SPIS TREŚCI

WYKAZ STOSOWANYCH AKRONIMÓW 17

PRZEDMOWA 29

1

WPROWADZENIE 35

1.1. Początki rozwoju nośników informacji 35
1.1.1. Karta perforowana 36
1.1.2. Taśma perforowana 41
1.1.3. Zapis dźwięku 42
1.1.4. Zapis obrazu nieruchomego 47
1.1.5. Zapis obrazu ruchomego 49
1.1.6. Inne rodzaje pamięci 53
1.2. Jednostki miary pojemności pamięci 56
1.3. Typ danych a pojemność pamięci 60
1.3.1. Liczby 60
1.3.2. Daty i godziny 61
1.3.3. Teksty 62
1.3.4. Grafy 65
1.3.5. Grafika 68
1.3.6. Dźwięk 70
1.3.7. Wideo 78
1.3.8. Badania naukowe 79
1.3.9. Oprogramowanie 82
1.3.10. Rejestrowanie zdarzeń w systemach informatycznych 83
1.3.11. Jednostki danych w protokołach komunikacyjnych 83
1.4. Pamięć organizmów żywych 84
1.4.1. Pamięć ludzkiego mózgu 84
1.4.2. Pamięć DNA 90

2

CYFROWE NOŚNIKI DANYCH 93

2.1. Cyfrowe a analogowe nośniki danych . . . 94
2.2. Rodzaje cyfrowych nośników danych . . . 95
2.3. Podstawowe parametry . . . 96
2.3.1. Pojemność nośnika . . . 96
2.3.2. Czas dostępu . . . 99
2.3.3. Pamięć buforowa . . . 101
2.3.4. Szybkość transmisji . . . 102
2.3.5. Koszt . . . 102
2.4. Elementy składowe urządzenia . . . 103
2.5. Rodzaje systemów pamięci . . . 104
2.6. Standaryzacja nośników i systemów przechowywania danych . . . 106
2.6.1. Organizacje standaryzacyjne . . . 106
2.6.2. Problemy konkurencyjności technologii . . . 108
2.7. Model OSSI . . . 109
2.7.1. Środowisko aplikacji . . . 110
2.7.2. Moduły usług . . . 110
2.7.3. Podstawowe koncepcje . . . 110
2.7.4. Środowisko i interfejs programowy . . . 111
2.7.5. Charakterystyka funkcjonalna . . . 112
2.7.6. HPSS . . . 113
2.8. Wielopoziomowa struktura pamięci . . . 114
2.8.1. Pamięć podręczna i operacyjna . . . 115
2.8.2. Pamięć zewnętrzna . . . 117
2.9. Podsumowanie . . . 118

3

KOMPRESJA I KODOWANIE DANYCH 120

3.1. Kompresja . . . 121
3.1.1. Klasyfikacja metod kompresji . . . 121
3.1.2. Kompresja grafiki . . . 124
3.1.3. Kompresja dźwięku . . . 127
3.1.4. Kompresja wideo . . . 128
3.1.5. Uniwersalne metody kompresji . . . 132
3.2. Metody wykrywania i korygowania błędów . . . 148
3.2.1. Bity parzystości i kody cykliczne . . . 148
3.2.2. Metody korygowania błędów . . . 151
3.2.3. Kody Reeda–Solomona . . . 151
3.3. Kodowanie kanałowe . . . 158
3.3.1. Metoda powrotu do zera . . . 158
3.3.2. Metoda powrotu do polaryzacji . . . 158
3.3.3. Metoda bez powrotu do zera . . . 160
3.3.4. Metoda NRZI . . . 160

3.3.5. Metoda kodowania fazowego 161
3.3.6. Metoda modulacji częstotliwości 161
3.3.7. Zmodyfikowana metoda modulacji częstotliwości 162
3.3.8. Metody RLL 163
3.3.9. Kodowanie w metodach PRML 176
3.3.10. Algorytmy analizy sygnału odczytu 177
3.4. Podsumowanie 181

4

MAGISTRALE I INTERFEJSY 182

4.1. ST412/506 183
4.2. ESDI 184
4.3. ATA 184
4.3.1. Adapter ATA 185
4.3.2. Sterownik ATA 187
4.3.3. Rozkazy 188
4.3.4. Podstawowe tryby pracy 190
4.3.5. ATA-2 i kolejne wersje 193
4.3.6. ATA-PI 196
4.3.7. S-ATA 196
4.3.8. AoE 198
4.4. Magistrala SCSI 198
4.4.1. Architektura systemu 199
4.4.2. Warstwa fizyczna 200
4.4.3. Fazy transmisji 202
4.4.4. Komunikaty 204
4.4.5. Rozkazy 205
4.4.6. SES 206
4.4.7. Metody optymalizacji 206
4.4.8. SCSI-3 208
4.4.9. SAS 209
4.4.10. iSCSI 210
4.5. Interfejs dysków elastycznych 211
4.6. Fibre Channel 212
4.6.1. Architektura systemu 212
4.6.2. SCSI-FCP 214
4.6.3. FCIP 215
4.6.4. IFCP 215
4.7. Inne interfejsy 216
4.7.1. SSA 216
4.7.2. SDX 217
4.7.3. IEEE 1394 217
4.7.4. USB 217
4.7.5. HiPPI 219
4.7.6. PCMCIA 219
4.7.7. InfiniBand 222

4.7.8. FICON 222
4.8. Podsumowanie 222

5
PAMIĘĆ MAGNETYCZNA 224

5.1. Podstawy działania 224
5.1.1. Elementy magnetyzmu 224
5.1.2. Zapis i odczyt danych 232
5.1.3. Technologie tworzenia warstw magnetycznych 240
5.2. Rozwój 242
5.2.1. Pamięć rdzeniowa 242
5.2.2. Pamięć cienkowarstwowa 243
5.2.3. Pamięć bębnowa 243
5.2.4. Pamięć paskowa 245
5.2.5. Pamięć pęcherzykowa 245
5.3. Dyski magnetyczne 246
5.3.1. Rozwój 246
5.3.2. Logiczna organizacja danych 248
5.3.3. Eliminowanie uszkodzonych sektorów 253
5.3.4. Szyfrowanie sektorów 254
5.4. Dyski twarde 254
5.4.1. Obudowa 255
5.4.2. Dyski 255
5.4.3. Mechanizm napędowy 257
5.4.4. Mechanizm przesuwania głowic 258
5.4.5. Głowice 261
5.4.6. Układy elektroniczne 267
5.5. Dyski wymienne 268
5.5.1. Rozwój magnetycznych dysków wymiennych 268
5.5.2. Dyskietka 3,5-calowa 271
5.5.3. Inne rodzaje dysków wymiennych 273
5.6. Pamięć taśmowa 277
5.6.1. Początki cyfrowego zapisu danych na taśmach 277
5.6.2. Charakterystyka ogólna 279
5.6.3. Rodzaje taśm 281
5.6.4. Taśmy z zapisem liniowym i serpentynowym 287
5.6.5. Technologia QIC 289
5.6.6. DLT 296
5.6.7. IBM 34xx i 35xx 300
5.6.8. LTO 302
5.6.9. Kasety magnetofonowe 305
5.6.10. Taśmy z zapisem ukośnym 305
5.6.11. Technologia DDS 307
5.6.12. Taśmy 8 mm 308
5.6.13. Taśmy DD 311
5.6.14. Inne technologie zapisu ukośnego 312

5.6.15. Urządzenia do zapisu i odczytu zbiorów taśm 315
5.7. Podsumowanie 317

6

PAMIĘĆ MAGNETOOPTYCZNA 319

6.1. Budowa i zasada działania 319
6.1.1. Wielowarstwowa struktura nośnika 320
6.1.2. Zapis termomagnetyczny 321
6.1.3. Odczyt 324
6.2. Technologia NFR 325
6.3. Dyski magnetooptyczne 328
6.3.1. Klasyfikacja 328
6.3.2. Organizacja danych 330
6.3.3. AS-MO 330
6.3.4. MiniDisc 330
6.3.5. ODW25 331
6.3.6. OSD 331
6.4. Taśmy magnetooptyczne 332
6.5. Podsumowanie 333

7

PAMIĘĆ OPTYCZNA 334

7.1. Początki rozwoju 334
7.2. Zasada działania 335
7.2.1. Elementy optyki 335
7.2.2. Zapis 341
7.2.3. Odczyt 342
7.2.4. Serwomechanizm 344
7.3. Nośniki optyczne a magnetyczne 345
7.4. CD 346
7.4.1. Budowa 346
7.4.2. Kodowanie i organizacja danych 348
7.4.3. Standardy 351
7.4.4. CD-DA 352
7.4.5. CD-ROM 359
7.4.6. CD-R 369
7.4.7. CD-RW 376
7.4.8. System plików 379
7.5. UMD 380
7.6. DVD 381
7.6.1. Budowa 382
7.6.2. Logiczna organizacja danych 385
7.6.3. Rodzaje dysków 388
7.6.4. DVD-Video 388
7.6.5. DVD-Audio 391

7.6.6. DVD-ROM 392
7.6.7. Dyski zapisywalne 393
7.7. FVD 397
7.8. HD-DVD 397
7.8.1. HD-DVD-ROM 398
7.8.2. HD-DVD-RW 399
7.9. Blu-ray 400
7.9.1. Budowa i działanie 401
7.9.2. Dyski zapisywalne 402
7.10. UDO 403
7.11. Karty optyczne 403
7.12. Taśmy optyczne 403
7.13. Biblioteki nośników optycznych 405
7.14. Podsumowanie 405

8

PAMIĘĆ PÓŁPRZEWODNIKOWA FLESZOWA 408

8.1. Budowa komórki pamięci 408
8.2. Rodzaje komórek pamięci 411
8.2.1. Technologia NOR 411
8.2.2. Technologia NAND 413
8.2.3. Komórki MLC 414
8.3. Karty elektroniczne 415
8.4. Dyski półprzewodnikowe 416
8.4.1. SSD 416
8.4.2. SmartDisk 417
8.5. Moduły pamięci fleszowej 417
8.5.1. Compact Flash 419
8.5.2. SmartMedia 419
8.5.3. Memory Stick 420
8.5.4. MultiMediaCard i Secure Digital 420
8.5.5. TransFlash 421
8.5.6. xD-Picture 421
8.5.7. C-Flash 422
8.6. Podsumowanie 422

9

BEZPIECZEŃSTWO DANYCH 423

9.1. Trwałość nośników i urządzeń 425
9.1.1. Podatność nośników na wpływ czynników szkodliwych 427
9.1.2. Parametry związane z niezawodnością 439
9.2. Macierze RAID 444
9.2.1. RAID 0 446
9.2.2. RAID 1 446

9.2.3. RAID 0+1 446
9.2.4. RAID 2 447
9.2.5. RAID 3 448
9.2.6. RAID 4 448
9.2.7. RAID 5 449
9.2.8. RAID 6 449
9.2.9. Sterowniki RAID 450
9.3. Macierze MAID 451
9.4. Macierze RAIT 451
9.5. Systemy ostrzegania 452
9.5.1. Standard MEMR 452
9.5.2. SMART 453
9.5.3. PFA 453
9.5.4. TapeAlert 454
9.6. Nieodwracalne usuwanie danych 454
9.6.1. Charakterystyka problemu 454
9.6.2. Nośniki magnetyczne 457
9.6.3. Nośniki optyczne 459
9.6.4. Pamięci półprzewodnikowe 460
9.6.5. Niszczenie nośników 460
9.7. Podsumowanie 461

10

KOPIE ZAPASOWE 462

10.1. Rodzaje kopii zapasowych 464
10.1.1. Kopia stanu wyjściowego 464
10.1.2. Kopia pełna 464
10.1.3. Kopia przyrostowa różnicowa 465
10.1.4. Kopia przyrostowa kumulacyjna 465
10.1.5. Kopia migawkowa 465
10.1.6. Kopie typu delta 466
10.1.7. Ciągła ochrona danych 467
10.1.8. Kopie plików a kopie bloków 467
10.1.9. Kopie scentralizowane a kopie indywidualne 468
10.2. Wykonywanie kopii podczas pracy systemu 470
10.3. Rotacja nośników 470
10.3.1. Klasyfikacja 470
10.3.2. Metoda syn 471
10.3.3. Metoda tandemowa 471
10.3.4. Metoda syn/ojciec 471
10.3.5. Metoda syn/ojciec/dziadek 473
10.3.6. Metoda Saxon 473
10.3.7. Metoda Wieże Hanoi 474
10.4. Zasady wykonywania i przechowywania plików zapasowych i archiwalnych 475
10.4.1. Harmonogram 476

10.4.2. Bezpieczeństwo kopii 476
10.4.3. Weryfikacja i migracja kopii 477
10.4.4. Prawne aspekty przechowywania danych 478
10.5. Podsumowanie **484**

11

ZARZĄDZANIE SYSTEMAMI PAMIĘCI **486**

11.1. Funkcje obsługi pamięci w systemach operacyjnych **486**
11.1.1. Unix 487
11.1.2. MS Windows 490
11.2. HSM **494**
11.2.1. Charakterystyka ogólna 494
11.2.2. Działanie systemu 496
11.2.3. Kryteria i zasady migracji 498
11.2.4. Implementacje 499
11.3. Zarządzanie okresem istnienia informacji **500**
11.4. SRM **502**
11.5. Podsumowanie **502**

12

PAMIĘĆ W SIECIACH KOMPUTEROWYCH **503**

12.1. Konwergencja sieci i pamięci **503**
12.2. DAS **512**
12.3. NAS **512**
12.4. SAN **513**
12.4.1. Budowa i działanie 513
12.4.2. Adresowanie urządzeń 515
12.4.3. Zarządzanie 515
12.5. Inne architektury **516**
12.5.1. Konwergencja systemów SAN i NAS 516
12.5.2. Dostęp do pamięci z użyciem IP 517
12.5.3. ENSA 518
12.5.4. FSAM 518
12.5.5. NDMP 519
12.5.6. CAS 519
12.5.7. WAFS 519
12.6. Ochrona poufności danych **520**
12.7. Wirtualizacja pamięci masowych **521**
12.8. Gridy pamięci zewnętrznych **521**
12.8.1. Budowa i działanie gridu 521
12.8.2. System RAIN 523
12.9. Podsumowanie **524**

13

TECHNOLOGIE PRZYSZŁOŚCI 525

13.1. Kierunki rozwoju ... **525**
13.1.1. Nanotechnologia ... 527
13.1.2. Teoretyczne granice pojemności pamięci ... 529
13.2. Pamięć holograficzna ... **529**
13.2.1. Charakterystyka ogólna ... 530
13.2.2. Zapis ... 532
13.2.3. Odczyt ... 534
13.2.4. Technologia PSHB ... 534
13.2.5. Przykłady ... 535
13.3. Inne pamięci optyczne ... **536**
13.3.1. MODS ... 536
13.3.2. Pamięci polimerowe ... 536
13.3.3. Pamięć proteinowa ... 537
13.3.4. Pamięci fluorescencyjne ... 538
13.3.5. Pamięć dwufotonowa ... 538
13.3.6. Pamięć DNA ... 540
13.4. Pamięci z oddziaływaniami elektrycznymi ... **541**
13.4.1. Pamięć elektryczna zmiennofazowa ... 541
13.4.2. Pamięć ferroelektryczna ... 542
13.4.3. Pamięć elektrostatyczna ... 543
13.4.4. Pamięć molekularna ... 543
13.4.5. Pamięć jednoelektronowa ... 544
13.5. Pamięci magnetyczne ... **545**
13.5.1. MRAM ... 545
13.5.2. Magnetyczne materiały światłoczułe ... 546
13.5.3. Pamięć magnetyczno–białkowa ... 547
13.6. Pamięć termomechaniczna ... **547**
13.7. FIB ... **549**
13.8. Pamięć jednoatomowa ... **550**
13.9. Pamięć w komputerach kwantowych ... **550**
13.10. Podsumowanie ... **552**

LITERATURA 553

WAŻNIEJSZE STANDARDY I RAPORTY TECHNICZNE 569

Standardy ANSI ... **569**
Standardy ISO/IEC ... **569**
Dyski optyczne ... 569
Taśmy magnetyczne ... 572
Kasety i kartrydże dla taśm magnetycznych ... 573
Dyski magnetyczne ... 575
Inne ... 578

Standardy ECMA 579
Dyski magnetyczne 579
Taśmy magnetyczne 579
Dyski optyczne 581

SKOROWIDZ 583