

Přenosová média

(metalická vedení a vlastnosti)

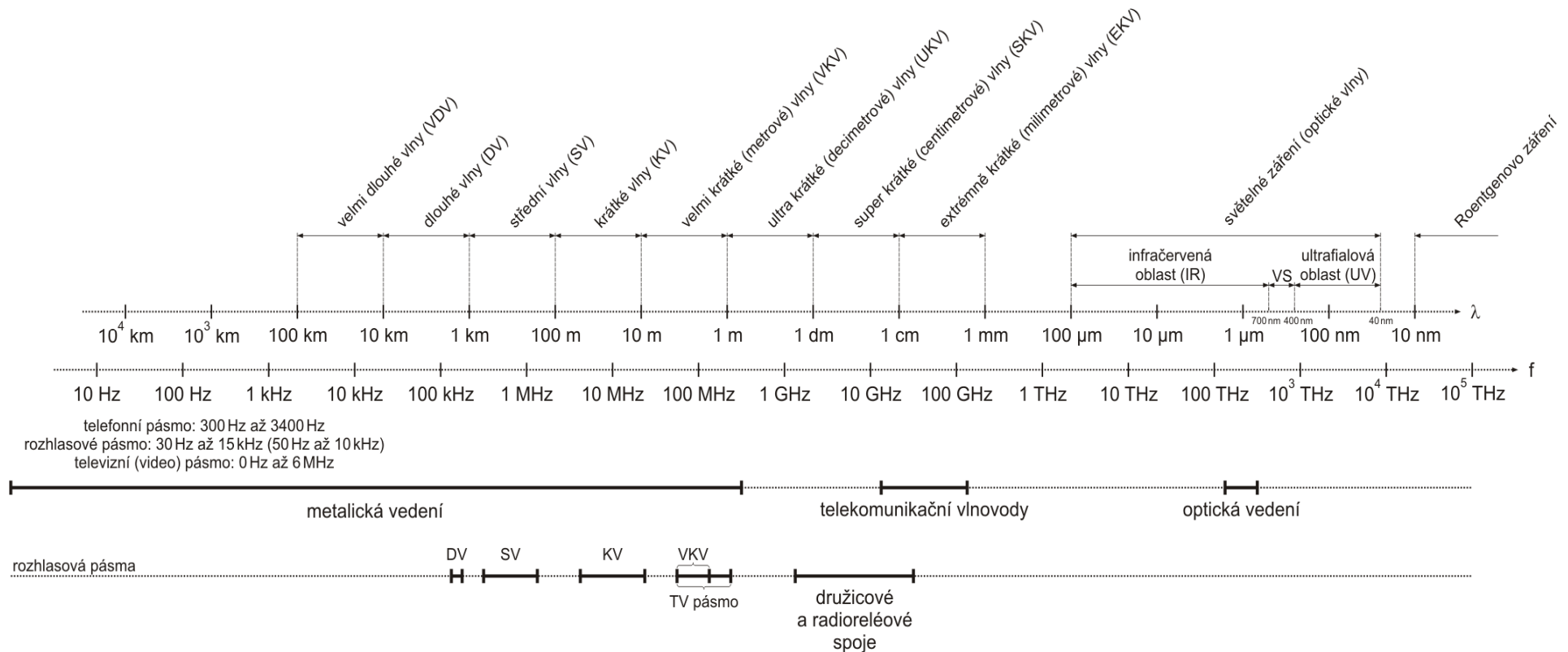
Robert Bešťák

Elektromagnetická vlna (1/2)

- Mezi telekom. zařízeními se signály přenášejí elektromag. vlnami
- Elektromagnetická vlna
 - Kmitočet f
 - Vlnová délka λ
 - ...závisí na rychlosti šíření vlny v přenosovém prostředí
(rychlost šíření ve volném prostoru = $3 \cdot 10^8$ m/s)

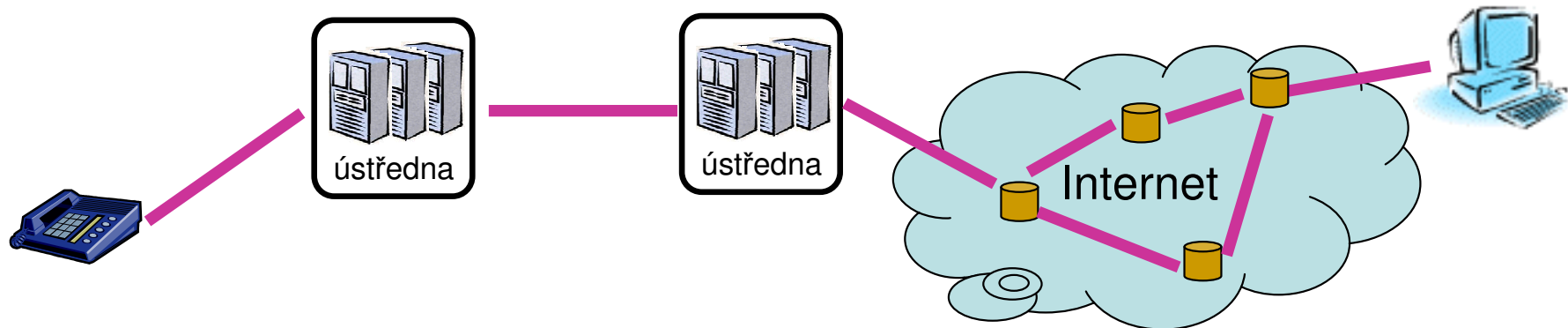
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad [m; m / s, Hz]$$

Elektromagnetická vlna (2/2)



Přenosové cesty

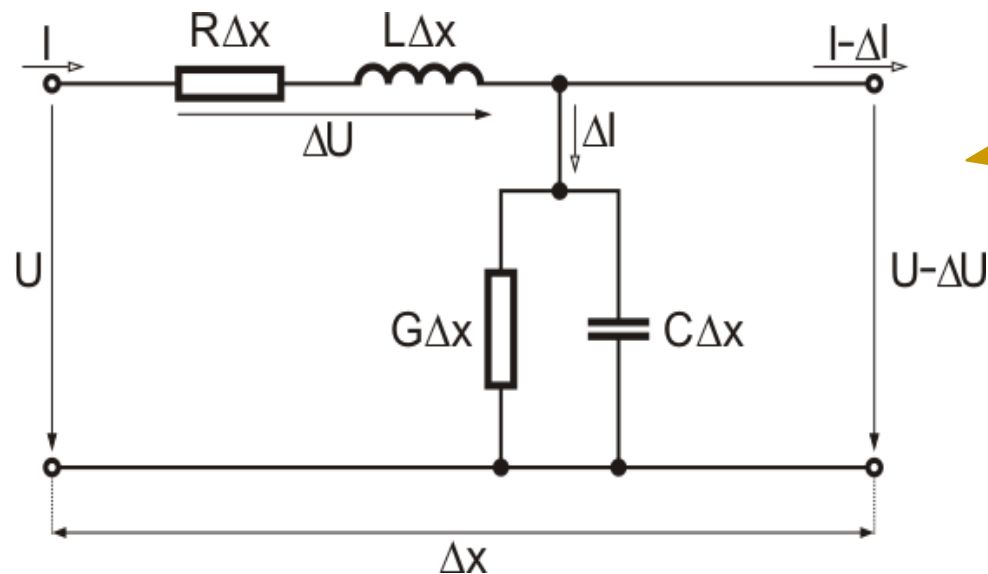
- Typy
 - Metalické
 - Optické
 - Rádiové
- Každá přenosová cesta má některé přednosti - vzájemně se doplňují
 - Řešení záleží na technicko-ekonomickém hledisku
- Metalické vedení jsou zatím stále nejběžnější → perspektivními z hlediska využitelné přenosové rychlosti se jeví optická vlákna (finančně náročnější)



Telekomunikační vedení

- Telekomunikační vedení

- Zjednodušeně lze považovat za homogenní vedení s rovnoměrně rozloženými elektrickými parametry
- **Homogenní vedení** - ve všech svých částech má stejné elekt. vlastnosti



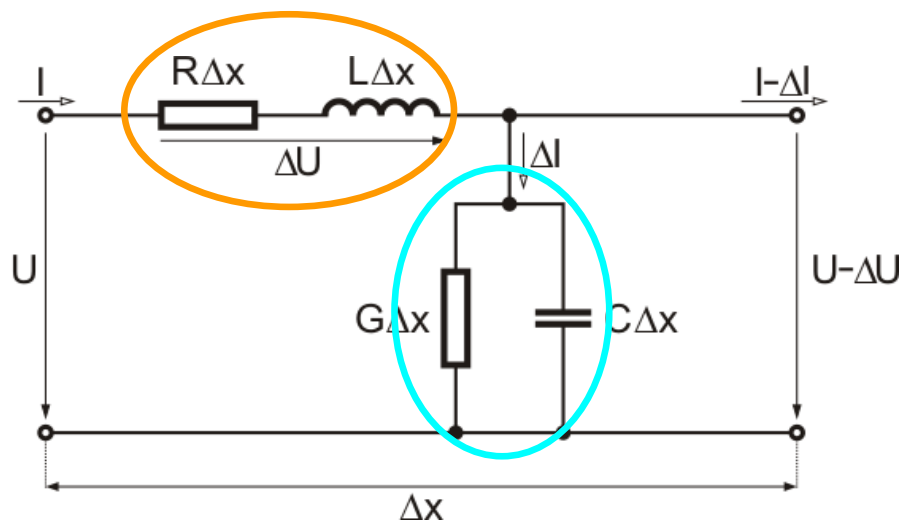
Charakteristika vedení

- Primární parametry vedení
- Sekundární parametry vedení

Primární parametry vedení

- Měrný odpor R [Ω/km]
- Měrná indukčnost L [mH/km]
- Měrná kapacita C [nF/km]
- Měrný svod G [$\mu\text{S}/\text{km}$]

Pro daný typ vedení a danou frekvenci se jedná o konstanty



$$\Delta U = I (R + j\omega L) \Delta x$$


$$\Delta I = U (G + j\omega C) \Delta x$$

Sekundární parametry vedení (1/2)

Charakteristická (vlnová) impedance - Z_c

Poměr napětí a proudu v libovolném bodě homogenního vedení je konstantní a vyjadřuje se pomocí Z_c (v komplexním tvaru)

$$Z_c = \frac{U}{I} = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} = |Z_c| \cdot e^{j\phi_c}$$


Modul Z_c Argument Z_c

$|Z_c|$ - udává poměr velikosti napěťové a proudové vlny v každém bodě homog. vedení

ϕ_c - udává rozdíl mezi fázemi napěťové a proudové vlny v každém bodě homog. vedení

Sekundární parametry vedení (2/2)

Měrná vlnová míra přenosu - γ

Relativní změna napětí a proudu v libovolném elementu vedení vztažená na jednotkovou délku je konstantní a nazývá se γ

$$\gamma = \frac{\Delta U}{U \cdot \Delta x} = \frac{\Delta I}{I \cdot \Delta x} = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

Měrný útlum
(dB/km)

Měrný fázový posun
(rad/km)

β udává zpoždění fáze šířící se vlny na jednotku délky

(...zpoždění fáze o 2π nastane ve vzdálenosti 1 délky vlny λ : $\beta\lambda = 2\pi \Rightarrow \lambda = \frac{2\pi}{\beta}$)

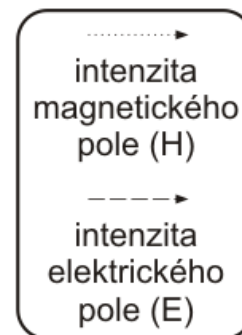
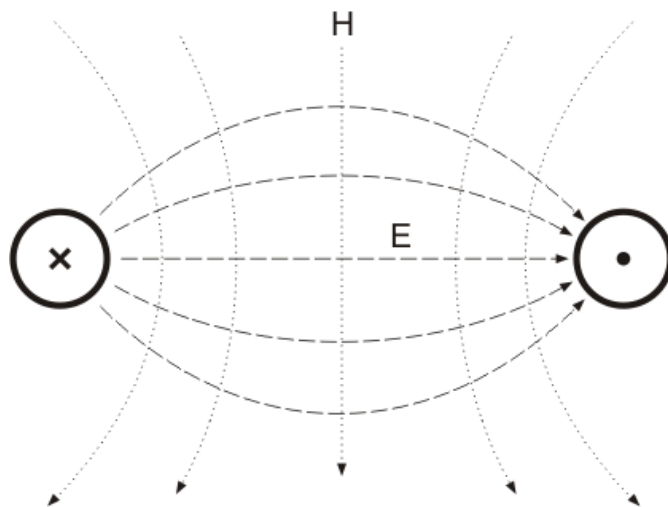
Rychlost šířící se fáze postupující harmonické vlny, je dána fázovou rychlostí šíření v_f

$$v_f = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f = \frac{2\pi f}{\beta} = \frac{\omega}{\beta} \quad [km/s]$$

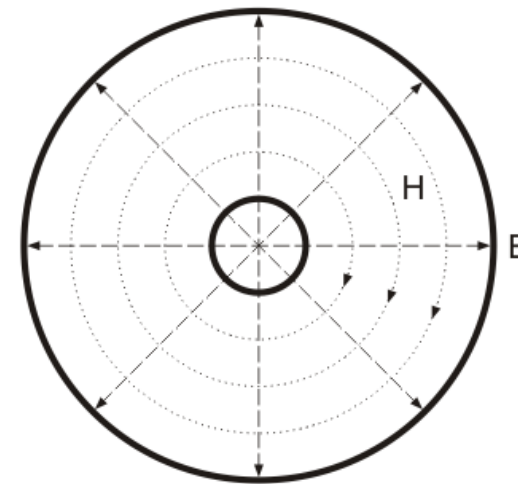
Metalická vedení - uspořádání vodičů

- Telekomunikační vedení je tvořeno nejčastěji dvojicí souběžných metalických vodičů (měď, bronz, hliník nebo ocel)
- Dle uspořádání vodičů
 - **Symetrické vedení** (dvojice paralelních nebo spirálově stočených vodičů)
 - **Koaxiální vedení** (dvojice sousých vodičů)

symetrický pár



koaxiální pár



Metalická vedení ...provedení

Nadzemní vedení

- Symetrická vedení (většinou)
- Nevýhoda - přenosové vlastnosti vedení
 - Závisí na klimatických podmínkách
 - Jsou značně ovlivněny cizími elektromagnetickými poli (silnoproudá vedení, rozhlasové vysílače, elektrospotřebiče atd.)

Kabelová vedení

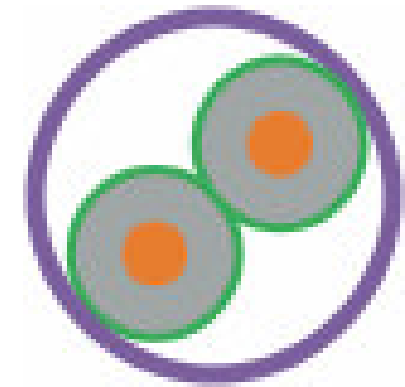
- Symetrická vedení čí koaxiální páry
- Odstraňují nevýhody nadzemních vedení
 - Umístěny v zemi (v hloubce asi 80 cm) ...chráněna proti mechanickému poškození a proti vlivu klimatických změn
 - Konstrukce i částečně chrání proti působení rušivých elektromagnetických polí

Symetrická kabelová vedení

...složení kabelu

Vodiče symetrického kabelového prvku mají vůči zemi téměř shodné impedance
⇒ jsou vůči zemi symetrické

- **Jádro**
 - Měděný vodič
- **Žíla (kabelu)**
 - Jádro + izolace
 - Plastová izolace (plná nebo pěnová)
 - ...dříve: izolace papír, papír-vzduch nebo styroflex-vzduch (vzduchová mezera dána kordelem - spirálovitě vinutý provázek či umělé vlákno)
- **Kabelový prvek**
 - Několik stočených žil
- **Duše kabelu**
 - Soustřeďuje několik kabelových prvků
 - Ochrana duše kabelu
 - Olověný, hliníkový nebo plastový plášť proti vnikání vlhkosti
 - Ocelový pancíř proti mechanickému poškození (...zajišťuje také elektromag. stínění)



Symetrická kabelová vedení

...prvky kabelu

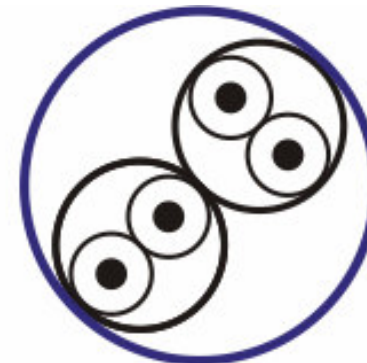
- **Symetrický pár** - dvě žíly stočené s určitou délkou skrutu
- **Křížová čtyřka X**
 - Čtyři žíly stočené se stejnou délkou skrutu, přičemž k přenosu elektromagnetické vlny se vždy využívá dvojice protilehlých žil
- **DM čtyřka** (Dieselhorst-Martin)
 - Dva páry stáčené s jinou délkou skrutu a oba páry jsou stáčeny dohromady s další délkou skrutu



Symetrický pár



Křížová čtyřka X



DM čtyřka

Symetrická kabelová vedení

...místní telefonní kabely

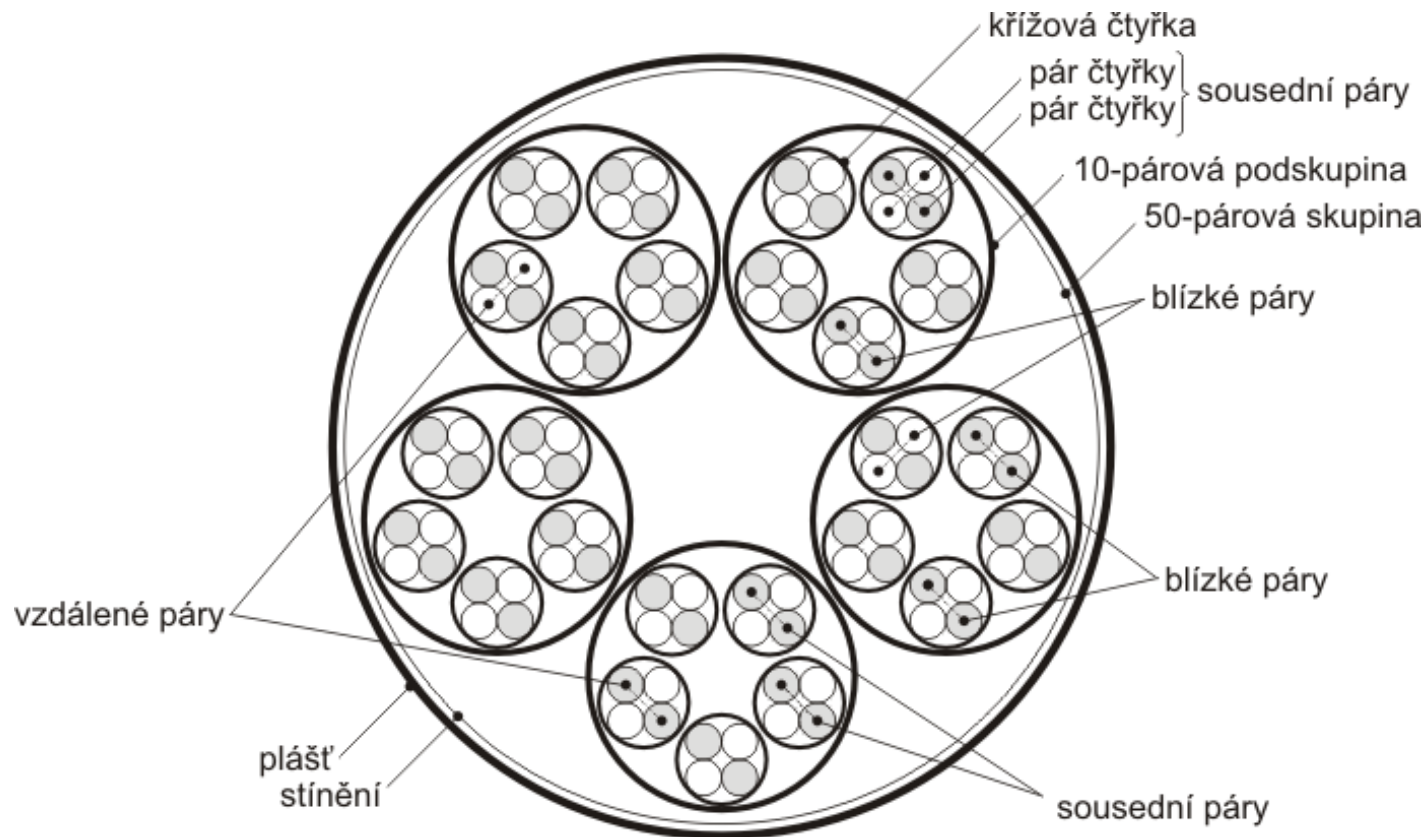
- Místní telefonní kabely
 - V přístupových sítích byly určeny původně pro přenos hovorových signálů (analog. telefonní přípojka)
 - Tvořeny páry či u nás častěji čtyřkami stočenými do vrstev či do skupin
- Složení kabelu
 - Izolace žil – polyetylén (PE)
 - PE může být napěněný (...příměs vzduchu snižuje měrnou kapacitu)
 - Průměry měděných jader
 - ČR - 0,4; 0,6 nebo 0,8 mm
 - Jinde - jako v ČR plus je možné se setkat i s průměry 0,32; 0,5; 0,9 mm

V současnosti je snaha maximálně využít existující metalické páry v místních sítích i pro přenos dat vysokými přenosovými rychlostmi (nutnost provozovat metalické páry do vysokých kmitočtů - až desítky MHz)

Symetrická kabelová vedení

...místní telefonní kabely - příklad

Uspořádání kabelu obsahujícího 25-čtyřkovou (50-párovou) skupinu tvořenou stočením pěti 5-čtyřkových (10-párových) podskupin



Strukturovaná kabeláž (1/2)

Konstruovány speciální kabely pro datové sítě uvnitř budov
→ strukturovaná kabeláž

- **Vlastnosti**

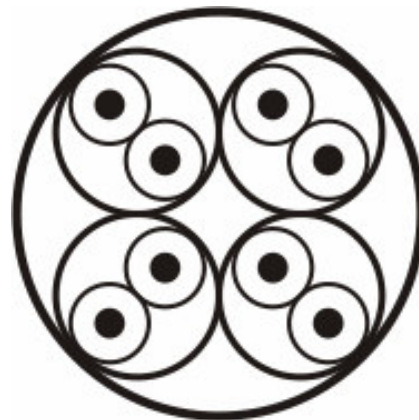
- Přenos signálů do kmitočtů stovek MHz na vzdálenost max. 100 m
- Několik kategorií (podle šířky pásma)

- **Kategorie**

- Kategorie CAT5
 - Určena pro přenos do 100 MHz
 - Primárně určeny pro sítě LAN s rozhraním Fast Ethernet (100 Mbit/s)
- Kategorie CAT6 (do 250 MHz)
- Kategorie CAT7 (do 600 MHz)

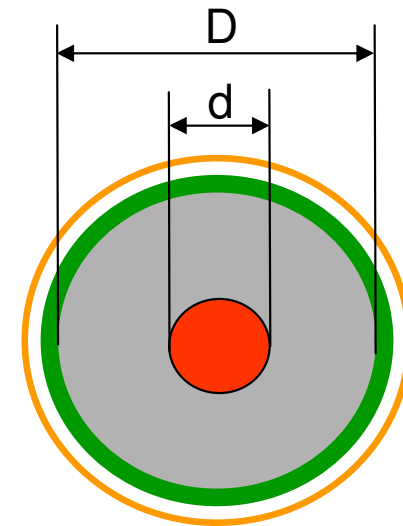
Strukturovaná kabeláž (2/2)

- Pro kabely (se symetrickými páry) pro vnitřní instalaci se užívají zkratky
 - **STP** (*Shield Twisted Pair*)
 - **UTP** (*Unshield Twisted Pair*)
- Složení kabelů
 - Obvykle 4 páry s délkou skrutu menší než u párů pro běžné telefonní přípojky → z důvodů omezení přeslechů na vysokých kmitočtech
 - Průměr jádra: 0,5 mm
 - Izolace: polyetylén(PE) → menší měrná kapacita (a tím útlum) než u izolace z PVC



Koaxiální kabel (1/2)

- Koaxiální pár – prvek koaxiálního kabelu
- Koaxiální pár
 - **Vnitřní (středový) vodič** – průměr d
 - **Vnější vodič (trubka)** – vnitřní průměr D
 - Měděný pásek (tloušťka 0,1 až 0,15 mm)
 - **Ocelový pásek**
 - Zajišťují ochranu proti mechanickým deformacím
 - Působí jako elektromagnetické stínění
 - Dielektrikum - tvoří vzduchová mezera
 - ...souosé umístění obou vodičů je zajištěno středícími izolačními disky nebo použitím tzv. balónkové izolace



Poměr D/d je volen z hlediska minimálního měrného útlumu koaxiálního páru
Pro měděné vodiče se vzduchovým dielektrikem je optimální poměr $D/d = 3,6$

Koaxiální kabel (2/2)

- Nejrozšířenější typy v telekomunikacích
 - Malý koaxiální pár (D/d = 4,4/1,2 mm)
 - Střední(standardní) koaxiální pár (D/d = 9,5/2,6 mm)
- U koaxiálních párů platí: $R < \omega L$ a $G < \omega C$

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \beta = \omega \sqrt{LC}$$

