

Adam Józefiok

# CCNP 350-401 ENCOR



Zaawansowane  
administrowanie siecią Cisco

**Helion** 

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz wydawca dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz wydawca nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Recenzja naukowa: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Czachórski

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn

Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą Shutterstock.com

Helion S.A.

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <https://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<https://helion.pl/user/opinie/zaawpr>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-283-5237-7

Copyright © Helion S.A. 2022

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

# Spis treści

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| <b>Wstęp .....</b> | <b>15</b> |
|--------------------|-----------|

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Rozdział 1. Wprowadzenie do sieci kampusowych i projektowania .....</b> | <b>17</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Wstęp .....                                           | 17 |
| Pytania wstępne .....                                 | 18 |
| Sieci kampusowe .....                                 | 18 |
| Model hierarchiczny .....                             | 24 |
| Wprowadzenie do projektowania sieci kampusowych ..... | 29 |
| Pytania sprawdzające .....                            | 35 |
| Odpowiedzi .....                                      | 35 |

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Rozdział 2. Przełączniki — urządzenia warstwy drugiej i trzeciej OSI .....</b> | <b>36</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Wstęp .....                                                    | 36 |
| Pytania wstępne .....                                          | 36 |
| Informacje wprowadzające i ogólne działanie przełącznika ..... | 37 |
| Ethernet .....                                                 | 39 |
| Działanie przełącznika warstwy drugiej .....                   | 44 |
| Działanie przełączników warstwy trzeciej OSI .....             | 47 |
| CEF .....                                                      | 48 |
| Sposoby dostępu do urządzeń sieciowych .....                   | 53 |
| Pytania sprawdzające .....                                     | 56 |
| Odpowiedzi .....                                               | 56 |

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>Rozdział 3. Konfiguracja przełączników .....</b> | <b>57</b> |
|-----------------------------------------------------|-----------|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| Wstęp .....                         | 57 |
| Pytania wstępne .....               | 57 |
| Sieci VLAN i połączenia trunk ..... | 58 |
| Ogólne informacje o VLAN .....      | 58 |
| Konfiguracja sieci VLAN .....       | 63 |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| Połączenia trunk .....                                | 68  |
| Protokół DTP .....                                    | 78  |
| Protokół VLAN Trunking Protocol .....                 | 82  |
| VTP Pruning .....                                     | 92  |
| Tunelowanie 802.1Q (QinQ) .....                       | 94  |
| Redundancja w sieci L2 — protokół STP .....           | 99  |
| Rodzaje portów w STP .....                            | 106 |
| Koszty tras .....                                     | 108 |
| Stany portów .....                                    | 111 |
| Rozszerzenie protokołu STP, czyli protokół PVST ..... | 114 |
| Protokół RSTP .....                                   | 119 |
| Protokół MST .....                                    | 124 |
| Agregacja portów — EtherChannel .....                 | 133 |
| Pytania sprawdzające .....                            | 138 |
| Odpowiedzi .....                                      | 138 |

## **Rozdział 4. Routing EIGRP ..... 139**

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                                      | 139 |
| Pytania wstępne .....                            | 139 |
| Podstawy routingu .....                          | 140 |
| Algorytmy używane przez protokoły routingu ..... | 143 |
| Routing statyczny .....                          | 146 |
| Sumaryzacja tras statycznych .....               | 149 |
| Default route .....                              | 153 |
| Najdłuższe dopasowanie .....                     | 155 |
| Floating Static Route .....                      | 156 |
| Protokół EIGRPv4 .....                           | 162 |
| Konfiguracja EIGRP .....                         | 164 |
| Konfiguracja routera stub w EIGRP .....          | 194 |
| Protokół EIGRPv6 .....                           | 200 |
| Pytania sprawdzające .....                       | 205 |
| Odpowiedzi .....                                 | 206 |

## **Rozdział 5. Protokół routingu OSPF ..... 207**

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                            | 207 |
| Pytania wstępne .....                  | 207 |
| Protokół OSPFv2 .....                  | 209 |
| Pakiety hello i pola komunikatu .....  | 210 |
| Baza LSDB (Link State Data Base) ..... | 213 |

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| Konfiguracja protokołu OSPF .....                          | 214 |
| Alternatywna konfiguracja protokołu OSPF .....             | 219 |
| Równoważenie obciążenia w OSPF .....                       | 221 |
| Zmiana identyfikatora routera .....                        | 223 |
| Stany interfejsów i relacje sąsiedzkie .....               | 225 |
| Wymiana informacji pomiędzy routerami — obserwacja .....   | 226 |
| Metryka w OSPF .....                                       | 233 |
| Zmiana czasów .....                                        | 240 |
| Konfiguracja passive-interface .....                       | 241 |
| Rozgłaszanie tras domyślnych .....                         | 242 |
| OSPF w sieciach wielodostępowych .....                     | 243 |
| Wybór routerów DR i BDR .....                              | 243 |
| Statusy po nawiązaniu relacji sąsiedztwa .....             | 249 |
| Routery DR i BDR w połączeniu punkt – punkt .....          | 252 |
| Uwierzytelnianie w OSPF .....                              | 254 |
| Wieloobszarowy OSPF .....                                  | 258 |
| Typy przesyłanych pakietów LSA .....                       | 259 |
| Konfiguracja wieloobszarowego OSPF .....                   | 260 |
| Typy obszarów i tras wykorzystywanych przez OSPF .....     | 270 |
| Wybór odpowiedniego typu obszaru .....                     | 275 |
| Filtrowanie w OSPF na podstawie listy dystrybucyjnej ..... | 280 |
| Protokół OSPFv3 .....                                      | 282 |
| Konfiguracja OSPFv3 .....                                  | 283 |
| Funkcja BFD (Bidirectional Forwarding Detection) .....     | 287 |
| Virtual Routing and Forwarding (VRF) .....                 | 289 |
| Pytania sprawdzające .....                                 | 294 |
| Odpowiedzi .....                                           | 295 |

## **Rozdział 6. Protokół BGP ..... 296**

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Wstęp .....                    | 296 |
| Pytania wstępne .....          | 296 |
| Wprowadzenie do BGP .....      | 297 |
| Formowanie relacji w BGP ..... | 302 |
| Różne topologie BGP .....      | 306 |
| Podstawowa konfiguracja .....  | 308 |
| Rozwiązywanie problemów .....  | 313 |
| Uwierzytelnianie w BGP .....   | 314 |
| eBGP Multihop .....            | 314 |
| Łąca redundantne w eBGP .....  | 318 |
| Rozgłaszanie sieci w BGP ..... | 319 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Redystrybucja w BGP .....                                    | 322 |
| Sumaryzacja i autosumaryzacja w BGP .....                    | 325 |
| Internal BGP, czyli iBGP .....                               | 328 |
| Konfiguracja atrybutów BGP .....                             | 335 |
| Atrybut Weight (waga) .....                                  | 335 |
| Atrybut Local Preference .....                               | 337 |
| Używanie funkcjonalności route maps (mapy trasy) w BGP ..... | 339 |
| Atrybut Origin Code .....                                    | 351 |
| Atrybut MED (Multi Exit Discriminator) .....                 | 351 |
| Filtrowanie tras BGP za pomocą rozszerzonych ACL .....       | 354 |
| Filtrowanie sieci w BGP .....                                | 355 |
| Filtrowanie za pomocą list prefiksów .....                   | 359 |
| IPv6 w BGP .....                                             | 360 |
| Multiprotocol BGP (MP-BGP) .....                             | 360 |
| Filtrowanie informacji w BGP .....                           | 365 |
| Filtrowanie za pomocą ACL i AS-PATH .....                    | 366 |
| Filtrowanie za pomocą oznaczania .....                       | 368 |
| BGP communities .....                                        | 369 |
| Pytania sprawdzające .....                                   | 373 |
| Odpowiedzi .....                                             | 374 |

## **Rozdział 7. Koncepcja transmisji grupowej ..... 375**

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                                     | 375 |
| Pytania wstępne .....                           | 375 |
| Wprowadzenie do transmisji grupowej .....       | 376 |
| Protokół IGMPv1 .....                           | 378 |
| Adresowanie grupowe .....                       | 383 |
| Protokół IGMPv2 .....                           | 386 |
| Protokół IGMPv3 .....                           | 390 |
| PIM, czyli Protocol Independent Multicast ..... | 393 |
| Dense mode z bliska .....                       | 395 |
| Tryb sparse .....                               | 401 |
| Tryb sparse-dense .....                         | 414 |
| Pytania sprawdzające .....                      | 424 |

## **Rozdział 8. Quality of Service (QoS) ..... 426**

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Wstęp .....                   | 426 |
| Pytania wstępne .....         | 427 |
| Kolejkowanie w sieciach ..... | 427 |
| Modele QoS .....              | 433 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| Konfiguracja protokołu RSVP ..... | 437 |
| QoS w przełącznikach .....        | 450 |
| Pytania sprawdzające .....        | 468 |
| Odpowiedzi .....                  | 468 |

## **Rozdział 9. Redundancja w L3 (FHRP). Protokoły HSRP, VRRP i GLBP ..... 469**

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                             | 469 |
| Pytania wstępne .....                   | 470 |
| Protokół HSRP i jego konfiguracja ..... | 473 |
| Konfiguracja VRRP .....                 | 485 |
| Konfiguracja GLBP .....                 | 495 |
| Pytania sprawdzające .....              | 500 |
| Odpowiedzi .....                        | 501 |

## **Rozdział 10. Sieci wi-fi ..... 502**

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                                              | 502 |
| Pytania wstępne .....                                    | 502 |
| Wprowadzenie do sieci bezprzewodowych .....              | 503 |
| Działanie sieci bezprzewodowej .....                     | 505 |
| Standardy sieci wi-fi .....                              | 510 |
| Urządzenia bezprzewodowe .....                           | 511 |
| Format ramki .....                                       | 513 |
| Mechanizm CSMA/CA .....                                  | 527 |
| Sposób połączenia .....                                  | 527 |
| Bezpieczeństwo sieci bezprzewodowych .....               | 532 |
| Typowe ataki na sieci bezprzewodowe .....                | 535 |
| Zastosowanie i projektowanie sieci bezprzewodowych ..... | 536 |
| Pytania sprawdzające .....                               | 538 |
| Odpowiedzi .....                                         | 538 |

## **Rozdział 11. Bezpieczeństwo sieci — niektóre rozwiązania ..... 539**

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                               | 539 |
| Pytania wstępne .....                     | 539 |
| Rozwiązanie AAA .....                     | 540 |
| Konfiguracja 802.1X na routerze .....     | 542 |
| Konfiguracja 802.1X na przełączniku ..... | 545 |
| Konfiguracja stacji roboczej .....        | 545 |
| Listy ACL .....                           | 547 |
| Konfiguracja standardowych list ACL ..... | 547 |
| Konfiguracja rozszerzonych ACL .....      | 550 |



|                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| VLAN Access-List (VACL) .....                                 | 551 |
| Funkcjonalność CoPP (Control Plane Policing) .....            | 554 |
| Zastosowanie rodziny IPsec (Internet Protocol Security) ..... | 557 |
| Sieci VPN .....                                               | 563 |
| Implementacja IKE do połączenia VPN .....                     | 565 |
| Zapory ogniowe (firewalls) .....                              | 579 |
| Tunelowanie i techniki z tym związane .....                   | 584 |
| Tworzenie tunelu GRE .....                                    | 584 |
| Tunel VTI (Virtual Tunnel Interface) .....                    | 591 |
| Funkcjonalność LISP .....                                     | 594 |
| Virtual Extensible LAN (VXLAN) .....                          | 604 |
| Pytania sprawdzające .....                                    | 611 |
| Odpowiedzi .....                                              | 612 |

## **Rozdział 12. Wirtualizacja w sieci ..... 613**

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                           | 613 |
| Pytania wstępne .....                 | 613 |
| Sieci SDN .....                       | 614 |
| Przykład zastosowania sieci SDN ..... | 619 |
| Wirtualizacja .....                   | 630 |
| Usługi chmury .....                   | 630 |
| Maszyny wirtualne .....               | 632 |
| Routing w środowisku wirtualnym ..... | 635 |
| Automatyzacja sieci .....             | 640 |
| Szablony .....                        | 644 |
| Pytania sprawdzające .....            | 645 |
| Odpowiedzi .....                      | 646 |

## **Rozdział 13. Monitorowanie sieci LAN i technologie wspierające komunikację ..... 647**

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                                                                               | 647 |
| Pytania wstępne .....                                                                     | 647 |
| Logowanie zdarzeń — syslog .....                                                          | 648 |
| Powiadomienie o zmianach w konfiguracji .....                                             | 652 |
| Protokół NTP i konfiguracja .....                                                         | 654 |
| Konfiguracja NTP .....                                                                    | 657 |
| Funkcja debugowania .....                                                                 | 662 |
| Polecenie traceroute .....                                                                | 663 |
| Konfiguracja funkcjonalności SPAN port (switch port analyzer) .....                       | 666 |
| Konfiguracja funkcjonalności RSPAN (Remote SPAN) .....                                    | 669 |
| Konfiguracja funkcjonalności ERSPAN<br>(Encapsulated Remote Switched Port Analyzer) ..... | 672 |



|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| Protokół SNMP .....                               | 674 |
| Wykorzystanie i działanie NetFlow .....           | 682 |
| Wprowadzenie do IP SLA .....                      | 684 |
| Narzędzia służące do zarządzania siecią WAN ..... | 687 |
| Rozwiązanie SD-WAN .....                          | 687 |
| Rozwiązanie SD-ACCESS .....                       | 690 |
| Translacja adresów — usługa NAT .....             | 691 |
| Static NAT (translacja statyczna) .....           | 692 |
| Dynamic NAT (translacja dynamiczna) .....         | 697 |
| PAT .....                                         | 697 |
| NAT oparty na wirtualnym interfejsie .....        | 699 |
| Interfejs wirtualny i NAT statyczny .....         | 699 |
| Interfejs wirtualny i NAT dynamiczny .....        | 701 |
| Interfejs wirtualny i PAT .....                   | 702 |
| Pytania sprawdzające .....                        | 702 |
| Odpowiedzi .....                                  | 703 |

## **Rozdział 14. Programowanie sieci i automatyzacja ..... 704**

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| Wstęp .....                               | 704 |
| Pytania wstępne .....                     | 704 |
| Programowanie .....                       | 705 |
| Korzystanie z rozwiązania Cisco DNA ..... | 715 |
| Różne modele danych .....                 | 717 |
| Funkcjonalność Cisco EEM .....            | 719 |
| Pytania sprawdzające .....                | 724 |
| Odpowiedzi .....                          | 725 |

## **Zakończenie ..... 727**

## **Skorowidz ..... 729**



## Rozdział 12.

# Wirtualizacja w sieci

## Wstęp

W tym rozdziale poznasz informacje dotyczące zagadnień związanych z szeroko rozumianą wirtualizacją. Dowiesz się w skrócie, jak działają sieci SDN, poznasz działania kontrolera oraz nauczysz się jego implementacji. Poznasz rodzaje środowisk chmurowych. Następnie zapoznasz się z pojęciami związanymi z maszynami wirtualnymi i skonfigurujesz przykładowy routing w środowisku wirtualnym.

## Pytania wstępne

1. Która warstwa działająca w oparciu o ASIC jest odpowiedzialna za przesyłanie pakietów z przełącznika?
  - a) control plane,
  - b) forwarding plane,
  - c) processor plane,
  - d) ASIC plane.
2. W której usłudze chmurowej aplikacja jest przechowywana i uruchamiana na komputerach dostawcy, a użytkownik otrzymuje dostęp do niej przez internet?
  - a) PaaS,
  - b) IaaS,
  - c) SaaS,
  - d) żadne z powyższych.
3. Który interfejs odpowiedzialny jest za komunikację z kontrolerem w rozwiązaniach SDN?
  - a) SBI,
  - b) VINT,

- c) NBI,
- d) SDN.

## Sieci SDN

Podczas wykonywania konfiguracji urządzeń w tej książce za każdym razem używałeś konsoli. Jesteśmy też przyzwyczajeni do tego, że przełącznik łączy ze sobą stacje i urządzenia końcowe. Potem router spina wszystko w całość i daje dostęp do sieci WAN lub do internetu. Sieci SDN są rozwiązaniem, które pewne czynności urządzenia odwraca do góry nogami.

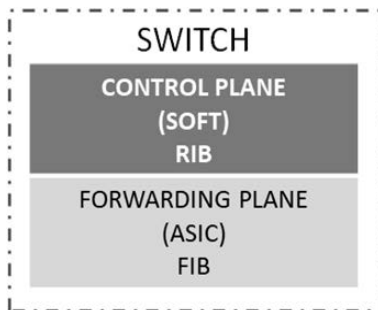
SDN (ang. *Software-Defined Network*) to nowe podejście i styl w IT i sieciach komputerowych. Aby zrozumieć tę koncepcję, trzeba się cofnąć w czasie kilkadziesiąt lat. W latach 70. ubiegłego wieku nie stosowało się przełączników. Były to czasy komputerów mainframe, do których były podłączane bezpośrednio inne stacje tego typu. Kolejne lata to era mikrokomputerów, które łączyły się w sieci komputerowe w bardzo popularnej w latach 80. topologii pierścienia. Typowe sieci LAN, które zasadniczo nie zmieniły się do dziś, to lata 90., kiedy to pojawiły się koncentratory, mosty oraz przełączniki.

Obecne przełączniki warstwy 3. pracują, wykorzystując dwie warstwy: *control plane* i *forwarding plane* (*data plane*).

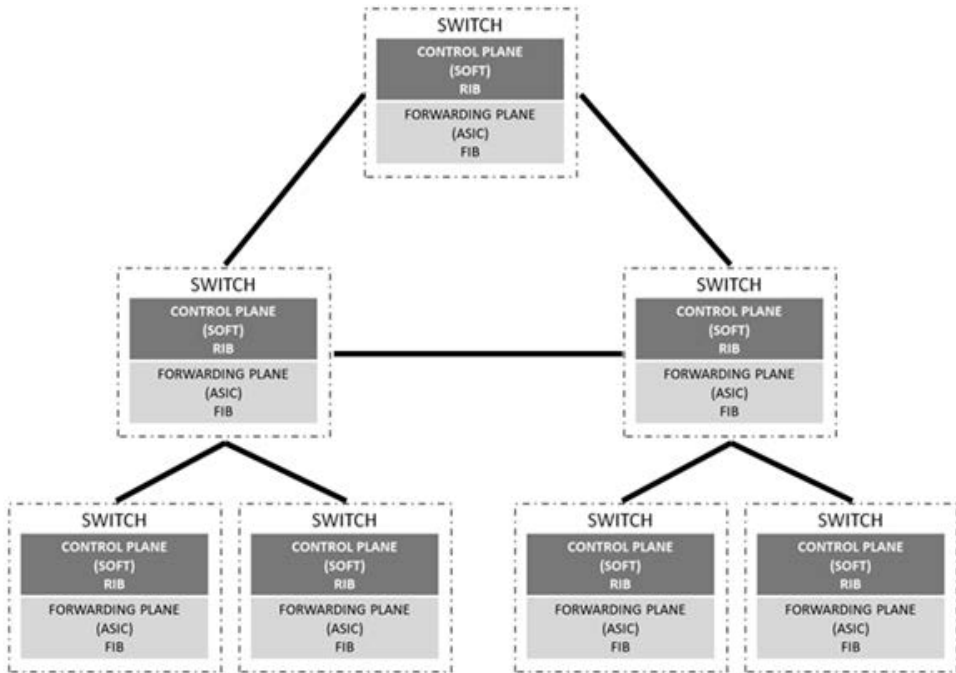
Warstwa *control plane* to swego rodzaju umysł urządzenia, decyduje bowiem o tym, gdzie przesłać pakiety. Jest to rozwiązanie programowe, w którym jako wsparcie funkcjonuje tablica routingu (RIB). To właśnie routery jako typowe rozwiązanie programowe podejmują decyzję o przesłaniu pakietów na podstawie tablicy routingu. Tutaj w przypadku przełącznika odbywa się również nauka adresów MAC koniecznych do zbudowania tablicy MAC. Działają tutaj mechanizmy odpowiedzialne za budowanie tablicy ARP.

Warstwa *forwarding plane* jest odpowiedzialna za „wypychanie” pakietów z przełącznika. Działa w oparciu o układ ASIC; nie jest rozwiązaniem programowym, lecz sprzętowym, a tym samym szybszym. W warstwie tej występuje tablica przełączania (FIB) — na jej podstawie, wykorzystując informacje z *control plane*, przełącznik jest w stanie wysyłać pakiety dalej przez swoje interfejsy (rysunek 12.1).

**Rysunek 12.1.**  
Warstwy działające  
w przełączniku



Typowe podejście to zatem tablica RIB i tablica FIB działające na przykład na przełączniku. Przełącznik ma więc warstwę *control plane*, w której znajdują się informacje zasilające tablicę FIB, aby przełącznik wiedział, przez jakie interfejsy wysłać ramki. To rozwiązanie wciąż w sieciach funkcjonuje i dzięki temu, że moce obliczeniowe urządzeń są coraz większe, będzie jeszcze funkcjonowało. Ma jednak kilka wad. Spójrz na rysunek 12.2.

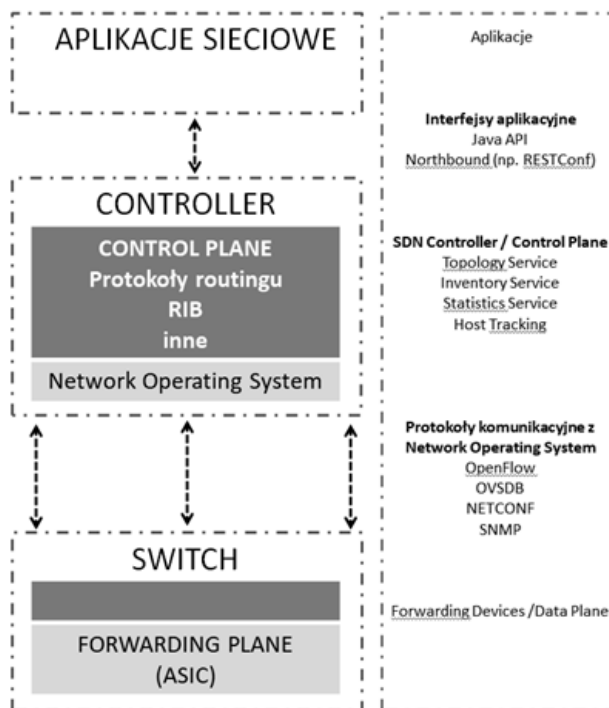


**RYСУNEK 12.2.** Typowy schemat współpracy między przełącznikami

Na rysunku 12.2 widocznych jest siedem przełączników, które realizują konkretne zadania w postaci przełączania pakietów i ramek. W takim modelu działania znajduje się więc siedem urządzeń, które mają siedem systemów operacyjnych, które trzeba aktualizować. Tyleż samo mamy punktów, które mogą stać się celem ataku. Musimy wykorzystać siedem konsol, aby skonfigurować te urządzenia. Jednak największym minusem tego rozwiązania jest to, że mamy po siedem tablic RIB i FIB. Jeśli więc na jednym urządzeniu pojawia się nowy strumień, musi przejść przez *control plane*. Jeśli jest przekazywany przez kilka przełączników, na każdym z nich dzieje się to samo.

W SDN następuje przejście pełnej kontroli nad działaniem sieci poprzez kontrolę sposobu przekazywania strumieni przez urządzenia. Spójrz na rysunek 12.3. Z czego wynika taka potrzeba? Przede wszystkim z potrzeb rynku, który oczekuje pełnego wsparcia w oprogramowaniu i wirtualizowaniu. Skoro mamy maszyny wirtualne w postaci serwerów, to dlaczego przełączniki nie mogłyby być również wirtualne. To samo dotyczy innych urządzeń, takich jak np. routery, urządzenia ASA czy kontrolery bezprzewodowe itd.

**Rysunek 12.3.**  
Działanie  
urządzeń SDN



Z przełącznika, który znajduje się na samym dole, „wyjęto” *control plane*. Od tej pory przełączniki to tylko szybkie układy ASIC, które przełączają pakiety; nie robią nic więcej. Można obrazowo powiedzieć, że nie mają funkcji myślenia, lecz tylko wykonują komendy. Dzięki temu pakiety są przełączane bardzo szybko i od razu odsyłane do odpowiedniego interfejsu.

Mózg sieci (*control plane*) znajduje się natomiast w urządzeniu, które nazywane jest kontrolerem SDN (ang. *SDN controller*). Tam zaimplementowany jest system operacyjny wraz z funkcjami zarządzania ruchem. Na kontrolerze następuje proces odnajdywania najlepszej trasy dla pakietów danych i realizowany jest algorytm routingu. Na kontrolerze mogą być implementowane różne protokoły routingu. Jeden kontroler może zarządzać wieloma przełącznikami, przysyłając im odpowiednie rozkazy dotyczące przekazywania strumieni na poszczególne interfejsy.

Jeśli chodzi o kontroler, to administrator może go dowolnie programować z wykorzystaniem różnych aplikacji sieciowych napisanych w różnych językach programowania. Dzięki temu sieci SDN mogą być odpowiednio dopasowane. Jeżeli przedsiębiorstwo potrzebuje określonego rozwiązania i sposobu działania, może opracować je sobie samodzielnie, nie musi korzystać z gotowego oprogramowania do zarządzania kontrolerami.

Kontroler komunikuje się z przełącznikiem za pomocą protokołów komunikacyjnych, takich jak bardzo często wykorzystywany OpenFlow, który umożliwia również zarządzanie kontrolerem, przysyłanie danych i komend. Jednym przełącznikiem może sterować wiele kontrolerów OpenFlow. Sieć SDN wspiera tworzenie wirtualnych sieci komputerowych.

Poniekąd urządzenie, np. przełącznik, będzie w takim przypadku tylko urządzeniem posiadającym płaszczyznę danych i jego zadaniem będzie tylko przesłanie fizyczne danych z jednego interfejsu fizycznego na inny. Natomiast taki przełącznik nie będzie już „samodzielnie myślał”, jak to zrobić. Wszystkie rozkazy związane z przekazywaniem będzie otrzymywał z kontrolera SDN.

Kontroler do zarządzania urządzeniami wykorzystuje interfejsy komunikacyjne z siecią. Są one nazywane interfejsem północnym (ang. *northbound interface* — NBI) oraz interfejsem południowym (ang. *southbound interface* — SBI).

Interfejs NBI daje możliwość komunikacji z kontrolerem administratorowi. Administrator może dzięki niemu zarządzać samym kontrolerem, ale również zarządzać siecią poprzez kontroler. NBI daje możliwość zarządzania bezpośrednio przez GUI, ale również poprzez API i wszelkiego rodzaju związane z tym udogodnienia, takie jak skrypty JavaScriptu lub Pythona oraz inne. Są to rozwiązania, które na dzień dzisiejszy dają wiele możliwości administratorowi. Oczywiście tak jak nigdy wcześniej wymagają poznania technik pisania skryptów lub nauki programowania. Ale staje się to obecnie nieuchronne i konieczne dla dalszego rozwoju. Myślę, że CLI będzie coraz mocniej wypierane na rzecz szeroko rozumianego API.

Interfejs SBI to interfejs odpowiedzialny za komunikację kontrolera z urządzeniami sieciowymi. Obecnie jest to również API. Jak więc widzisz, wsparcie programowe jednak wiedzie prym. I tak jak wspomniałem wcześniej, może to być OpenFlow czy Cisco OpFlex.

API to oprogramowanie, które umożliwia innym aplikacjom dostęp do danych lub usług innego urządzenia. Jest w pewnym sensie pośrednikiem pomiędzy użytkownikiem a danymi na innym urządzeniu, czyli Ty, jako użytkownik, chcesz uzyskać informacje od urządzenia i poprzez API wysyłasz do niego żądanie, aby przesłało Ci dane w odpowiedniej formie (odpowiednio sformatowane), np. JSON.

Jeszcze kilka lat temu, aby zarezerwować miejsce w hotelu, wchodziłeś na stronę WWW danego obiektu i tam mogłeś dokonać rezerwacji. Obecnie istnieją serwisy, które w jednym miejscu kumulują ogłoszenia wielu hoteli. Dzięki temu można porównywać ceny i usługi, by na tej podstawie podjąć decyzję. Jest to możliwe, ponieważ każdy z hoteli daje dostęp do swojej bazy danych i poprzez API zewnętrzny portal może wymieniać informacje z API hotelu. Zauważ, że dostęp w takim przypadku jest dwukierunkowy, a zatem klient po dokonaniu rezerwacji na zewnętrznym portalu otrzymuje od niego informację, że rezerwacja została przyjęta. Zewnętrzny portal musi jednak zaznaczyć w bazie danych hotelu, że pokój jest już zajęty w danym terminie. Wszystko to odbywa się dzięki API i dostępowi do bazy danych.

API może być publiczne i wówczas każdy może mieć do niego dostęp, dzięki czemu może prezentować za pomocą własnych aplikacji dane czyjejs bazy. Drugi rodzaj to prywatne API — przykładem może być wspomniana usługa hotelowa. Dzięki rozwiązaniom opartym na API możesz znaleźć lot w interesującym Cię terminie czy dokonać zakupu towarów po atrakcyjnych cenach.

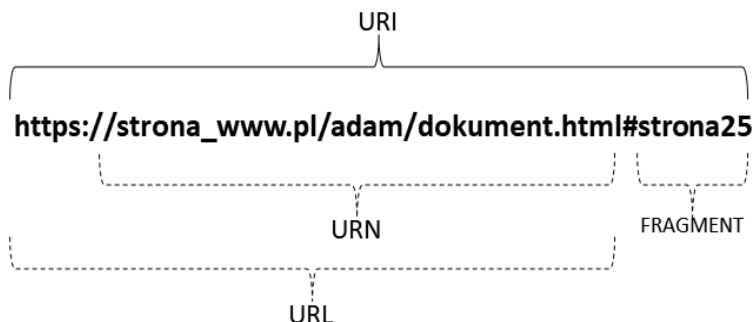


API, które jest szeroko stosowane przez serwisy WWW, to RESTful API (ang. *Representational State Transfer*), bazujące na HTTP. W RESTful API informacje są transportowane przez HTTP, dlatego operacje głównie są wykonywane poprzez URL. W HTTP, jeśli chcesz otrzymać stronę WWW, to właśnie wykorzystując HTTP, wysyłasz żądanie GET, a otrzymując stronę, dostajesz odpowiedź w postaci dokumentu HTML. Czasem, gdy uzupełniasz formularz z danymi, wysyłasz żądanie HTTP POST. Podczas wykorzystywania API odpowiedzią nie będzie format HTML, lecz np. JSON.

Tak więc REST to model klient – serwer, który umożliwia podłączenie do serwera wielu klientów. Jest też rozwiązaniem, które nie rezerwuje i nie zestawia połączenia na stałe. REST jest w związku z tym bezstanowy.

Wspomniałem o wykorzystaniu URL, czyli ujednoliconego formatu, który znasz. Wykorzystujesz go niemal każdego dnia podczas surfowania w internecie. Ale tak naprawdę URL jest tylko częścią ścieżki dostępu do danych. RESTful wykorzystuje URI (ang. *Uniform Resource Identifier*), czyli ujednolicony identyfikator zasobów (opisany w RFC2396). URI jest standardem, który pozwala na identyfikację zasobów w sieci i składa się z łańcucha znaków prowadzących do tego zasobu (rysunek 12.4).

**Rysunek 12.4.**  
Format URI



URI składa się z URL (ang. *Uniform Resource Locator*), który jest formatem adresowania zawierającym m.in. protokół, hosta (np. nazwę strony WWW) i ścieżkę do zasobu. Drugą część URI to URN (ang. *Uniform Resource Name*) — w tym przypadku sama ścieżka do zasobu. Na samym końcu znajduje się określony fragment poszukiwanych zasobów, najbardziej szczegółowy. URI może być bardziej rozbudowane i może znaleźć się tam również konkretne zapytanie, numer portu. URI, jak wspomniałem, wykorzystywane jest przez API.

Opierając się na tych informacjach, chciałbym Ci uzmysłowić, że komunikacja z urządzeniem w zasadzie odbywa się w bardzo podobny sposób. Tak więc wykorzystując np. skrypt Python, możesz skonstruować żądanie pobrania (HTTP GET) np. stanów interfejsu urządzenia, które będzie wyglądało np. tak: `https://172.16.2.1:8888/sdn/int/status/nodes`. Urządzenie odpowie, np. wykorzystując format JSON.

```
{
  "nodes": [
    {
      "ip": "172.16.2.1",
```

```

    "mac": "abab.1111.baba",
    "vid": 0,
    "dpid": "00:00:00:00:00:00:01",
    "port": 1,
  }
]
}

```

## Przykład zastosowania sieci SDN

Chciałbym, abyś wiedział, jak wszystko działa w praktyce. Tak więc w tym podrozdziale chciałbym dać Ci namiastkę własnego kontrolera i wirtualnych przełączników. Do uruchomienia kontrolera będziesz potrzebował maszyny wirtualnej z serwerem Ubuntu. Ja w tym przykładzie użyłem gotowego obrazu *.iso* Ubuntu Server ze strony *ubuntu.com*. Po pobraniu pliku należy utworzyć nową wirtualną maszynę (rysunek 12.5).

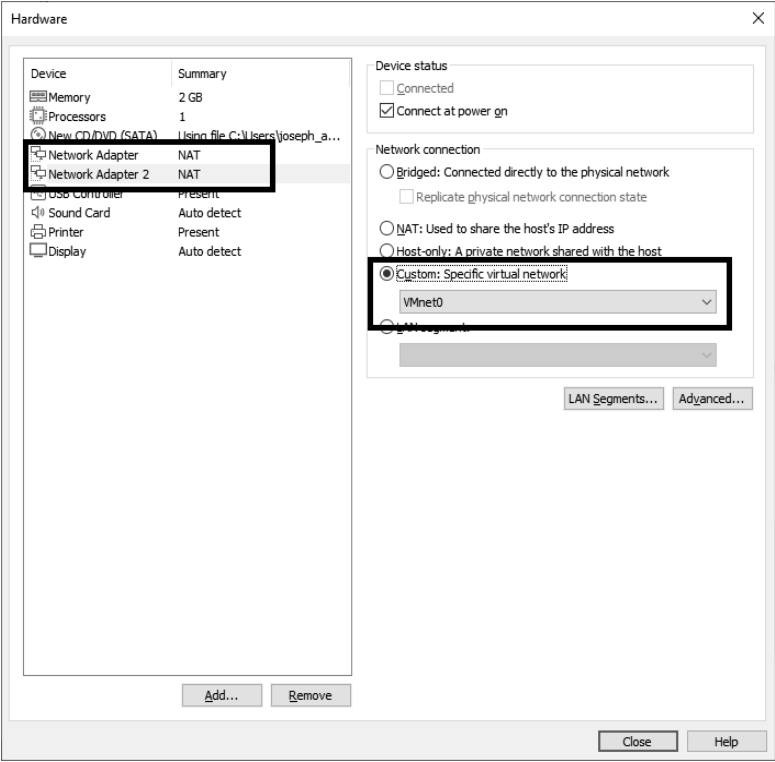
**Rysunek 12.5.**

Okno kreatora  
tworzenia nowej  
maszyny wirtualnej

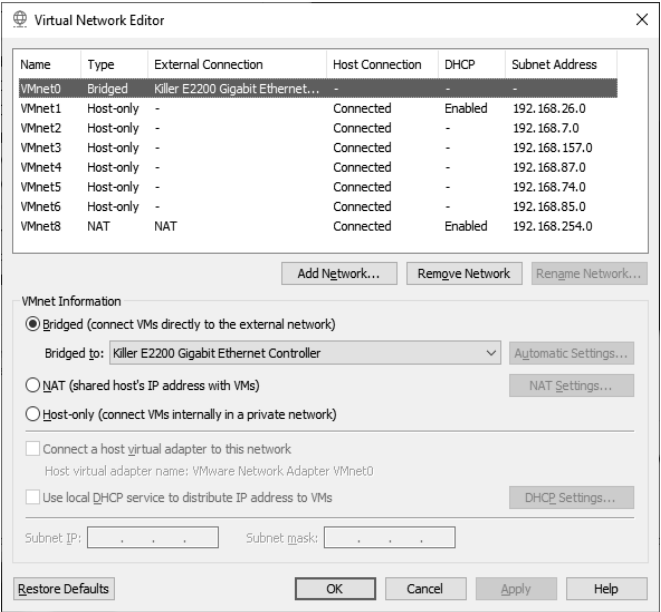


Przypisz do maszyny dodatkowy interfejs sieciowy. Pierwszy interfejs posłuży do komunikacji z internetem w celu pobierania dodatków, które za chwilę doinstalujesz, natomiast drugi interfejs posłuży do komunikacji z siecią lokalną lub inną siecią, jeśli takiej będziesz chciał użyć. W oknie *Hardware* dodaj nową kartę sieciową. Na poniższym rysunku (rysunek 12.6) w polu *Custom* wybrano interfejs VMnet0.

Jeśli chodzi o interfejs VMnet0, to wcześniej należy dostosować go do komunikacji z odpowiednią siecią. W moim przypadku, jak możesz zauważyć na poniższym rysunku (rysunek 12.7), interfejs wirtualny współpracuje jako interfejs zmostkowany z rzeczywistym interfejsem sieciowym. Dzięki temu maszyna wirtualna otrzymuje dostęp do mojej sieci LAN.

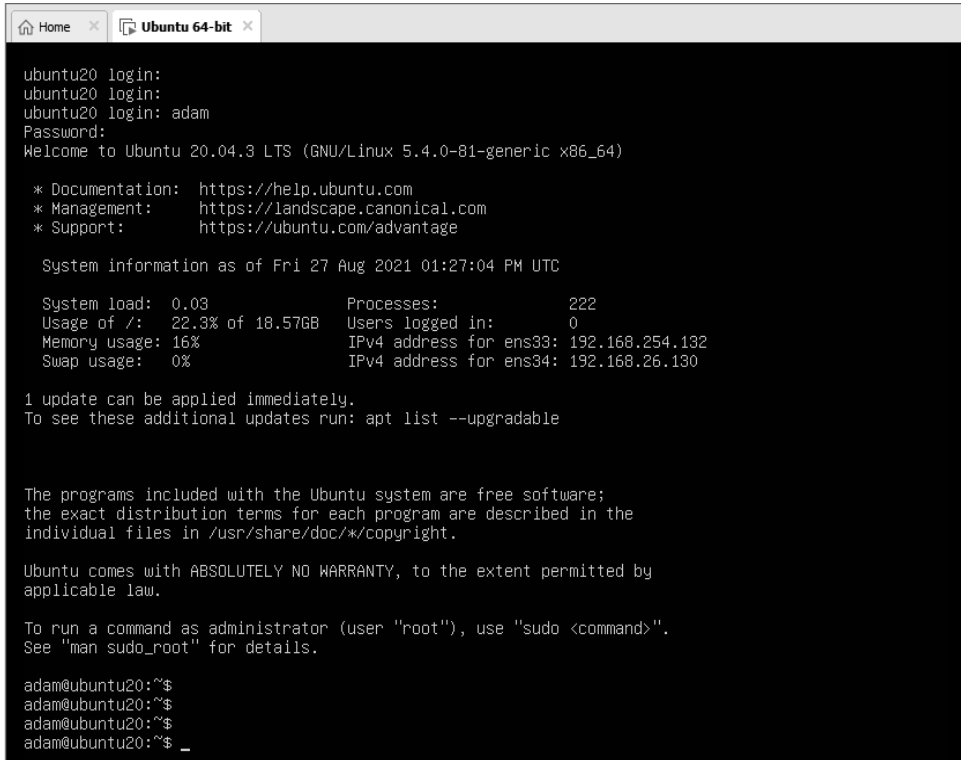


Rysunek 12.6. Ustawienia sieci wirtualnej maszyny



Rysunek 12.7. Ustawienia sieci hypervisora

Tak więc po uruchomieniu maszyny wirtualnej rozpocznie się proces instalacji serwera Ubuntu. Wykorzystaj domyślne ustawienia, aby po instalacji uruchomić widoczną poniżej konsolę (rysunek 12.8).



```

ubuntu20 login:
ubuntu20 login:
ubuntu20 login: adam
Password:
Welcome to Ubuntu 20.04.3 LTS (GNU/Linux 5.4.0-81-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

System information as of Fri 27 Aug 2021 01:27:04 PM UTC

System load:  0.03          Processes:           222
Usage of /:   22.3% of 18.57GB    Users logged in:    0
Memory usage: 16%            IPv4 address for ens33: 192.168.254.132
Swap usage:   0%              IPv4 address for ens34: 192.168.26.130

1 update can be applied immediately.
To see these additional updates run: apt list --upgradable

The programs included with the Ubuntu system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Ubuntu comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent permitted by
applicable law.

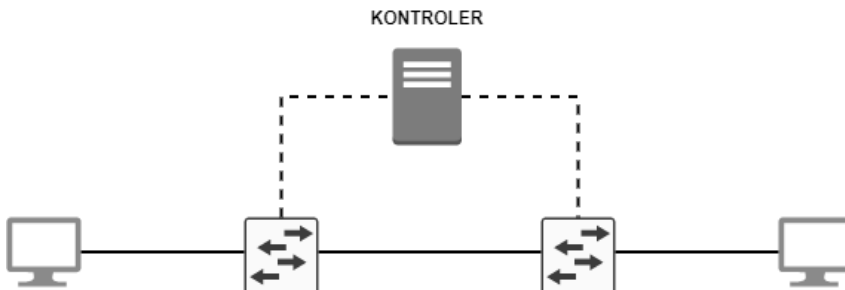
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.

adam@ubuntu20:~$
adam@ubuntu20:~$
adam@ubuntu20:~$
adam@ubuntu20:~$ _

```

**Rysunek 12.8.** Zainstalowany system operacyjny Ubuntu

Będziemy emulować sieć widoczną na poniższym rysunku 12.9. Przełączniki, których możesz użyć, mogą być rzeczywistym sprzętem, ale należy pamiętać o tym, aby obsługiwały OpenFlow. Natomiast z racji tego, że wkraczamy w wirtualny świat, wprowadzimy rozwiązanie, które nazywa się Mininet. Jest to niewielka dystrybucja Linuksa, za pomocą której możesz utworzyć wirtualne przełączniki obsługujące OpenFlow. Również stacje robocze zostaną emulowane w Mininet.



**Rysunek 12.9.** Schemat sieci z kontrolerem

Jeśli chodzi o kontroler, którego będziemy używali, to będzie nim zainstalowane na serwerze Ubuntu darmowe oprogramowanie OpenDaylight. Jest to kontroler SDN oparty na Linuksie, którego podstawy poznasz w tym przykładzie.

Zacznijmy od początku, czyli najpierw po zainstalowaniu serwera Ubuntu sprawdź, czy ma połączenie z siecią lokalną oraz internetem. Najlepiej, jeśli w konsoli wydasz komendę `ifconfig`. Jeśli komenda nie działa, doinstaluj odpowiednie narzędzia komendą `sudo apt install net-tools`.

Poniższy listing prezentuje ustawienie interfejsów na maszynie wirtualnej. Serwer Ubuntu jest więc dostępny w tym przypadku w sieci lokalnej przez interfejs `ens34`. Adres został przydzielony automatycznie przez serwer DHCP sieci LAN. Ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby adres dodać manualnie.

```
adam@ubuntu:~$ ifconfig
ens33: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.254.134 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.254.255
    inet6 fe80::20c:29ff:fead:f73f prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 00:0c:29:ad:f7:3f txqueuelen 1000 (Ethernet)
<POMINIĘTO>
ens34: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 172.30.100.96 netmask 255.255.255.0 broadcast 172.30.100.255
    inet6 fe80::20c:29ff:fead:f749 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 00:0c:29:ad:f7:49 txqueuelen 1000 (Ethernet)
<POMINIĘTO>
lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
<POMINIĘTO>
adam@ubuntu:~$
```

Kolejnym istotnym krokiem jest instalacja Javy. Trzeba to robić uważnie, gdyż w przeciwnym wypadku mogą pojawić się problemy w trakcie instalacji. Zanim cokolwiek zainstalujemy, zaktualizuj system i pakiety komendą `sudo apt-get -y update`, a po chwili wydaj komendę `sudo apt-get -y upgrade`. System jest zaktualizowany, to jeszcze na samym początku zainstaluj komendą `sudo apt-get -y install unzip` program ZIP do rozpakowywania archiwów; za chwilę się przyda.

Teraz mamy już wszystkie niezbędne narzędzia, możesz więc przejść do instalacji Javy. Ponieważ zainstalujemy OpenDaylight w wersji obsługującej Javę 8, dlatego zacznij konfigurację od komendy `sudo apt-get -y install openjdk-8-jre`. Pobieranie i instalacja pakietów może trochę potrwać, więc należy cierpliwie czekać.

Następnie warto sprawdzić komendą `sudo update-alternatives --config java`, czy nie ma już na serwerze innych wersji Javy. To bardzo ważne, aby później w konfiguracji była zachowana pewna spójność. Gdyby były inne wersje, zostaniesz poproszony o wybranie tej, której będziesz używał. Zwykle odbywa się to poprzez podanie właściwego numeru przypisanego dla danej wersji.

Komendą `ls -l /etc/alternatives/java` sprawdź, jaka wersja aktualnie znajduje się w systemie. Otrzymasz ścieżkę dostępu, której za chwilę użyjesz do dalszej konfiguracji.

```
adam@ubuntu:~$ ls -l /etc/alternatives/java
lrwxrwxrwx 1 root root 46 Aug 28 10:53 /etc/alternatives/java -> /usr/lib/jvm/java-8-
openjdk-amd64/jre/bin/java
adam@ubuntu:~$
```

Podczas konfiguracji OpenDaylight wymagane jest ustawienie określonej zmiennej środowiskowej zawierającej ścieżkę do zestawu narzędzi Javy. Tak więc komendą `echo 'export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64' >> ~/.bashrc` należy dokonać tych ustawień. Komenda `source ~/.bashrc` spowoduje zaimplementowanie pliku źródłowego `bashrc`. Ten sam efekt uzyskasz, wylogowując się i ponownie logując. Ale przedstawioną komendą zrobisz to po prostu szybciej.

```
adam@ubuntu:~$ echo 'export JAVA_HOME=/usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64' >> ~/.bashrc
adam@ubuntu:~$ source ~/.bashrc
adam@ubuntu:~$
```

Aby sprawdzić ustawienia, wydaj komendę `echo $JAVA_HOME`. Jak widzisz, ścieżka jest taka, jaką podałeś przed chwilą.

```
adam@ubuntu:~$ echo $JAVA_HOME
/usr/lib/jvm/java-8-openjdk-amd64
adam@ubuntu:~$
```

Java gotowa, dlatego teraz zainstalujemy OpenDaylight. Jeśli przejdiesz na stronę tego projektu, możesz wybrać kilka wersji. Mając na celu jedynie demonstrację, nie jest istotne, jaką wersję pobierzesz. Warto jednak wcześniej upewnić się, jaka wersja Javy jest potrzebna. Poniżej znajduje się listing z wersją, która została użyta w tym przykładzie. Po wprowadzeniu odpowiedniego polecenia rozpocznie się pobieranie archiwum ZIP. Jeśli chcesz pobrać inną wersję, po prostu przejdź na stronę projektu i zapisz ścieżkę do odpowiedniego archiwum ZIP, a następnie wklej ścieżkę za komendą `wget`.

```
adam@ubuntu:~$ wget
https://nexus.opendaylight.org/content/groups/public/org.opendaylight/integration/distribution-karaf/0.5.0-Boron/distribution-karaf-0.5.0-Boron.zip
--2021-08-28 11:08:13--
https://nexus.opendaylight.org/content/groups/public/org.opendaylight/integration/distribution-karaf/0.5.0-Boron/distribution-karaf-0.5.0-Boron.zip
Resolving nexus.opendaylight.org (nexus.opendaylight.org)... 199.204.45.87,
2604:e100:1:0:f816:3eff:fe45:48d6
Connecting to nexus.opendaylight.org (nexus.opendaylight.org)|199.204.45.87|:443... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 425577192 (406M) [application/zip]
Saving to: 'distribution-karaf-0.5.0-Boron.zip'
araf-0.5.0-Boron.zip      16%[====>                ] 68.81M  13.9MB/s   eta 30s
```

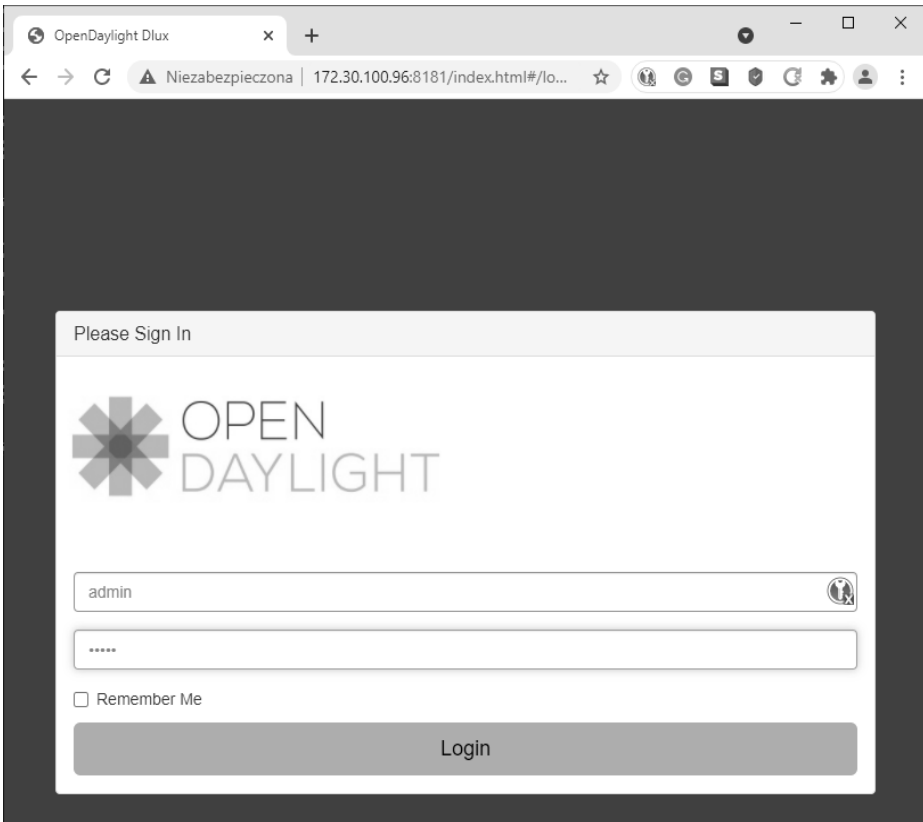
Po pobraniu pliku sprawdź, jak nazywa się archiwum. Komendą `ls` sprawdzisz zawartość kontenera.

```
adam@ubuntu:~$ ls
distribution-karaf-0.5.0-Boron.zip
adam@ubuntu:~$
```

Archiwum ZIP znajduje się na swoim miejscu, dlatego rozpakuj je komendą `unzip`.

```
adam@ubuntu:~$ unzip distribution-karaf-0.5.0-Boron.zip
```





**Rysunek 12.11.** Okno logowania środowiska GUI

Po zalogowaniu na ekranie pojawi się puste białe okno z przyciskiem Reload. Na razie wszystko idzie zgodnie z planem i nie musisz się przejmować, że okno jest puste. Dzieje się tak, ponieważ nie ma utworzonej żadnej topologii służącej do zarządzania. Czyli z kontrolerem nie połączyło się żadne urządzenie. Dlatego kontroler nie ma co robić. Za chwilę to zmienimy, bo wspomniałem Ci, że użyjemy do tego celu oprogramowania Mininet.

Aby zaimplementować w środowisku wirtualnym maszynę Mininet, przejdź do strony tego projektu — [mininet.org](http://mininet.org). Znajduje się tam gotowe środowisko pracy. Wcześniej, podobnie jak poprzednio, przygotuj odpowiedni interfejs, aby Mininet bez problemu komunikował się z kontrolerem. Aby zalogować się do Mininet, użyj konta użytkownika o nazwie `mininet` z tym samym hasłem (rysunek 12.12).

Sprawdź adres IP komendą `ifconfig` i wykonaj test ping do kontrolera.

```
mininet@mininet-vm:~$ ping 172.30.100.96
PING 172.30.100.96 (172.30.100.96) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.30.100.96: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.597 ms
64 bytes from 172.30.100.96: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.246 ms
64 bytes from 172.30.100.96: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.372 ms
^C
```



```

Ubuntu 20.04.1 LTS mininet-vm tty1
mininet-vm login:
Password:
Welcome to Ubuntu 20.04.1 LTS (GNU/Linux 5.4.0-42-generic x86_64)

 * Documentation:  https://help.ubuntu.com
 * Management:    https://landscape.canonical.com
 * Support:       https://ubuntu.com/advantage

Last login: Sat Aug 28 01:51:14 PDT 2021 on tty1
mininet@mininet-vm:~$

```

**Rysunek 12.12.** Konsola Mininet

```

--- 172.30.100.96 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2019ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.246/0.405/0.597/0.145 ms
mininet@mininet-vm:~$

```

Komunikacja działa, więc możesz przejść do konfigurowania pierwszej topologii. Na początku ustaliliśmy wygląd topologii, dlatego teraz wydaj komendę, która ją utworzy.

```

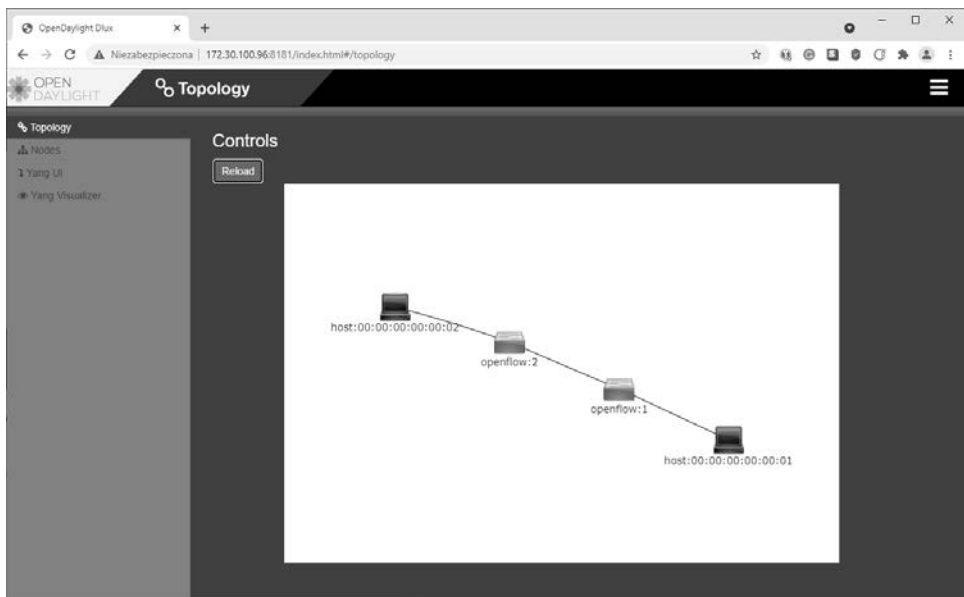
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo linear,2 --mac --
controller=remote,ip=172.30.100.96,port=6633 --switch ovs,protocols=OpenFlow10
*** Creating network
*** Adding controller
Unable to contact the remote controller at 172.30.100.98:6633
*** Adding hosts:
h1 h2
*** Adding switches:
s1 s2
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s2) (s2, s1)
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 2 switches
s1 s2 ...
*** Starting CLI:
mininet>

```

Od razu możesz wykonać test połączenia dla wszystkich, używając komendy `pingall`. Jak widać na poniższym listingu, połączenia działają prawidłowo.

```
mininet>pingall
*** Ping: testing ping reachability
h1 -> h2
h2 -> h1
***Results: 0% dropped (2/2 received)
mininet>
```

Następnie wróć do przeglądarki, w której otwarte jest okno OpenDaylight, i kliknij niebieski przycisk Reload (rysunek 12.13). Powinieneś połączyć się z Mininet i utworzoną topologią. Na ekranie możesz zauważyć połączenie dwóch stacji roboczych oraz pomiędzy nimi dwa przełączniki — dokładnie tak miało to wyglądać. Pamiętaj, że teraz kontroler umożliwia konfigurację przełączników.

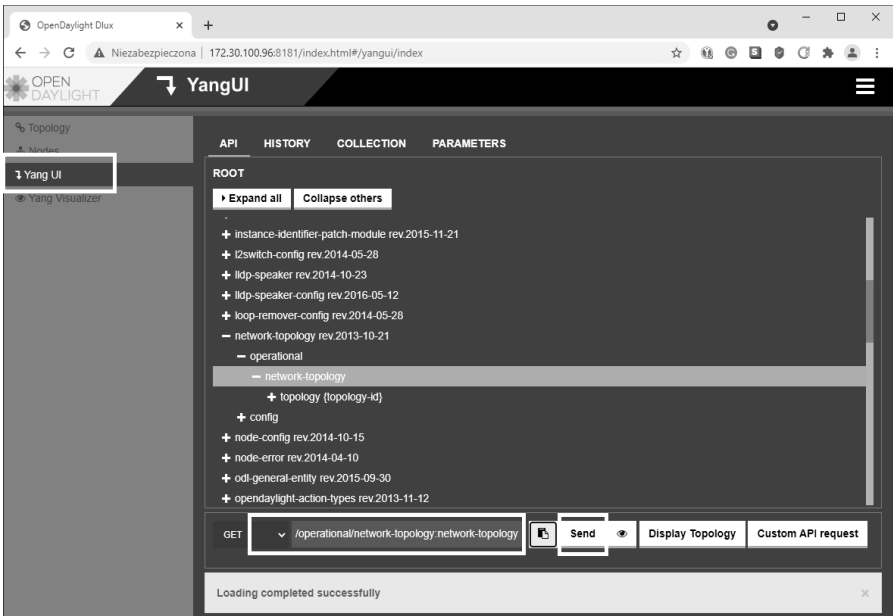


**Rysunek 12.13.** Utworzona topologia

Oczywiście to tylko podstawowy przykład na początek możliwości, jakie daje Mininet z kontrolerem SDN. Topologie, które możesz budować w ten sposób, mogą być naprawdę imponujące.

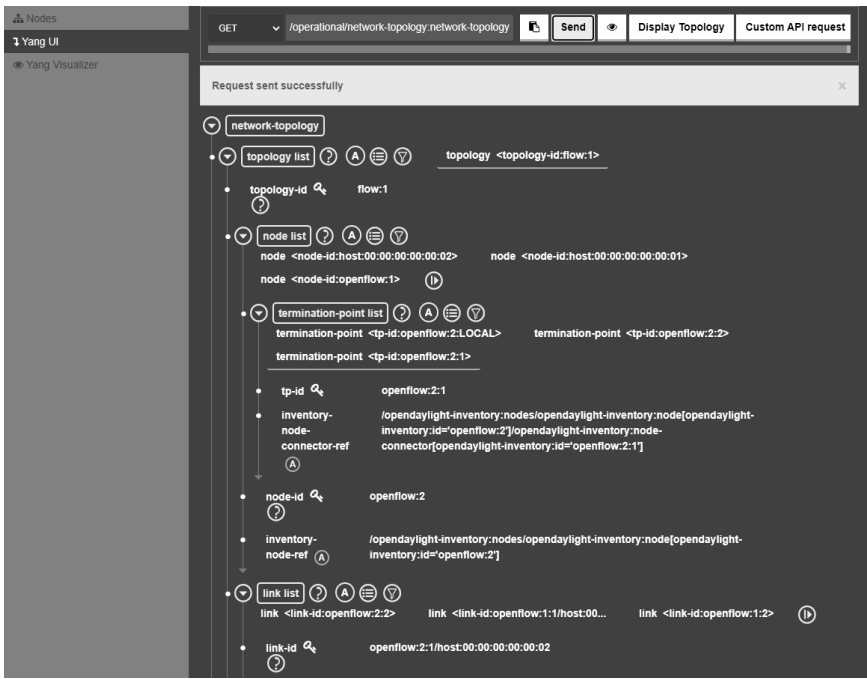
Jeśli chcesz wykorzystać możliwości, jakie daje NETCONF, możesz wykorzystać wbudowany w OpenDaylight interfejs o nazwie Yang. Jest to coś w rodzaju interfejsu API dostępnego przez HTTP i umożliwiającego dostęp do wykreowanych przez Ciebie danych dotyczących konfiguracji oraz infrastruktury. Nie będę szczegółowo omawiał jego funkcjonalności, a jedynie wskażę, jak dostać się do danych infrastruktury i sprawdzić je w formacie nieco bardziej przyjaznym.

Po lewej stronie okna OpenDaylight kliknij pozycję Yang UI. Następnie odszukaj na liście pozycję network –topology. Skopiuj adres i kliknij przycisk Send (rysunek 12.14).



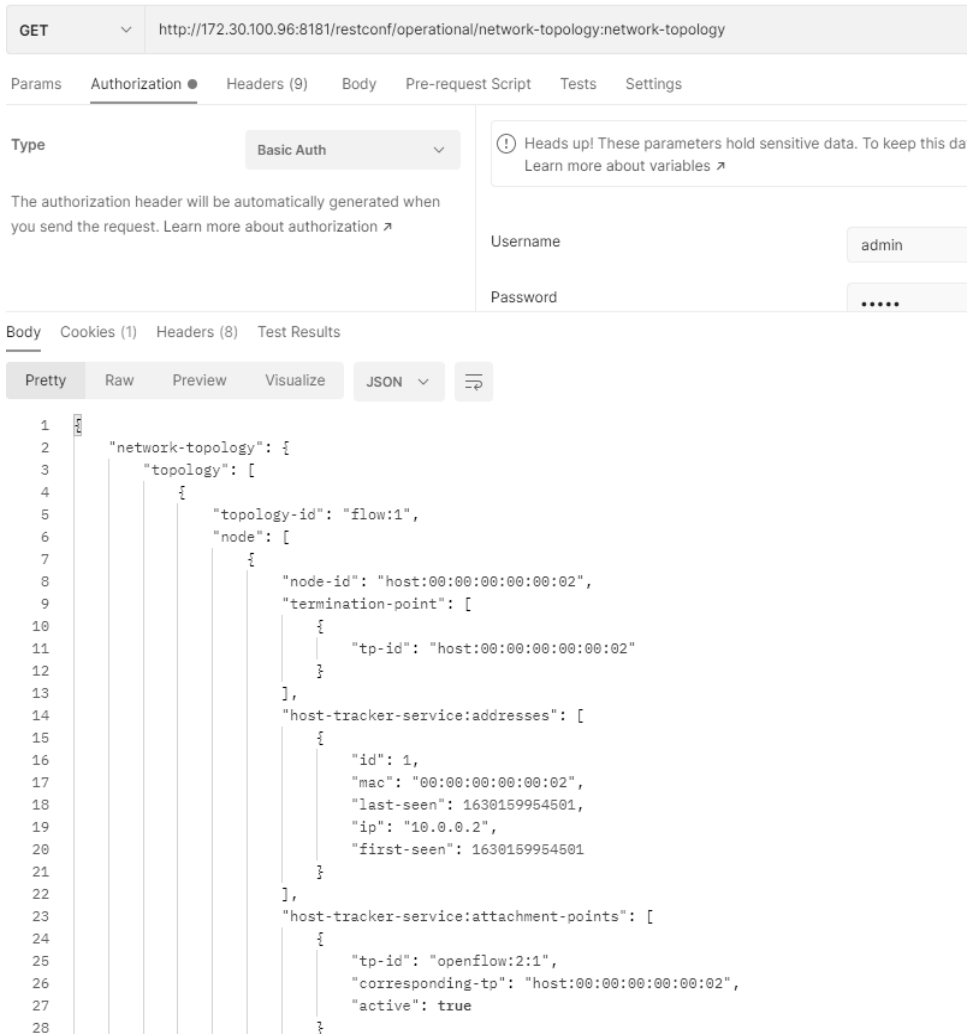
**Rysunek 12.14.** Dane dotyczące urządzeń pogrupowane i udostępnione w formie drzewa

Zauważ, że prezentowane dane zawierają informacje o urządzeniach, które znalazły się w topologii, ich dane adresowe i nazwy (rysunek 12.15).



**Rysunek 12.15.** Wynik polecenia wydanego w Yang UI

Na koniec możesz wykorzystać aplikację Postman jako wsparcie do pracy nad danymi czy komunikacją z kontrolerem. Wystarczy, jeśli wcześniej skopiowany adres wkleisz w oknie Postman, otwierając nowy projekt, i się uwierzytnisz, a będziesz mógł wyświetlić identyczne dane w różnych formatach, np. JSON. Dodatkowo Postman daje możliwość wysyłania żądań do kontrolera przygotowanych za pomocą interfejsu API RESTCONF. Poniżej przedstawiono okno środowiska Postman (rysunek 12.16).



**Rysunek 12.16.** Okno środowiska Postman

## Wirtualizacja

Wirtualizacja, automatyzacja sieci i programowalność sieci to pojęcia, które mają w zasadzie jeden cel: uproszczenie. Automatyzacja sieci znacznie ułatwia administratorom konfigurowanie sieci i zarządzanie nimi. Dzięki wdrożeniu odpowiedniego oprogramowania można zautomatyzować wiele codziennych czynności (choć było to już możliwe za sprawą różnego rodzaju skryptów). Poprzez pełną automatyzację sieci można jednak wpływać już nie tylko na konfigurację, ale również na działanie całej sieci, która może automatycznie wykrywać na przykład obciążenie jednych urządzeń i kierować ruch przez inne, mniej w danym momencie obciążone.

## Usługi chmury

Obecnie szybkość działania internetu jest bardzo duża, co daje nowe możliwości. W typowym modelu przedsiębiorstwo posiada własną serwerownię z serwerami, oprogramowaniem i urządzeniami aktywnymi. Posiadanie własnej serwerowni wymaga jednak dbania o bezpieczeństwo, regularnego sporządzania kopii zapasowych i zatrudnienia wykwalifikowanego personelu, który wszystko skonfiguruje.

Alternatywą jest wykorzystanie chmury (ang. *cloud*), czyli wirtualnego środowiska pracy, które jest umieszczone poza siedzibą przedsiębiorstwa i nie stanowi jego własności. Polega to na tym, że możesz wynająć sobie dowolną usługę, program czy inne rozwiązanie, które będzie dostępne przez internet. Oczywiście do zarządzania usługą i wykorzystywania jej potrzebny będzie dostęp do sieci.

Odpowiednie wdrożenie usług chmurowych (ang. *cloud computing*) w przedsiębiorstwie może zmniejszyć koszty operacyjne. Daje również wiele możliwości, takich jak dostęp do danych w dowolnym miejscu i czasie. Umożliwia korzystanie tylko z wybranych usług w ramach danej organizacji, ponadto w zależności od rodzaju usług chmurowych zmniejsza zapotrzebowanie firmy na sprzęt fizyczny czy określone usługi wymagające licencji. Jeśli przedsiębiorstwo decyduje się na dzierżawę usług chmurowych, często nie musi ponosić już kosztów utrzymania swojego środowiska chmurowego. Nie musi też szkolić personelu i dbać o bezpieczeństwo systemów i regularne sporządzanie ich kopii. Jeśli pojawiają się potrzeby większych możliwości fizycznych czy pojemnościowych, wówczas można je w ciągu kilku minut zwiększyć bez wychodzenia z firmy.

Wyróżniamy trzy podstawowe usługi dostępne w chmurze.

Oprogramowanie jako usługa (ang. *Software as a Service* — SaaS) to usługa polegająca na tym, że aplikacja jest przechowywana i uruchamiana na komputerach dostawcy usługi i jest dostępna dla użytkownika przez internet. Typowym przykładem takiego rozwiązania jest Office 365. Nie musisz w tym przypadku instalować żadnego oprogramowania na komputerze lokalnym, gdyż edytor tekstowy umieszczony jest na zdalnych komputerach dostawcy, który zapewnia działanie usługi i jej bezpieczeństwo, a użytkownik otrzymuje jedynie dane do logowania do usługi.

Platforma jako usługa (ang. *Platform as a Service* — PaaS) to usługa, która polega na tym, że usługodawca udostępnia odbiorcy przez internet dostosowaną do jego potrzeb platformę z określonym zestawem narzędzi służących do różnych celów: projektowania, pisania i testowania nowych aplikacji. W ten sposób odbiorca otrzymuje gotowe środowisko pracy bez ponoszenia dodatkowych kosztów związanych z wdrożeniem i utrzymaniem go w swojej firmie.

Infrastruktura jako usługa (ang. *Infrastructure as a Service* — IaaS) to z kolei usługa polegająca na udostępnieniu odbiorcy przez internet pełnej infrastruktury informatycznej. W tym przypadku możesz wynająć całą wirtualną serwerownię z określonymi systemami operacyjnymi. Za realizację wszystkich zadań związanych z wykonywaniem kopii bezpieczeństwa i zapewnieniem bezpieczeństwa takiej serwerowni odpowiedzialny jest dostawca. Dostawca zarządza również systemem operacyjnym całej chmury i odbiorca nie musi się tym przejmować.

Ze względu na oferowane usługi można wyróżnić różne rodzaje chmur, które różnią się zastosowaniem oraz rodzajem użytkownika końcowego. Pierwszy rodzaj to chmury publiczne (ang. *public cloud*). Jest to usługa, z której może korzystać każdy użytkownik, np. zakładając darmowe konto. Przeważnie taka usługa oferuje kilka gigabajtów przestrzeni dyskowej i zapewnia podstawowe funkcjonalności z tym związane. Oczywiście usługi chmurowe publiczne zawsze wymagają dostępu do internetu. Drugi rodzaj to chmura prywatna (ang. *private cloud*). Jest to chmura umożliwiająca świadczenie konkretnych usług dla danego podmiotu i mają do niej dostęp jedynie pracownicy. Niekiedy fizyczne dyski w takiej chmurze znajdują się u zewnętrznego dostawcy, a przedsiębiorstwo zarządza nią na poziomie dostępu. Można wtedy do takiej chmury logować się na przykład z uprawnieniami użytkownika domeny pomimo tego, że fizycznie infrastruktura znajduje się u dostawcy. Tworzy się także rozwiązanie hybrydowe (ang. *hybrid cloud*), w którym pracownik ma dostęp do zasobów chmury służbowej znajdującej się w firmie oraz do zasobów prywatnych udostępnianych przez dostawcę zewnętrznego. Czasem klientom umożliwia się skorzystanie z chmury publicznej na przykład w celu bezpiecznego przesłania danych.

Jeszcze do niedawna, jeśli określony dział w firmie miał potrzebę przetestowania konkretnego rozwiązania, np. programistycznego, zwykle był zmuszony do utworzenia odpowiedniej maszyny wirtualnej samodzielnie lub przekierowania prośby o jej utworzenie do działu odpowiedzialnego za wirtualizację. Oczywiście wszystko trzeba było przygotować i udostępnić. Omawiane wyżej usługi znacznie przyspieszają takie potrzeby. Poprzez odpowiednią usługę stosowny dział jest w stanie utworzyć potrzebne środowisko testowe kilkoma kliknięciami, wybierając wszystko to, co jest na danej maszynie konieczne. Nie ma już potrzeby, aby inny człowiek był za ten proces odpowiedzialny (za sam proces tworzenia maszyny).

Ciekawe jest to, że chmura może być podwójnie niebezpieczna. Dzieje się tak, jeśli musisz zabezpieczyć chmurę i dostęp do niej. Wiem, brzmi dziwnie, ale tak naprawdę chodzi o środki zapewniające bezpieczeństwo aplikacjom i zasodom, jakie panują podczas przetwarzania danych w chmurze.

Podczas korzystania ze środowiska chmurowego czy administrowania nim istnieje szereg zasad i praktyk, które prawidłowo wdrożone znacząco zmniejszają ryzyko pojawienia się niebezpiecznych sytuacji. Standaryzowaniem tych praktyk zajmuje się organizacja CSA (*Cloud Security Alliance*). Jeśli jesteś zainteresowany tym tematem, możesz przejść do strony tej organizacji: <https://cloudsecurityalliance.org>.

Tak naprawdę w zakresie bezpieczeństwa środowiska chmurowe są narażone na identyczne niebezpieczeństwa, na jakie narażona jest typowa serwerownia. Środowisko chmurowe wykorzystuje bowiem normalny sprzęt i oprogramowanie, które nim zarządza. Jedyną różnicą jest odpowiedzialność. W przypadku własnej serwerowni odpowiedzialność, rzecz jasna, spada na administratora, w środowisku chmurowym to dostawca musi o nią zadbać.

Podczas korzystania ze środowiska chmurowego warto również przyjąć zawsze założenie ograniczonego zaufania oraz przypomnieć sobie o maksymie „ufaj i kontroluj”. Pomimo że chmura jest ciekawym rozwiązaniem, warto pamiętać o tym, że wdrożenie infrastruktury lokalnej sprawia, że między systemami znajdującymi się blisko siebie występujące opóźnienie jest zawsze znacząco mniejsze w porównaniu z infrastrukturą w chmurze. To czasem może być kluczowa sprawa dla jakości usług, więc warto o tym pamiętać.

## Maszyny wirtualne

Kilka lat temu pomieszczenia serwerowni wyglądały niemal identycznie jak obecnie. W specjalnych szafach było wiele komputerów, które miały wiele dysków, mrugały diody i wszystko działało. Urządzenia zużywały dużo prądu i oddawały dużo ciepła, które trzeba było za pomocą klimatyzatorów schłodzić. Bardzo często dla każdej usługi był przeznaczony osobny fizyczny serwer. Tak więc były serwery pocztowe, serwery webowe, serwery plików i serwery bazodanowe oraz np. serwer Active Directory, w ramach którego można było uruchamiać więcej usług, takich jak DHCP czy RADIUS. Często zasoby urządzeń fizycznych nie były w pełni wykorzystywane, a nie zawsze można było uruchomić na serwerze kilka usług. Po wdrożeniu wirtualizacji fizyczny serwer umożliwia włączenie na nim wielu maszyn wirtualnych, które wykorzystują przydzielone im zasoby fizycznego serwera bezpośrednio, bez pośrednictwa systemu operacyjnego. Na fizycznym urządzeniu można zatem uruchomić kilka systemów operacyjnych jednocześnie i zainstalować w tych systemach dowolne usługi.

Dzięki wirtualizacji serwerownia wymaga mniej sprzętu fizycznego. A im mniej fizycznego sprzętu, tym mniej sprzętu sieciowego, który musi to wszystko obsługiwać. Zmniejsza się również wydzielanie ciepła w serwerowni, chłodzenie staje się wydajniejsze. Można zaoszczędzić na samym zużyciu energii elektrycznej, choć tutaj trzeba być ostrożnym, czasem bowiem jeden serwer z kilkoma maszynami wirtualnymi może pochłaniać podobną ilość energii. Zdecydowanym plusem jest to, że obecnie sprzęt nie zajmuje tyle miejsca w serwerowni co kiedyś. Bardzo wydajny serwer zajmuje jedną czwartą szafy teleinformatycznej, a może obsługiwać bardzo dużą liczbę wirtualnych maszyn.

Oczywiście wszystko zaczęło się od odpowiedniego wsparcia dla urządzeń fizycznych. Technologie, które powstały, znacząco zwiększyły możliwości dzisiejszych procesorów. Jak wiesz, dziś nawet w nieco tańszych modelach laptopów dostępne są procesory zaopatrzone w kilka rdzeni. Dzięki temu możliwości komputerów osobistych są znacznie większe. Procesory przeznaczone dla serwerów charakteryzują się jeszcze większymi możliwościami, więc tym bardziej jest w nich potencjał do wykorzystania ich mocy w maszynach wirtualnych.

Wirtualizacja jest ogromnym ułatwieniem, jeśli chodzi o naukę czy testowanie nowych rozwiązań czy aplikacji. Kiedyś, aby przeprowadzić testy, trzeba było instalować odrębny serwer, potem go konfigurować i w razie niepowodzenia czynności powtarzać. Dzięki wirtualizacji możesz utworzyć takich testowych środowisk setki w kilka minut. Jeśli coś pójdzie nie tak, wystarczy wykasować plik i wgrać czysty, już skonfigurowany, aby powrócić do wszystkich ustawień.

Z maszyn wirtualnych bardzo szybko i wygodnie tworzy się kopie bezpieczeństwa i szybkie kopie migawkowe (ang. *snapshot*). Nawet jeśli ktoś nie ma opracowanego systemu kopii bezpieczeństwa, może łatwo utworzyć kopię całego systemu. Zaletą wirtualizowania jest też to, że w razie problemów z urządzeniem fizycznym maszyny wirtualne można dosyć łatwo przenieść na inny serwer. Oczywiście nie zawsze jest to możliwe i bywa, że się nie udaje, ale to naprawdę rzadkie przypadki.

Jak już wspomniałem, maszyna wirtualna wykorzystuje zasoby sprzętowe komputera, na którym jest implementowana. Jak więc działa taka maszyna wirtualna?

Na wirtualnej maszynie, pomimo tego, że jak jej nazwa wskazuje, jest wirtualna, pracuje system operacyjny, który potrzebuje określonych zasobów do działania, tak jakby był zainstalowany na fizycznym urządzeniu. Samo działanie systemu operacyjnego nie zmienia się, dlatego wymaga on dysku twardego, pamięci, procesora, a jeśli potrzebny jest dostęp do sieci — również karty sieciowej.

Maszyna fizyczna ma te zasoby i musi się nimi podzielić. Oznacza to, że im więcej wirtualnych maszyn uruchomisz na serwerze fizycznym, tym więcej będzie „chętnych” na te ograniczone przecież zasoby fizyczne.

Pomiędzy maszyną wirtualną a fizycznym komputerem funkcjonuje pewnego rodzaju pośrednik, tzw. hipernadzorca (ang. *hypervisor*). To za jego pomocą maszynie wirtualnej przydzielane są odpowiednie zasoby, które administrator określa w ustawieniach. Jest to nic innego jak oprogramowanie służące do wykorzystania zasobów i tworzenia nowych wirtualnych maszyn. Generalnie możemy wyróżnić dwa typy hypervisorów. Pierwszy typ to coś w rodzaju dostępu bezpośredniego, w którym program działa od razu na sprzęcie. Czyli jest jakby zainstalowany zamiast systemu operacyjnego i dzięki temu ma bezpośredni dostęp do fizycznego sprzętu. Przykładem jest np. VMware ESXi czy Microsoft Hyper-V. Na przykład VMware wykorzystuje do tego celu rozwiązanie VMkernel.

Drugi typ działa już w określonym systemie operacyjnym. Czyli np. masz zainstalowany system Windows i na nim instalujesz dopiero np. VMware Workstation lub VirtualBox. W tym rozwiązaniu to system operacyjny Windows ma bezpośredni dostęp do zasobów, a nie hypervisor.

Najmniejszy problem jest z dyskiem twardym. Maszyna wirtualna zapisywana jest na fizycznym dysku jako jeden lub kilka plików. Pliki mogą być zapisywane w dowolnym miejscu. Jest to więc bardzo komfortowa sytuacja, gdyż dodanie nowego fizycznego dysku nie jest kosztowne i jest bardzo łatwe. Dzięki temu maszyny wirtualne mogą mieć wiele miejsca.



Maszyna wirtualna korzysta również z fizycznej pamięci, która jest przydzielana zgodnie ze wskazaniami administratora. Pamięć może być przydzielana dynamicznie, co oznacza, że jeśli jedna maszyna wirtualna aktualnie nie potrzebuje zasobów, może z nich skorzystać inna.

Kwestia procesorów nie jest bynajmniej trudna do zrozumienia. Jeżeli posiadasz czterordzeniowy procesor, to tak, jakbyś miał cztery procesory w jednej kości CPU. Kiedy jest to procesor, który wspiera wielowątkowość, wówczas na każdy rdzeń przypadają na przykład dwa wątki i procesor może w danym momencie wykonać osiem operacji. Oprogramowanie wirtualizacyjne może skorzystać z tego faktu i dzięki temu każda maszyna otrzyma jeden własny wirtualny procesor, zwany vCPU.

Jeśli chodzi o aspekt sieciowy i wirtualne karty sieciowe (vNIC), to tworzone są wirtualne (programowe) interfejsy, które wykorzystują rzeczywistą kartę sieciową do komunikacji z rzeczywistą siecią. W większych rozwiązaniach kilka maszyn wirtualnych można podłączyć do wirtualnego przełącznika, a ten za pomocą połączenia trunk podłączyć do rzeczywistego sprzętu. Wirtualny przełącznik ma identyczne funkcje jak rzeczywisty.

W świecie wirtualizacji będziesz miał również do czynienia z pojęciem kontener (ang. *container*). Nie jest to stricte maszyna wirtualna, ale nieco ją przypomina swoim działaniem. Kontener to coś w rodzaju pudełka przechowującego aplikację i jej ustawienia. Czyli „organizm”, który zawiera tylko kod i potrzebuje do działania nosiciela. Nosicielem tym jest silnik kontenerów (ang. *container engine*), a ten działa zawsze w oparciu o jakiś system operacyjny. Mając aplikację, można ją zatem uruchomić za pośrednictwem kontenera w dowolnym miejscu, po prostu przesyłając taki kontener do kogoś lub udostępniając go w chmurze.

Obecnie wirtualizować można niemalże każde urządzenie sieciowe. Jeszcze kilka lat temu było nie do pomyślenia, żeby wirtualizować router, a co dopiero przełącznik czy inne urządzenie sieciowe. Teraz jest to już standardem w sieciach, w których istnieje wiele wirtualnych maszyn oraz relacji pomiędzy nimi. Funkcjonalność wirtualizacji urządzenia sieciowego jest częścią ogólnej funkcjonalności znanej jako funkcja sieci wirtualnej (ang. *Virtual Network Function — VNF*). Przykładem może być chociażby przełącznik wirtualny CSR1000V czy ASA v. Tak więc nie kupujesz fizycznego urządzenia, ale po prostu oprogramowanie pełniące jego rolę i oferujące większość z funkcji, jakie są dostępne na zwykłym fizycznym sprzęcie. Zalety wykorzystania takiego sprzętu są znaczące. Samo uruchomienie sprzętu w różnych częściach sieci nie niesie za sobą konieczności dostosowywania infrastruktury sprzętowej. Po prostu gotową maszynę wirtualną można zawsze włączyć lub skopiować, jeśli zachodzi taka konieczność.

Ze względu na mnogość rozwiązań wirtualizacyjnych zaistniała konieczność ustandaryzowania niektórych z nich. Do tej pory dana technologia funkcjonowała w obrębie urządzenia i można powiedzieć, że była zamknięta w „blaszanym pudełku”. Obecnie wirtualizacja granice te zamazuje. Gdy ma się wiele rozwiązań różnych producentów, brakuje często rozwiązań, które zepną funkcje zarządzania czy monitorowania w jedną całość. Próbę ustandaryzowania podjął Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych (ang. *European Telecommunications Standards Institute*).

Obecnie można wyróżnić w zasadzie cztery najważniejsze elementy całej platformy zawierającej różne rodzaje rozwiązań wirtualnych. To wspomniane VNF oraz:

- ♦ Network Functions Virtualization Infrastructure (NFVI),
- ♦ NFV Management and Orchestration (MANO),
- ♦ Operations and Billing Support System (OSS/BSS).

Infrastruktura zawierająca sprzęt sieciowy, oprogramowanie, serwery i inne urządzenia to właśnie NFVI. Oczywiście sprzętem trzeba odpowiednio zarządzać. Często zarządzanie to nie tylko konfiguracja, ale również dostosowanie jej do panujących w przedsiębiorstwie procedur lub wytycznych zarządu. Funkcję koordynującą pełni więc narzędzie koordynujące zwane NFVO (*NFV Orchestrator*). Na początku książki poznałeś również pewien ogólny cykl wdrażania określonego projektu, tutaj również taki cykl może wystąpić, dlatego VNFM (*VNF Manager*) zajmuje się zarządzaniem różnego rodzaju cyklami życia rozwiązań VNF. Samym zarządzaniem od strony technicznej, czyli mierzeniem wydajności, ilości błędów itp., zajmuje się VIM (*Virtualized Infrastructure Manager*). Te trzy różne funkcjonalności są ogólnie znane jako MANO.

Ostatnim elementem wspierającym zarządzanie sprzętem fizycznym, różnego rodzaju przeprowadzaniem inwentaryzacji sprzętu czy zasobów oraz np. klientów czy kontrahentów zajmuje się OSS/BSS. Wspominam o tym, ale z punktu widzenia administratora nie są to istotne tematy. Niemniej jednak warto orientować się, co poszczególne pojęcia oznaczają.

Na przykład firma Cisco w swoim rozwiązaniu NFVI proponuje głównie zwirtualizowane produkty opierające się na dystrybucji Red Hat oraz IOS. Są to np. UCS Servers, Cisco NSO, Cisco ECS i wiele innych.

Wspominałem o urządzeniach sieciowych i ich roli w nowoczesnych rozwiązaniach dotyczących wirtualizacji. Jednak ze względu właśnie na te usługi związane z wirtualizacją rola fizycznych urządzeń znacząco się zmieniła. Jeśli kilka lat temu serwer był odpowiedzialny np. tylko za usługi związane z pocztą elektroniczną, a inny serwer za usługi wydruku, to podłączenie serwerów, zapewnienie im bezpieczeństwa oraz kopie zapasowe były na zupełnie innym poziomie niż teraz. Serwery, które teraz pełnią funkcje wirtualizacyjne, również potrzebują miejsca w serwerowni, chłodzenia itd. Mało tego, są one znacznie bardziej obciążone niż kiedyś i pełnią znacznie więcej funkcji. I tak jak wspominałem, kiedyś serwer zapewniał jedną usługę, a teraz może ich zapewniać kilkaset i więcej. Jeśli jedna usługa, np. wydruku, nie działała w sieci, to jakoś można było sobie poradzić nawet jeden dzień. Teraz kiedy jeden serwer fizyczny nie działa, cała firma i wszystkie usługi stoją. Dlatego zarządzanie takimi serwerami, ich podłączenie do sieci czy tworzenie ich kopii bezpieczeństwa znacząco się różni.

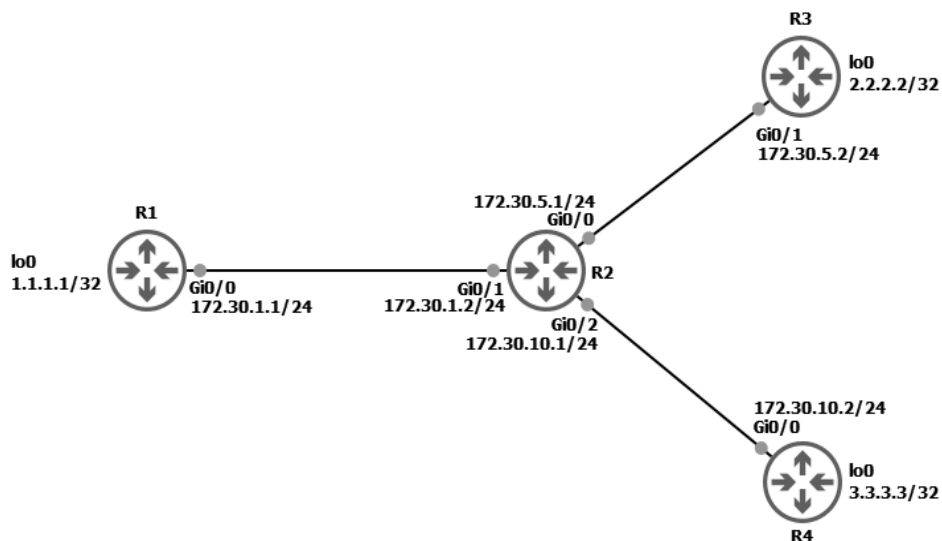
## Routing w środowisku wirtualnym

Zacznijmy od tego, dlaczego w tym miejscu o tym piszę. Piszę, ponieważ funkcjonalność ta może się przydać w przypadku, kiedy posiadasz kilka miejsc, w których uruchomiony jest protokół routingu, a nie chcesz stosować innych rozwiązań L2 czy L3. Możesz również być podłączony

do sieci dostawcy i też nie interesuje Cię dodatkowa konfiguracja lub po prostu chciałbyś uruchomić routing dla innych oddziałów, z którymi określone routery nie graniczą bezpośrednio. W środowisku wirtualnym może to być propozycja godna rozważenia.

Poniższa konfiguracja zostanie przedstawiona na podstawie protokołu EIGRP, a dokładniej EIGRP Over The Top (EIGRP OTP). EIGRP do tego celu wykorzystuje coś w rodzaju tunelu opartego na LISP (*Locator Identifier Separation Protocol*). W rozwiązaniu LISP będziesz mógł zauważyć, że urządzenie pomimo tego, że będzie w innej sieci, zachowa swój własny adres IP oraz przez sieć dostawcy wymieni się z pozostałymi routerami pakietami, nawiązując zwyczajne relacje sąsiedzkie dokładnie tak, jakby te routery były bezpośrednio ze sobą połączone.

Spójrz na poniższą topologię, która jak widzisz na rysunku 12.17, obejmuje cztery routery. Router R2 jest siecią dostawcy lub Twoją siecią, np. WAN, posiadającą odrębną infrastrukturę. Generalnie chodzi o to, aby nie ingerować w router R2, a tylko wykorzystać go jako transparentny podczas przekazywania pakietów pomiędzy routerami R1, R3 i R4.



**Rysunek 12.17.** Sieć WAN z czterema routerami

Najpierw musisz mieć pewność, że routery są w stanie się ze sobą komunikować. Jest to warunek poprawnej konfiguracji EIGRP OTP. Tak więc na każdym z routerów należy wykonać przynajmniej routing statyczny. Oczywiście jak już wspominałem, omijamy router R2. Zauważ również, że nie dodaję całych sieci, a jedynie pojedyncze adresy IP. Rozwiązanie wymaga jedynie docelowego adresu IP, nie musisz wprowadzać całej sieci.

Poniżej znajduje się listing z konfiguracją routingu statycznego, tak aby routery mogły ustanowić pomiędzy sobą połączenie do wymiany pakietów EIGRP.

```

R1(config)#ip route 172.30.5.2 255.255.255.255 172.30.1.2
R1(config)#ip route 172.30.10.2 255.255.255.255 172.30.1.2

```

```
R3(config)#ip route 172.30.1.1 255.255.255.255 172.30.5.1
R3(config)#ip route 172.30.10.2 255.255.255.255 172.30.5.1
```

```
R4(config)#ip route 172.30.1.1 255.255.255.255 172.30.10.1
R4(config)#ip route 172.30.5.2 255.255.255.255 172.30.10.1
```

Po ustawieniu routingu statycznego możesz wykonać przykładowy test. Poniższy listing prezentuje próbę komunikacji routera R1 z adresem interfejsu routera R3. Jak widać, komunikacja przebiega prawidłowo i jest to wystarczające do tego, aby rozpocząć konfigurację EIGRP OTP.

```
R1#ping 172.30.5.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.30.5.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 5/10/15 ms
R1#
```

Jeśli chciałbyś osiągnąć np. adres interfejsu loopback routera R3, to zauważ, że ta komunikacja już nie działa.

```
R1#ping 2.2.2.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2.2.2.2, timeout is 2 seconds:
...
Success rate is 0 percent (0/5)
R1#
```

W przedstawionym rozwiązaniu router R1 będzie, można powiedzieć, routerem głównym. Chociaż to określenie nie pasuje do końca do funkcji, jaką pełni ten router. Chodzi o to, że w razie jeśli inne routery, w naszym przypadku R3 i R4, będą przysyłały do siebie pakiety, to będzie się to odbywało na tej zasadzie, że pakiety będą przysyłane do routera R1, a ten przekaże je (odbije) do pozostałych routerów. Router R1 w tym rozwiązaniu będzie pełnił funkcję „odbijacza tras” (ang. *route reflector*). Na routerze R1 będzie więc konieczna dodatkowa konfiguracja. Zaczniemy więc od routera R1. W pierwszej kolejności, aby włączyć routing EIGRP z funkcją OTP, wydaj komendę `router eigrp OTP`. Następnie komendą `address-family [ipv4 lub ipv6] autonomous-system [numer_systemu_autonomicznego]` określ, dla jakiego protokołu oraz dla jakiego systemu autonomicznego chcesz uruchomić EIGRP. Podczas konfiguracji standardowego EIGRP informacje na temat systemu autonomicznego podaje się od razu podczas uruchamiania instancji routingu. Następną komendą, `remote-neighbors source [interfejs_nasłuchujący_pakietów_LISP] unicast-listen lisp-encap [system_autonomiczny]`, wskazuje routerowi, jakiego interfejsu ma użyć do nasłuchiwania pakietów LISP unicast.

```
R1(config)#router eigrp OTP
R1(config-router)#address-family ipv4 autonomous-system 100
R1(config-router-af)#remote-neighbors source g0/0 unicast-listen lisp-encap 100
```

Dalej w konfiguracji należy za pomocą komendy `network` rozgłosić te sieci, które są konieczne. W przypadku routera R1 jest to adres interfejsu loopback oraz sieć bezpośrednio podłączona 172.30.1.0.

```
R1(config-router-af)#network 1.1.1.1 0.0.0.0
R1(config-router-af)#network 172.30.1.0 0.0.0.255
```

Na routerze R1 musimy wykonać jeszcze dwie czynności. Pierwszą czynność wykonaj komendą `no next-hop-self`. Ta komenda sprawi, że router R1 nie będzie w stanie ustawić swojego własnego adresu IP jako następnego skoku dla pakietów, które nie są dla niego przeznaczone. Czyli będzie niejako transparentny. Konieczne jest również wydanie komendy `no split-horizon`. W przypadku EIGRP jest to konieczne, ponieważ w omawianej sieci komunikacja pomiędzy routerami R3 i R4 odbywa się przez router R1, a zgodnie z zasadą podzielonego horyzontu router nie może rozgłaszać sieci przez interfejs, na którym otrzymał informację o tej sieci. Dlatego routery R3 i R4 nie byłyby w stanie wymienić się trasami, gdyby ta funkcja była włączona.

```
R1(config-router-af)#af-interface g0/0
R1(config-router-af-interface)#no next-hop-self
R1(config-router-af-interface)#no split-horizon
R1(config-router-af-interface)#
```

Tak więc po konfiguracji routera R1 nadszedł czas na routery R3 i R4. W pierwszej kolejności router R3. Początek konfiguracji jest identyczny jak w przypadku R1. Na routerze R3 zauważysz jedynie rozszerzoną o adres IP zdalnego sąsiada komendę `neighbor [adres_IP_zdalnego_sasiada] [interfejs_wychodzący] remote lisp-encap [numer_systemu_autonomicznego]`. Podobnie jak poprzednio należy komendą `network` rozgłosić odpowiednie sieci.

```
R3(config)#router eigrp OTP
R3(config-router)#address-family ipv4 autonomous-system 100
R3(config-router-af)#neighbor 172.30.1.1 g0/1 remote lisp-encap 100
R3(config-router-af)#network 2.2.2.2 0.0.0.0
R3(config-router-af)#network 172.30.5.0 0.0.0.255
```

Po przeprowadzeniu konfiguracji zauważysz na konsoli komunikaty informujące o nawiązaniu relacji sąsiedzkich. Jeśli komunikaty się nie pojawiają, należy sprawdzić, czy wszystkie czynności przeprowadziłeś poprawnie oraz czy na pewno trasy statyczne zostały wcześniej poprawnie skonfigurowane.

```
R3(config-router-af)#
*Aug 30 14:19:54.026: %DUAL-5-NBRCHANGE: EIGRP-IPv4 100: Neighbor 172.30.1.1
(GigabitEthernet0/1) is up: new adjacency
*Aug 30 14:19:54.919: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface LISP100, changed state to up
R3(config-router-af)#
```

Teraz z routera R1 możesz wykonać ping na adres interfejsu loopback routera R3. Jak widzisz na poniższym listingu, komunikacja działa prawidłowo.

```
R1#ping 2.2.2.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2.2.2.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 7/8/14 ms
R1#
```

Sprawdźmy jeszcze, jak wygląda tablica routingu routera R1. Zauważ, że wpis dotyczący EIGRP OTP w zasadzie nie różni się zbyt wiele od standardowego EIGRP. Jest tutaj jednak informacja o interfejsie wyjściowym LISP100. W standardowym protokole routingu byłby tutaj adres interfejsu fizycznego.

```

R1#show ip route
<POMINIĘTO>
Gateway of last resort is not set
  1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C    1.1.1.1 is directly connected, Loopback0
  2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
D    2.2.2.2 [90/93994331] via 172.30.5.2, 00:00:42, LISP100
172.30.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C    172.30.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L    172.30.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
S    172.30.5.2/32 [1/0] via 172.30.1.2
S    172.30.10.2/32 [1/0] via 172.30.1.2
R1#

```

Konfigurację routera R4 przeprowadź analogicznie, zmieniając wymagane dane dotyczące interfejsu oraz rozgłaszanych sieci.

```

R4(config)#router eigrp OTP
R4(config-router)#address-family ipv4 autonomous-system 100
R4(config-router-af)#neighbor 172.30.1.1 g0/0 remote lisp-encap 100
R4(config-router-af)#
*Aug 30 14:25:07.116: %DUAL-5-NBRCHANGE: EIGRP-IPv4 100: Neighbor 172.30.1.1
(GigabitEthernet0/0) is up: new adjacency
*Aug 30 14:25:07.974: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface LISP100, changed state to up
R4(config-router-af)#network 3.3.3.3
R4(config-router-af)#network 172.30.10.0 0.0.0.255

```

Zauważ, że przeprowadzone ustawienia wprowadzają do konfiguracji routera również dodatkowy interfejs LISP100. Był on widoczny już w tablicy routingu, ale również wydając komendę `show ip int brief`, możesz sprawdzić jego ustawienia adresacji oraz status.

```

R1#

```

| Interface          | IP-Address     | OK?        | Method       | Status                | Protocol  |
|--------------------|----------------|------------|--------------|-----------------------|-----------|
| GigabitEthernet0/0 | 172.30.1.1     | YES        | manual       | up                    | up        |
| GigabitEthernet0/1 | unassigned     | YES        | unset        | administratively down | down      |
| GigabitEthernet0/2 | unassigned     | YES        | unset        | administratively down | down      |
| GigabitEthernet0/3 | unassigned     | YES        | unset        | administratively down | down      |
| <b>LISP100</b>     | <b>1.1.1.1</b> | <b>YES</b> | <b>unset</b> | <b>up</b>             | <b>up</b> |
| Loopback0          | 1.1.1.1        | YES        | manual       | up                    | up        |

```

R1#

```

Wydaj jeszcze na routerze R1 komendę dotyczącą sieci routera R3. Jest to komenda `show ip cef 2.2.2.2 internal`. W wyniku tej komendy możesz zauważyć, że router R1 używa właśnie interfejsu LISP100 do przesłania danych do adresu 2.2.2.2. Adres 172.30.5.2 jest to adres kolejnego skoku dla pakietów przeznaczonych do tej sieci.

```

R1#show ip cef 2.2.2.2 internal
2.2.2.2/32, epoch 0, RIB[I], refcnt 5, per-destination sharing
sources: RIB
feature space:
  IPRM: 0x00028000
ifnums:
  LISP100(10): 172.30.5.2
path list 0D922E34, 3 locks, per-destination, flags 0x49 [shble, rif, hwcn]
path 105860B0, share 1/1, type attached nexthop, for IPv4
  nexthop 172.30.5.2 LISP100, IP midchain out of LISP100, addr 172.30.5.2 0F7D4C48

```

output chain:

IP midchain out of LISP100, addr 172.30.5.2 0F7D4C48

IP adj out of GigabitEthernet0/0, addr 172.30.1.2 0F7D4D78

R1#

Zaobserwować można to dokładniej, kiedy podczas wydania komendy ping na adres 2.2.2.2 z routera R1 przechwycisz ruch na łączu pomiędzy R1 i R2. Zauważ, że na rysunku 12.18 znajdują się przechwycone pakiety. Jak widzisz, są enkapsulowane w pakiety UDP z docelowym numerem portu 4343.

The image shows a Wireshark capture window titled "[R1 Gi0/0 to R2 Gi0/1]". The packet list table is as follows:

| No. | Time      | Source      | Destination | Protocol | Length | Info                |
|-----|-----------|-------------|-------------|----------|--------|---------------------|
| 74  | 67.352472 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | EIGRP    | 74     | Hello               |
| 75  | 67.715580 | 172.30.10.2 | 172.30.1.1  | EIGRP    | 74     | Hello               |
| 76  | 68.001244 | 172.30.1.1  | 172.30.10.2 | EIGRP    | 74     | Hello               |
| 77  | 68.011611 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | EIGRP    | 74     | Hello               |
| 78  | 71.198918 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 79  | 71.213179 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 80  | 71.221082 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 81  | 71.226824 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 82  | 71.233756 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 83  | 71.239797 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 84  | 71.244719 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 85  | 71.250749 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 86  | 71.256895 | 172.30.1.1  | 172.30.5.2  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 87  | 71.268321 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | UDP      | 150    | 1280 → 4343 Len=108 |
| 88  | 72.303167 | 172.30.5.2  | 172.30.1.1  | EIGRP    | 74     | Hello               |

The packet details pane for packet 78 shows the following structure:

- Frame 78: 150 bytes on wire (1200 bits), 150 bytes captured (1200 bits) on interface -, id 0
- Ethernet II, Src: 0c:eb:53:c7:e9:80, Dst: 0c:eb:53:86:91:01
- Internet Protocol Version 4, Src: 172.30.1.1, Dst: 172.30.5.2
  - 0100 .... = Version: 4
  - .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  - Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
  - Total Length: 136
  - Identification: 0x0001 (1)
  - Flags: 0x40, Don't fragment
  - Fragment Offset: 0
  - Time to Live: 255
  - Protocol: UDP (17)
  - Header Checksum: 0xid24 [validation disabled]
  - [Header checksum status: Unverified]
  - Source Address: 172.30.1.1
  - Destination Address: 172.30.5.2
- User Datagram Protocol, Src Port: 1280, Dst Port: 4343
  - Source Port: 1280
  - Destination Port: 4343
  - Length: 116
  - [Checksum: [missing]]
  - [Checksum Status: Not present]
  - [Stream index: 0]
  - [Timestamps]
  - UDP payload (108 bytes)
  - Data (108 bytes)

Rysunek 12.18. Przechwycone dane komunikacyjne pomiędzy routerem R1 i R2

## Automatyzacja sieci

W dzisiejszych czasach automatyzacja jest wszechobecna. Polega na wprowadzeniu do procesu rozwiązań, które sprawiają, że odbywa się on bez udziału człowieka. Jeśli jakaś czynność, np. w procesie produkcyjnym, jest powtarzalna, wówczas można ją zautomatyzować. W procesach produkcyjnych automatyzacja jest nieoceniona — dziś trudno sobie wyobrazić duże fabryki bez automatyzacji.

Automatyzacja pozwala także wyeliminować błędy i ograniczenia związane z czynnikiem ludzkim. Jeśli na przykład dziesięć osób przykręci śruby, każda osoba zrobi to z inną siłą i szybkością, bo nawet stan psychiczny i fizyczny człowieka ma wpływ na to, jak śruba będzie dokręcona.

Z maszynami jest zupełnie inaczej. Przede wszystkim mogą one pracować 24 godziny na dobę praktycznie każdego dnia przez okrągły rok (jeśli oczywiście wykluczmy ewentualne awarie). Maszyna będzie znacznie bardziej dokładna i jest w stanie powtórzyć dokładnie tak samo każdy swój ruch. Ponadto każdy ruch maszyny można monitorować, a uzyskane w ten sposób dane poddać analizie, która pozwoli zoptymalizować jej działanie. Niestety człowiek w wielu aspektach nie będzie tak wydajny jak maszyna.

Obecnie na świecie jest coraz więcej zautomatyzowanych fabryk, w których pracują tylko roboty, a prym w robotyzacji wiodą Chiny. To właśnie w chińskich fabrykach produkujących masowo między innymi części elektroniczne roboty przejmują całość procesów na taśmie. W jednej z takich fabryk w Chinach jeszcze w 2017 roku było zatrudnionych 650 osób, obecnie pracuje ich tam 50. Coraz więcej marketów ma samoobsługowe kasy, a są już nawet takie, w których nie ma kas, ponieważ urządzenia elektroniczne rejestrują, co wkładasz do koszyka. Przed wyjściem ze sklepu potwierdzasz tylko zakupy i płacisz przez telefon komórkowy. Ludzie nie są potrzebni, z wyjątkiem jednego czy dwóch operatorów, którzy nadzorują pracę systemu.

Sieci komputerowe również są coraz bardziej zautomatyzowane i konsola powoli odchodzi do lamusa. Oczywiście jeszcze trochę to potrwa, ale koniec narzędzia, które znasz, jest już coraz bliższy.

Coraz szersze zastosowanie ma sztuczna inteligencja, która sprawia, że urządzenia są w stanie same zmieniać swoje zachowanie i działanie w zależności od zmieniających się warunków zewnętrznych. Czy jest to inteligencja, czy może raczej programistyczna iluzja inteligencji, można by o tym dyskutować. Niemniej jednak urządzenia mogą już w zależności od sytuacji w sieci na przykład przekonfigurować router tak, aby przesyłał dane tym segmentem sieci, który jest mniej zajęty. Jest to automatyzacja sieci (ang. *network automation*), związana oczywiście z jej programowaniem.

Dzisiejszym światem rządzi nie tylko pieniądź, ale i obraz. Ogrom reklam, spotów, plansz, plakatów, banerów, których przekaz odbieramy świadomie bądź podświadomie, zewsząd atakuje nasze zmysły, zachęcając, abyśmy się zainteresowali danym produktem czy usługą i oczywiście dokonali zakupu. Obraz ma wzbudzić pragnienie posiadania na tyle silne, abyś w końcu uległ i kupił. Przestań na chwilę czytać i pomyśl, ile masz w domu rzeczy, które wydawały Ci się bardzo potrzebne w chwili zakupu, a teraz leżą od wielu tygodni nieużywane. Zapewne już wiesz, które to rzeczy, więc przejdźmy dalej.

W świecie cyfrowym przekazywane informacje muszą mieć określone formaty danych, aby były zrozumiałe dla użytkownika. Komunikacja w sieci to tylko 0 i 1, a mimo to widzisz przecież przyciągającą wzrok stronę WWW, a nie ciąg zer i jedynek. Dzieje się tak, ponieważ warstwa aplikacji jest w stanie poskładać bity i poprzez odpowiednie oprogramowanie wyświetlić je tak, aby były dla nas zrozumiałe i atrakcyjne. Najprostszym przykładem tego jest HTML (ang. *Hypertext Markup Language*). Dzięki niemu poprzez wykorzystanie znaczników widzisz strony WWW.



Formatów danych jest wiele. Obecnie najbardziej popularne to:

- ◆ JavaScript Object Notation (JSON),
- ◆ eXtensible Markup Language (XML),
- ◆ YAML Ain't Markup Language (YAML).

W zależności od tego, jakiego formatu danych będziesz używać, wynik końcowy może być inny, ale też sam proces przygotowania i zastosowane przez programistę metody będą inne. To tak jak programowanie w różnych językach programowania, które różnią się przecież składnią, obiektami itd.

Format danych to przede wszystkim coś, dzięki czemu różne aplikacje, nawet te uruchomione na urządzeniach, są w stanie się komunikować. Jeśli masz dwa urządzenia, to bardzo ważne jest, aby format danych był na nich ujednolicony. Wspomniany HTML jest tego przykładem: na serwerze znajduje się zawartość strony napisana w HTML, serwer wysyła ją do klienta, gdzie znajduje się przeglądarka, która jest w stanie wyświetlić te dane, odpowiednio je prezentując, tak jak jest to sformatowane w pliku ze stroną.

Urządzenia wspierające API mogą dzięki temu wymieniać się informacjami. API (ang. *Application Programming Interface* — interfejs programowania aplikacji) to mechanizm, który umożliwia właśnie wymianę informacji pomiędzy oprogramowaniem urządzenia A i urządzenia B, jest więc istotnym narzędziem komunikacji pomiędzy urządzeniami, na których to oprogramowanie jest zaimplementowane i działa. Za chwilę zrozumiesz, po co właściwie są formaty danych, API oraz inne mechanizmy.

Aby przekonać się, jak dane mogą zostać sformatowane, w pierwszej kolejności na przełączniku Nexus, który został zaimplementowany w programie GNS3, wydano komendę `show interface brief`. Są to dane, które na przykład przełącznik mógłby wysłać do innego urządzenia. Nie może ich jednak wysłać ot tak. Jak możesz zauważyć, jest to standard wyświetlania typowy dla systemu IOS, który już doskonale znasz.

switch# **show interface brief**

| Port               | VRF  | Status | IP Address |        |                       |         | Speed   | MTU  |
|--------------------|------|--------|------------|--------|-----------------------|---------|---------|------|
| mgmt0              | --   | down   | --         |        |                       |         | --      | 1500 |
| Ethernet Interface | VLAN | Type   | Mode       | Status | Reason                | Speed   | Port Ch |      |
| Eth2/1             | --   | eth    | routed     | down   | Administratively down | auto(D) | --      |      |
| Eth2/2             | --   | eth    | routed     | down   | Administratively down | auto(D) | --      |      |
| Eth2/3             | --   | eth    | routed     | down   | Administratively down | auto(D) | --      |      |

<POMINIĘTO>  
switch#

Trzeba te otrzymane dane jakoś zaprezentować, aby ewentualnie móc się nimi podzielić. Dlatego te same dane możesz uzyskać, wykorzystując wybrane argumenty dodatkowe.

Jeśli chodzi o format danych JSON, to jest on bardzo czytelny, co możesz zauważyć na poniższym listingu, który prezentuje również polecenie `show interface brief` na przełączniku Nexus, ale tym razem wyświetlone w formacie JSON. Służy do tego komenda `show interface brief | json`.

```
switch# show interface brief | json
{
  "TABLE_interface": {
    "ROW_interface": [
      {
        "interface": "mgmt0",
        "state": "down",
        "mtu": 1500
      },
      {
        "interface": "Ethernet2/1",
        "vlan": "--",
        "type": "eth",
        "portmode": "routed",
        "state": "down",
        "state_rsn_desc": "Administratively down",
        "speed": "auto",
        "ratemode": "D"
      },
      {
        "interface": "Ethernet2/2",
        "vlan": "--",
        "type": "eth",
        "portmode": "routed",
        "state": "down",
        "state_rsn_desc": "Administratively down",
        "speed": "auto",
        "ratemode": "D"
      }
    ]
  }
}
```

Każdy interfejs w tym formacie jest ujęty w odrębne nawiasy. Zwiększa to czytelność całości.

Jeśli na przełączniku wydasz komendę `show interface brief | xml`, te same dane będziesz mógł wyświetlić w formacie XML. Spójrz na poniższy listing.

```
switch# show interface brief | xml
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<nf:rpc-reply xmlns:nf="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0" xmlns="http://www.cisco.com/nxos:1.0:if_manager">
  <nf:data>
    <show>
      <interface>
        <_XML_OPT_Cmd_show_interface_brief__readonly__>
          <_readonly__>
            <TABLE_interface>
              <ROW_interface>
                <interface>mgmt0</interface>
                <state>down</state>
                <mtu>1500</mtu>
              </ROW_interface>
              <ROW_interface>
                <interface>Ethernet2/1</interface>
```

```

<vlan>--</vlan>
<type>eth</type>
<portmode>routed</portmode>
<state>down</state>
<state_rsn_desc>Administratively down</state_rsn_desc>
<speed>auto</speed>
<ratemode>D</ratemode>
</ROW_interface>
<ROW_interface>
<POMINIĘTO>

```

Format XML jest również czytelny nawet pomimo tego, że zawiera znacznie więcej znaczników niż JSON. Najważniejsze w tych formatach danych jest to, że jeśli taka konfiguracja w postaci XML zostanie przesłana do innego urządzenia, to inne urządzenie wspierające ten format zrozumie te dane i będzie mogło je odpowiednio zinterpretować. Będziesz mógł napisać program, który na przykład po wgraniu danych z pliku XML skonfiguruje urządzenie sieciowe automatycznie.

Nie będę tutaj omawiał konstrukcji poszczególnych formatów. Chodzi tylko o to, abyś zrozumiał, do czego są potrzebne.

## Szablony

Automatyzacja sieci jest także pomocna podczas mozolnej konfiguracji urządzeń. Różnego rodzaju szablony sprawiają, że konfigurowanie wielu urządzeń staje się szybsze, ale przede wszystkim nie jest narażone na błędy. Jako administrator zapewne możesz „pochwalić się”, ile razy w trakcie konfigurowania kolejnych urządzeń popełniłeś błędy, zwykle polegające na zamianie cyfr w adresach IP.

Szablony to gotowce, które działają w taki sposób, że administrator wpisuje do nich dane i na podstawie tych danych urządzenie jest na przykład konfigurowane. Oczywiście dane mogą również zostać do szablonu wprowadzone automatycznie przez inne oprogramowanie. Wprowadzane dane przeważnie przyjmują ustandaryzowany format, aby mogły zostać prawidłowo zinterpretowane przez dany schemat.

Bardzo popularnym językiem wykorzystywanym w tworzeniu szablonów jest Jinja, który świetnie współpracuje z językiem programowania Python. To właśnie Pythona możesz użyć do wypełniania szablonu danymi.

Jednym z najważniejszych narzędzi służących do automatyzacji sieci jest Ansible (inne to np. Puppet, Salt czy Chef). Ansible wykorzystuje do transportu informacji protokół SSH. Ponieważ został napisany w języku Python, świetnie z nim współpracuje, podobnie jak z oprogramowaniem Jinja.

## Pytania sprawdzające

4. Jaki format danych prezentuje poniższy listing?

```
{
  "TABLE_interface": {
    "ROW_interface": [
      {
        "interface": "mgmt0",
        "state": "down",
        "mtu": 1500
      },
      {
        "interface": "Ethernet2/1",
        "vlan": "--",
        "type": "eth",
        "portmode": "routed",
        "state": "down",
        "state_rsn_desc": "Administratively down",
        "speed": "auto",
        "ratemode": "D"
      },
      {
        "interface": "Ethernet2/2",
        "vlan": "--",
        "type": "eth",
        "portmode": "routed",
        "state": "down",
        "state_rsn_desc": "Administratively down",
        "speed": "auto",
        "ratemode": "D"
      }
    ]
  }
}
```

- a) YAML,
  - b) XML,
  - c) Java,
  - d) JSON.
5. Który z interfejsów służy do komunikacji kontrolera z urządzeniami sieciowymi?
- a) SBI,
  - b) VINT,
  - c) NBI,
  - d) SDN.
6. Jaka usługa chmurowa udostępnia użytkownikowi pełną infrastrukturę informatyczną?
- a) PaaS,
  - b) IaaS,

- c) SaaS,
- d) żadna z powyższych.

## Odpowiedzi

1b, 2c, 3c, 4d, 5a, 6b.

# Skorowidz

3DES, Triple Data  
Encryption Standard,  
560  
802.1X, 540

## A

Administrative Distance,  
dystans administracyjny,  
156  
adres  
ARP, 53  
MAC  
docelowy, destination  
MAC address, 37,  
40  
wirtualny, 476  
źródłowy, source  
MAC address, 37  
rozgłoszeniowy sieci, 60  
VIP, 472  
adresowanie grupowe, 383  
AES, Advanced Encryption  
Standard, 533, 560  
agregacja portów,  
link-aggregation, 133  
AH, Authentication  
Header, 558  
akcja, actions, 720  
algorytm  
3DES, 560  
AES, 560  
DES, 560  
Dijkstry, 145  
DKE, 534  
DUAL, 144  
IDEA, 560

MD5, 255  
Path Vector Algorithm,  
145  
RC, 560  
RSA, 564  
Single Token Bucket  
Algorithm, 459  
SPF, 209  
STA, 101  
stanu łącza, 145  
TKIP, 533  
wektora odległości, 143  
algorytmy haszujące, 562  
alternate port, port  
alternatywny, 107, 120  
amplituda, 507  
analiza ramek, 76  
Ansible, 724  
antena  
dookólna,  
omnidirectional  
antenna, 512  
kierunkowa, directional  
antenna, 512  
MIMO, 512  
API, Application  
Programming Interface,  
642, 706  
architektura Spine and  
Leaf, 34  
AS, Autonomous System,  
298  
ASBR, Autonomous  
System Boundary  
Router, 259  
AS-PATH, 366

ataki na sieci  
bezwzględne, 535  
atrybut  
AS-Path, 301, 350  
atomic aggregate, 301  
local preference, 301  
Local Preference, 337,  
350  
MED, 351  
Next-hop, 301  
Origin, 301  
Origin Code, 351  
Weight, 335, 348  
atrybuty ścieżki, Path  
Attributes, 300  
authenticator, 534  
automatyzacja, 719  
automatyzacja  
konfiguracji, 704, 724  
sieci, network  
automation, 640, 641  
autosumaryzacja, 325  
w BGP, 325

## B

backup port, port  
zapasowy, 120  
bandwidth, przepustowość,  
141, 169  
baza danych stanu łącza, 209  
baza LSDB, 213  
BDR, Backup Designated  
Router, 212, 243  
bezpieczeństwo, 21  
DHCP snooping, 26

bezpieczeństwo  
   Dynamic ARP Inspection, 26  
 funkcja  
   passive-interface, 257  
 funkcjonalność  
   CoPP, 554  
   LISP, 594  
 IPsec, 557  
 konfiguracja  
   802.1X, 542, 545  
   MD5, 481  
 listy ACL, 547  
 Port Security, 26  
 router dostępowy, 553  
 RSTP, 123  
 sieci  
   bezprzewodowych, 532  
   VPN, 563  
 SSH, 55  
 STP, 129  
 TELNET, 55  
 tunelowanie, 584  
 VTP, 89  
 zapory ogniowe, 579  
   Zone-Based Firewall, 581  
 BFD, Bidirectional Forwarding Detection, 287, 689  
 BGP, 296  
   aktywacja MP-BGP, 360, 361  
   atrybut  
     Local Preference, 337  
     MED, 351  
     Origin Code, 351  
     Weight, waga, 335  
   atrybuty, 301  
   communities, 369  
   Community No Advertise, 370  
   Community  
     No-Export, 371  
   eBGP Multihop, 314  
   filtrowanie  
     informacji, 365  
     lista prefiksów, 359

    oznaczanie, 368  
     rozszerzona lista dostępu, 355  
     znaki specjalne, 367  
 iBGP, 328  
 IPv6, 360  
 konfiguracja, 308  
 maszyna stanowa, 304  
 MP-BGP, 360  
 prefiksy IPv6, 361  
 procesy, 303  
 redystrybucja, 322  
 relacje sąsiedzkie, 302  
 route maps, mapy trasy, 339  
 routery, 300  
 rozgłaszanie sieci, 319  
 sumaryzacja, 325, 364  
 topologie, 306  
 uwierzytelnianie, 314  
 BGP, Border Gateway Protocol, 298  
 blok przełączania, switch block, 29  
 błąd  
   enkapsulacji, encap\_fail, 52  
   fragmentacji pakietów, 53  
   sumy kontrolnej, checksum\_Err, 52  
 BPDU, Bridge Protocol Data Units, 102  
 BPDU guard, 123, 131  
 brak  
   sąsiedztwa, no\_adj, 52  
   właściwej trasy, no\_route, 52  
 broadcast  
   multiaccess, 243  
   storm, burza  
     rozgłoszeniowa, 101  
 BSA, Basic Service Area, 504  
 BSR, 416  
   konfiguracja, 416  
 BSS, Basic Service Set, 504  
 BSSID, BSS Identifier, 505

## C

CAC, Call Admission Control, 432  
 CAM, Content-Addressable Memory, 44  
 CAPWAP, 532  
 CBWFQ, 431  
 CCMP, 533  
 CDP, 98  
 CEF, Cisco Express Forwarding, 47–51  
 CFI, Canonical Format Indicator, 42  
 Chef, 724  
 chmura, 630  
   hybrydowa, hybrid cloud, 631  
   prywatna, private cloud, 631  
   publiczna, public cloud, 631  
 Cisco  
   DNA, 715  
   EEM, 719  
 CLI, 706  
 Community  
   No Advertise, 370  
   No-Export, 371  
 control plane, 614  
 controller-based WLAN, 63  
 CoPP, Control Plane Policing, 554  
 CRC, Cyclic Redundancy Check, 41  
 CSMA/CA, 43, 527  
 CSMA/CD, 43  
 C-VLAN, 94

## D

database description, opis bazy danych, 209  
 debugowanie, 722  
   pakietów hello, 663  
   warunkowe, conditional debug, 662  
 default route, trasa domyślna, 153

delay, opóźnienie, 141, 169  
 dense mode, 393, 395  
     konfiguracja, 396  
 DES, Data Encryption  
     Standard, 560  
 designated port, port  
     desygnowany, 106, 120  
 DFS, Dynamic Frequency  
     Selection, 509  
 DHCP, 650  
 distance vector, 143, 144,  
     163  
 DKE, Dragonfly Key  
     Exchange, 534  
 długość fali, wavelength, 506  
 DNA, 715  
 domena  
     kolizyjna, collision  
         domain, 23, 39, 46  
     rozgłoszeniowa,  
         broadcast domain,  
         22, 46, 59, 60  
     VTP, 81  
 dostęp do urządzeń  
     sieciowych, 53  
 DR, Designated Router,  
     212, 243, 422  
 drothery, 212, 246  
 DTP, Discovery Trunk  
     Protocol, 65, 78  
 DUAL, Diffusing Update  
     Algorithm, 144  
 DVMRP, Distance Vector  
     Multicast Routing  
     Protocol, 394  
 Dynamic NAT, 697  
 dystans administracyjny,  
     156, 209  
     w EIGRP, 199

## E

EAP, Extensible  
     Authentication Protocol,  
     534, 541  
 EAP-FAST, 534  
 eBGP, External BGP, 300  
     Multihop, 314  
     połączenia  
         redundantne, 318

ECMP, Equal-Cost  
     Multipath Routing, 145  
 edge port, port brzegowy,  
     123  
 EEM, Embedded Event  
     Manager, 720  
 EGP, Exterior Gateway  
     Protocols, 298  
 EIGRP, Enhanced Interior  
     Gateway Routing  
     Protocol, 163  
         algorytm DUAL, 144  
         autosumaryzacja, 176  
         dystans  
             administracyjny, 199  
         interfejs pasywny, 184  
         konfiguracja, 164  
         route map, 341  
         routera stub, 194  
         load balancing, 188  
         mechanizmy  
             zapobiegające  
                 powstawaniu pętli, 163  
         metryka, 169  
         modyfikacja czasów, 186  
         nawiązywanie relacji  
             sąsiedztwa, 180  
 OTP, 636  
     konfiguracja, 637  
     prefix-list, 202  
     rodzajów pakietów, 163  
     rozgłaszanie tras, 185  
     równoważenie  
         obciążenia, 190  
     tablica topologii, 195  
     tablice, 166  
     uwierzytelnianie tras,  
         187  
     zużycie pasma, 187  
 EIGRPv4, 162  
 EIGRPv6, 200  
 enkapsulacja, 43  
 ERSPAN, 672  
 ESP, Encapsulating  
     Security Payload, 558  
 ESS, Extended Service Set,  
     504  
 EtherChannel, 101, 133

Ethernet, 39  
 Ethernet II, 40

## F

fala radiowa, 506  
 fale elektromagnetyczne, 507  
 FD, Feasible Distance, 168,  
     173  
 feasibility condition,  
     warunek  
         dopuszczalności, 174  
 Feasible Distance, 168  
 FHRP, First-Hop  
     Redundancy Protocols,  
     27, 472  
 FIB, Forwarding  
     Information Base, 49  
 filtrowanie  
     bezstanowe, stateless  
         filtering, 579  
     obszarów, 281  
     sieci w BGP, 355  
     stanowe, statefull  
         filtering, 579  
     tras BGP, 354  
     w OSPF, 280  
 firewall, 579  
 Floating Static Route, 156  
 format  
     JSON, 718  
     URL, 618  
     XML, 644  
 forwarding plane, 614  
 FS, feasible successor, 174  
 funkcja  
     BFD, 287  
     passive-interface, 257  
 funkcjonalność  
     autoRP, 404  
     Cisco EEM, 719  
     CoPP, 554  
     ERSPAN, 672  
     IGMP snooping, 423  
     LISP, 594  
     load balancing, 473  
     passive-interface, 241  
     Preemption, 477  
     QoS, 430



## funkcjonalność

- Remote SPAN, 669
- route map, 340
- SPAN port, 666
- track, 483
- wirtualizacji, 634

**G**

## GLBP, Gateway Load

- Balancing Protocol, 473, 495

- konfiguracja, 495

granice zaufania, trust boundary, 451

## GRE, Generic Routing

- Encapsulation, 585
- szyfrowanie tunelu, 589
- tworzenie tunelu, 584

**H**

hash value, 255

## hasło

- przechwytywanie, 255

hipernadzorca, hypervisor, 633

hold down timer, czas wstrzymania, 163

hop, 163

HSRP, Hot Standby Router Protocol, 473

- funkcjonalność track, 483
- konfiguracja, 473
- czasów, 479

- parametr Preempt, 478

- priorytety, 477

- status interfejsu, 475

- uwierzytelnianie, 480

- weryfikacja

- konfiguracji, 476

- wirtualny adres MAC, 476

**I**

IaaS, Infrastructure as a Service, 631

iBGP, Internal BGP, 300, 328

IBSS, Independent Basic Service Set, 504

IDEA, International Data Encryption Algorithm, 560

identyfikator

- BSSID, 505

- routera, 223

- SSID, 511

- VLAN, 72

IGMP, Internet Group Management Protocol, 376

- ramka komunikatu, 390

- snooping, 423

IGMPv1, 378

IGMPv2, 386

IGMPv3, 390

IKE, Internet Key

- Exchange, 561

infrastruktura jako usługa,

- IaaS, 631

initial exchange, 142

instalacja Javy, 622

integralność danych, data integrity, 558

interfejs

- NBI, 617

- OSPF

- statusy, 225

- wyświetlanie

- właściwości, 230

- pasywny, 184

- SBI, 617

- SVI, 49

- trunk, 72

interfejsy

- tryby pracy, 79

IP SLA, 684

IPsec, Internet Protocol Security, 557

IPv6 w BGP, 360

ISL, Inter-Switch Link, 71

IST, Internal Spanning Tree), 124

**J**

Java, 622

język

- Jinja, 644

- Python, 705

JSON, Java Script Object Notation, 718

**K**

klasy adresowe, 692

klasyfikator, policer, 464

klucz

- tajny, 564

- WEP, 534

kolejkowanie, 427, 430

- CBWFQ, 431

- konfiguracja LLQ, 446

- LLQ, 432

- WFQ, 431

kolektor NetFlow, 682

kolizje, 23, 39

komunikacja

- grupowa, multicast, 40

- HTTP, 711

- jednostkowa, unicast, 40, 61

- rozgłoszeniowa, broadcast, 40

- urządzeń

- redundantnych, 472

- z punktami

- dostępowymi, 521

komunikat

- CDP, 77

- DSCP, 455

- Membership Query, 388

- Membership report, 392

- Membership Report, 381

- Register-stop, 407

- RP announcement, 411

komunikaty

- LISP, 600

- LISP UDP, 600

- Notice, 653

konfiguracja  
 802.1X na  
   przełączniku, 545  
 802.1X na routerze, 542  
 alternatywna OSPF, 219  
 atrybutów BGP, 335  
 BGP, 308  
 BSR, 416  
 dense mode, 396  
 EIGRP, 164  
 EIGRP OTP, 637  
 funkcjonalności  
   ERSPAN, 672  
 GLBP, 495  
 HSRP, 473  
 interfejsu trunk, 72  
 LISP, 601  
 list ACL, 547  
 LLQ, 446  
 MD5  
   jeden klucz, 481  
   łańcuch kluczy, 482  
 MST, 124  
 NetFlow, 682  
 NTP, 657  
 OpenDaylight, 623  
 OSPF, 214  
   wielooobszarowego,  
     260  
 OSPFv3, 283  
 passive-interface, 241,  
   261  
 przełączników, 57  
 PVST, 117  
 Remote SPAN, 669  
 route map, 341  
 routera stub, 194  
 rozszerzonych ACL, 550  
 RSTP, 120  
 RSVP, 437  
 SNMPv2, 676  
 SNMPv3, 679  
 SPAN port, 666  
 sparse mode, 403, 409  
 szyfrowania, 286  
 track, 491  
 tunelu, 96  
 VLAN, 92

VRRP, 485  
 VRRPv3, 494  
 VTP, 84  
 VXLAN, 607  
 ZBF, 581  
 konsola Mininet, 626  
 kontener, container, 634  
 kontroler  
   LAP, 512  
   OpenDaylight, 622  
   SDN, 616  
   WLC, 512  
 kopie migawkowe,  
   snapshot, 633  
 korzeń drzewa, root of the  
   tree, 396  
 koszt trasy, 108, 237

## L

LACP, Link Aggregation  
   Control Protocol, 133  
 LAG, 133  
 LAP, Lightweight Access  
   Point, 512  
 LEAP, Lightweight EAP, 534  
 liczba hopów, 141  
 Link State Database, 209  
 Link-State Algorithms, 145  
 LISP, Locator Identifier  
   Separation Protocol,  
   594, 636  
   konfiguracja, 601  
 lista  
   ACL, 37, 47, 342, 343,  
     441, 547  
   konfiguracja, 547  
   rozszerzona,  
     extended ACL, 354,  
     547, 550  
   w sieci VLAN, 552  
   warunek deny, 345  
   warunek out, 346  
   dystrybucyjna, 280  
   prefiksów, 202  
   QoS, 37  
 LLC, Logical Link Control,  
   39, 42

LLC1, connectionless, 42  
 LLC2, connection-oriented,  
   42  
 LLQ, Low Latency  
   Queueing, 432  
   konfiguracja, 446  
 load balancing, 146, 188,  
   194  
 loading, 169  
 logi systemowe, 649  
 Loop Guard, 131  
 LSA, Link State  
   Advertisements, 145  
 LSack, Link State  
   Acknowledgment, 210  
 LSDB, Link State Database,  
   213  
 LSP, Link State Packet, 209  
 LSR, Link State Request,  
   209  
 LSU, Link State Update,  
   209  
 LWAP, Lightweight Access  
   Point Protocol, 512

## Ł

łącze trunk, 26

## M

MAC, Media Access  
   Control, 42  
 MANO, 635  
 mapa polityk, class-map,  
   441, 447  
 maska odwrotna, wildcard  
   mask, 215  
 maszyna  
   stanowa BGP, 304  
   wirtualna, 619, 632  
   ustawienie  
     interfejsów, 622  
 max distance, maksymalny  
   dystans, 163  
 MD5  
   konfiguracja, 481, 482

## mechanizm

- BPDU guard, 131
- CSMA/CA, 43
- CSMA/CD, 43
- przełączania, switch engine, 48
- root guard, 129
- TCN, 112

## metryka, 141

- w EIGRP, 169
- w OSPF, 233
- zmiana wartości, 171

## MIB, Management

- Information Base, 675

## MIC, Message Integrity

- Check, 533

## Microsoft Network

- Monitor, 525

## model

- dwuwarstwowy, two-tier, 25
- hierarchiczny, 24
  - bez warstwy rdzenia, 31
- dodatkowe
  - rozwiązania, 30
- warstwa dostępu, 25
- warstwa dystrybucji, 27
- warstwa rdzenia, 28
- trójwarstwowy, three-tier, 25

## modele danych, 717

## MOSPF, Multicast OSPF, 394

## MP-BGP, 360

## MRP, Multicast Routing

- Protocol, 393
- dense mode, 395
- tryb dense mode, 393
- tryb sparse mode, 394

## MST, Multiple Spanning Tree, 124

- konfiguracja, 124

## multicast, 375

## Multicast PIM Bootstrap, 415

## N

## najdłuższe dopasowanie, 155

## NAT, Network Address

- Translation, 580, 691
- dynamiczny, 697
- interfejs wirtualny, 701

## statyczny, 692

- interfejs wirtualny, 699

## z przeciążeniem, 697

- interfejs wirtualny, 702

## NBI, northbound interface, 617

## neighbor table, tablica

- sąsiadów, 166

## NetFlow, 682

- konfiguracja, 682

## NFVI, 635

## nieobsługiwany protokół,

- unsupported, 52

## nierozpoznany adres,

- unresolved, 52

## non-designated port, port

- niedesygnowany, 106

## NTP

- konfiguracja, 657
- wymiana danych, 661

## NTP peer, 660

## NTP, Network Time

- Protocol, 655

## O

## obszar

- NSSA, 271, 278
- stub, 275
- stub area, 270
- totally stub, 271, 278
- totally stuby NSSA, 280
- TSNSSA, 271

## obszary w OSPF, 270

## odległość, distance, 143

## ogłoszenie VTP

- advertisement request, 90

## okno

## Network Interface

- Configuration, 524

## WiFi Scanning

- Options, 525

## OpenDaylight, 622–625

- okno logowania, 625

## OpenFlow, 616

## operacje SLA, SLA

- operations, 684

## opóźnienie, delay, 430

- propagacji, propagation delay, 428

## przetwarzania,

- processing delay, 428

## serializacji, serialization

- delay, 428

## oprogramowanie jako

- usługa, SaaS, 630

## OSPF, Open Shortest Path

- First, 207, 209

## baza LSDb, 213

## częstotliwość wysyłania

- pakietów, 240

## filtrowanie

- obszarów, 281

## tras, 280

## identyfikator routera,

- 223

## konfiguracja

- alternatywna, 219

## protokołu, 214

## koszt przesłania

- pakietów, 237

## metryka, 233

## obliczanie kosztu, 239

## pakiety hello, 210

## passive-interface, 241

- polecenia weryfikujące, 267

## przepustowość, 233

## relacje sąsiedztwa, 225

## równoważenie

- obciążenia, 221

## sieci wielodostępowe,

- 243

## sieć wieloobszarowa,

- 258

stany interfejsów, 225  
 trasy  
   domyślne, 242  
   statyczne, 274  
 typy  
   obszarów, 270  
   tras, 270  
 uwierzytelnianie, 254  
 wieloobszarowy  
   konfiguracja sieci, 260  
   trasy domyślne, 265  
   trasy statyczne, 266  
 wybór typu obszaru, 275  
 wymiana informacji,  
   226  
 OSPFv2, 209  
 OSPFv3, 282  
   konfiguracja, 283  
   szyfrowania, 286  
   uwierzytelniania, 286  
 OSS/BSS, 635  
 oznaczanie  
   ramek, 71  
   ruchu w QoS, 443

## P

PaaS, Platform as a Service,  
   631  
 PAC, Protected Access  
   Credential, 534  
 PAGP, Port Aggregation  
   Protocol, 133  
 pakiet  
   Bootstrap, 416  
   Candidate-RP-  
     -Advertisement, 418  
   database description,  
     209  
   ESP, 559  
   hello, 163, 166, 180,  
     209, 397  
   Backup Designated  
     Router, 212  
   Designated Router,  
     212  
   ID obszaru, 211

identyfikator  
   routera, 210  
 intervals, 211  
 neighbors, 213  
 network mask, 212  
 router priority, 212  
 typ komunikatu, 210  
 HSRP, 481  
 ICMP, 61  
 Identity Protection, 576  
 ISAKMP, 575, 578  
 Join/Prune, 401, 408  
 LISP, 598, 599  
 LSA, 145, 213, 248  
   typy, 259  
 LSack, 210  
 LSP, 209  
 LSR, 209  
 LSU, 209  
 NTP, 662  
 PIMv2, 404  
 query, 164  
 Register, 407  
 RP mapping, 412  
 RSVP, 440  
 unicast, 60  
 update, 164, 182, 183  
 pamięć  
   CAM, 44  
   NVRAM, 88  
   TCAM, 37, 47  
 parametr Preempt, 478  
 passive-interface, 241, 257,  
   261  
 PAT, Port Address  
   Translation, 697  
   interfejs wirtualny, 702  
 Path Vector Algorithm, 145  
 PCP, Priority Code Point, 41  
 pętla routingu, 144  
 pętla, 395  
 piaskownica Cisco, 716  
 PIM, Protocol  
   Independent Multicast,  
     376, 393  
   Auto-RP listener, 409  
   Sparse-Dense mode, 409  
 platforma jako usługa,  
   PaaS, 631

płaszczyzna danych,  
   data plane, 49  
 PMF, Protected  
   Management Frames, 534  
 podpis elektroniczny, 563  
 podwarstwa LLC, 39  
 PoE, Power over Ethernet,  
   26  
 pola  
   pakietu LISP, 598  
   ramki wi-fi, 514, 530  
 pole  
   CFI, 42, 72  
   CRC, 41  
   danych, data, 41  
   LLC, 42  
   PCP, 41  
   preambuły, preamble,  
     40  
   Priority, 72  
   SFD, 40  
   TAG, 71  
   TCI, 41  
   TPID, 41  
   TTL, 99  
   typu, type, 40  
   VID, 42  
 policing, 463  
 połączenia trunk, 68, 78  
 port  
   alternatywny, alternate  
   port, 107, 120  
   brzegowy, edge port,  
     123  
   chroniony  
   przełącznika, 66  
   desygnowany,  
   designated port, 106  
   desygnowany,  
   designated port, 120  
   główny, root port, 106  
   główny, root port, 120  
   hosta, 66  
   niedesygnowany, non-  
   designated port, 106  
   zapasowy, backup port,  
     120  
 PortFast, 112

- porty
  - agregacja, 133
  - RSTP, 120
  - w STP, 106
- Postman, 629, 706
  - eksportowanie, 707
  - importowanie, 708
  - konfigurowanie
    - zmiennych, 711
  - tworzenie interfejsu, 712
  - URL dostępny, 710
  - uwierzytelnienie, 709
  - wysyłanie poleceń, 714
- potwierdzenie LSack, 250
- poufność, confidentiality, 558
- powiadomienie o zmianie konfiguracji, 652
- PPDIOO, 32
- priorytet, Priority, 104
- priorytetyzacja ramek, *Patrz* QoS
- procesor routingu, routing
  - procesor, 48
- program
  - Ansible, 724
  - Cisco DNA, 715
  - GNS3, 666
  - Kiwi Syslog, 677
  - Microsoft Network Monitor, 524, 526
  - Mininet, 625
  - NetFlow, 682
  - Puppet, 724
  - SyslogViewer, 651
  - Wireshark, 226, 255, 401
    - tryb monitorowania, 523
- protokoły
  - bezklasowe, 209
  - distance vector, 143
  - do tunelowania, 98
  - haszujące, 558
  - link state, 145
  - redundancji, 473
  - routingu
    - algorytmy, 143
    - dynamicznego, 142
  - symetrycznego
    - szyfrowania, 558
  - wewnętrznej bramy, 142
  - zewnętrznej bramy, 142
- protokół
  - AutoRP, 415
  - Auto-RP, 409
  - BFD, 689
  - BGP, 296
  - BSR, 416
  - CCMP, 533
  - CDP, 62
  - Diffiego-Hellmana, 558
  - DTP, 65, 78
  - DVMRP, 394
  - EAP, 541
  - eBGP, 314
  - EIGRP, 341
  - EIGRPv4, 162
  - EIGRPv6, 200
  - FHRP, 27
  - GLBP, 473, 495
  - HSRP, 473
  - iBGP, 328
  - IGMP, 376
  - IGMPv1, 378
  - IGMPv2, 386
  - IGMPv3, 390
  - IKE, 561
  - IPsec, 557
  - ISL, 71
  - LACP, 133
  - LISP, 636
  - LWAP, 512
  - MOSPF, 394
  - MST, 124
  - Multicast PIM
    - Bootstrap, 415
  - NTP, 654
  - OpenFlow, 616
  - OSPF, 207
  - OSPFv2, 209
  - OSPFv3, 282
  - PAGP, 133
  - PIM, 393
  - PVST, 114
  - RSTP, 119
  - RSVP, 437
  - SNMP, 674
  - STP, 26, 99
  - TCP, 300
  - typu link state, 145, 209
  - UDLD, 131
  - UDP, 649
  - VRRP, 473, 485
  - VTP, 82
- przechwycenie
  - hasła, 255
- pakietu
  - Bootstrap, 417
  - ESP, 559
  - hello, 257, 497
  - HSRP, 481
  - IGMPv2, 387
  - IGMPv3, 391
  - ISAKMP, 575
  - LISP, 598
  - NTP, 662
  - RP mapping, 412
  - RSVP, 440
  - STP, 670
  - TCP, 332
- komunikatu
  - DSCP, 455
  - Membership Query, 388
  - Membership Report, 381, 392
  - RP announcement, 411
- test ping, 672
- transmisji IGMPv1, 381
- przeciążenie, congestion, 430
- przełącznik
  - konfiguracja, 57
  - 802.1X, 545
  - o budowie modułowej, modular switches, 37
  - o stałej konfiguracji, fixed configuration, 37
- przekazywanie ramek, 37
- tryb
  - client, 88
  - server, 88
- w ruchu grupowym, 423
- warstwy, 614
- warstwy drugiej, L2, 23, 37
- działanie, 44

warstwy trzeciej OSI,  
 L3, 37  
 działanie, 47  
 wielowarstwowy, 47, 49  
 przełączniki  
 Catalyst, 37  
 Leaf, 34  
 Nexus, 37  
 Spine, 34  
 PSK, Pre-Shared Key, 564  
 punkt dostępowy, 511  
 punkty udostępniania  
 usług, Service Access  
 Point, 42  
 Puppet, 724  
 PVRST, Per-VLAN Rapid  
 Spanning Tree, 114  
 PVST, Per-VLAN  
 Spanning Tree, 103, 114  
 konfiguracja, 117  
 zmiana mostu  
 głównego, 117  
 Python, 705

## Q

QinQ, 94  
 protokoły do  
 tunelowania, 98  
 QoS, Quality of Service, 21,  
 47, 426  
 klasyfikatory ruchu  
 sieciowego, 439, 456  
 model  
 best-effort, 433  
 kategorie narzędzi,  
 434  
 zintegrowanych  
 usług, 433  
 znakowanie  
 pakietów, 434  
 zróżnicowanych  
 usług, 433  
 oznaczanie ruchu, 443  
 w przełącznikach, 450  
 QUERY, 199  
 Quiet Mode, 572

## R

ramka  
 beacon, 529  
 BPDU, 102  
 DTP, 81  
 ethernetowa Ethernet II,  
 40  
 ethernetowa 802.1Q, 41  
 komunikatu IGMP, 390  
 STP, 670  
 typu Prune, 401  
 uwierzytelniająca,  
 authentication frame,  
 531  
 VRRP, 491  
 VTP, 86  
 wi-fi, 513, 514, 529  
 raport członkowski,  
 membership report, 378  
 RC, Rives Cipher, 560  
 RD, Reported Distance, 173  
 redundancja  
 przełączników, 99  
 w L3, 471  
 redystrybucja  
 tras statycznych, 274  
 w BGP, 322  
 relacja sąsiedztwa, 225  
 statusy, 249  
 reliability, 169  
 reported distance, 192  
 REST API, 706  
 RESTful API, 618  
 revision number, 86, 88, 90  
 RFP, Reverse Path  
 Forwarding, 395  
 RIB, Routing Information  
 Base, 49  
 root  
 bridge, most główny,  
 102, 104, 117  
 guard, 129  
 port, port główny, 106,  
 120  
 route  
 maps, mapy trasy,  
 339–349  
 poisoning, zatrucie  
 trasy, 163

router  
 ABR  
 sumaryzacja tras, 263  
 ASBR, 259  
 BDR, 243, 246, 252  
 BGP, 300  
 komunikaty, 300  
 desygnowany, DR, 422  
 distance vector, 144  
 DR, 243, 246, 252  
 ID, 210  
 konfiguracja 802.1X,  
 542  
 na patyku, router on  
 a stick, 48, 94  
 stub, router  
 szczątkowy, 194  
 routing  
 dynamiczny, 140  
 statyczny, 146  
 w środowisku  
 wirtualnym, 635  
 rozgłaszanie  
 sieci w BGP, 319  
 tras, 185  
 tras domyślnych, 242  
 równoważenie obciążenia,  
 load balancing, 222  
 w OSPF, 221  
 RSPAN, Remote SPAN, 669  
 RSTP, Rapid Spanning  
 Tree Protocol, 119  
 knfiguracja, 120  
 porty, 120  
 zabezpieczenie BPDU  
 guard, 123  
 RSVP, 437  
 RTP, Reliable Transport  
 Protocol, 163, 180

## S

SaaS, Software as a Service,  
 630  
 SBI, southbound interface,  
 617  
 SD-ACCESS, 690  
 komponenty, 690

- SDN, Software-Defined
    - Network, 614
    - zastosowanie, 619
  - SD-WAN, 688
    - Schemat działania, 689
    - vAnalytics, 690
    - vBond, 690
    - vEdge, 689
    - vManage, 688
    - vSmart, 689
  - serwer
    - syslog, 650
    - TELNET, 54
    - VMPS, 78
    - VPN, 564
    - VTP, 88
  - SFD, start frame delimiter, 40
  - sieci bezprzewodowe, 503
    - ataki, 535
    - bezpieczeństwo, 532
    - CSMA/CA, 527
    - częstotliwości, 509
    - działanie, 505
    - etapy połączenia, 527
    - format ramki, 513
    - kanały, 509
    - mechanizm
      - DFS, 509
      - TPC, 509
    - projektowanie, 536
    - przechwytywanie ramek, 522
    - punkt dostępowy, 511
    - standardy, 510
    - tryb
      - ad hoc, 504
      - infrastrukturalny, 504, 527
    - urządzenia
      - bezprzewodowe, 511
    - uwierzytelnianie, 533, 534
    - WLAN, 504
    - WPAN, 503
    - WWAN, 504
    - wymiana informacji, 528
  - sieć
    - domowa, 22
    - kampusowa, 18
    - point-to-point, 243, 252
    - SDN, 614
    - SD-WAN, 688
    - Token Ring, 42
    - VLAN dynamiczna, 78
    - VLAN, 24, 42, 58, 59
    - VPN, 563
    - WAN, 687
    - z redundancją, 471
  - skrypt main.py, 420
  - SNMP, 675
    - read-only community string, 675
    - read-write community string, 675
  - SNMPv2
    - konfiguracja, 676
  - SNMPv3
    - konfiguracja, 679
  - SPAN port, 666
  - sparse mode, 394, 401
    - konfiguracja, 403, 409
  - sparse-dense, 414
  - SPB, Shortest Path Bridging, 34
  - SPF, Shortest Path First, 209
  - split horizon, podzielony horyzont, 163
  - SPT, Shortest Path Tree, 396
  - SSH, 55
  - SSID, Service Set Identifier, 505
  - STA, Spanning-Tree Algorithm, 101
  - standalone WLAN, 63
  - standard
    - IEEE 802.1D, 101
    - IEEE 802.1Q, 71
    - IEEE 802.3ec, 39
  - stany portów, 111
  - Static NAT, 692
  - status
    - 2-WAY/DROTHER, 250
    - FULL/BDR, 250
    - FULL/DR, 250
    - FULL/DROTHER, 250, 251
  - status interfejsu OSPF, 225
  - STP, Spanning Tree Protocol, 26, 100
    - działanie protokołu, 102
    - koszty tras, 108
    - Loop Guard, 131
    - mechanizm
      - BPDU guard, 131
      - root guard, 129
    - PortFast, 112
    - rodzaje portów, 106
    - stany portów, 111
    - wyбір mostu głównego, 104
  - stub, 199
  - sukcesor, 173
  - sumaryzacja, 259
    - adresów, 177, 179
    - tras, 263
    - tras statycznych, 149
    - w BGP, 325, 364
  - SVI, ang. Switched Virtual Interface, 49
  - S-VLAN, 94
  - syslog, 648
  - system autonomiczny, 143
  - szablony, 644
  - szyfrowanie
    - asymetryczne, 561
    - w OSPFv3, 286
- Ś
- śledzenie obiektów, object tracking, 472
- T
- tablica
    - adresów MAC, 38
    - ARP, 476

- CAM, 47
  - FIB, 49, 615
  - MAC, 37, 44
  - MAC, MAC address table, 37
  - przełączania, forwarding table, 49
  - przełączania CAM, 37
  - RIB, 49, 615
  - routingu, 51, 142
    - EIGRP, 166, 168
    - minimalizowanie, 151
    - trasa domyślna, 155
  - sąsiadów, 52
    - PIM, 422
  - TCAM, 47
  - topologii, topology table, 167
    - EIGRP, 195
  - TAG, 71
  - TAS, Trunk
    - Administrative Status, 80
  - TAT, Trunk Administrative Trunk-Encapsulation, 80
  - TCAM, Ternary Content Addressable Memory, 47
  - TCL, Tag Control
    - Information, 41, 72
  - TCN, Topology Change Notification, 112
  - TCP, 300
  - technologia
    - agregacji portów, 133
    - CEF, 48
    - EtherChannel, 101
    - EtherChannel, 133
  - TELNET, 53
  - TKIP, Temporal Key Integrity Protocol, 533
  - TNS, Trunk Negotiated Status, 80
  - TNT, Trunk Negotiated Trunk-Encapsulation, 80
  - token, 717
  - topologia
    - dual homed, 307
    - fizyczna, physical topology, 18
    - logiczna, logical topology, 20
    - single homed, 306
    - single multihomed, 308
  - topologie BGP, 306
  - TOS, Trunk Operational Status, 80
  - TOT, Trunk Operational Trunk-Encapsulation, 80
  - TPC, Transmit Power Control, 509
  - TPID, Tag Protocol Identifier, 41, 72
  - traceroute, 663
  - traffic
    - policer, 456, 457
    - sharper, 460
  - translacja adresów, 691
    - dynamiczna, 697
    - statyczna, 692
    - z przeciążeniem, 697
  - transmisja grupowa, multicast, 375
    - adresowanie, 377
    - protokoły, 376, 378
  - trasy
    - domyślne, 153, 242, 265
    - domyślne IPv6, 161
    - redundantne, 191
    - statyczne, 274
    - statyczne IPv6, 159
    - w OSPF, 270
    - zapasowe, 174
  - triggered updates, aktualizacje wyzwalane, 163
  - TRILL, Transparent Interconnection of Lots of Links, 34
  - tryby pracy interfejsów, 79
  - TTL, time-to-live, 50, 99
  - tunel
    - CAPWAP, 531
    - GRE, 584
    - IPsec, 561
    - VPN, 565
    - VTI, 591
    - VXLAN, 604, 606
  - tunelowanie 802.1Q, 94
    - konfiguracja, 96
    - QinQ, 98
    - sprawdzanie działania, 98
  - tworzenie maszyny wirtualnej, 619
- ## U
- UDLD, Unidirectional Link Detection, 131
  - UDP, 649
  - Unequal-Cost Load Balancing, 146
  - URI, Uniform Resource Identifier, 618
  - URL, Uniform Resource Locator, 618
  - URN, Uniform Resource Name, 618
  - usługa NAT, 691
  - usługi chmury, 630
  - uwierzytelnianie, authentication, 558, 563
    - HSRP, 480
    - MD5, 257
    - w BGP, 314
    - w EIGRP, 187
    - w OSPF, 254
    - w OSPFv3, 286
    - w VRRP, 490
    - Quiet Mode, 572
- ## V
- vAnalytics, 690
  - vBond, 690
  - vEdge, 689
  - VID, VLAN ID, 42
  - VIP, Virtual IP, 472
  - VLAN, 23, 24
    - identyfikator, 72
    - konfiguracja sieci, 63
    - sieci wirtualne LAN, 58
    - usuwanie konfiguracji, 92
  - VLAN Access-List, 552



VLAN operatorski, 94  
 vManage, 688  
 VMPS, VLAN  
   Membership Policy  
   Server, 78  
 VMR, Value Mask Result,  
   48  
 VNF, Virtual Network  
   Function, 634  
 VOIP, 62  
 VPN, 563  
   implementacja IKE,  
     565  
   konfiguracja  
     site-to-site, 566  
   remote access, 564  
   tunel site-to-site, 563,  
     573  
   wymiana kluczy DH,  
     577  
 VRF, Virtual Routing  
   and Forwarding, 289  
 VRRP  
   konfiguracja, 485  
   czasów, 490  
   track, 491  
   przeglądanie  
     rozgłoszeń, 489  
   uwierzytelnianie, 490  
 VRRP, Virtual Router  
   Redundancy Protocol,  
   473  
 VRRPv3  
   konfiguracja, 494  
 vSmart, 689  
 VTI, Virtual Tunnel  
   Interface, 591  
   konfiguracja, 591  
 VTP, VLAN Trunking  
   Protocol, 82  
   aktualizacje, 90

konfiguracja, 84  
 ogłoszenia, 85  
 Pruning, 92  
 zabezpieczenie hasłem,  
   89  
 VXLAN, Virtual Extensible  
   LAN, 604  
   konfiguracja, 607

## W

warstwa  
   dostępu, access layer,  
     25  
   dystrybucji, 27  
   LLC, 42  
   łącza danych, data link  
     layer, 42  
   MAC, 42  
   oparta na routingu, 26  
   oparta na STP, 26  
   rdzenia, core, 28  
 warunek  
   deny, 345  
   match, 344  
   out, 346  
   permit, 345  
 wąskie gardło, bottleneck,  
   430  
 wektor, vector, 143  
   odległości, distance  
     vector, 143  
 WEP, dynamic WEP keys,  
   534  
 WEP, Wired Equivalent  
   Privacy, 532  
 WFQ, Weighted Fair  
   Queuing, 431  
 wiadomości przycinające,  
   prune messages, 394

wi-fi, *Patrz* sieci  
 bezprzewodowe  
 virtualizacja, 613, 630  
 wirtualna maszyna  
   ustawienia sieci, 620  
 wirtualne karty sieciowe,  
   vNIC, 634  
 WLAN, Wireless LAN, 504  
 WLC, WLAN Controller,  
   512  
 WPA, WiFi Protected  
   Access, 533  
 WPA2, 533  
 WPAN, Wireless Personal  
   Area Network, 503  
 WWAN, Wireless Wide  
   Area Networks, 504  
 wyzwalacz, trigger, 720

## Z

zalewanie, 44  
   pakietami LSA, 259  
 zapytanie o członkostwo,  
   membership query, 379  
 ZBF, Zone-Based Firewall,  
   581  
   konfiguracja, 581  
 zbieżność, 287  
 znacznik, tag, 94  
   802.1Q, 41  
 znak  
   pytajnik, 351  
   gwiazdka, 396  
 znaki specjalne BGP, 367

## Ż

żądanie ARP, 53

# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

- 
1. ZAREJESTRUJ SIĘ
  2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
  3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion** 

## ZOSTAŃ ADMINISTRATOREM SIECI

- Poznaj technologie sieciowe
- Naucz się je wykorzystywać
- Zdobądź certyfikat CCNP

Sieci komputerowe oplatają świat dosłownie i w przenośni. Stanowią krwiociąg współczesnych systemów informatycznych, zapewniając dostęp do internetu nawet w najdalszych zakątkach globu i dostarczając miliardom ludzi najrozmaitszych informacji i usług cyfrowych. Oczywiście sieci nie utrzymują się same. Odpowiadają za to wykwalifikowani specjaliści — administratorzy sieci — którzy od lat mogą przebiegać w atrakcyjnych ofertach zatrudnienia i bez wątpienia także w przyszłości będą przez pracodawców równie intensywnie poszukiwani.

Jeśli interesujesz się sieciami i chcesz się rozwijać w tym zakresie, sięgnij po książkę *CCNP 350-401 ENCOR. Zaawansowane administrowanie siecią Cisco*. Pomoże Ci ona przygotować się do egzaminu umożliwiającego uzyskanie certyfikatu Cisco Certified Network Professional, lecz również bliżej poznać technologie przydatne w pracy administratora. Krok po kroku będziesz przyswajając odpowiednie wiadomości, ugruntujesz swoje kompetencje i potwierdzisz kwalifikacje bez konieczności sięgania po inne materiały. Jeśli szukasz dobrego kompendium wiedzy o sieciach komputerowych, nie mogłeś lepiej trafić!

- Projektowanie sieci kampusowych
- Konfiguracja przełączników
- Konfiguracja routingu
- Protokół BGP
- Transmisja grupowa
- Zapewnianie jakości usług
- Sieci bezprzewodowe
- Bezpieczeństwo sieci
- Wirtualizacja i monitorowanie sieci
- Programowanie sieci i automatyzacja

## PROJEKTUJ, ADMINISTRUJ I ROZWIJAJ SIECI CISCO!

**ADAM JÓZEFIOK** ukończył studia doktoranckie na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki. Specjalizuje się w tematyce sieci komputerowych (przełączanie, routing, bezpieczeństwo i projektowanie). Jest autorem publikacji polskich i zagranicznych z tej dziedziny. Brał udział w konferencjach naukowych (krajowych i międzynarodowych) dotyczących sieci komputerowych. Jest pracownikiem naukowym Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Na co dzień administruje również bezpieczeństwem urządzeń sieciowych, konfiguruje między innymi urządzenia sieciowe (Cisco, HP), utrzymuje sieci WAN. Przez siedem lat kierował komórką realizacji wsparcia usług IT. Posiada wieloletnie doświadczenie w zakresie pracy jako administrator sieci i projektant sieci komputerowych. Przez lata projektował serwerownie i tworzył projekty okablowania. Przygotowywał procedury i dokumentacje projektowe. Na koncie ma wiele zrealizowanych projektów zakupu sprzętu IT wraz z prowadzeniem procedur przetargowych, wdrożeniem, wykonaniem dokumentacji i testami. Posiada certyfikaty: CCNA Security, CCNP Routing and Switching, Cisco CCDP, CCNAV, a także certyfikat instruktorski Cisco CCAI, jak również certyfikaty ITIL i PRINCE2. Jego pasją jest pisanie książek, praca ze studentami i szeroko rozumiana dydaktyka.

**Helion** 

 **helion.pl**

 **HELION SA**  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
helion@helion.pl

*Sprawdź nasze szkolenia!*



AKADEMIA IT & BUSINESS

**HELIONSZKOLENIA.PL**

**KOD KORZYŚCI**  
Śięgnij po więcej! ►



ISBN 978-83-283-5237-7



**INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU**

Cena: 199,00 zł