

---

# Spis treści

Przedmowa .....	15
-----------------	----

---

## Część I Wprowadzenie do technologii Ethernet

<b>1. Evolucja sieci Ethernet .....</b>	<b>23</b>
Historia Ethernetu	23
Sieć Aloha	24
Wynalezienie Ethernetu	24
Ulepszenia Ethernetu	26
Przemiana Ethernetu — obsługa skrętki	26
Przemiana Ethernetu — szybkość 100 Mb/s	27
Przemiana Ethernetu — szybkość 1000 Mb/s	28
Przemiana Ethernetu — szybkości 10, 40 i 100 Gb/s	28
Przemiana Ethernetu — obsługa nowych możliwości	28
Przełączniki Ethernet	29
Przyszłość Ethernetu	29
<b>2. Standardy IEEE dotyczące Ethernetu .....</b>	<b>31</b>
Ewolucja standardu Ethernet	31
Standardy nośników Ethernet	33
Dodatki do standardu IEEE	33
Robocze wersje standardów	34
Różnice między standardami DIX a IEEE	35
Organizacja standardów IEEE	35
Siedem warstw modelu OSI	35
Podwarstwy IEEE w ramach modelu OSI	37
Poziomy zgodności	38
Znaczenie zgodności ze standardem	39
Identyfikatory IEEE systemów nośników	39
Systemy nośników 10 Mb/s	40
Systemy nośników 100 Mb/s	41
Systemy nośników 1000 Mb/s	42
Systemy nośników 10 Gb/s	43

Systemy nośników 40 Gb/s	43
Systemy nośników 100 Gb/s	43
<b>3. System Ethernet .....</b>	<b>45</b>
Cztery podstawowe elementy systemu Ethernet	45
Ramka Ethernet	46
Protokół Media Access Control	47
Sprzęt	50
Protokoły sieciowe a Ethernet	53
Dostarczanie Best-Effort	53
Konstrukcja protokołów sieciowych	54
Enkapsulacja protokołów	54
Protokół internetowy a adresy Ethernet	55
Co dalej?	57
<b>4. Ramka sieci Ethernet i tryb pełnego duplexu .....</b>	<b>59</b>
Ramka Ethernet	60
Preambuła	60
Adres docelowy	62
Adres źródłowy	63
Znacznik Q	64
Prefiks i sufiks koperty	64
Pole typu lub rozmiaru	66
Pole danych	67
Pole FCS	67
Wykrywanie końca ramki	68
Protokół dostępu do nośnika w trybie pełnego duplexu	68
Działanie w trybie pełnego duplexu	69
Efekty działania w trybie pełnego duplexu	70
Konfigurowanie działania w trybie pełnego duplexu	70
Obsługa pełnego duplexu przez różne rodzaje nośników	71
Długości segmentów nośników pracujących w trybie pełnego duplexu	71
Kontrola przepływu w systemie Ethernet	72
Operacja PAUSE	73
Protokoły wysokiego poziomu a ramka Ethernet	74
Multipleksowanie danych w ramach	74
Sterowanie łączem logicznym IEEE	75
Protokół dostępu do podsieci LLC	76
<b>5. Automatyczna negocjacja .....</b>	<b>79</b>
Rozwój protokołu automatycznej negocjacji	80
Automatyczna negocjacja dla nośników światłowodowych	80
Podstawowe pojęcia związane z automatyczną negocjacją	81
Sygnalizacja automatycznej negocjacji	82
Działanie wiązki FLP	84
Proces automatycznej negocjacji	86
Równoległa detekcja	88
Działanie systemu równoległej detekcji	89

Równoległa detekcja i niedopasowanie duplexu	90
Charakterystyka czasowa protokołu automatycznej negocjacji	91
Automatyczna negocjacja a problemy związane z okablowaniem	92
Ograniczanie szybkości połączenia Ethernet dla kabli kategorii 3.	93
Problemy okablowania a automatyczna negocjacja w systemach Gigabit Ethernet	93
Kable z przeplotem a automatyczna negocjacja	94
Automatyczna negocjacja dla technologii 1000BASE-X Gigabit Ethernet	95
Polecenia automatycznej negocjacji	96
Wyłączanie automatycznej negocjacji	96
Debugowanie automatycznej negocjacji	97
Ogólne informacje dotyczące debugowania	98
Narzędzia i polecenia diagnostyczne	98
Opracowanie zasad konfiguracji łączy	100
Strategie konfiguracji łączy dla sieci korporacyjnych	101
Problemy z ręczną konfiguracją	101
<b>6. Zasilanie przez Ethernet .....</b>	<b>103</b>
Standardy technologii zasilania przez Ethernet	103
Cele standardu PoE	104
Urządzenia, które mogą być zasilane przez sieć Ethernet	104
Korzyści ze stosowania technologii PoE	105
Rola urządzeń PoE	105
Parametry typu PoE	107
Działanie PoE	107
Detekcja mocy	108
Klasyfikacja mocy	108
Utrzymywanie łączy zasilającego	110
Monitorowanie awarii zasilania	111
PoE a pary kabli	111
PoE a okablowanie Ethernet	112
Zarządzanie zasilaniem PoE	115
Wymagania zasilania PoE	115
Zarządzanie portami PoE	116
Monitorowanie PoE i nadzorowanie mocy	116
Rozszerzenia standardu opracowane przez producentów	117
UPoE firmy Cisco	118
EPPoE firmy Microsemi	118
POH	118

---

## Część II Systemy mediów Ethernet

<b>7. Sygnalizacja w mediach Ethernet oraz systemie EEE .....</b>	<b>121</b>
Interfejsy niezależne od medium	122
Komponenty warstwy Ethernet PHY	123

Kodowanie sygnałów Ethernet	125
Problemy sygnalizacji pasma	125
Błądzenie progu komparacji a kodowanie sygnału	126
Zaawansowane techniki sygnalizacji	126
Interfejs Ethernet	127
Szybkie interfejsy Ethernet	127
Energooszczędny Ethernet	128
Standard IEEE EEE	129
Działanie EEE	130
Wpływ technologii EEE na latencję	133
Oszczędności energii wynikające ze stosowania EEE	133
<b>8. Ethernet 10 Mb/s .....</b>	<b>137</b>
System mediów 10BASE-T	137
Interfejs Ethernetu 10BASE-T	138
Polaryzacja sygnału i odwrócenie polaryzacji	138
Kodowanie sygnałów w systemie 10BASE-T	138
Komponenty mediów 10BASE-T	139
Podłączanie stacji do sieci Ethernet 10BASE-T	141
Test integralności łącza 10BASE-T	141
Wytyczne konfiguracji systemu 10BASE-T	142
Systemy mediów światłowodowych (10BASE-F)	143
Stare i nowe segmenty łączy światłowodowych	143
Komponenty sygnalizacji 10BASE-FL	144
Interfejs Ethernetu 10BASE-FL	144
Kodowanie sygnałów w systemie 10BASE-FL	145
Komponenty mediów 10BASE-FL	145
Charakterystyka światłowodów 10BASE-FL	145
Alternatywne kable światłowodowe 10BASE-FL	146
Złącza światłowodowe	146
Połączenia segmentu Ethernet 10BASE-FL	147
Test integralności łącza 10BASE-FL	147
Wytyczne konfiguracji systemu 10BASE-FL	148
<b>9. Ethernet 100 Mb/s .....</b>	<b>149</b>
Systemy mediów 100BASE-X	149
Systemy Fast Ethernet na skrętce (100BASE-TX)	149
Komponenty sygnałowe w systemie 100BASE-TX	150
Interfejs Ethernetu 100BASE-TX	150
Kodowanie sygnału 100BASE-TX	151
Komponenty mediów 100BASE-TX	154
Test integralności łącza 100BASE-TX	155
Wytyczne konfiguracji systemu 100BASE-TX	155
Systemy mediów światłowodowych Fast Ethernet (100BASE-FX)	156
Komponenty sygnalizacji 100BASE-FX	156
Kodowanie sygnałów w systemie 100BASE-FX	156
Komponenty mediów 100BASE-FX	157

Charakterystyka światłowodu 100BASE-FX	158
Alternatywne kable światłowodowe 100BASE-FX	159
Test integralności łącza 100BASE-FX	159
Wytyczne konfiguracji systemu 100BASE-FX	159
Długie segmenty światłowodu	159
<b>10. Gigabit Ethernet .....</b>	<b>161</b>
Systemy mediów Gigabit Ethernet dla okablowania typu skrzyżka (1000BASE-T)	161
Komponenty sygnalizacji w systemie 1000BASE-T	162
Kodowanie sygnałów w systemie 1000BASE-T	162
Komponenty mediów 1000BASE-T	165
Test integralności łącza 1000BASE-T	166
Wytyczne konfiguracji systemu 1000BASE-T	166
Systemy mediów światłowodowych systemu Gigabit Ethernet (1000BASE-X)	167
Komponenty sygnalizacji w systemie 1000BASE-X	167
Test integralności łącza 1000BASE-T	168
Kodowanie sygnałów w systemie 1000BASE-X	168
Komponenty mediów w systemie 1000BASE-X	169
Charakterystyka światłowodów 1000BASE-X	171
Budżet strat w systemie 1000BASE-SX	171
Budżet strat w systemie 1000BASE-LX	173
Budżet strat w systemie dalekosiężnym 1000BASE-LX/LH	173
Wytyczne konfiguracji systemów 1000BASE-SX i 1000BASE-LX	174
Opóźnienie trybu różnicowego	174
Kable krosowe MC	175
<b>11. Ethernet 10 Gb/s .....</b>	<b>177</b>
Architektura standardów 10 Gb/s	177
Systemy mediów typu skrzyżka w technologii 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T)	179
Komponenty sygnalizacji w systemie 10GBASE-T	179
Kodowanie sygnałów w systemie 10GBASE-T	180
Komponenty mediów 10GBASE-T	183
Test integralności łącza 10GBASE-T	185
Wytyczne konfiguracji systemu 10GBASE-T	185
Tryb krótkiego zasięgu 10GBASE-T	186
Opóźnienia sygnału 10GBASE-T	186
Systemy 10-gigabitowych mediów miedzianych krótkiego zasięgu (10GBASE-CX4)	187
Systemy 10-gigabitowych bezpośrednich miedzianych kabli połączeniowych krótkiego zasięgu (10GSFP+Cu)	188
Komponenty sygnalizacyjne systemu 10GSFP+Cu	189
Kodowanie sygnału w systemie 10GSFP+Cu	190
Test integralności łącza 10GSFP+Cu	191
Wytyczne konfiguracji systemu 10GSFP+Cu	191
Systemy mediów światłowodowych Ethernetu 10 Gb/s	191
10-gigabitowe układy PHY sieci LAN	193
Specyfikacje mediów światłowodowych 10 Gb/s	195
10-gigabitowe układy PHY sieci WAN	196

<b>12. Ethernet 40 Gb/s .....</b>	<b>199</b>
Architektura systemu Ethernet 40 Gb/s	200
Pasma PCS	200
Systemy mediów typu skrętka w technologii 40 Gigabit Ethernet (40GBASE-T)	204
Systemy 40-gigabitowych mediów miedzianych krótkiego zasięgu (40GBASE-CR4)	205
Komponenty sygnalizacji w systemie 40GBASE-CR4	206
Kodowanie sygnału w systemie 40GBASE-CR4	207
Złącza QSFP+ i wielokrotne interfejsy 10 Gb/s	208
Systemy mediów światłowodowych Ethernetu 40 Gb/s	209
Specyfikacje mediów światłowodowych 40 Gb/s	212
Długości fal w systemie 40GBASE-LR4	214
40-gigabitowy Ethernet rozszerzonego zasięgu	215
<b>13. Ethernet 100 Gb/s .....</b>	<b>217</b>
Architektura systemu Ethernet 100 Gb/s	217
Pasma PCS	217
Systemy mediów typu skrętka w technologii Ethernetu 100 Gb/s	220
Systemy 100-gigabitowych mediów miedzianych krótkiego zasięgu (100GBASE-CR10)	221
Kodowanie sygnału w systemie 100GBASE-CR10	223
Systemy mediów światłowodowych Ethernetu 100 Gb/s	223
Moduł Cisco CPAK dla Ethernetu 100 Gb/s	225
Specyfikacje mediów światłowodowych 100 Gb/s	225
<b>14. Ethernet 400 Gb/s .....</b>	<b>231</b>
Grupa analityczna Ethernet 400 Gb/s	231
Standaryzacja 400 Gb/s	232
Proponowane działanie Ethernetu 400 Gb/s	232

---

### Część III Budowanie systemu Ethernet

<b>15. Okablowanie strukturalne .....</b>	<b>235</b>
Systemy okablowania strukturalnego	236
Standardy okablowania ANSI, TIA i EIA	237
Rozwiązywanie problemów z zastrzeżonymi systemami okablowania	237
Standardy ISO i TIA	238
Dokumenty okablowania strukturalnego ANSI/TIA	238
Elementy standardów okablowania strukturalnego	239
Topologia gwiazdy	240
Kategorie skrętki	241
Minimalne zalecenia dotyczące okablowania	243
Ethernet a system kategorii	244
Okablowanie poziome	244
Kanał poziomy a łącze podstawowe	245
Specyfikacje okablowania i komponentów	246
Testowanie i ograniczenia kabli kategorii 5. i 5e	247

Administracja okablowaniem	247
Kable i komponenty identyfikujące	248
System znakowania klasy 1.	248
Dokumentowanie systemu okablowania	250
Budowa systemu okablowania	250
Wyzwania w trakcie budowy systemu okablowania	251
<b>16. Kable i złącza w okablowaniu typu skrętka .....</b>	<b>253</b>
Komponenty poziomego segmentu kabla	253
Kable typu skrętka	254
Przesłuchy sygnału w okablowaniu typu skrętka	255
Budowa kabla typu skrętka	256
Procedury instalacyjne dla okablowania typu skrętka	258
Ośmiopozycyjne złącza typu RJ-45	259
Czteroparowe systemy połączeń	260
Żyły tip i ring	260
Kody kolorów	260
Kolejność żył	261
Modułowe panele krosowe	263
Gniazdka w miejscu pracy	264
Kable krosowe typu skrętka	264
Jakość kabli połączeniowych typu skrętka	265
Kable połączeniowe jakości telefonicznej	265
Sygnały Ethernet a sygnały telefoniczne	266
Kable urządzeń	267
Złącza 50-pinowe i kable 25-parowe	267
Harmonijkowe złącza kabli 25-parowych	267
Wykonywanie kabli krosowych typu skrętka	268
Montowanie wtyczki RJ-45	268
Przeplot sygnału Ethernet	271
Kable z przeplotem w systemach 10BASE-T i 100BASE-T	273
Czteroparowe kable z przeplotem	273
Niepowodzenia mechanizmów automatycznej negocjacji i MDIX	274
Identyfikacja kabla z przeplotem	275
<b>17. Kable i złącza światłowodowe .....</b>	<b>277</b>
Kabel światłowodowy	277
Średnice rdzeni światłowodowych	278
Mody światłowodów	278
Przepustowość światłowodu	280
Budżet strat światłowodów	281
Złącza światłowodowe	282
Złącza ST	283
Złącza SC	283
Złącza LC	284
Złącza MPO	284
Budowanie kabli światłowodowych	285
Kody kolorów światłowodów	285

Przeplot sygnału w systemach światłowodowych	286
Przeplot sygnału w kablach MPO	287

## Część IV Przełączniki Ethernet i projektowanie sieci

<b>18. Przełączniki Ethernet .....</b>	<b>291</b>
Podstawowe funkcje przełączników	292
Mosty i przełączniki	292
Czym jest przełącznik?	292
Działanie przełączników ethernetowych	293
Nauka adresów	294
Filtrowanie ruchu	296
Flooding ramek	297
Ruch rozgłoszeniowy i multimijsja	297
Łączenie przełączników	299
Pętle przekazywania	299
Protokół drzewa rozpinającego	300
Problemy wydajności przełączników	306
Wydajność przekazywania pakietów	306
Pamięć portu przełącznika	307
Procesor przełącznika i pamięć RAM	307
Specyfikacje przełącznika	307
Podstawowe funkcje przełączników	310
Zarządzanie przełącznikami	311
Porty-lustra	311
Filtry ruchu przełączników	312
Wirtualne sieci LAN	313
Protokół MSTP 802.1Q	315
Jakość usług (QoS)	315
<b>19. Projektowanie sieci Ethernet z przełącznikami .....</b>	<b>317</b>
Zalety stosowania przełączników w projektach sieci	317
Zwiększona wydajność sieci	317
Hierarchia przełączników i szybkości łącza uplink	318
Szybkości uplink a ograniczenia ruchu	320
Konwersacje wielokrotne	321
Wąskie gardła przełącznika	321
Hierarchiczny projekt sieci	322
Odporność sieci z przełącznikami na awarie	324
Protokół drzewa rozpinającego a odporność sieci na awarie	325
Routery	327
Działanie i zastosowania routerów	327
Routery czy mosty?	328
Przełączniki specjalne	330
Przełączniki wielowarstwowe	330
Przełączniki dostępne	330

Stosy przełączników	331
Przełączniki Ethernetu przemysłowego	332
Bezprzewodowe punkty dostępowe	332
Przełączniki dostawców usług internetowych	333
Ethernet miejski	333
Przełączniki centrów danych	334
Zaawansowane funkcje przełączników	336
Monitorowanie przepływu ruchu	336
sFlow i NetFlow	337
Zasilanie przez Ethernet (PoE)	337

---

## Część V Wydajność i rozwiązywanie problemów

<b>20. Wydajność sieci Ethernet .....</b>	<b>341</b>
Wydajność kanału Ethernet	341
Wydajność półdupleksowych kanałów Ethernet	342
Trwałe mity o wydajności półdupleksowych kanałów Ethernet	342
Symulacje wydajności półdupleksowych kanałów Ethernet	344
Pomiary wydajności sieci Ethernet	347
Skala czasowa pomiarów	348
Przepustowość danych a szerokość pasma	350
Projektowanie sieci pod kątem najlepszej wydajności	353
Przełączniki a przepustowość sieci	354
Rozwój przepustowości sieci	354
Zmiany wymagań aplikacji	354
Projektowanie z myślą o przyszłości	355
<b>21. Rozwiązywanie problemów z siecią .....</b>	<b>357</b>
Projektowanie niezawodnych sieci	357
Dokumentacja sieci	359
Instrukcje obsługi urządzeń	359
Monitorowanie systemu i metryki bazowe	360
Model rozwiązywania problemów	360
Wykrywanie problemów	362
Gromadzenie informacji	363
Izolacja usterki	364
Ustalanie ścieżki sieciowej	364
Powtórzenie objawów	364
Izolacja problemu z wykorzystaniem wyszukiwania binarnego	365
Rozwiązywanie problemów w sieciach z okablowaniem typu skrętka	366
Narzędzia do rozwiązywania problemów w sieciach z okablowaniem typu skrętka	366
Typowe problemy w systemach sieciowych z okablowaniem typu skrętka	367
Rozwiązywanie problemów w systemach światłowodowych	370
Narzędzia do rozwiązywania problemów w systemach światłowodowych	370
Typowe problemy z okablowaniem światłowodowym	371

Rozwiązywanie problemów z łączem danych	372
Zbieranie informacji o łączu danych	372
Zbieranie informacji za pomocą sond	373
Rozwiązywanie problemów w warstwie sieci	373

---

## Część VI Dodatki

<b>A Zasoby .....</b>	<b>377</b>
Dostawcy kabli i złączy	377
Testery kabli	378
Informacje na temat okablowania	378
Ramki ethernetowe jumbo	378
Konwertery mediów Ethernet	378
Identyfikatory OUI interfejsów Ethernet — kody producentów	379
Lista identyfikatorów OUI prowadzona przez IEEE	379
Lista identyfikatorów OUI opracowana przez wolontariuszy	379
Mosty Ethernet i protokół drzewa rozpinającego	379
Tryby awarii sieci warstwy 2.	380
Projekty rekomendowane przez Cisco	381
Przełączniki Ethernet	381
Analizatory protokołów sieciowych	381
Informacje dotyczące zarządzania siecią	382
Dokumenty RFC	382
Power over Ethernet	383
Dokumenty i organizacja standardów	383
Model OSI	383
BICSI	383
Standardy dotyczące technologii Fibre Channel	383
Standard IEEE 802.3 (Ethernet)	383
Standardy dotyczące przełączników i mostów IEEE 802.1	383
Telekomunikacyjne standardy okablowania	384
Inne organizacje standaryzacyjne	384
Wydajność przełączników	384
Opóźnienia przełączników	384
Zarządzanie przełącznikami i siecią	384
Monitorowanie przepływu ruchu	385
<b>B Tryb półduplexowy z protokołem CSMA/CD .....</b>	<b>387</b>
Zasady kontroli dostępu do nośnika	388
Parametry czasowe systemu mediów	389
Szczelina czasowa w systemie Ethernet	390
Szczelina czasowa a rozmiary sieci	391
Zastosowania szczeliny czasowej	391
Szczelina czasowa a minimalna długość ramki	392
Detekcja kolizji a czas odczekiwania	392
„Zła reputacja” kolizji	393
Działanie mechanizmu wykrywania kolizji	393

Późne kolizje	394
Algorytm oczekiwania podczas obsługi kolizji	395
Działanie algorytmu oczekiwania	396
Wybór czasu oczekiwania	397
Domeny kolizji	398
Zawłaszczanie kanału Ethernet	399
Zasada powstawania zjawiska zawłaszczenia kanału	400
Przykład zawłaszczenia kanału	401
Długoterminowa sprawiedliwość	402
Rozwiązanie problemu zawłaszczania kanału?	402
Działanie trybu półdupleksu w systemach Gigabit Ethernet	403
Wymiary półdupleksowej sieci Gigabit Ethernet	404
Poszukiwanie okresów bitowych	404
Rozszerzenie nośnej	405
Wiązki ramek	406
<b>C Transceivery zewnętrzne .....</b>	<b>409</b>
Urządzenia DTE	409
Interfejs AUI	410
Suwakowy zatrząsk AUI	411
Sygnały AUI	412
Kabel transceivera AUI	412
Jednostka dołączania medium (MAU)	414
Ochrona transceivera przed jabberingiem	415
Sygnał testowy SQE	415
Działanie sygnału testowego SQE	416
Stacje Ethernet a test SQE	417
Koncentrator portów AUI	417
Wytyczne dla portu koncentratora	419
Problemy z koncentratorami	420
Kaskadowe łączenie koncentratorów portów	420
Sygnał testu SQE a koncentrator portów	420
Interfejs zależny od medium	421
Interfejs niezależny od medium	421
Złącze MII	422
Transceivery MII i kable	425
<b>Słowniczek .....</b>	<b>427</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>441</b>