenguaje de órdenes	703
15.2.2. UNIX desde la perspectiva del usuario de llamadas al sistema.	710
15.2.3. Implementación de UNIX	713
15.2.4. Resumen de UNIX	719
15.3. SISTEMA OPERATIVO iRMX 86	719
15.3.1. iRMX 86 desde la perspectiva del usuario del lenguaje de órdenes	721
15.3.2. iRMX 86 desde la perspectiva del usuario de llamadas al sistema	722
15.3.3. Implementación de iRMX 86	730
15.3.4. Resumen de iRMX 86	733

15.4. DISEÑO DE UNA UNIDAD DE TELEMETRÍA REMOTA (UTR)	734
15.4.1. Sistemas de control y adquisición de datos por computador	734
15.4.2. Misión de una unidad de telemetría remota (UTR)	737
15.4.3. Organización funcional y actividades de una UTR	740
15.4.4. Organización del software de una UTR (procesos)	744
15.4.5. Estructuras de datos y comunicación entre procesos en una UTR	746
15.4.6. Operación de los procesos de la UTR	749
15.4.7. Los procesos de la UTR y KMOS	753
15.4.8. Comentarios finales	754
OTRAS LECTURAS	756
Apéndice A. Ejemplos de uso de KMOS: Pascal	757
Apéndice B. Código fuente de KMOS: C	767
Apéndice C. Ejemplos de uso de KMOS: C	791
Bibliografía	801
Índice analítico	813