

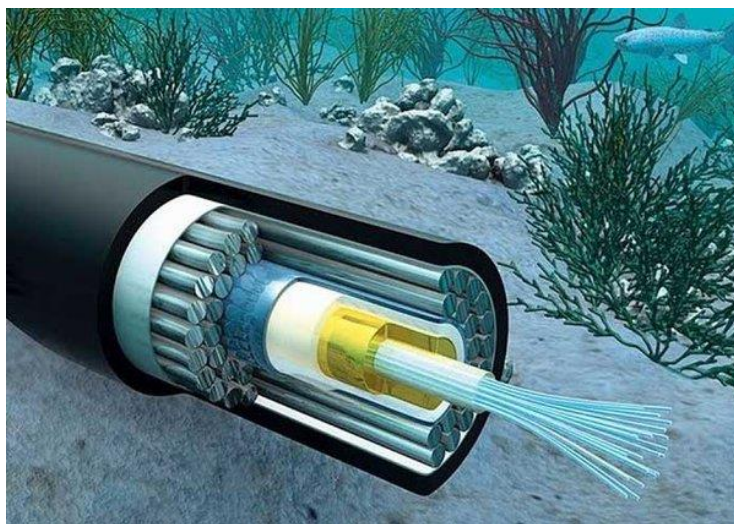
Podstawowe elementy światłowodowe

Wpływ elementów światłowodu na jakość transmisji

Światłowody są nieodłączną częścią współczesnej infrastruktury komunikacyjnej, zapewniając szybką i niezawodną transmisję danych na znaczne odległości. Kluczowym czynnikiem determinującym skuteczność i wydajność światłowodowych sieci komunikacyjnych jest dobór odpowiednich elementów. Odpowiednio dobrane światłowody, kable, złączki i patchcords mają istotny wpływ na zasięg łącza oraz jakość przesyłanych danych.

Przyjrzyjmy się przykładowi, który ilustruje znaczenie dobrego doboru elementów dla osiągnięcia maksymalnego zasięgu łącza. W przypadku zastosowania jednomodowych światłowodów o niskim tłumieniu, wysokiej jakości kabli o minimalnym tłumieniu oraz złączek o niskiej stratności, można uzyskać znacznie większy zasięg w porównaniu z mniej optymalnymi komponentami. Na przykład, w sieci transoceanicznej [Rysunek 1] [1], odpowiednio dobrane elementy mogą umożliwić przekroczenie znacznego dystansu bez konieczności stosowania wzmacniaczy sygnału, co przekłada się na znaczną oszczędność kosztów oraz poprawę niezawodności i wydajności transmisji danych [2].

Dlatego też w niniejszym sprawozdaniu szczegółowo omówię podstawowe elementy światłowodowe i ich znaczenie dla zasięgu łącza. Przedstawię również, jak dobór tych elementów oraz odpowiednia szybkość transmisji wpływają na efektywność komunikacji w sieciach światłowodowych.

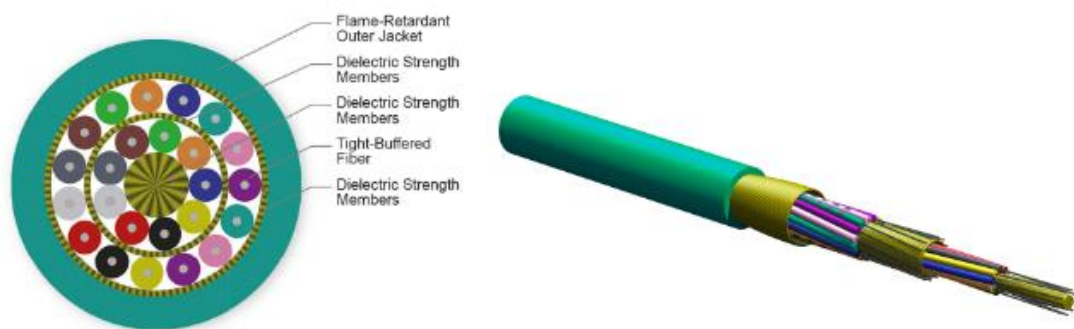


Rysunek 1: MAREA - kabel internetowy pod wodami oceanu atlantyckiego.

Kable światłowodowe

Kable światłowodowe można podzielić na różne kategorie zależnie od ich zastosowania. Wyróżniamy tradycyjne kable do zastosowań w sieciach LAN (Local Area Network) oraz specjalne kable. W ramach tradycyjnych kategorii wewnętrznych, mamy przewody wewnętrzne, wewnętržno-zewnętrzne oraz zewnętrzne. W ramach przewodów wewnętrznych, wyróżniamy trzy podstawowe typy:

- MIC (Micro Indoor Cable) - stosowany w miejscach, gdzie dostęp jest utrudniony lub wąskie przestrzenie wymagają elastyczności [Rysunek 2],
- Ribbon Cable - składa się z kilkunastu włókien światłowodowych ułożonych równolegle i zabezpieczonych w płaskiej konstrukcji, co ułatwia gięcie w porównaniu do tradycyjnych, okrągłych kabli światłowodowych,
- Zipcord - składa się z dwóch oddzielnych włókien światłowodowych umieszczonych obok siebie, zazwyczaj z izolacją wspólną. Tego typu przewód pozwala na jednoczesną transmisję danych w dwóch kierunkach lub na wykorzystanie jednego włókna jako zapasowego.



Rysunek 2: Przykład kabla typu MIC: MIC® Tight-Buffered Cable, Riser 24 F, 50 μ m multimode, extended 10G distance (OM4) [3].

Poprzez taką klasyfikację kable światłowodowe można dostosować do różnorodnych potrzeb i warunków środowiskowych, zapewniając optymalną wydajność i niezawodność transmisji danych.

Parametry kabli światłowodowych

Kablowe sieci światłowodowe są podstawą szybkiej i niezawodnej transmisji danych na znaczne odległości, zarówno na lądzie, jak i pod wodą. Aby zrozumieć złożoność tych sieci, warto bliżej przyjrzeć się parametrom, które definiują ich budowę i właściwości. Są to:

- Flame rating: Odporność kabla światłowodowego na ogień, której klasyfikacja określa się na dwa główne rodzaje: Riser (przewody przenoszące sygnał między kondygnacjami w budynku) oraz Plenum (przewody stosowane w sufitach podwieszanych, kanałach wentylacyjnych itd.). Klasyfikacja ta ma zastosowanie z punktu widzenia bezpieczeństwa budynku oraz przepisów budowlanych.
- Fiber type: Wyróżniamy różne typy włókien światłowodowych, takie jak OM1, OM2, OM3, OM4 oraz OS2. Każdy z tych typów posiada określone parametry transmisyjne, osiągi oraz średnice, które mają istotny wpływ na możliwości przesyłania danych przez dany kabel.
- Armor: Jest to warstwa ochronna kabla światłowodowego, która ma za zadanie zabezpieczyć włókna światłowodowe przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wpływem czynników zewnętrznych, takich jak wilgoć, temperatura czy nacisk.
- Fibers per subunit: Liczba włókien światłowodowych zawartych w pojedynczym podzespołowym elemencie struktury kabla światłowodowego, parametr ten wpływa na całkowitą pojemność kabla oraz na możliwość przesyłania danych przez ten kabel.

Rodzaje kabli światłowodowych

Przewód ALTOS to specjalny rodzaj kabla światłowodowego zewnętrznego, który został zaprojektowany do zastosowań w warunkach zewnętrznych, czyli na zewnątrz budynków, w podziemnych kanałach kablowych, na słupach telekomunikacyjnych itp. Jest to kabel o wyjątkowo odpornym na warunki atmosferyczne płaszczu zewnętrznym, który zapewnia ochronę włókien światłowodowych przed wilgocią, promieniowaniem UV, zmianami temperatury oraz innymi czynnikami środowiskowymi.

FREEDM (Fast Riser, Enhanced Environmentally Distributed Microcable) to rodzaj kabla światłowodowego wewnątrzno - zewnątrzno, który został zaprojektowany specjalnie do zastosowań wewnątrzno-zewnętrznych. Jest to kabel, który umożliwia szybką instalację oraz charakteryzuje się odpornością na uszkodzenia mechaniczne i działanie warunków atmosferycznych.

Ribbon to rodzaj kabla światłowodowego, który stosowany może być zarówno jako wewnętrzny jaki i wewnątrzno-zewnętrzny i charakteryzuje się specyficzną budową. W przeciwieństwie do tradycyjnych kabli światłowodowych, w których poszczególne włókna są umieszczone osobno, w kablu typu Ribbon kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt włókien światłowodowych jest ułożonych równolegle i zabezpieczonych w płaskiej konstrukcji.

Patch Cordy

Patch cordy to krótkie kable światłowodowe zakończone złączami [Rysunek 3], które służą do połączenia różnych urządzeń lub portów w sieci światłowodowej, takich jak switch'e, routery, koncentratory czy panele rozdzielcze. Ich główną rolą jest umożliwienie szybkiego i elastycznego łączenia różnych elementów sieci, co pozwala na łatwą konfigurację, naprawę i rozbudowę infrastruktury światłowodowej. Patch cordy są niezbędnym elementem w budowie i utrzymaniu sprawnie działających sieci światłowodowych w różnych środowiskach, od biur po centra danych. Długość typowa dla patch cordów wynosi od 1 do 3 metrów. Warto również pamiętać o poprawnym doborze złącz z obu stron patch cordów, typu włókna oraz długości przewodu.



Rysunek 3: Przykład Patchcordu: Patchcord jednomodowy ULTIMODE PC-522S SC/APC-SC/APC, simplex G.652D 1m, [4].

Złączki

Złączki światłowodowe to kluczowy element infrastruktury światłowodowej, który umożliwia połączenie dwóch lub więcej włókien światłowodowych w celu przekazywania sygnału świetlnego. Ich główną rolą jest zapewnienie precyzyjnego i niezawodnego połączenia między włóknami światłowodowymi, co umożliwia efektywną transmisję danych w sieci. Głównym podziałem złączek jest podział między złączkami z pojedynczym, bądź wielokrotnym włóknem.



Rysunek 4: Przykład złącza - Corning Unicam SC OS2 jednomodowe złącze światłowodowe 8,3 um Pretium, pudełko 25 95-200-41 [5]

Złączki z pojedynczym włóknem - przykłady

Rodzaje złączek z pojedynczym włóknem światłowodowym obejmują różnorodne rozwiązania, które umożliwiają precyzyjne i niezawodne połączenia włókien.

- UniCam High Performance to rodzaj złączek, które oferują wysoką jakość oraz prostą i szybką instalację, dzięki wykorzystaniu technologii jednorazowego zaciskania. Sporym ich atutem jest możliwość montażu rozłącznego.
- Buffer Tube Fan-Out Kits są natomiast zestawami przeznaczonymi do rozbudowywania i wydzielania włókien z tub wewnętrznych kabli światłowodowych, co ułatwia połączenie złączkowe na końcach włókien. Stosowane są najczęściej do zakończenia rur buforowych.
- FuseLite to złączki, które wykorzystują technologię termicznego spajania, umożliwiającą połączenie włókien światłowodowych bez użycia kleju. Są one dobrą alternatywą podczas montażu w warunkach, gdzie preferowane jest spawanie.
- Złączki Anaerobic charakteryzują się używaniem specjalnego kleju utwardzanego w warunkach braku tlenu, co zapewnia trwałe i stabilne połączenia.

Złączki z wielokrotnym włóknem

Złączki z wielokrotnym włóknem światłowodowym są przeznaczone do jednoczesnego łączenia większej liczby włókien światłowodowych niż złączki z pojedynczym włóknem. Charakteryzują się większymi wymiarami i bardziej złożoną konstrukcją, co umożliwia równoczesną obróbkę i połączenie wielu włókien. W przeciwieństwie do złączek z pojedynczym włóknem, złączki z wielokrotnym włóknem mogą być bardziej skomplikowane w instalacji i wymagają precyzyjnej kalibracji, jednakże pozwalają na efektywną transmisję dużych ilości danych na znaczne odległości, co czyni je niezbędnymi w sieciach telekomunikacyjnych oraz w centrach danych. Odpowiednio wykonane złączki z wielokrotnym włóknem zapewniają minimalne straty sygnału i stabilne połączenia między włóknami, co jest kluczowe dla niezawodności sieci.

Dobór parametrów i szybkości transmisji - jak wpływa na zasięg łącza?

Po analizie dostępnych materiałów można stwierdzić, że każdy wymieniony element ma wpływ na zasięg łącza światłowodowego. Jednakże, kluczowym kryterium, które należy uwzględnić, jest rodzaj włókna światłowodowego.

- Włókna jednomodowe OS: cechują się znacznie mniejszym tłumieniem, co przekłada się na większy zasięg transmisji. Niestety, wadą tego rodzaju włókien jest ich wyższa cena.
- Włókna wielomodowe OM: charakteryzują się znacząco większym tłumieniem, co sprawia, że są one stosowane do transmisji na krótsze odległości.

W przypadku złączy wpływ na zasięg transmisji nie ma sam element (złączka), a jego połączenie. Na przykład złączki związane z mniej precyzyjnym połączeniem mogą generować dodatkowe straty sygnału, co może skutkować większym tłumieniem i ograniczeniem zasięgu transmisji. Z kolei wysokiej jakości złączki, które zapewniają dokładne i stabilne połączenia, mogą przyczynić się do zmniejszenia tłumienia sygnału i zwiększenia zasięgu łącza.

Kolejnym ciekawym faktem jest fakt, że również szybkość transmisji wpływa na zasięg transmisji światłowodowej. Dzieje się tak głównie ze względu na zjawisko dyspersji chromatycznej oraz polaryzacyjnej.

- Dyspersja chromatyczna: Wraz ze wzrostem szybkości transmisji, zjawisko dyspersji chromatycznej staje się bardziej znaczące. Polega ono na rozproszeniu różnych długości fal świetlnych wzdłuż włókna światłowodowego, co powoduje, że sygnał rozciąga się w czasie. W konsekwencji, przy wyższych szybkościach transmisji, sygnał może ulegać większym zniekształceniom, co ogranicza zasięg transmisji.
- Dyspersja polaryzacyjna: W przypadku włókien jednomodowych, wyższa szybkość transmisji może prowadzić do większej dyspersji polaryzacyjnej. Jest to zjawisko, w którym różne składowe polaryzacyjne światła podróżują z różnymi prędkościami wzdłuż włókna, co może prowadzić do zniekształceń sygnału i ograniczenia możliwości transmisji danych.

Dlatego też, przy planowaniu sieci światłowodowej, należy uwzględnić zarówno szybkość transmisji, jak i jej wpływ na zasięg transmisji, aby zapewnić efektywną i niezawodną komunikację.

Literatura

Literatura główna:

Większość zagadnień opracowana została na podstawie plików pomocniczych tj.: BOM_TOOL_EMEA_V1.8.xlsm oraz BOM-NAFTAv12.50.xlsm

Pozostałe źródła literaturowe:

[1] „Transatlantic communications cable”, Wikipedia The Free Encyclopedia,
https://en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic_communications_cable

[2] „MAREA Internet Cable Under the Atlantic Ocean is Finally Done”, NerdAlert - YouTube video,
<https://www.youtube.com/watch?v=ytY8WxxLXm4>

[3] Kabel światłowodowy MIC® Tight-Buffered Cable, Riser 24 F, 50 µm multimode, extended 10G distance (OM4), ecatalog.corning.com – oferta sprzedażowa,

<https://ecatalog.corning.com/optical-communications/CALA/en/Fiber-Optic-Cables/Indoor/Indoor-Riser-Cables/MIC%C2%AE-Tight-Buffered-Cable,-Riser/p/024T81-33191-24>

[4] Patchcord jednomodowy ULTIMODE PC-522S SC/APC-SC/APC, simplex G.652D 1m, dipol.com.pl – oferta sprzedażowa,

https://www.dipol.com.pl/patchcord_jednomodowy_ultimode_pc-522s_sc-apc-sc-apc_simplex_g_652d_1m_L3222.htm

[5] Corning Unicam SC OS2 jednomodowe złącze światłowodowe 8,3 um Pretium, pudełko 25 95-200-41, amazon.pl – oferta sprzedażowa, <https://www.amazon.pl/Corning-jednomodowe-%C5%9Bwiatlowodowe-Pretium-95-200-41/dp/B00QQP7ZUQ>