Poznajemy sieć fizyczną

Opowieść o przełącznikach, Wi-Fi i PoE.

- Sieć fizyczna: skąd się wzięły przełączniki, Wi-Fi i zasilanie przez kabel

Sieć fizyczna: skąd się wzięły przełączniki, Wi-Fi i zasilanie przez kabel

Poziom: podstawy

Dotyczy: sieć Zielonej w Pamiątkowie i w magazynie w Swarzędzu, Ethernet IEEE 802.3, Wi-Fi IEEE 802.11

Czas: ~15 min

Ta strona otwiera książkę o sprzęcie, przez który płyną dane: o przełącznikach, wkładkach SFP, zasilaniu PoE, Wi-Fi i łączach operatora. Opowiadamy w kilku datach, jak od radiowej sieci na Hawajach doszliśmy do kabla, który niesie i dane, i prąd. Na końcu stoi mapa książki.

ZAŁOŻENIA SCENARIUSZA

w tej opowieści Zielona ma jedno łącze do internetu, pojedynczy `fw01` i magazyn w Swarzędzu w sieci centrali (szafa ścienna z przełącznikiem `sw-mag01`). Strony książki mogą przyjmować inaczej: dwa łącza ze Starlinkiem opisuje Łącza operatora: światłowód, radiolinia, LTE i 5G oraz przełączanie na FortiGate, a magazyn jako osobną lokalizację z routerem IPsec site-to-site: Pamiątkowo i Swarzędz między FortiGate a routerem innej firmy.

Skróty użyte na tej stronie (13)

Skrót	Co znaczy
CSMA	Carrier Sense Multiple Access: zasada, według której nadawca najpierw słucha kanału i nadaje dopiero wtedy, gdy jest wolny; w Ethernecie z wykrywaniem kolizji (CSMA/CD)
DIX	DEC, Intel, Xerox: wspólna specyfikacja Ethernetu z 1980 roku, z której powstał standard IEEE 802.3
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers: międzynarodowa organizacja inżynierów, która m.in. wydaje normy i przyznaje kamienie milowe w historii techniki
IP	Internet Protocol: adres komputera w sieci; w elektryce: stopień ochrony obudowy (Ingress Protection)

Skrót	Co znaczy
MAC	Media Access Control: unikalny adres fizyczny karty sieciowej, przypisany fabrycznie
PARC	Palo Alto Research Center: ośrodek badawczy Xeroksa, w którym rozwinięto druk laserowy
PoE	Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane
SFP	Small Form-factor Pluggable: mały wymienny moduł (wkładka), który wsuwamy w gniazdo przełącznika albo karty sieciowej i który zamienia sygnał elektryczny na świetlny
STP	Spanning Tree Protocol: protokół drzewa rozpinającego, który wyłącza zbędne połączenia między przełącznikami, żeby ramki nie krążyły w pętli
VLAN	Virtual LAN: wydzielona logicznie sieć na tym samym sprzęcie
VPN	Virtual Private Network: szyfrowany tunel do sieci firmowej
Wi-Fi	Sieć bezprzewodowa: wygodna w biurze, ale w serwerowni dokłada kolejną możliwą przyczynę awarii
WMS	Warehouse Management System: system zarządzania magazynem

Skąd się wzięło

> **Pojęcie: Ethernet.** Rodzina standardów sieci lokalnej, w której urządzenia wysyłają dane w ramkach opatrzonych adresami MAC. Standardy opisuje grupa IEEE 802.3, a kable, wkładki i prędkości zmieniają się, kiedy rośnie przepustowość.

Hawaje: sieć bez kabla

W 1971 roku Norman Abramson i Franklin Kuo z Uniwersytetu Hawajskiego uruchomili ALOHAnet, radiową sieć łączącą komputery na kilku wyspach z centralą w Honolulu. Pracowała w paśmie UHF z szybkością 9600 bit/s [1]. Pomysł był prosty: każdy nadaje, kiedy chce, a jeśli odpowiedź nie wraca, nadaje jeszcze raz po losowej chwili.

Taki sposób nazywamy czystą ALOHą i z rachunku wynika, że wykorzystuje on najwyżej około 18 procent pojemności kanału. Podział czasu na szczeliny podnosi to do około 37 procent [1]. Dla nas ważniejsze jest co innego: ten sam kanał dzieli wielu nadawców, więc trzeba z góry umówić się, co zrobić, gdy dwóch odezwie się naraz.

Schemat czystego protokołu ALOHA.

Schemat czystego protokołu ALOHA. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Xerox PARC: kabel, który słuchał

Robert Metcalfe i David Boggs z Xerox PARC wzięli pomysł z Hawajów i zastąpili radio kablem koncentrycznym. Metcalfe nadał nazwę Ethernet w notatce z maja 1973 roku, a pierwsza sieć ruszyła 22 maja 1973 roku z szybkością 2,94 Mbit/s [2]. Nadawca najpierw słuchał kabla, a po zderzeniu ramek czekał losową chwilę, więc ta sama zasada dostała nazwę CSMA/CD.

W 1980 roku firmy DEC, Intel i Xerox wydały wspólną specyfikację DIX, a w 1983 roku IEEE opublikowało standard 802.3 z kablem grubym, 10BASE5, o zasięgu 500 metrów [2]. Do każdego komputera szło wtedy zaczepem wampirowym do tego samego kabla, więc jedna uszkodzona wtyczka zatrzymywała całe piętro.

Transceivery 10BASE5, czyli urządzenia, które przyłączały komputer do grubego kabla koncentryczr

Transceivery 10BASE5, czyli urządzenia, które przyłączały komputer do grubego kabla koncentrycznego. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Koncentrator i skrętka

Przełom przyszedł w 1990 roku wraz ze standardem 10BASE-T (IEEE 802.3i), który poprowadził Ethernet po skrętce do centralnego urządzenia [2]. Koncentrator, po angielsku hub, powtarzał każdą ramkę na wszystkie porty, więc wszyscy nadal dzielili jeden kanał i wszystkie zderzenia. Dla użytkownika zmiana była ogromna, bo uszkodzony kabel odłączał jeden komputer, a nie całą sieć.

Koncentrator Netgear DS108, który powtarza ramki na wszystkie porty.

Koncentrator Netgear DS108, który powtarza ramki na wszystkie porty. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Przełącznik: każdy z każdym osobno

Firma Kalpana pokazała około 1990 roku siedmioportowy EtherSwitch, który zapamiętywał adresy MAC i wysyłał ramkę tylko tam, gdzie siedział odbiorca [3]. W źródłach spotykamy rok 1989 lub 1990 dla pierwszego urządzenia, więc piszemy „około 1990”. Cisco kupiło Kalpanę w 1994 roku, a pełny dupleks, czyli nadawanie i odbiór jednocześnie bez zderzeń, standaryzowano w 1997 roku

jako 802.3x [2][3].

Od tego momentu kolizje zniknęły z codziennej pracy, a w ich miejsce pojawiły się pętle: skoro przełączniki łączymy ze sobą, ramka rozgłoszeniowa może krążyć w kółko. Radia Perlman wymyśliła w 1985 roku protokół drzewa rozpinającego, STP, który odłącza zbędne połączenia, a w 1990 roku wszedł do standardu 802.1D [4]. O tym piszemy na stronie o przełącznikach.

Przełączniki sieciowe.

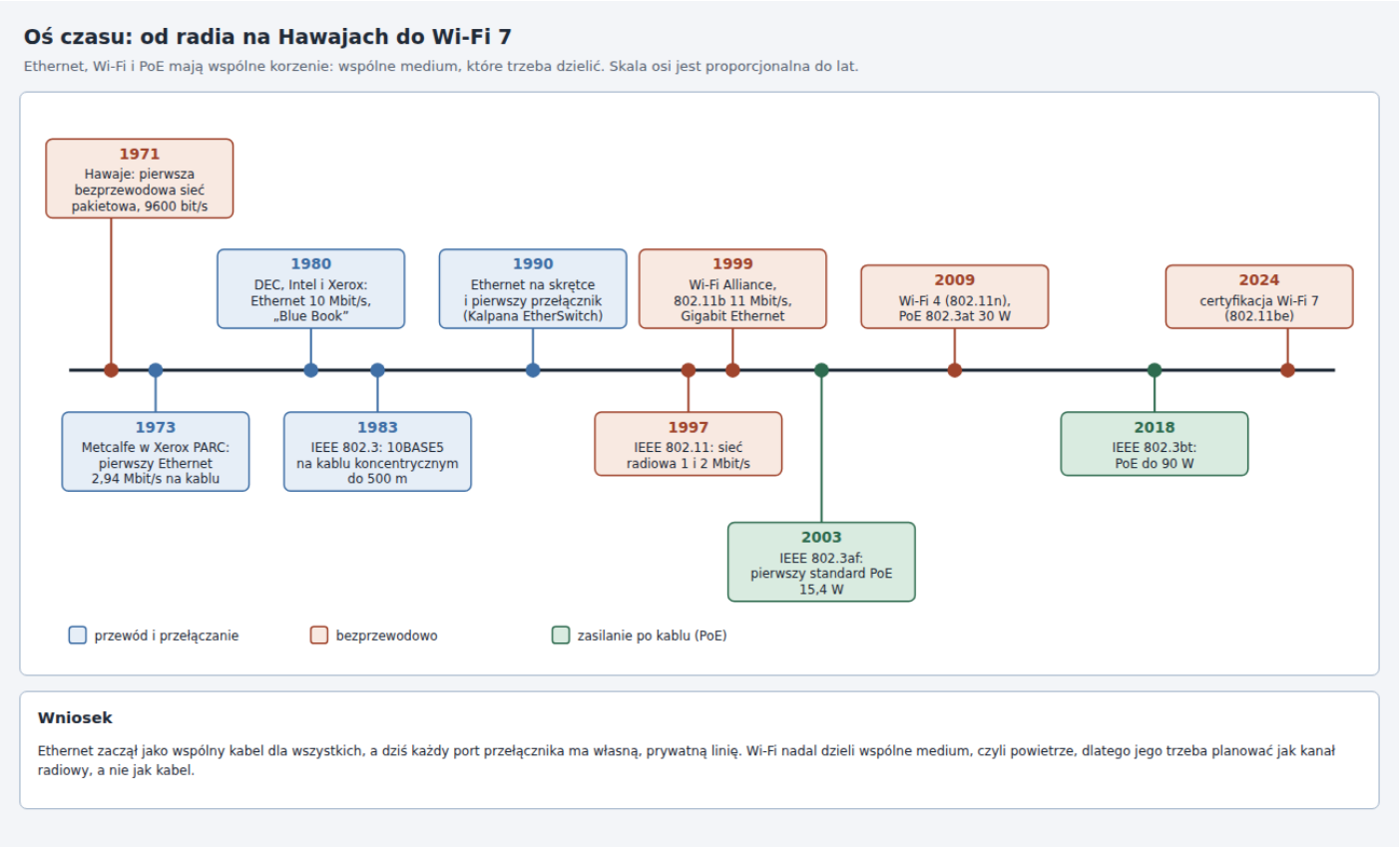
Przełączniki sieciowe. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Wi-Fi: radio wraca do biura

W 1997 roku IEEE opublikowało pierwszy standard sieci bezprzewodowej 802.11 z szybkością 1 i 2 Mbit/s [5]. Prawdziwy rozpęd dało 802.11b z 1999 roku (11 Mbit/s) i powołanie Wi-Fi Alliance, które wymyśliło nazwę Wi-Fi, a w tym samym roku Apple wstawił kartę do laptopa iBook [5]. Z biegiem lat kolejne wersje dostały numery marketingowe: Wi-Fi 4 to 802.11n z 2009 roku, Wi-Fi 5 to 802.11ac z 2013 roku, Wi-Fi 6 to 802.11ax z 2021 roku, a Wi-Fi 7 to 802.11be, które otrzymało certyfikację od stycznia 2024 roku [5][6].

Prąd w kablu

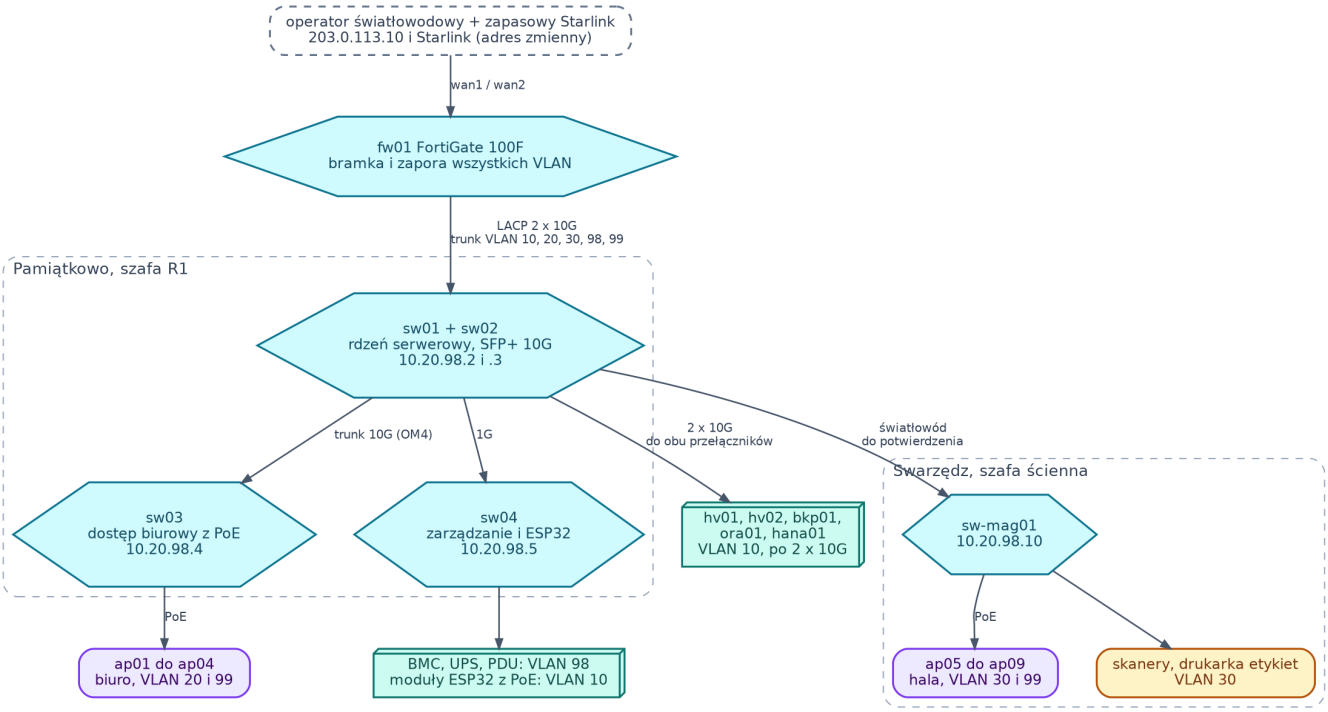
Punkt dostępowy Wi-Fi wisi pod sufitem, gdzie trudno doprowadzić gniazdko. Dlatego wokół 2000 roku Cisco zaczęło zasilać telefony IP po skrętce własnym sposobem, a standard IEEE 802.3af z 2003 roku nazwał to PoE i dał do 15,4 W na port [7]. Kolejne standardy podniosły moc: 802.3at w 2009 roku do 30 W, a 802.3bt w 2018 roku do 60 i 90 W [7].



Rysunek 1. Oś czasu sieci fizycznej: ALOHAnet w 1971 roku, pierwszy Ethernet w 1973, standard 802.3 w 1983, 10BASE-T i pierwszy przełącznik w 1990, Wi-Fi w 1997 i 1999, PoE w 2003, 2009 i 2018 oraz Wi-Fi 7 w 2024. Warto zauważyć, że od radia na Hawajach do punktu dostępowego zasilanego z kabla minęło niewiele ponad trzydzieści lat. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Jak to działa w jednym obrazku

Dziś kabel w biurze dzieli się na trzy role. Przełącznik zbiera ramki od komputerów, serwerów i punktów dostępowych i wysyła je dalej tylko do właściwego portu. Punkt dostępowy zamienia ramki na radio dla telefonów, laptopów i skanerów, a przez ten sam kabel dostaje prąd. Łącze operatora wyprowadza całość do internetu.



Rysunek 2. Sieć fizyczna Zielonej: łącze operatora, zapora fw01, rdzeń serwerowy sw01 i sw02, przełączniki biura i zarządzania, szafa w Swarzędzu oraz punkty dostępowe. Warto zauważyć, że każdy przełącznik ma jedno zadanie, a routowanie między sieciami zostaje na zaporze. To projekt proponowany, nie stan istniejący. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Dlaczego Zielona

> **Z ŻYCIA WZIĘTE**
>
> Poniedziałek, 5:50. W magazynie w Swarzędzu Marek zaczyna zmianę od tego, że czterdzieści skanerów nie loguje się do WMS na `ora01`. Pod regałem stoi osiem portów przełącznika bez opisu, kupionego dawno temu, a ktoś w niedzielę wpiął kabel z gniazda ściennego do drugiego gniazda w tym samym pokoju, żeby „przedłużyć sieć do drukarki”. Ramki rozgłoszeniowe krążą w pętli, diody migają na jednym rytmie i nic nie przechodzi. Tomek dzwoni z biura i przez telefon prowadzi Marka po kablach, aż pętla zniknie, a skanery wracają o 6:25, czyli po 25 minutach zmiany bez systemu.

Zielona ma przełączniki z różnych lat, kilka punktów dostępowych kupionych w miarę potrzeb i jedno łącze do internetu. W biurze Wi-Fi działa, a w hali bywa głuchy kąt za regałami. Ta książka opisuje, jak to uporządkować: jak rozmieścić przełączniki i adresy w sieci zarządzania, jak dobrać wkładki do serwerów, jak policzyć budżet PoE, gdzie powiesić punkty dostępowe i jak dołożyć drugie łącze do internetu.

Wszystko, co dotyczy konkretnych nazw przełączników i adresów, to propozycja do zatwierdzenia przez autora bazy, bo opis sieci Zielonej dziś kończy się na zaporze `fw01` i sieciach VLAN.

Mapa tej książki

Książka ma trzy części: teorię o sprzęcie sieciowym, łącza operatora i projekt do zbudowania samemu.

Strona	Na jakie pytanie odpowiada
Przełączniki: L2 i L3, tablica MAC, VLAN, LACP i STP	Jak przełącznik wie, dokąd wysłać ramkę, i jak nie zrobić pętli
Wkładki SFP i kable DAC: rodziny, zgodność i pomiar mocy optycznej	Którą wkładkę kupić, żeby pasowała do przełącznika i do włókna
PoE: klasy mocy, budżet przełącznika i długość kabla	Ile punktów dostępowych, kamer i czujników uniesie jeden przełącznik
Wi-Fi od strony fizycznej: pasma, kanały i rozmieszczenie punktów	Gdzie powiesić punkty dostępowe w biurze i w magazynie
Łącza operatora: światłowód, radiolinia, LTE i 5G oraz przełączanie na FortiGate	Jakie łącze kupić i jak przełączyć się na zapasowe
UISP i UniFi: dwa systemy zarządzania sprzętem Ubiquiti i czym się różnią	Czym różni się UISP od UniFi i który system zarządza punktami Wi-Fi Zielonej
DIY: mapa zasięgu Wi-Fi w magazynie na ESP32	Jak zmierzyć zasięg i narysować mapę własnym skryptem

Okablowanie, szafy i światłowody opisuje księga Szafy i okablowanie, zasilanie awaryjne księga Zasilanie, a konfigurację zapory FortiGate i VPN księga Sieć i VPN.

Powiązane: Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis, VPN: tunel przez cudzy internet, Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Źródła:

1. Wikipedia, „ALOHAnet”: en.wikipedia.org/wiki/ALOHAnet
2. Wikipedia, „Ethernet”: en.wikipedia.org/wiki/Ethernet
3. Wikipedia, „Kalpana (company)”: en.wikipedia.org/wiki/Kalpana_(company))
4. Wikipedia, „Spanning Tree Protocol”: en.wikipedia.org/wiki/Spanning_Tree_Protocol
5. Wikipedia, „Wi-Fi”: en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi
6. Wikipedia, „IEEE 802.11be”: en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11be
7. Wikipedia, „Power over Ethernet”: en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet