

SPIS TREŚCI

Przedmowa	21
O autorach	25
 1. WPROWADZENIE	 27
1.1. CZYM JEST SYSTEM OPERACYJNY?	30
1.1.1. System operacyjny jako rozszerzona maszyna	30
1.1.2. System operacyjny jako menedżer zasobów	31
1.2. HISTORIA SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	33
1.2.1. Pierwsza generacja (1945 - 1955) — lampy elektronowe	33
1.2.2. Druga generacja (1955 - 1965) — tranzystory i systemy wsadowe	34
1.2.3. Trzecia generacja (1965 - 1980) — układy scalone i wieloprogramowość	36
1.2.4. Czwarta generacja (1980 — czasy współczesne)	40
1.2.5. Piąta generacja (1990 — czasy współczesne)	44
1.3. SPRZĘT KOMPUTEROWY — PRZEGLĄD	45
1.3.1. Procesory	45
1.3.2. Pamięć	49
1.3.3. Pamięć nieulotna	52
1.3.4. Urządzenia wejścia-wyjścia	53
1.3.5. Magistrale	56
1.3.6. Uruchamianie komputera	58

1.4.	PRZEGLĄD SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	60
1.4.1.	Systemy operacyjne komputerów mainframe	60
1.4.2.	Systemy operacyjne serwerów	60
1.4.3.	Systemy operacyjne komputerów osobistych	61
1.4.4.	Systemy operacyjne smartfonów i komputerów podręcznych	61
1.4.5.	Internet rzeczy i wbudowane systemy operacyjne	61
1.4.6.	Systemy operacyjne czasu rzeczywistego	62
1.4.7.	Systemy operacyjne kart elektronicznych	62
1.5.	POJĘCIA DOTYCZĄCE SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	63
1.5.1.	Procesy	63
1.5.2.	Przestrzenie adresowe	65
1.5.3.	Pliki	66
1.5.4.	Wejście-wyjście	69
1.5.5.	Zabezpieczenia	69
1.5.6.	Powłoka	69
1.5.7.	Ontogeneza jest rekapitulacją filogenezy	70
1.6.	WYWOŁANIA SYSTEMOWE	73
1.6.1.	Wywołania systemowe do zarządzania procesami	76
1.6.2.	Wywołania systemowe do zarządzania plikami	80
1.6.3.	Wywołania systemowe do zarządzania katalogami	80
1.6.4.	Różne wywołania systemowe	82
1.6.5.	Interfejs Windows API	83
1.7.	STRUKTURA SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	85
1.7.1.	Systemy monolityczne	85
1.7.2.	Systemy warstwowe	86
1.7.3.	Mikrojądra	88
1.7.4.	Model klient-serwer	90
1.7.5.	Maszyny wirtualne	91
1.7.6.	Egzojądra i unijądra	95
1.8.	ŚWIAT WEDŁUG JĘZYKA C	96
1.8.1.	Język C	96
1.8.2.	Pliki nagłówkowe	97
1.8.3.	Duże projekty programistyczne	97
1.8.4.	Model fazy działania	98
1.9.	BADANIA DOTYCZĄCE SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	99
1.10.	PLAN POZOSTAŁEJ CZĘŚCI KSIĄŻKI	101
1.11.	JEDNOSTKI MIAR	101
1.12.	PODSUMOWANIE	102

2. PROCESY I WĄTKI	107
2.1. PROCESY	107
2.1.1. Model procesów	108
2.1.2. Tworzenie procesów	110
2.1.3. Kończenie działania procesów	112
2.1.4. Hierarchie procesów	113
2.1.5. Stany procesów	113
2.1.6. Implementacja procesów	115
2.1.7. Modelowanie wieloprogramowości	117
2.2. WĄTKI	118
2.2.1. Wykorzystanie wątków	118
2.2.2. Klasyczny model wątków	123
2.2.3. Wątki POSIX	126
2.2.4. Implementacja wątków w przestrzeni użytkownika	128
2.2.5. Implementacja wątków w jądrze	131
2.2.6. Implementacje hybrydowe	132
2.2.7. Przystosowywanie kodu jedno wątkowego do obsługi wielu wątków	133
2.3. SERWERY STEROWANE ZDARZENIAMI	136
2.4. SYNCHRONIZACJA I KOMUNIKACJA MIĘDZYPROCESOWA	138
2.4.1. Wyścig	139
2.4.2. Regiony krytyczne	140
2.4.3. Wzajemne wykluczanie z wykorzystaniem aktywnego oczekiwania	141
2.4.4. Wywołania sleep i wakeup	146
2.4.5. Semaforey	149
2.4.6. Muteksy	152
2.4.7. Monitory	157
2.4.8. Przekazywanie komunikatów	163
2.4.9. Bariery	165
2.4.10. Inwersja priorytetów	167
2.4.11. Unikanie blokad: odczyt-kopiowanie-aktualizacja	168
2.5. SZEREGOWANIE	170
2.5.1. Wprowadzenie do szeregowania	170
2.5.2. Szeregowanie w systemach wsadowych	176
2.5.3. Szeregowanie w systemach interaktywnych	178
2.5.4. Szeregowanie w systemach czasu rzeczywistego	184
2.5.5. Oddzielenie strategii od mechanizmu	185
2.5.6. Szeregowanie wątków	186
2.6. PRACE BADAWCZE NAD PROCESAMI I WĄTKAMI	187
2.7. PODSUMOWANIE	188

3.	ZARZĄDZANIE PAMIĘCIĄ	197
3.1.	BRAK ABSTRAKCJI PAMIĘCI	198
3.1.1.	Uruchamianie wielu programów w systemach bez abstrakcji pamięci	199
3.2.	ABSTRAKCJA PAMIĘCI: PRZESTRZENIE ADRESOWE	201
3.2.1.	Pojęcie przestrzeni adresowej	201
3.2.2.	Wymiana pamięci	204
3.2.3.	Zarządzanie wolną pamięcią	206
3.3.	PAMIĘĆ WIRTUALNA	209
3.3.1.	Stronicowanie	210
3.3.2.	Tabele stron	214
3.3.3.	Przyspieszenie stronicowania	216
3.3.4.	Tabele stron dla pamięci o dużej objętości	220
3.4.	ALGORYTMY ZASTĘPOWANIA STRON	223
3.4.1.	Optymalny algorytm zastępowania stron	224
3.4.2.	Algorytm NRU	225
3.4.3.	Algorytm FIFO	226
3.4.4.	Algorytm drugiej szansy	226
3.4.5.	Algorytm zegarowy	227
3.4.6.	Algorytm LRU	228
3.4.7.	Programowa symulacja algorytmu LRU	228
3.4.8.	Algorytm bazujący na zbiorze roboczym	230
3.4.9.	Algorytm WSClock	233
3.4.10.	Podsumowanie algorytmów zastępowania stron	235
3.5.	PROBLEMY PROJEKTOWE SYSTEMÓW STRONICOWANIA	236
3.5.1.	Lokalne i globalne strategie alokacji pamięci	237
3.5.2.	Zarządzanie obciążeniem	239
3.5.3.	Strategia czyszczenia	240
3.5.4.	Rozmiar strony	241
3.5.5.	Osobne przestrzenie instrukcji i danych	242
3.5.6.	Strony współdzielone	243
3.5.7.	Biblioteki współdzielone	244
3.5.8.	Pliki odwzorowane w pamięci	246
3.6.	PROBLEMY IMPLEMENTACJI	247
3.6.1.	Zadania systemu operacyjnego w zakresie stronicowania	247
3.6.2.	Obsługa błędów braku strony	248
3.6.3.	Archiwizowanie instrukcji	249

SPIS TREŚCI

9

3.6.4. Blokowanie stron w pamięci	250
3.6.5. Magazyn stron	250
3.6.6. Oddzielenie strategii od mechanizmu	252
3.7. SEGMENTACJA	254
3.7.1. Implementacja klasycznej segmentacji	257
3.7.2. Segmentacja ze stronicowaniem: MULTICS	257
3.7.3. Segmentacja ze stronicowaniem: Intel x86	261
3.8. BADANIA DOTYCZĄCE ZARZĄDZANIA PAMIĘCIĄ	261
3.9. PODSUMOWANIE	262

4. SYSTEMY PLIKÓW

273

4.1. PLIKI	275
4.1.1. Nazwy plików	275
4.1.2. Struktura plików	277
4.1.3. Typy plików	278
4.1.4. Dostęp do plików	280
4.1.5. Atrybuty plików	281
4.1.6. Operacje na plikach	282
4.1.7. Przykładowy program wykorzystujący wywołania obsługi systemu plików	283
4.2. KATALOGI	285
4.2.1. Jednopoziomowe systemy katalogów	285
4.2.2. Hierarchiczne systemy katalogów	286
4.2.3. Nazwy ścieżek	287
4.2.4. Operacje na katalogach	289
4.3. IMPLEMENTACJA SYSTEMU PLIKÓW	290
4.3.1. Układ systemu plików	291
4.3.2. Implementacja plików	292
4.3.3. Implementacja katalogów	297
4.3.4. Pliki współdzielone	299
4.3.5. Systemy plików o strukturze dziennika	302
4.3.6. Księgujące systemy plików	304
4.3.7. Systemy plików na nośnikach typu flash	305
4.3.8. Wirtualne systemy plików	309

4.4.	ZARZĄDZANIE SYSTEMEM PLIKOWI OPTIMALIZACJA	312
4.4.1.	Zarządzanie miejscem na dysku	312
4.4.2.	Kopie zapasowe systemu plików	318
4.4.3.	Spójność systemu plików	323
4.4.4.	Wydajność systemu plików \	325
4.4.5.	Defragmentacja dysków	330
4.4.6.	Kompresja i deduplikacja	331
4.4.7.	Bezpieczne usuwanie plików i szyfrowanie dysków	332
4.5.	PRZYKŁADOWY SYSTEM PLIKÓW	333
4.5.1.	System plików MS-DOS	334
4.5.2.	System plików V7 systemu UNK	337
4.6.	BADANIA DOTYCZĄCE SYSTEMÓW PLIKÓW	339
4.7.	PODSUMOWANIE	340

5. WEJŚCIE-WYJŚCIE 347

5.1.	WARUNKI, JAKIE POWINIEN SPEŁNIAĆ SPRZĘT WEJŚCIA-WYJŚCIA	347
5.1.1.	Urządzenia wejścia-wyjścia	348
5.1.2.	Kontrolery urządzeń	349
5.1.3.	Urządzenia wejścia-wyjścia odwzorowane w pamięci	350
5.1.4.	Bezpośredni dostęp do pamięci (DMA)	353
5.1.5.	O przerwaniach raz jeszcze	356
5.2.	WARUNKI, JAKIE POWINNO SPEŁNIAĆ OPROGRAMOWANIE WEJŚCIA-WYJŚCIA	361
5.2.1.	Cele oprogramowania wejścia-wyjścia	361
5.2.2.	Programowane wejście-wyjście	363
5.2.3.	Wejście-wyjście sterowane przerwaniami	364
5.2.4.	Wejście-wyjście z wykorzystaniem DMA	365
5.3.	WARSTWY OPROGRAMOWANIA WEJŚCIA-WYJŚCIA	366
5.3.1.	Procedury obsługi przerwań	366
5.3.2.	Sterowniki urządzeń	367
5.3.3.	Oprogramowanie wejścia-wyjścia niezależne od urządzeń	371
5.3.4.	Oprogramowanie wejścia-wyjścia w przestrzeni użytkownika	376

SPIS TREŚCI		11
5.4.	PAMIĘĆ MASOWA: DYSKI MAGNETYCZNE I SSD	378
5.4.1.	Dyski magnetyczne	378
5.4.2.	Dyski SSD	388
5.4.3.	RAID	392
5.5.	ZEGARY	396
5.5.1.	Sprzęt obsługi zegara	396
5.5.2.	Oprogramowanie obsługi zegara	398
5.5.3.	Zegary programowe	400
5.6.	INTERFEJSY UŻYTKOWNIKÓW: Klawiatura, mysz, monitor	402
5.6.1.	Oprogramowanie do wprowadzania danych	402
5.6.2.	Oprogramowanie do generowania wyjścia	408
5.7.	Cienkie klienty	423
5.8.	ZARZĄDZANIE ENERGIĄ	425
5.8.1.	Problemy sprzętowe	426
5.8.2.	Problemy po stronie systemu operacyjnego	427
5.8.3.	Problemy do rozwiązania w programach aplikacyjnych	432
5.9.	BADANIA DOTYCZĄCE WEJŚCIA-WYJŚCIA	433
5.10.	PODSUMOWANIE	434
6.	ZAKLESZCZENIA	443
6.1.	ZASOBY	444
6.1.1.	Zasoby z możliwością wyłączenia i bez niej	444
6.1.2.	Zdobywanie zasobu	445
6.1.3.	Problem pięciu filozofów	446
6.2.	WPROWADZENIE W TEMATYKĘ ZAKLESZCZEŃ	449
6.2.1.	Warunki powstawania zakleszczeń zasobów	450
6.2.2.	Modelowanie zakleszczeń	450
6.3.	ALGORYTM STRUSIA	453
6.4.	WYKRYWANIE ZAKLESZCZEŃ I ICH USUWANIE	453
6.4.1.	Wykrywanie zakleszczeń z jednym zasobem każdego typu	454
6.4.2.	Wykrywanie zakleszczeń dla przypadku wielu zasobów każdego typu	456
6.4.3.	Usuwanie zakleszczeń	458

6.5.	UNIKANIE ZAKLESZCZEŃ	459
6.5.1.	Trajektorie zasobów	460
6.5.2.	Stany bezpieczne i niebezpieczne	461
6.5.3.	Algorytm bankiera dla pojedynczego zasobu	462
6.5.4.	Algorytm bankiera dla wielu zasobów	463
6.6.	PRZECIWDZIAŁANIE ZAKLESZCZENIOM	465
6.6.1.	Atak na warunek wzajemnego wykluczania	465
6.6.2.	Atak na warunek wstrzymania i oczekiwania	465
6.6.3.	Atak na warunek braku wywłaszczania	466
6.6.4.	Atak na warunek cyklicznego oczekiwania	466
6.7.	INNE PROBLEMY	467
6.7.1.	Blokowanie dwufazowe	467
6.7.2.	Zakleszczenia komunikacyjne	468
6.7.3.	Uwięzienia	470
6.7.4.	Zagłodzenia	471
6.8.	BADANIA NA TEMAT ZAKLESZCZEŃ	472
6.9.	PODSUMOWANIE	473

7. WIRTUALIZACJA I PRZETWARZANIE W CHMURZE 481

7.1.	HISTORIA	484
7.2.	WYMAGANIA DOTYCZĄCE WIRTUALIZACJI	485
7.3.	HIPERNADZORCY TYPU 1 I TYPU 2	488
7.4.	TECHNIKI SKUTECZNEJ WIRTUALIZACJI	489
7.4.1.	Wirtualizacja systemów bez obsługi wirtualizacji	490
7.4.2.	Koszt wirtualizacji	492
7.5.	CZY HIPERNADZORCY SĄ PRAWIDŁOWYMI MIKROJĄDRAMI?	493
7.6.	WIRTUALIZACJA PAMIĘCI	496
7.7.	WIRTUALIZACJA WEJŚCIA-WYJŚCIA	500
7.8.	MASZYNY WIRTUALNE NA PROCESORACH WIELORDZENIOWYCH	503

SPIS TREŚCI

7.9.	CHMURY OBLICZENIOWE	504
7.9.1.	Chmury jako usługa	504
7.9.2.	Migracje maszyn wirtualnych	505
7.9.3.	Punkty kontrolne	506
7.10.	WIRTUALIZACJA NA POZIOMIE SYSTEMU OPERACYJNEGO	506
7.11.	STUDIUM PRZYPADKU: VMWARE	509
7.11.1.	Wczesna historia firmy VMware	509
7.11.2.	VMware Workstation	510
7.11.3.	Wyzwania podczas opracowywania warstwy wirtualizacji na platformie x86	511
7.11.4.	VMware Workstation: przegląd informacji o rozwiązaniu	513
7.11.5.	Ewolucja systemu VMware Workstation	521
7.11.6.	ESX Server: hipernadzorca typu 1 firmy VMware	522
7.12.	BADANIA NAD WIRTUALIZACJĄ I CHMURĄ	523
7.13.	PODSUMOWANIE	525
8.	SYSTEMY WIELOPROCESOROWE	529
8.1.	SYSTEMY WIELOPROCESOROWE	532
8.1.1.	Sprzęt wieloprocessorowy	532
8.1.2.	Typy wieloprocessorowych systemów operacyjnych	543
8.1.3.	Synchronizacja w systemach wieloprocessorowych	547
8.1.4.	Szeregowanie w systemach wieloprocessorowych	551
8.2.	WIELOKOMPUTERY	558
8.2.1.	Sprzęt wielokomputerów	559
8.2.2.	Niskopoziomowe oprogramowanie komunikacyjne	563
8.2.3.	Oprogramowanie komunikacyjne poziomu użytkownika	565
8.2.4.	Zdalne wywołania procedur	568
8.2.5.	Rozproszona współdzielona pamięć	571
8.2.6.	Szeregowanie systemów wielokomputerowych	575
8.2.7.	Równoważenie obciążenia	575
8.3.	SYSTEMY ROZPROSZONE	578
8.3.1.	Sprzęt sieciowy	580
8.3.2.	Usługi i protokoły sieciowe	583
8.3.3.	Warstwa middleware bazująca na dokumentach	587

8.3.4. Warstwa middleware bazująca na systemie plików	588
8.3.5. Warstwa middleware bazująca na obiektach	592
8.3.6. Warstwa middleware bazująca na koordynacji	593
8.4. BADANIA DOTYCZĄCE SYSTEMÓW WIELOPROCESOROWYCH	596
8.5. PODSUMOWANIE	597
9. BEZPIECZEŃSTWO	603
9.1. PODSTAWY BEZPIECZEŃSTWA SYSTEMÓW OPERACYJNYCH	605
9.1.1. Triada bezpieczeństwa CIA	606
9.1.2. Zasady bezpieczeństwa	607
9.1.3. Bezpieczeństwo struktury systemu operacyjnego	608
9.1.4. Zaufana baza obliczeniowa	610
9.1.5. Intruzi	611
9.1.6. Czy możemy budować bezpieczne systemy?	614
9.2. KONTROLOWANIE DOSTĘPU DO ZASOBÓW	615
9.2.1. Domeny ochrony	615
9.2.2. Listy kontroli dostępu	618
9.2.3. Uprawnienia	621
9.3. MODELE FORMALNE BEZPIECZNYCH SYSTEMÓW	624
9.3.1. Bezpieczeństwo wielopoziomowe	626
9.3.2. Kryptografia	628
9.3.3. Moduły TPM	632
9.4. UWIERZYTELNIANIE	633
9.4.1. Hasła	634
9.4.2. Uwierzytelnianie z wykorzystaniem obiektu fizycznego	640
9.4.3. Uwierzytelnianie z wykorzystaniem technik biometrycznych	642
9.5. WYKORZYSTYWANIE BŁĘDÓW W KODZIE	643
9.5.1. Ataki z wykorzystaniem przepełnienia bufora	644
9.5.2. Ataki z wykorzystaniem łańcuchów formatujących	653
9.5.3. Ataki typu „użyj po zwolnieniu”	657
9.5.4. Luki typu Type Confusion	657
9.5.5. Ataki bazujące na odwołaniach do pustego wskaźnika	659
9.5.6. Ataki z wykorzystaniem przepełnień liczb całkowitych	660
9.5.7. Ataki polegające na wstrzykiwaniu kodu	660
9.5.8. Ataki TOCTOU	661
9.5.9. Luka oparta na podwójnym pobieraniu	662

9.6.	EKSPLOATY SPRZĘTOWE	663
9.6.1.	Kanały ukryte	663
9.6.2.	Kanały boczne	666
9.6.3.	Ataki z wykorzystaniem przejściowego wykonywania	668
9.7.	ATAKI OD WEWNĄTRZ	673
9.7.1.	Bomby logiczne	673
9.7.2.	Tylne drzwi	674
9.7.3.	Podszywanie się pod ekran logowania	674
9.8.	WZMACNIANIE SYSTEMU OPERACYJNEGO	675
9.8.1.	Dokładna randomizacja	676
9.8.2.	Ograniczenia przepływu sterowania	677
9.8.3.	Ograniczenia dostępu	679
9.8.4.	Kontrole integralności kodu i danych	682
9.8.5.	Zdalna atestacja przy użyciu modułu TPM	683
9.8.6.	Hermetyzacja niezaufanego kodu	684
9.9.	BADANIA DOTYCZĄCE BEZPIECZEŃSTWA	687
9.10.	PODSUMOWANIE	688

10. PIERWSZE STUDIUM PRZYPADKU: UNIX, LINUX I ANDROID

697

10.1.	HISTORIA SYSTEMÓW UNIXILINUX	698
10.1.1.	UNICS	698
10.1.2.	PDP-11 UN K	699
10.1.3.	Przenośny UNIX	700
10.1.4.	Berkeley UNIX	701
10.1.5.	Standard UN K	702
10.1.6.	MINIX	703
10.1.7.	Linux	704
10.2.	PRZEGLĄD SYSTEMU UNIX	707
10.2.1.	Cele iinuksa	707
10.2.2.	Interfejsy systemu Linux	708
10.2.3.	Powłoka	710
10.2.4.	Programy użytkowe systemu Linux	713
10.2.5.	Struktura jądra	714

10.3.	PROCESY W SYSTEMIE LINUX	717
10.3.1.	Podstawowe pojęcia	717
10.3.2.	Wywołania systemowe Linuksa związane z zarządzaniem procesami	720
10.3.3.	Implementacja procesów i wątków w systemie Linux	724
10.3.4.	Szeregowanie w systemie Linux	> 730
10.3.5.	Synchronizacja w Linuksie	734
10.3.6.	Uruchamianie systemu Linux	735
10.4.	ZARZĄDZANIE PAMIĘCIĄ W SYSTEMIE LINUX	738
10.4.1.	Podstawowe pojęcia	738
10.4.2.	Wywołania systemowe Linuksa odpowiedzialne za zarządzanie pamięcią	741
10.4.3.	Implementacja zarządzania pamięcią w systemie Linux	742
10.4.4.	Stronicowanie w systemie Linux	748
10.5.	OPERACJE WEJŚCIA-WYJŚCIA W SYSTEMIE LINUX	751
10.5.1.	Podstawowe pojęcia	752
10.5.2.	Obsługa sieci	753
10.5.3.	Wywołania systemowe wejścia-wyjścia w systemie Linux	755
10.5.4.	Implementacja wejścia-wyjścia w systemie Linux	756
10.5.5.	Moduły w systemie Linux	759
10.6.	SYSTEM PLIKÓW LINUXA	760
10.6.1.	Podstawowe pojęcia	760
10.6.2.	Wywołania systemu plików w Linuksie	765
10.6.3.	Implementacja systemu plików Linuksa	768
10.6.4.	NFS — sieciowy system plików	776
10.7.	BEZPIECZEŃSTWO W SYSTEMIE LINUX	783
10.7.1.	Podstawowe pojęcia	783
10.7.2.	Wywołania systemowe Linuksa związane z bezpieczeństwem	785
10.7.3.	Implementacja bezpieczeństwa w systemie Linux	786
10.8.	ANDROID	786
10.8.1.	Android a Google	787
10.8.2.	Historia Androida	788
10.8.3.	Cele projektowe	792
10.8.4.	Architektura Androida	794
10.8.5.	Rozszerzenia Linuksa	796
10.8.6.	ART	799
10.8.7.	Binder IPC	801
10.8.8.	Aplikacje Androida	809
10.8.9.	Zamiaty	819

SPIS TREŚCI**17**

10.8.10. Model procesów	821
10.8.11. Bezpieczeństwo i prywatność	825
10.8.12. Uruchamianie w tle a nauki społeczne	843
10.9. PODSUMOWANIE	850

11. DRUGIE STUDIUM PRZYPADKU: WINDOWS 11 859

11.1. HISTORIA SYSTEMU WINDOWS DO WYDANIA WINDOWS 11	859
11.1.1. Lata osiemdziesiąte: MS-DOS	860
11.1.2. Lata dziewięćdziesiąte: Windows na bazie MS-DOS-a	861
11.1.3. Lata dwutysięczne: Windows na bazie NT	861
11.1.4. Windows Vista	864
11.1.5. Windows 8	865
11.1.6. Windows 10	866
11.1.7. Windows 11	867
11.2. PROGRAMOWANIE SYSTEMU WINDOWS	868
11.2.1. Platforma programowania UWP	869
11.2.2. Podsystemy Windowsa	870
11.2.3. Rdzenny interfejs programowania aplikacji (API) systemu NT	871
11.2.4. Interfejs programowania aplikacji Win32	875
11.2.5. Rejestr systemu Windows	879
11.3. STRUKTURA SYSTEMU	881
11.3.1. Struktura systemu operacyjnego	881
11.3.2. Uruchamianie systemu Windows	898
11.3.3. Implementacja menedżera obiektów	902
11.3.4. Podsystemy, biblioteki DLL i usługi trybu użytkownika	913
11.4. PROCESY I WĄTKI SYSTEMU WINDOWS	916
11.4.1. Podstawowe pojęcia	916
11.4.2. Wywołania API związane z zarządzaniem zadaniami, procesami, wątkami i włóknami	921
11.4.3. Implementacja procesów i wątków	927
11.4.4. WoW64 i emulacja	937
11.5. ZARZĄDZANIE PAMIĘCIĄ	941
11.5.1. Podstawowe pojęcia	941
11.5.2. Wywołania systemowe związane z zarządzaniem pamięcią	946
11.5.3. Implementacja zarządzania pamięcią	948
11.5.4. Kompresja pamięci	958
11.5.5. Partycje pamięci	961

11.6.	PAMIĘĆ PODRĘCZNA SYSTEMU WINDOWS	963
11.7.	OPERACJE WEJŚCIA-WYJŚCIA W SYSTEMIE WINDOWS	964
11.7.1.	Podstawowe pojęcia	965
11.7.2.	Wywołania API związane z operacjami wejścia-wyjścia	967
11.7.3.	Implementacja systemu wejścia-wyjścia	969
11.8.	SYSTEM PLIKÓW NT SYSTEMU WINDOWS	974
11.8.1.	Podstawowe pojęcia	975
11.8.2.	Implementacja systemu plików NTFS	976
11.9.	ZARZĄDZANIE ENERGIĄ W SYSTEMIE WINDOWS	986
11.10.	WIRTUALIZACJA W SYSTEMIE WINDOWS	988
11.10.1.	Hyper-V	989
11.10.2.	Kontenery	996
11.10.3.	Bezpieczeństwo oparte na wirtualizacji	1002
11.11.	BEZPIECZEŃSTWO W SYSTEMIE WINDOWS	1004
11.11.1.	Podstawowe pojęcia	1005
11.11.2.	Wywołania API związane z bezpieczeństwem	1007
11.11.3.	Implementacja bezpieczeństwa	1008
11.11.4.	Czynniki ograniczające zagrożenia bezpieczeństwa	1011
11.12.	PODSUMOWANIE	1020
12.	PROJEKT SYSTEMU OPERACYJNEGO	1027
	ISTOTA PROBLEMÓW ZWIĄZANYCH Z PROJEKTOWANIEM SYSTEMÓW	1028
12.1.1.	Cele	1028
12.1.2.	Dlaczego projektowanie systemów operacyjnych jest takie trudne?	1029
	PROJEKT INTERFEJSU	1031
12.2.1.	Zalecenia projektowe	1032
12.2.2.	Paradygmaty	1034
12.2.3.	Interfejs wywołań systemowych	1037
	IMPLEMENTACJA	1040
12.3.1.	Struktura systemu	1040
12.3.2.	Mechanizm kontra strategia	1043
12.3.3.	Ortogonalność	1044

12.3.4. Nazewnictwo	1045
12.3.5. Czas wiązania nazw	1047
12.3.6. Struktury statyczne kontra struktury dynamiczne	1048
12.3.7. Implementacja góra-dół kontra implementacja dół-góra	1049
12.3.8. Komunikacja synchroniczna kontra asynchroniczna	1050
12.3.9. Przydatne techniki	1051
12.4. WYDAJNOŚĆ	1056
12.4.1. Dlaczego systemy operacyjne są powolne?	1057
12.4.2. Co należy optymalizować?	1057
12.4.3. Dylemat przestrzeń-czas	1058
12.4.4. Buforowanie	1061
12.4.5. Wskazówki	1062
12.4.6. Wykorzystywanie efektu lokalności	1063
12.4.7. Optymalizacja z myślą o typowych przypadkach	1063
12.5. ZARZĄDZANIE PROJEKTEM	1064
12.5.1. Mityczny osobomiesiąc	1064
12.5.2. Struktura zespołu	1066
12.5.3. Znaczenie doświadczenia	1067
12.5.4. Nie istnieje jedno cudowne rozwiązanie	1069

13. LISTA PUBLIKACJI I BIBLIOGRAFIA

1073

13.1. SUGEROWANE PUBLIKACJE DODATKOWE	1073
13.1.1. Publikacje wprowadzające	1074
13.1.2. Procesy i wątki	1074
13.1.3. Zarządzanie pamięcią	1075
13.1.4. Systemy plików	1075
13.1.5. Wejście-wyjście	1076
13.1.6. Zakleszczenia	1077
13.1.7. Wirtualizacja i przetwarzanie w chmurze	1077
13.1.8. Systemy wieloprocessorowe	1078
13.1.9. Bezpieczeństwo	1079
13.1.10. Pierwsze studium przypadku: UNIX, Linux i Android	1080
13.1.11. Drugie studium przypadku: Windows	1080
13.1.12. Projekt systemu operacyjnego	1081
13.2. BIBLIOGRAFIA W PORZĄDKU ALFABETYCZNYM	1082