

HITRONIC® optična vlakna

Lapp, d.o.o.

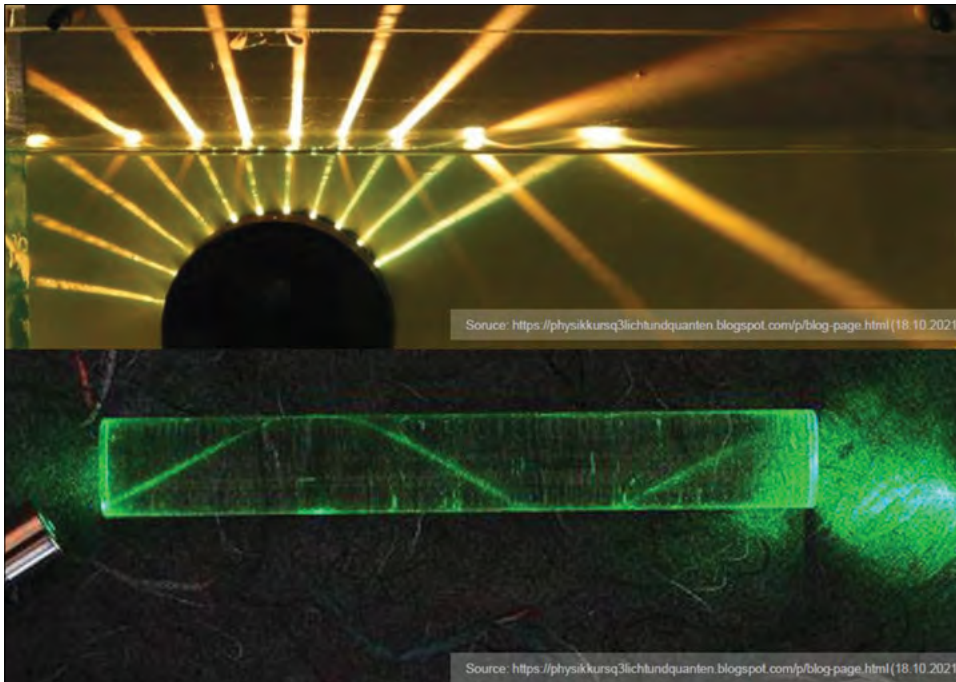
Članek pripravil: Simon Vrbnjak

Leta 1842 sta francoski fizik, matematik in astronom Jacques Babinet in švicarski fizik, inženir in izumitelj Jean-Daniel Colladon v Parizu prvič predstavila vodenje svetlobe s pomočjo popolnega odboja.

Več o tem si lahko preberete v članku "On the reflections of a ray of light inside a parabolic liquid stream".

Danes podatke že prenašamo po optičnih vlaknih in sicer v obliki vidnega, infrardečega in ultravijoličnega valovanja. Običajno so optična vlakna narejena iz kremenčevega peska oz. čistega silicijevega dioksida v amorfni strukturi, za potrebe kratkih povezav (patch kablo) pa so lahko tudi iz umetnih snovi.

Optično vlakno je sestavljeno iz jedra in prvega ovoja. Po vlaknu se svetloba širi v obliki popolnega (totalnega) odboja, ki se zgodi med jedrom in prvim ovojem (cladding) z manjšim lomnim količnikom.



Slika 1: Odboj in popolni odboj svetlobe.

Vir slik:

- <https://physikkursq3lichtundquanten.blogspot.com/p/blog-page.html>
- <https://physikkursq3lichtundquanten.blogspot.com/p/blog-page.html>

Optični kabel je sestavljen iz enega ali več vlaken, ponuja visoko hitrost prenosov podatkovnih paketov in komunikacijo na daljše razdalje.

Optična vlakna in prenos podatkov

Prednost optičnih povezav (FO – Fiber Optic) pred bakrenimi je predvsem v njihovi hitrosti. Ker so prenosi na optičnih mrežah izjemno hitri, govorimo o gigabit prenosih. Pasovna širina in kapaciteta prenosov paketov sta tukaj veliko večji kot pri klasični bakreni povezavi. Signale lahko prenašamo na izjemno velikih razdaljah in to brez motenj ali potrebe po "osvežitvi" oz. ojačanju signala.

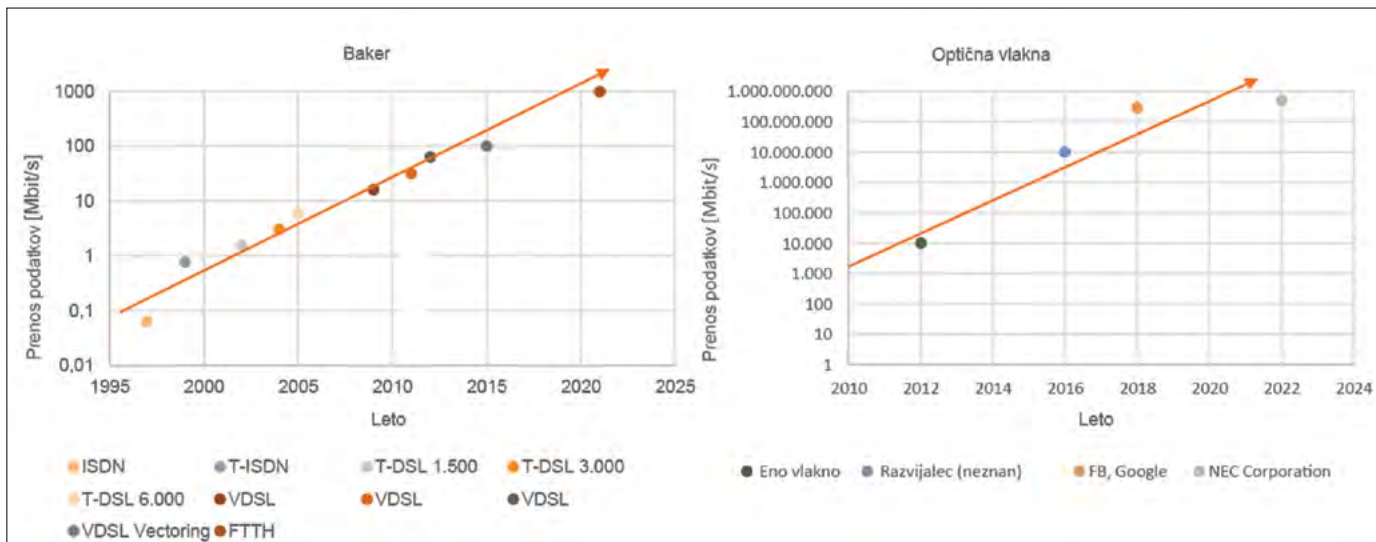
Optično vlakno nudi tudi najvišji nivo odpornosti na elektromagnetni šum, ki ga lahko povzročijo radijske frekvence, elektro-motorji ali EMC nezaščiteni kabli.

Optične povezave so občutno cenejše za vzdrževanje in veliko lažje kot bakrene mreže. Primerne so tudi za tako imenovana EX območja. Optična vlakna so prav tako izredno dobro zaščiteni pred krajo podatkov oz. optičnih signalov, to zaščito imenujemo "tap-proof". Pomeni, da je optično vlakno sestavljeno na način, ki preprečuje krajo optičnih signalov, torej tako, da blokira dostop jedra do sevanja za "zapisovanje", ki je potrebno za kreiranje rešetke.

V tej izvedbi je obloga iz optičnih vlaken opremljena z visoko absorbirajočo UV plastjo. Prava tako je v optičnem vlaknu zagotovljena ena ali več dodatnih optičnih poti za sprejem signalov. Te optične poti omogočajo prenos optičnih signalov za nadzor, ločeno od informacijskega signala, s tem zaznamo poskus pobega podatkov iz zunanje prevleke ali obloge optičnega vlakna.

Drugi način preprečitve kraje oz. vdora je rešen s povečanjem občutljivosti optičnega vlakna na izgubo zaradi mikro-upogibanja do te mere, da upogibi v vlaknu povzročijo tako visoko dušenje signala, da se jih takoj prepozna na sprejemni strani.

Slaba stran optičnih vlaken je visoka kompleksnost konfekcije in občutljivost na trenje, upogibe in stisljivost.



Slika 2: Razvoj prenosa podatkov od leta 1995 do danes (Baker/Optična vlakna).

Spekter svetlobe

Svetloba se širi v vakuumu kot elektromagnetni val s hitrostjo $c_0 = 299.792,458$ km/s.

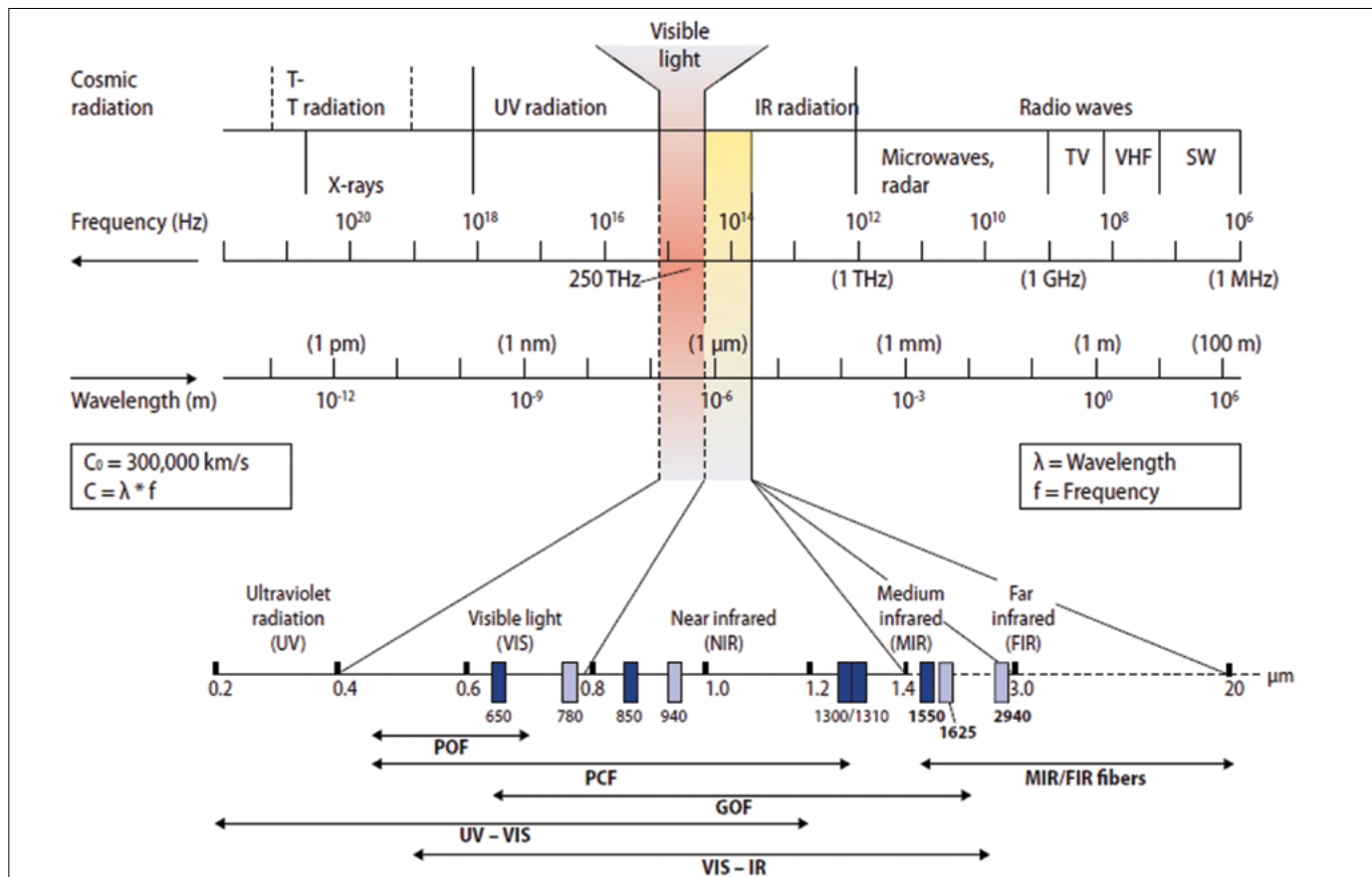
Spekter svetlobe obsega širok razpon od globokega ultravijoličnega (UV - valovna dolžina λ (lambda) = 100 nm) do infrardečega (IR - $\lambda = 1$ mm) valovanja. Vidna svetloba pa pokriva le območje od 380 nm do 750 nm.

Različne vrste optičnih valovodov se uporabljajo pri

različnih valovnih dolžinah, odvisno od njihovih prenosnih lastnosti.

Fokus za aplikacije valovodov je določen na območju od približno UV (300 nm in več) do približno IR.

V homogenem mediju, kjer je materija vedno enaka, se svetloba širi po ravni črti in je opisana po zakonih geometrijske optike. Geometrijska optika je področje optike, ki svetlobo tretira kot žarke in temelji na Fermatovem načelu, po



Slika 3: Elektromagnetni spekter. Vir: Leitfaden fiber optic Dr. M. Siebert GmbH

katerem svetloba potuje od ene točke do druge po najhitrejši poti, in se uporablja tudi za razlago propagacijskega obnašanja v velikih valovnih strukturah, kjer je možno veliko smeri (načinov), v katerih lahko potuje svetloba.

Tipi optičnih vlaken

Optična vlakna v osnovi delimo na večrodna MM in enorodna vlakna SM. Večrodna vlakna imajo debelino jedra $50\ \mu\text{m}$ ali $62,5\ \mu\text{m}$ (do $1000\ \mu\text{m}$). Poznamo jih v izvedbah POF (plastična optična vlakna), PCF (steklena optična vlakna s plastičnim prvim ovojem) in GOF (steklena optična vlakna). Enorodna vlakna so samo GOF in imajo premer jedra $9\ \mu\text{m}$.

Večrodna vlakna

So lahko v izvedbah POF, PCF in GOF.

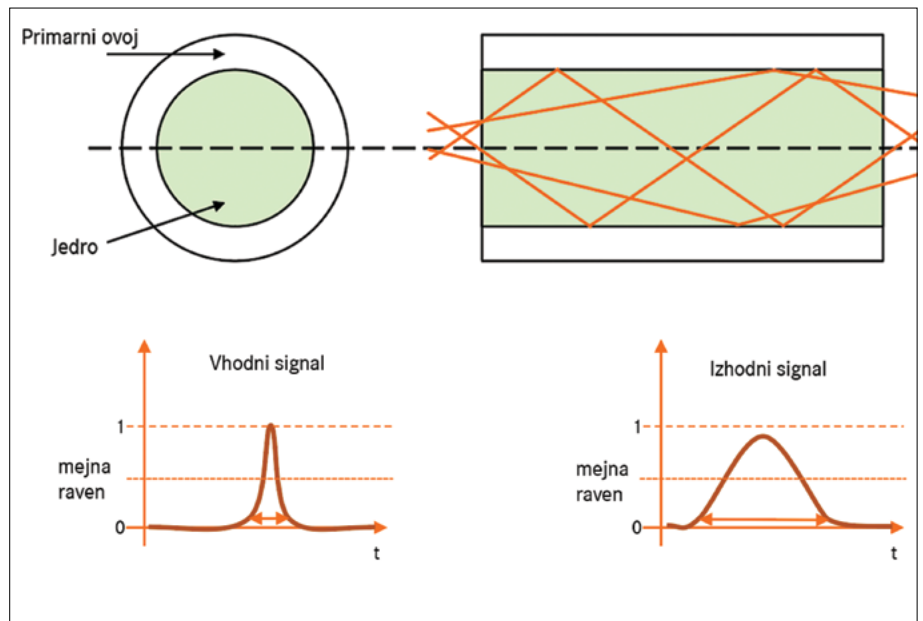
POF in PCF vlakna imajo koračni indeks (slika 4). Pretežno se uporabljajo za krajše razdalje, kot je povezovanje omar in podobno in so zelo enostavna za konfekcioniranje, saj varjenje ali lepljenje ni potrebno. Enostavno stiskanje zagotavlja dovolj dober spoj.

POF vlakna imajo jedra sestavljena iz polimetilmetakrilata (PMMA) in imajo premer $980\ \mu\text{m}$. Primarni ovoj je običajno narejen iz flor-polimera in ima skupaj z jedrom premer $1000\ \mu\text{m}$. Sledi sekundarna zaščita pred poškodbami (PE/PVC) in terciarna zaščita, ki je ponavadi iz oranžnih aramidnih vlaken (Kevlar), ki skrbijo za zniževanje napetosti ob morebitnih upogibih.

PCF vlakna imajo jedra premera $200\ \mu\text{m}$ in so sestavljena iz kvarčnega stekla. Primarni ovoj je iz plastike premera $230\ \mu\text{m}$. Plašč pa ima $500\ \mu\text{m}$ in je iz materiala Tefzel. Prav tako je naslednji nivo zaščite kevlar, ki znižuje napetosti. Nadaljnja zaščita se določi glede na potrebe oz. aplikacijo.

POF in PCF imata koračni indeks. Kot je razvidno iz slike 4, se signal popači v smislu valovne dolžine (λ) in odmička od mejne ravni. Se pravi je izguba signala zaradi umetnih mas zelo velika (BitError se povečuje z daljšo razdaljo in višjimi frekvencami).

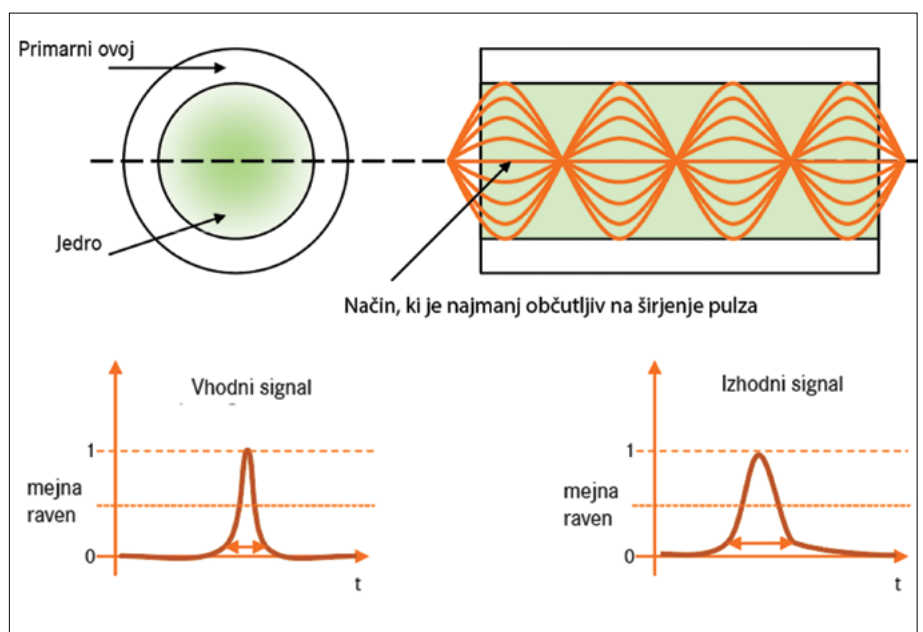
GOF vlakna so primerna za daljše povezave, vendar ne za razdalje daljše



Slika 4: Primer koračnega signala in njegove popačitve v vlaknih PCF in POF.

od $2000\ \text{m}$. Generirajo parabolični indeks (glej sliko 5). Sestavljena so iz jedra s premerom $50\ \mu\text{m}$ ali $62,5\ \mu\text{m}$. Primarni ovoj je premera $125\ \mu\text{m}$ in lahko nudi popolni odboj, torej koračni indeks ali parabolični indeks. Plašč je vedno premera $250\ \mu\text{m}$ in ga potrebujemo za zaščito pred poškodbami. Naslednja stopnja zaščite je iz oranžnih aramidnih vlaken (kevlar) za zniževanje napetosti, ki nastajajo ob upogibanju kabla. Nato sledijo še poljubni zunanji plašči, dodatne uporabne palice, ipd., odvisno od potreb oz. aplikacije.

Večrodna vlakna delimo na pet podskupin z oznakami od OM1 do OM5 (OM – Optic Multimode). Osnova za



Slika 5: Primer paraboličnega signala kjer je izguba minimalna.

takšno delitev je velikost prenosov, dolžina in izbrana oz. obstoječa periferija.

OM1 se uporablja pri povezavi do 2000 m in hitrosti prenosov do 100Mbit/s Ethernet topologij. Običajno imajo vlakna jedro premera 62,5 μm , medtem ko ima OM2 premer jedra 50 μm in lahko doseže dolžine do 550 m. Oba sta običajno oranžne barve. Kot vir svetlobe za prenos podatkov se uporablja LED tehnologija. Običajno za OM1 in OM2 povezave uporabimo oddajnik 1000BASE-SX (1000B+).

OM3 in OM4 imata jedro 50 μm in ju prepoznamo po barvi "aqua". Za vir svetlobe se uporablja laserska tehnologija. Podpirata 10G, 40G in 100G Ethernet topologije. Če želimo povezati 10G topologijo potrebujemo oddajnik 10GBASE-SR in kabel OM3, s katerim lahko dosežemo maksimalno dolžino 330 m, z OM4 pa lahko dosegamo dolžine do 550 m.

Član družine OM je tudi FS OM4 MTP (patch) povezovalni kabel. Lahko ga uporabimo za 40G Ethernet topologijo, vendar potrebujemo oddajnik 40G-SR4 QSFP. Dosežemo lahko dolžine do 150 m.

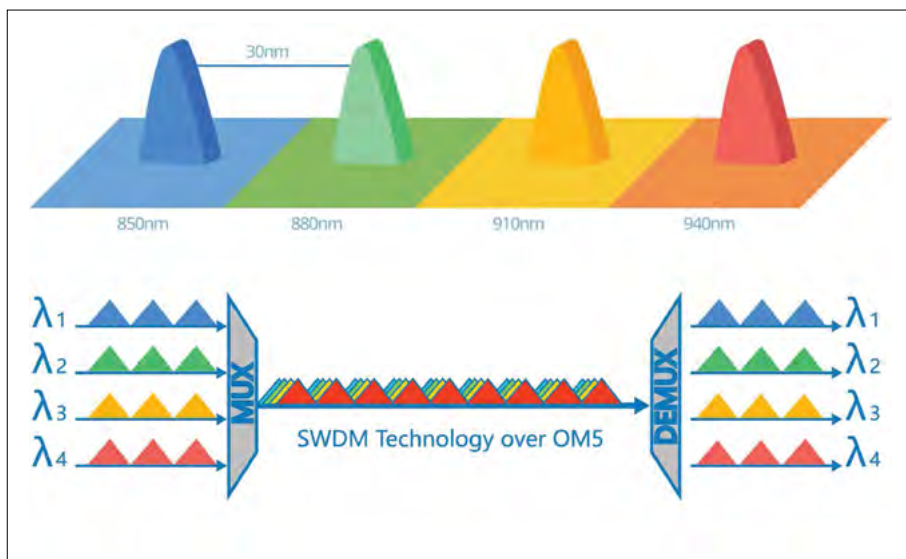
Če bi želeli z istim povezovalnim kablom izdelati topologijo 100G bi morali uporabiti 100G-SR4 QSFP28 oddajnik in bi dosegli maksimalno dolžino 100 m. Ti povezovalni kabli so običajno barve "magenta".

Najvišji nivo prenosov podatkov lahko dosegamo z OM5 kablom. Slednjega prepoznamo po limona-zeleni barvi. S tem kablom povezujemo topologije 200G ali 400G. Tehnologija za doseganje takšnih hitrosti se imenuje SWDM (Short Wavelength Division Multiplexing).

- OM5 doseže 400 m pri mreži 40G-SWDM4
- OM5 doseže 150 m pri mreži 100G-SWDM4

Prenos signalov potuje po 4 valovnih dolžinah (λ) naenkrat, vendar z zamikom 30 nm (slika 6). Za pretvarjanje signala potrebujemo multiplexer oz. demultiplexer. To je sicer najdražja tehnologija, vendar dosega najvišje hitrosti in zmanjša št. vlaken v kablju.

- Za 200G z OM5 potrebujemo le 2 vlakni namesto 8 vlaken OM4



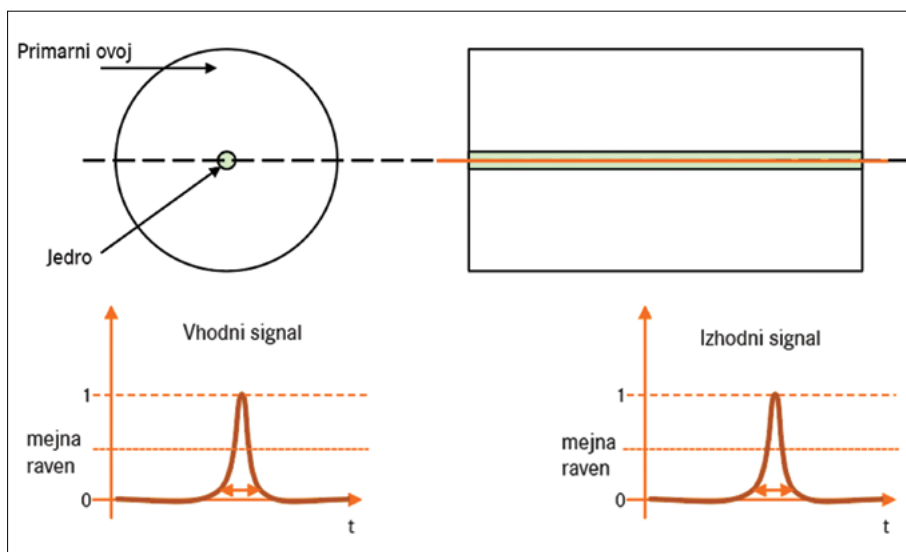
Slika 6: Grafični prikaz multipleksiranja signalov skozi vlakno OM5 (za lažji grafični prikaz so uporabljene simbolične barve). Vir: <https://www.cables-solutions.com/tag/swdm>

- Za 400G z OM5 potrebujemo 4 vlakna namesto 32 vlaken OM4

Enorodna vlakna

Enorodna vlakna so zmeraj GOF in imajo jedro premera 9 μm . Ker morajo nuditi skoraj popolni prenos svetlobe, potrebujejo najbolj sofisticirano opremo, zaradi česar je lastništvo sistemov zelo drago. Omogočajo zelo visoke hitrosti prenosov in se uporabljajo na razdaljah več km (tudi do 80 km). Takšna vlakna generirajo signal s koračnim indeksom (glej sliko 7).

SM vlakna delimo na dve podskupini OS1 in OS2 (Optic Singlemode), s katerimi zagotavljamo standard kvalitete.



Slika 7: Primer koračnega indeksa signala. Pri SM ni različnih valovnih dolžin, ker je fizično možna samo ena, slabljenje je skoraj zanemarljivo.

- OS1 standard je ITU-T G.652A/B/C/D kjer je konstrukcija zaščite vlakna "Tight buffered", za notranjo uporabo. Izguba signala je 1.0 db/km.
- OS2 standard je ITU-T G.652C/D kjer je konstrukcija zaščite vlakna "Luse tube" in ga uporabimo pri zunanjem polaganju. Izguba signala je 0,4 db/km.

Ovoji za zaščito vlaken

Ko izbiramo zaščitne ovoje vlaken, se vedno orientiramo glede na potrebo oz. aplikacijo. Pomembno je, da razumemo, da konstrukcija zaščite vlakna še ni terciarna, kot tudi vsaka naslednja plast zaščite ni. Govorimo striktno o primarnih in sekundarnih zaščitah sestavnega vlakna (jedro in prvi ovoj). Vse dodatne zaščite se definirajo glede na aplikacijo in vplive okolja.

Primarne in sekundarne zaščite delimo v 4 skupine.

Semi-tight buffer:

- Za razvode s prostim koncem
- Za povezovanje stroja z omaricami
- Visoko fleksibilna
- Zaščita pred prelomom (kink)
- Longitudinalno vodoodporna zaradi gela
- Enostavna za instalacijo in sestavljanje – (olupimo jo lahko do 2000 mm in več v enem kosu)

Tight buffer:

- Za dvostransko konfekcioniranje
- Za povezovanje v napravah in omaricah
- Odporna na temperaturne spremembe
- Odporna na mehanske strese, okolje, upogibe in transverzalne sile
- Zaščita pred prelomom (kink)
- Enostavna za instalacijo in sestavljanje – (olupimo jo lahko do 80 mm v enem kosu)

Semi-tight buffer – brez polnila:

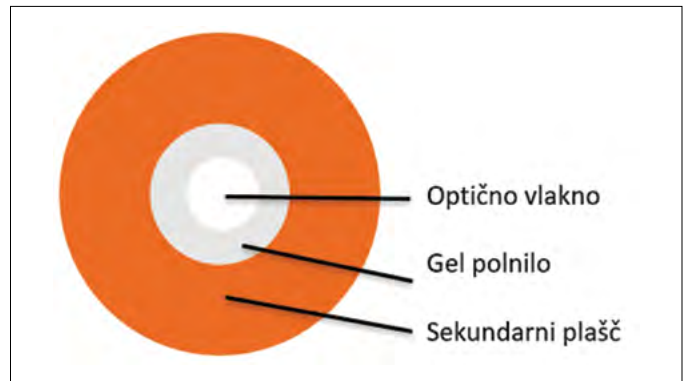
- Za razvode s prostim koncem
- Za povezovanje v napravah in omaricah
- Visoko fleksibilna
- Zaščita pred prelomom (kink)
- Enostavna za instalacijo in sestavljanje – (olupimo jo lahko do 2000 mm in več v enem kosu)

Loose tube:

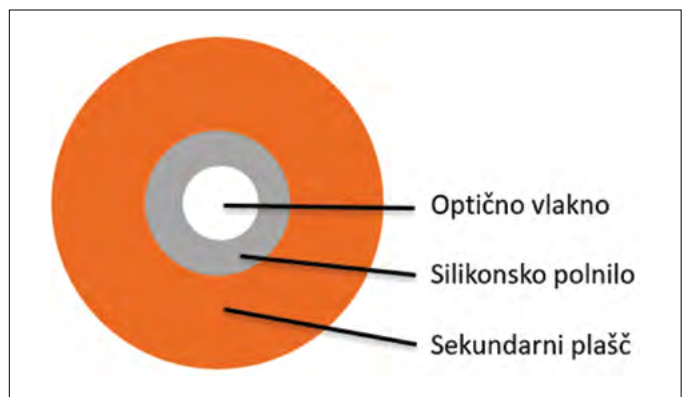
- Najstarejša verzija za zahtevna zunanja okolja
- Zaščiti vso vsebino (jedro, prvi ovoj, plašč, ipd.) z dodatnim rokavom oz. cevjo
- V eni cevi je lahko več vlaken
- Več cevi je lahko v enem plašču

Glede na širok spekter uporabe steklenih vlaken hitro ugotovimo, da se bomo v bodoče z njimi vedno bolj srečevali.

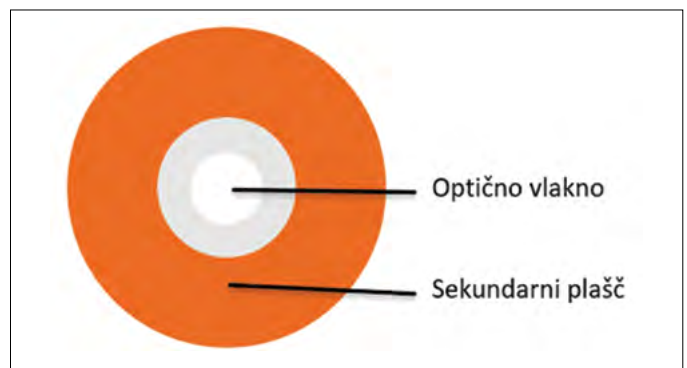
V podjetju LAPP vam lahko ponudimo široko paleto rešitev za industrijo, kot tudi za infrastrukturo (recimo FTTH



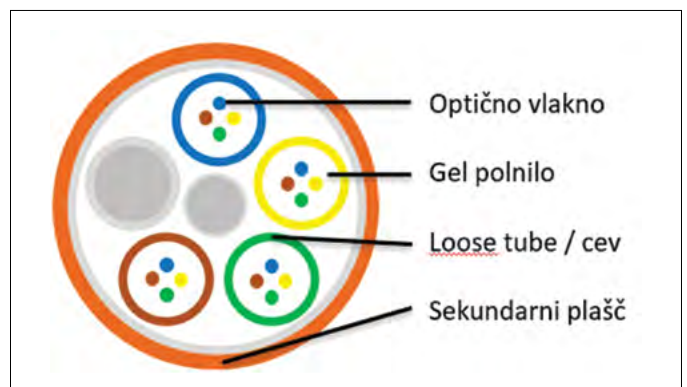
Slika 8: Semi-tight buffer.



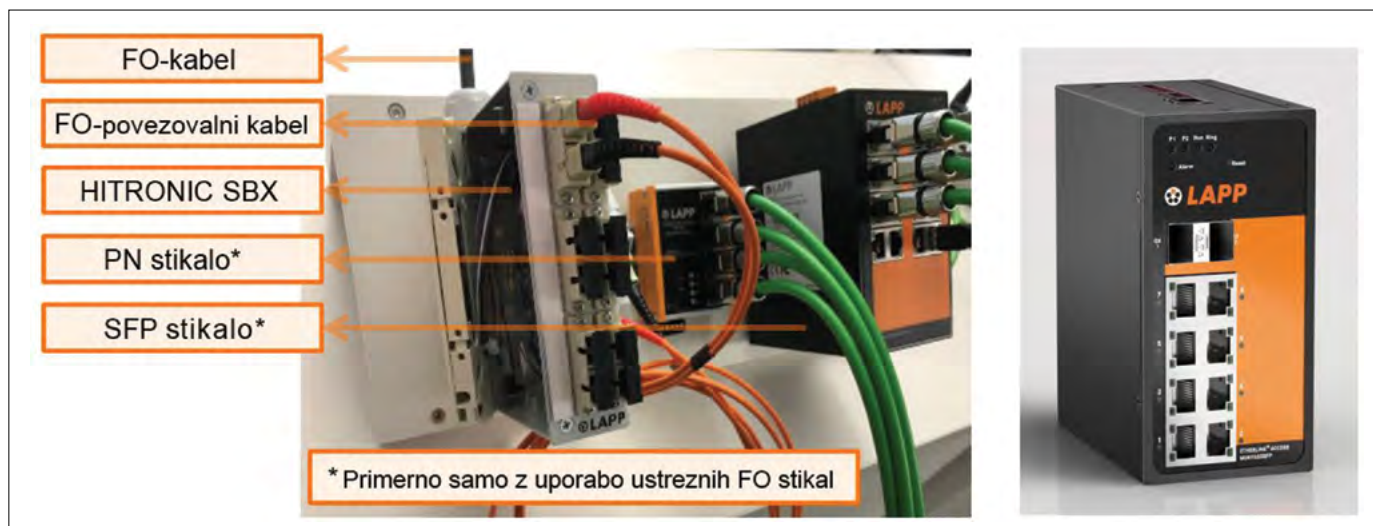
Slika 9: Tight buffer.



Slika 10: Semi-tight buffer – brez polnila.



Slika 11: Loose tube.



Slika 12: Primer aplikacije, ki prikazuje LAPP rešitve od kabla, "splicebox-a" do aktivne komponente.

– Fiber To The Home). V industriji najdete naše rešitve v robotiki, strojogradnji, vetrnih elektrarnah, ipd., torej tako v fiksni in fleksibilni aplikaciji, kot tudi v aplikaciji z neprekinjenim linearnim ali torzijskim gibanjem. Nudimo vse od kabla, konektorja in razvodnih škatel do aktivnih komponent (glej slika 12).

Lapp, d.o.o.
Limbuška cesta 2
2341 Limbuš
Tel.: +386(0)2 421 35 53
E-pošta: simon.vrbnjak@lapp.com
www.lappslovenija.si

ETHERLINE® GUARD

Lapp, d.o.o.

Nadzorna naprava za napovedno vzdrževanje

LAPP kabli so znani po svoji dolgotrajni vzdržljivosti, a se njihova življenjska doba lahko skrajša kadar so izpostavljeni gibanju, dinamiki, torzijskim obremenitvam ali visokim hitrostim.

Da bi se izognili izpadom proizvodnje, nepričakovanim vzdrževalnim delom ter dodatnim stroškom, smo v podjetju LAPP razvili napravo, ki skrbi za nadzor vaših podatkovnih povezav in vas pravočasno obvesti na potencialne nevarnosti. Tako lahko sedaj načrtujete vzdrževalna dela bolj natančno in posledično znižate stroške.

Naprava deluje tako, da neprestano ocenjuje učinkovitost podatkovne linije in računa odstotek kvalitete povezave.

Osnova za izračun so podatki, določeni iz fizičnih lastnosti prenosa podatkov. Prikaz stanja v realnem času omogoča prepoznavanje obrabe kabla in organizacijo pravočasne zamenjave.

LAPP predlaga ETHERLINE® GUARD za podatkovne povezave po standardu prenosa 100BASE-TX (s 100MBit/s) po IEEE 802.3. Seveda podpira tudi aplikacije to-



pologij EtherCAT, EtherNET/IP in dvo-parični PROFINET, kot sta ETHERLINE® TORSION Cat. 5 ali ETHERLINE® PN Cat. 5 FD.

Slednja najdemo v aplikacijah z visoko torzijsko obremenitvijo (robotske roke) ali aplikacijah z linearnih gibanjem (kabelske verige).

Prednosti:

- Večja storilnost proizvodnje zaradi bolj natančnih planiranj vzdrževalnih del. Minimizirana možnost izpadov proizvodnje.
- Enostavna nastavitve zaradi avtomatske nastavitve parametrov (naprava se uči sama in sporoči nivo obrabe v %).
- Enostavna integracija naprave v obstoječe mrežne strukture.
- Zanesljiva IIoT komunikacija za katero skrbi protokol MQTT.
- Sprožitev alarma (tudi daljinsko) pri padcu učinkovitosti povezave pod določeno mejo.

Lapp, d.o.o.

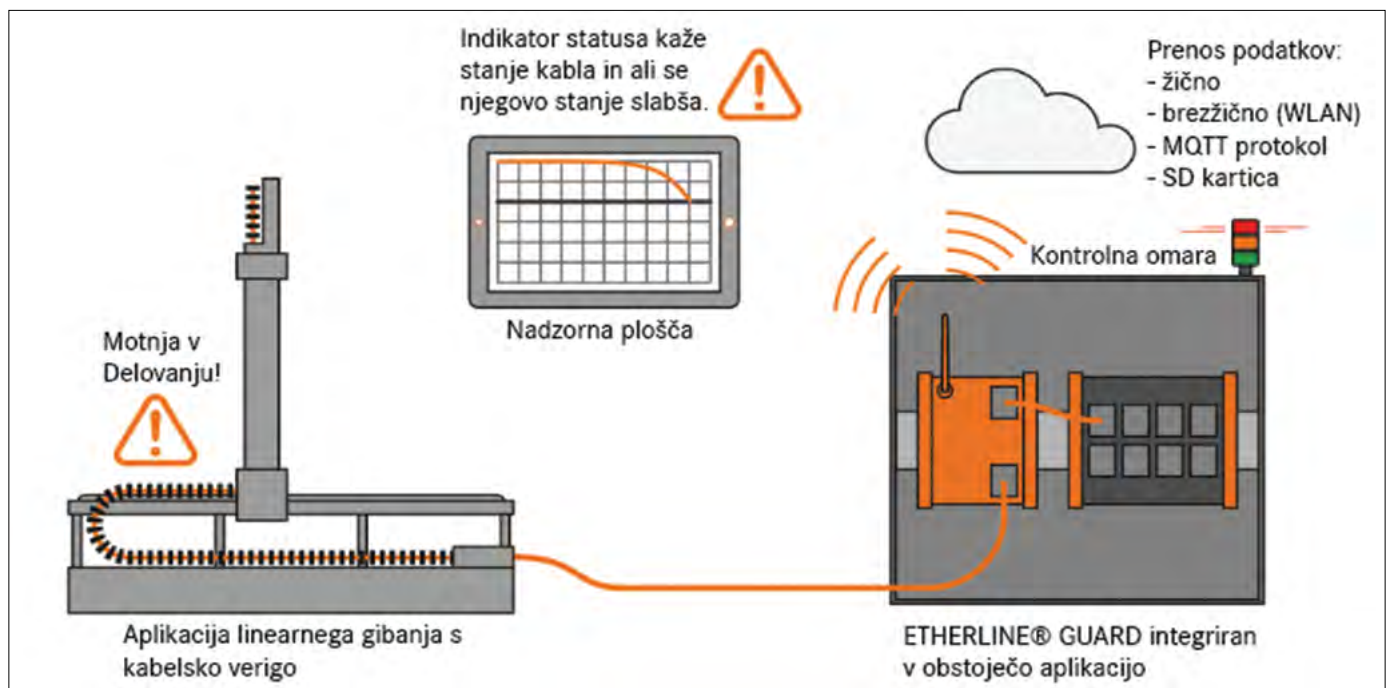
Limbuška cesta 2

2341 Limbuš

Tel.: +386(0)2 421 35 53

E-pošta: simon.vrbnjak@lapp.com

www.lappslovenija.si



Primer nadzora Ethernet kablov s standardom 100BASE-TX

ETHERLINE® GUARD

Nadzorna naprava za napovedno vzdrževanje

Tehnične lastnosti

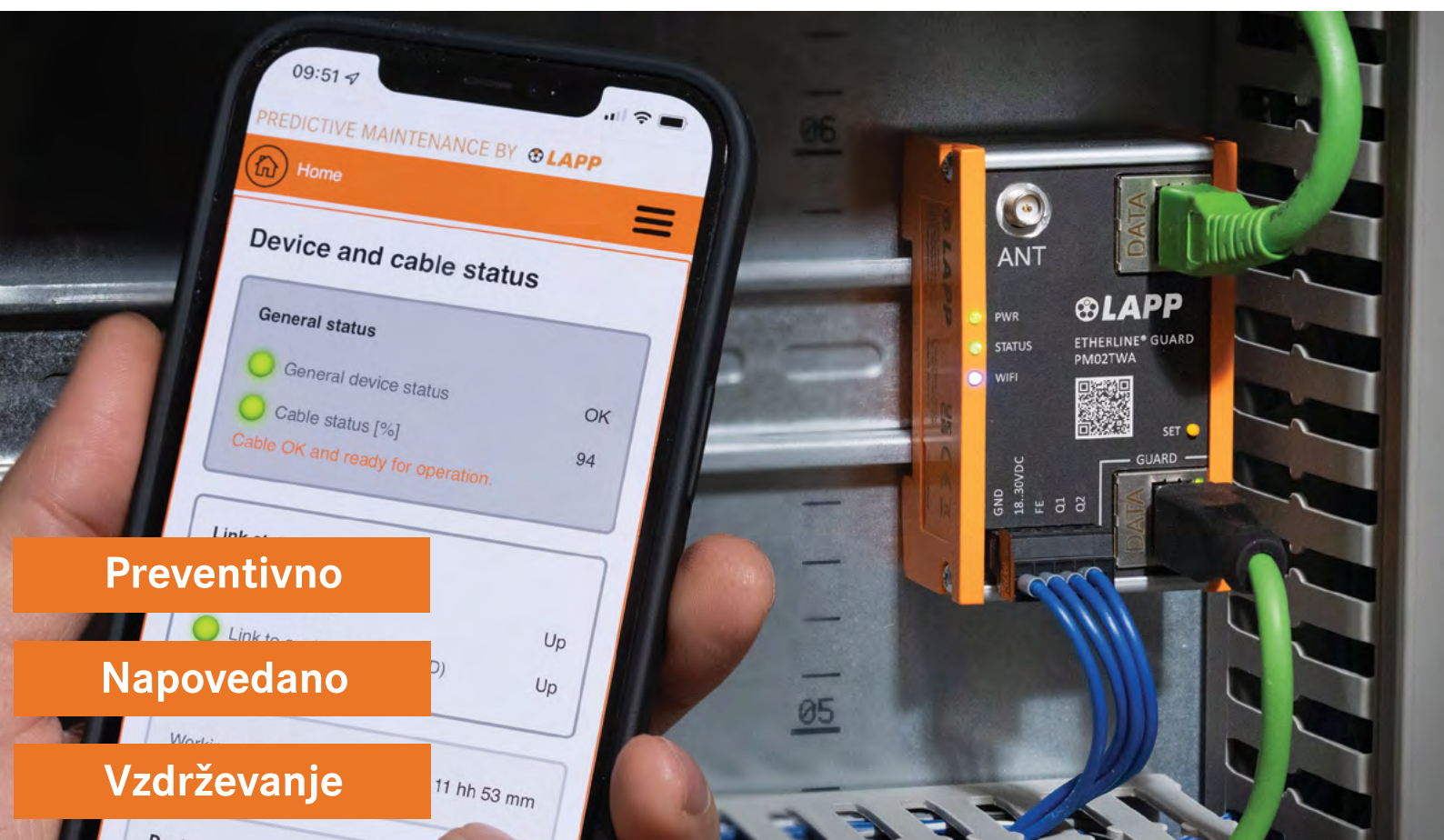
- Primeren za podatkovne linije po standardu 100BASE-TX (100 Mbit/s) IEEE 802.3.
- Ethernet kabli s povezavo RJ45
- Stopnja zaščite IP 20
- Kompakten dizajn, ki zavzame znatno manj prostora
- Dostop do spletnega vmesnika žično (LAN) ali brezžično (WiFi)

Področja uporabe

- V okoljih Ethernet mrež v avtomatizaciji
- Za nadzor podatkovnih linij v dinamičnih aplikacijah
- Primeren tudi za topologije EtherCAT, EtherNET/IP in dvoparični PROFINET
- Za instalacijo v kontrolnih omarah

Prednosti

- Načrtovana vzdrževalna dela povečajo storilnost proizvodnje
- Enostavna instalacija, saj se parametri avtomatizirano nastavijo
- Takojšnja integracija v obstoječe mreže
- Zanesljiva IIoT komunikacija podprta s protokolom MQTT



Preventivno

Napovedano

Vzdrževanje