

### 3. STRUKTURNO KABLIRANJE

Istovremeno s razvojem umrežavanja računala, razvijala se i tehnologija kabliranja (wiring). Povezivanje prvih generacija računala s terminalima male brzine (do 300 b/s), kao što su teleprinteri, ostvarivano je vodovima niske kvalitete, sličnim vodovima primjenjivanim za lokalne telefonske mreže.

Pojavom ekranskih (CRT, početkom 1970-tih) terminala povećala se je potrebna brzina prijenosa podataka. Proizvođači opreme su ovaj čisto tehnološki problem riješili svaki na svoj vlastiti način, istovremeno postižući nekompatibilnost s konkurentnim sustavima i time vezujući korisnike za vlastite skupine proizvoda. Zatvorenost sustava se je protezala do korištenja različitih vrsta kabela (gotovo u pravilu skupih koaksijalnih) i različitih konektora, tako da je svaka promjena sustava zahtijevala postavljanje potpuno novog specijalnog ožičenja.

Lokalne mreže počele su se graditi krajem 1970-tih sa svrhom povezivanja osobnih računala. I na tom području se pojavilo nekoliko različitih tehnologija, kao što su Ethernet i IBM Token Ring. Nije potrebno ni spominjati, da su sustavi koristili različitu vrstu kabela i konektora.

Dok se neka kompanija držala jednog proizvođača informacijske opreme, kompleksnost ožičenja je bila u podnošljivim granicama. Međutim, u praksi su dinamički procesi unutar kompanija, kao što su promjene organizacije, proširenja i smanjenja odjela, preuzimanje ili prodaja odsjeka, premještanje osoblja, odjela ili čitave kompanije, promjena stila vođenja poslovanja, rezultirali potrebom za čestom promjenom povezivanja, proširenjem broja smještaja priključaka, te promjenom tehnologije informatičke opreme. Sve ovo na kraju može rezultirati ugradnjom svih mogućih vrsta ožičenja u istu zgradu. Rezultat su mreže s lošom i raznorodnom projektom dokumentacijom, pretrpani kabelski kanali, veliki broj napuštenih vodova za koje nitko nije siguran da li ih je moguće bez posljedica demontirati, te veliki problemi vezani za održavanje i otklanjanje kvarova.

Ožičenje mreža za prijenos podataka često je povezano s telefonskim mrežama, te s njima dijeli kabelske kanale i službe koje ih održavaju.

#### 3.1 POTREBA ZA STRUKTURNIM KABLIRANJEM

Gore spomenuti nedostaci doveli su do saznanja da bi bilo optimalno izgraditi takvo ožičenje za prijenos podataka kao osnovnu infrastrukturu zgrade, koje bi zadovoljilo sve potrebe za umrežavanjem, te omogućilo povezivanje raznorodnih sustava različitih proizvođača. To je svojstvo **generalnosti** ožičenja (Generic Cabling).

Nadalje, ako je ožičenje dio zgrade, onda ne želimo svakodnevno povlačiti nove kablove, već nam ugrađeni resurs mora biti dovoljan za neki predvidivi period, npr. do renoviranja, za 5 - 10 godina. To znači da u svakoj prostoriji želimo imati dovoljno priključaka za sve buduće potrebe. Govorimo o **zasićenom** ožičenju (Saturated Cabling), kod kojega postavljamo dva priključka na svaka 2-3 m<sup>2</sup> radnog prostora.

Konačno, želimo ostvariti mogućnost jednostavnog prespajanja priključaka s jednog sustava na drugi, što implicira korištenje **razdjelnika** (Cross Connect) i **prespojnih naprava** (Patch Panel).

Ukoliko su zadovoljena ova tri svojstva, generalnost, zasićenost i korištenje prespojnih naprava, govorimo o **strukturnom kabliranju**.

Koncept strukturnog kabliranja originalno je razvijen kao tehnologija izgradnje lokalnih telefonskih mreža (AT&T, USA) još prije pojave prvih terminalskih mreža. No, kako se tada smatralo (dijelom s pravom) da je telefonska parica neprikladna za prijenos podataka, slijedio je period zatvorenih sustava ožičenja. Vremenom, zahtjev za razbijanjem zatvorenosti doveo je do razvoja uređaja koji su omogućili korištenje jeftinih parica umjesto skupih koaksijalnih kabela. Radi se o prilagodnim impulsnim transformatorima popularno zvanim "balun" (Balanced/Unbalanced transformer). Upotrebom baluna, postiže se da generalno kabliranje ima ista električna svojstva kao i specijalno kabliranje. Tako je dobivena jeftina i fleksibilna alternativa specijalnom kabliranju, zasnovana na stilu kabliranja telefonskih lokalnih mreža.

Rezultati postignuti primjenom baluna bili su tako dobri, da su praktično svi standardi za lokalne mreže prošireni sa specifikacijama za neposredno korištenje generalnog kabliranja, tj. parica. Najbolji dokaz za to su najnovije specifikacije za 155 Mb/s ATM i 1Gb/s Ethernet mreže koje koriste parice. Istovremeno, pojavili su se i mnogi proizvođači kvalitetne opreme za strukturalno kabliranje. Konačno, postavljeni su međunarodni standardi kojima je specificiran način izvođenja i kvaliteta komponenti i mreža strukturalnog kabliranja.

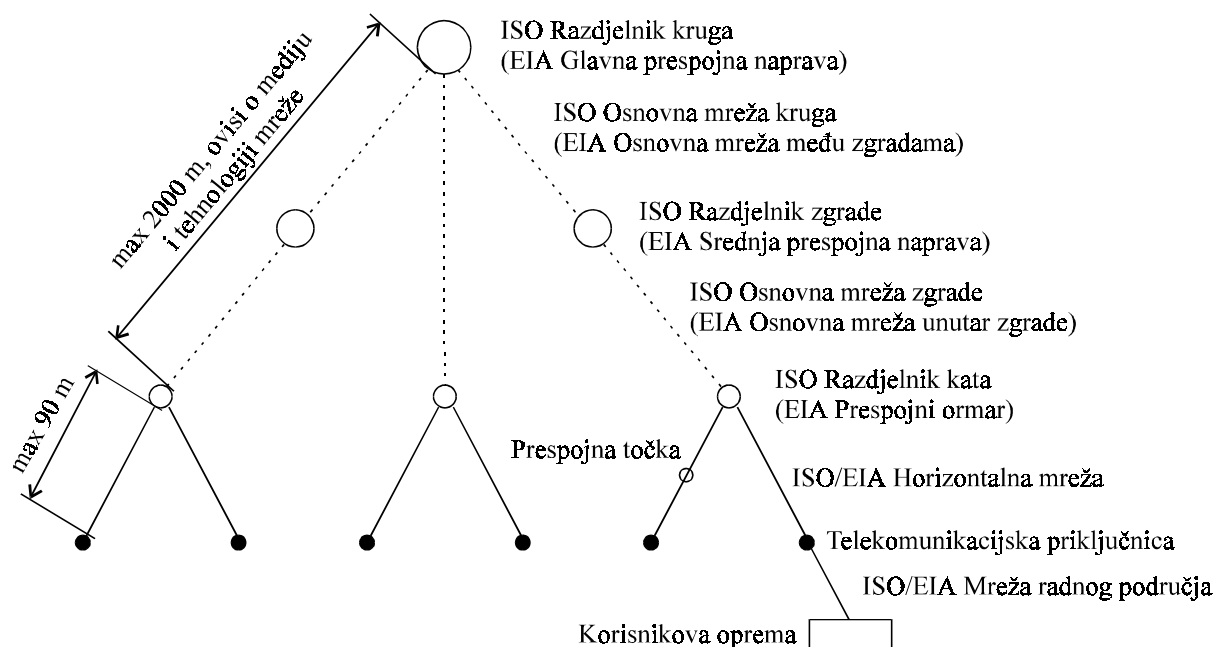
Kompanije koje svoje mreže rade na konceptu strukturalnog kabliranja očekuju mnoge prednosti. U fazi izgradnje, to je korištenje jeftinih i lako dobavljivih kabela i konektora, jednostavno postavljanje i povezivanje opreme, te male dimenzije kabela u pretrpanim kanalima. U fazi korištenja, to su fleksibilnost preseljenja postojećih i dodavanja novih korisnika, brzina promjene strukture i načina povezivanja, i jednostavnost održavanja. Istovremeno, strukturalno kabliranje zahtijeva i neke dodatne troškove. To su troškovi zasićenog kabliranja, troškovi adaptera i troškovi aktivne opreme (zvjezdista, prospojnice). U praksi se je pokazalo, da čak i kada su početni troškovi strukturalnog kabliranja veći od troškova specijalnog, ukupni troškovi u vijeku trajanja ožičenja su višestruko manji. Može se računati, da će se troškovi strukturalnog i specijalnog ožičenja izjednačiti u drugoj godini korištenja.

## 3.2 ARHITEKTURA STRUKTURNOG KABLIRANJA

Nakon uvođenja strukturalnog kabliranja od strane značajnih proizvođača (AT&T, IBM), ostvaren je značajan napor da se na tom području postave čvrsti standardi. To su zajednički obavili EIA (Electronics Industries Association) i TIA (Telecommunications Industries Association) standardom EIA/TIA 568, danas EIA/TIA 568A. Uz male izmjene, ovaj standard je prihvaćen kao međunarodni standard ISO/IEC IS-11801. Razlike su u tome, što je ISO specificirao i neke vrste kabela koji su se ranije koristili u Evropi, uveo koncept kvalitete na osnovi veze, te koristio izmijenjenu terminologiju. Po svemu ostalom ova dva standarda su potpuno kompatibilni, tako da mreže izrađene po jednoj odgovaraju i drugoj specifikaciji. Svrha je standarda omogućiti postavljanje kvalitetnog ožičenja prije odluke o namjeni, obliku, strukturi i opremi informacijskog sustava u cjelini.

### 3.2.1 Arhitektura i terminologija strukturalnog kabliranja

Osnovna arhitektura strukturalnog kabliranja koristi stablastu topologiju, slika 3.1.



Slika 3.1. - Osnovna topologija strukturalnog kabliranja

Stablasta struktura sastoji se od podsustava ožičenja s kabliskim završecima, koji čine razdjelnike. Podsustavi ožičenja su osnovna mreža kruga, osnovna mreža zgrade (vertikalna mreža), horizontalna

mreža i mreža radnog prostora. Kabelski završeci čine razdjelnik kruga, razdjelnike zgrade, razdjelnike kata, prespojne točke i telekomunikacijske priključnice.

**Osnovna mreža kruga** (ISO Campus Backbone Cabling Subsystem, EIA Inter-building Backbone Wiring) povezuje zgrade unutar tvorničkog ili sveučilišnog kruga. Vodovi se protežu od razdjelnika kruga do razdjelnika zgrada. Sastoji se od vodova i kabelskih završetaka, koji sačinjavaju razdjelnik kruga i razdjelnik zgrade.

**Osnovna mreža zgrade** (ISO Building Backbone Cabling Subsystem, EIA Intra-building Backbone Cable), često se zove **vertikalna mreža**, povezuje katove unutar zgrade. Vodovi se protežu od razdjelnika zgrade do razdjelnika katova. Sastoji se od vodova i kabelskih završetaka, koji sačinjavaju razdjelnik zgrade i razdjelnike kata.

**Horizontalna mreža** (ISO/EIA Horizontal Cabling Subsystem) povezuje prostorije unutar kata. Vodovi se protežu od razdjelnika kata do telekomunikacijskih priključnica. Sastoji se od vodova i kabelskih završetaka, koji čine razdjelnik kata i priključnice. Horizontalni vodovi trebaju biti kontinuirani od razdjelnika kata do priključnice, osim iznimno u slučaju kada se koristi prespojna točka.

**Mreža radnog prostora** (ISO/EIA Work Area Cabling Subsystem) povezuje priključnicu s korisničkom opremom. Često se svodi na priključne kabele, ali može sadržavati i aktivnu opremu. To nije stalni dio instalacije u smislu infrastrukture zgrade, pa nije pokriven specifikacijama strukturnog kabliranja.

**Razdjelnik kruga** (ISO Campus Distributor, CD, EIA Main Cross-connect, MC) je točka u kojoj se prespajaju vodovi osnovne mreže kruga. Često sadrži aktivnu mrežnu opremu. Na razdjelnik kruga se dovodi priključak javne mreže (Network Interface).

**Razdjelnik zgrade** (ISO Building Distributor, BD, EIA Intermediate Cross-connect, IC) je točka u kojoj se prespajaju vodovi osnovne mreže zgrade. U pravilu sadrži aktivnu mrežnu opremu, kao što su zvjezdista, prospojnici i usmjernici, te kućnu telefonsku centralu. Ova oprema je najčešće smještena u "sobi za opremu" (Equipment Room). Razdjelnik zgrade treba biti smješten u istoj prostoriji ili u neposrednoj blizini. Ako je zgrada samostalna, na razdjelnik zgrade se dovodi priključak javne mreže. Priključak zgrade na javnu mrežu ili osnovnu mrežu kruga je posebna točka (ISO Building Entrance Facility, BEF, EIA Entrance Facility, EF), koja sadrži opremu za zaštitu od udara groma i drugih smetnji.

**Razdjelnik kata** (ISO Floor Distributor, FD, EIA Telecommunications Closet, TC) je točka u kojoj se prespajaju horizontalni vodovi. Razdjelnik kata obavezno sadrži prespojne naprave, a često i aktivnu mrežnu opremu kao što su zvjezdista ili prospojnici. Tu se obavlja povezivanje horizontalne mreže sa osnovnom (vertikalnom) mrežom zgrade. Preporučuje se ugradnja jednog razdjelnika kata na svakih 1000 m<sup>2</sup> radne površine, a svakako najmanje jedan po svakom katu. Za slučaj da je takvo rješenje neekonomično, dozvoljava se povezivanje horizontalnih mreža s više katova na isti razdjelnik.

**Prespojna točka** (ISO/EIA Transition point, TP) se iznimno ugrađuje u horizontalnu mrežu za slučaj kada se koristi namještaj sa ugrađenim priključnicama. Tada je dozvoljeno koristiti jednu prespojnu točku, gdje se spaja horizontalni kabel s kabelom u namještaju.

**Telekomunikacijska priključnica** (ISO/EIA Telecommunications Outlet, TO) je fiksna točka u radnom prostoru (sobi) u kojoj se završava horizontalni kabel. Sastoji se od standardnog konektora. Načelo zasićenog ožičenja zahtjeva instaliranje dviju priključnica na svaka 2-3 m<sup>2</sup> radne površine.

Osnovna oprema razdjelnika su prespojne naprave. **Fiksne prespojne naprave** sadrže lemne ušice ili druge mehaničke komponente pogodne za povezivanje kabelskih završetaka s jedne i prespojnih žica s druge strane. Koriste se uglavnom za prespajanje horizontalne na vertikalnu telefonsku mrežu. **Fleksibilne prespojne naprave, prespojni paneli**, sadrže konektore s jedne i mehaničke naprave za povezivanje kabelskih završetaka s druge strane. Samo prespajanje obavlja se prespojnim kabelima, koji imaju konektore s obje strane. Prespajanje se obavlja s panela na panel (npr. horizontalne na vertikalnu mrežu) ili s panela na aktivni uređaj (npr. s horizontalne mreže na zvjezdiste). Alternativno, postoje računalno upravljani prespojni paneli s relejima (rijetko se koriste).

### 3.2.2 Ograničenja udaljenosti

Standardom su postavljena ograničenja udaljenosti, odnosno duljina vodova, kako bi se osigurao rad što većeg broja raznih sustava na mrežama strukturnog kabliranja.

**Duljina horizontalnog kabela**, koji povezuje razdjelnik kata s priključnicom, ne smije biti veća od 90 m, mjereno od same priključnice do točke u kojoj je kabel priključen na prespojni uređaj. Dozvoljena dodatna ukupna udaljenost od priključnice do korisnikove opreme i od kablenskog završetka do vertikalnog kabela ili do aktivnog uređaja je 10 m. Ukupna udaljenost koja iznosi 100 m prilagođena je mogućnostima 10Base-T Ethernet mreže. Kasnije je ta udaljenost (90+10) prihvaćena i za ostale vrste mreža, od kojih je najvažnija 100Base-TX Ethernet. Pokazalo se je da se ovom duljinom horizontalnog kabela može pokriti više od 95% stvarnih radnih prostora.

**Duljina osnovne mreže** ovisi o izabranom mediju i tehnologiji same mreže, te da li se u strukturi koristi razdjelnik zgrade ili ne. Specificirane maksimalne duljine, tablica 3.1, preuzete su iz najvažnijih nacionalnih standarda, pa ne moraju odgovarati na svim područjima i za sve mrežne tehnologije. Radi usporedbe, navedena su ograničenja za razne vrste Ethernet mreža.

| Vrsta medija           | CD-BD | BD-FD             | CD-FD             |
|------------------------|-------|-------------------|-------------------|
| svjetlovod (multimode) | 1500  | 500               | 2000              |
| 10Base-FL              | 1500  | 500               | 2000              |
| 100Base-FX             |       | 412 HD<br>2000 FD | 412 HD<br>2000 FD |
| 1000Base-FX            |       | 550               | 550               |
| UTP                    | 300   | 500               | 500               |
| 10Base-T               | 100   | 100               | 100               |
| 100Base-TX             | -     | 100               | 100               |
| 1000Base-TX            | -     | 100               | 100               |
| STP                    | 700   | 500               | 700               |
| Koaksijalni kabel      | 500   | 500               | 500               |
| 10Base-5               | 500   | 500               | 500               |
| 10Base-2               | 185   | 185               | 185               |

*Tablica 3.1. - Duljina osnovne mreže (m)*

U praksi je moguće očekivati najrazličitije probleme kod uklapanja arhitekture strukturnog kabliranja u tlocrt. zgrade ili kruga. Ovisno o obliku zgrade, srednje rješenje je u instaliranju po jednog razdjelnika kata na svakom katu, te jednog razdjelnika zgrade u blizini priključka na glavnu mrežu kruga (najčešće u podrumu ili prizemlju). Jedna krajnost su visoke a uske zgrade, kod kojih može biti ekonomično pokriti više katova jednim razdjelnikom kata. Druga krajnost su niske široke zgrade, gdje na svakom katu na svakih 1000 m<sup>2</sup> površine treba predvidjeti po jedan razdjelnik.

### 3.3 KOMPONENTE STRUKTURNOG KABLIRANJA

Mreže u sustavu strukturnog kabliranja izvode se korištenjem standardiziranih komponenti, kabela, prespojnih naprava i konektora.

#### 3.3.1 Karakteristike kabela

Kabeli se posebno specificiraju za vertikalnu, a posebno za horizontalnu mrežu. Najznačajnija odluka kod izvođenja mreže odnosi se na izbor između koaksijalnih kabela i parica. Koaksijalni kabeli su se tradicionalno koristili za prijenos podataka velikim brzinama, uz malu osjetljivost na smetnje, malo zračenje, te visoku cijenu, volumen i krutost. Parice su dizajnirane za prijenos govora, a preplitanjem vodiča i korištenjem balansiranih predajnika i prijemnika postignuta je znatna otpornost na smetnje. Iako

lošije od koaksijalnih kabela, zbog niske cijene, volumena i visoke fleksibilnosti postale su interesantne za prijenos podataka. Zahtjev za sve većim brzinama doveo je do napretka u kvaliteti samih parica, koje se danas zajedno s modernim višerazinskim modulacijama koriste za prijenos podataka brzinom do 1 Gb/s.

Iako standardi specificiraju karakteristike koaksijalnih kablova, one se ne koriste za izgradnju novih mreža. Nove se instalacije grade isključivo korištenjem parica.

Danas se parice koriste u kabelima s četiri neoklopljene parice (UTP), četiri zajednički oklopljene parice (FTP ili ScTP) ili dvije zasebno oklopljene parice (STP ili STP-A). Vodiči u UTP, FTP i STP kabelima moraju biti označeni prema tablici 3.2. Nekad su vodiči fleksibilnog kabela označeni drukčije.

| Parica / medij | UTP, FTP, ScTP                 | STP               | (UTP fleksibilni)  |
|----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| parica 1       | plava / bijelo-plava           | narančasta / crna | zelena / crvena    |
| parica 2       | narančasta / bijelo-narančasta | crvena / zelena   | žuta / crna        |
| parica 3       | zelena / bijelo- zelena        | NA                | plava / narančasta |
| parica 4       | smeđa / bijelo- smeđa          | NA                | smeđa / siva       |

**Tablica 3.2. - Boje vodiča kod UTP, FTP i STP kabela**

Osnovna svojstva kabela su uzdužni kapacitet, karakteristična impedancija i faktor brzine:

**Uzdužni kapacitet** je kapacitet između vodiča u vodu, u ovom slučaju između vodiča parice. Uzdužni kapacitet znatno utječe na karakterističnu impedanciju i brzinu prostiranja signala kroz kabel, ali i sam po sebi određuje opterećenje predajnika i spregu među vodičima različitih parica u kabelu. Stoga se nastoji ograničiti iznos uzdužnog kapaciteta.

**Karakteristična impedancija** voda određuje omjer struje i napona signala na vodu. Mjeri se u omima (za UTP 100  $\Omega$ , STP 150  $\Omega$ ), te varira s temperaturom i s frekvencijom. Prijemnici i predajnici su dizajnirani za rad s određenom impedancijom kabela. Varijacije impedancije, kao i zaključenje kabela netočnom impedancijom, izazivaju refleksije signala i time smanjuju kvalitetu prijenosa.

**Faktor brzine** pokazuje omjer brzine prostiranja elektromagnetskog vala kroz kabel prema brzini svjetlosti  $c$ . Za realne kablove ima vrijednost između 0,5 i 0,8. Npr. kod 10Base-T, UTP kabel treba zadovoljiti  $v > 0,585c$ .

Razlike kabela u kvaliteti određuju se mjerenjem sljedećih ključnih parametara na raznim radnim frekvencijama: prigušenja signala, pojedinačno i zbirno preslušavanja na bližem kraju (NEXT), odnos prigušenja i preslušavanja (ACR), pojedinačno i zbirno relativno preslušavanje na daljem kraju (ELFEXT), razlike kašnjenja i strukturnih povratnih gubitaka.

**Prigušenje (Attenuation)** je mjera kojom različite komponente spektra signala slabe za vrijeme prolaska kroz kabel. Ukupno prigušenje se mjeri u decibelima (dB), a kako ovisi o duljini segmenta, za neki kabel se specificira po jedinici duljine (npr. dB/1000m, decibela po kilometru). Načelno, prigušenje raste s porastom frekvencije.

**Pojedinačno preslušavanje na bližem kraju (PP NEXT, Pair to Pair Near End Cross Talk)** je prijenos energije predajnika na vlastiti prijemnik, čime se ometa normalni prijem signala korespondenta. Kako je signal udaljene stanice prošao kroz čitav kabel, pa je znatno oslabljen, preslušavanje ozbiljno ograničava praktično primjenjivu duljinu kabela. Preslušavanje također raste porastom duljine kabela, a iskazuje se u decibelima na referentnoj duljini. Načelno, preslušavanje raste s porastom frekvencije. Za neki kabel, maksimalnu duljinu određuje odnos gušenja i preslušavanja na najvišoj radnoj frekvenciji.

**Zbirno preslušavanje na bližem kraju (PS NEXT, Power Sum Near End Cross Talk)** nužno je specificirati kada se koristi prijenos signala po više parica odjednom. Tada signali sa svih parica ometaju prijem po promatranoj parici. Prijenos po više parica odjednom koristi se npr. kod 100Base-T4 i 1000Base-T Ethernet mreža.

**Odnos prigušenja i preslušavanja** (ACR, Attenuation to Cross Talk Ratio) zapravo je apsolutni parametar kvalitete jer određuje minimalni omjer korisnog i ometajućeg signala na strani prijemnika.

**Pojedinačno relativno preslušavanje na daljem kraju** (PP ELFEXT, Pair to Pair Equal Level Far End Cross Talk) je prijenos energije udaljenog predajnika na promatrani prijemnik, sveden na razinu signala na strani prijemnika. Značajan je kod korištenja više parica odjednom.

**Zbirno relativno preslušavanje na daljem kraju** (PS ELFEXT, Power Sum Equal Level Far End Cross Talk) je prijenos energije svih udaljenih predajnika na promatrani prijemnik. Značajan je kod korištenja više parica odjednom.

**Razlika kašnjenja** (DS, Delay Skew) je razlika u kašnjenju po raznim paricama istog kabela. Ovaj je parametar važan, jer npr. kod 1000Base-T mreža predajnik istovremeno šalje signal po sve četiri parice. Bitno je da svi signali stignu na prijemnik istovremeno, pa razlika kašnjenja na 100 m ne smije biti veća od 50 ns (oko 10% ukupnog kašnjenja).

**Strukturni povratni gubici** (SRL, Structural Return Loss) mjere se s ciljem određivanja stvarne impedancije voda, narušene utjecajem prespojnih naprava, konektora i prespojnih kabela.

Radi lakšeg snalaženja, a na osnovu činjenice da se standardne brzine prijenosa na lokalnim mrežama mijenjaju skokovito (npr. 10, 100, 1000 Mb/s), kablovi su po EIA/TIA568 svrstani u kategorije (CAT, Category), od kojih svaka zadovoljava zahtjeve određene maksimalne brzine prijenosa. Po ISO 11801 kablovi su svrstani u klase A - F (Class), koje uglavnom odgovaraju EIA/TIA kategorijama.

U početku su se kategorije odnosile samo na UTP kablove, no danas proizvođači često i druge vrste kablova, kao što su ScTP i STP, rangiraju po istim kategorijama. Proizvođači su dužni na plaštu kabela označiti kategoriju, npr. CAT-5 za kategoriju 5.

Do sada su definirane kategorije 1 - 5, dok se radi na specifikaciji kategorija 5e, 6 i 7.

**CAT-1 (ISO Class A)** ili TTP (Telephone Twisted Pair) koristi se za telefonske mreže. To je obična telefonska parica bez ikakvih zahtjeva za kvalitetom. Ova kategorija je ispuštena iz standarda.

**CAT-2 (ISO Class B)** koristi se za telefonske mreže i prijenos podataka do 1 Mb/s. To je kvalitetna telefonska parica. Ova kategorija je također ispuštena iz standarda.

**CAT-3 (ISO Class C)** koristi se za telefonske mreže i prijenos podataka do 16 Mb/s. Primjenjuje se za Ethernet 10Base-T mreže i 16Mb/s Token Ring mreže. Ne preporučuje se za nove instalacije.

**CAT-4 (ISO Class C extended)** koristi se za telefonske mreže i prijenos podataka do 20 Mb/s. Specificirana je kao proširenje kategorije 3. Primjenjuje se za Ethernet 10Base-T mreže i 16Mb/s Token Ring mreže. Ne preporučuje se za nove instalacije.

**CAT-5 (ISO Class D)** koristi se za prijenos podataka do 100 Mb/s. Primjenjuje se za Ethernet 10Base-T, 100Base-TX, 1000Base-T mreže i ATM priključke brzina 25,6, 51,84 i 155,52 Mb/s. Kablovima ove kategorije danas se najčešće izvode nove mreže.

**CAT-5e (ISO Class D extended)** je prijedlog proširenja specifikacije CAT-5 parametrima potrebnim za prijenos podataka po više parica odjednom (PPELFEXT, PSELFEXT, razlika kašnjenja). Koristi se za prijenos podataka do 100 Mb/s. Karakteristike se specificiraju prema potrebama Ethernet 100Base-TX i 1000Base-T mreža. Očekuje se da će se u bliskoj budućnosti kablovima ove kategorije izvoditi nove mreže. Formalno usvajanje standarda trebalo bi biti obavljeno do kraja 2000. godine.

**CAT-6 (ISO Class E)** je prijedlog nove kategorije kabela. Koristit će se za prijenos podataka do 250 Mb/s. Za sada nema mreža za koje bi se primijenila ova kategorija kabela.

**CAT-7 (ISO Class F)** je prijedlog nove kategorije kabela. Koristit će se za prijenos podataka do 600 Mb/s. Za razliku od prethodnih, smatra se da će samo STP kablovi zadovoljiti ovu specifikaciju. Za sada nema mreža za koje bi se primijenila ova kategorija kabela.

Postavlja se dilema da li kod novih instalacija koristiti UTP ili STP (FTP ili ScTP) kablove. Mnoga ispitivanja su pokazala da neispravno instalirani STP kabel ima lošije karakteristike od UTP kabela.

Kako su STP kablovi i oprema skuplji, teži, manje fleksibilni, zahtijevaju komplicirane procedure spajanja i skuplje prespojne naprave, optimalno je koristiti UTP kablove.

Gore opisani UTP i STP kablovi namijenjeni su horizontalnoj i vertikalnoj instalaciji. Posebno, za izvođenje tih instalacija ponekad se zahtijevaju dodatne karakteristike.

Kod **horizontalnih** instalacija, moguće je da će kabel za prijenos podataka prolaziti kanalima za ventilaciju, klimatizaciju, dvostrukim podom ili plafonom. U tom slučaju, zahtijeva se korištenje ojačanih kablova (Plenum Cabling). Ponekad se kablovi vode ispod toplog poda. Ovi kablovi moraju biti posebno jake konstrukcije (Under Carpet Cabling).

Kod **vertikalnih** instalacija kablovi se postavljaju okomito. Kada se radi o 1-2 kata, težina pojedinačnog kabela nije problematična. Kod vertikalna od 3 i više katova, treba koristiti posebno ojačane kablove predviđene za vertikalnu ugradnju, ili pričvrstiti i rasteretiti obične kablove. Kod vertikalne instalacije često se koriste kablovi s više parica, npr. 25-parni CAT-3 kabel. Ovi kablovi su prvenstveno namijenjeni telefonskim mrežama, a iznimno se mogu koristiti za 10Base-T mreže. Za veće brzine, treba koristiti kablove koji odgovaraju CAT-5 specifikaciji.

Mnoge zemlje zahtijevaju da vertikalni kablovi budu s nezapaljivim plaštem, kako se kabelskim šahtovima požar ne bi mogao širiti s kata na kat. Ovaj zahtjev je razuman i za horizontalne mreže.

### 3.3.2 Karakteristike optičkih kabela

Optička nit sastoji se od optičke jezgre (core), optičkog plašta (cladding) i optički nepropusnog plašta. Optička jezgra i plašt imaju različite optičke karakteristike, pa se svjetlost lomi prema sredini niti. Način prolaska svjetlosti ovisi o omjeru debljina optičke jezgre i plašta.

Kod **jednomodnih** (SM, Single Mode) optičkih niti jezgra je vrlo tanka, promjera 6-8  $\mu\text{m}$  (mikrona), okružena staklenim optičkim plaštem promjera 125  $\mu\text{m}$ . Stoga se svjetlo lomi na samo jedan način. Ovakav kabel može prenijeti podatke brzinom od više Gb/s na udaljenost od 5-25 kilometara. Za izvor signala koriste se laseri. Optička nit, pripadajuća oprema i procedure spajanja su vrlo skupi. Jednomodne optičke niti primjenjuju se prvenstveno za izgradnju mreža širokog dosega (WAN) i novih sustava kabelske televizije.

Kod **višemodnih** (MM, Multi Mode) optičkih niti jezgra je deblja, promjera 50-100  $\mu\text{m}$ , okružena staklenim optičkim plaštem promjera 125  $\mu\text{m}$ . Svjetlo se lomi na više načina. Višemodnom niti moguće je prenijeti podatke brzinom od oko 500 Mb/s na udaljenost od 1-2 kilometara. Za izvor signala koriste se LED diode. Optička nit, pripadajuća oprema i procedure spajanja su relativno jeftini. Višemodne optičke niti primjenjuju se prvenstveno za izgradnju lokalnih mreža (LAN).

Danas se u sustavima strukturnog kabliranja dominantno koriste višemodne niti promjera 62,5/125  $\mu\text{m}$ . Očekuje se standardizacija niti promjera 50/125  $\mu\text{m}$ . Svaka nit je omotana plastičnim plaštem, koji je štiti od mehaničkih oštećenja i svjetlosnih smetnji. Više niti se ugrađuje u optički kabel. Kako je prijenos jednosmjernan, broj niti u kabelu je uvijek paran.

Svojstva optičke niti definiraju se gušenjem i širinom frekvencijskog pojasa na dvije standardne valne duljine, 850 i 1300 nm. Ove valne duljine svjetlosti odgovaraju dvama područjima na kojima je gušenje staklenog vlakna minimalno. Povećanjem duljine optičke niti gušenje raste, a frekvencijski opseg pada. Višemodni 62,5/125 kabel mora zadovoljiti parametre u tablici 3.3.

| valna duljina | gušenje   | širina pojasa |
|---------------|-----------|---------------|
| 850 nm        | 3,7 dB/km | 160 MHz•km    |
| 1300 nm       | 1,5 db/km | 500 MHz•km    |

*Tablica 3.3. - Minimalni parametri višemodne optičke niti promjera 62,5/125 mikrona*

Svjetlost valne duljine 850 nm generira se LED diodama, pa se to područje koristi kod jeftinijih instalacija s višemodnim nitima. Laserski generirano svjetlo valne duljine 1300 nm u pravilu se koristi kod instalacija s jednomodnim vlaknima.

Prijenos signala optičkim kabelima je brz i neosjetljiv na smetnje, uz postizanje znatne udaljenosti prijenosa. Optički kabeli ne prenose strujne udare. Stoga je primjena optičkih kabela optimalna kod izgradnje **osnovne mreže kruga**. Kabeli moraju biti posebno izvedeni za postavljanje na otvorenom ili pod zemlju, prvenstveno zaštićeni od vlage i mehaničkih oštećenja (loose buffer, kabel u širokom plaštu ispunjenom želeom).

Za **vertikalnu mrežu** (osnovnu mrežu zgrade) primjena optičkih kabela može biti opravdana ako su udaljenosti između razdjelnika zgrade i kata veće od dosega UTP kabela (veće od 100 m za 100 Mb/s). Kod kraćih udaljenosti, ako se planira skoro proširenje mreže i povećanje brzine osnovne mreže zgrade, ugradnja optičkih parica može biti opravdana kao strateška odluka. Kabeli se izrađuju za ugradnju unutar zgrade (tight buffer, kabel u uskom plaštu je savitljiviji i zauzima manje prostora).

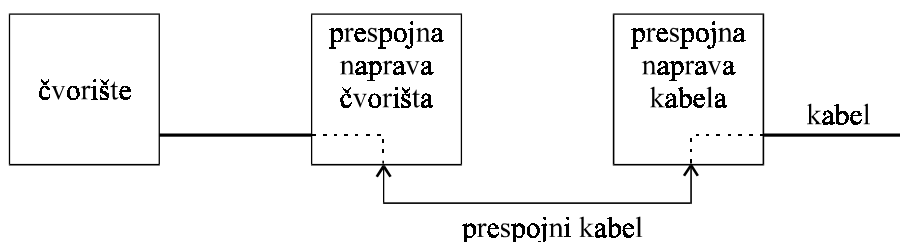
**Horizontalna mreža** se najčešće može izvesti kablovima duljine manje od 100 (90+10) m. Kako za sve danas poznate mreže UTP kablovi zadovoljavaju po pitanju brzine prijenosa podataka, ugradnja optičkih kabela u horizontalnoj mreži nije opravdana. U slučaju posebnih zahtjeva, ugradnja je naravno moguća, ali se postavlja pitanje koliko se generalnom mrežom mogu pokriti svi posebni zahtjevi.

### 3.3.3 Karakteristike prespojnih naprava

Razdjelnici, odnosno prespojne naprave u njima, nužni su da bi se pojedinačna priključnica povezala s potrebnim priključkom na aktivnoj opremi. Osnovna točka u kojoj se obavlja prespajanje je razdjelnik kata, u kojem se koriste fleksibilne prespojne naprave. U razdjelnicima zgrade i kruga prespajanje se obavlja daleko rjeđe, pa se mogu koristiti i fiksne prespojne naprave. U razdjelnicima, odnosno uz njih, često se instalira aktivna mrežna oprema korisnika (čvorišta, npr. zvjezdišta, prespojnicu).

Duljina segmenta kabela u sustavu strukturnog kabliranja, a ovisno o tehnologiji lokalne mreže, često je ograničena maksimalnom udaljenošću između aktivnih elektroničkih uređaja (npr. 100 m za Ethernet). Ova udaljenost ovisi o prigušenju signala i preslušavanju na ukupnoj stazi, koja se sastoji od konektora čvorišta, kabela do prespojne naprave, prespojnog kabela s konektorima, horizontalnog (ili vertikalnog) kabela, priključnice, te prespojnog kabela s konektorima i konačno utičnice računala (ili čvorišta). Moguće su tri varijante povezivanja aktivne opreme u razdjelniku, korištenjem vlastite prespojne naprave, bez prespojne naprave i direktnim spajanjem kabela.

Kod korištenja **vlastite prespojne naprave čvorišta**, čvorište i horizontalni kabel su povezani na prespojnu napravu. Veza priključka čvorišta s kabelom ostvaruje se prespojnim kabelom između prespojne naprave čvorišta i prespojne naprave kabela, slika 3.2.

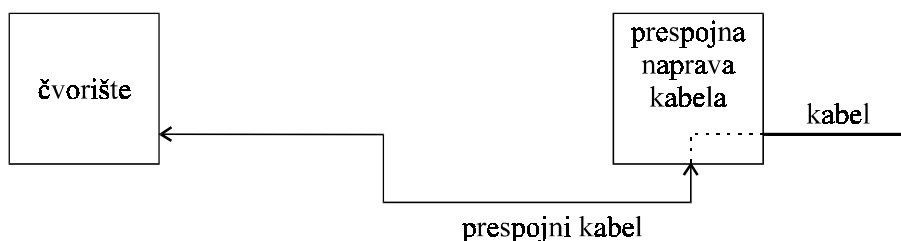


*Slika 3.2. - Spajanje čvorišta s vlastitom prespojnou napravom*

Kod ovog spajanja koristi se jedan segment kabela i jedan par konektor-utičnica više nego je neophodno. Kako svaki konektor uzrokuje dodatne gubitke, ovakav način povezivanja se izbjegava.

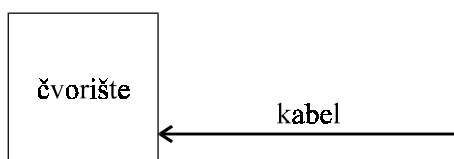
Kod povezivanja **bez prespojne naprave čvorišta**, samo je kabel povezan na prespojnu napravu. Prespajanje se obavlja prespojnim kabelom od prespojne naprave kabela direktno na konektor čvorišta, slika 3.3. Ovaj načina povezivanja koristi činjenicu da većina čvorišta, zvjezdišta i prospojnika, ima ugrađene konektore. Tako konektori čvorišta zapravo služe kao prespojna naprava čvorišta. Uštedom jednog segmenta kabela i jednog para konektora, smanjuje se ukupno gušenje i preslušavanje, te se lakše postiže maksimalna specificirana udaljenost. Preporučuje se korištenje ovog načina prespajanja čvorišta, a velika većina instalacija strukturnog kabliranja upravo je tako projektirana i izvedena. Aktivni uređaji i prespojni paneli montiraju se u ormare, te povežu prespojnim kabelima.





*Slika 3.3. - Spajanje bez prespojne naprave čvorišta*

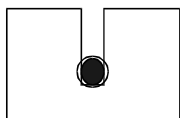
**Direktno spajanje kabela** na čvorište je način povezivanja kojim se može dokinuti još jedna točka prigušenja i refleksije, te se razmatra za eventualnu standardizaciju. Motiv je u povećanoj udaljenosti za vrlo velike brzine prijenosa. Kod ovog povezivanja, kabel se zaključuje odgovarajućim konektorom i direktno povezuje na čvorište, slika 3.4.



*Slika 3.4. - Direktno spajanje kabela na čvorište*

Kod direktnog povezivanja problem je u odstupanju od načela strukturnog kabliranja po kojem je instalacija dio zgrade, a čvorište korisnikov uređaj. Za sada ne treba koristiti direktno spajanje kabela, bar dok se ne standardizira način i područje primjene.

Prespojne naprave imaju ulogu kablinskih završetaka. Vodiči kabela povezuju se na prespojnu napravu korištenjem izolacijom razmaknutih kontakata (IDC, Insulation Displacement Connector). Radi se zapravo o kontaktima s utorima u koje se pojedinačni vodiči umeću posebnim alatom, slika 3.5.



*Slika 3.5. - Kontakti prespojnih naprava*

Kod umetanja nije potrebno guliti izolaciju, tako da je sam proces vrlo jednostavan i brz.

Prespojne naprave unose, kao što je rečeno, dodatno gušenje i preslušavanje u vezu između aktivnih uređaja. Porastom brzine prijenosa podataka po UTP kablovima, gušenje na prespojnim napravama je postalo nezanemarivo. Stoga su standardima EIA/TIA568 i ISO 11801 specificirani parametri prespojnih naprava prema kategorijama, slično kao za kablove. Ukoliko ugrađujemo kabel kategorije 5, nužno je ugraditi i prespojne naprave iste kategorije, jer je samo tako moguće postići maksimalnu udaljenost (90+10 m).

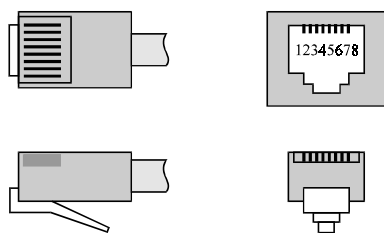
Osim toga, preporučeni su i uvjeti pod kojima se maksimalno dozvoljeno gušenje neće prekoračiti. Tako npr. kod povezivanja kablenskog završetka za CAT-5, nije dozvoljeno rasplitanje više od 12 mm parice. Također su preporučena mjerenja kojima se provjerava da li instalirano ožičenje zadovoljava uvjete standarda. Pri tome sve četiri parice pojedinog kabela moraju zadovoljiti minimalne zahtjeve (pristup najgore parice, Worst Pair).

### 3.3.4 Karakteristike konektora i njihovo povezivanje

Standardizirani su konektori za UTP i STP kablove, te debeli i tanki koaksijalni kabel. Za UTP i ScTP kabel koristi se 8-kontaktni modularni RJ-45 konektor, za STP-A kabel 4-kontaktni MIC konektor, za debeli Ethernet koaksijalni kabel koristi se N konektor, a za tanki (RG-58) Ethernet kabel BNC konektor. Zbog dominantne primjene UTP kabela, najčešće se koristi RJ-45 konektor.

Osnovna vrsta konektora koji se koristi za strukturno kabliranje s UTP vodovima je **EIA/TIA RJ-45** modularni konektor (RJ, Registered Jack), također definiran međunarodnim standardom ISO 8877. Specificiran je standardima EIA/TIA 568 i ISO 11801, te za potrebe ISDN i ATM priključaka.

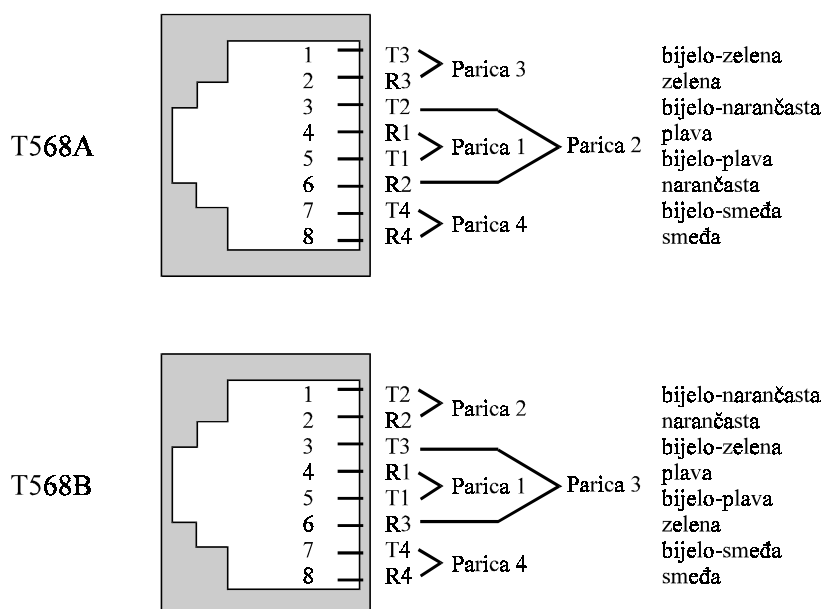
RJ-45 je utični konektor s osam kontakata poredanih u nizu, slika 3.6.



Slika 3.6. - RJ-45 konektor, utikač i utičnica

Utikač se uvijek montira na fleksibilni prespojni kabel, a utičnica se nalazi na prednjoj ploči aktivnog uređaja, prespojne naprave ili utične kutije. Kruti kabel instalacije montira se na kontakte s utorom, smještene na stražnjoj strani utičnica prespojnih naprava ili utičnih kutija. Utikač i utičnica su nesimetrični tako da nije moguće nepravilno priključivanje. Jednom utaknut, utikač je zakočen zapornim zubom. Za isključivanje, potrebno je pritisnuti polugu i time osloboditi zaporni zub.

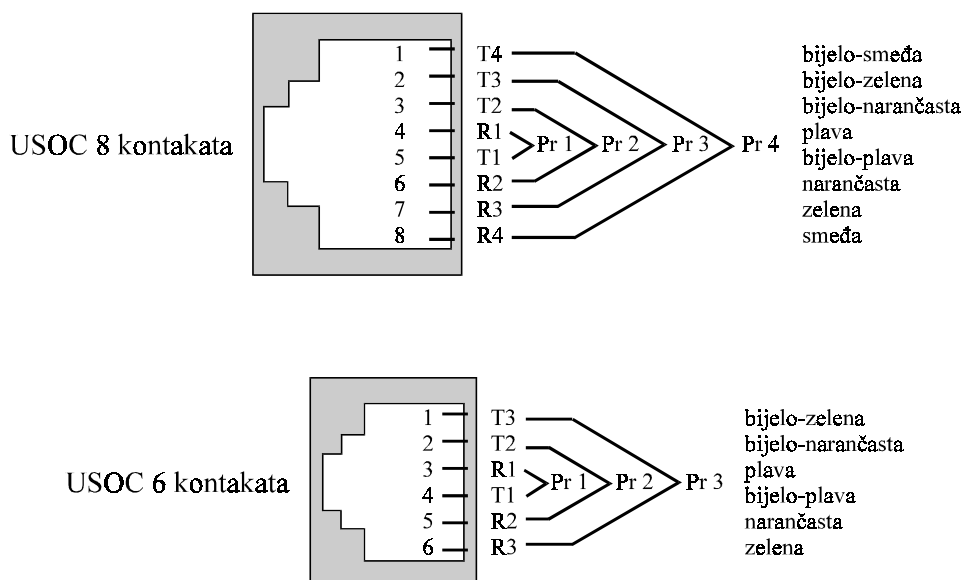
Raspored parica i vodiča po kontaktima nije potpuno jednoznačno određen, pa imamo nekoliko varijanti spajanja. Prema EIA/TIA 568 preporučene su dvije varijante, T568A koja potječe od ISDN prakse, i T568B koja potječe od AT&T i Ethernet prakse, slika 3.7. U oba slučaja neophodno je spojiti svih osam vodiča. Na sljedećim slikama oznake "Tx" i "Rx" znače pojedine vodiče parice, prema eng. Tip i Ring, dok je "x" broj parice. Tip Ring više nemaju značenja, osim kao oznaka, pa je bitna samo standardna boja izolacije vodiča.



Slika 3.7. - Raspored vodiča po T568A i T568B

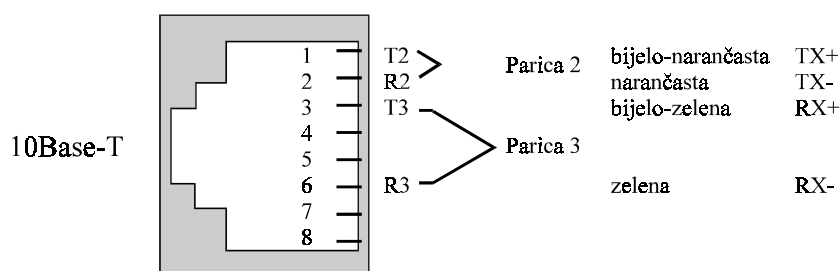
Razlika između T568A i T568B je u zamjeni parice 2 s paricom 3. Prednost T568A specifikacije je što je kompatibilna s ISDN standardom, a T568B što je kompatibilna s Ethernet 10Base-T standardom. U praksi je, međutim, jedino važno čitavu instalaciju izvesti po jednom od rasporeda. Kako su parice 2 i 3 simetrično postavljene u kabelu, dozvoljeno je korištenje prespojnih kabela po T568A na ožičenju T568B i obrnuto.

Telefonski priključci često se spajaju prema USOC (Universal Service Order Code), slika 3.8. Specificiran je raspored parica na konektoru s 8 kontakata (RJ-45) i na konektoru s 6 kontakata (RJ11). USOC i T568A/B su kompatibilni po parici 1, tako da je moguće USOC uređaje koji koriste samo jednu paricu spajati na T568A/B ožičenja. Kod višeparičnih USOC uređaja, potrebno je koristiti USOC ožičenje i posebno označiti takve priključnice. Preporučljivo je za telefonske uređaje koristiti 6-kontaktne konektore (RJ-11), kako bi se onemogućilo uključivanje računalne opreme na telefonske priključke, na kojima se redovito javljaju visoki naponi (48V= i 125V/25Hz signal zvonjenja).



**Slika 3.8.** - Raspored vodiča po USOC standardu

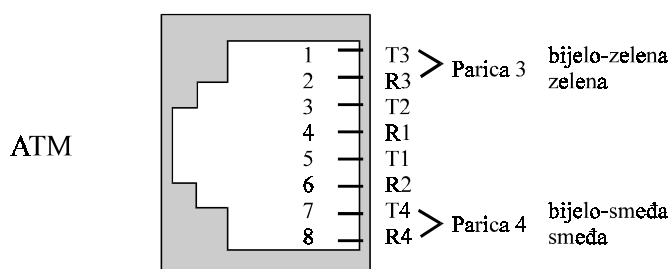
Za pojedine vrste lokalnih mreža standardizirani su vlastiti rasporedi vodiča po kontaktima. Tako npr. 10Base-T i 100Base-TX Ethernet standardi predviđaju korištenje parice 2 i 3, slika 3.9.



**Slika 3.9.** - Raspored vodiča po 10Base-T i 100Base-TX standardu

Po paricama 2 i 3 Ethernet standardi su kompatibilni s T568B, ali ne predviđaju spajanje parice 1 i parice 4. U praksi se spajaju sve četiri parice, koje su nužne za 100Base-T4 i 1000Base-TX, a po T568A ili T568B standardu. Pri tome vrijedi gore spomenuto svojstvo simetričnosti kabela, tako da nema nikakve razlike između dviju varijanti ožičenja.

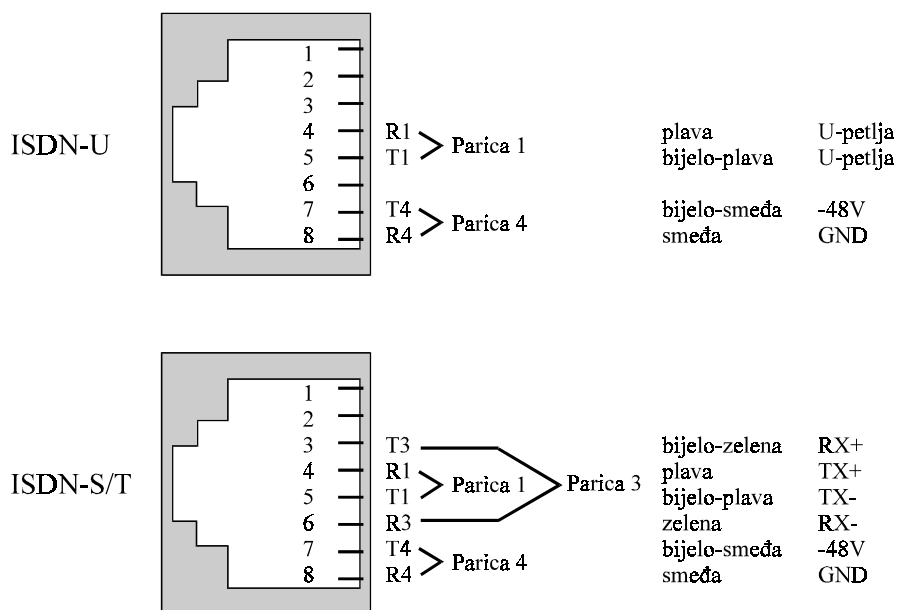
ATM priključci koriste parice 1 i 4, slika 3.10.



**Slika 3.10.** - Raspored vodiča na ATM priključku

Raspored je kompatibilan s T568A i T568B standardom.

Kod ISDN mreža razlikujemo dvožično U-sučelje (U-loop) i četverožično S/T sučelje (S/T Bus). Na oba sučelja koristi se RJ-45 konektor, slika 3.11. Napon napajanja po parici 4 koristi se po potrebi (opcija). ISDN raspored kompatibilan je s T568A i T568B standardom.



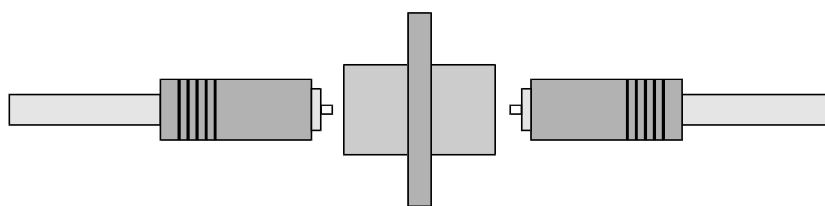
*Slika 3.11. - Raspored vodiča na ISDN U i S/T sučeljima*

### 3.3.5 Karakteristike optičkih konektora i njihovo povezivanje

Optički konektori koriste se za zaključivanje optičkih vlakana i njihovo priključivanje na aktivne uređaje ili na prespojne naprave. U tijeku razvoja umrežavanja optičkim vlaknima, razvilo se je nekoliko vrsta konektora, i to ST (AT&T, bajonet), SC (modularni), FSD (FDDI Duplex) i SMA (kao ST, ali na navoj). Kod svih optičkih konektora zajedničko je da se optička nit povezuje za keramičko vreteno (Ceramic Ferrule). Povezivanje na vreteno obavlja se kontaktno (višemodna vlakna, jeftinije rješenje) ili lijepljenjem epoksi smolom (višemodna i jednomodna vlakna, skuplje rješenje). Nakon toga se konektor utakne u priključnicu aktivnog uređaja, ili u optički spojnik (Optical Coupler) kojim se povezuju dva vlakna (konektor na konektor).

Prijenos optičkim vlaknima je jednosmjernan, pa se konektori uvijek koriste u paru. Stoga je FSD konektor dvosmjernan, a SC konektor modularan, pa se dva mogu spojiti u jedan dvosmjerni. Optički spojnici mogu biti jednosmjerni i dvosmjerni.

Standardom EIA/TIA 568A predviđena je upotreba modularnih SC konektora (568SC) i spojnika za dvosmjerni prijenos, te višemodnih vlakana promjera 62,5/125  $\mu\text{m}$ , slika 3.12.



*Slika 3.12. - SC optički konektor i spojnik, jednosmjerni*

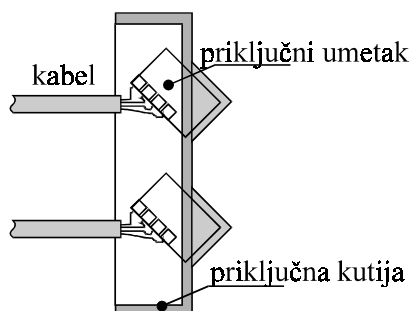
Na uređajima se vrlo često nalaze bajonet ST priključnice. U tom slučaju nužno je koristiti prespojne optičke kablove koji na jednom

kraju imaju ST, a na drugom kraju SC konektore.

### 3.3.6 Mehanička izvedba prespojnih naprava i priključnica

Prespojne naprave i priključnice, osim što moraju zadovoljavati specificirana svojstva po kategorijama, trebaju u praksi omogućiti jednostavno rukovanje, montažu i trajnost. Pri tome se koristi tehnologija spajanja kablinskih završetaka utiskivanjem u utore pločastih kontakata.

Priključnice se grade od priključnih kutija i priključnih umetaka, slika 3.13.

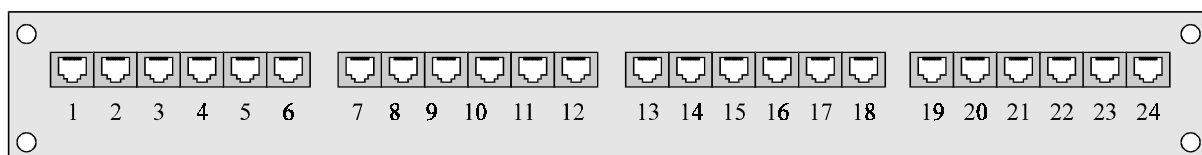


*Slika 3.13. - Priključna kutija i priključni umetak*

Standardne su priključne kutije koje prihvaćaju četiri priključna umetka, iako postoje i izvedbe koje prihvaćaju dva ili šest umetaka. Sami umeci se izvode s RJ-45 ili RJ-11 konektorom. Kontakti s utomom su označeni bojom prema standardnim bojama vodiča UTP kabela. Stoga se posebno naručuju umetci za T568A, T568B ili USOC raspored vodiča. Razlika je samo u obojenim oznakama.

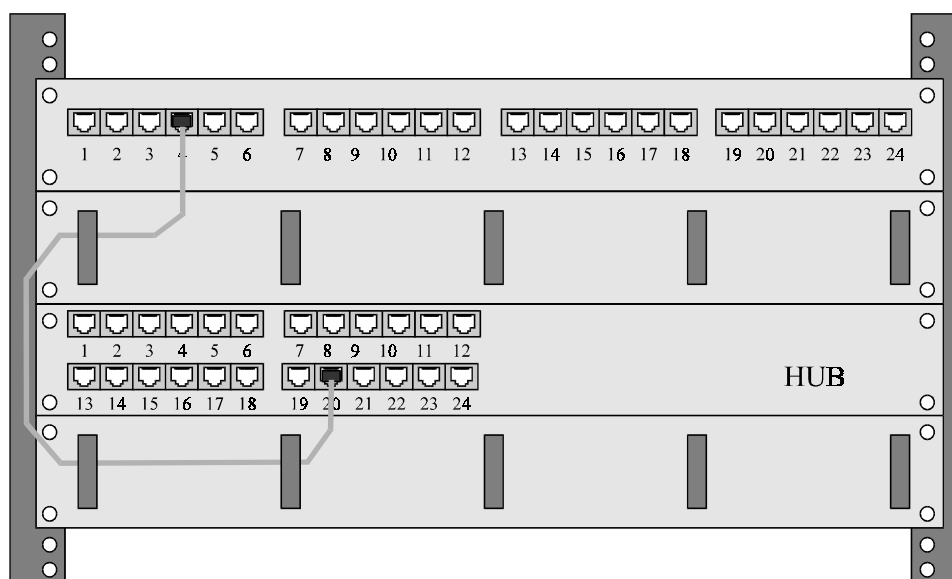
Prespojne naprave se mogu ostvariti istim priključnim umecima, koji se montiraju na limene nosače. Prednost ove varijante je u fleksibilnosti izbora umetaka, pa je moguće miješati umetke s RJ-45 i RJ-11 konektorima, te umetke različitih boja. Mana je u nešto povećanoj cijeni i manjoj gustoći konektora.

Nešto jeftinije prespojne naprave su kompaktne, tako da se koriste blokovi s više RJ-45 priključnica. To omogućava veću gustoću konektora. Tako npr. prespojni panel za montažu u ormar standardne širine 19" (483 mm) i standardne visine 1U (1U = 44 mm) može sadržavati do 24 konektora (uobičajene su izvedbe s 8, 12, 16 i 24 za jednostruku, te 24 i 32 za dvostruku visinu), slika 3.14.



*Slika 3.14. - Prespojni panel*

Prespojni paneli za optička vlakna sadrže optičke spojnice. Prespojni paneli, obruči za polaganje prespojnih kablova, te aktivna mrežna oprema montiraju se u ormare s (staklenim) vratima, kako bi se spriječilo neovlašteno prespajanje i rukovanje opremom, slika 3.15.



### 3.3.7 Zahtjevi kod izvođenja instalacije

Kod izvođenja instalacije potrebno se je pridržavati dodatnih pravila, koja su specificirana osnovnim ili nekom dopunskim standardima. Radi se o polumjeru savijanja kabela i udaljenosti od energetskih vodova.

**Polumjer zakrivljenosti** savijanja kabela definira se sa svrhom da se izbjegnu fizička oštećenja kabela, te da se očuvaju njegove električke performanse. Polumjer zakrivljenosti nekad se definira u odnosu na promjer kabela D, a nekad i apsolutno, tablica 3.4:

| kabel               | polumjer savijanja |
|---------------------|--------------------|
| UTP horizontalni    | 4 D                |
| UTP vertikalni      | 6 D                |
| UTP kod provlačenja | 8 D                |
| STP                 | 75 mm              |
| STP ojačan          | 150 mm             |
| optički neopterećen | 10 D, min 30 mm    |
| optički opterećen   | 20 D, min 30 mm    |

Tablica 3.4. - Minimalni polumjer savijanja kabela

Uočimo veći polumjer kod opterećenog kabela.

**Udaljenost od energetskih kabela** se kontrolira da bi se izbjeglo nepotrebno preslušavanje signala 50 Hz i raznih smetnji izazvanih uključivanjem i isključivanjem potrošača. Razlikujemo minimalnu udaljenost od neoklopljenih i od oklopljenih energetskih kablova, tablica 3.5.

| energetski kabel  | < 2 kV | 2-5 kV | > 5kV  |
|---|--------|--------|--------|
| neoklopljen, u blizini otvorenih ili plastičnih kanala s vodovima             | 127 mm | 305 mm | 610 mm |
| neoklopljen, u blizini metalnih uzemljenih kanala s vodovima                  | 64 mm  | 152 mm | 305 mm |
| u metalnom uzemljenom kanalu, u blizini metalnih uzemljenih kanala s vodovima | -      | 152 mm | 305 mm |

Tablica 3.5. - Minimalni razmaci od energetskih kablova

Udaljenosti su značajne za paralelno postavljene vodove. Ukoliko se radi o križanju kanala, mogu se u praksi tolerirati i manji razmaci.

### 3.4 MJERENJA NA INSTALACIJAMA

Standardima EIA/TIA 568A i ISO 11801 specificirana su mjerenja na komponentama i na gotovim instalacijama. Mimo standarda, neka se mjerenja obavljaju kod održavanja instalacija.

**Mjerenja na komponentama** obavljaju se s ciljem određivanja kategorije kojoj pripada ta komponenta. Pri tome moraju biti zadovoljena sva mjerenja, a ne samo neka. Nakon obavljenih mjerenja (atestiranja), proizvođač dobiva pravo označavanja i prodaje svog proizvoda pod postignutom kategorijom. Mjerenja na komponentama se načelno ne obavljaju kod izvođenja instalacija. Dovoljno je kupiti komponente od renomiranog proizvođača, pogledati njegove reference, te razinu tehničke podrške i duljinu garantnog roka. Iznimno, kod jako velikih narudžbi, može se od proizvođača tražiti da prezentira svoju tehnologiju mjerenja i standardne rezultate, te tražiti da obavi neka pojedinačna mjerenja na slučajno izabranim uzorcima. Jedna od garancija kvalitete je i postizanje neke od ISO-9000 kategorija, koje svjedoče o razini organiziranosti, dokumentacije i kontrole kvalitete kod proizvođača.

**Mjerenja na instalacijama** obavljaju se s ciljem provjere da li je instalacija izvedena na način koji je čini sukladnom s deklariranom kategorijom. Ova mjerenja se obavljaju na terenu, nad završenom instalacijom, i obično su dio procedure primopredaje radova. Mjerenja na instalacijama obuhvaćaju kontrolu rasporeda vodiča, identifikaciju kabela, te mjerenja električnih karakteristika. Kod električnih mjerenja javlja se problem mjerenja karakteristika fiksnog dijela instalacije i karakteristika cjelovitog kanala.

**Mjerenja kod održavanja** obavljaju se u tijeku životnog vijeka mreže. U svakodnevnom radu mreže može doći do raznih kvarova, izazvanih mehaničkim ili električkim oštećenjima opreme. Osim mjerenja koja se obavljaju kod primopredaje instalacija, mjerenja kod održavanja uključuju i lociranje voda u kanalu, te određivanje mjesta kvara (prekida).

#### 3.4.1 Mjerenja na UTP vodovima

Mjerenja na UTP vodovima obavljaju se kod primopredaje instalacije i za vrijeme eksploatacije. Kao što je gore spomenuto, ova mjerenja obuhvaćaju kontrolu rasporeda, identifikaciju kabela, otkrivanje položaja voda, otkrivanje duljine i mjesta kvara, te mjerenja električnih karakteristika.

**Kontrola rasporeda vodiča** je osnovno mjerenje koje otkriva pogreške nastale u tijeku povezivanja kabelskih završetaka na prespojne naprave ili priključne umetke. Karakteristične pogreške su:

- **Otvoreni krug** je situacija kod koje nema provodnog puta od kontakta konektora prespojne naprave do kontakta konektora priključnog umetka. Može nastati zbog prekinutog vodiča ili zbog lošeg spoja kablenskog završetka.
- **Kratki spoj** je situacija kod koje postoji vodljivost između bilo koja dva vodiča u kabeu. Nastaje zbog oštećenja izolacije na kablenskom završetku, ili zbog proboja u samom kabeu.
- **Ukrštene parice** je situacija kod koje je neka parica umjesto na jedan par kontakata konektora spojena na drugi par kontakata. Posljedično, neka druga parica je spojena na promatrani par kontakata konektora. Nastaje pogrešnim povezivanjem vodiča.
- **Obrnuta parica** je situacija kada su vodiči jedne parice međusobno zamijenjeni na jednom kraju, čime se narušava polaritet veze. Nastaje pogrešnim povezivanjem vodiča.
- **Okrenuta parica** je situacija kada su vodiči neke parice međusobno zamijenjeni na oba kraja. Ovim se ne narušava funkcionalnost parice, a najčešće niti električne karakteristike. Nastaje pogrešnim povezivanjem vodiča. Otkriva se samo vizualnim pregledom.
- **Razdvojene parice** je situacija kod koje je jedan vodič neke parice povezan na kontakte konektora neke druge parice. Posljedično, jedan vodič druge parice je povezan na kontakte prve parice. Ovim nije narušeno povezivanje s kraja na kraj voda, ali su drastično poremećene električne karakteristike, prvenstveno preslušavanje (NEXT). Nastaje pogrešnim povezivanjem vodiča. Otkriva se mjerenjem električnih karakteristika.

Kontrola rasporeda obavlja se posebnim uređajem za ispitivanje rasporeda (Wiremap Tester). Obično zahtijeva priključivanje identifikacijskog modula na drugoj strani voda. Na ekranu instrumenta očitamo da li je raspored ispravan, odnosno identificiranu pogrešku.

**Identifikacija kabela** je osnovno mjerenje kojim se provjerava oznaka na oba kraja kabela. Potrebna je jer se nekad privremene naljepnice (postavljene prije povlačenja kabela) gube, kada se kod priključivanja kablenskog završetka kabeli skraćuju na potrebnu mjeru. Obavlja se korištenjem uređaja za ispitivanje rasporeda, koji može raspolagati s više identifikacijskih modula (obično do 8). Identifikacijski moduli postavljaju se na priključne kutije, a mjerenje se obavlja u razdjelniku kata istovremeno s kontrolom rasporeda vodiča.

**Otkrivanje položaja voda** je pomoćno mjerenje, koje se obavlja za vrijeme korištenja mreže. Ukoliko je došlo do kvara na vodu, potrebno je otkriti kuda vod prolazi kroz zgradu. Na vod s priključi generator električnog signala frekvencije oko 2 kHz, te se posebnim prijemnikom prati staza kojom prolazi kabel.

**Mjerenje duljine voda** je osnovno mjerenje kojim se provjerava duljina voda, kako bi se osigurala sukladnost sa primijenjenim standardom, npr. 90 m za horizontalnu mrežu. Obavlja se vremenskim reflektometrom (TDR, Time Domain Reflektometer). To je uređaj koji šalje kratki impuls na početku voda, te mjeri sve refleksije tog impulsa. Time se otkrivaju diskontinuiteti na vodu, kao što su kablanski završeci, konektori, mjesta oštećenja, i naravno nezaključeni kraj voda. Mjerenjem vremena do najkasnijeg reflektiranog impulsa, uz poznatu brzinu prostiranja po kabeu, precizno se određuje duljina kabela.

**Otkrivanje mjesta kvara** obavlja se također vremenskim reflektometrom (TDR). Mjerenjem vremena do refleksije određuje se udaljenost do svakog diskontinuiteta, pa je moguće otkriti mjesto kvara (npr. prekida ili kratkog spoja uzduž voda). Nakon toga se, otkrivanjem položaja voda, odredi položaj kvara u zgradi.

**Mjerenje električnih karakteristika** obavlja se na fiksnom dijelu instalacije i na čitavom kanalu.

**Fiksni dio instalacije** (basic link) proteže se kod horizontalne mreže od prespojne naprave razdjelnika kata do priključne kutije. Kod vertikalne mreže fiksni dio se proteže od prespojne naprave razdjelnika zgrade do prespojne naprave razdjelnika kata. Strogo uzevši, samo je fiksni dio instalacije dio zgrade. Stoga je naizgled logično mjeriti karakteristike fiksnog dijela. Standardima su definirane karakteristike koje mora zadovoljiti fiksni dio, tablica 3.6.

| Cat 5, Fiksni dio, dB |         |         |        |         |        |           |           |                 |
|-----------------------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------------|
| frekvencija (MHz)     | gušenje | NEXT PP | ACR PP | NEXT PS | ACR PS | ELFEXT PP | ELFEXT PS | povratni gubici |
| 1                     | 2.0     | 60.0    | 58.0   |         |        | 57.0      | 54.4      | 15.0            |
| 4                     | 4.0     | 51.8    | 47.8   |         |        | 45.0      | 42.4      | 15.0            |
| 8                     | 5.7     | 47.1    | 41.4   |         |        | 38.9      | 36.3      | 15.0            |
| 10                    | 6.4     | 45.5    | 39.1   |         |        | 37.0      | 34.4      | 15.0            |
| 16                    | 8.1     | 42.3    | 34.1   |         |        | 32.9      | 30.3      | 15.0            |
| 20                    | 9.1     | 40.7    | 31.6   |         |        | 31.0      | 28.4      | 15.0            |
| 25                    | 10.3    | 39.1    | 28.9   |         |        | 29.0      | 26.4      | 14.3            |
| 31.25                 | 11.6    | 37.6    | 26.0   |         |        | 27.1      | 24.5      | 13.6            |
| 62.5                  | 16.7    | 32.7    | 15.9   |         |        | 21.1      | 18.5      | 11.5            |
| 100                   | 21.6    | 29.3    | 7.7    |         |        | 17.0      | 14.4      | 10.1            |

*Tablica 3.6. - Minimalni zahtjevi za fiksni dio instalacije po CAT5*

Problem nastupa kod izvođenja samog mjerenja. Mjerne instrumente je nužno spojiti na instalaciju, a time unosimo dodatne gubitke koje treba odbiti od dobivenih mjernih rezultata. Moderni mjerni instrumenti automatski obavljaju potrebne korekcije.

**Cjeloviti kanal** (channel) proteže se od čvornog aktivnog uređaja do korisnikovog računala, ili od jednog do drugog čvornog aktivnog uređaja. Sastoji se od fiksnog dijela i prespojnih kabela, uključujući i gubitke na kontaktima konektora. Za razliku od fiksnog dijela, cjeloviti kanal sadrži i pokretne prespojne kablove koji se uvijek mogu mijenjati dužima, isključivati ili oštetiti u korisnikovom radnom prostoru. Stoga je nezahvalno mjeriti karakteristike cjelovitog kanala, jer one kasnije mogu varirati. Sa druge



strane, upravo je mjerenje karakteristika cjelovitog kanala jedino moguće (zbog potrebe za priključivanjem mjernih instrumenata). Ovo mjerenje je jedino interesantno za korisnika, kojega u krajnjem slučaju interesira funkcionalnost povezanih uređaja na mrežu, a ne karakteristike nepovezanih vodova u zidu. Stoga su standardima specificirane i karakteristike koje mora zadovoljiti cjeloviti kanal, tablica 3.7.

| Cat 5, Cjeloviti kanal, dB |         |         |        |         |        |           |           |                 |
|----------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------------|
| frekvencija (MHz)          | gušenje | NEXT PP | ACR PP | NEXT PS | ACR PS | ELFEXT PP | ELFEXT PS | povratni gubici |
| 1                          | 2.2     | 60.0    | 57.8   |         |        | 57.0      | 54.4      | 15.0            |
| 4                          | 4.5     | 50.6    | 46.1   |         |        | 45.0      | 42.4      | 15.0            |
| 8                          | 6.3     | 45.6    | 39.3   |         |        | 38.9      | 36.3      | 15.0            |
| 10                         | 7.1     | 44.0    | 36.9   |         |        | 37.0      | 34.4      | 15.0            |
| 16                         | 9.1     | 40.6    | 31.6   |         |        | 32.9      | 30.3      | 15.0            |
| 20                         | 10.2    | 39.0    | 28.8   |         |        | 31.0      | 28.4      | 15.0            |
| 25                         | 11.4    | 37.4    | 26.0   |         |        | 29.0      | 26.4      | 14.0            |
| 31.25                      | 12.9    | 35.7    | 22.9   |         |        | 27.1      | 24.5      | 13.1            |
| 62.5                       | 18.6    | 30.6    | 12.0   |         |        | 21.1      | 18.5      | 10.1            |
| 100                        | 24.0    | 27.1    | 3.1    |         |        | 17.0      | 14.4      | 8.0             |

*Tablica 3.7. - Minimalni zahtjevi za cjeloviti kanal po CAT5*

Klasični uređaji za mjerenje karakteristika kabela obavljali su analogna mjerenja na specificiranim frekvencijama. Moderni uređaji za kontrolu ožičenja rade na principu vremenskog reflektometra (TDR) i digitalne obrade signala. Mjerenjem kašnjenja, amplitude i oblika reflektiranog signala moguće je vrlo brzo (10-20 s) obaviti sva specificirana mjerenja na čitavom spektru frekvencija. Istim uređajem kontrolira se raspored vodiča, identificiraju kabele, te mjeri njihova duljina ili mjesto kvara.

Za neke vrste lokalnih mreža mjere se dodatne električne karakteristike, npr. za 10Base-T minimalna razina šuma.

U dodatnu opremu spadaju uređaji za komunikaciju među instalaterima koji postavljaju kablove ili obavljaju mjerenja. Osim ručnih radio stanica, mogu se koristiti i priručne telefonske slušalice po već postavljenim kablovima.

### 3.4.2 Mjerenja na optičkim kabelima

Mjerenja na optičkim kabelima su slična mjerenjima na običnim vodovima.

**Test kontinuiteta** koristi se za identifikaciju optičke niti i otkrivanje prekida. Obavlja se priključenjem bljeskalice na optičku nit.

**Lociranje prekida** obavlja se korištenjem vrlo snažnog svjetlosnog izvora, tako da je vidljiva osvjetljenost ovojnice kabela na mjestu prekida niti.

**Otkrivanje položaja voda** moguće je korištenjem tonskog generatora fizički priključenog na početak kabela. Vibracije u kabele izazivaju svjetlosne gubitke, koje je posebnim prijemnikom moguće pratiti uzduž kabela.

**Mjerenje gušenja** obavlja se izvorom svjetla i mjeračem snage svjetla. Preciznije je od rezultata dobivenih optičkim reflektometrom.

**Mjerenje duljine i mjesta kvara** obavlja se optičkim vremenskim reflektometrom (OTDR, Optical Time Domain Reflektometer). Može se koristiti i za mjerenje gušenja, ali daje manje precizne rezultate od mjerača snage.