

# Fizična plast

*Prenosni medij je naprava, ki omogoča razširjanje elektromagnetnih, radiofrekvenčnih in svetlobnih (laserskih in infrardečih) valov.*

Storitve, funkcije in problemi, ki jih obravnava fizična plast:

- Kako prenesti signal – tok bitov po prenosnem mediju? Upoštevati moramo lastnosti medija in poizkušati zagotoviti čim večjo kapaciteto.
- Kako uskladiti električne in druge veličine, ki služijo za kodiranje sporočil in pri prenosnem mediju?
- Kako pretvarjati električne signale v oblike, primerne za prenos po brezžičnih, optičnih vodih, infrardečem svetlobnem pasu in podobno?
- Kako kodirati digitalne signale z analognimi vrednostmi?
- Kakšni naj bodo fizični vmesniki (konektorji) za priključitev računalnika na prenosni medij?
- ...

Osnova fizične plasti je **prenosni medij**, ki povezuje notranja vodila dveh ali več računalnikov ali drugih elementov. V bistvu gre za to, kako „priključiti“ računalnik na „žico“.

Prenosni mediji so naprave, ki omogočajo prenašanje bitov v obliki digitalnega ali analognega signala od izvora do ponora. Bistvena lastnost prenosnega medija ni kapaciteta (bit/s), kakor velja za prenosni kanal, temveč njegova **frekvenčna karakteristika**.

*Frekvenčna karakteristika prenosnega medija opredeljuje najnižjo in najvišjo sinusno frekvenco, ki jo medij lahko prenese.*

Na področju HI-FI opreme je običajna frekvenčna karakteristika od 100-48000Hz (herz = nihaj v sekundi). Frekvenčna karakteristika človeškega govora je od 300 do približno 7000Hz, frekvenčna karakteristika telefonskega kanala pa od 500 do 3600Hz. Ker telefonski kanal določene frekvenčne komponente govora izloči, poslušalec zazna glas navadno kot popačen, včasih celo nerazpoznaven. Poglejmo, kako frekvenčna karakteristika prenosnega medija vpliva na kapaciteto prenosnega kanala. Ne da bi se spuščali v podrobnosti, privzamimo ugotovitev, da je na osnovi Fourierjeve analize možno razgraditi periodični signal na vsoto:

- enosmerne komponente,
- osnovnega sinusnega nihanja,
- množice sinusoid, ki jim pravimo višje harmonske komponente.

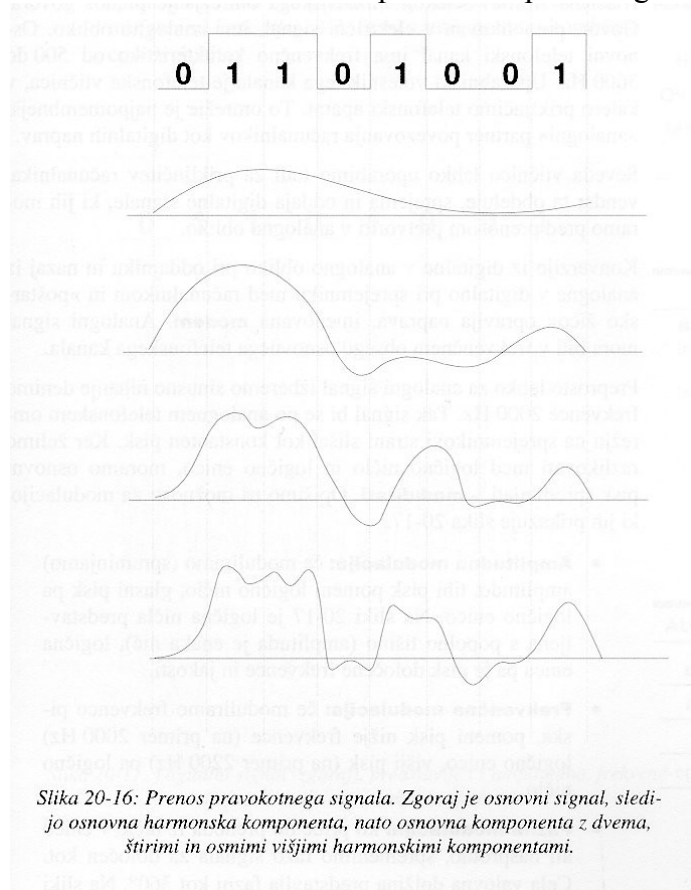
*Osnovno nihanje (osnovna harmonska komponenta) je določeno s frekvenco, amplitudo in faznim zamikom. Frekvenca višjih harmonskih komponent je mnogokratnik osnovne harmonske komponente.*

Tok bitov je v električni obliki predstavljen s stožnjičastim signalom, kjer določena vrednost (tok ali napetost) pri določeni vrednosti pomeni logično enico, pri neki drugi vrednosti pa logično ničlo (napetost 0V in 5V ali tok 3mA in 10mA,...). Po Fourierjevi teoriji je tak signal sestavljen iz neskončnega niza višjih harmonskih sinusnih komponent.

Frekvenčna karakteristika prenosnega medija pogojuje sposobnost prenosa signalov, ker previsoke in prenizke frekvence izloča iz njihovega spektra. Tudi brez natančne analize lahko razumemo, da se na izhodu prenosnega medija lep pravokotni signal ne bo pojavil v enaki obliki, ampak bo tem bolj skladen z vhodnim signalom, čim več harmonskih komponent se bo uspešno preneslo.

Prenosni mediji niso le žice, kot pogosto najprej pomislimo. Pojem bomo nekoliko razširili. Z vidika sistema je poznavanje prenosnih medijev zanimivo le toliko, kolikor različne oblike prenosnih medijev omogočajo zasnovo prenosnih kanalov, primernih za različne razdalje, z različnimi kapacitetami in z različno ceno. Našteli bomo širšo paleto prenosnih medijev, začnimo

pa s spošnim opisom, kako lahko binarne vrednosti prenašamo po analognem kanalu.



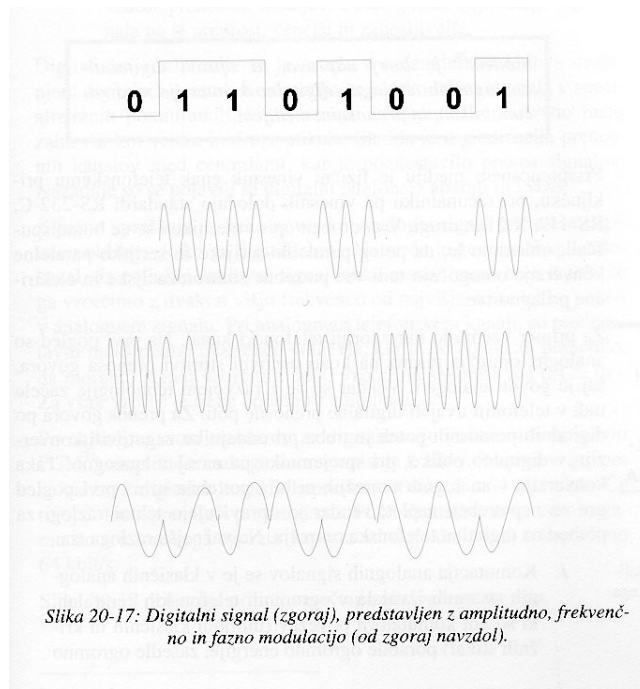
Klasična storitev telekomunikacijskega omrežja je prenos govora. govor, preoblikovan v električni signal, ima analogno obliko. Osnovni telefonski kanal ima frekvenčno karakteristiko od 500 do 3600Hz. Uporabniški vmesnik tega kanala je telefonska vtičnica, v katero priključimo telefonski aparat. To omrežje je najpomembnejši „analogni“ partner povezovanja računalnikov kot digitalnih naprav.

Seveda vtičnico lahko uporabimo tudi za priključitev računalnika, vendar ta obdeluje, sprejema in oddaja digitalne signale, ki jih moramo pred prenosom pretvoriti v analogno obliko.

Konverzijo iz digitalne v analogno obliko pri oddajniku in nazaj iz analogne v digitalno pri sprejemniku med računalnikom in "žico" opravlja naprava, imenovana **modem**. Analogni signal mora biti v frekvenčnem obsegu osnovnega telefonskega kanala.

Preprosto lahko za analogni signal izberemo sinusno nihanje denimo frekvence 2000Hz. Tak signal bi se po analognem telefonskem omrežju na sprejemnikovi strani slišal kot konstanten pisk. Ker želimo razlikovati med logično ničlo in logično enico, moramo osnovni pisk spreminjati – **modulirati**. Opišimo tri možnosti za modulacijo:

- **Amplitudna modulacija:** če moduliramo (spreminjamo) amplitudo, tihi pisk pomeni logično ničlo, glasni pisk pa logično enico. Na sliki je logična ničla predstavljena s popolno tišino (amplituda je enaka 0), logična enica pa je pisk določene frekvence in jakosti.
- **Frekvenčna modulacija:** če moduliramo frekvenco piska, pomeni, da pisk nižje frekvence (na primer 2000Hz) logično enico, višji pisk (na primer 2200Hz) pa logično ničlo.
- **Fazna modulacija:** ko pride do prehoda iz ničle v enko ali nasprotno, spremenimo fazo signala za določen kot. Cela valovna dolžina predstavlja fazni kot 360°. Na sliki se ob vsaki spremembi logične vrednosti faza signala spremeni za 180°. V praksi se uporablja različica s štirimi faznimi koti, kjer vsak fazni zamik pomeni kombinacijo dveh bitov.



*Modem je naprava, ki opravi digitalno-analogno in analogno-digitalno konverzijo med računalnikom in prenosnim medijem. Izraz modem je okrajšava za **modulator** – **demodulator**.*

## Prenos s pomnilnimi mediji

Med prenosne pomnilne medije sodijo: rahlo zastareli trakovi in kasete, prenosljivi diski, diskete, CD-ji, DVD-ji, itd. Ti mediji se včasih obnesejo celo bolje kot omrežja.

Oglejmo si primer, ko moramo med dvema računalnikoma prenesti 2GByta kot varnostno kopijo neke baze podatkov. Računalnika sta oddaljena 10minut hoda. Povezana sta s prenosnim kanalom, ki zmora 512.000bit/s. Prenos podatkov bi torej trajal

$$\frac{2 * 10^9 * 8}{512000} = 31.250s$$

kar znaša približno 8 ur in pol, pri tem pa nismo upoštevali bitov, ki se prenašajo v glavah in repih paketov! Poleg tega bi prenos onemogočil komunikacijo po tej povezavi preostalim uporabnikom. Rešitev se ponuja v obliki kopiranja podatkov na štiri zapisljive CD-je oz. en zapisljivi DVD in kratkega sprehoda do drugega računalnika, ki te medije prebere. Celotna procedura traja precej manj kot osem ur.

## Parica in zvita parica

Parica imenujemo dve vzporedni izolirani bakreni žici. Če parico zvijemo okrog lastne osi, žici torej ovijemo drugo okrog druge, se zmanjšajo neželeni električni učinki (motnje, šumi, interferenca, presluh...). Za zavito parico se uporablja tudi kratica UTP – Unshielded Twisted Pair – neoklopljena zvita parica.



To je najpreprostejši prenosni medij, v praksi najbolj razširjen in obenem tudi najcenejši. Srečujemo ga vsak dan, saj ga uporabljajo za povezovanje vsi telefonski aparati. Z modernimi digitalnimi tehnologijami vzpostavljamo po takih medijih relativno dolge prenosne kanalne kapacitete 10Mbit/s. Če pa parico uporabljamo kot analogni kanal, s standardnimi modemi nizkega cenovnega razreda dosegamo izredno dolge povezave kapacitete 33kbit/s, 64kbit/s in tja do 2Mbit/s. Na krajših razdaljah pa je možno prenašati tudi 100Mbit/s in več.

Vzpostavljalcem podatkovnih omrežij danes telekomunikacijske družbe ponujajo dva tipa prenosnih kanalov, vsakega v klasični analogni ali moderni ISDN različici.

UTP = Unshielded Twisted (Balanced) 4-Pair Cable, 100 Ohms

STP = Overall foil/braid Shielded 2-pair Cable w/ Individually shielded, 150 Ohm

FTP = Overall foil shielded 4-pair Cable, 100 Ohm

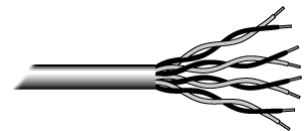
ScTP = Overall foil/braid Shielded Cable, 100 or 120 Ohm

Torej kvaliteta UTP medija zadošča telefonskemu priključku pa vse tja do ekstremno hitrih omrežnih povezav. Medij ima štiri pare bakrenih žic znotraj ovoja. Vsak par je drugače zavrt po dolžini in na tak način zmanjšamo interferenco med žicami. Standard je kategoriziral UTP prenosni medij na 5 kategorij:

- kategorija 1 – možnost prenosa samo zvoka (telefonska linija)
- kategorija 2 – podatki do 4Mbps (Localtalk)
- kategorija 3 – podatki do 10Mbps (Ethernet) – f.k. do 16 MHz
- kategorija 4 – podatki do 20Mbps (16Mbps Localtalk) – f.k. do 20 MHz
- kategorija 5 – podatki do 100Mbps (Fast Ethernet) – f.k. do 100 MHz
- kategorija 6 – podatki do 1Gbps (še ni široko uveljavljen) – f.k. do 250 MHz

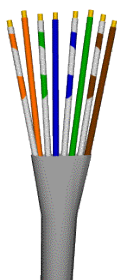
Prenosne medije z kategorijo 3,4,5 včasih tudi poimenujemo 10BaseT. Prenosni mediji kategorije 3 in 5 imajo maksimalno dolžino segmenta 100metrov.

Priključek – konektor: standardni priključek za UTP kabel je RJ45. To je plastični konektor, ki zglada podobno telefonskemu priključku, le da je malenkost večji. Priključek dovoljuje, da je RJ45 priključen samo na en način. RJ pomeni Register Jack, kar pomeni, da je priključek upošteva standard izposojen iz telefonskega stila priključka.

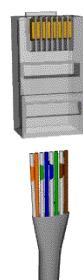


Kako izdelamo UTP kabel za priklop računalnik na razdelilnik (različno od priklopa računalnika na računalnik!):

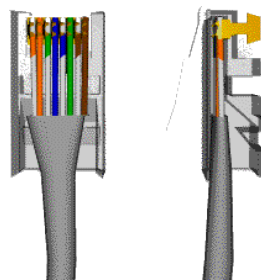
- Najprej obrežemo kabel, tako da dobimo obliko, kot kaže slika 1
- Potem kable poravnamo in jih porežemo, tako da so vsi kabli enako dolgi (slika 2)
- Na koncu še položimo RJ45 priključek na kabel še stisnemo priključek na kabel (slika 3)



slika 1



slika 2



slika 3

Zaporedje kablov:

1. belo/oranžni
2. oranžni
3. belo/zeleni
4. modri
5. belo/modri
6. zeleni
7. belo/rjavi
8. rjavi

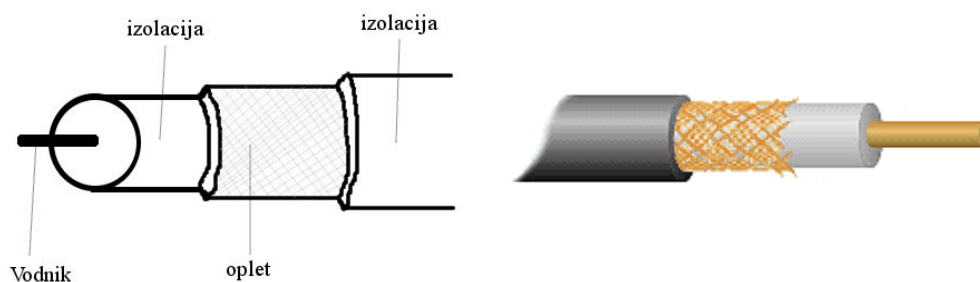
Kako izdelamo UTP kabel za priklop računalnik na računalnik (različno od priklopa računalnika na razdelilnik!):

- Da povežemo dva računalnika med seboj je potrebno izdelati križni (cross-over) kabel. Spremembo je potrebno izdelati samo na enem priključku in ne na obeh! Če zamenjamo na obeh straneh dobimo en zelo nestandarden kabel (ampak delujoč za računalnik povezat na razdelilnik)
- Kako po vrsti zgleda zaporedje kablov na eni in na drugi strani:

na eni strani		na drugi strani
- belo/oranžni	/	belo/zeleni
- oranžni	/	zeleni
- belo/zeleni	/	belo/oranžni
- modri	=	moder
- belo/modri	=	belo/moder
- zeleni	/	oranžni
- belo/rjavi	=	belo/rjavi
- rjavi	=	rjavi

## Koaksialni kabel

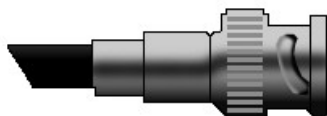
Uporabljamo pri lokalnih mrežah in pri povezavi med posameznimi mrežami. Sestavljen je iz osnovnega bakrenega ali aluminijastega vodnika, ki gre skozi izolacijski material, katerega naloga je izolacija pred nasprotnim polom, pa tudi določanje impedančne upornosti.



Kovinski pleteni plašč zagotavlja poleg nasprotne polarizacije tudi izredno močno zaščito pred zunanjimi električnimi in radiofrekvenčnimi signali. Zunanji izolacijski plašč varuje pred zunanjimi mehanskimi poškodbami. Koaksialni kabel je največkrat izveden z enim samim centralnim vodnikom. Zaradi izjemne prenosne širine tega kabla, lahko uporabimo tehniko frekvenčnega multipleksiranja.

Poznamo dva tipa koaksialnega kabla. Tanki in debeli koaksialni kabel. Tanki koaksialni kabel poimenujemo tudi thinnet ali 10base2, kateri je uporabljen za specifikacijo prenosa signalov po Ethernet omrežju. 2 pomeni približek maksimalne dolžine, ki je pri tankem koaksialnem kablu 200 metrov (v resnici je ta dolžina približno 185metrov). Zelo popularen je bil v šolskih omrežjih, predvsem pri postavitvi omrežja v obliki vodila.

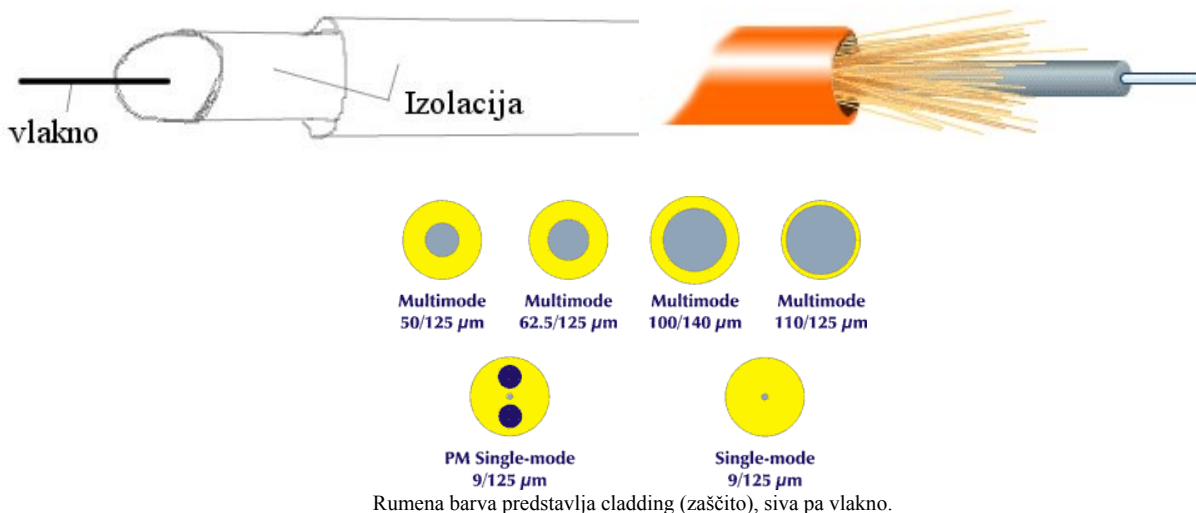
Debeli koaksialni kabel poimenujemo pa thicknet ali 10Base5. 5 pomeni maksimalno dolžino (v tem primeru 500m). Debeli koaksialni kabel ima še eno dodatno plast zaščite, ki preprečuje motnje. Ima pa slabost, ker debelejši kabel ima težji postopek namestitve samega prenosnega medija. Priključek – konektorji: Najpogostejši način priključitve koaksialnega kabla je BNC (Bayone-Neill-Concelman) priključek (slika 1). Obstajajo raznorazni adapterji za priključevanje BNC konektorja na omrežje. Eden od teh je T-člen, povezavni člen in terminator. Sami konektorji so slaba točka v vsakem omrežju.



Prednosti koaksialnega kabla: velika širina prenosnega pasu (preko 400Mhz). Neobčutljivost na električne in radijske motnje. Velika hitrost prenosa podatkov (od 10-50mbit/s). Pomankljivosti koaksialnega kabla: dražji od parice, zahtevnejša postavitve, kratka dolžina nepretrganega segmenta.

## Optični kabel

Je zaradi svojih lastnosti primeren za povezavo lokalnih računalniških omrežij med seboj, ter za povezavo na globalna računalniška omrežja. Uporablja se za povezave točka točka (PPP). Sestavljen je iz posebnega vlakna, izdelanega iz plastike ali iz vlečenega stekla. Mehanična trdnost in odpornost zagotavlja eden ali več slojev izolacije (cladding). Ker prenaša svetlobo je popolnoma neobčutljiv za električne in radijske motnje. Sama cena postavitve je primerljiva z bakrenimi kabli, s to razliko, da je težja namestitev in modifikacije. Optična vlakna, katera prenašajo Ethernet protokol se ponašajo z specifikacijo 10BaseF.



Dobre lastnosti: velika širina pasovnega pasu (3.6GHz), velika hitrost prenosa podatkov (100Mbit/s – 10Gbit/s), zanemarljivo razmerje napak, popolnoma neobčutljiv na zunanje motnje, minimalno slabljenje, zagotovljena je varnost prenosa, je tanek in lahek, velike dolžine prenosa (v primerjavi z UTP in koaksialnim kablom).

Slabe lastnosti: visoka cena, priključitev nanj zahteva posebne vmesnike, lahko izvajamo povezave samo PPP.

Najpogostejši priključek (konektor) za optična vlakna je ST priključek. ST priključek je zelo podoben BNC priključku. Pojavlja se tudi novi, ti. SC priključek, ki je lažji za priključevanje.



ST priključek



SC priključek

## Brezžični prenosni medij

Niso vsa omrežja povezana z ožičenim medijem, nekatera omrežja so tudi brezžična. Pri povezavi brezžičnih računalniških omrežij najpogosteje uporabljamo visoko frekvenčne radijske signale, infrardeče ali laserske povezave. Vsak oddajnik ali sprejemnik na brezžičnem omrežju ima neke vrste anteno, s katero si pomaga sprejemati in oddajati podatke. Na daljše relacije se lahko uporabi tudi brezžično telefonijo kot je GSM, mikrovalovne prenose ali celo preko satelitov.

### – Infrardeči prenos:

Uporablja se za prenos podatkov na kratke razdalje. Oprema, ki jo sestavljajo infraoddajnik in sprejemnik je relativno nezahtevna in majhna. Oddajnik in sprejemnik se morata videti.

Prednosti infrardečega prenosa: ugodna cena, visoka hitrost prenosa podatkov (do 45Mbit/s)

Pomanjkljivosti: majhne razdalje (max 500m), občutljivost na čistost zraka.

### – Radijski prenos:

Tehnologije WLAN (tipično do 100m – standard 802.11a do 11Mbit/s, standard 802.11g do 54Mbit/s), Bluetooth (tipično do 10m – hitrost prenosa do 1Mbit/s), mobilna telefonija

### – Mikrovalovni usmirjen prenos:

Namenjen je premagovanju večjih razdalj in omogoča prenos signala z večjo hitrostjo. Aparaturna oprema je kompleksnejša in večja. Oddajno sprejemne antene se morajo videti. Te so običajno usmerjene zveze.

Prednosti: velike razdalje, relativna neobčutljivost na vremenske razmere, zelo visoka hitrost podatkov (100mbit/s).

Pomanjkljivosti: Visoka cena, zahtevna postavitev.

## Ethernet specifikacija prenosnih medijev

<i>Specifikacija</i>	<i>Tip medija</i>	<i>Maksimalna dolžina</i>
<b>10BaseT</b>	UTP	100 metrov
<b>10Base2</b>	Thin Coaxial	185 metrov
<b>10Base5</b>	Thick Coaxial	500 metrov
<b>10BaseF</b>	Fiber Optic	2000 metrov
<b>100BaseT</b>	UTP	100 metrov
<b>100BaseTX</b>	UTP	220 metrov
<b>1000BaseTX</b>	UTP - CAT5E	220 metrov