

PROJEKTIRANJE I INSTALACIJA OPTIČKIH KABELSKIH SUSTAVA

mr Sead Dubravić

1. UVOD

Primjena svjetlovodnih vlakana danas je udomaćena u izgradnji kabelskih sustava sa ciljem efikasnog posluživanja informacijskih sustava. Već činjenica da ne postoji konkurentan medij koji bi mogao prenositi toliko velike količine informacije na toliko velike udaljenosti čini optički kabel nezamjenjivim u izgradnji okosnica komunikacijskih sustava.

Za realizaciju komunikacijskih okosnica-magistrala naselja (engl. "campus"), svjetlovodno vlakno se koristi za međusobno povezivanje objekata sa ciljem:

- prijenosa masovnih podataka
- prijenosa video signala (u digitaliziranom obliku)
- prijenosa govora (u digitaliziranom obliku)

U izgradnji kabelskog sustava unutar objekta (engl "building"), svjetlovodno vlakno se koristi za:

- izgradnju horizontalnih i vertikalnih okosnica za prijenos masovnih podataka
- aplikacije krajnjih korisnika koje su zahtjevne (CAD/CAM, grafičke obrade itd...)
- prijenos ostalih nepodatkovnih informacija (video nadgledanje, telekomanda itd...)

Obzirom na način korištenja optičke tehnologije razlikujemo dvije topološke izvedbe:

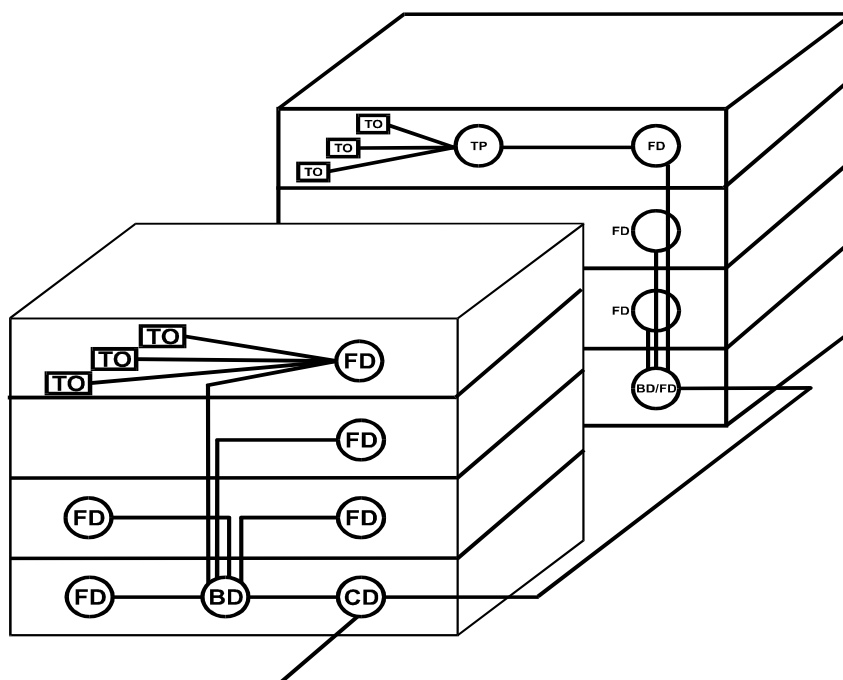
- "point-to-point" aplikacije za direktnu komunikaciju dva komunikacijska čvora (direktne optičke linije, prijenos digitaliziranog govora, CAD/CAM, mostovi između mreža itd...)
- LAN aplikacije, kada više od dva komunikacijska čvora komuniciraju putem optičkog kabelskog sustava (topologija zvijezde, prstena, sabirnice, drveta itd...)

Iz navedenog je vidljivo da primjena svjetlovodnih vlakana obuhvaća okosnice, ali i krajnje korisničke linije kabelskog sustava. Zadaća međunarodnih normi jeste da standardiziraju optimalne načine primjene optičkih elemenata u kablskim sustavima.

2. MOGUĆNOSTI PRIMJENE SVJETLOVODNIH VLAKANA PREMA NORMI ISO/IEC 11801 (Generic Cabling)

Norma ISO 11801 preuzeta je uz manje izmjene, sredinom 1995. godine, od EIA/TIA568 američke norme za strukturalne kablске sustave i u osnovi preporuča način infrastrukturnog kabliranja unutar i između objekata jednoga naselja (engl. "Campus"), na način da se omogući direktna primjena sadašnjih i budućih standardiziranih komunikacijskih protokola. Ovako predložen generički sustav je optimiziran za integraciju područja u okrugu do 3000 metara i gdje obitava ili radi 50-50.000 osoba. Osnovna i najvrijednija osobina generičkog kabliranja jeste da se kabliranje vrši neovisno i bez poznavanja aplikacije koja će se na njemu odvijati, pa je stoga i tako koncipiran da

prihvaća najrazličitije primjene. Generički kabelski sustav sastoji se od podsustava prema **Slici 1**.



Slika 1: Generički kabelski sustav po ISO 11801

Topološki gledano generički kabelski sustav je u biti hijerarhijska zvjezdasta struktura gdje broj paralelnih podsustava ovisi o veličini i naseljenosti područja koje se želi kablirati. Fleksibilnost i univerzalnost jesu osnovne osobine ovog sustava u nastojanju da se omogući prijenos najrazličitijih vrsta digitalnih (ali i analognih) informacija.

CAMPUS backbone duljine do 1500 met (2500m opcija) jeste glavna okosnica naselja namjenjena za povezivanje objekata međusobno.

BUILDING backbone duljine do 500 met namjenjen je za vertikalne okosnice unutar objekta.

HORIZONTAL cabling duljine do 90 met jeste horizontalno razvođenje po etažama do korisničkog priključka TO (engl. "telecommunications outlet")

WORK AREA cabling duljine do 5 met predstavlja ožičenje radne prostorije i kao takvo nije integralni dio sustava generičkog kabliranja, te je ovisan o primjeni kabelskog sustava (LAN prijenos podataka, telefonija, video itd...)

Na odabranim mjestima nalaze se kabelski razdjelnici (engl. "distributors") koji predstavljaju koncentratore gdje se dolazni i odlazni kabeli raspodjeljuju i međusobno povezuju. Shodno primjeni postoje Glavni Koncentrator naselja (engl. "Campus" - CD), Glavni Koncentrator objekta (engl. Building - BD), te Etažni Koncentratori (engl. "Floor" - FD), koji su strogo hijerarhijski povezani. Na svaki distributor i završnu priključnicu TO može se spajati korisnička oprema. Mora postojati najmanje jedan FD na svakih 1000 kvadratnih metara podne površine. Na svakih 10 kvadratnih metara poda potrebno je predvidjeti po dva priključna mjesta TO, pri čemu svakoj radnoj okolini (work area) pripada barem jedan TO. Neke udaljenosti su limitirane: udaljenost CD (Campus Distributor) i FD (Floor Distributor) ne smije preći 2.000 met, osim pri upotrebi

monomodnog vlakna (3000 met). Analogno, distanca FD-BD (Building Distributor) unutar objekta iznosi maksimalno 500 met.

Za ostvarenje generičkog kabliranja predviđeni su parični i optički kabeli. Predmet ovog članka nije UTP/STP razvod, (koje čitatelj može osobno pogledati i na Internetu), te se dalje *razrađuju norme za korištenje svjetlovodnih vlakana (optičkih kabela)*.

Predviđene primjene ovakvog kablinskog sustava su prijenos govora (telefonija-digitalna PBX i analogna PSTN), te prijenos podataka malih, srednjih i velikih brzina (ISDN, xDSL, LAN-Ethernet-Fast Ethernet, ATM itd), kao i digitalizirani video, alarmi, te svi ostali digitalni signali čija frekvencija ne prelazi tkzv. Kategoriju, odnosno Optičku Klasu (za optičke kablinske sustave).

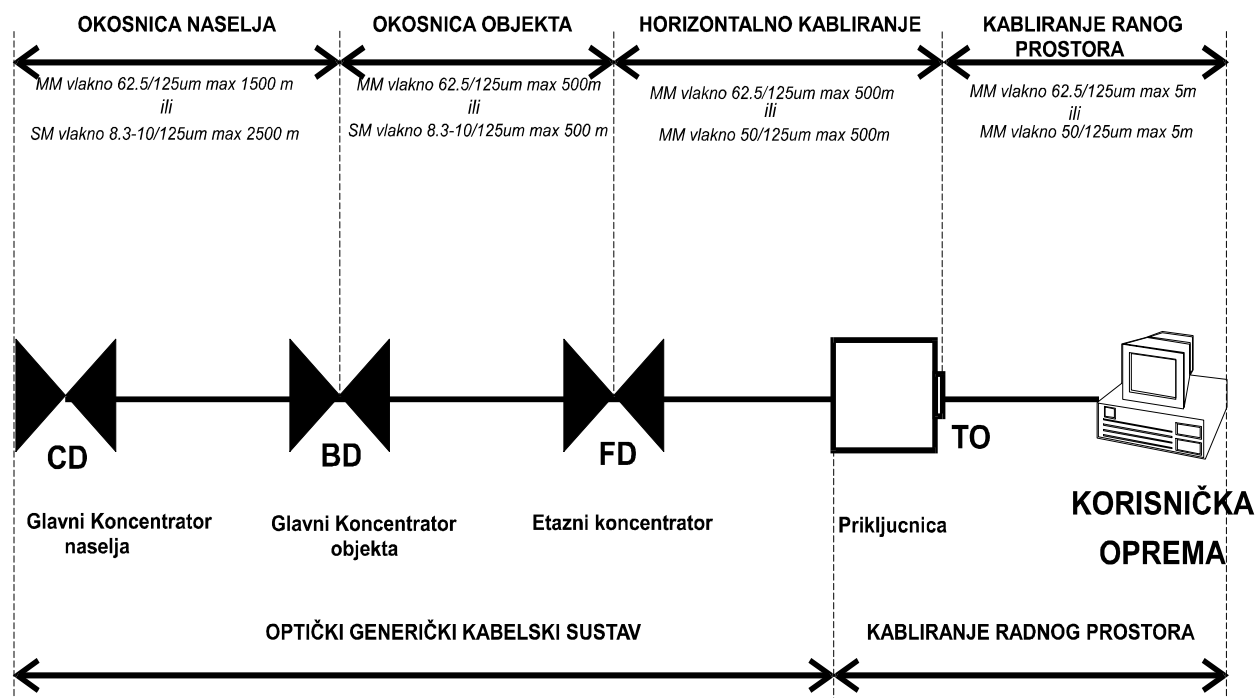
Za HORIZONTALNO KABLIRANJE standardizirane su slijedeće vrste optičkih vlakana:

- višemodno svjetlovodno vlakno MM dimenzija 62.5/125um ili 50/125um (preporučamo 50/125um zbog veće brzine)

Maksimalne duljine horizontalnih dionica su limitirane i iznose i za optički kabel 90 metara. Iznimno, u skladu sa novijim standardom TSB-72 "Centralized Optical Fiber Cabling Guidelines" dozvoljeno je (samo u optičkoj izvedbi!) integrirati horizontalni i vertikalni optički kabel u jedinstvenu neprekinutu dionicu (engl. "pull-through cable") maksimalne duljine do 300 metara, pri čemu i dalje vrijedi uvjet da duljina horizontalnog dijela ne prelazi 90 metara.

Za OKOSNICE (Campus i Building) standardizirane su slijedeće vrste optičkih vlakana:

- višemodno svjetlovodno vlakno MM dimenzija 62.5/125um ili 50/125um
- monomodno svjetlovodno vlakno SM dimenzija 8,3-10/125um



Slika 2: Optički generički kablinski sustav po ISO11801 i TSB-72

Treba istaći da je po ISO 11801 maksimalna duljina okosnice prema *Tabeli 1*:

Tabela 1: Maksimalne duljine optičkih okosnica

TIP VLAKNA	max CD-FD	max BD-FD	max CD-BD
MM 50-62.5/125um	2000 met	500 met	1500 met
SM 8.3-10/125um	3000 met	500 met	2500 met

Na *Slici 2* su prikazane mogućnosti primjene svjetlovodnih vlakana u generičkom kabelskom sustavu, prema ISO11801.

Glede odabira primjena ovako građenog kabelskog sustava, definirana je posebna *Optička Klasa* (engl. "Optical Class"), za prijenos masovnih podataka čiji frekvencijski pojas zahtjeva minimalno 10 MHz i više (dakle otpada analogna 4kHz telefonija). Preporuke za frekvencijsku širinu svjetlovodnih vlakana su međutim takve da, generalno uzevši, one ne limitiraju mogućnosti aplikacije (osim za brzine 1Gbs ili više!), te je komunikacijske parametre potrebno odabrati tako da pojedini elementi kabelskog sustava zadovolje *Tabelu 2* i *Tabelu 3*:

Tabela 2: Maksimalno gušenje optičkih dionica za pojedine elemente kabelskog sustava

Gušenje dionice u dB	MM 850 nm	MM 1300 nm	SM 1310 nm	SM 1550 nm
Horizontalno kabliranje	2,5 dB	2,2 dB	2,2 dB	2,2 dB
Vertikalna okosnica	3,9 dB	2,6 dB	2,7 dB	2,7 dB
Okosnica naselja	7,4 dB	3,6 dB	3,6 dB	3,6 dB

Tabela 3: Minimalne prijenosne širine za pojedine elemente kabelskog sustava

	Širina dionice	Spektar izvora	Širina prozora	Nominalna nm
MM 850 nm	100 MHz	50 nm	790-910 nm	850 nm
MM 1300 nm	250 MHz	150 nm	1265-1330 nm	1300 nm
SM 1310 nm	-	10 nm	1288-1310 nm	1310 nm
SM 1550 nm	-	10 nm	1525-1575 nm	1550 nm

Treba uočiti da Tabele ne predstavljaju nominalne komunikacijske osobine vlakna (koje se izražavaju u dB/km, odnosno MHz*km), već ukupne komunikacijske osobine instalirane dionice, što uključuje osobine vlakna, konektora, prespojnih optopanela, spojnika i prespojnih optokabela, te parazitske efekte (npr. "micro" i "macro-bending"). Ukoliko se u kalkulaciju uzmu maksimalno dozvoljene duljine pojedinih elemenata generičkog kabelskog sustava, te navedene komunikacijske osobine dionica, dobivamo slijedeće preporučene nominalne osobine svjetlovodnog vlakna (*Tabela 4*):

Tabela 4: Nominalne komunikacijske osobine svjetlovodnog vlakna

	max duljina	max gušenje	min Pojas
MM 850 nm	2000 met	3.5 dB/km	200 MHz*km
MM 1300 nm	2000 met	1.0 dB/km	500 MHz*km
SM 1310 nm	3000 met	1.0 dB/km	-
SM 1550 nm	3000 met	1.0 dB/km	-

Preporuka za elemente za spajanje svjetlovodnih vlakana je slijedeća:

- Optički konektori: 125um keramički konektori max gušenja 0.5 dB / SC tip/
- Optičke spojnice: mehaničke ili varene spojnice max gušenja 0.3 dB/spojnici
- Optički upareni konektor na optopanelu: max 0,75 dB po paru konektora

Dakle, dozvoljeno je korištenje svih poznatih metoda terminiranja svjetlovodnog vlakana. Preporuka autora jeste prelazak na SC konektor, sa vrućim metodama nabacivanja (tkzv. "hot melth" konektiranje), iako standard dozvoljava i korištenje ST konektora, ukoliko postojeća aktivna posjeduje taj tip optičkog sučelja.

SC konektor se preferira iz slijedećih razloga:

- SC je u biti dvostruki (engl. "duplex") konektor, te predstavlja jednu optodionicu Tx/Rx
- SC je konektor utičnog (engl. "push-pull") tipa, što omogućava veliku gustoću konektora na optopanelu
- SC je konstrukcijom otporniji na stres prilikom spajanja i odspajanja

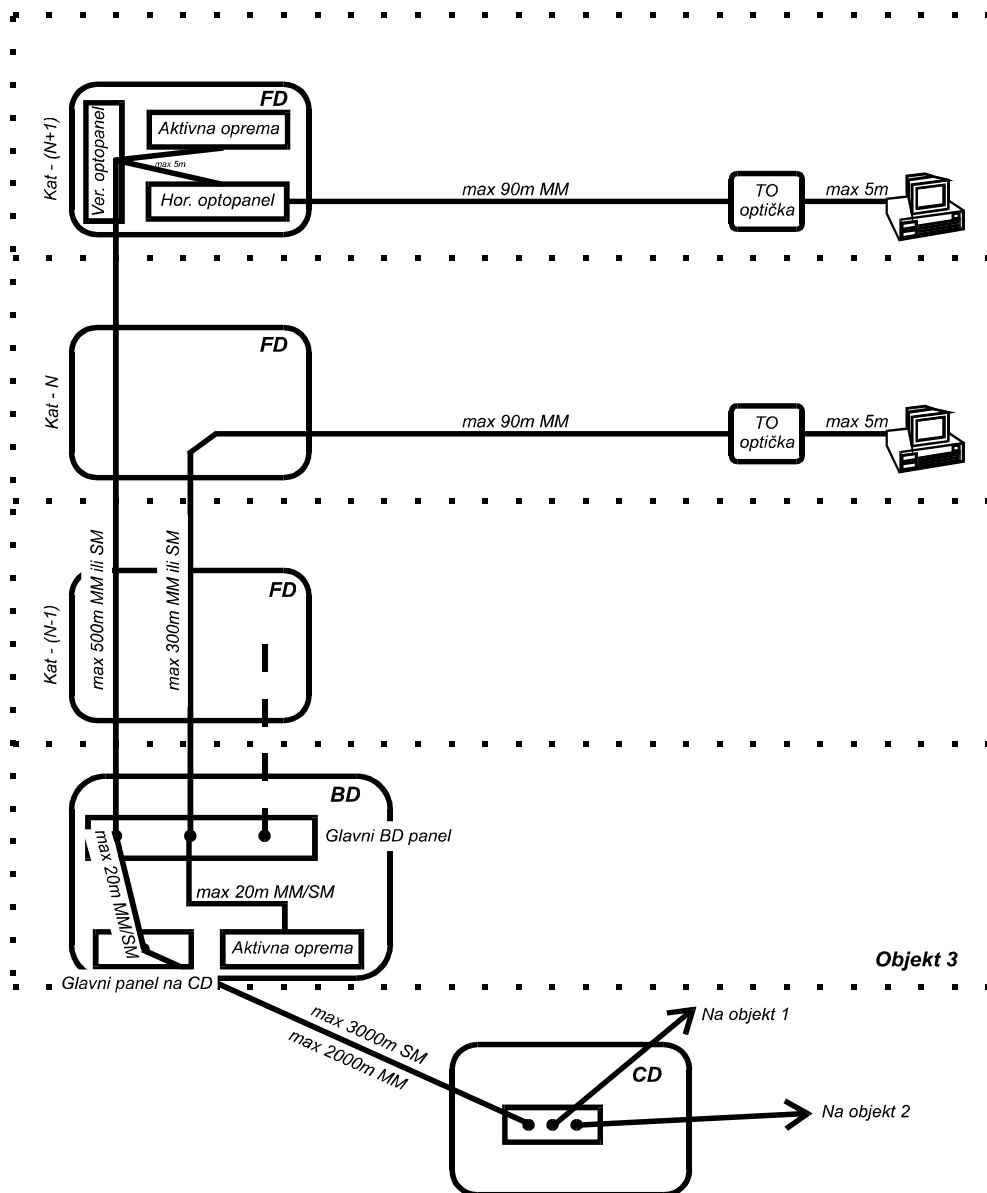
Od 2000.g. pojavili su se i tkzv. minijaturizirani optički konektori od kojih je tipičan primjer VOLITION VF-45 konektor proizvođača 3M. Ovaj duplex konektor iste je građe i veličine kao i popularni bakreni RJ-45 telefonski konektor, a cijenom je bitno jeftiniji od SC/ST konektora, pa je njegova primjena rastuća u svijetu i kod nas. VF-45 konektor idealno je rješenje za optičko konektiranje unutar objekta, dakle za strukturalne optičke kabelaške sustave do radnog stola ("Fiber to the Desk").

Odluka da li direktno konektorizirati optički kabel (za engl. "Breakout" kabele), ili se koristiti metodom trajnih varenih ili mehaničkih spojnika (za engl. "Distribution" kabele) ostavljena je na izbor projektantu. Također, preporuča se gdje je to god moguće koristiti višemodno (MM) vlakno, radi jednostavnijeg i jeftinijeg spajanja i niže cijene aktivne opreme.

3. STRUKTURA MONOLITNOG OPTIČKOG KABELSKOG SUSTAVA

Pod pojmom monolitnog kabelaškog sustava podrazumijeva se kabelaški sustav čiji su svi sastavni elementi izrađeni od istog prijenosnog medija. Monolitni optički kabelaški sustav jeste monolitni kabelaški sustav čiji su svi elementi izrađeni u tehnologiji svjetlovodnog vlakna. To u biti predstavlja ISO11801 normu u njenoj optičkoj varijanti.

Na *Slici 3* je prikazana topologija monolitnog optičkog kabelaškog sustava prema ISO 11801. Okosnica naselja BD-CD (engl. "Campus Backbone") za standardne distance (2000 met) izvodi se višemodnim vlaknom 50-62.5/125um, a za distance do 3000 metara monomodnim vlaknom. Ova vlakna u pravilu završavaju na optopanelima CD, odnosno BD. Maksimalna duljina prespojnih optokabela može u CD i FD iznositi do 20 metara, dok je u FD to do 5 metara. Unutar CD nalazi se glavni optopanel objekta i pripadna aktivna oprema, ali i optopaneli koji vode na koncentratore pojedinih katova (etaža) objekta FD. Veza BD-FD ostvaruje se vertikalnom optičkom okosnicom. Po želji, međusobno prespajanje ovih panela vrši se prespojnim optokabelima, ili se prespaja na aktivnu opremu. Ukoliko se prespajanje vrši pasivno (tj. između optokabelskih dionica), potrebno je odabrati da vertikalni kabelaški sustav bude od istog tipa optokabela kao i okosnica naselja (MM ili SM).



Slika 3: Topologija monolitnog optičkog kablenskog sustava po ISO 11801

Unutar etažnih koncentratora FD u pravilu se nalaze se optopaneli vertikalnog i horizontalnog kablenskog sustava, koji se povezuju međusobno ili na aktivnu opremu, prespojnim optokabelima duljine do 5 metara. Vertikalna okosnica može biti SM ili MM tipa, ali ne smije prijeći duljinu od 500 metara. Iznimno, ukoliko u katnom koncentratoru FD ne postoji aktivna oprema, prema normi TSB-72 dozvoljeno je izvesti horizontalnu i vertikalnu dionicu kao monolitnu optodionicu BD-TO, čime se smanjuje njeno gušenje i cijena, ali se gubi modularnost sustava. U takvoj "prolaznoj" (engl. "pull-through") izvedbi mora se koristiti MM vlakno, jer njen horizontalni dio po ISO 11801 može biti samo MM tipa, za razliku od vertikale. I ovdje postoji ograničenje horizontalnog dijela "pull-through" dionice na 90 metara, uostalom kao i za bilo koju drugu dionicu horizontalnog kablenskog sustava. Krajnji korisnici priključuju se direktno na optičke korisničke priključnice TO (engl. "Telecommunications Outlet") putem spojnog optičkog kabela duljine do 5 metara.

5. ZAKLJUČAK

Svjetlovodna vlakna i pripadni optički kabeli pronašli su definitivno svoje mjesto u primjeni u prijenosu svih vrsta informacija. Postojeći ISO standardi predviđaju korištenje višemodnih, ali i monomodnih vlakana na fizičkom nivou suvremenih komunikacijskih (kabelskih) sustava.

Od posebne je važnosti pojava ISO/IEC 11801 standarda generičkog kabliranja. Ovaj projekt standardizacionog tijela ima infrastrukturni značaj unutar objekata i naselja, kao uostalom i drugi infrastrukturni zahvati. Ovo je međutim prvi puta da se isto postiže sa informatičkim komunikacijskim sustavom. Izgradnja naselja i objekata svakako mora sadržavati generički kabelski sustav kao svoju komunikacijsku infrastrukturu. Danas je, primjerice, vrlo rijetko suresti da se telefonsko kabliranje unutar objekta radi na klasičan način, a ne u okviru generičkog kabelskog sustava.

Optički kabeli čine svakako važnu kariku u realizaciji ovakvih rješenja zbog svojih izuzetnih komunikacijskih osobina. Njegova primjena u magistralama lokalnih i urbanih mreža neizostavan je dio efikasnih komunikacijskih sustava. Dapače, nove informatičke tehnologije zasigurno vode u implementaciju čistih, monolitnih optičkih mreža, gdje se korisnik veže direktno na optički kabelski sustav.

Bilješke o autoru:

mr Sead Dubravić, dipl. inž. elektrotehnike, direktor je tvrtke NETIKS d.o.o., Ulica grada Chicaga 7, Zagreb, koja se bavi projektiranjem i instalacijom bakrenih i optičkih kabelskih sustava i računalnih mreža. Autor je objavio više znanstvenih radova na području komunikacijskih mreža i sustava, te osobno projektirao i nadzirao izvođenje većeg broja mreža i kabelskih sustava. Više informacija o navedenim tehnologijama na weba adresi: www.netiks.hr ili na E-mail adresi: sdubravic@netiks.hr