

SPIS TREŚCI

Wstęp	17
1. Wprowadzenie	21
1.1. Zastosowania sieci komputerowych	23
1.1.1. Zastosowania w biznesie	23
1.1.2. Zastosowania domowe	26
1.1.3. Użytkownicy mobilni	31
1.1.4. Kwestie społeczne	34
1.2. Sprzęt sieciowy	38
1.2.1. Sieci osobiste	39
1.2.2. Sieci lokalne	40
1.2.3. Sieci miejskie	44
1.2.4. Sieci rozległe	46
1.2.5. Sieci złożone	49
1.3. Oprogramowanie sieciowe	50
1.3.1. Hierarchie protokołów	51
1.3.2. Zagadnienia projektowania warstw	55
1.3.3. Usługi połączeniowe i bezpołączeniowe	57
1.3.4. Funkcje podstawowe usług	60
1.3.5. Związki usług z protokołami	62

1.4.	Modele odniesienia	63
1.4.1.	Model odniesienia OSI	63
1.4.2.	Model odniesienia TCP/IP	67
1.4.3.	Model omawiany w książce	70
1.4.4.	Porównanie modeli odniesienia OSI i TCP/IP*	71
1.4.5.	Krytyka modelu i protokołów OSI*	73
1.4.6.	Krytyka modelu odniesienia TCP/IP*	75
1.5.	Przykłady sieci	76
1.5.1.	Internet	76
1.5.2.	Sieci komórkowe trzeciej generacji*	87
1.5.3.	Bezprzewodowe sieci lokalne — 802.11*	92
1.5.4.	RFID i sieci sensorowe*	96
1.6.	Standaryzacja sieci*	99
1.6.1.	Kto jest kim w świecie telekomunikacji?	100
1.6.2.	Kto jest kim w świecie standardów międzynarodowych?	102
1.6.3.	Kto jest kim w świecie standardów internetowych?	103
1.7.	Jednostki metryczne	105
1.8.	Zarys pozostałej części książki	106
1.9.	Podsumowanie	108

2. Warstwa fizyczna

113

2.1.	Teoretyczne podstawy transmisji danych	114
2.1.1.	Analiza Fouriera	114
2.1.2.	Sygnały z ograniczonym pasmem	114
2.1.3.	Maksymalna przepływność kanału	118
2.2.	Kierowane nośniki transmisji	119
2.2.1.	Nośniki magnetyczne	119
2.2.2.	Skrętka	120
2.2.3.	Kabel koncentryczny	122
2.2.4.	Linie zasilające	123
2.2.5.	Światłowody	124
2.3.	Transmisja bezprzewodowa	130
2.3.1.	Widmo elektromagnetyczne	130
2.3.2.	Transmisja radiowa	133
2.3.3.	Transmisja mikrofalowa	135
2.3.4.	Fale milimetrowe i podczerwień	138
2.3.5.	Transmisja optyczna	139

2.4.	Satelity telekomunikacyjne*	141
2.4.1.	Satelity geostacjonarne	142
2.4.2.	Satelity na orbitach średnich	146
2.4.3.	Satelity na orbitach niskich	146
2.4.4.	Satelity kontra światłowód	148
2.5.	Modulacja cyfrowa i multipleksacja	150
2.5.1.	Transmisja w paśmie podstawowym	150
2.5.2.	Transmisja w paśmie przepustowym	156
2.5.3.	Multipleksacja z podziałem częstotliwości	158
2.5.4.	Multipleksacja z podziałem czasu	161
2.5.5.	Multipleksacja na bazie sekwencji rozpraszających	161
2.6.	Publiczna komutowana sieć telefoniczna	165
2.6.1.	Struktura systemu telefonicznego	166
2.6.2.	Pętla lokalna — modemy, ADSL i światłowody	168
2.6.3.	Łącza dalekosiężne i multipleksacja	177
2.6.4.	Komutacja	186
2.7.	Systemy telefonii mobilnej*	190
2.7.1.	Telefony mobilne pierwszej generacji (1G) — głosowe analogowe	192
2.7.2.	Telefony mobilne drugiej generacji (2G) — głosowe cyfrowe	195
2.7.3.	Telefony mobilne trzeciej generacji (3G) — cyfrowy głos i dane	200
2.8.	Telewizja kablowa*	206
2.8.1.	Telewizja i anteny zbiorcze	206
2.8.2.	Internet w kablówce	207
2.8.3.	Przydziały pasma	208
2.8.4.	Modemy kablowe	210
2.8.5.	ADSL czy kabel?	212
2.9.	Podsumowanie	213

3. Warstwa łącza danych 221

3.1.	Problemy projektowe warstwy łącza danych	222
3.1.1.	Usługi świadczone dla warstwy sieciowej	222
3.1.2.	Ramkowanie	225
3.1.3.	Kontrola błędów	229
3.1.4.	Sterowanie przepływem	230
3.2.	Wykrywanie i korekcja błędów	231
3.2.1.	Kody korekcyjne	233
3.2.2.	Kody detekcyjne	239

3.3.	Podstawowe protokoły łącza danych	245
3.3.1.	Przykładowy protokół simpleksowy	250
3.3.2.	Simpleksowy protokół stop-and-wait dla kanału wolnego od błędów	251
3.3.3.	Protokół simpleksowy dla kanału z zakłóceniami	253
3.4.	Protokoły z oknem przesuwającym	257
3.4.1.	Protokół z jednobitowym oknem przesuwającym	260
3.4.2.	Protokół używający techniki „wróć do n”	262
3.4.3.	Protokół używający powtórzeń selektywnych	269
3.5.	Przykładowe protokoły łącza danych	275
3.5.1.	Pakiety w sieci SONET	275
3.5.2.	ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop)	279
3.6.	Podsumowanie	282
4.	Podwarstwa kontroli dostępu do nośnika	287
4.1.	Problem przydzielania kanału	288
4.1.1.	Statyczne przydzielanie kanałów	288
4.1.2.	Założenia dla dynamicznego przydzielania kanału w sieciach	290
4.2.	Protokoły dostępu wielokrotnego	292
4.2.1.	ALOHA	292
4.2.2.	Protokoły dostępu wielokrotnego z wykrywaniem nośnej	297
4.2.3.	Protokoły bezkolizyjne	300
4.2.4.	Protokoły z ograniczoną rywalizacją	304
4.2.5.	Protokoły bezprzewodowych sieci LAN	308
4.3.	Ethernet	311
4.3.1.	Warstwa fizyczna klasycznego Ethernetu	312
4.3.2.	Protokół podwarstwy MAC klasycznego Ethernetu	313
4.3.3.	Wydajność sieci Ethernet	317
4.3.4.	Przełączany Ethernet	319
4.3.5.	Fast Ethernet	322
4.3.6.	Gigabit Ethernet	325
4.3.7.	Ethernet 10-gigabitowy	329
4.3.8.	Ethernet z perspektywy czasu	330
4.4.	Bezprzewodowe sieci lokalne	332
4.4.1.	Architektura i stos protokołów 802.11	332
4.4.2.	Warstwa fizyczna 802.11	334
4.4.3.	Protokół podwarstwy MAC w 802.11	336
4.4.4.	Struktura ramki 802.11	343
4.4.5.	Usługi	345

4.5.	Szerokopasmowe łącza bezprzewodowe*	347
4.5.1.	Porównanie 802.16, 802.11 i telefonii komórkowej 3G	348
4.5.2.	Architektura i stos protokołów 802.16	349
4.5.3.	Warstwa fizyczna 802.16	350
4.5.4.	Protokół podwarstwy MAC 802.16	352
4.5.5.	Struktura ramki 802.16	354
4.6.	Bluetooth*	355
4.6.1.	Architektura Bluetooth	355
4.6.2.	Zastosowania Bluetooth	356
4.6.3.	Stos protokołów Bluetooth	358
4.6.4.	Warstwa radiowa w Bluetooth	359
4.6.5.	Warstwy łącza Bluetooth	359
4.6.6.	Struktura ramki Bluetooth	361
4.7.	RFID*	363
4.7.1.	Architektura EPC Gen 2	363
4.7.2.	Warstwa fizyczna EPC Gen 2	364
4.7.3.	Warstwa identyfikacji znacznika EPC Gen 2	365
4.7.4.	Formaty komunikatów identyfikacji znaczników	367
4.8.	Przełączanie w warstwie łącza danych	368
4.8.1.	Zastosowania mostów	369
4.8.2.	Podstawy działania mostów	370
4.8.3.	Drzewa częściowe mostów	374
4.8.4.	Wzmacniaki, koncentratory, mosty, przełączniki, routery i bramy	377
4.8.5.	Wirtualne sieci LAN	380
4.9.	Podsumowanie	387

5. Warstwa sieciowa 393

5.1.	Problemy projektowe warstwy sieciowej	393
5.1.1.	Komutacja pakietów z buforowaniem	394
5.1.2.	Usługi świadczone na rzecz warstwy transportowej	394
5.1.3.	Implementacja usługi bezpołączeniowej	396
5.1.4.	Implementacja usługi połączeniowej	397
5.1.5.	Porównanie sieci obwodów wirtualnych i datagramowych	398
5.2.	Algorytmy routingu	400
5.2.1.	Zasada optymalności	402
5.2.2.	Algorytm z wyborem najkrótszej ścieżki	403
5.2.3.	Routing rozplywowy	406
5.2.4.	Routing z użyciem wektorów odległości	408
5.2.5.	Routing z użyciem stanów połączeń	411

5.2.6. Routing hierarchiczny	416
5.2.7. Routing rozgłoszeniowy	418
5.2.8. Routing rozsyłania grupowego	420
5.2.9. Rozprowadzanie do najbliższego węzła (anycast)	424
5.2.10. Routing dla hostów mobilnych	425
5.2.11. Routing w sieciach ad hoc	427
5.3. Algorytmy kontroli przeciążeń	431
5.3.1. Metody kontroli przeciążeń	433
5.3.2. Routing z uwzględnieniem warunków ruchu	435
5.3.3. Kontrola dopuszczenia do sieci	436
5.3.4. Dławienie ruchu	437
5.3.5. Zrzut obciążenia	442
5.4. Jakość obsługi	444
5.4.1. Wymogi	445
5.4.2. Kształtowanie ruchu	447
5.4.3. Szeregowanie pakietów	451
5.4.4. Kontrola dopuszczenia	455
5.4.5. Usługi zintegrowane	459
5.4.6. Usługi zróżnicowane	462
5.5. Sieci złożone	465
5.5.1. Różnice między sieciami	467
5.5.2. Łączenie sieci	468
5.5.3. Tunelowanie	471
5.5.4. Routing w sieciach złożonych	473
5.5.5. Fragmentacja pakietów	474
5.6. Warstwa sieciowa w Internecie	478
5.6.1. Protokół IPv4	481
5.6.2. Adresy IP	485
5.6.3. IPv6	498
5.6.4. Internetowe protokoły sterujące	508
5.6.5. Etykietowanie i MPLS	514
5.6.6. OSPF — protokół bram wewnętrznych	517
5.6.7. Protokół bram zewnętrznych BGP	522
5.6.8. Rozsyłanie grupowe w Internecie	528
5.6.9. Mobilny IP	529
5.7. Podsumowanie	533

6. Warstwa transportowa 539

6.1. Usługa transportowa	539
6.1.1. Usługi świadczone na rzecz wyższych warstw	540

6.1.2. Prymitywy usług transportowych	542
6.1.3. Gniazda Berkeley Sockets	546
6.1.4. Przykład programowania — internetowy serwer plików	548
6.2. Elementy protokołów transportowych	553
6.2.1. Adresowanie	555
6.2.2. Ustanawianie połączenia	558
6.2.3. Zwalnianie połączenia	564
6.2.4. Kontrola błędów i sterowanie przepływem	569
6.2.5. Multipleksacja	575
6.2.6. Odtwarzanie po awarii	576
6.3. Kontrola przeciążeń	579
6.3.1. Skuteczna alokacja przepustowości	579
6.3.2. Regulacja prędkości wysyłania danych	584
6.3.3. Kwestie dotyczące sieci bezprzewodowych	589
6.4. Internetowe protokoły transportowe — UDP	592
6.4.1. Wprowadzenie do protokołu UDP	592
6.4.2. Zdalne wywołania procedur	594
6.4.3. Protokoły transportowe czasu rzeczywistego	598
6.5. Internetowe protokoły transportowe — TCP	605
6.5.1. Wprowadzenie do TCP	605
6.5.2. Model usługi TCP	606
6.5.3. Protokół TCP	609
6.5.4. Nagłówek segmentu TCP	611
6.5.5. Nawiązywanie połączenia TCP	615
6.5.6. Zwalnianie połączenia TCP	616
6.5.7. Model TCP zarządzania połączeniami	617
6.5.8. Okna przesuwne	620
6.5.9. Zarządzanie czasem przez TCP	624
6.5.10. Kontrola przeciążeń w TCP	627
6.5.11. Przyszłość protokołu TCP	638
6.6. Wydajność sieci*	639
6.6.1. Problemy związane z wydajnością sieci komputerowych	640
6.6.2. Pomiar wydajności sieci	641
6.6.3. Projektowanie hostów dla szybkich sieci	645
6.6.4. Szybkie przetwarzanie segmentów	649
6.6.5. Kompresja nagłówków	652
6.6.6. Protokoły dla szybkich sieci długodystansowych	655
6.7. Sieci niewrażliwe na opóźnienia*	660
6.7.1. Architektura sieci DTN	661
6.7.2. Protokół paczki	664
6.8. Podsumowanie	667

7. Warstwa aplikacji 673

7.1.	DNS — system nazw domen	673
	7.1.1. Przestrzeń nazw DNS	675
	7.1.2. Rekordy zasobów domenowych	678
	7.1.3. Serwery nazw	682
7.2.	Poczta elektroniczna*	686
	7.2.1. Architektura i usługi	688
	7.2.2. Agent użytkownika	690
	7.2.3. Formaty wiadomości	695
	7.2.4. Transfer wiadomości	704
	7.2.5. Protokoły dostarczania końcowego	710
7.3.	WWW	714
	7.3.1. Przegląd architektury WWW	715
	7.3.2. Statyczne dokumenty WWW	733
	7.3.3. Strony dynamiczne i aplikacje WWW	744
	7.3.4. HTTP — protokół przesyłu hipertekstu	757
	7.3.5. Mobilne WWW	769
	7.3.6. Wyszukiwanie w sieci WWW	772
7.4.	Strumieniowe transmisje wideo i dźwięku	774
	7.4.1. Dźwięk cyfrowy	776
	7.4.2. Cyfrowe wideo	782
	7.4.3. Strumieniowanie z dysku	792
	7.4.4. Strumieniowanie na żywo	801
	7.4.5. Telekonferencje	805
7.5.	Dystrybucja treści	816
	7.5.1. Treści a ruch w Internecie	818
	7.5.2. Farmy serwerów i serwery pośredniczące WWW	821
	7.5.3. Sieci dystrybucji treści	826
	7.5.4. Sieci równorzędne P2P	832
7.6.	Podsumowanie	843

8. Bezpieczeństwo w sieciach komputerowych 849

8.1.	Kryptografia	853
	8.1.1. Wprowadzenie do kryptografii	853
	8.1.2. Szyfry podstawieniowe	856
	8.1.3. Szyfry przestawieniowe	858

8.1.4. Systemy kluczy jednokrotnych	859
8.1.5. Dwie fundamentalne zasady kryptografii	864
8.2. Algorytmy szyfrowania z kluczami symetrycznymi	867
8.2.1. DES	869
8.2.2. AES	872
8.2.3. Tryby szyfrowania	876
8.2.4. Inne przykłady szyfrów	881
8.2.5. Kryptoanaliza	882
8.3. Algorytmy z kluczami publicznymi	883
8.3.1. RSA	884
8.3.2. Inne algorytmy szyfrowania z kluczem publicznym	886
8.4. Podpis cyfrowy	887
8.4.1. Podpisy oparte na kluczach symetrycznych	888
8.4.2. Podpisy oparte na kluczach publicznych	889
8.4.3. Skróty komunikatów	891
8.4.4. Atak urodzinowy	895
8.5. Zarządzanie kluczami publicznymi	898
8.5.1. Certyfikaty	898
8.5.2. X.509	900
8.5.3. Infrastruktura kluczy publicznych	901
8.6. Bezpieczeństwo komunikacji	904
8.6.1. IPsec	905
8.6.2. Zapory sieciowe	909
8.6.3. Prywatne sieci wirtualne	913
8.6.4. Bezpieczeństwo w sieciach bezprzewodowych	915
8.7. Protokoły uwierzytelniania	920
8.7.1. Uwierzytelnianie w oparciu o współdzielony tajny klucz	921
8.7.2. Ustanawianie dzielonego klucza: metoda Diffiego-Hellmana wymiany kluczy	926
8.7.3. Uwierzytelnianie z udziałem centrum dystrybucji kluczy	928
8.7.4. Uwierzytelnianie w oparciu o Kerberos	931
8.7.5. Uwierzytelnianie z użyciem kluczy publicznych	933
8.8. Bezpieczeństwo poczty elektronicznej*	934
8.8.1. PGP	935
8.8.2. S/MIME	939
8.9. Bezpieczeństwo WWW	940
8.9.1. Zagrożenia	940
8.9.2. Bezpieczne nazewnictwo	941
8.9.3. SSL	947
8.9.4. Bezpieczeństwo ruchomego kodu	951

8.10.	Spoleczne aspekty sieci komputerowych	955
8.10.1.	Ochrona prywatności	955
8.10.2.	Wolność słowa	958
8.10.3.	Prawa autorskie	962
8.11.	Podsumowanie	965
9.	Bibliografia i literatura uzupełniająca	973
9.1.	Zalecana literatura uzupełniająca*	973
9.1.1.	Wprowadzenie i zagadnienia ogólne	974
9.1.2.	Warstwa fizyczna	975
9.1.3.	Warstwa łącza danych	976
9.1.4.	Podwarstwa sterowania dostępem do nośnika	976
9.1.5.	Warstwa sieciowa	977
9.1.6.	Warstwa transportowa	978
9.1.7.	Warstwa aplikacji	978
9.1.8.	Bezpieczeństwo sieciowe	979
9.2.	Bibliografia w układzie alfabetycznym*	981
	Skorowidz	999
	O autorach	1023