



Přenosová média

KIV/PD

Přenos dat

Martin Šimek

O čem přednáška je?

2

- frekvenční spektrum elektromagnetických signálů
- přehled vlastností přenosových médií
- kroucená dvoulinka
- koaxiální kabel
- optické vlákno
- radiové vlny
- mikrovlny
- infračervené světlo
- ...

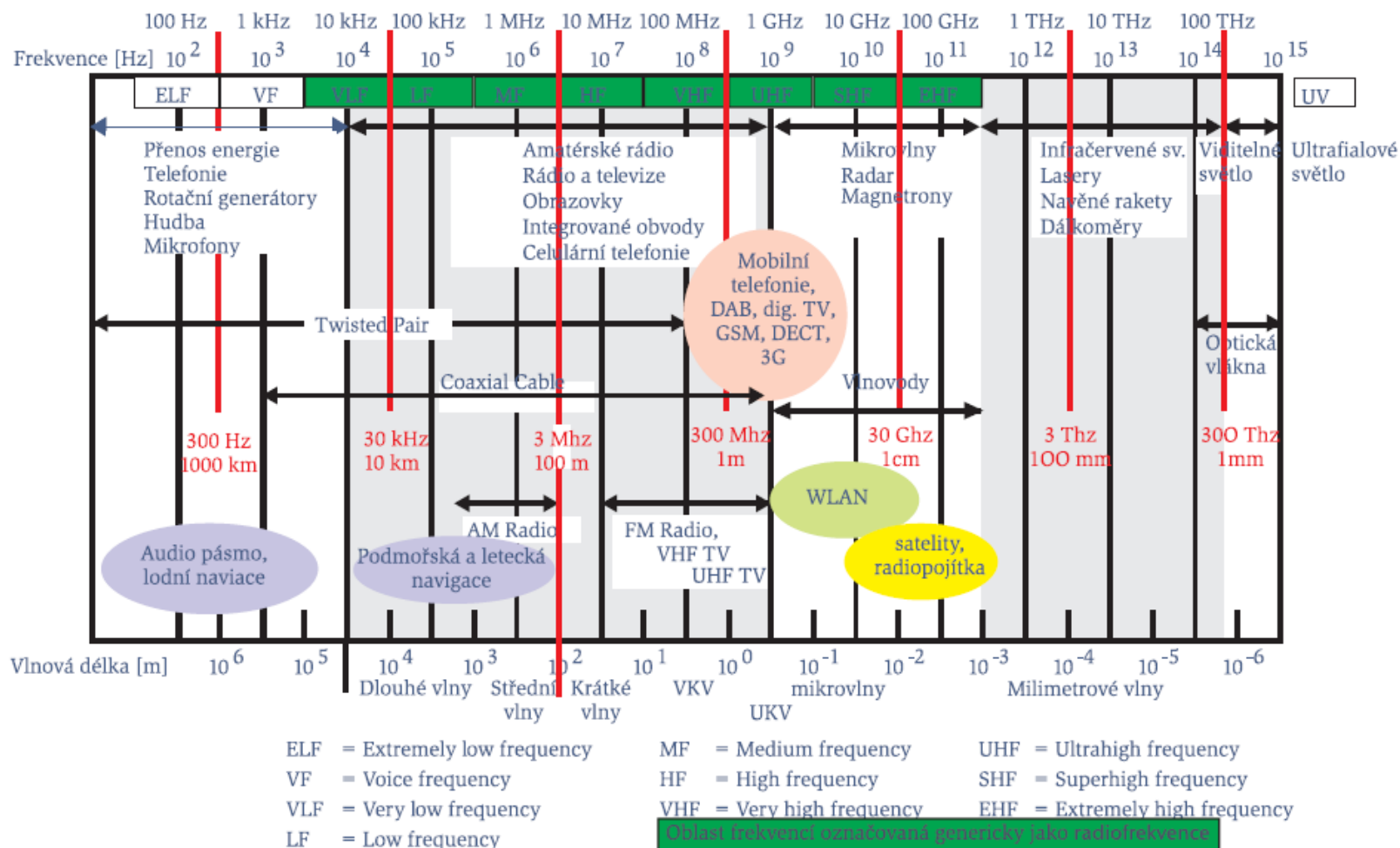
Frekvence, připomenutí skutečností

3

- signál s jednou periodou/s má frekvenci 1 Hz
- prostor pokrytý periodou signálu – **vlnová délka**, λ
 - vlnová délka je prostorový parametr
 - vymezuje rozměry antén, vláken, ...
- signál se šíří rychlostí $c = f \lambda$
 - ve volném prostoru se signál šíří rychlostí 3×10^8 m/s
 - při $f = 300$ GHz je $\lambda = 10^{-3}$ m/s tj. 1 mm

Frekvenční spektrum elektromagnetických signálů

4



KIV/PD – Přenos dat

Charakteristické vlastnosti médií

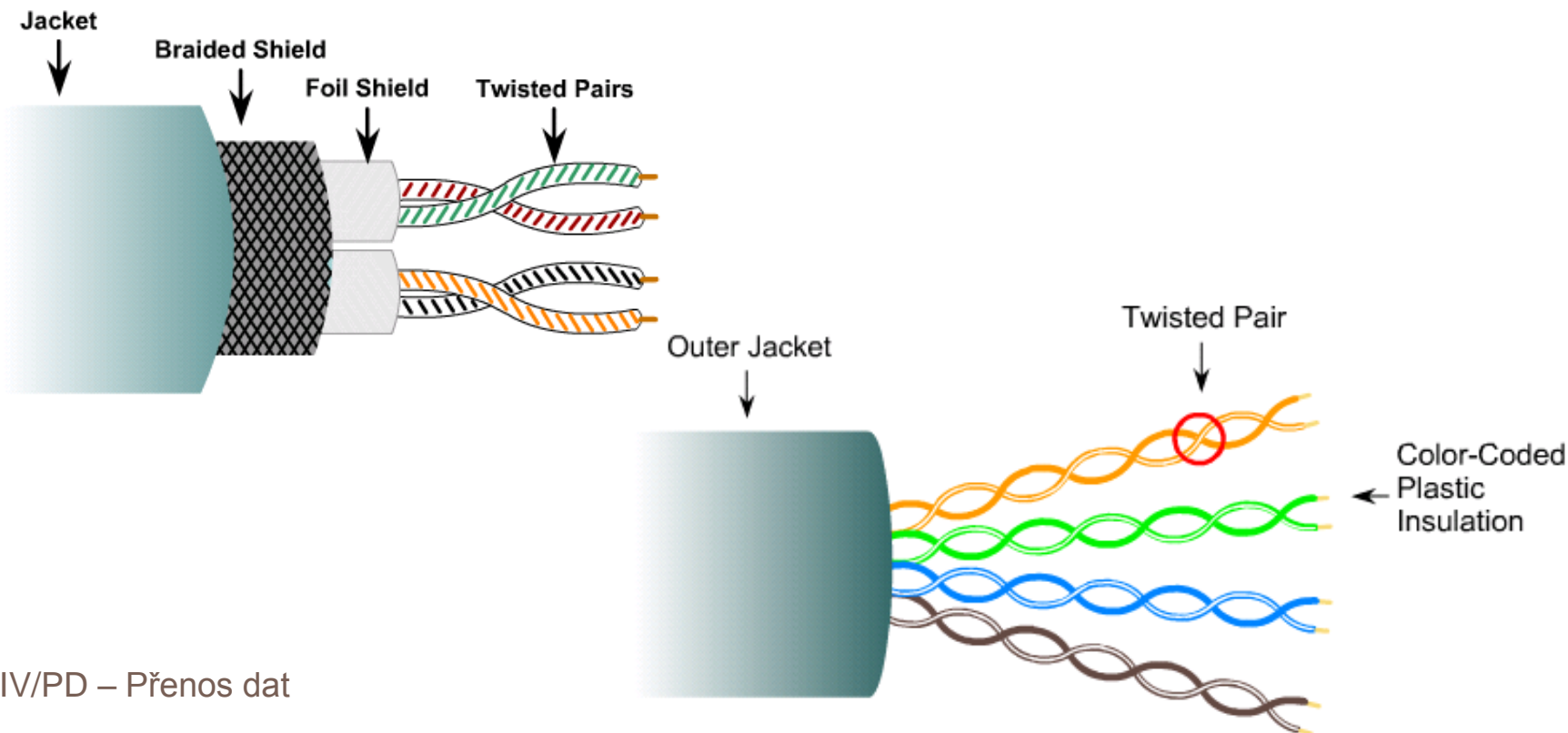
5

- odolnost proti vnějšímu elektromagnetickému rušení
 - ▣ náhodná energie z vnějších zdrojů, která může interferovat se signály přenášenými kabelem (motory, lékařské přístroje, fluorescenční osvětlení, mobilní telefony, ...)
- šířka pásma – množství dat, které lze přenést kabelem
- útlum – ztráta síly signálu na médiu se vzdáleností
 - ▣ udává se v dB na délku média
- impedance – velikost odporu vodiče střídavému elektrickému proudu $Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$
- přeslech mezi vodiči – rušení signálem ze sousedního vedení
- cena

Kroucená dvoulinka

6

- **UTP** (Unshielded Twisted Pair) – nestíněná, 100 Ω
- **STP** (Shielded Twisted Pair) – stíněná, 150 Ω
- **ScTP** (Screened Twisted Pair) – společné stínění všech párů



Kroucená dvoulinka, 2

7

- dva vodiče jsou vždy vzájemně kolem sebe obtočeny
 - ▣ minimalizuje přeslechy, rušení a ztráty způsobené kapacitním odporem, tj. tendencí nevodiče uchovávat elektrický náboj
 - ▣ oba vodiče mají přibližně stejné šumové prostředí
- někdy je signál přenášen jako rozdíl mezi dvěma signály
 - ▣ způsobuje menší náchylnost k rušení a útlumu
- velký útlum - 3 a více dB/100m
 - ▣ délka vedení bez opakováčů max. 100 m
- mezní frekvence 250-600 MHz
 - ▣ existují různé kategorie kroucených dvoulinek

Kategorie kroucených dvoulinek

8

Kategorie TP	
kategorie 1	telefonní rozvody, do 1 Mbit/s, vhodné např. pro analogové telefonní rozvody, ISDN a podobně
kategorie 2	pro rozvody IBM Token Ring, maximální šířka pásma 1,5 MHz, rychlost okolo 4 Mbit/s
kategorie 3	10Base-T Ethernet, šířka pásma 16 MHz, do 10 Mbit/s
kategorie 4	pro rozvody IBM Token Ring, maximální šířka pásma 20 MHz, rychlost do 16 Mbit/s
kategorie 5	přenosová rychlost 100 Mbit/s, resp. 1 Gbit/s v případě využití všech 8 vláken, 100 Mbit/s Ethernet a 155 Mbit/s ATM, šířka pásma 100 MHz
kategorie 5e	vyžaduje nové způsoby měření parametrů a v některých parametrech je přísnější, cílem je provozovat 1 Gbit/s
kategorie 6	šířka pásma 250 MHz
kategorie 6a	šířka pásma 500 MHz, pro 10GBASE-T Ethernet (10 Gbit/s)
kategorie 7	šířka pásma do 600 - 700 MHz, plně stíněný

Kroucená dvoulinka

- **Výhody** kroucené dvoulinky
 - ▣ snadné připojování jednotlivých zařízení
 - ▣ možno využít i pro telefonní (popř. jiné) rozvody
 - ▣ STP má velmi dobrou ochranu proti EMI
 - ▣ snadná instalace
 - ▣ nízká cena
- **Nevýhody** kroucené dvoulinky
 - ▣ STP je silný a obtížně se s ním pracuje
 - ▣ UTP je citlivější na šum než koaxiální kabel
 - ▣ UTP signály nemohou bez regenerace (zesílení a čištění) být přenášeny na větší vzdálenost (ve srovnání s jinými typy kabelů)

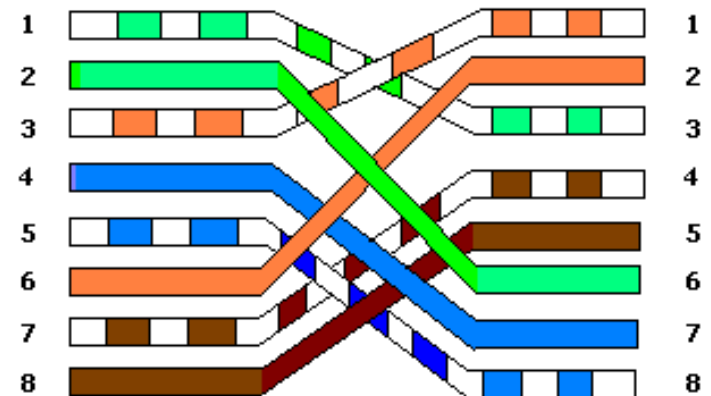
Zapojení konektorů RJ45

10

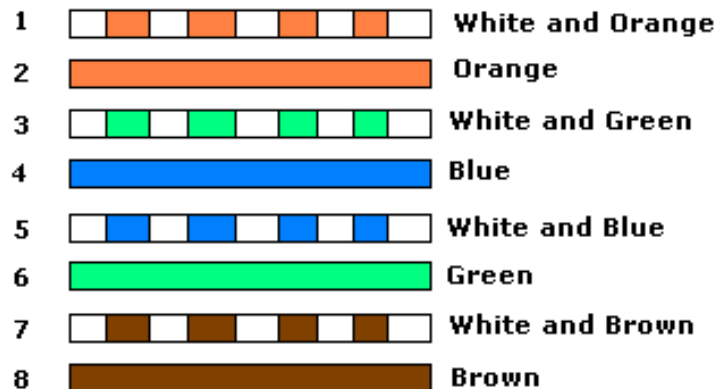
TIA/EIA 568A Wiring



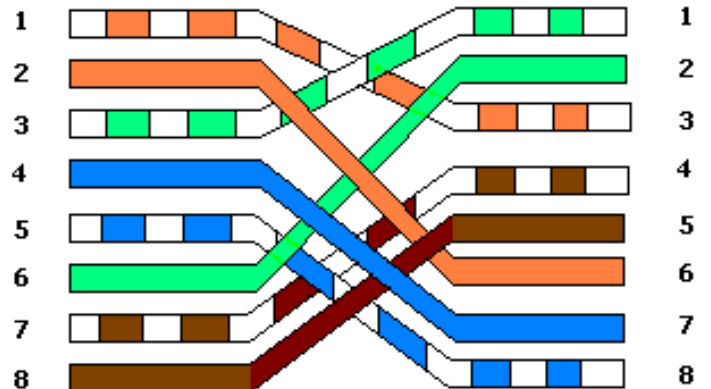
TIA/EIA 568A Crossed Wiring



TIA/EIA 568B Wiring



TIA/EIA 568B Crossed Wiring



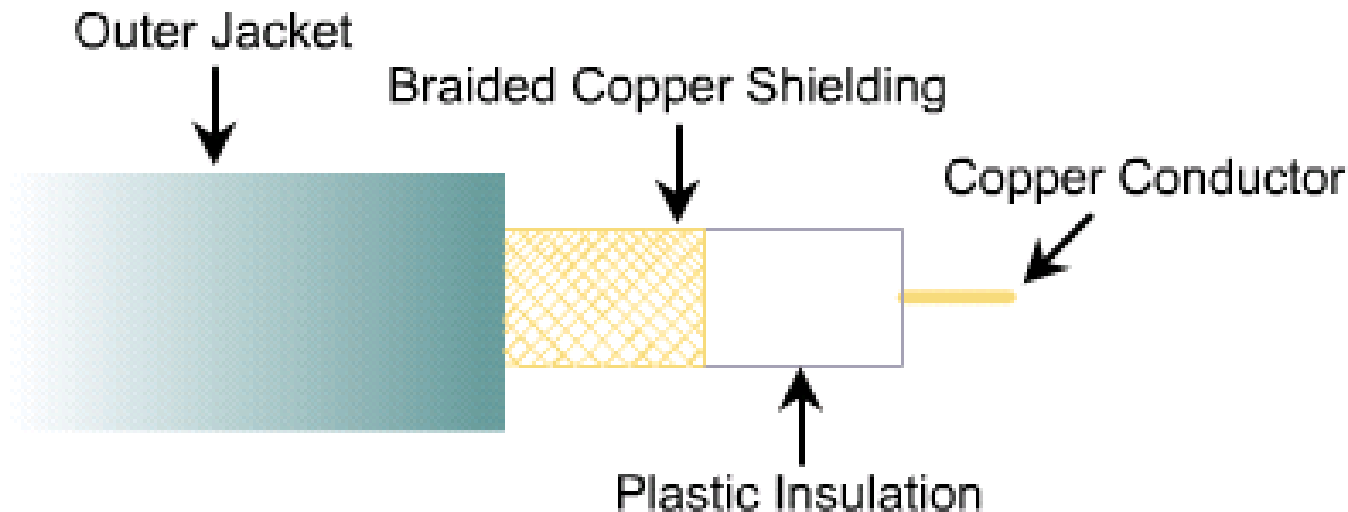
Ultimate Cross Over Cable How-to



Koaxiální kabel

12

- Přenosové médium využitelné v široké škále sfér
 - LAN
 - krátké počítačové spoje
 - dálkové telefonní spojení
 - distribuce TV signálu



Koaxiální kabel, 2

13

- **nosný vodič** (signálový vodič)
 - vodivý drát, vyrobený většinou z mědi
 - může být buď plný nebo splétaný
 - jeho průměr (popř. počet vláken) je jedním z faktorů ovlivňující útlum
- **izolace**
 - izolační vrstva vyrobená z dielektrika, které je umístěno kolem nosného vodiče
 - jako dielektrikum se používá upravený polyetylen nebo teflon
- **fóliové stínění**
 - stínění z tenké fólie kolem dielektrika
 - obvykle složeno z hliníku
 - toto stínění nemají všechny koaxiální kabely

Koaxiální kabel, 3

14

- **splétané stínění**
 - ▣ splétaný vodič (fólie) vyrobený z mědi nebo hliníku
 - ▣ může sloužit nosnému vodiči jako zemnění
 - ▣ spolu s fóliovým stíněním chrání nosný vodič před EMI
- **plášť**
 - ▣ vnější kryt, který může být buď typu
 - ▣ **plenum** (žáruvzdorný) : vyroben z teflonu nebo kynaru
 - ▣ **nonplenum**: vyroben z polyethylenu nebo PVC

Koaxiální kabel, 4

15

- **Výhody** koaxiálního kabelu
 - ▣ velká odolnost proti EMI
 - ▣ relativně snadná instalace
 - ▣ přiměřená cena
 - ▣ může sloužit i k přenosu hlasu a videa (v přeloženém pásmu)
- **Nevýhody** koaxiálního kabelu
 - ▣ náchylný k poškození

Typy koaxiálních kabelů

16

Typy koaxiálních kabelů	
RG-6	75 Ω , pomocný kabel pro CATV i TV
RG-8	50 Ω , tzv. tlustý (thick) Ethernet
RG-11	75 Ω , hlavní rozvody CATV i TV
RG-58	50 Ω , tzv. tenký (thin) Ethernet
RG-59	93 Ω , používá se pro ARCnet
RG-62	93 Ω , ARCnet a terminály v IBM SNA sítích

Optická vlákna

17

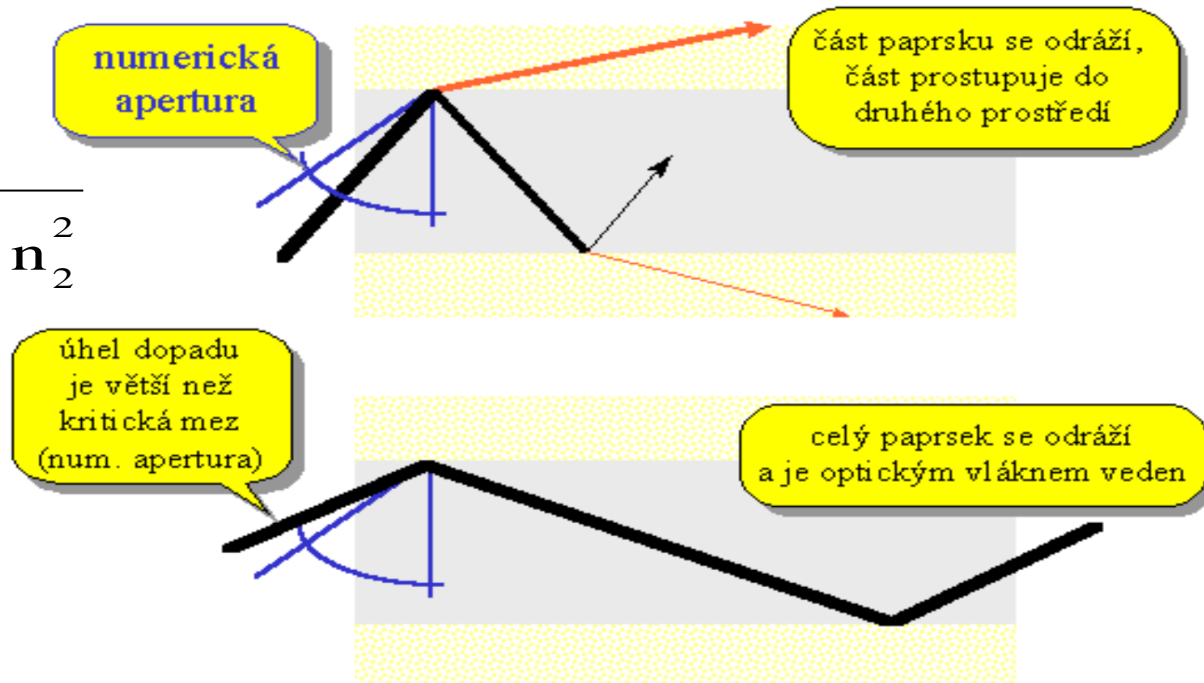
- metalická přenosová média mají jen malou rezervu pro zvyšování přenosové kapacity
 - ▣ kroucená dvoulinka je využívána „na doraz“
- optická vlákna mají mnohem větší rezervu
 - ▣ signály o vysoké frekvenci – světlo 10^8 MHz (850-1550 nm)
 - ▣ malý rozměr, nízká váha
 - ▣ klade malý odpor signálu
 - ▣ nic nevyzařují
 - ▣ imunní vůči vnějšímu elektromagnetickému rušení

Princip vedení světla optickým vláknem

18

- světlo se šíří všesměrově, ale my ho chceme „vést“
 - ▣ využívá se zákon o odrazu a lomu světla
 - ▣ cílem je dosáhnout úplný odraz světla
- při vhodně zvoleném úhlu dopadu bude docházet pouze k odrazům a nikoli lomům světla

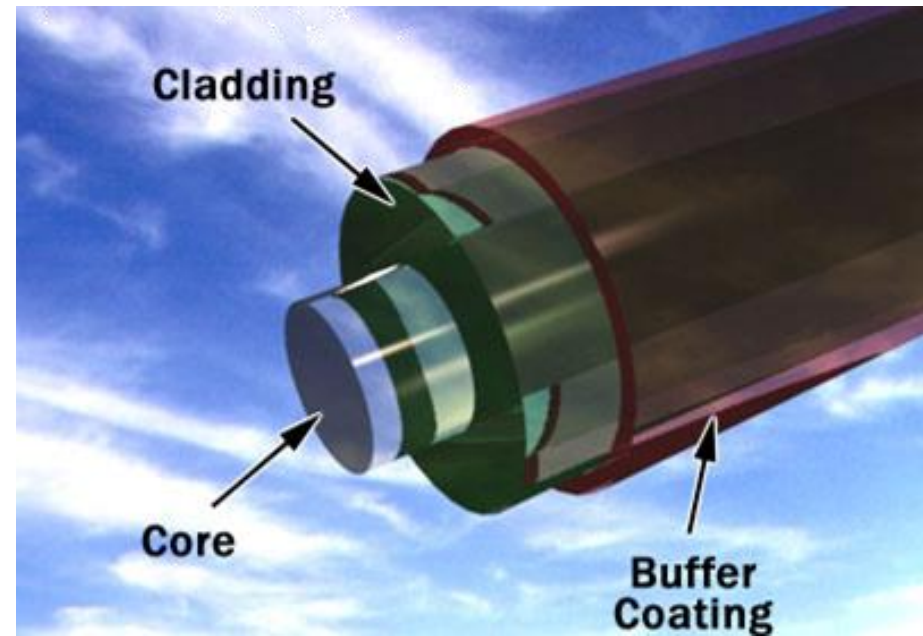
$$NA = \sin \varphi = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$



Provedení optického vlákna

19

- **jádro (core)**
 - ▣ složeno z jednoho nebo více skleněných vláken (SiO_2), kterými prochází světelný signál
- **plášť světlovodu (cladding)**
 - ▣ vyroben společně s jádrem jako jedna část
 - ▣ ochranná vrstva s nižším indexem lomu světla než má jádro
- **obal (buffer coating)**
 - ▣ vnější ochranné pouzdro
 - ▣ může být společné pro více vláken

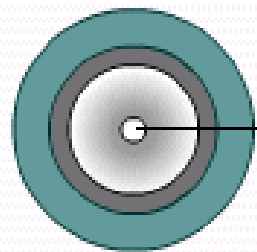
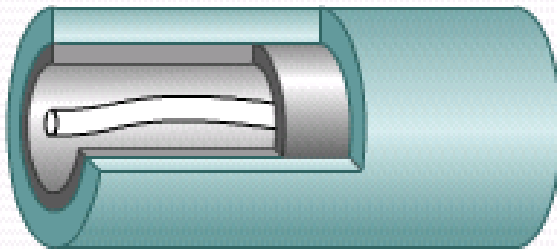


Konstrukce optického vlákna

20

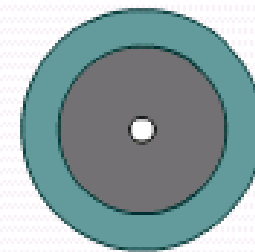
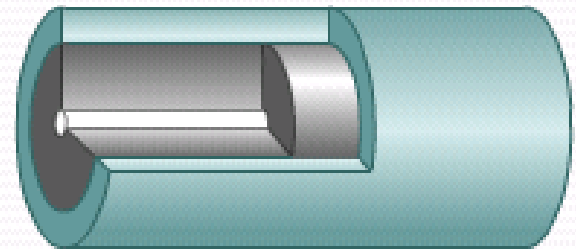
- **volná konstrukce** – odolnost proti mikro ohybům
- **těsná konstrukce** – odolnost proti rázům

Loose-tube Construction



Optical fiber

Tight-buffer Construction



Buffer layers applied directly over fiber

Mnohavidová optická vlákna

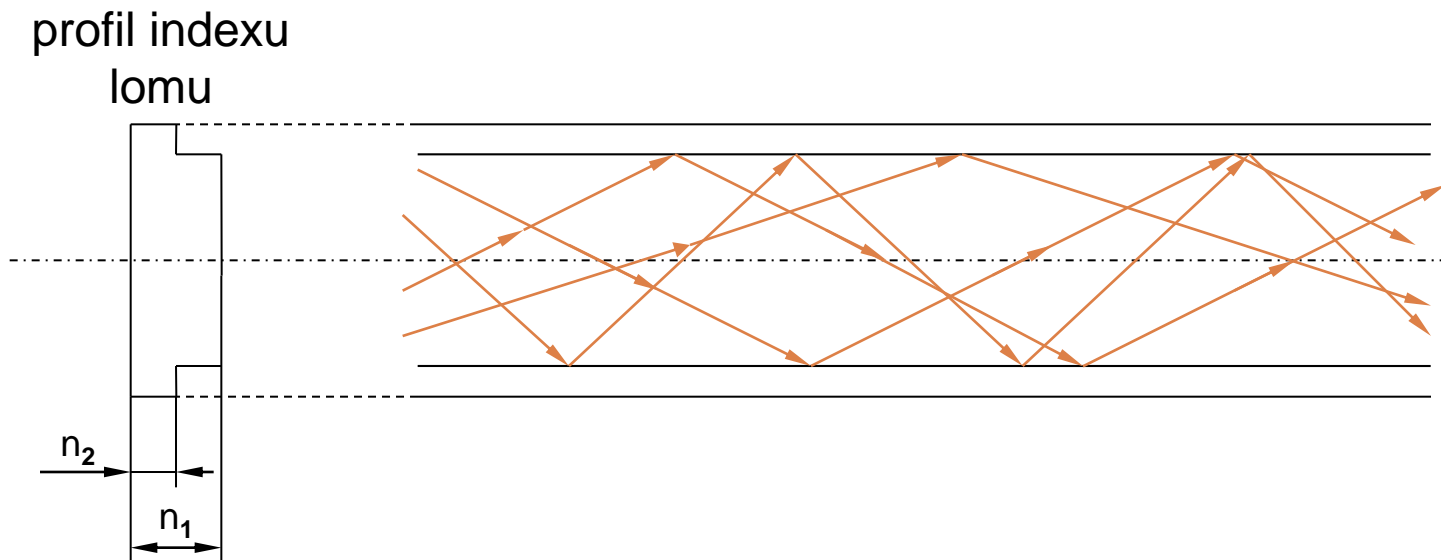
21

- mají tlustší jádro – 62,5/125 μm nebo 50/125 μm
- světelný paprsek má více prostoru a může probíhat v jádru více cestami
- více módů (světelných průběhů) v přenosu může vést k rušení signálu na straně přijímače
- jako veličina zkreslení se používá **modální disperze**, která se udává v ns/km a představuje rozdíl mezi nejrychlejším a nejpomalejším světelným průběhem
- vyrábějí se dva typy vláken
 - ▣ step-index multimode
 - ▣ graded-index multimode

Step-index vlákno

22

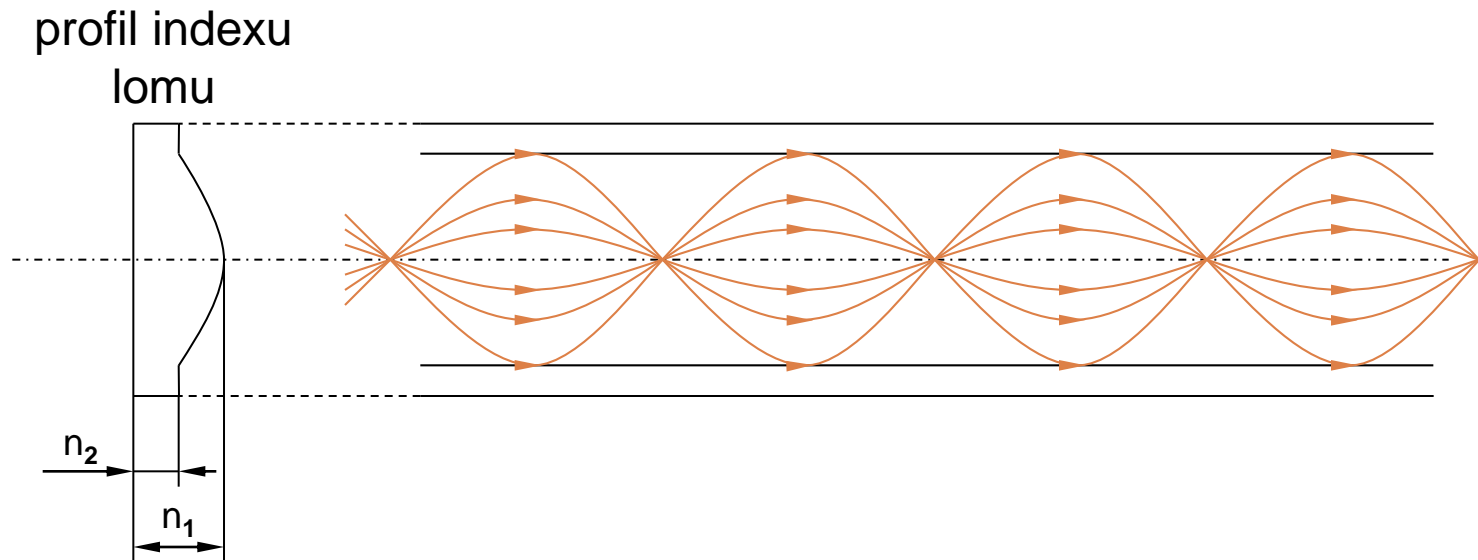
- kabel se skokovou změnou v indexu lomu
- používáno u multivodových i jednovodových kabelů



Graded-index vlákno

23

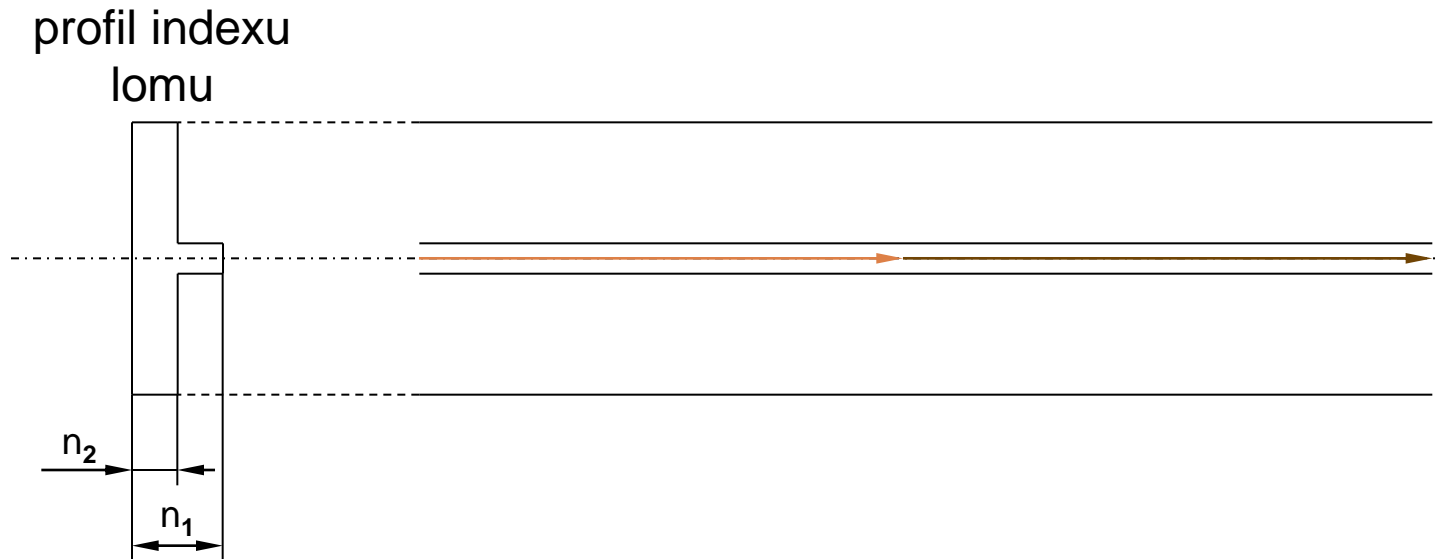
- kabel s postupnou změnou indexu lomu
- vede lépe světelný signál má nižší útlum i menší modální disperzi



Jednovidová optická vlákna

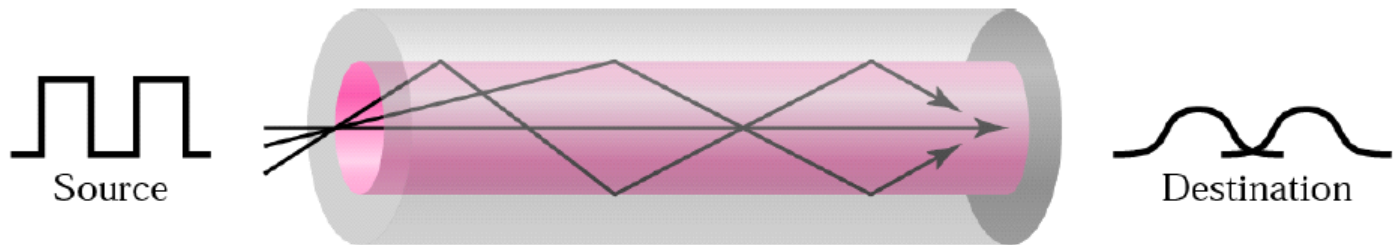
24

- jádro je velmi úzké (méně než 10 mikronů)
- světlo může v jádru postupovat jen jednou cestou
- má velmi malý útlum

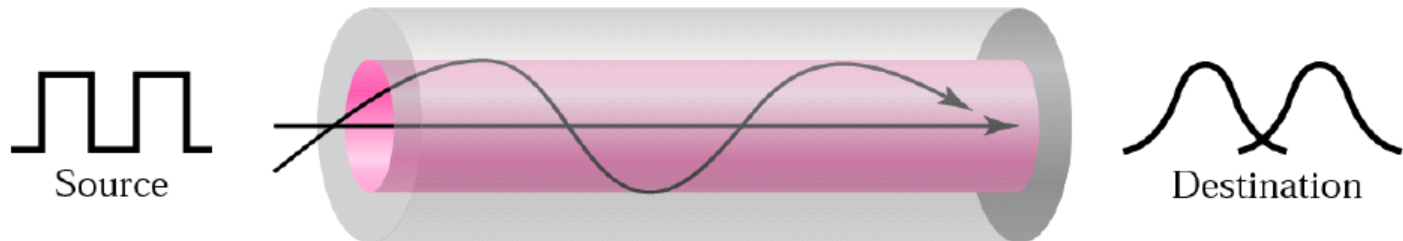


Rozdíly na straně přijímače

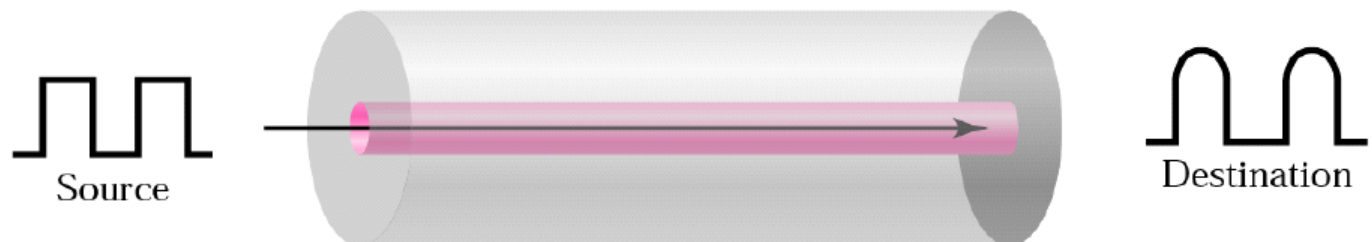
25



a. Multimode, step-index



b. Multimode, graded-index



c. Single-mode

Specifikace optických vláken

26

- Optické kabely jsou specifikovány ve tvaru průměr jádra a průměr pláště světlovodu (jednotkou je mikron)
 - ▣ **8/125**: jednovidový kabel, velmi drahý, vhodný pro vlnové délky 1300 nm nebo 1550 nm
 - ▣ **50/125**: nejpoužívanější konfigurace, vhodný pro 850 nm nebo 1300 nm
 - ▣ **62.5/125**: nejpoužívanější konfigurace, vhodný pro 850 nm nebo 1300 nm
 - ▣ **100/140**: specifikace IBM pro síť Token-Ring

Konektory pro optická vlákna

27

- existuje několik variant konektorů lišících se přechodovým útlumem a použitelnou frekvencí



ST



SC



LC

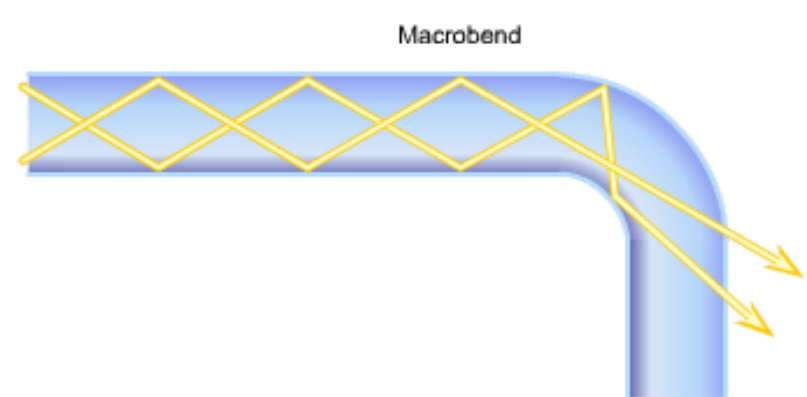
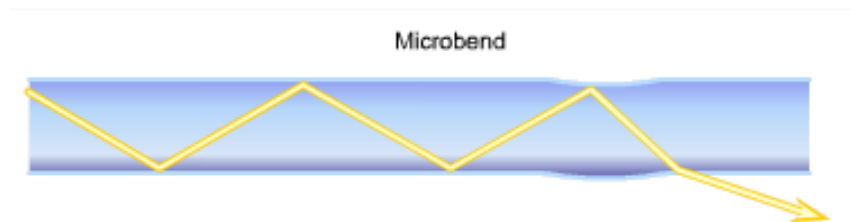
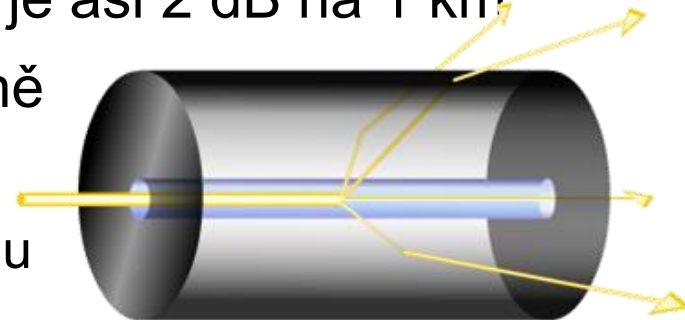


E2000

Útlum na optickém kabelu

28

- u nejkvalitnějších kabelů (jednovidové) je asi 2 dB na 1 km
- **vnitřní** – způsobeny nečistotou ve vlákne
 - ▣ rozptyl - vzniká nepřesnostmi při výrobě
 - ▣ absorpce - vzniká nečistotami v materiálu (hydroxidy OH^-)
- **venkovní** – způsobený venkovními mechanismy
 - ▣ macrobending - vzniká nevhodným ohybem kabelu
 - ▣ microbending - vzniká drobnými nerovnostmi na kabelu



Nevoděná média

29

- pozemní šíření
- odrazem od ionosféry
- na přímý dohled (LOS – Line of sight)

Ionosphere



Ground propagation
(below 2 MHz)

Ionosphere



Sky propagation
(2–30 MHz)

Ionosphere

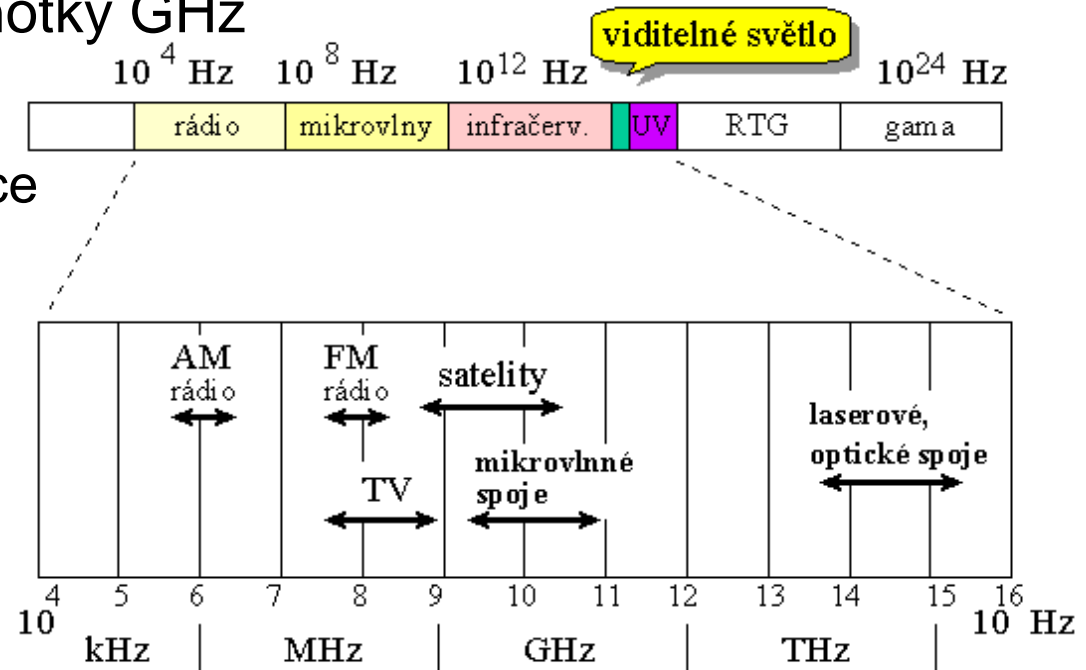


Line-of-sight propagation
(above 30 MHz)

Typické aplikace bezdrátových přenosů

30

- **rádio, TV** – stovky kHz až stovky MHz
- **pozemní mikrovlny** – 2-40 GHz, především pásma 4-12 GHz
- **satelity** – 4/6 GHz, 12/14 GHz (up/down)
- **buňkové sítě** – 1-2 GHz
- **bezdrátové LAN** – jednotky GHz
- **infračervené světlo**
 - ▣ přímá/odražená radiace na krátkou vzdálenost



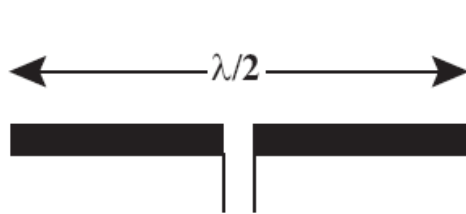
Antény

31

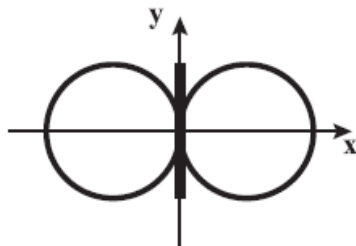
- anténa předává/absorbuje do/z média energii (signál)
- vyzařování/absorpce jsou účinné, když je anténa delší než $1/10$ vlnové délky
 - ▣ rádiové vysílání AM na 1 MHz tj. vlnové délce 300 m vyžaduje alespoň 30 m anténu
- **izotropní vysílač**
 - ▣ ve všech směrech (3 dimenze) shodné vyzařování
 - ▣ pouze referenční teoretická anténa
 - ▣ reálné antény jsou vždy směrové

Typy antén a vyzařovací vzorky

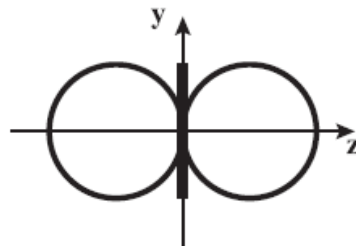
32



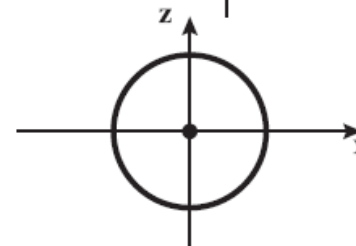
půlvlňný dipól, Hertzova anténa



Side view (xy-plane)

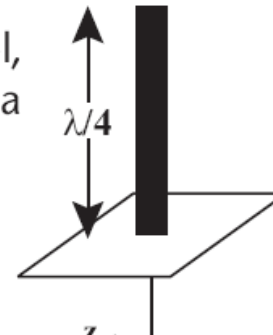


Side view (zy-plane)



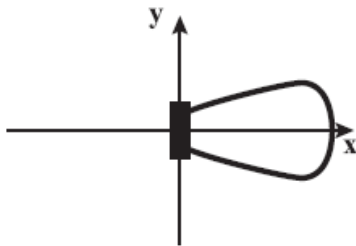
Top view (xz-plane)

čtvrtvlňný dipól,
Marconiho anténa

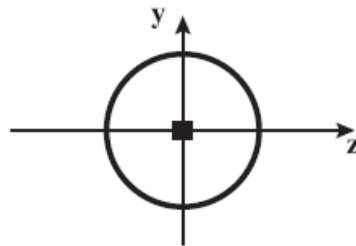


dipóly
délky $\lambda/4$
na střechách
aut

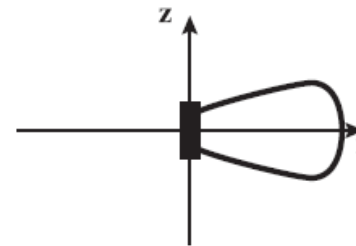
jednoduchý dipól - např. Hertzova anténa



Side view (xy-plane)



Side view (zy-plane)



Top view (xz-plane)

Defekty bezdrátového vysílání

33

- pro izotropní anténu platí $ztráty = P_v / P_p = (4\pi d^2) / \lambda^2$
 - ▣ energie signálu klesá se vzdáleností a rychleji na nižších frekvencích
- **atmosférické absorpce**
 - ▣ opar ovlivňuje od 22 GHz
 - ▣ déšť a mlha rozptyluje radiové vlny
- **lámání a ohýbání**
 - ▣ na hranách a rozhraních médií s různými přenosovými vlastnostmi
- **vícecestné interference**
 - ▣ k přijímači dorazí více stejných signálů různými cestami

Rádiové vysílání

34

- rádiové vlny 3 kHz – 1 GHz
- do 2 MHz pozemní vlna
- do 30 MHz odraz od ionosféry
- všesměrové vysílání
- jeden vysílač, mnoho přijímačů
- AM a FM rádio, televize, bezdrátová telefonie, paging, ...

Mikrovlnné vysílání

35

- mikrovlny 1 GHz – 300 GHz
- směrové vysílání
- paralelní vysílání se navzájem neruší
- jeden vysílač, jeden přijímač
- LOS – antény musí být umístěné vysoko, vliv zakřivení Země
- částečná/úplná absorpce zdmi
- mobilní telefonie, satelitní přenosy, bezdrátové LAN, ...

Infračervené záření

36

- frekvence 300 GHz – 400 THz (1 mm až 720 nm)
- pouze na krátké vzdálenosti
- na velké vzdálenosti nepoužitelné, ruší záření ze Slunce
- připojení klávesnice, myši, tiskárny, ...