Szafa i kable

Opowieść, szafa 19 cali, miedź i światłowody.

- Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis
- Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6
- Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału
- Światłowody: rodzaje, złącza, budżet tłumienia i bezpieczeństwo

Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis

Poziom: podstawy **Dotyczy: serwerownia Zielonej w Pamiątkowie, szafy R1 do R6**

Czas: ~15 min

Ta strona otwiera książkę o szafach i kablach: o tym, dlaczego serwery mają jedną szerokość, jak od telefonii doszliśmy do Ethernetu na skrętce i czemu światłowód dźwiga dziś większość internetu. Opowiadamy to w kilku datach i pokazujemy, jak jeden kabel bez opisu zatrzymał magazyn Zielonej. Na końcu stoi mapa książki.

Skróty użyte na tej stronie (6)

Skrót	Co znaczy
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers: międzynarodowa organizacja inżynierów, która m.in. wydaje normy i przyznaje kamienie milowe w historii techniki
IT	Information Technology: dział albo praca związana z komputerami i infrastrukturą firmy
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
TIA	Telecommunications Industry Association: amerykańskie stowarzyszenie, które wydaje normy okablowania strukturalnego, na przykład TIA-568 i TIA-606
WMS	Warehouse Management System: system zarządzania magazynem

Skąd się wzięło

> **Pojęcie: szafa 19 cali (rack).** Metalowa rama z dwiema pionowymi szynami rozstawionymi według jednej normy. Dzięki temu serwer, przełącznik i panel z gniazdami od dowolnego

producenta pasują do tej samej szafy.

Szafa: od przekaźników do serwerów

Pierwsze szafy powstały dla telefonii, nie dla komputerów. Nazwę „relay rack”, czyli stojak na przekaźniki, znamy od co najmniej 1911 roku, a wymiary ustaliła około 1922 roku firma AT&T, żeby zmieścić sprzęt central telefonicznych na mniejszej powierzchni [1]. Wysokość sprzętu liczymy od tamtej pory w jednostkach 1,75 cala, czyli 44,45 mm, które nazywamy jednostką U [1][2]. Rozstaw otworów ustalono do 1934 roku, a dziś opisuje go norma EIA-310 (wersja D z września 1992 roku, CEA-310-E z grudnia 2005 roku) [1].

Ramka między szynami ma 17,75 cala, a 19 cali to szerokość płyty czołowej sprzętu [1]. Dlaczego akurat 19, nie wiemy: powody wyboru nie zachowały się w dokumentach [3].

Alexander Graham Bell. W 1881 roku opatentował skręcenie przewodów w parę, bo tramwaje elektr

Alexander Graham Bell. W 1881 roku opatentował skręcenie przewodów w parę, bo tramwaje elektryczne zagłuszały rozmowy telefoniczne. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Skrętka: od tramwajów do Ethernetu

W latach osiemdziesiątych XIX wieku elektryczne tramwaje zakłócały obwody telefoniczne, więc Alexander Graham Bell dostał w 1881 roku patent USA 244 426 na skręcenie dwóch przewodów w parę [4]. Skręcone przewody łapią zakłócenia mniej więcej jednakowo, a odbiornik odejmuje wspólną część. Do 1900 roku cała amerykańska sieć telefoniczna była skrętką albo linią napowietrzną z przeplotami [4].

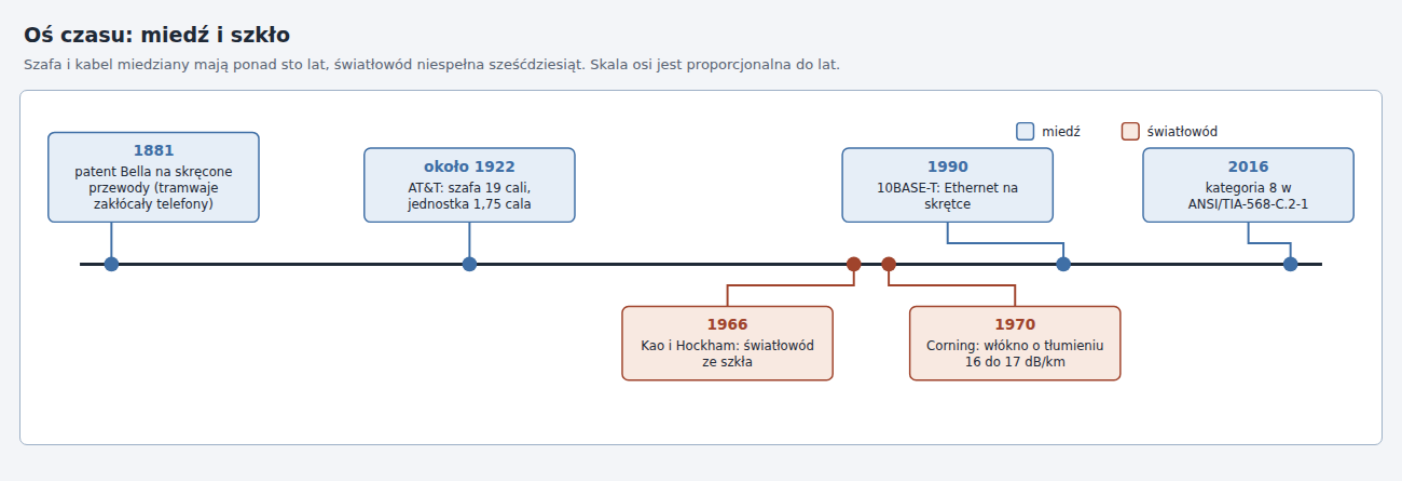
Ten sam kabel przejął Ethernet. Standard 10BASE-T przyjęto w 1990 roku jako IEEE 802.3i, a w 1991 roku ukazała się pierwsza norma okablowania TIA/EIA-568, od tamtej pory poprawiana kolejnymi wydaniami [5][6].

Światłowód: szkło, które przestało mętnieć

W 1966 roku Charles Kao i George Hockham z Standard Telecommunication Laboratories opublikowali pracę o falowodach z włókna szklanego i pokazali, że szkło da się oczyścić tak, by tłumiło sygnał o około 20 dB na kilometr [7][8]. W sierpniu 1970 roku Donald Keck, Peter Schultz i Robert Maurer z firmy Corning zmierzyli włókno z tłumieniem 16 do 17 dB na kilometr, czyli lepsze od progu Kao [9]. Kao dostał za tę pracę w 2009 roku część nagrody Nobla z fizyki [7].

Charles K. Kao, który w 1966 roku wskazał, że szkło można oczyścić na tyle, by prowadziło światło n

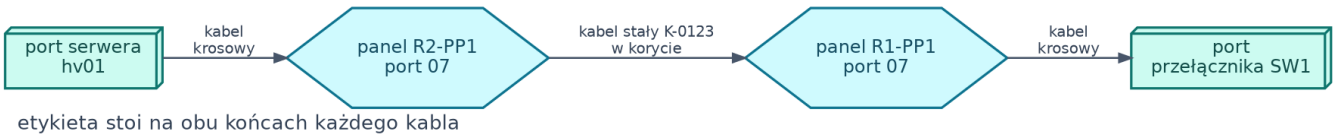
Charles K. Kao, który w 1966 roku wskazał, że szkło można oczyścić na tyle, by prowadziło światło na kilometry. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).



Rysunek 1. Oś czasu: od patentu na skrętkę z 1881 roku przez ujednolicenie szaf około 1922 roku i pracę Kao z 1966 roku do Ethernetu na skrętce w 1990 roku i kategorii 8 w 2016 roku. Warto zauważyć, że szafa i kabel miedziany mają ponad sto lat, a światłowód niespełna sześćdziesiąt. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Jak to działa w jednym obrazku

W serwerowni kabel prawie nigdy nie biegnie prosto od portu do portu. Idzie krótkim kablem krosowym do panelu w szafie, długim kablem w korycie do panelu w innej szafie i znów krótkim kablem do przełącznika. Tylko krótkie odcinki wolno wyjmować i przepinać, a długi zostaje na stałe.



Rysunek 2. Droga jednego kabla w Zielonej: port serwera, kabel krosowy, panel w szafie R2, kabel w korycie, panel w szafie R1, kabel krosowy i port przełącznika. Warto zauważyć, że etykieta stoi na obu końcach każdego odcinka. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Dlaczego Zielona

> **Z ŻYCIA WZIĘTE**
>
> Czwartek, 14:10. Tomek ma przepiąć jeden przełącznik w szafie R1, a z organizera wychodzi pęk niebieskich kabli bez jednej etykiety. Wyciąga ten, który „chyba idzie do portu 17”, i po minucie dzwoni Marek: skanery w Swarzędzu nie widzą WMS, bo kabel prowadził do `ora01`. Po 11 minutach przerwy Tomek wpina go z powrotem, a pod wieczór zaczyna ręcznie spisywać, co dokąd idzie.

Zielona ma sześć szaf, kilkaset kabli i dwie osoby w IT. Szafy rosły z firmą od 1998 roku, więc kable kładziono w różnych latach, bez wspólnych zasad i bez opisu. Ta książka pokazuje, jak sprawić, żeby następna taka scena nie wydarzyła się nikomu: od wymiarów szafy, przez wybór kabla, po etykietę, wpis w NetBoksie i odbiór pracy wykonawcy.

Mapa tej książki

Książka ma cztery części: teorię o szafie i kablach, porządek i dokumentację, strony dla zamawiającego i odbierającego oraz projekt do zbudowania samemu.

Strona	Na jakie pytanie odpowiada
Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6	Co oznaczają U, głębokość i nośność, i jak ułożyć sprzęt w szafach Zielonej
Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału	Czym różni się kategoria 6A od 8 i dlaczego kanał ma 100 metrów
Światłowody: rodzaje, złącza, budżet tłumienia i bezpieczeństwo	Kiedy jednomodowy, kiedy wielomodowy i czemu złącze trzeba czyścić
Porządek i dokumentacja: patchpanele, etykiety, kolory i NetBox	Jak opisać kabel, żeby każdy wiedział, dokąd idzie
Odbiór okablowania od wykonawcy: lista kontrolna, testy, protokoły	Co sprawdzamy, zanim podpiszemy protokół
Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie	Ile portów zamówić i jak zapisać zamówienie dla wykonawcy
DIY: zarabianie wtyku RJ45 i tester żył na ESP32	Jak własnoręcznie zrobić kabel i sprawdzić jego żyły

Zasilanie szaf opisuje księga Zasilanie, a przepływ powietrza przez szafę księga Chłodzenie. Przełączniki, wkładki SFP i PoE od strony sprzętu opisuje księga Sieć fizyczna, od strony Sieć fizyczna: skąd się wzięły przełączniki, Wi-Fi i zasilanie przez kabel.

Powiązane: Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy, NetBox: źródło prawdy o sieci i serwerowni

Źródła:

1. Wikipedia, „19-inch rack”: en.wikipedia.org/wiki/19-inch_rack
2. Wikipedia, „Rack unit”: en.wikipedia.org/wiki/Rack_unit
3. Electronic Design, „Why is the 19-inch rack 19 inches, or is it?”: electronicdesign.com
4. Wikipedia, „Twisted pair”, historia i patent USA 244 426: en.wikipedia.org/wiki/Twisted_pair
5. Wikipedia, „Ethernet over twisted pair”: en.wikipedia.org/wiki/Ethernet_over_twisted_pair
6. Wikipedia, „TIA/EIA-568”, lata wydań: en.wikipedia.org/wiki/TIA/EIA-568
7. Wikipedia, „Charles K. Kao”: en.wikipedia.org/wiki/Charles_K._Kao
8. IEEE Spectrum, „How Charles Kao beat Bell Labs to the fiber-optic revolution”: spectrum.ieee.org
9. Corning, „Corning Discovers Low-Loss Fiber” (1970): corning.com

Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6

Poziom: podstawy

Dotyczy: szafy 19 cali 42U, EIA-310 (CEA-310-E), IEC 60297, serwerownia Zielonej w Pamiątkowie

Czas: ~45 min

Szafa 19 cali to rama, w której sprzęt przykręcamy do pionowych szyn, a jego wysokość liczymy w jednostkach U. Wyjaśniamy, co znaczą wymiary, nośność i głębokość, jak mocujemy sprzęt, jak uziemiamy szafę i jak ułożyć sprzęt w szafach R1 do R6 Zielonej. Wracamy tu przy zakupie szafy, dołożeniu serwera i każdej rozmowie z wykonawcą.

Skróty użyte na tej stronie (7)

Skrót	Co znaczy
DIN	Deutsches Institut für Normung: niemiecki instytut normalizacyjny; szyna DIN to standardowa szyna montażowa aparatów w rozdzielnicy
IEC	International Electrotechnical Commission: międzynarodowa organizacja, która wydaje normy elektrotechniczne, np. IEC 60751 dla czujników Pt100
PDU	Power Distribution Unit: listwa zasilająca w szafie rack, w droższych wersjach z gniazdami mierzonymi i wejściem na czujnik temperatury
PKN	Polski Komitet Normalizacyjny: instytucja, która wydaje polskie wersje norm i sprzedaje je w katalogu
PN-EN	Polska Norma będąca wersją normy europejskiej, np. PN-EN 54 dla elementów systemów sygnalizacji pożaru
RJ45	Registered Jack 45: potoczna nazwa ośmiostykowego wtyku i gniazda 8P8C, w którym kończymy kable skrętkowe Ethernetu
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci

Z życia wzięte

□□ Z ŻYCIA WZIĘTE

Czwartek, 9:50. Do Zielonej przyjeżdża serwer z kartami graficznymi dla Oli: 4U, 780 mm głębokości i około 38 kilogramów. Tomek chce go sam wsunąć do szafy R5 na wysokości U30, ale szyny prowadzące są za krótkie, a ciężki serwer wisi na przednich uszach. Dopiero we dwóch montują go nisko, na szynach z zestawu, a tylne drzwi i tak domykają się z oporem, bo za serwerem nie ma miejsca na wtyczki.

Skąd się wzięło

Historię szafy opowiada Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis: AT&T około 1922 roku, jednostka 1,75 cala i norma EIA-310. Tu zostajemy przy tym, co z niej wynika dla nas. Wysokość każdego urządzenia jest wielokrotnością jednostki U, a odległość między szynami jest stała na całym świecie [1][2].

Norma opisuje szynę i otwory, ale nie narzuca jednej głębokości szafy ani sprzętu, więc głębokość sprawdzamy sami [1]. Wymiary mechaniczne 19-calowych konstrukcji opisuje też międzynarodowa seria IEC 60297 [1].

Wymiary szyny w szafie 19 cali: odległość między otworami po obu stronach, rozstaw otworów w jec

□□ *Wymiary szyny w szafie 19 cali: odległość między otworami po obu stronach, rozstaw otworów w jednostce U i szerokość wolnej przestrzeni między szynami. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

Szafa z przełącznikami i panelami krosowymi. Panele z gniazdami RJ45 stoją obok przełączników, a k

□□ *Szafa z przełącznikami i panelami krosowymi. Panele z gniazdami RJ45 stoją obok przełączników, a krótkie kable krosowe łączą je w obrębie jednej szafy. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

Rodzaje i zasada działania

Jednostka U i wymiary

> **Pojęcie: jednostka U (rack unit).** Wysokość 1,75 cala, czyli 44,45 mm. Szafa 42U ma więc 42 razy 44,45 mm, czyli 1866,9 mm przestrzeni montażowej, a każde urządzenie zajmuje 1U, 2U, 4U i tak dalej [2].

Płyta czołowa urządzenia 1U ma 43,66 mm wysokości, czyli odrobinę mniej niż pełna jednostka, żeby sąsiednie urządzenia się nie zacierały [2]. Szyny mają otwory w powtarzającym się wzorze 12,7, 15,875 i 15,875 mm, czyli trzy otwory na jednostkę. Odległość między środkami otworów po lewej i prawej stronie wynosi 18,312 cala, a wolny otwór między szynami 17,75 cala (450,85 mm), co daje płytę czołową szerokości 19 cali, czyli 482,6 mm [1][3].

Wymiar	Wartość	Uwagi
Szerokość płyty czołowej	19 cali (482,6 mm)	to szerokość „ucha” urządzenia, nie szafy
Wolny otwór między szynami	17,75 cala (450,85 mm)	tyle miejsca ma korpus urządzenia
Jednostka U	44,45 mm	trzy otwory na jednostkę
Szafa 42U	1866,9 mm przestrzeni montażowej	wysokość całej szafy jest większa o cokół i dach
Szerokość szafy	zwykle 600 lub 800 mm	szersze szafy mieszczą kable boczne
Głębokość szafy	zwykle 600, 800, 1000 albo 1200 mm	oferta producentów, norma jej nie narzuca

Szafy w serwerowni Zielonej mają według przyjętego założenia 42U, szerokość 800 mm i głębokość 1000 mm. Takie wymiary odpowiadają rzutowi serwerowni z mapy czujników, gdzie szafa zajmuje 0,8 na 1,0 metra. Rozmiary prawdziwych szaf potwierdzamy przy inwentaryzacji i wpisujemy do NetBoksa.

Rodzaje szaf

> **Pojęcie: szafa zamknięta, stojak otwarty i szafa ścienna.** Szafa zamknięta ma drzwi, boki i dach, więc chroni sprzęt i kontroluje przepływ powietrza. Stojak otwarty to same szyny, a szafa ścienna to mała skrzynka na ścianie, zwykle od kilku do kilkunastu U.

Szafa zamknięta ma szyny z przodu i z tyłu (stojak czterosłupkowy), więc ciężki sprzęt opiera się na obu stronach. Stojak dwusłupkowy to dawny „relay rack” z telefonii: sprzęt przykręca się za przednie uszy, więc nadaje się do lekkich paneli i przełączników, a nie do głębokich serwerów. W szafach ściennych zwykle ograniczenie stanowi nośność ściany i uchwytów.

Szyny i mocowanie

> **Pojęcie: nakrętka klatkowa.** Sprężynująca klatka z gwintowaną nakrętką, którą wciskamy w kwadratowy otwór szyny. Dzięki niej można przykręcić urządzenie do szyny bez gwintowanych otworów.

W szafach starszego typu otwory są gwintowane (używano gwintów 10-32 i 12-24), a w nowszych kwadratowe pod nakrętki klatkowe lub okrągłe pod śruby z nakrętką [1]. Najczęściej używamy metrycznych nakrętek klatkowych M6, ale rozmiar zależy od szafy i od sprzętu, więc zestaw śrub dobieramy zawsze do konkretnego modelu. Numeracja U wybita na szynie pomaga trafić nakrętkami w te same otwory z obu stron.

Lekki sprzęt (przełączniki, panele) przykręcamy do szyn czterema śrubami. Serwery wsuwamy na szyny prowadzące albo kładziemy na półkę nośną, a przednich uszu nie traktujemy jako podpory.

Wolne jednostki zasłaniamy zaślepkami, jak opisuje strona Przepływ powietrza: szafa, korytarze, bypass i recyrkulacja.

Głębokość i miejsce na kable

Głębokość szafy musi być większa niż najgłębszy sprzęt, a do tego dochodzą wtyczki z tyłu, zagięcie kabla i pionowe listwy zasilające. Nie wsuwamy 780 milimetrów sprzętu do szafy 800 mm, bo za nim nie zostanie miejsca nawet na wtyczkę. Zwykła reguła robocza, a nie norma, każe zostawić z tyłu kilkanaście centymetrów, ale dokładną wartość dobieramy do kabla: miedzianego z minimalnym promieniem gięcia, a światłowodu z jego własnym promieniem z karty katalogowej.

Nośność

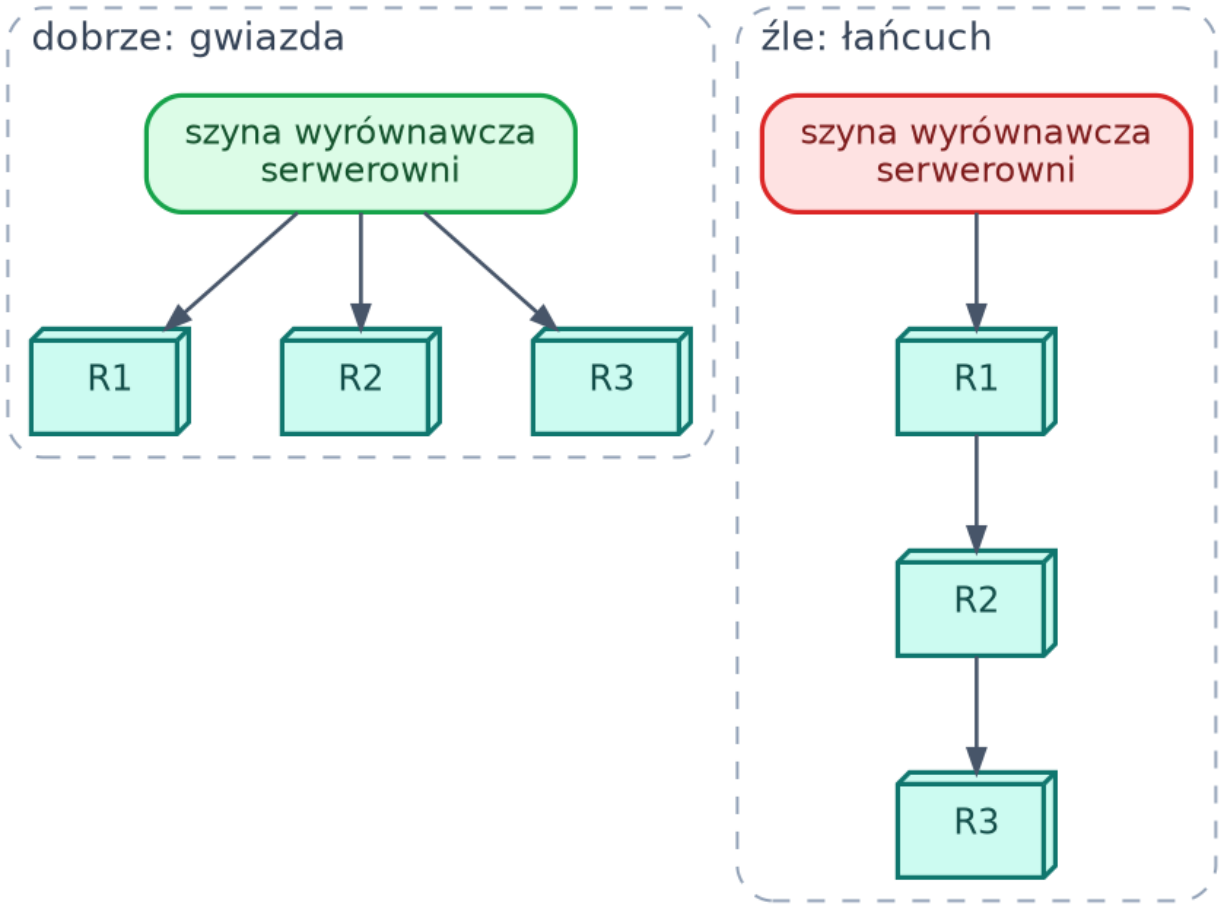
> **Pojęcie: nośność statyczna i dynamiczna.** Nośność statyczna to masa, którą szafa unosi nieruchoma na własnych nóżkach. Nośność dynamiczna jest mniejsza i dotyczy szafy przetaczanej na kółkach.

Producent podaje obie wartości w karcie katalogowej i ich nie zgadujemy. Przy liczeniu zliczamy masę sprzętu, szyn, zasilaczy i kabli, a także sprawdzamy nośność podłogi, bo strop pod szafą ma własny limit na metr kwadratowy. Przykład: szafa o masie 150 kg z ośmioma serwerami po 20 kg to 310 kg na powierzchni 0,8 metra kwadratowego, czyli około 390 kg na metr kwadratowy, a dopuszczalne obciążenie stropu podaje projektant budynku.

Uziemienie szafy

> **Pojęcie: sieć wyrównawcza.** Wspólna sieć przewodów, która łączy metalowe części budynku i szaf, żeby wszystkie miały ten sam potencjał. Dzięki temu między dwiema obudowami nie ma różnicy napięcia, którą mógłby poczuć człowiek dotykający obu naraz, a prądy zakłóceń mają dokąd odpłynąć.

Szafę łączymy z siecią wyrównawczą osobnym przewodem do szyny w szafie, a nie łańcuchowo przez sąsiednie szafy. W szafie z szyną uziemiającą każdy panel krosowy, drzwi i panele boczne łączymy krótkim przewodem z tą szyną, a przy kablach ekranowanych daje to również uziemienie ekranów [5]. Wymagania opisują normy PN-EN 50310 i PN-EN 50174-2, a przekrój przewodu i wykonanie połączeń zleca się osobie z uprawnieniami elektrycznymi [5][6].



Rysunek 1. Uziemienie szaf: dobrze, gdy każda szafa ma własny przewód do szyny wyrównawczej serwerowni, źle, gdy szafy łączymy łańcuchowo jedną do drugiej. Warto zauważyć, że w układzie gwiazdy awaria jednego połączenia nie odcina pozostałych szaf. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Pomiar ciągłości połączenia szafy z szyną jest częścią odbioru instalacji elektrycznej, o czym piszemy na stronie Odbiór instalacji od wykonawcy: lista kontrolna, pomiary, dokumenty. Niczego w tym zakresie nie robimy samodzielnie, dopóki nie mamy uprawnień.

Zamki i dostęp

Drzwi przednie i tylne mają zamki, a w serwerowni Zielonej tylne drzwi szaf R1 do R5 pilnują kontaktrony KS1 do KS5 z modułu `esp06`, jak opisuje strona Kontaktrony i czujki ruchu. Zamek kluczykowy odróżnia tylko tego, kto ma klucz, od tego, kto go nie ma. Dlatego klucze trzymamy w jednym miejscu, z rejestrem wydań, a zamki elektroniczne z kartą dają dziennik otwarć.

Zasilanie i przepływ powietrza w szafie

W szafie zasilanie prowadzi pionowa listwa PDU po każdej stronie: tor A po jednej, tor B po drugiej, a każdy serwer z dwoma zasilaczami ma jeden zasilacz w A, a drugi w B. Listwy opisuje strona PDU, agregat, SZR i ochrona przed przepięciami, a drogę prądu strona Od przyłącza do zasilacza serwera: rozdzielnica, zabezpieczenia, tory A i B. Kable danych prowadzimy po drugiej stronie szafy niż zasilające, żeby się nie krzyżowały.

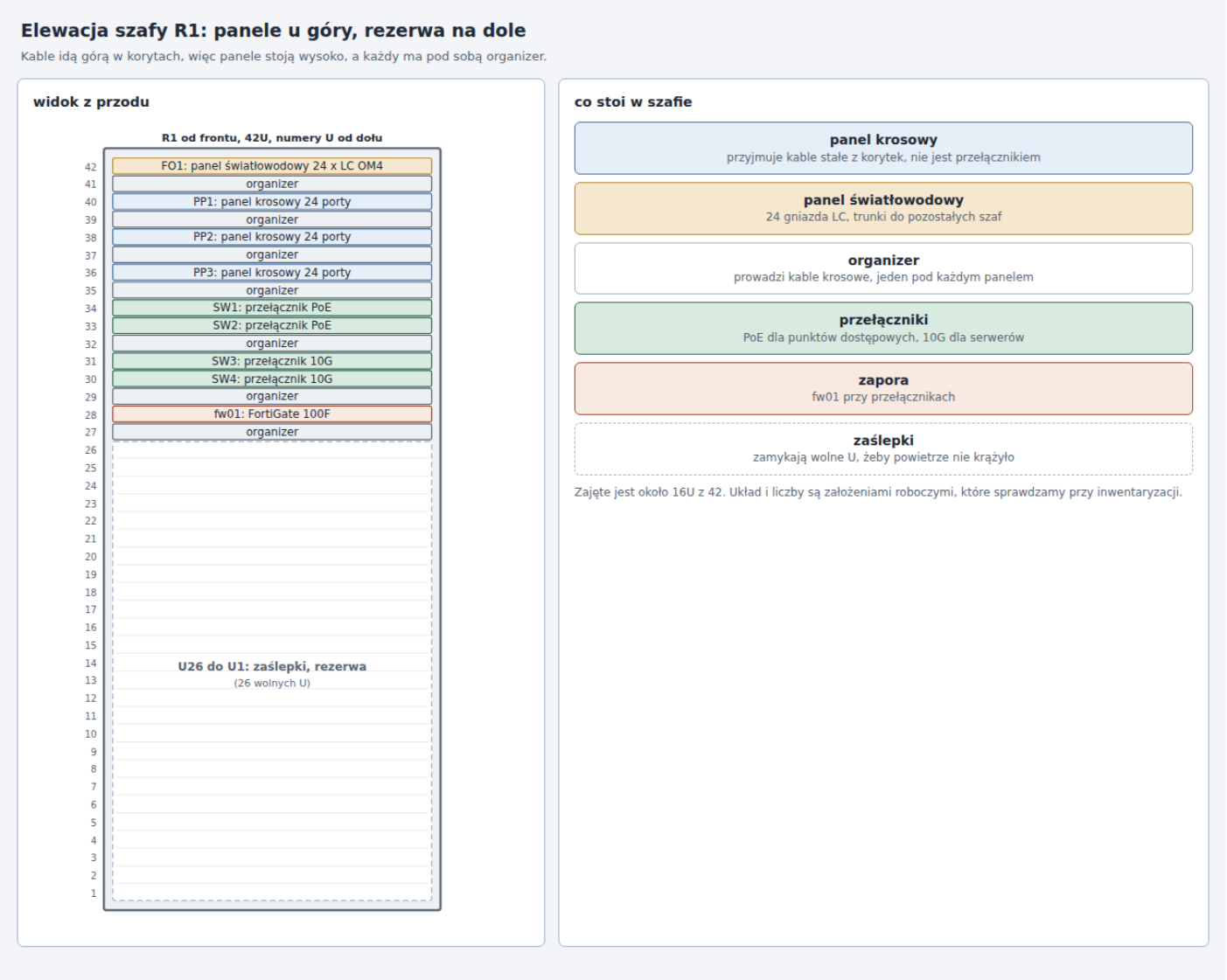
Powietrze przechodzi przez szafę od frontu do tyłu, więc nie zasłaniamy frontu kablami, a puste jednostki zamykamy zaślepkami. Szczegóły stoją w księdze Chłodzenie, od strony Przepływ powietrza: szafa, korytarze, bypass i recyrkulacja.

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Rodzaj	Typowa wysokość	Zalety	Wady	Gdzie u nas
Szafa zamknięta, 4 słupki	42U	chroni sprzęt, zamek, nośna	cięższa, droższa	R1 do R6 w serwerowni
Stojak otwarty, 4 słupki	42U	dostęp z obu stron, tani	brak drzwi i zamka	laboratorium, brak
Stojak otwarty, 2 słupki	kilka do kilkunastu U	prosty, lekki	tylko lekki sprzęt	rozdzielnia światłowodów, brak
Szafa ścienna	6 do 18U	mała, na ścianie	mała nośność, mało miejsca	magazyn w Swarzędzu

W serwerowni

Dla Zielonej utrzymujemy szafy zamknięte 42U, 800 na 1000 mm, z perforowanymi drzwiami przednimi i tylnymi, pionowymi listwami PDU po obu stronach i szyną uziemiającą. Ciężki sprzęt wsuwamy nisko, a lekkie panele i organizery montujemy wysoko, bo kable idą górą w korytach. Układ pokazuje poniższy rysunek.



Rysunek 2. Elewacja szafy R1 od frontu z numerami U od dołu: panele krosowe i światłowodowe u góry, organizery po każdym panelu, przełączniki i zapora w środku, rezerwa zaślepionych U na dole. Warto zauważyć, że każdy panel ma pod sobą organizer, a wolne miejsca zasłaniają zaślepki. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Szafa	Zawartość	Zajęte U (założenie)	Moc średnia (kW)	Uwagi

R1	`fw01` (FortiGate 100F), przełączniki, panele krosowe i światłowodowe	około 16 z 42	1,0	główny punkt dystrybucyjny
R2	`hv01` i `hv02`, klaster Hyper-V na S2D, panel krosowy	około 10 z 42	2,6	duży pobór, patrz obwody 32 A
R3	`bkp01` z półką dyskową	około 8 z 42	1,6	ciężka półka dyskowa nisko
R4	`ora01` i `hana01`	około 10 z 42	2,4	serwery fizyczne poza klastrem
R5	pozostały sprzęt fizyczny	około 10 z 42	1,4	wolne miejsca
R6	pusta, z zaślepkami	0 z 42	0	zapas na rozbudowę, 2,5 kW w planie

Liczby U to robocze założenia do zmierzenia przy inwentaryzacji, a moc pochodzi ze strony Planowanie zasilania serwerowni: bilans mocy, zapas, rozbudowa. Rzeczywistą zajętość każdej szafy i położenie każdego urządzenia zapisujemy w NetBoksie, jak opisuje strona Porządek i dokumentacja: patchpanele, etykiety, kolory i NetBox. Szafa R6 pusta nie oznacza szafy wolnej od zasad: jest zamknięta zaślepkami i ma miejsce zarezerwowane na kable, a plan jej zapełnienia opisuje strona Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie.

W magazynie w Swarzędzu stoi szafa ścienna z przełącznikami, panelem i małym UPS line-interactive przy przełącznikach. Ciężki UPS stoi na dole szafy, a nie wysoko przy drzwiach.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Wymiary szafy w karcie katalogowej: wysokość w U, szerokość i głębokość, a do tego głębokość użyteczna między szynami.
- Nośność statyczną w kilogramach z karty katalogowej, a przy przetaczaniu także nośność dynamiczną.
- Rodzaj otworów w szynach (kwadratowe, okrągłe, gwintowane) i komplet nakrętek klatkowych i śrub dla właściwego rozmiaru.
- Numerację U na szynach, od dołu do góry, widoczną z przodu i z tyłu.
- Szynę uziemiającą w szafie i przewody uziemiające drzwi i paneli, a w odbiorze elektrycznym pomiar ciągłości do sieci wyrównawczej.
- Perforację drzwi i zaślepki: ilość zaślepek wystarczającą do zasłonięcia wolnych U, z kartą katalogową.
- Zamki: ile kluczy, czy każda szafa ma inny wzór, czy drzwi tylne mają miejsce na kontaktron.

- Miejsca na kable: przepusty górne z szczotkami, organizery pionowe i poziome, wolne miejsce na boczne wiązki.
- Ustawienie szaf zgodnie z rzutem serwerowni, bez blokowania drzwi gorącego korytarza i wejść do klimatyzatorów.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Szafa 19 cali ma 19 cali szerokości	19 cali ma płyta czołowa urządzenia, a szafa ma zwykle 600 lub 800 mm, wolny otwór między szynami ma 17,75 cala
Sprzęt „rack” pasuje do każdej szafy	Szerokość pasuje, ale głębokość, rodzaj otworów i szyny prowadzące trzeba sprawdzić
Wolne miejsce w szafie nie szkodzi	Puste U to szczelina, przez którą gorące powietrze wraca na front, jak opisuje księga Chłodzenie
Zamek w drzwiach to kontrola dostępu	Zamek mówi, kto ma klucz, a nie kto z niego korzystał, dlatego dokładamy rejestr i kontaktron
Uziemienie robi przewód zasilacza	Szafa ma własne połączenie z siecią wyrównawczą, a pomiar ciągłości jest częścią odbioru

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1911	Nazwa „relay rack” używana już w telefonii i sygnalizacji kolejowej
około 1922	AT&T ustala 19-calową szerokość i jednostkę 1,75 cala
1934	Ustalony rozstaw otworów w szynie
wrzesień 1992	EIA-310-D opisuje szafy i stojaki
14 grudnia 2005	CEA-310-E uaktualnia wymagania konstrukcyjne

Wątek polski

W Polsce obowiązuje europejska seria EN 60297 w wersji polskiej, czyli PN-EN 60297, a to, które części i w jakich wydaniach są dostępne po polsku, sprawdzamy w katalogu PKN. Uziemienie i wyrównanie potencjałów opisują PN-EN 50310 oraz PN-EN 50174-2. Nie znaleźliśmy

udokumentowanego polskiego wynalazku, który zmienił historię szafy 19 cali.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Serwer nie mieści się z tyłu, drzwi się nie domykają	głębokość sprzętu i wtyczek większa niż użyteczna głębokość szafy	mierzymy głębokość od szyny do drzwi i dobieramy wymiary
Serwer wisi na uszach i szyny się wyginają	brak szyn prowadzących i półki	montujemy na szynach z zestawu albo półce nośnej
Nakrętka klatkowa wypada	zły rozmiar albo zła szyna	używamy nakrętek właściwych dla szafy i jednego typu w całej szafie
Górne serwery są cieplejsze o kilka stopni	puste U bez zaślepek	zasłaniamy każde wolne U
Drzwi szafy mają napięcie względem ziemi	brak połączenia z szyną uziemiającą	prosimy osobę z uprawnieniami o naprawę i pomiar

□□ Ćwiczenia

1. Ile przestrzeni montażowej ma szafa 42U w milimetrach?

Odpowiedź

42 razy 44,45 mm daje 1866,9 mm. Wysokość całej szafy jest większa, bo dochodzą cokół i dach.

1. Serwer ma 800 mm głębokości, a szafa 800 mm. Dlaczego to nie zadziała?

Odpowiedź

Z tyłu serwera są jeszcze gniazda i wtyczki, kable muszą mieć promień gięcia, a drzwi tylne muszą się domknąć. Głębokość użyteczna szafy jest mniejsza niż jej głębokość zewnętrzna.

1. Dlaczego łączymy szafy z szyną wyrównawczą każdą osobno, a nie jedną za drugą?

Odpowiedź

W układzie łańcuchowym przerwa w jednym połączeniu odcina wszystkie dalsze szafy. W układzie gwiazdy każda szafa ma własną drogę do szyny, a awaria jednego przewodu dotyka tylko jej.

Powiązane: Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału, Porządek i dokumentacja: patchpanele, etykiety, kolory i NetBox, Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie, Serwerownia Zielonej: gdzie stoją czujniki i dokąd płyną alarmy

Źródła:

1. Wikipedia, „19-inch rack”, wymiary, historia, EIA-310 i IEC 60297: en.wikipedia.org/wiki/19-inch_rack
2. Wikipedia, „Rack unit”, wysokość jednostki i płyty 1U: en.wikipedia.org/wiki/Rack_unit
3. Electronic Design, „Why is the 19-inch rack 19 inches, or is it?”, odległość otworów 18,312 cala i otwór 17,75 cala: electronicdesign.com
4. NetBox, dokumentacja modelu Rack (szerokość 19 lub 23 cale, wysokość w U, nośność, głębokość montażu): netboxlabs.com
5. Network Data Cabling, „Earthing in Buildings & 50310 Equipotential Bonding”: network-data-cabling.co.uk
6. DIN, „Telecommunications bonding networks for buildings and other structures; German version EN 50310:2016”: din.de

Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału

Poziom: średnio

Dotyczy: PN-EN 50173-1:2018, ISO/IEC 11801-1:2017, kategorie 5e do 8, PoE IEEE 802.3af, at, bt, kable U/UTP, F/UTP, S/FTP

Czas: ~60 min

Okablowanie miedziane to skrętka, którą idzie dziś większość sieci w biurze i serwerowni, a od jej wyboru zależy, czy łącze po latach obsłuży 10 gigabitów i zasilanie punktów dostępowych. Wyjaśniamy kategorie i klasy, ekranowanie, długość kanału 90 plus 10 metrów i nagrzewanie wiązek przy PoE. Wracamy tu przy zamówieniu kabli, rozmowie z wykonawcą i przy każdym pytaniu, czy ten kabel „wytrzyma”.

Skróty użyte na tej stronie (20)

Skrót	Co znaczy
CCA	Copper-Clad Aluminium: kabel z żył aluminiowych pokrytych miedzią, tańszy i gorszy elektrycznie od kabla z litej miedzi
CPR	Construction Products Regulation: unijne rozporządzenie o wyrobach budowlanych, które dla kabli wprowadziło klasy reakcji na ogień i deklarację właściwości użytkowych
DAC	Direct Attach Copper: krótki miedziany kabel ze wtyczkami SFP na obu końcach, do łączenia urządzeń w tej samej szafie albo w sąsiednich
FTP	File Transfer Protocol: stary protokół przesyłania plików, bez szyfrowania
IDC	Insulation Displacement Connector: złącze, w którym żyła jest wciskana między ostrza i przecina izolację, jak w gniazdach keystone i panelach krosowych
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers: międzynarodowa organizacja inżynierów, która m.in. wydaje normy i przyznaje kamienie milowe w historii techniki

Skrót	Co znaczy
IP	Internet Protocol: adres komputera w sieci; w elektryce: stopień ochrony obudowy (Ingress Protection)
ISO	International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie
LSZH	Low Smoke Zero Halogen: płaszcz kabla, który przy pożarze wydziela mało dymu i nie zawiera halogenów
PDF	Portable Document Format: format dokumentu, który wygląda tak samo na każdym komputerze, np. zakres akredytacji jednostki na stronie PCA
PKN	Polski Komitet Normalizacyjny: instytucja, która wydaje polskie wersje norm i sprzedaje je w katalogu
PN-EN	Polska Norma będąca wersją normy europejskiej, np. PN-EN 54 dla elementów systemów sygnalizacji pożaru
PoE	Power over Ethernet: zasilanie urządzenia tym samym kablem sieciowym, którym płyną dane
ppoż.	Przeciwpożarowy: dotyczący ochrony przed pożarem, na przykład centrala ppoż.
PSE	Power Sourcing Equipment: urządzenie, które zasila przez kabel w standardzie PoE, na przykład przełącznik albo wtryskiwacz
SFP	Small Form-factor Pluggable: mały wymienny moduł (wkładka), który wsuwamy w gniazdo przełącznika albo karty sieciowej i który zamienia sygnał elektryczny na świetlny
TIA	Telecommunications Industry Association: amerykańskie stowarzyszenie, które wydaje normy okablowania strukturalnego, na przykład TIA-568 i TIA-606
UISP	Ubiquiti ISP: aplikacja producenta Ubiquiti do zarządzania jego urządzeniami sieciowymi, dawniej pod nazwą UNMS
UniFi	linia sprzętu Ubiquiti do sieci firmowych i domowych: punkty dostępowe Wi-Fi, przełączniki i bramy, zarządzana z aplikacji UniFi Network
Wi-Fi	Sieć bezprzewodowa: wygodna w biurze, ale w serwerowni dokłada kolejną możliwą przyczynę awarii

Z życia wzięte

□□ Z ŻYCIA WZIĘTE

Środa, 11:20, 31 stopni na zewnątrz. W UniFi Network punkt dostępowy w hali w Swarzędzu co jakiś czas znika z listy i wraca po minucie, a Marek mówi, że wtedy skanery gubią Wi-Fi. Tomek wchodzi na drabinę i dotyka wiązki kabli w korycie pod dachem: 48 kabli Cat 5e zasila PoE punkty dostępowe i kamery, a wiązka jest wyraźnie ciepła. Wykonawca powtarza, że „5e wytrzymuje PoE”, ale nikt nie policzył, jak się nagrzewają kable zebrane razem w gorącej hali.

Skąd się wzięło

Historię skrętki od patentu Bella z 1881 roku do Ethernetu na skrętce opowiada Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis. Przypominamy tylko daty norm. Pierwsza norma okablowania TIA/EIA-568 ukazała się w 1991 roku, a jej kolejne wydania w 1995, 2001, 2009, 2015 i 2020 [1].

Międzynarodowa norma ISO/IEC 11801 ma wydania z 1995 i 2002 roku, a w listopadzie 2017 roku została przebudowana na kilka części: ogólne wymagania, biura, obiekty przemysłowe, domy, centra danych i instalacje budynkowe [2]. W Europie odpowiada jej norma EN 50173, a w Polsce PN-EN 50173-1:2018, którą PKN wydał 14 lipca 2018 roku [3].

Kabel Cat 5e. Wewnątrz płaszcza widać osiem żył skręconych w cztery pary, każda z innym skokiem

Kabel Cat 5e. Wewnątrz płaszcza widać osiem żył skręconych w cztery pary, każda z innym skokiem skrętu. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Rodzaje i zasada działania

Dlaczego skręt w ogóle pomaga

> **Pojęcie: sygnał różnicowy.** Ethernet nie wysyła napięcia po jednym przewodzie względem ziemi, tylko różnicę napięć między dwoma przewodami pary. Zakłócenie, które trafia w oba przewody jednakowo, znika przy odejmowaniu.

Skręcenie sprawia, że oba przewody pary przez cały czas są tak samo blisko źródła zakłóceń, więc obie łapią je mniej więcej jednakowo. Każda z czterech par ma inny skok skrętu, żeby pary nie sprzęgały się ze sobą. Mimo to część sygnału przeciekająca z pary do pary, czyli przesłuch, rośnie z częstotliwością i dlatego wyższe kategorie mają ciaśniejsze tolerancje.

> **Pojęcie: przesłuch (NEXT).** Ten kawałek sygnału z jednej pary, który przedostaje się do sąsiedniej pary na tym samym końcu kabla. Miernik mierzy go w decybelach i porównuje z limitem normy.

Kategorie i klasy

> **Pojęcie: kategoria i klasa.** Kategoria opisuje składnik, czyli kabel albo gniazdo, na przykład kabel kategorii 6A. Klasa opisuje cały zmontowany kanał, na przykład klasę EA, i to ona decyduje, czy łącze spełnia normę.

Dobry kabel kategorii 6A ułożony byle jak, albo połączony ze złączem kategorii 5e, nie da klasy EA. Dlatego odbiór mierzy kanał i trwały odcinek, a nie kartonik z kablem. Poniższa tabela zbiera kategorie według ISO/IEC 11801 i typowe zastosowania [2][4].

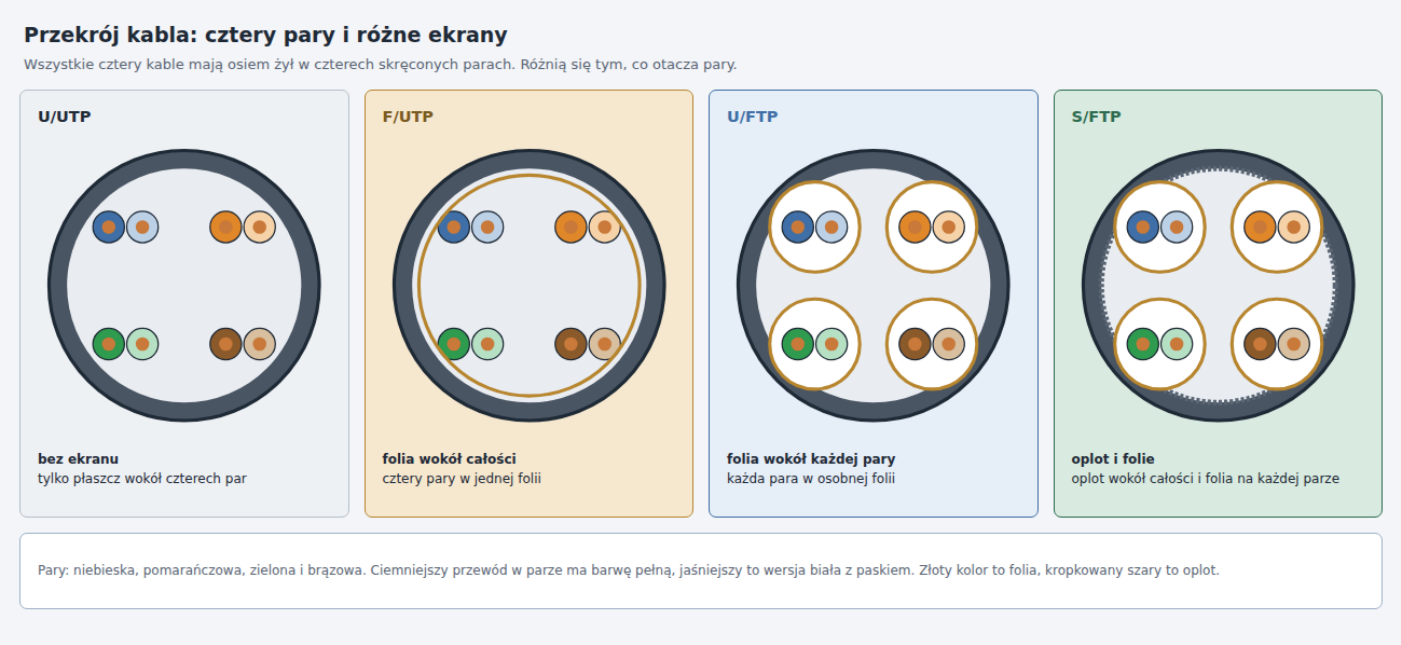
Kategoria	Klasa ISO	Pasmo	Typowe zastosowanie	Uwagi
5e	D	do 100 MHz	1 Gb/s, telefony, kamery	wystarcza dla starych biur, mała rezerwa
6	E	do 250 MHz	1 Gb/s, 10GBASE-T do około 55 m	pośrednia, często pomijana
6A	EA	do 500 MHz	10GBASE-T na 100 m, PoE do 90 W	zwykły wybór dla nowych instalacji
7	F	do 600 MHz	jak 6A, tylko według ISO	TIA nie ma kategorii 7
7A	FA	do 1000 MHz	jak 6A z dużym zapasem	rzadko spotykana
8 (8.1 i 8.2)	I i II	do 2000 MHz	25GBASE-T i 40GBASE-T na 30 m	tylko krótkie łącza, ekranowany

W kolumnie z 10GBASE-T kategoria 6A dochodzi do pełnych 100 metrów, a kategoria 6 do około 55 metrów w zależności od jakości instalacji [5]. Kategoria 8 obsługuje 25 i 40 gigabitów na skrętce, ale tylko do 30 metrów, więc służy do krótkich połączeń przełączników z serwerami, a nie do kabli w budynku [6].

Ekranowanie

> **Pojęcie: oznaczenie ekranowania XX/YZ.** Pierwsze litery opisują ekran wspólny całego kabla (U brak, F folia, S oplot, SF oplot z folią), a po ukośniku ekran każdej pary (U brak, F folia). W nazwie TP oznacza skrętkę, a T w FTP skręt pary.

Typowe warianty to U/UTP (bez ekranu), F/UTP (folia wokół wszystkich par), U/FTP (folia wokół każdej pary) i S/FTP (oplot wokół całości i folia wokół każdej pary). Ekran zmniejsza zakłócenia z zewnątrz i przesłuchy między kablami, które w kategorii 6A nazywamy przesłuchem obcym, czyli sygnałem przeciekającym z kabla do sąsiedniego kabla w wiązce.



Rysunek 1. Przekrój czterech kabli: U/UTP bez ekranu, F/UTP z folią wokół całości, U/FTP z folią wokół każdej pary i S/FTP z oplotem i foliami. Warto zauważyć, że ekran działa tylko wtedy, gdy jest podłączony do uziemienia na gnieździe lub panelu. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Ekran bez uziemienia nie pomaga, a bywa gorszy od kabla bez ekranu, bo działa jak antena. Panele ekranowane i gniazda ekranowane łączymy z szyną uziemiającą szafy, o czym pisaliśmy na stronie Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6. W kablu ekranowanym ekran musi być ciągły na całej trasie, także w gniazdach i w kablach krosowych.

Kabel F/UTP: ekran z folii otacza wszystkie cztery pary pod płaszczem, a drut uziemiający leży przy f

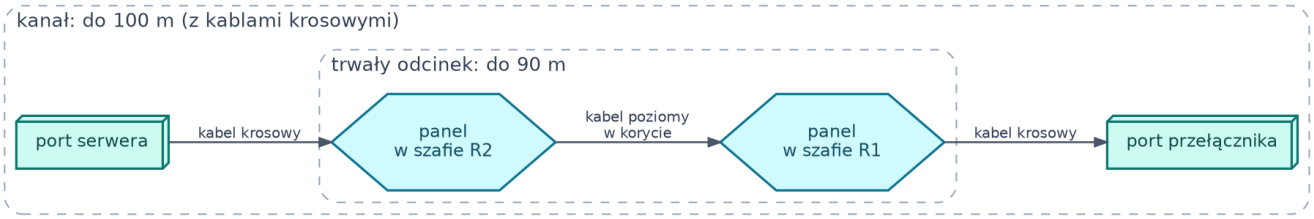
Kabel F/UTP: ekran z folii otacza wszystkie cztery pary pod płaszczem, a drut uziemiający leży przy folii. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Długość kanału: 90 plus 10 metrów

> **Pojęcie: trwały odcinek i kanał.** Trwały odcinek (permanent link) to kabel ułożony na stałe od panelu do gniazda, razem ze złączami na obu końcach. Kanał (channel) to cała droga od portu urządzenia do portu przełącznika, czyli trwały odcinek razem z kablami krosowymi na obu końcach.

Dla kabli 5e, 6 i 6A największa długość kanału wynosi 100 metrów: do 90 metrów trwałego odcinka i do 10 metrów łącznie na kable krosowe na obu końcach [7]. Norma dopuszcza krótszy trwały

odcinek, gdy kable krosowe są dłuższe, bo kabel krosowy z linki ma większe tłumienie niż kabel z drutu pełnego. Z drugiej strony nie wydłużamy kanału ponad 100 metrów, nawet gdy „jakoś działa”, bo odbiorca zobaczy to w pomiarze.



Rysunek 2. Kanał miedziany od portu serwera do portu przełącznika: krótki kabel krosowy, panel w szafie R2, kabel poziomy w korycie, panel w szafie R1 i krótki kabel krosowy. Warto zauważyć, że kable krosowe wolno zmieniać, a trwały odcinek zostaje na stałe. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Kabel poziomy kładziemy z drutu pełnego, a kable krosowe z linki, bo linka wytrzymuje zginanie i wpinanie. Drut pełny jest dobry do kładzenia w korytach, ale pęka przy częstym wyginaniu, a linkę trudno zarobić na złączu typu IDC. Tej różnicy pilnujemy przy każdym zakupie.

PoE a nagrzewanie wiązek

> **Pojęcie: PoE (Power over Ethernet).** Zasilanie urządzenia tym samym kablem, którym płyną dane. Źródłem jest przełącznik albo wtryskiwacz (PSE), a odbiornikiem punkt dostępowy, kamera lub telefon (PD).

PoE ma trzy główne wydania IEEE: 802.3af z 2003 roku (typ 1, 15,4 W na wyjściu źródła), 802.3at z 2009 roku (typ 2, 30 W) i 802.3bt z 2018 roku (typ 3, 60 W i typ 4, 90 W) [8]. Do urządzenia dochodzi mniej niż do kabla, bo kabel traci część mocy: 12,95, 25,5, 51 i 71,3 W [8]. Prąd płynący w żyłach grzeje kabel, a im więcej kabli w jednej wiązce, tym gorzej odprowadzają ciepło.

Biuletyn TIA TSB-184-A z marca 2017 roku zaleca kategorię 6A lub wyższą dla nowych instalacji PoE, ograniczenie liczby kabli w wiązce do 24 i, gdzie się da, kładzenie kabli luzem albo w małych wiązkach [9]. Cieńsze żyły grzeją się bardziej, a wysoka temperatura otoczenia dokłada swoje, co widzieliśmy w hali w Swarzędzu. Producenci kabli ekranowanych podają zwykle lepsze odprowadzanie ciepła, ale zdolność wiązki sprawdzamy w karcie konkretnego kabla. Przy nowych instalacjach z urządzeniami 802.3bt prosimy wykonawcę o obliczenie lub podanie z dokumentacji producenta dopuszczalnej liczby kabli w wiązce w naszych warunkach.

Typ PoE	Rok	Moc na wyjściu źródła	Moc w urządzeniu	Gdzie u nas

1 (802.3af)	2003	15,4 W	12,95 W	telefony, małe kamery, moduły ESP32 z PoE
2 (802.3at)	2009	30 W	25,5 W	zwykle punkty dostępowe Wi-Fi, moc sprawdzamy w karcie urządzenia
3 (802.3bt)	2018	60 W	51 W	kamery z ogrzewaniem, wydajne punkty dostępowe
4 (802.3bt)	2018	90 W	71,3 W	monitory, terminale, oświetlenie

Kable krosowe

Kabel krosowy (patch cord) to krótki kabel z wtykami po obu stronach, którym łączymy port urządzenia z panelem. Ma kategorię co najmniej taką jak kanał, bo najsłabsze ogniwo wyznacza klasę. Kupujemy kable fabryczne z odpowiednimi wtykami, a samodzielnie zarobiony kabel służy do prób albo awarii, jak opisuje strona DIY: zarabianie wtyku RJ45 i tester żył na ESP32.

Kabel krosowy nie ma żyły z aluminium pokrytego miedzią (CCA), bo taki przewód ma wyższy opór i gorzej znosi PoE. Kategorię 6 czy 6A wymagamy w dokumentacji kabla, a nie z opakowania: karta katalogowa, deklaracja zgodności i wyniki z fabryki.

Płaszcz i reakcja na ogień

Kabel w budynku ma płaszcz bezhalogenowy o ograniczonej emisji dymu (LSZH). Według europejskiego rozporządzenia o wyrobach budowlanych (CPR) kable na stałe w budynkach muszą mieć klasę reakcji na ogień od Aca do Fca, według normy EN 50575, a przepis obowiązuje od lipca 2017 roku [10]. Wymaganą klasę podaje projekt budynku i rzeczoznawca ppoż., a my przy zamówieniu wpisujemy ją jako wymóg i żądamy deklaracji właściwości użytkowych.

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Cecha	U/UTP	F/UTP	U/FTP	S/FTP
Ekran wspólny	brak	folia	brak	oplot
Ekran par	brak	brak	folia	folia

Cecha	U/UTP	F/UTP	U/FTP	S/FTP
Odporność na zakłócenia	niska	średnia	wysoka	najwyższa
Przesłuch obcy w wiązce	najgorszy	niższy	niski	najniższy
Wymaga uziemienia	nie	tak	tak	tak
Średnica i sztywność	najmniejsza	średnia	średnia	największa
Typowy wybór u nas	biuro, ścianki	serwerownia, PoE	serwerownia, 10G	kategoria 8, bardzo krótkie

W serwerowni

Dla nowych połączeń w serwerowni Zielonej proponujemy kabel kategorii 6A w wersji ekranowanej (F/UTP albo U/FTP) i klasę EA, bo obsługuje 10GBASE-T na pełnych 100 metrach i zapas na PoE o dużej mocy. Kategoria 8 nie jest nam potrzebna: najdłuższe połączenia między szafami R1 i R5 mają kilka metrów, a do 25 i 40 gigabitów wybieramy światłowód albo kable DAC (miedziane kable ze wtyczkami SFP), jak opisuje strona Światłowody: rodzaje, złącza, budżet tłumienia i bezpieczeństwo. To propozycja do zatwierdzenia przez właściciela, a nie istniejący stan.

Dla biura w Pamiątkowie i punktów dostępowych w Swarzędzu wybieramy 6A F/UTP z ograniczeniem wiązek do 24 kabli, a w hali pod dachem układamy kable w koszach, a nie w pełnych rurach. Kable zasilające i danych prowadzimy osobno, jak opisuje strona Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie. Punkty dostępowe UniFi i różnice względem UISP opisuje strona UISP i UniFi: dwa systemy zarządzania sprzętem Ubiquiti i czym się różnią.

Poza serwerownią skrętka obsługuje kamery, telefony IP, terminale w magazynie i punkty dostępowe. W domu wystarczy zwykle kategoria 6 albo 6A w kanale do 100 metrów, a światłowód stosujemy, gdy trzeba połączyć dwa budynki.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Kategorię i klasę zapisane w ofercie: na przykład kabel 6A, klasa EA, kanał i trwały odcinek, a nie samo „Cat 6A”.
- Rodzaj ekranowania (F/UTP, U/FTP, S/FTP) i sposób uziemienia ekranów na panelach i w gniazdach.
- Karty katalogowe kabla, gniazd i paneli oraz deklarację właściwości użytkowych (CPR) z klasą reakcji na ogień.

- Przewód z miedzi, bez aluminium pokrytego miedzią, z kartą producenta.
- Kable krosowe fabryczne, z tej samej kategorii i z tego samego systemu co panel.
- Długości kanałów: żaden dłuższy niż 100 metrów, trwały odcinek do 90 metrów i opis, które trasy są dłuższe.
- Liczbę kabli w wiązce przy PoE, dokumentację nagrzewania i miejsce wiązek z dala od gorących miejsc.
- Promienie gięcia zgodne z kartą katalogową, bez zagnieceń i bez opasek zaciśniętych na twardo.
- Wyniki pomiarów każdego kanału lub trwałego odcinka, jak opisuje strona Odbiór okablowania od wykonawcy: lista kontrolna, testy, protokoły.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Kabel ma 100 metrów	Kanał ma 100 metrów, z czego trwały odcinek do 90 metrów, a resztę zajmują kable krosowe
Kategoria 8 jest zawsze lepsza	Kategoria 8 działa do 30 metrów i dla 25 oraz 40 gigabitów, a dla zwykłego biura nie daje nic więcej niż 6A
Kabel ekranowany zawsze jest lepszy	Ekran pomaga tylko po uziemieniu na całej trasie, bez uziemienia bywa gorszy
Kabel Cat 6 z opakowania gwarantuje klasę E	Klasę ma zmontowany kanał, który trzeba zmierzyć
PoE nie grzeje kabla	Prąd grzeje żyły, a wiązka kabli w gorącym miejscu przekracza dopuszczalną temperaturę

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1881	Patent USA 244 426 Bella na skręcone przewody
1990	IEEE 802.3i: 10BASE-T na skrętce
1991	Pierwsze wydanie TIA/EIA-568
1995	ISO/IEC 11801 wydanie 1, 100BASE-TX i wydanie A normy TIA/EIA-568
1999	1000BASE-T (IEEE 802.3ab)
2003	IEEE 802.3af, pierwszy standard PoE
2006	10GBASE-T (IEEE 802.3an)

Data	Wydarzenie
2016	kategoria 8 w ANSI/TIA-568-C.2-1
marzec 2017	TIA TSB-184-A o PoE i nagrzewaniu wiązek
listopad 2017	ISO/IEC 11801 przebudowana na sześć części
2018	IEEE 802.3bt i PN-EN 50173-1:2018

Wątek polski

W Polsce obowiązuje norma PN-EN 50173-1:2018, a części 2 i kolejne oraz PN-EN 50174 dla instalacji sprawdzamy w katalogu PKN [3]. Kable w budynkach muszą spełniać rozporządzenie o wyrobach budowlanych i normę EN 50575 [10]. Polskim producentem okablowania strukturalnego jest Fibrain, który według własnego katalogu z 2017 roku oferuje systemy miedziane od kategorii 5e do 7A i światłowodowe [11]. Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku, który zmienił historię skrętki.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Link 10 Gb/s pada albo zwalnia do 1 Gb/s	kabel 5e lub 6 powyżej 55 metrów albo słaby kanał	mierzymy kanał, wymieniamy na 6A
Punkt dostępowy restartuje się latem	wiązka PoE nagrzana w gorącym miejscu	rozdzielamy wiązki, kategoria 6A, mniej kabli razem
Pomiar mówi: przesłuch za duży na jednej parze	rozkręcona para przy wtyku albo zły wtyk	zarabiamy złącze na nowo, krótszy odcinek rozkręconych żył
Kable ekranowane gorsze niż nieekranowane	ekran niepodłączony do uziemienia	łączymy panele i gniazda z szyną uziemiającą
Kabel krosowy z aluminium pokrytego miedzią	zakup z przypadkowego sklepu	wymieniamy na kabel z kartą katalogową i miedzią

□□ Ćwiczenia

1. Trwały odcinek ma 85 metrów, kabel krosowy po stronie serwera 3 metry i po stronie przełącznika 2 metry. Czy kanał spełnia limit długości?

Odpowiedź

Kanał ma 85 plus 3 plus 2, czyli 90 metrów, więc mieści się w limicie 100 metrów. Kable krosowe mają łącznie 5 metrów, czyli mniej niż dozwolone 10.

1. Wykonawca proponuje kabel Cat 8 do biura z 80-metrowymi trasami do 10 Gb/s. Co odpowiadamy?

Odpowiedź

Kategoria 8 pracuje do 30 metrów, więc na 80 metrach nie da korzyści, a kosztuje więcej. Do 10 Gb/s na 100 metrach wystarcza kategoria 6A.

1. Skrętka F/UTP ma ekran z folii, ale gniazdo nie jest połączone z szyną uziemiającą. Co się zmienia dla zakłóceń?

Odpowiedź

Ekran bez uziemienia nie odprowadza zakłóceń, a może działać jak antena. Kabel bywa gorszy niż nieekranowany, więc uziemienie musi być ciągłe od panelu po gniazdo.

Powiązane: Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6, Światłowody: rodzaje, złącza, budżet tłumienia i bezpieczeństwo, Odbiór okablowania od wykonawcy: lista kontrolna, testy, protokoły, Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i zamówienie

Źródła:

1. Wikipedia, „TIA/EIA-568”, lata wydań: en.wikipedia.org/wiki/TIA/EIA-568
2. Wikipedia, „ISO/IEC 11801”, wydania, klasy i częstotliwości: en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_11801
3. PKN przez Intertek Inform, „PN EN 50173-1:2018”: intertekinform.com
4. Wikipedia, „Category 6 cable”: en.wikipedia.org/wiki/Category_6_cable
5. Wikipedia, „10GBASE-T”: en.wikipedia.org/wiki/10GBASE-T
6. FS Community, „Cat8 Cable for 25G/40GBASE-T Network”: community.fs.com
7. Wikipedia, „Structured cabling”, 90 m plus 10 m: en.wikipedia.org/wiki/Structured_cabling
8. Wikipedia, „Power over Ethernet”, typy i moce: en.wikipedia.org/wiki/Power_over_Ethernet
9. Belden, „How the new TSB-184-A standard supports PoE”: belden.com

10. Wikipedia, „Construction Products Regulation”, kable i EN 50575: en.wikipedia.org
11. Fibrain, katalog 2017 (PDF): tme.com

Światłowody: rodzaje, złącza, budżet tłumienia i bezpieczeństwo

Poziom: średnio

Dotyczy: włókna OS2, OM3, OM4, OM5, złącza LC, SC, MPO, polerowanie UPC i APC, IEC 60825-2, PN-EN 50173-1

Czas: ~60 min

Światłowód przenosi dane światłem w cienkim włóknie szklanym, więc nie ma w nim zakłóceń elektrycznych ani limitu 100 metrów jak w skrętce. Wyjaśniamy różnicę między włóknem jednomodowym i wielomodowym, rodzaje złączy, liczenie budżetu tłumienia, czystość złączy i bezpieczeństwo oczu. Wracamy tu przy zakupie kabli między szafami, wkładek SFP i każdej awarii łącza światłowodowego.

Skróty użyte na tej stronie (24)

Skrót	Co znaczy
AOC	Active Optical Cable: kabel światłowodowy ze wtyczkami SFP na stałe, z nadajnikiem i odbiornikiem we wtyczkach
APC	Angled Physical Contact: polerowanie czoła złącza światłowodowego ściętego pod kątem 8 stopni, które odbija światło w płaszcz, oznaczane kolorem zielonym
CRC	Cyclic Redundancy Check: suma kontrolna dopisana do odpowiedzi czujnika, dzięki której wykrywamy przekłamany odczyt
DAC	Direct Attach Copper: krótki miedziany kabel ze wtyczkami SFP na obu końcach, do łączenia urządzeń w tej samej szafie albo w sąsiednich
DOM	Digital Optical Monitoring: odczyt z wkładki SFP jej temperatury, napięcia, prądu lasera i mocy optycznej nadawanej i odbieranej
FTTH	Fiber To The Home: światłowód doprowadzony do domu lub budynku abonenta
IEC	International Electrotechnical Commission: międzynarodowa organizacja, która wydaje normy elektrotechniczne, np. IEC 60751 dla czujników Pt100
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers: międzynarodowa organizacja inżynierów, która m.in. wydaje normy i przyznaje kamienie milowe w historii techniki

Skrót	Co znaczy
ISO	International Organization for Standardization: organizacja, która wydaje normy techniczne używane na całym świecie
MPO	Multi-fiber Push-On: złącze światłowodowe na 12 albo 24 włókna w jednej wtyczce, stosowane w trunkach i przy transmisji równoległej
MTP	Multi-fiber Termination Push-on: markowa odmiana złącza MPO firmy US Conec o ulepszonej mechanice
OM1	Optical Multimode 1: starsze włókno wielomodowe 62,5/125 µm, o niskiej przepustowości, spotykane w starych instalacjach
OM2	Optical Multimode 2: włókno wielomodowe 50/125 µm starszej generacji, pomarańczowa kurtka
OM3	Optical Multimode 3: włókno wielomodowe 50/125 µm do transmisji laserowej, kurtka w kolorze morskim, 10 Gb/s do 300 metrów
OM4	Optical Multimode 4: włókno wielomodowe 50/125 µm o większej przepustowości niż OM3, 10 Gb/s do 400 metrów, zalecane do nowych łączy w serwerowni
OM5	Optical Multimode 5: włókno wielomodowe 50/125 µm przystosowane do kilku długości fali naraz, kurtka w kolorze limonkowym
OS	Operating System: system operacyjny
OS2	Optical Single-mode 2: włókno jednomodowe 9/125 µm o małej tłumienności, do łączy między budynkami i na duże odległości, żółta kurtka
OTDR	Optical Time-Domain Reflectometer: reflektometr optyczny, przyrząd, który wysyła impuls światła i na wykresie pokazuje, gdzie na trasie włókna leżą złącza, spoiny i zagięcia
PDF	Portable Document Format: format dokumentu, który wygląda tak samo na każdym komputerze, np. zakres akredytacji jednostki na stronie PCA
PN-EN	Polska Norma będąca wersją normy europejskiej, np. PN-EN 54 dla elementów systemów sygnalizacji pożaru
SFP	Small Form-factor Pluggable: mały wymienny moduł (wkładka), który wsuwamy w gniazdo przełącznika albo karty sieciowej i który zamienia sygnał elektryczny na świetlny
TIA	Telecommunications Industry Association: amerykańskie stowarzyszenie, które wydaje normy okablowania strukturalnego, na przykład TIA-568 i TIA-606
UPC	Ultra Physical Contact: polerowanie czoła złącza światłowodowego o płaskim, lekko wypukłym czole, oznaczane kolorem niebieskim

Z życia wzięte

□□ Z ŻYCIA WZIĘTE

> Wtorek, 8:40. Łącze światłowodowe 10 Gb/s między szafami R1 i R2 zgłasza w Zabbixie i na przełączniku rosnącą liczbę błędów CRC, a `hv01` i `hv02` zwalniają. Wymiana kabla niczego nie zmienia, a wykonawca twierdzi, że światłowód jest „odporny na wszystko”. Tomek odłącza drugi koniec łącza, upewnia się miernikiem, że światła nie ma, i ogląda złącze panelu w mikroskopie: na rdzeniu leży odcisk palca z pyłem. Po czyszczeniu czyścikiem błędy znikają.

Skąd się wzięło

Historię światłowodu opowiada Szafy i okablowanie: skąd się wzięło 19 cali i dlaczego kabel musi mieć opis: praca Kao i Hockhama z 1966 roku i włókno Corning z 1970 roku. Pierwsze włókna tłumiły sygnał o 16 do 17 dB na kilometr, a dzisiejsze jednomodowe około 0,4 do 0,5 dB na kilometr przy 1310 i 1550 nm [1][2]. Włókno wielomodowe obsługują tanie wkładki o krótkiej fali, a jednomodowe daje zasięg w kilometrach.

Nazwy włókien OM1 do OM5 i OS2 pochodzą z norm ISO/IEC 11801 i EN 50173 (OM to „optical multimode”, OS to „optical singlemode”) [3]. Złącze LC powstało w latach dziewięćdziesiątych w Lucent Technologies, a SC opracowało japońskie NTT [4].

Złącza światłowodowe LC i SC. LC jest mniejsze i występuje we wkładkach SFP, a SC większe, z zatrz

□□ *Złącza światłowodowe LC i SC. LC jest mniejsze i występuje we wkładkach SFP, a SC większe, z zatrzaskiem pchaj i ciągnij. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

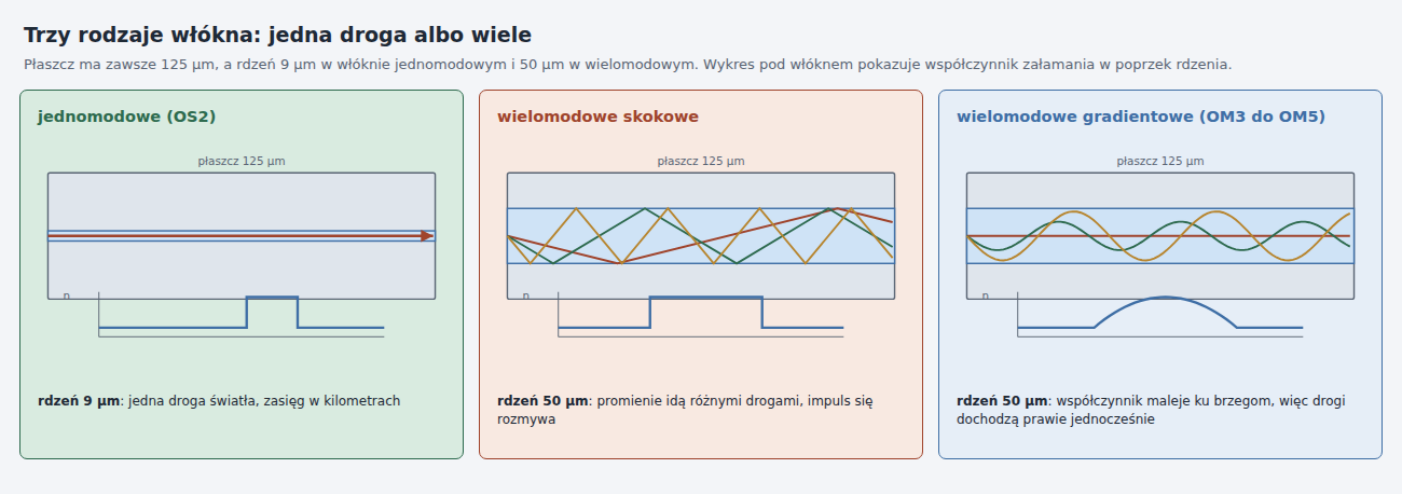
Kabel krosowy ze złączem SC APC. Zielona obudowa złącza oznacza polerowanie pod kątem 8 stopn

□□ *Kabel krosowy ze złączem SC APC. Zielona obudowa złącza oznacza polerowanie pod kątem 8 stopni. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).*

Rodzaje i zasada działania

Jak światło idzie we włóknie

> **Pojęcie: rdzeń, płaszcz i tryb.** Włókno ma rdzeń ze szkła o wyższym współczynniku załamania i otaczający go płaszcz o niższym, więc światło odbija się na granicy i zostaje w rdzeniu. Tryb to jedna z dróg, jakimi światło może przejść przez rdzeń.



Rysunek 1. Trzy rodzaje włókna: jednomodowe z rdzeniem 9 mikrometrów i jedną drogą światła, wielomodowe skokowe z wieloma drogami, które się rozmywają, i wielomodowe gradientowe, w którym światło po krzywych drogach dociera prawie jednocześnie. Warto zauważyć, że płaszcz ma zawsze 125 mikrometrów, a różni się rdzeń. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

We włóknie wielomodowym światło idzie wieloma drogami o różnej długości, więc impuls się rozmywa i zasięg przy dużej szybkości jest krótki. Włókno gradientowe (OM2 do OM5) ma współczynnik załamania malejący od środka, więc drogi dłuższe są szybsze i impuls wraca w ostrość. W jednomodowym rdzeń ma około 9 mikrometrów, jest tylko jedna droga i zasięg liczymy w kilometrach.

Włókna jednomodowe: OS2

> **Pojęcie: OS2.** Włókno jednomodowe o rdzeniu 9 mikrometrów i płaszczu 125 mikrometrów, żółte w płaszczu kabla, pracujące przy 1310 i 1550 nm. Nazwa pochodzi z norm ISO/IEC 11801 i EN 50173, a odpowiadającą jej specyfikację włókna publikuje ITU.

Zasięg wkładki 10GBASE-LR na OS2 wynosi 10 kilometrów [5]. Wkładki jednomodowe i światłowód kosztują więcej niż wielomodowe, ale po włożeniu kabla zmieniamy tylko elektronikę, a kabel zostaje na dziesięciolecia. Dlatego między budynkami i przy łączach operatora stosujemy zawsze OS2.

Włókna wielomodowe: OM3, OM4, OM5

> **Pojęcie: OM3, OM4, OM5.** Włókna wielomodowe 50/125 mikrometra, optymalizowane pod lasery 850 nm. OM3 ma kolor błękitny (aqua), OM4 błękitny albo fioletowy, a OM5 limonkowy, i każde następne daje większe pasmo modalne: 1500, 3500 i 3500 MHz razy kilometr przy 850 nm [6].

Zasięg 10GBASE-SR wynosi 300 metrów na OM3 i 400 na OM4 [5]. OM5 dokłada drugie okno przy 953 nm do multipleksowania falowego (SWDM), czyli więcej kolorów w jednym włóknie [6]. Starsze OM1 (62,5 mikrometra) i OM2 (50 mikrometrów) mają pomarańczowy płaszcz i nadają się dziś głównie do starych łączy 1 Gb/s [6].

Wielomodowe pasuje w budynku do kilkudziesięciu, najwyżej kilkuset metrów, bo wkładki 850 nm są tanie. Do nowych łączy w serwerowni wybieramy OM4, bo kosztuje niewiele więcej od OM3, a daje większy zasięg i zapas dla 25 i 100 Gb/s.

Złącza LC, SC i MPO

> **Pojęcie: złącze światłowodowe.** Wtyk, który ustawia dwa rdzenie włókien dokładnie naprzeciw siebie. Najważniejsza jest ferrula, czyli ceramiczny cylinder z włóknem, wypolerowany na końcu.

Złącze	Ferrula	Ile włókien	Gdzie spotykamy	Uwagi
LC	1,25 mm	1 (zwykle w parze duplex)	wkładki SFP, SFP+, panele	małe, gęsto upakowane
SC	2,5 mm	1	starsze panele, sieci dostępowe	zatrzask pchaj i ciągnij
MPO i MTP	2,5 na 6,4 mm	12 albo 24	trunki 40G i 100G, kasety	MTP to marka ulepszonej wersji zgodnej z MPO

Dane w tabeli pochodzą z opisu złączy [4]. Złącza opisuje norma IEC 61753-1 przez dwa parametry: tłumienność wtrąceniową (ile światła traci) i tłumienność odbiciową (ile wraca) [4]. W naszej serwerowni stosujemy LC dla łączy pojedynczych i MPO dla trunków między szafami, jeśli planujemy 40 lub 100 Gb/s.

> **Pojęcie: polaryzacja.** Zasada, że nadajnik jednej strony łączy się z odbiornikiem drugiej. W łączu duplex robimy to skrzyżowaniem pary włókien, a w MPO normy opisują kilka typów (A, B, C), które sprawdzamy w specyfikacji kasety.

Polerowanie UPC i APC

> **Pojęcie: UPC i APC.** UPC (ultra physical contact) to czoło ferruli wypolerowane na kulę, które stykają się wprost. APC (angled physical contact) to czoło pochylone o 8 stopni, żeby odbite światło trafiło w płaszcz, a nie wróciło do nadajnika.



Rysunek 2. Czoło złącza UPC i APC: w UPC część światła odbija się z powrotem do nadajnika, w APC odbicie idzie pod kątem 8 stopni w płaszcz i znika. Warto zauważyć, że kolor niebieski oznacza UPC, a zielony APC. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Złącza UPC mają zwykle niebieską obudowę, a APC zieloną [4]. Nie wpinamy UPC do APC, bo czoła mają różne kształty i styk będzie zły, a oba złącza mogą się uszkodzić. W sieci serwerowej używamy zwykle UPC, a APC tam, gdzie odbicia szkodzą, na przykład w sieciach dostępowych i telewizji.

Panel światłowodowy w szafie z kablami krosowymi. Każdy kabel ma osobny port, a nadmiar kabla l

Panel światłowodowy w szafie z kablami krosowymi. Każdy kabel ma osobny port, a nadmiar kabla leży w organizerze, żeby nie zginać go ciaśniej niż pozwala promień gięcia. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Wkładki, DAC i AOC

> **Pojęcie: wkładka (transceiver).** Mały moduł, który zamienia sygnał elektryczny na świetlny i odwrotnie, wkładany do gniazda SFP w przełączniku albo karcie sieciowej. Do światłowodu pasuje wkładka zgodna z włóknem: wielomodowa dla OM3 do OM5, jednomodowa dla OS2.

Wkładki, kable DAC (miedziane kable ze wtyczkami SFP na krótkie odległości) i AOC (aktywne kable optyczne) opisuje strona Wkładki SFP i kable DAC: rodziny, zgodność i pomiar mocy optycznej. Tu pamiętamy jedną zasadę: wkładka i kabel muszą się zgadzać z rodzajem włókna, a wkładki jednomodowej nie wpinamy w kabel wielomodowy.

Budżet tłumienia

> **Pojęcie: budżet tłumienia.** Ile decybeli sygnału wolno stracić na drodze od nadajnika do odbiornika, żeby łącze jeszcze działało. Straty to tłumienie włókna na całej długości, każde złącze i każda spoina.

Typowe wartości do obliczeń to około 3 dB na kilometr dla włókna wielomodowego przy 850 nm, 0,4 do 0,5 dB na kilometr dla jednomodowego, do 0,75 dB na parę złączy według normy TIA, a do 0,15 dB na spoinę jednomodową spawaną [7][8]. Wartości te są przybliżone i dokładne dane bierzemy z kart katalogowych kabla i złączy.

Przykład dla Zielonej: trunk OM4 o długości 25 metrów między szafami R1 i R2, dwa kable krosowe po 5 metrów i dwie pary złączy na panelach. Tłumienie włókna to około 0,105 dB (35 metrów razy 3 dB na kilometr), a złącza do 1,5 dB (dwa razy 0,75 dB), czyli razem około 1,6 dB. Limit kanału 10GBASE-SR według TIA-568-C.0 wynosi 2,6 dB dla OM3 do 300 metrów, więc zostaje zapas około 1 dB [9].

Zapas jest ważny, bo brudne złącze potrafi zjeść go całego. Liczymy budżet zawsze razem z liczbą złączy, a nie tylko z długości.

Czystość złączy

Jedną z częstych przyczyn łącza z błędami nie jest włókno, tylko brudne złącze: kurz, tłuszcz z palców albo opiłek. Rdzeń jednomodowy ma 9 mikrometrów, więc pył niewidoczny gołym okiem potrafi go częściowo zasłonić. Stosujemy trzy kroki: oglądamy w mikroskopie, czyścimy, oglądamy ponownie.

Stan czoła złącza ocenia się według normy IEC 61300-3-35 w trzech metodach: mikroskopem, kamerą wideo i automatycznie [10]. Zalecane powiększenie to 100 do 200 razy dla wielomodowych i 200 do 400 razy dla jednomodowych [10]. Nie dotykamy czoła palcami, a na każdym niewykorzystanym złączu zostawiamy zaślepkę.

Bezpieczeństwo oczu

>

> Światło w światłowodzie jest niewidoczne, bo pracuje w podczerwieni, a promień z końca włókna może uszkodzić oko. Nie patrzymy w koniec kabla ani we wkładkę, a mikroskopem oglądamy złącze tylko wtedy, gdy wiemy, że nie ma w nim światła.

Zasady bezpieczeństwa systemów optycznych opisuje IEC 60825-2, której czwarte wydanie pochodzi z marca 2021 roku [11]. Większość źródeł testowych podczerwieni to klasa 1, czyli bez szczególnych środków ostrożności, a silniejsze źródła, na przykład niektóre wskaźniki widocznego światła, mają klasę 2M, w której nie wolno używać lupy ani mikroskopu [11]. Przed oglądaniem złącza sprawdzamy miernikiem mocy, że nie ma światła, a przy wątpliwości odłączamy drugi koniec.

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Cecha	OS2	OM3	OM4	OM5
Rodzaj	jednomodowe	wielomodowe	wielomodowe	wielomodowe
Rdzeń i płaszcz	9/125 µm	50/125 µm	50/125 µm	50/125 µm
Kolor płaszcza	żółty	błękitny	błękitny lub fioletowy	limonkowy
Okno pracy	1310 i 1550 nm	850 nm	850 nm	850 i 953 nm
Pasmo modalne przy 850 nm	nie dotyczy	1500 MHz razy km	3500 MHz razy km	3500 MHz razy km
10GBASE-SR	nie	300 m	400 m	sprawdzamy w specyfikacji wkładki
10GBASE-LR	10 km	nie	nie	nie
Koszt wkładek	wyższy	niższy	niższy	niższy
Gdzie u nas	między budynkami, łącza operatora	starsze łącza	trunki między szafami (propozycja)	rezerwa, zwykle zbędna

W serwerowni

W serwerowni Zielonej łączymy szafy kablami z włókna OM4 zakończonymi LC i kasetami MPO tam, gdzie planujemy 40 lub 100 Gb/s. Panele światłowodowe stoją u góry szafy R1 jak na rysunku elewacji ze strony Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6, a nadmiar kabla leży w organizerze z promieniem gięcia z karty kabla. Łączy operatora nie planujemy kablem własnym, bo kończy się ono na urządzeniu operatora, a od niego zwykle idzie OS2.

Wkładki w przełącznikach i kartach sieciowych dobieramy do włókna i do producenta przełącznika, jak opisuje strona Wkładki SFP i kable DAC: rodziny, zgodność i pomiar mocy optycznej. Zabbix na `mon01` może pokazywać moc optyczną wkładek, jeśli wkładka ma pomiar cyfrowy (DOM), co pozwala wychwycić brudne złącze, zanim łącze padnie. Szczegóły czyszczenia, pomiarów i protokołów opisuje strona Odbiór okablowania od wykonawcy: lista kontrolna, testy, protokoły.

Poza serwerownią światłowód łączy budynki kampusu i dostarcza internet do domów (FTTH). W domu rzadko go potrzebujemy, bo skrętka kategorii 6A obsłuży 10 Gb/s na 100 metrach, a światłowód zostaje zwykle po stronie operatora.

Co sprawdzamy u wykonawcy

- Rodzaj włókna zapisany jednoznacznie: OS2, OM4 itd., z kolorem płaszcza zgodnym z normą i etykietą.
- Rodzaj złączy (LC, SC, MPO), polerowanie UPC lub APC w całej trasie i brak mieszania UPC z APC.
- Sposób zakończenia: pigtaile spawane w kasetach albo fabryczne trunki, z opisem polaryzacji MPO.
- Zapas włókien: wolne pary i porty w panelach, żeby nie kuć ściany przy pierwszej rozbudowie.
- Wynik pomiaru każdego łącza z miernikiem mocy i źródłem (tłumienność, długość, polaryzacja) oraz, jeśli umówiono, wykres z reflektometru OTDR.
- Zdjęcia czoła złączy z mikroskopu przed połączeniem lub zapis, że złącza obejrzano i oczyszczono.
- Zaślepki na wszystkich złączach niewykorzystanych i czyściki w dostawie.
- Promienie gięcia kabli w koryciach i w panelach, bez zagnieceń i bez opasek zaciśniętych na twardo.
- Dokumentację powykonawczą z numerami włókien, jak opisuje strona Porządek i dokumentacja: patchpanele, etykiety, kolory i NetBox.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
Światłowód jest odporny na wszystko	Nie boi się zakłóceń elektrycznych, ale boi się brudu na złączu i ostrego zagięcia
Wielomodowe jest zawsze gorsze od jednomodowego	Ma tańsze wkładki i do kilkuset metrów w budynku w zupełności wystarcza

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
UPC i APC są wymienne	Nie wolno ich łączyć, a kolor obudowy mówi, które jest które
Niewidzialne światło jest niegroźne	Podczerwień uszkadza oko i nie ma odruchu mrugnięcia, który by ją zatrzymał
Na nowe złącze nie trzeba patrzeć	Nowe złącze też bywa brudne, więc oglądamy i czyścimy każde

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1966	Kao i Hockham: szkło może prowadzić światło na kilometry, jeśli tłumienie spadnie do około 20 dB na kilometr
sierpień 1970	Corning: włókno z tłumieniem 16 do 17 dB na kilometr
lata 90.	Powstaje złącze LC w Lucent Technologies
2009	Nagroda Nobla z fizyki dla Kao za włókna w telekomunikacji
listopad 2017	ISO/IEC 11801 w nowej strukturze, z włóknem OM5
marzec 2021	czwarte wydanie IEC 60825-2 o bezpieczeństwie systemów światłowodowych

Wątek polski

W Polsce okablowanie opisuje PN-EN 50173-1:2018, a kable w budynkach podlegają rozporządzeniu o wyrobach budowlanych, jak pisaliśmy przy skrętce. Polskim producentem okablowania, który według własnego katalogu z 2017 roku ma w ofercie kable wielomodowe i jednomodowe z włóknami OM1 do OM4 i OS1 i OS2, jest Fibrain [12]. Nie znaleźliśmy udokumentowanego polskiego wynalazku, który zmienił historię światłowodu.

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Rosną błędy CRC, a kabel wygląda dobrze	brudne złącze	oglądamy w mikroskopie, czyścimy, oglądamy ponownie

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Łącze nie działa wcale po włożeniu wkładki	wkładka jednomodowa na włóknie wielomodowym albo odwrotnie	zgadzamy wkładkę z włóknem i długością fali
Łącze działa, ale z dużym tłumieniem	złącze UPC wpięte do APC	sprawdzamy kolory obudów i wymieniamy kabel
Brak światła w jednym kierunku	odwrócona polaryzacja	zamieniamy parę włókien lub przestawiamy kasetę
Łącze pada po przestawieniu kabla	zagięcie ostrzejsze niż promień gięcia	prostujemy kabel, wymieniamy odcinek, jeśli włókno pękło

□□ Ćwiczenia

1. Trunk OM4 ma 40 metrów i dwie pary złączy. Jakie jest maksymalne tłumienie, jeśli przyjmiemy 3 dB na kilometr dla włókna i 0,75 dB na parę złączy?

Odpowiedź

Włókno daje 0,04 km razy 3 dB na kilometr, czyli 0,12 dB, a złącza 2 razy 0,75 dB, czyli 1,5 dB. Razem około 1,62 dB.

1. Łącze 10GBASE-LR nie ma światła, a wkładka jest „SR”. Dlaczego?

Odpowiedź

Wkładka SR jest wielomodowa na 850 nm i nie pasuje do włókna jednomodowego, a LR pracuje przy 1310 nm na OS2. Rodzaj wkładki musi się zgadzać z włóknem.

1. Dlaczego nie patrzymy do końca kabla, nawet gdy niczego nie widać?

Odpowiedź

Światło w światłowodach jest podczerwone i niewidoczne, a oko nie ma odruchu obronnego. Dlatego sprawdzamy miernikiem, że światła nie ma, zanim obejrzymy złącze.

Powiązane: Okablowanie miedziane: kategorie, klasy, ekranowanie i długości kanału, Szafa 19 cali: jednostka U, wymiary, nośność i rozplanowanie szaf R1 do R6, Odbiór okablowania od wykonawcy: lista kontrolna, testy, protokoły, Planowanie okablowania: porty, zapas, trasy i

zamówienie

Źródła:

1. IEEE Spectrum, „How Charles Kao beat Bell Labs to the fiber-optic revolution”: spectrum.ieee.org
2. Corning, „Corning Discovers Low-Loss Fiber” (1970): corning.com
3. Wikipedia, „ISO/IEC 11801”: en.wikipedia.org/wiki/ISO/IEC_11801
4. Wikipedia, „Optical fiber connector”: en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber_connector
5. Wikipedia, „10 Gigabit Ethernet”, zasięgi 10GBASE-SR i LR: en.wikipedia.org/wiki/10_Gigabit_Ethernet
6. Wikipedia, „Multi-mode optical fiber”: en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber
7. The Fiber Optic Association, „Estimating loss budgets”: thefoa.org/tech/loss-est.htm
8. Cabling Installation & Maintenance, „Meeting 10GBase-S loss budgets with MTP cassettes”, 3,0 dB/km i 0,75 dB na parę złączy: cablinginstall.com
9. Cabling Installation & Maintenance, ten sam artykuł, limit 2,6 dB dla 10GBASE-S na OM3 do 300 m według TIA-568-C.0: cablinginstall.com
10. AFL, „Inspection: General Questions”, IEC 61300-3-35 i powiększenia: aflglobal.com
11. Kingfisher, „Optical safety standards”, IEC 60825-2 wydanie 4 z 2021 roku: kingfisherfiber.com
12. Fibrain, katalog 2017 (PDF): tme.com