

Spis treści

O autorach 17

Wprowadzenie 19

CZĘŚĆ I. PŁASZCZYZNA DANYCH 23

Rozdział 1. Podstawowe pojęcia 27

Sztuka czy inżynieria? 28

Komutacja łączy 30

Przełączanie pakietów 33

Działanie przełączania pakietów 34

Kontrola przepływu w sieci z przełączaniem pakietów 36

Ramki o stałej a ramki o zmiennej długości 37

Obliczanie ścieżek pozbawionych pętli 40

Jakość usług 42

Zemsta scentralizowanych płaszczyzn sterowania 44

Złożoność 44

Skąd ta złożoność? 45

Definiowanie złożoności 46

Zarządzanie złożonością poprzez talię osy 49

Końcowe rozważania 51

Dalsza lektura 51

Pytania kontrolne 52

Rozdział 2. Problemy i rozwiązania związane z transportem danych 55

Cyfrowe gramatyki i organizowanie 57

Cyfrowe gramatyki i słowniki 57

Pola o stałej długości 60

Format TLV 62

Współdzielone słowniki obiektów 63

Błędy 64

Wykrywanie błędów 64

Korekcja błędów 69

Multipleksowanie 71

Adresacja urządzeń i aplikacji 71

Multicast 73

Anycast 76

Kontrola przepływu 78

System okien dystrybucji 79

Negocjowane szybkości transmisji bitów 83

Końcowe rozważania dotyczące transportu 84

Dalsza lektura 84

Pytania kontrolne 86

Rozdział 3. Modelowanie transportu sieciowego 89

Model Departamentu Obrony Stanów Zjednoczonych (DoD) 90

Model Open Systems Interconnect (OSI) 93

Model rekursywnej architektury internetowej (RINA) 97

Zorientowanie na połączenie i bezpołączeniowość 99

Końcowe rozważania 99

Dalsza lektura 100

Pytania kontrolne 100

Rozdział 4. Transport w niższych warstwach 103

Ethernet 104

- Multipleksowanie 104

- Kontrola błędów 110

- Organizowanie danych 111

- Kontrola przepływu 112

Sieć bezprzewodowa 802.11 112

- Multipleksowanie 113

- Organizowanie danych, kontrola błędów i kontrola przepływu 119

Końcowe rozważania dotyczące protokołów transmisji w niższych warstwach 120

Dalsza lektura 121

Pytania kontrolne 121

Rozdział 5. Transport danych w wyższych warstwach 123

Protokół internetowy 125

- Transport i organizowanie danych 127

- Multipleksowanie 130

Protokół kontroli transmisji (TCP) 135

- Kontrola przepływu 135

- Kontrola błędów 140

- Numery portów TCP 140

- Konfiguracja sesji protokołu TCP 141

QUIC 141

- Redukcja początkowego uzgadniania 142

- Ograniczanie retransmisji 142

- Zmniejszenie blokowania początku linii 143

ICMP 146

Końcowe rozważania 147

Dalsza lektura 148

Pytania kontrolne 150

Rozdział 6. Odnajdowanie międzywarstwowe 151

Rozwiązania w zakresie odnajdowania międzywarstwowego 152

Powszechnie znane lub ręcznie skonfigurowane identyfikatory 153

Mapowanie bazy danych i protokołu 154

Ogłaszanie mapowania identyfikatorów za pomocą protokołu 155

Wyliczanie jednego identyfikatora z innego 155

Przykłady odnajdowania międzywarstwowego 155

System nazw domen (DNS) 155

DHCP 157

Protokół rozwiązywania adresów IPv4 159

IPv6 Neighbor Discovery - odnajdowanie sąsiadów 161

Problem z bramą domyślną 163

Końcowe rozważania 166

Dalsza lektura 167

Pytania kontrolne 168

Rozdział 7. Przełączanie pakietów 169

Z medium fizycznego do pamięci 171

Przetwarzanie pakietu 172

Przełączanie 172

Routing 173

Po co routować? 174

Wiele ścieżek o równym koszcie 175

Przez magistralę 182

Krzyżowe pola komutacyjne i rywalizacja 184

Z pamięci do medium fizycznego 186

Końcowe rozważania dotyczące przełączania pakietów 187

Dalsza lektura 188

Pytania kontrolne 189

Rozdział 8. Jakość usług 191

Definiowanie zakresu problemu 192

Dlaczego po prostu nie zrobić wystarczająco szybkich łączy? 193

Klasyfikacja 194

Zachowywanie klasyfikacji 199

Nieoznaczony Internet 201

Zarządzanie zatorami 202

Terminowość - kolejkowanie o niskim opóźnieniu 202

Uczciwość - uczciwe kolejkowanie ważone według klasy 207

Krytyczne przeciążenie 208

Inne narzędzia QoS do zarządzania zatorami 208

Zarządzanie kolejką 209

Zarządzanie pełnym buforem - ważne losowe wczesne wykrywanie 209

Zarządzanie opóźnieniami bufora, rozdęte bufory i CoDel 210

Końcowe rozważania dotyczące QoS 212

Dalsza lektura 212

Pytania kontrolne 213

Rozdział 9. Wirtualizacja sieci 215

Zrozumieć sieci wirtualne 216

Świadczenie usług Ethernet w sieci IP 219

Wirtualny prywatny dostęp do sieci korporacyjnej 220

Podsumowanie problemów i rozwiązań związanych z wirtualizacją 222

Routing segmentowy 223

Routing segmentowy z wieloprotokołowym przełączaniem etykiet (MPLS) 224

Routing segmentowy w IPv6 228

Sygnalizowanie etykiet routingu segmentowego 229

Sieci rozległe definiowane programowo 230

Złożoność i wirtualizacja 232

Powierzchnie interakcji i grupy łączy wspólnego ryzyka 232

Powierzchnie interakcji i nakładające się płaszczyzny sterowania 234

Końcowe rozważania dotyczące wirtualizacji sieci 236

Dalsza lektura 236

Pytania kontrolne 238

Rozdział 10. Bezpieczeństwo transportu 239

Sformułowanie problemu 240

Sprawdzanie prawidłowości danych 240

Ochrona danych przed badaniem 240

Ochrona prywatności użytkowników 241

Dostępne rozwiązania 242

Szyfrowanie 242

Wymiana kluczy 249

Skróty kryptograficzne 252

Zaciemnianie danych użytkownika 252

Transport Layer Security 257

Końcowe rozważania dotyczące bezpieczeństwa transportu 259

Dalsza lektura 260

Pytania kontrolne 261

CZĘŚĆ II. PŁASZCZYZNA STEROWANIA 263

Rozdział 11. Wykrywanie topologii 265

Węzły, krawędzie i osiągalne miejsca docelowe 267

Węzeł 267

Krawędź 268

Osiągalne miejsca docelowe 268

Topologia 270

Poznawanie topologii 271

Wykrywanie innych urządzeń sieciowych 271

Wykrywanie łączności dwukierunkowej 272

Wykrywanie maksymalnej jednostki transmisji (MTU) 274

Uczenie się osiągalnych miejsc docelowych 276

Uczenie się reaktywne 276

Uczenie się proaktywnie 277

Rozgłaszanie osiągalności i topologii 278

Decydowanie, kiedy należy rozgłaszać osiągalność i topologię 278

Reaktywne rozpowszechnianie osiągalności 280

Proaktywne rozpowszechnianie osiągalności 283

Redystrybucja między płaszczyznami sterowania 285

Redystrybucja i metryki 285

Pętle redystrybucji i routingu 287

Końcowe rozważania dotyczące wykrywania topologii 289

Dalsza lektura 290

Pytania kontrolne 291

Rozdział 12. Wolne od pętli ścieżki unicastowe (1) 293

Która ścieżka jest wolna od pętli? 294

Drzewa 296

Alternatywne ścieżki wolne od pętli 299

Model wodospadu (lub zlewiska) 300

Przestrzeń P/Q 302

Zdalne alternatywy bez pętli 303

Obliczanie wolnej od pętli ścieżki za pomocą algorytmu Bellmana-Forda 304

Algorytm DUAL Garcii 310

Końcowe rozważania 315

Dalsza lektura 315

Pytania kontrolne 316

Rozdział 13. Wolne od pętli ścieżki unicastowe (2) 317

Najkrótsza ścieżka Dijkstry 317

Częściowy i przyrostowy SPF 324

Obliczanie LFA i rLFA 325

Wektor ścieżki 327

Algorytmy rozłącznej ścieżki 330

Sieć dwupołączona 331

Algorytm rozłącznej ścieżki Suurballe'a 332

Maksymalnie redundantne drzewa 336

Łączność dwukierunkowa 339

Końcowe rozważania 340

Dalsza lektura 341

Pytania kontrolne 343

Rozdział 14. Reagowanie na zmiany w topologii 345

Wykrywanie zmian w topologii 347

Odpytywanie w celu wykrycia awarii 347

Wykrywanie awarii oparte na zdarzeniach 348

Porównanie wykrywania opartego na zdarzeniach i odpytywaniu 350

Przykład: wykrywanie przekazywania dwukierunkowego 351

Dystrybucja zmian 354

Zalewanie 354

Przeskok po przeskoku 358

Scentralizowany magazyn 359

Spójność, dostępność i odporność na partycjonowanie 362

Końcowe rozważania 364

Dalsza lektura 365

Pytania kontrolne 366

Rozdział 15. Płaszczyzny sterowania wykorzystujące protokoły wektora odległości 367

Klasyfikacja płaszczyzn sterowania 368

Protokół STP 371

Budowanie drzewa wolnego od pętli 371

Poznawanie osiągalnych miejsc docelowych 375

Podsumowanie protokołu STP 377

Protokół RIP 378

Powiązanie algorytmu Bellmana-Forda z protokołem RIP 380

Reagowanie na zmiany w topologii 382

Podsumowanie protokołu RIP 383

Protokół EIGRP 383

Reagowanie na zmianę topologii 386

Wykrywanie sąsiadów i niezawodny transport 388

Podsumowanie protokołu EIGRP 390

Dalsza lektura 391

Pytania kontrolne 392

Rozdział 16. Płaszczyzny sterowania wykorzystujące protokoły stanu łącza i wektora ścieżki 395

Krótką historią OSPF i IS-IS 396

Protokół IS-IS 397

Adresowanie OSI 397

Marshalling danych w protokole IS-IS 399

Wykrywanie sąsiadów i topologii 399

Niezawodne zalenie 401

Podsumowanie protokołu IS-IS 403

Protokół OSPF 404

Marshalling danych w protokole OSPF 404

Wykrywanie sąsiadów i topologii 406

Niezawodne zalewanie 407

Podsumowanie protokołu OSPF 409

Wspólne elementy protokołów OSPF i IS-IS 409

Łącza wielodostępowe 410

Konceptualizacja łączy, węzłów i osiągalności w protokołach stanu łącza 412

Sprawdzanie łączności dwukierunkowej w SPF 414

Protokół BGP 414

Peering BGP 415

Proces decyzyjny wyboru najlepszej ścieżki w protokole BGP 417

Reguły rozgłaszania BGP 419

Podsumowanie protokołu BGP 421

Końcowe rozważania 421

Dalsza lektura 422

Pytania kontrolne 424

Rozdział 17. Reguły w płaszczyźnie sterowania 425

Przypadki użycia reguł płaszczyzny sterowania 426

Routing i ziemniaki 426

Segmentacja zasobów 428

Przypinanie przepływów dla optymalizacji aplikacji 429

Definiowanie reguł płaszczyzny sterowania 434

Reguły i złożoność płaszczyzny sterowania 435

Routing i ziemniaki 435

Segmentacja zasobów 436

Przypinanie przepływów dla optymalizacji aplikacji 438

Końcowe rozważania dotyczące reguł płaszczyzny sterowania 439

Dalsza lektura 439

Pytania kontrolne 440

Rozdział 18. Scentralizowane płaszczyzny sterowania 441

Definicja pojęcia software defined 442

Systematyka interfejsów 442

Podział pracy 444

BGP jako SDN 444

Fibbing 446

I2RS 449

Protokół PCEP 453

Protokół OpenFlow 455

Twierdzenie CAP i pomocniczość 457

Końcowe rozważania dotyczące scentralizowanych płaszczyzn sterowania 460

Dalsza lektura 461

Pytania kontrolne 462

Rozdział 19. Domeny awarii i ukrywanie informacji 463

Przestrzeń problemu 464

Definiowanie zakresu stanu płaszczyzny sterowania 464

Pętle dodatniego sprzężenia zwrotnego 465

Przestrzeń rozwiązań 468

Sumaryzacja informacji o topologii 469

Agregowanie informacji o osiągalności 470

Filtrowanie informacji o osiągalności 473

Uwarstwienie płaszczyzn sterowania 474

Buforowanie 475

Spowalnianie 479

Końcowe rozważania dotyczące ukrywania informacji 481

Dalsza lektura 481

Pytania kontrolne 482

Rozdział 20. Przykłady ukrywania informacji 483

Sumaryzacja informacji o topologii 484

Protokół IS-IS 484

Protokół OSPF 489

Agregacja 495

Uwarstwienie 496

Protokół BGP jako nakładka osiągalności 496

Routing segmentowy z nakładką kontrolera 498

Zmniejszenie prędkości stanu 500

Exponential backoff 500

Redukcja zalewania stanem łącza 503

Końcowe rozważania dotyczące domen awarii 505

Dalsza lektura 505

Pytania kontrolne 507

CZĘŚĆ III. PROJEKTOWANIE SIECI 509

Trzy podstawowe modele 510

Prawo nieszczelnych abstrakcji 510

Triada stan-optymalizacja-powierzchnia (SOS) 510

Triada spójność-dostępność-odporność na partycjonowanie (CAP) 511

Rozdział 21. Kwestie bezpieczeństwa w szerszym ujęciu 513

Zakres problemu 514

Zagadnienie tożsamości biometrycznej 514

Definicje 516

Przestrzeń problemów 517

Przestrzeń rozwiązań 517

Obrona w głąb 517

Kontrola dostępu 518

Ochrona danych 519

Gwarantowanie dostępności usług 523

Pętla OODA jako model bezpieczeństwa 532

Obserwuj 533

Zorientuj się 533

Zdecyduj 534

Działaj 535

Końcowe rozważania dotyczące kwestii bezpieczeństwa 535

Dalsza lektura 536

Pytania kontrolne 538

Rozdział 22. Wzorce projektowania sieci 539

Przestrzeń problemu 540

Rozwiązywanie problemów biznesowych 540

Przekładanie wymagań biznesowych na techniczne 544

Co to jest dobry projekt sieci? 546

Projektowanie hierarchiczne 547

Powszechne topologie 549

Topologie pierścienia 550

Topologie siatki 553

Topologie gwiazdy 555

Topologie planarne, nieplanarne i regularne 556

Końcowe rozważania dotyczące wzorców projektowania sieci 558

Dalsza lektura 558

Pytania kontrolne 558

Rozdział 23. Redundancja i odporność 559

Przestrzeń problemu: jak aplikacje postrzegają awarie 560

Definiowanie odporności 561

Inne "wskaźniki" 563

Redundancja jako narzędzie do tworzenia odporności 563

Grupy łączy współdzielonego ryzyka 565

Aktualizacja oprogramowania w trakcie działania i płynny restart 566

Rdzenie dwupłaszczyznowe i wielopłaszczyznowe 566

Modułowość i odporność 567

Końcowe rozważania dotyczące odporności 569

Dalsza lektura 569

Pytania kontrolne 570

Rozdział 24. Rozwiązywanie problemów 571

Co jest celem? 572

Czym są komponenty? 573

Modele i rozwiązywanie problemów 574

Budowanie modeli "jak" 575

Budowanie modeli "co" 576

Budowanie dokładnych modeli 578

Przełączanie się między modelami 579

Podziel na pół i idź dalej 581

Manipulowanie 583

Upraszczanie przed testowaniem 585

Usuwanie problemu 585

Końcowe rozważania dotyczące rozwiązywania problemów 586

Dalsza lektura 587

Pytania kontrolne 588

CZĘŚĆ IV. AKTUALNE TEMATY 589

Rozdział 25. Dezagregacja, hiperkonwergencja i zmieniająca się sieć 591

Zmiany w zasobach obliczeniowych i aplikacjach 592

Konwergentne, zdezagregowane, hiperkonwergentne i kompozycyjne 592

Zwirtualizowane i zdezagregowane aplikacje 595

Wpływ na projektowanie sieci 597

Wzrost ruchu na linii wschód - zachód 597

Wzrost odchyłeń i opóźnień 599

Sieci szkieletowe z przełączaniem pakietów 599

Szczególne własności sieci szkieletowej 599

Gałęzie i liście 603

Inżynieria ruchu w sieci gałęzi i liści 606

Sieć gałęzi i liści o większej skali 607

Dezagregacja w sieciach 607

Końcowe rozważania dotyczące dezagregacji 611

Dalsza lektura 612

Pytania kontrolne 613

Rozdział 26. Powody automatyzacji sieci 615

Koncepcje automatyzacji 617

Nowoczesne metody automatyzacji 620

NETCONF 620

RESTCONF 623

Automatyzacja z wykorzystaniem interfejsów programowalnych 624

Automatyzacja na poziomie urządzenia 627

Automatyzacja sieci z wykorzystaniem narzędzi automatyzacji infrastruktury 628

Kontrolery sieciowe i automatyzacja 629

Automatyzacja sieci na potrzeby wdrażania 629

Końcowe rozważania dotyczące przyszłości automatyzacji sieci: od zautomatyzowanej do automatycznej 630

Dalsza lektura 630

Pytania kontrolne 632

Rozdział 27. Zwirtualizowane funkcje sieciowe 633

Elastyczność w projektowaniu sieci 635

Tworzenie łańcucha usług 637

Skalowanie horyzontalne 642

Zmniejszenie czasu obsługi dzięki automatyzacji 643

Scentralizowane zarządzanie konfiguracjami 643

Sieć oparta na intencjach 645

Korzyści 646

Architektura i korzyści obliczeniowe 646

Poprawianie przepustowości VNF 647

Rozważanie kompromisów 647

Stan 647

Optymalizacja 648

Powierzchnia 648

Inne kompromisy do rozważenia 649

Końcowe rozważania 649

Dalsza lektura 649

Pytania kontrolne 651

Rozdział 28. Koncepcje i wyzwania przetwarzania w chmurze 653

Biznesowe powody korzystania z chmur publicznych 655

Od wydatków inwestycyjnych do operacyjnych 656

Czas wprowadzenia na rynek i zwinność biznesowa 656

Nietechniczne kompromisy związane z chmurami publicznymi 657

Kompromisy operacyjne 657

Kompromisy biznesowe 660

Techniczne wyzwania tworzenia sieci w chmurze 661

Opóźnienie 661

Wypełnianie zdalnej przestrzeni dyskowej 663

Ciężar danych 664

Wybór spośród wielu ścieżek do chmury publicznej 664

Bezpieczeństwo w chmurze 665

Ochrona danych przy transporcie przez sieć publiczną 665

Zarządzanie bezpiecznymi połączeniami 666

Chmura z wieloma podmiotami 667

Kontrola dostępu oparta na rolach 667

Monitorowanie sieci w chmurze 668

Końcowe rozważania 668

Dalsza lektura 669

Pytania kontrolne 669

Rozdział 29. Internet rzeczy 671

Wprowadzenie do internetu rzeczy 672

Bezpieczeństwo internetu rzeczy 673

Zabezpieczanie niezabezpieczalnych urządzeń poprzez izolację 674

IoT nie stanowi nowych wyzwań dla bezpieczeństwa 678

Łączność w internecie rzeczy 678

Bluetooth Low Energy (BLE) 678

LoRaWAN 680

IPv6 dla IoT 681

Dane w internecie rzeczy 683

Końcowe rozważania dotyczące internetu rzeczy 684

Dalsza lektura 685

Pytania kontrolne 686

Rozdział 30. Patrząc w przyszłość 687

Rozpowszechniona otwarta automatyzacja 688

Języki modelowania i modele 689

Krótkie wprowadzenie do YANG 689

Patrząc w przyszłość w stronę wszechobecnej automatyzacji 691

Sieci hiperkonwergentne 691

Sieć oparta na intencjach 692

Uczenie maszynowe i wąska sztuczna inteligencja 694

Sieci nazwanych danych i łańcuchy bloków 696

Działanie sieci nazwanych danych 697

Łańcuchy bloków 700

Przekształcenia Internetu 702

Końcowe rozważania dotyczące przyszłości inżynierii sieci 704

Dalsza lektura 704

Pytania kontrolne 705

Skorowidz 707