

Fizinis lygis

Fizinis lygis

Taikomasis lygis

Transporto lygis

Tinklo lygis

Kanalinis lygis

Fizinis lygis

Taikomasis lygis

Transporto lygis

Tinklo lygis

Kanalinis lygis

Fizinis lygis

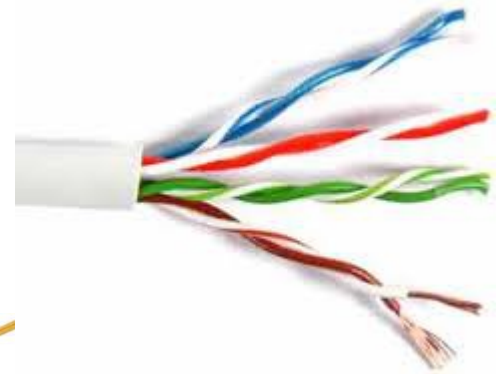


Fizinis lygis

- Tikslai:
 - Sukurti mazgas-su-mazgu susijungimą;
 - Perduoti bitų srautą:
 - Teisingai “suprasti” iš kanalo gaunamus duomenis;
- Komunikuoja:
 - Tinklo adapteriai;
 - Techninė dalis ar programinė dalis?
- Įranga kuria galima pasinaudoti sutrikimams aptikti.

Paskaitos tiklai

- Duomenų perdavimo pagrindai
- Fizinės duomenų perdavimo terpės:
 - Laidinės terpės:
 - Variniai kabeliai;
 - Šviesolaidiniai kabeliai;
 - Belaidės terpės:
 - Antžeminiai bevieliai tinklai;
 - Palydovinis ryšys;
 - Kitos terpės;
- Funkcionavimo principai;



Duomenų perdavimas

- Magnetiniai nešėjai
 - Dėžė (50x50x50), pilna juostų po ~2 TB
 - Pristatymas per 24h (86400s)
 - Greitis ~1,8 Tb/s
 - Kaina ~7 ct už 1TB



Sąvokos

- Dažnis – matas reiškiantis ciklą per sekundę kiekį.
- Kanalo pralaidumas – maksimalus greitis kuriuo kanalas sugeba perduoti duomenis;
- Juostos plotis (angl. *bandwidth*) - skirtumas tarp aukščiausio ir žemiausio dažnių, kuriais perduodama informacija.

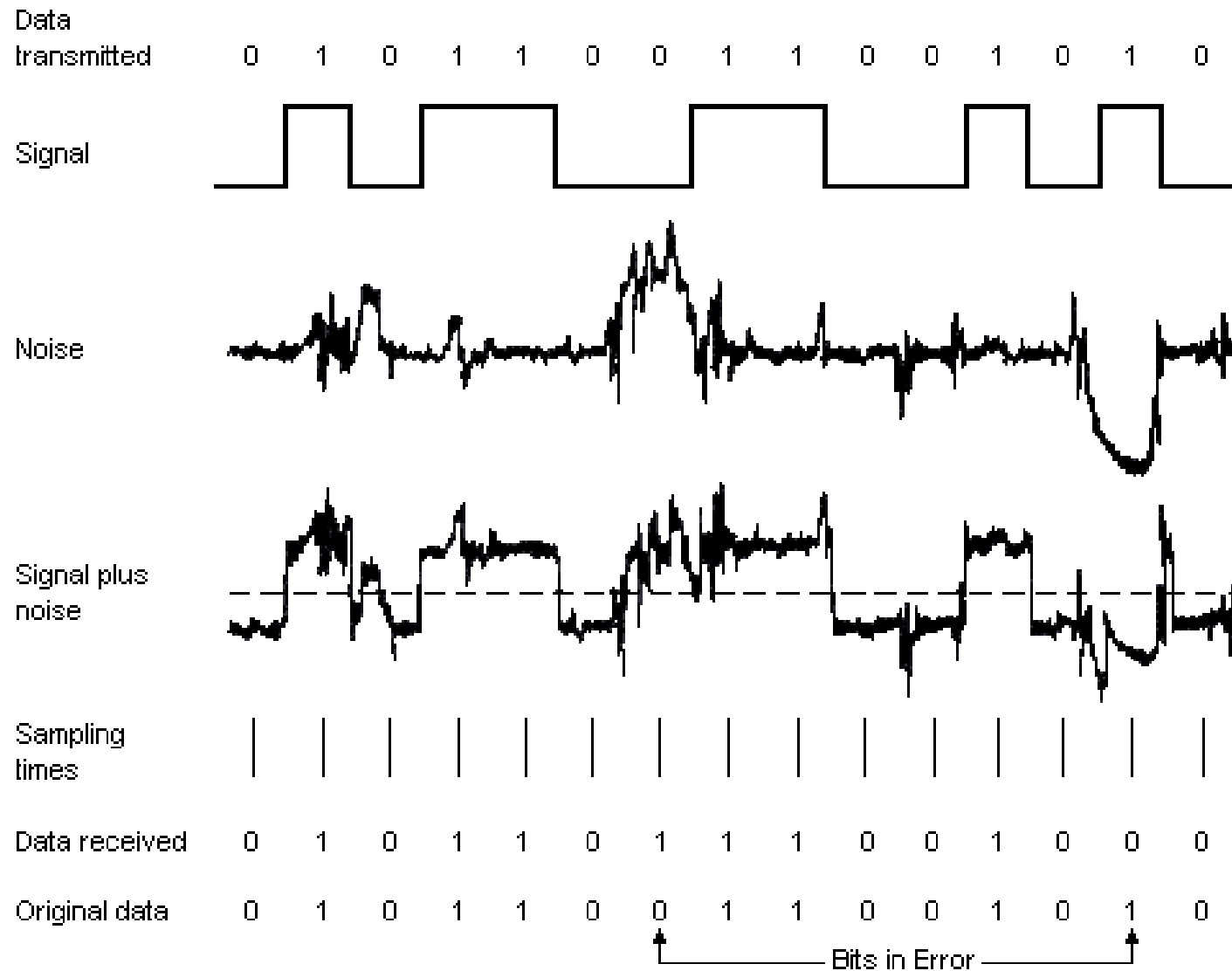
Perdavimo terpės

- Fizinės terpės charakteristikos
 - Duomenų perdavimo sparta
 - Užlaikymas (angl. *delay*)
 - Silpnėjimas (angl. *attenuation*)
 - Kaina
 - Instaliacijos paprastumas
 - Aptarnavimo kaštai

Duomenų perdavimo pagrindai

- Diskretūs ir tolydūs signalai
- Pagrindinės juostos savybės:
 - duomenų perdavimo greitis;
 - triukšmo lygis;
 - klaidų tikimybė perdavimo metu;

Signalai



Triukšmas kanale

- Pagrindinė duomenų perdavimo problema – signalo iškraipymas perdavimo metu
- Triukšmo atsiradimo priežastys:
 - Kitų signalų įsiterpimas (angl. *crosstalk*);
 - Netinkamas laido ekrano įžeminimas;
 - Netinkama instaliacijos erdvė;



Triukšmas kanale

- Triukšmo poveikis skirtingiems dažniams yra skirtingas
- Signalų ir triukšmo santykis SNR (angl. *signal noise ratio*) aprašomas kaip signalo ir triukšmo galios santykis. Dar žymimas tiesiog S/N
- Logaritminė išraiška paskaičiuojama pagal formulę:

$$SNR_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

Ryšys tarp kanalo pralaidumo ir juostos pločio

- 1924 m. Naikvistas (*Nyquist*) nustatė ryšį tarp pralaidumo ir juostos pločio
Naikvisto teorema:

$$V = 2H \log_2 M$$

V – kanalo pralaidumas (b/s)

H – kanalo juostos plotis (Hz)

M – vienu metu perduodamos informacijos kiekis (b)

Maksimalus kanalo pralaidumas esant triukšmui

- Kanalui su termodinaminiu triukšmu naudojama Šenono (*Shannon*) teorema:

$$C = H \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

C – kanalo pralaidumas (b/s)

H – kanalo juostos plotis (Hz)

S/N – signalo triukšmo santykis (b)



Variniai kabeliai



Variniai kabeliai

- Varis. Kodėl?
- Kabelių tipai

Elektromagnetinės perdavimo terpės

										5 B	6 C
										13 Al	14 Si
21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge
39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn
	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb
	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl

Laidininkų savybės

- Fizikinės laidininkų savybės:
 - Svoris
 - Varža
 - Signalo greitis
 - Kitos savybės:
 - Lankstumas
 - Tamprumas

Fizikinės laidininkų savybės

- Laidininko svorį galima pasiskaičiuoti žinant jo tūrį ir medžiagos tankį:

$$m = \rho * V$$

ρ – medžiagos tankis (kg/m^3)

V – medžiagos tūris (m^3)

m – medžiagos masė (kg)

Medžiaga	Tankis	Medžiaga	Tankis
Aluminis	2700	Varis	8960
Auksas	19300	Volframas	19300
Geležis	7870	Silicis	2330
Osmis	22570	Žalvaris	8500

Fizikinės laidininkų savybės

- Laidininko varža gaunama žinant jo skerspjūvio plotą ir savitąją varžą

$$R = l \frac{\rho}{S}$$

R – varža (Ω)

ρ – laidininko savitoji varža (Ω)

S – laidininko skerspjūvio plotas (m^2)

l – laidininko ilgis (m)

- Įtampos kritimą (silpnėjimą) gaunamas remiantis Omo dėsnium:

$$U = IR$$

R – varža (Ω)

U – įtampa (V)

I – srovės stipris (A)

Laidininkų savitos varžos

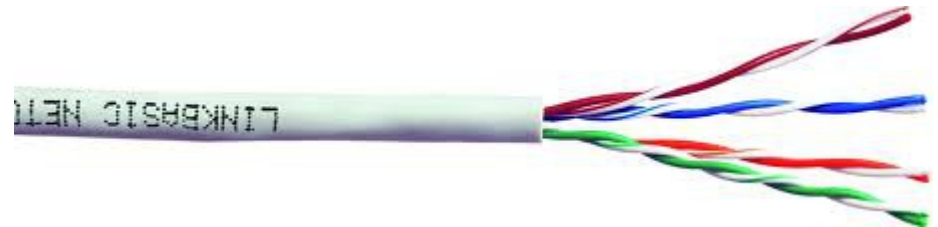
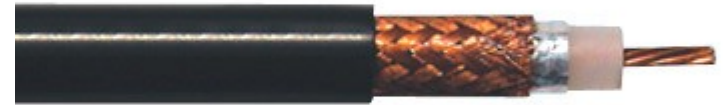
Laidininkas	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	Laidininkas	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
Aliuminis	0.028	Nikelis	0.087
Auksas	0.024	Osmis	0.095
Cinkas	0.06	Platina	0.1
Geležis	0.10	Plienas	0.12
Gyvsidabris	0.96	Sidabras	0.016
Grafitas	13.0	Švinas	0.21
Varis	0.017	Žalvaris	0.071

Signalų greitis

- Signalų greitis
 - Matuojamas m/s
 - Varyje nuo $0.59c$ iki $0.77c$

Varinių kabelių tipai

- Koksialinis kabelis
- Vyta pora



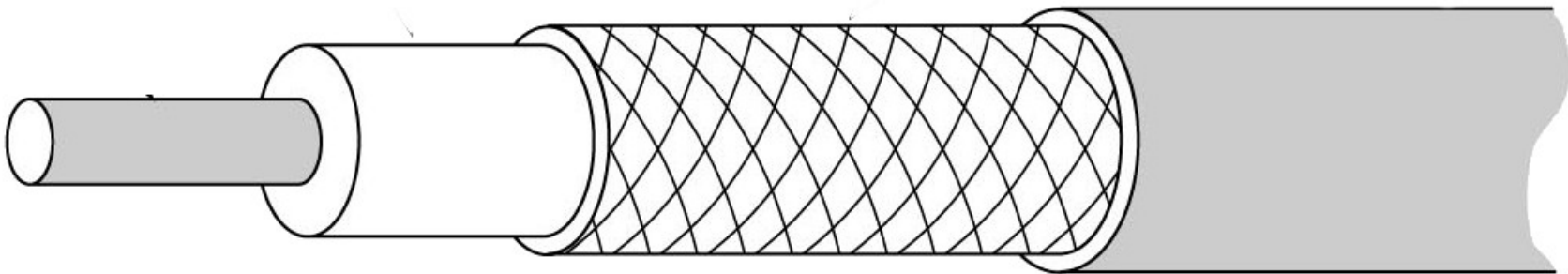
Koksisialinis kabelis

- Koksisialinis kabelis sudarytas iš dviejų kontaktų: šerdies ir ekrano
- Šerdies skersmuo – 0.1mm-13mm
- Plačiai naudojamas
- Jungtys



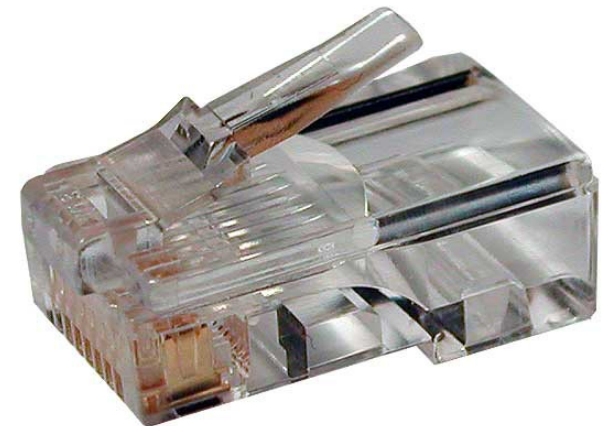
Sandara

- Šerdis – varinė arba varis dengtas sidabru
- Vidinis apvalkalas
- Ekranas
- Išorinė danga



Vyta pora

- Poromis susukti laidai
- Sukuriamas ekranas (elektromagnetinis laukas)
- Gijos skersmuo 0.511mm (plotas 0.205mm^2)
- Tankesnis vijų kiekis – patikimesnis magnetinis laukas – didesnis dažnis
- Skirtingi tipai ir kategorijos
 - Neekranuotos poros
 - Ekranuotos poros
- Dažnai naudojamos jungtys 8P8C



Vyta pora



(a)

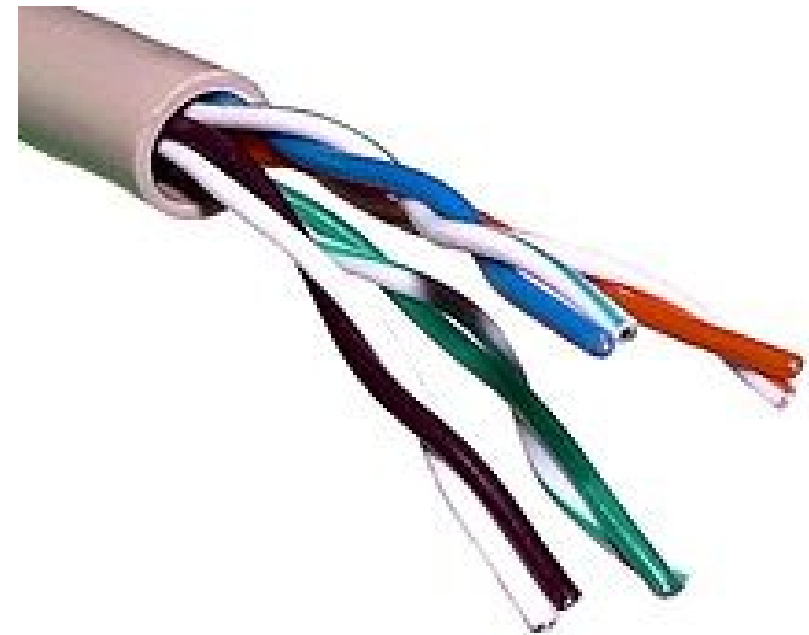


(b)

- (a) Cat3 UTP (16MHz).
(b) Cat5 UTP (100 MHz).

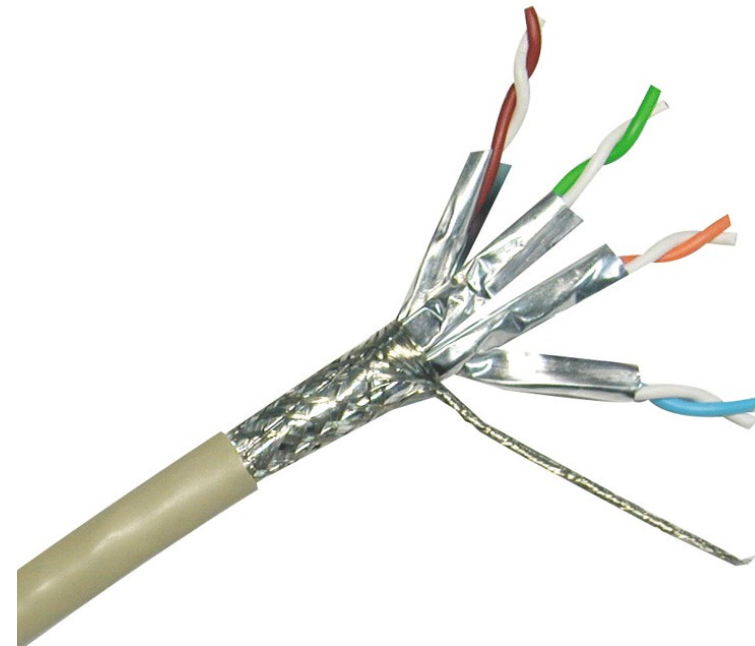
Neekranuota vyta pora

- UTP – (angl. *Unshielded Twisted Pair*)
 - Visos poros neekranuotos
 - Dengia išorinis apvalkalas



Ekranuota vyta pora

- FTP – (angl . Foiled Twisted Pair)
 - Visos poros dalinasi bendru ekranu: aliuminio folija
- ScTP – (angl. Screened Twisted Pair)
 - Kiekviena pora yra ekranuojama atskirai
- Kabelis turi būti įžemintas galuose



Vytos poros kategorijos

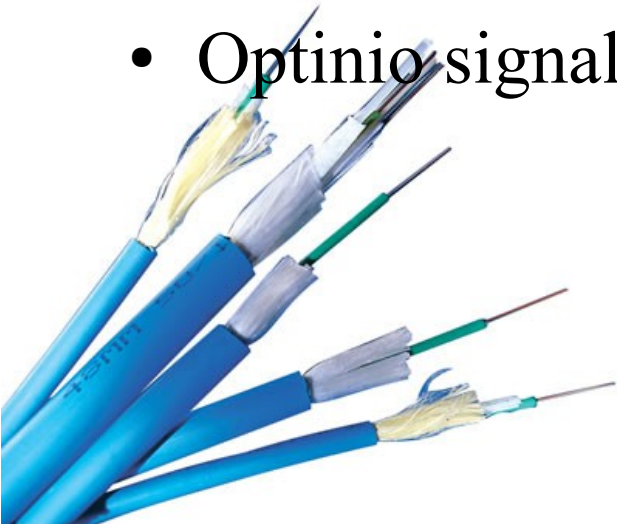
Kategorija	Maksimalus dažnis (MHz)	Naudojamas
Level 1	0.4	Telefonų ir modemų linijos
Level 2	4	Senos terminalų sistemos
Cat3	16	10Base-T Ethernet
Cat4	20	16 MBps Token Ring
Cat5	100	100Base-TX ir 1000Base-T Ethernet
Cat5e	100	100Base-TX ir 1000Base-T Ethernet
Cat6	250	10GBase-T Ethernet
Cat6a	500	10GBase-T Ethernet
ClassF	600	1000Base-TX ir 10GBase-T Ethernet
ClassFa	1000	1000Base-TX ir 10GBase-T Ethernet

Šviesolaidinis Ryšys



Optiniai kabeliai

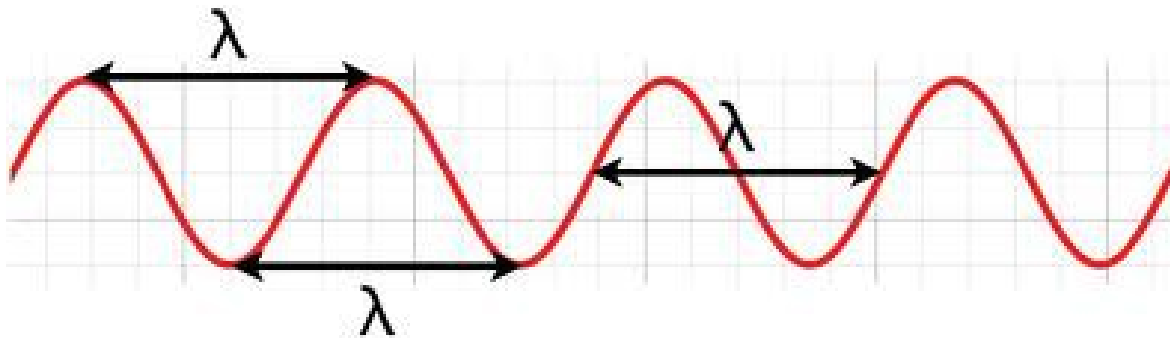
- Veikimo principas
- Schema
- Sandara
- Optinių kabelių tipai
 - Vienamodis (angl. Singlemode)
 - Daugiamodis (angl. Multimode)
- Optinio signalo silpnėjimas



Səvokos

- Bangos ilgis:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$



Veikimo principas

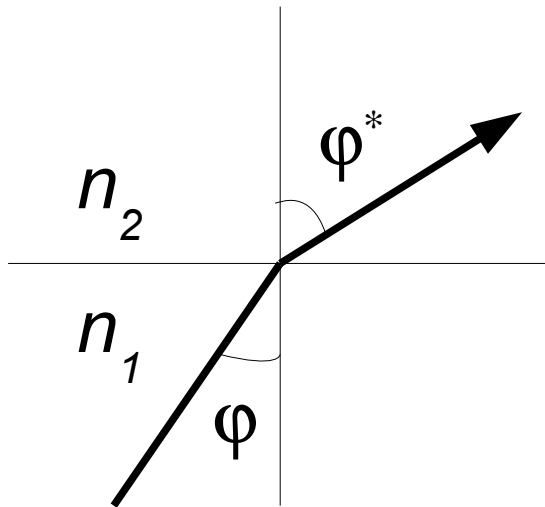
- Snelio – Dekarto šviesos lūžio dėsnis

$$n_1 \sin \varphi = n_2 \sin \varphi^*$$

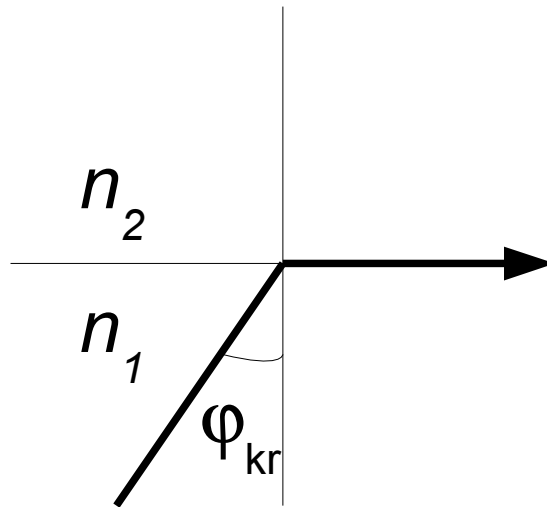
- Kritinis kampas
- Šviesos lūžių rodikliai:

Aplinka	Rodiklis	Aplinka	Rodiklis
Acetonas	1,36	Oras	1,0
Alkoholis	1,33	Ledas	1,31
Benzinas	1,40	Rubinas	1,76
Cukrus	1,56	Stiklas	1,60
Deimantas	2,42	Vanduo	1,33
Silicio dioksidas	1,54	Kvarcas	1.54

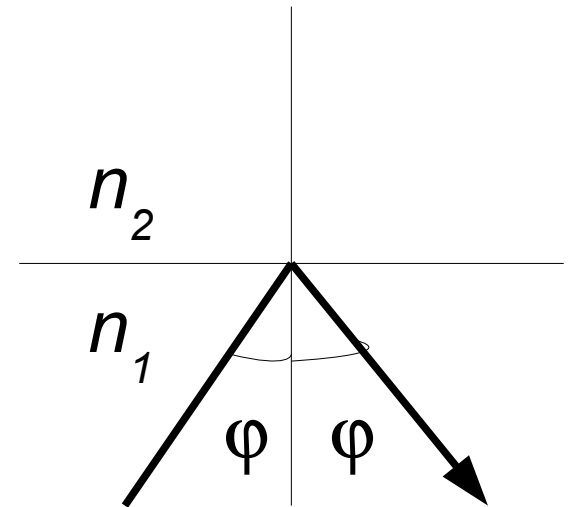
Veikimo principas



a.

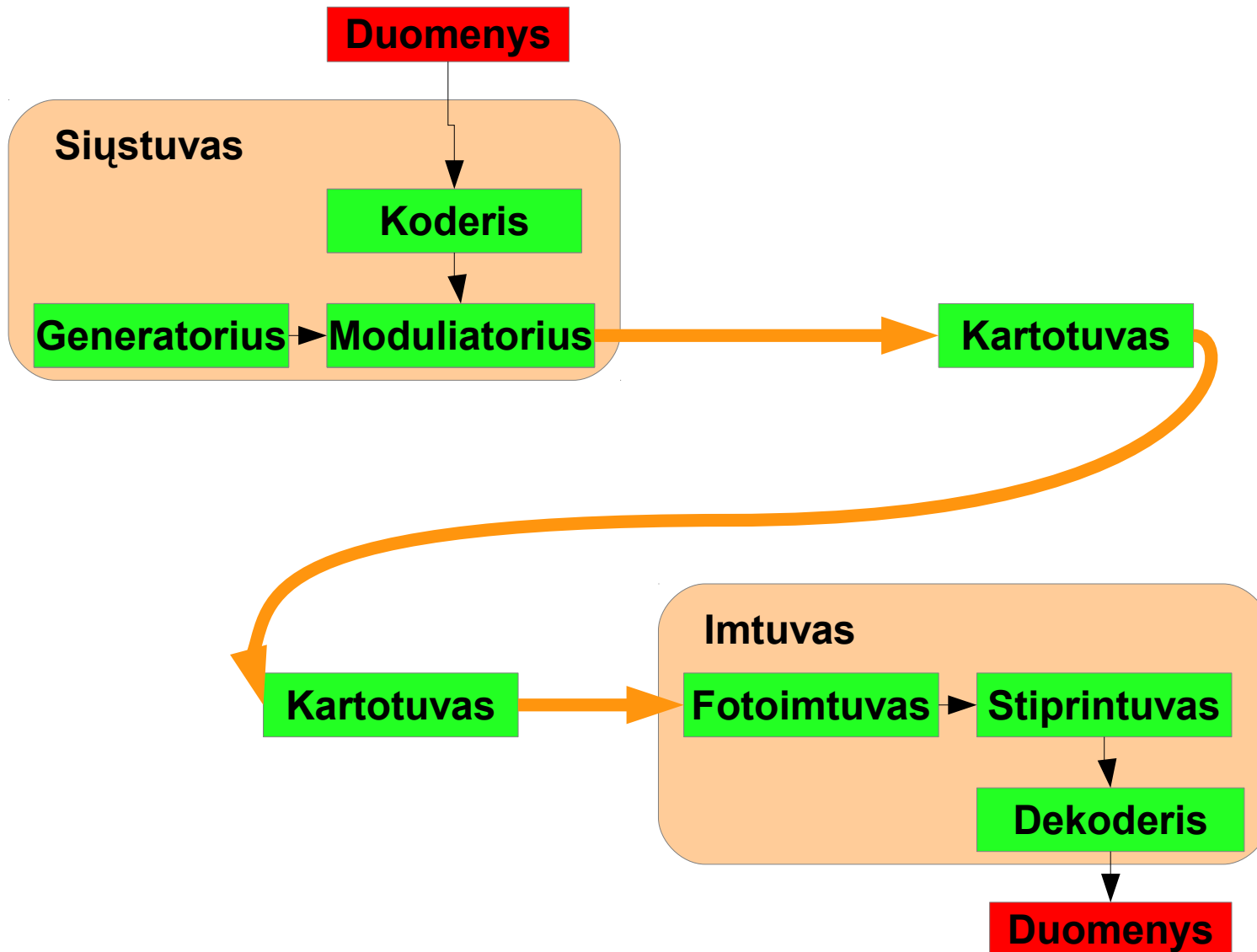


b.



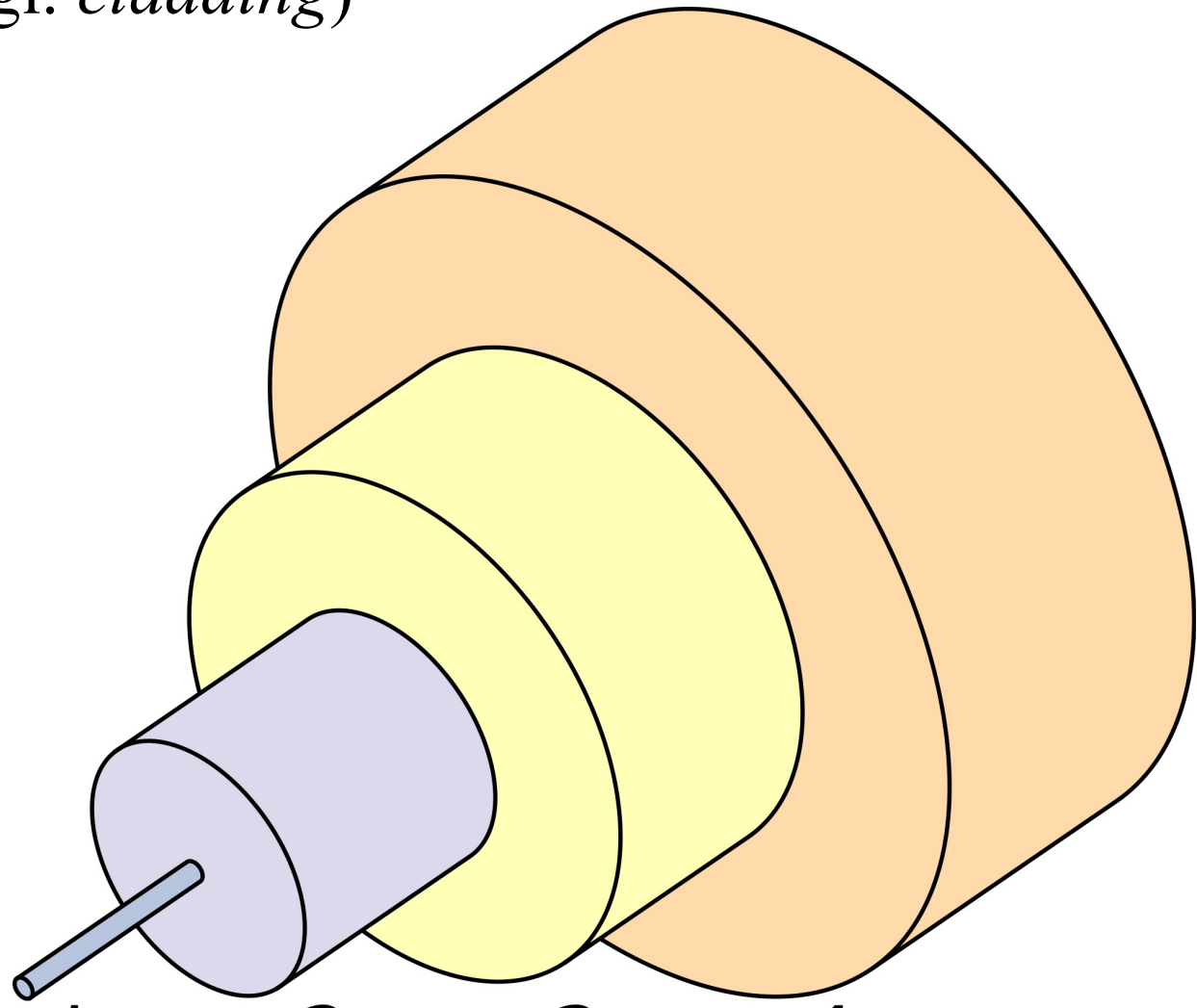
c.

Šviesolaidžio principas



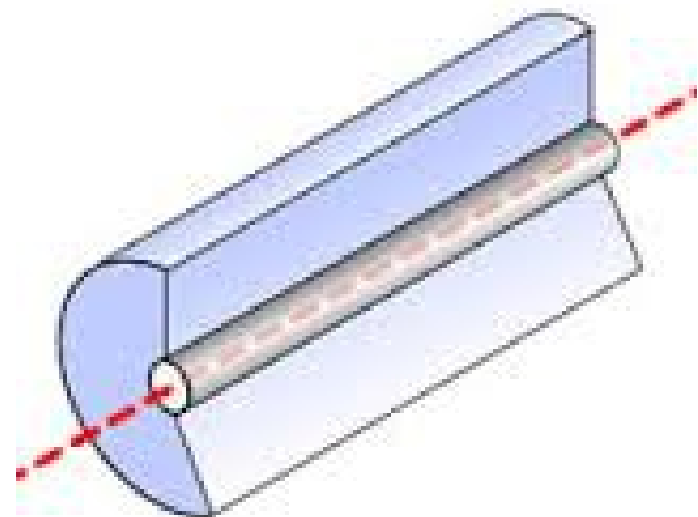
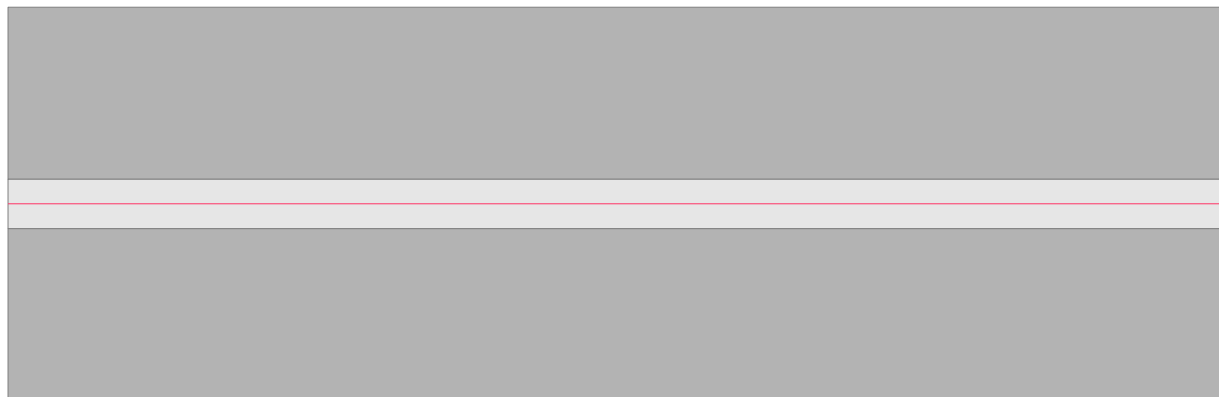
Optinio kabelio sandara

- Šerdis – stiklo pluoštas
- Vidinis apvalkalas (angl. *cladding*)
- Buferis
- Išorinis apvalkalas



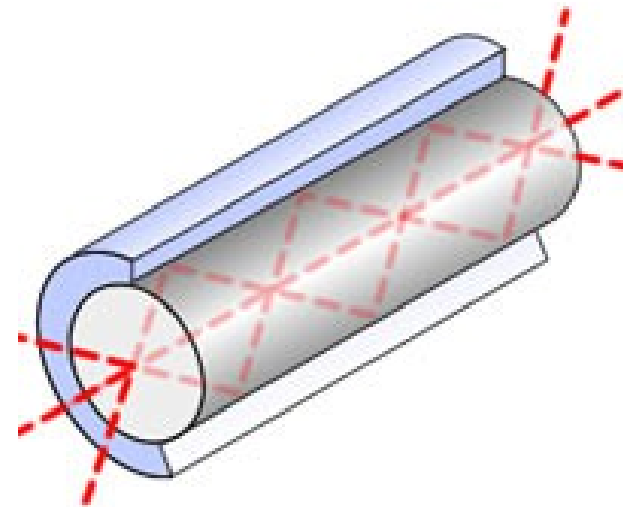
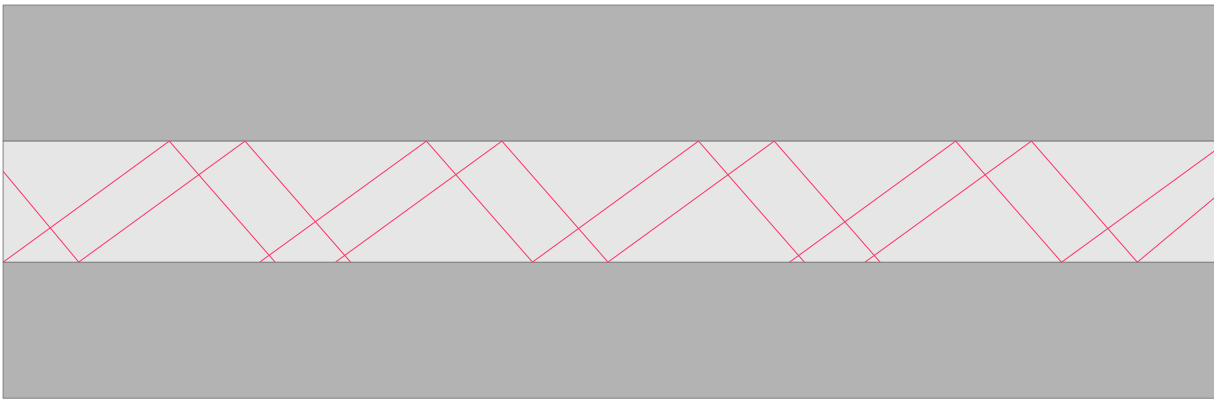
Vienmodis šviesolaidis

- Šerdies skersmuo $8\text{-}10\mu\text{m}$
- Bangos ilgis $1.31\mu\text{m}$ ir $1.55\mu\text{m}$
- Vienu metu siunčiamas vienas šviesos signalas
- Naudojamas lazeris



Daugiamodis šviesolaidis

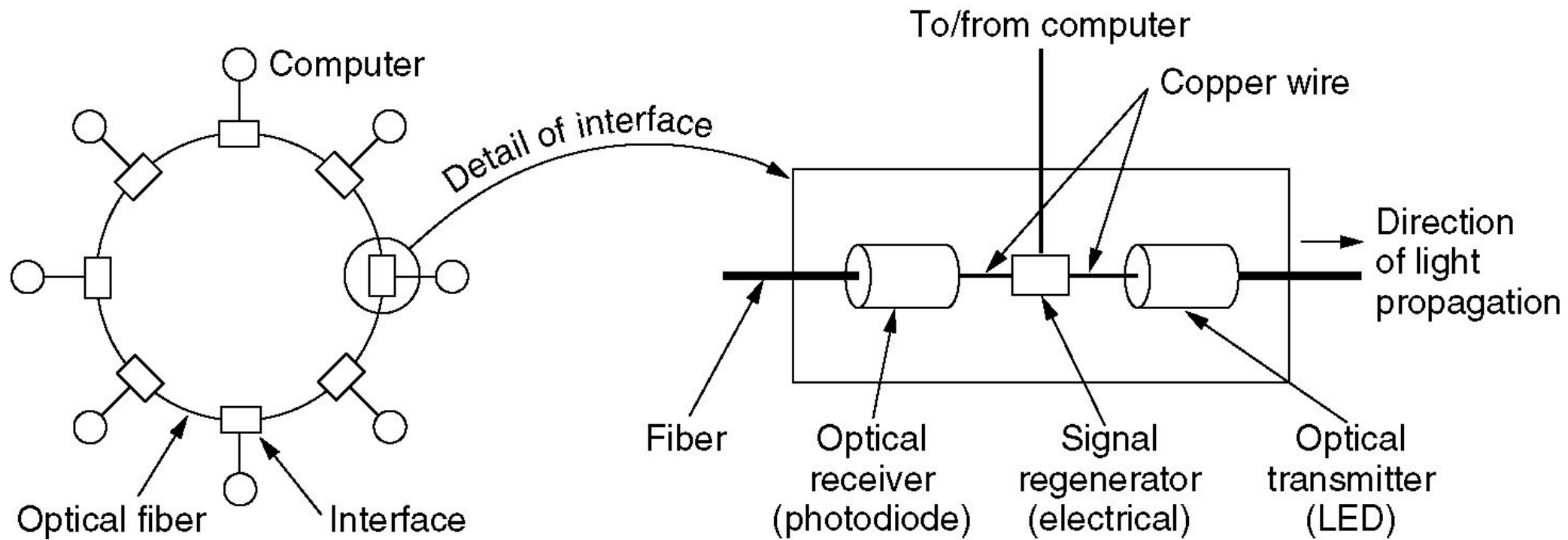
- Šerdies skersmuo $50\text{-}100\mu\text{m}$
- Bangos ilgis $0.85\mu\text{m}$ ir $1.3\mu\text{m}$
- Vienu metu gali būti siunčiami keli šviesos signalai, nukreipiant juos skirtingais kampais.



Topologija

- Taškas su tašku
- Žvaigždinė
- Žiedas

Topologija

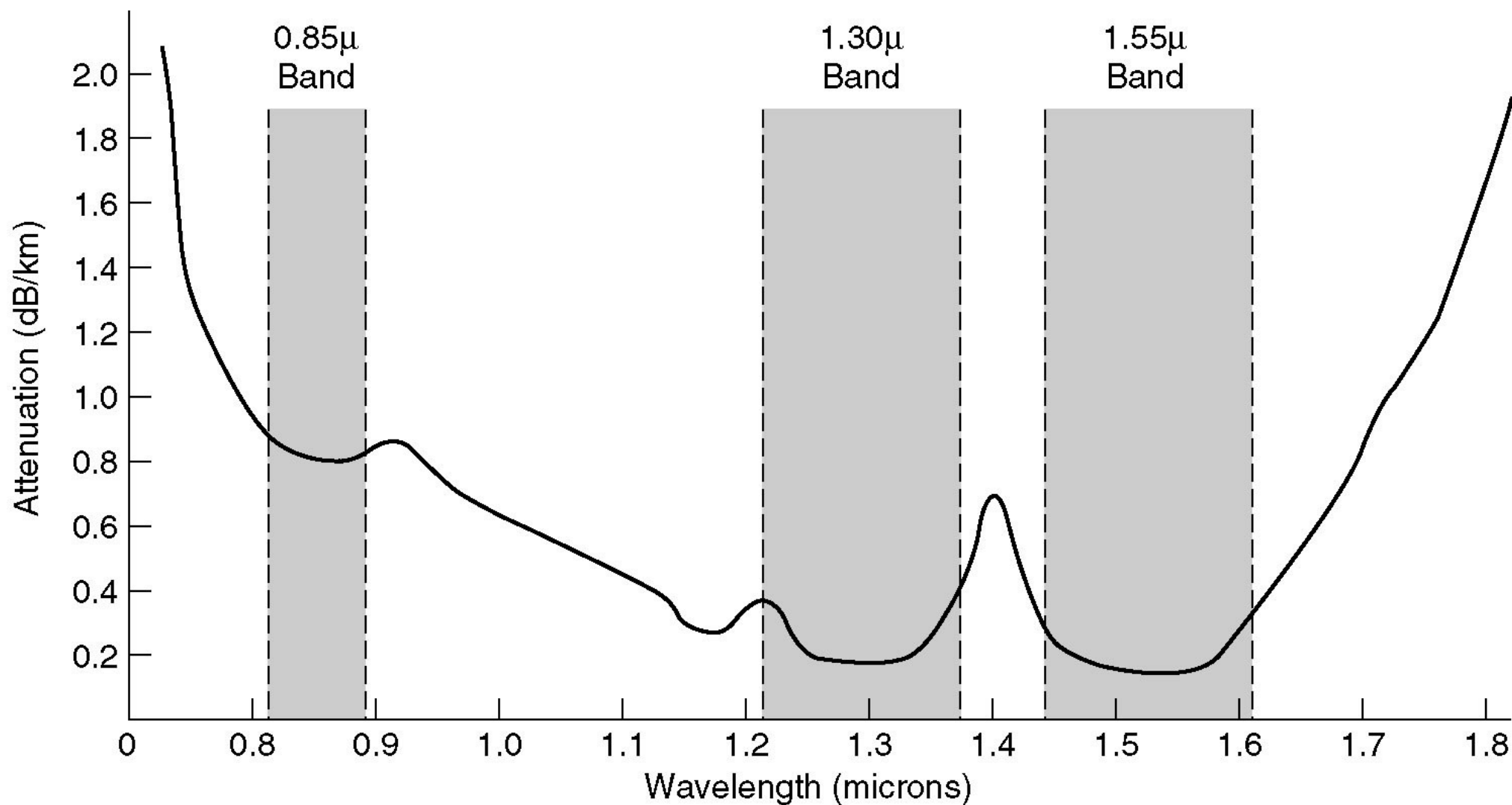


Šviesos signalo susilpnėjimas

- Susilpnėjimas paskaičiuojamas pagal:

$$A = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{siuntimo}}{P_{gavimo}} \right)$$

Signalo silpnējimas optiniuose kabeliuose



Optinis kabelis

	LED	Lazeris
Perdavimo greitis	Mažas	Didelis
Šviesolaidžio tipas	Daugiamodis	Daugiamodis ir vienmodis
Atstumas	Trumpas	Ilgas
Tarnavimo laikas	Ilgas	Trumpas
Kaina	Maža	Didelė

Varinio ir optinio kabelių palyginimas

- Optinis kabelis leidžia perduoti signalą didesniu atstumu be signalo stiprinimo (nuo 30 km ir 5 km varinis)
- Optinis kabelis plonesnis
- Optinis kabelis lengvesnis
- Optinį kabelį sunkiau aptikti nes nėra magnetinio spinduliavimo

Varinio ir optinio kabelių palyginimas

- Optinis kabelis atsparus elektromagnetinėms atakoms, radiacijai, maitinimo sutrikimams
- Optinį kabelį sunkiau instaliuoti
- Reikalingas specialus inžinierių paruošimas optiniam kabeliui
- Prisijungti prie optinio kabelio brangiau nei prie varinio

Tipinis signalo susilpnėjimas

	Dažnių diapazonas	Tipinis susilpnėjimas	Tipinis vėlavimas	Atstumas tarp kartotuvų
Vyta pora	0 – 3.5 kHz	0.2 dB/km @ 1 kHz	50 μs/km	2 km
Vytos poros	0 – 1 MHz	3 dB/km @ 1 kHz	5 μs/km	2 km
Koksialinis kabelis	0 – 500 MHz	7 dB/km @ 10 MHz	4 μs/km	1 – 9 km
Optinis kabelis	180 – 370 THz	0.2 – 0.5 dB/km	5 μs/km	40 km

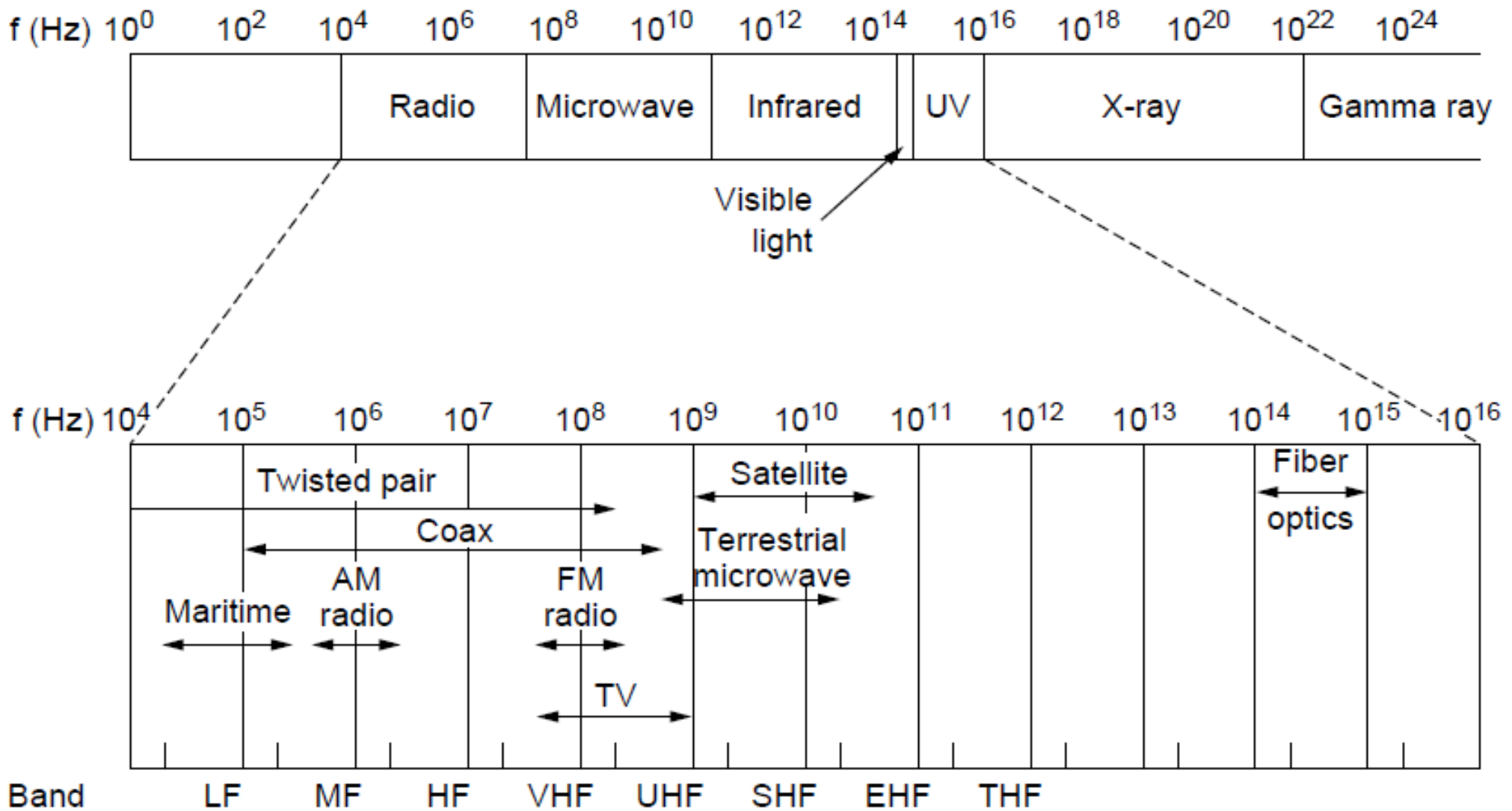
Bevielis ryšys



Bevielis ryšys

- Siųstuvas
- Imtuvas
- Antenos

Elektromagnetinis spektras



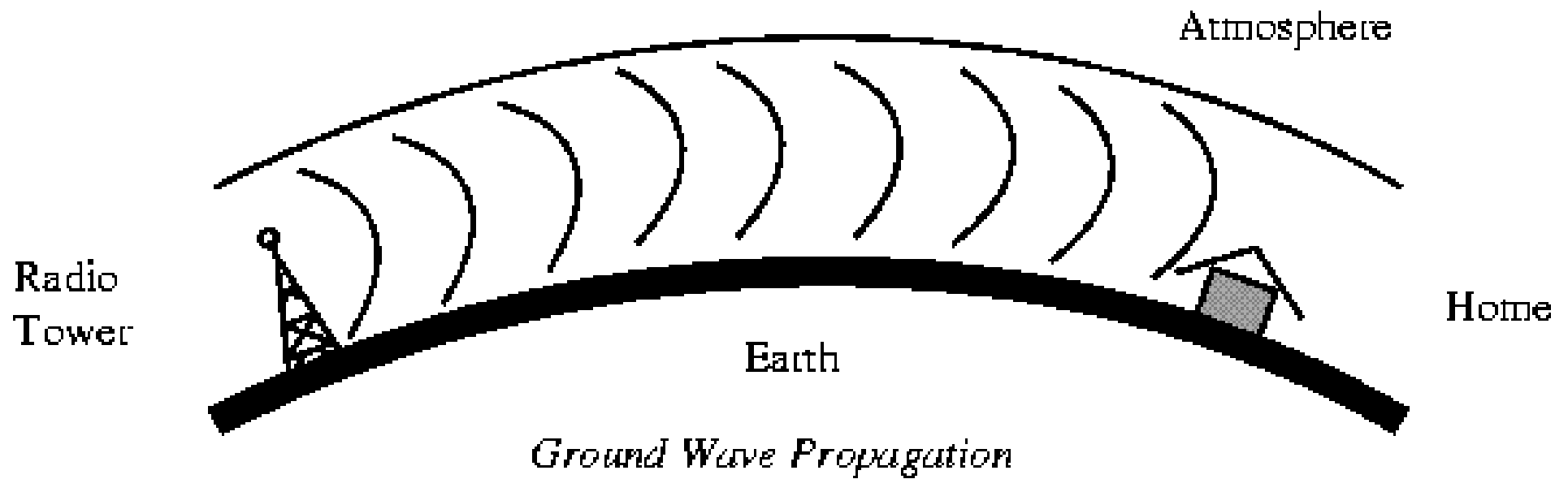
Radio perdavimas

- Paprasta perduoti
- Lengva priimti
- Bangos gerai sklinda visom kryptim (General Motors problema)
- Žemo dažnio bangos gerai sklinda, tačiau reikalauja daug energijos
- Aukšto dažnio bangos labiau priklauso nuo reljefo, oro sąlygų. Netgi elektros prietaisai daro įtaką jų sklidimui

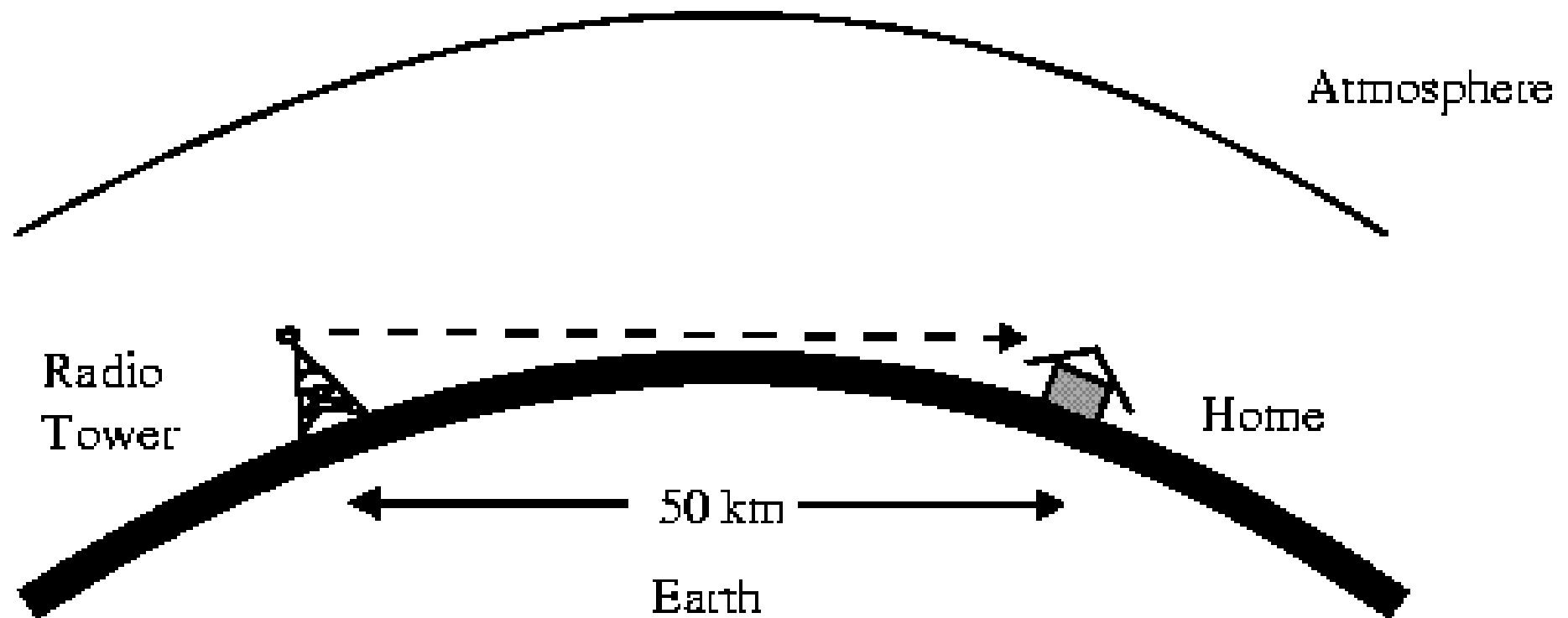
Susijungimo būdai

- Žeme sklindančiomis bangomis;
- Tiesioginėmis bangomis;
- Į jonosferą atsimušančiomis bangomis

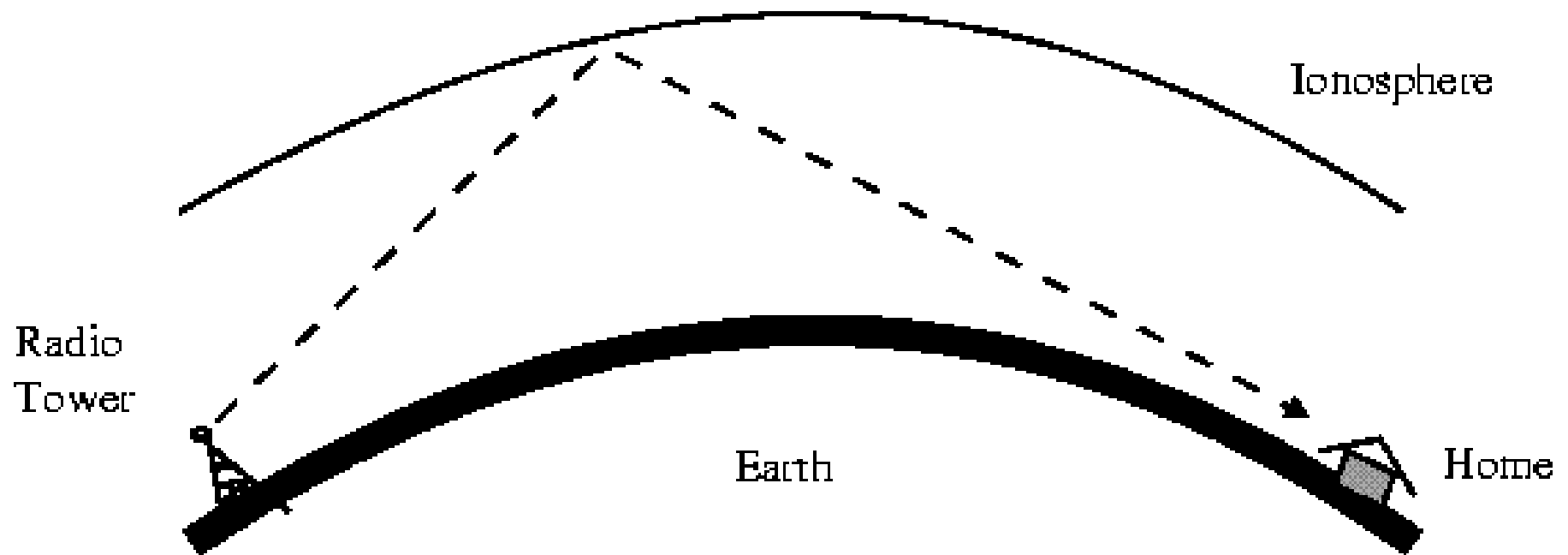
Žeme sklindančios bangos



Tiesioginis matavimas



Jonosferinis susijungimas

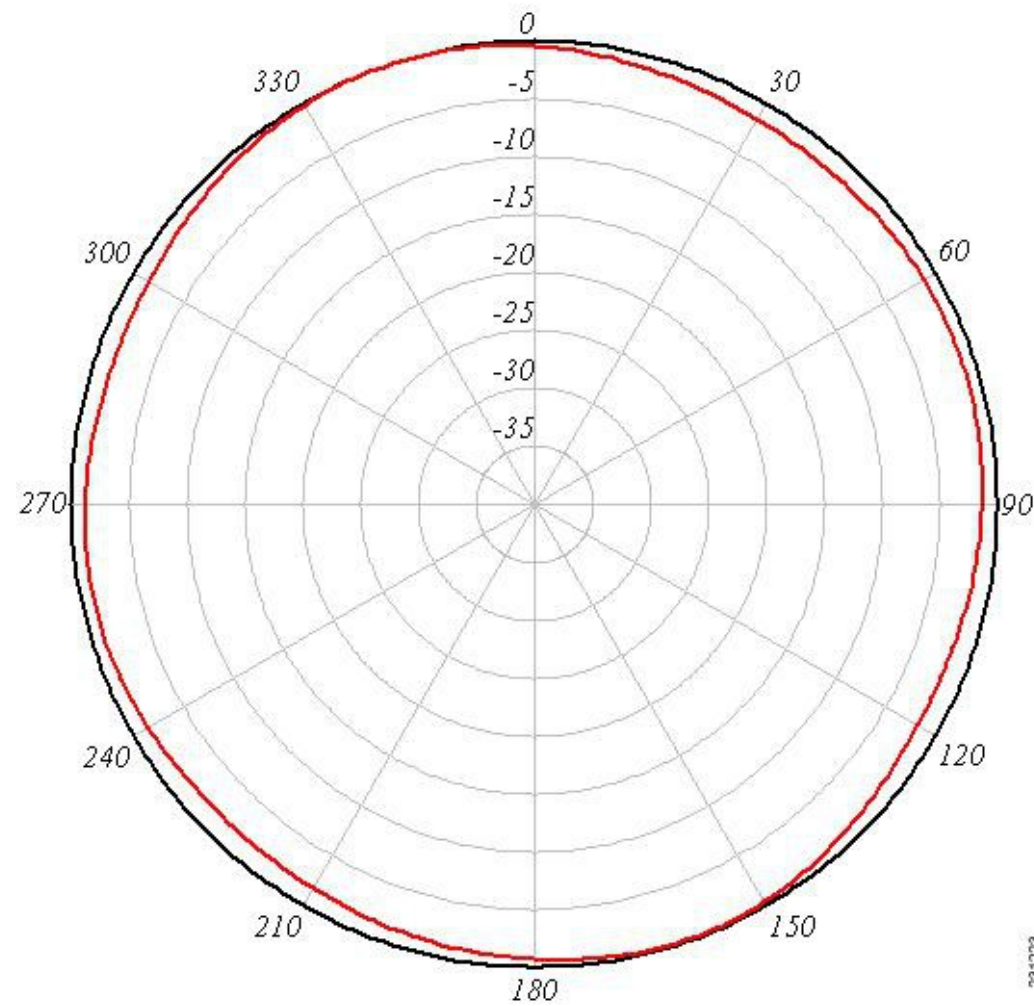


Antenų tipai

- Daugiakryptės (angl. omni-directional)
- Kryptinės (angl. directional)

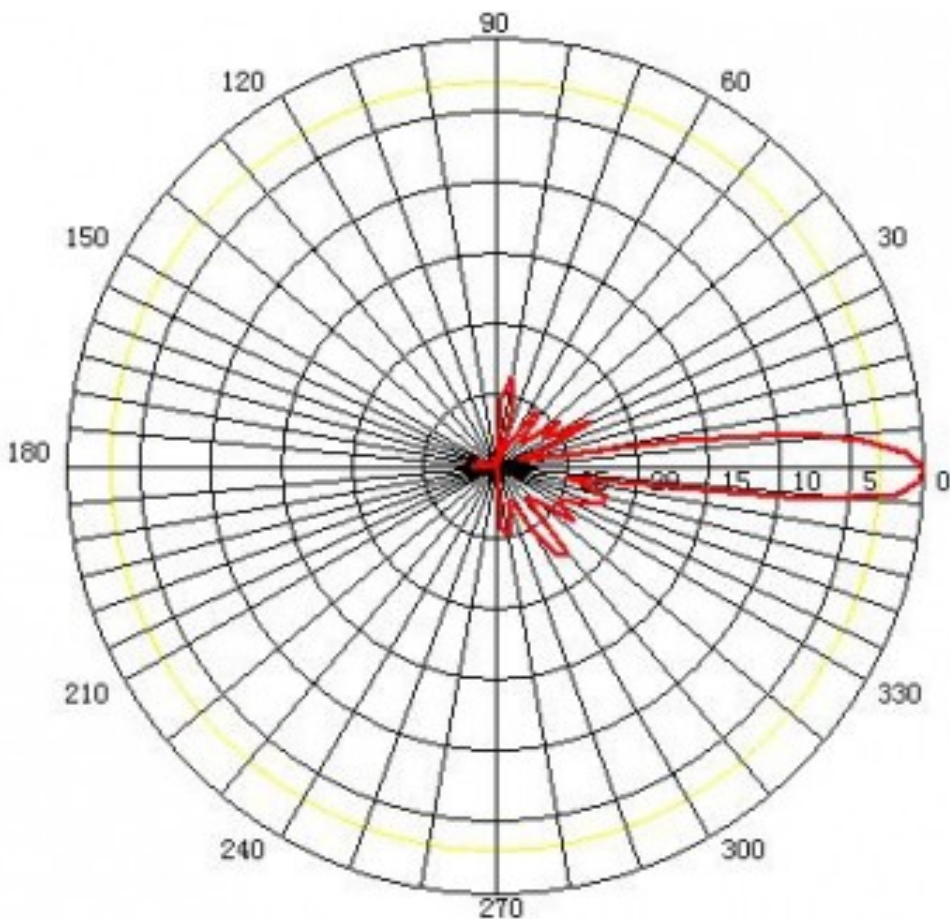
Daugiakryptės antenos

- Skirtos transliuoti bangas visomis kryptimis



Kryptinės antenos

- Koncentruoja bangas į vieną plotą
- Transliavimo kampas priklauso nuo antenos formos



WiFi standartai

Standartas	Dažnis (GHz)	Juostos plotis (MHz)	Sparta (Mbps)
-	2.4	20	1-2
a	5	20	6-54
b	2.4	20	1-11
g	2.4	20	6-54
n	2.4/5	20/40	7.2-150

Bangų diapazonų išskyrimo politika

- Kiekvienoje valstybėje savos taisyklės
 - Licencijuoti dažniai
 - Nelicencijuoti dažniai
- Lietuvos atveju:
 - <http://62.212.198.174/efis/>

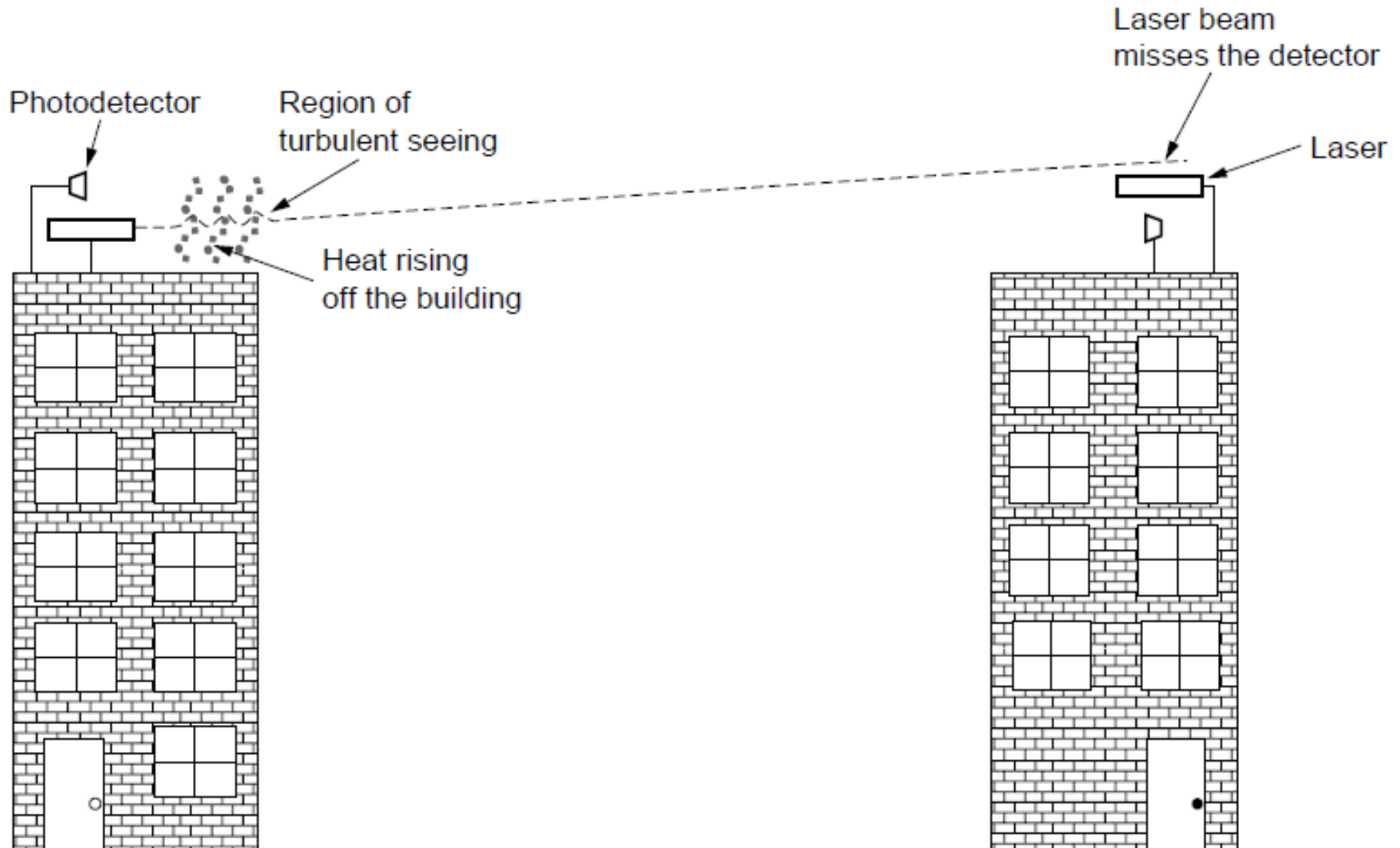
Bevielis ryšys

- Bangų perdavimas ($> 100\text{MHz}$)
 - Gerai fokusuojam ir perduodami tiesine kryptimi
 - Problemos dėl reakcijos atmosferoje
 - Dažniam virš 8 GHz – lietus taip pat problema
 - Geras eksploatavimas tam tikrom sąlygom (100m – 80km)
 - Laisvai naudojami diapazonai 2400MHz – 2484MHz

Bevielis ryšys

- Infraraudonosios ir milimetrinės bangos
 - Negali apeiti objekto
 - Nėra interferencijos
- Matomas spinduliavimas (lazeris)
 - Priklauso nuo atmosferos sąlygų

Matomas spinduliavimas





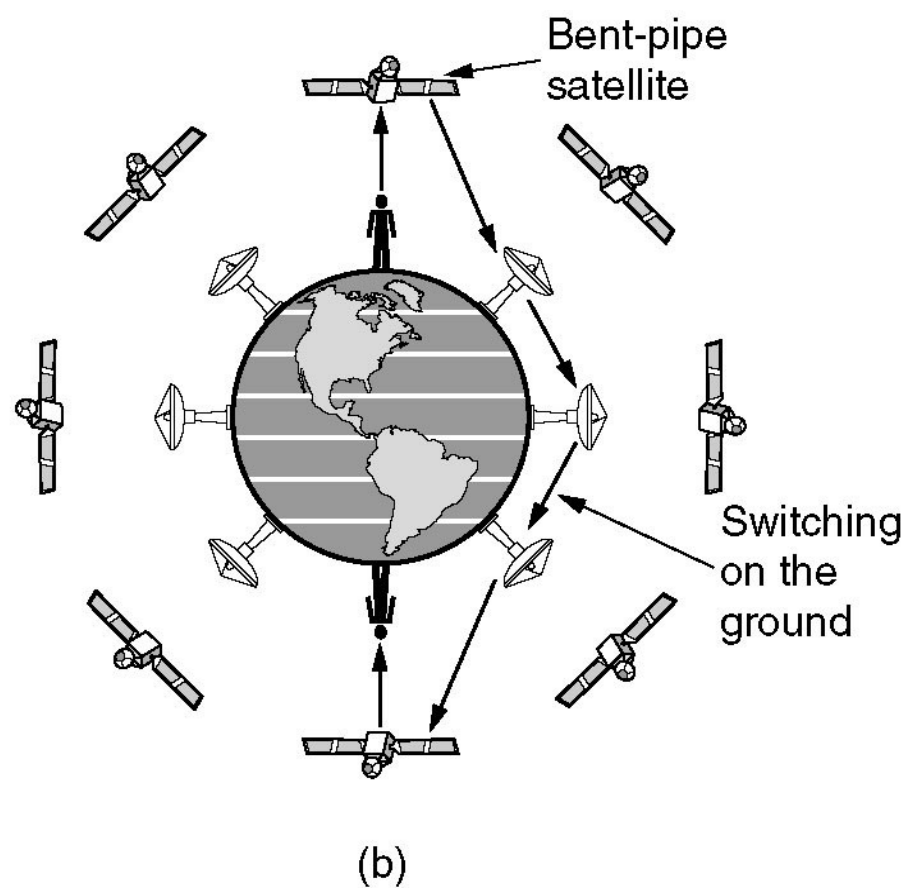
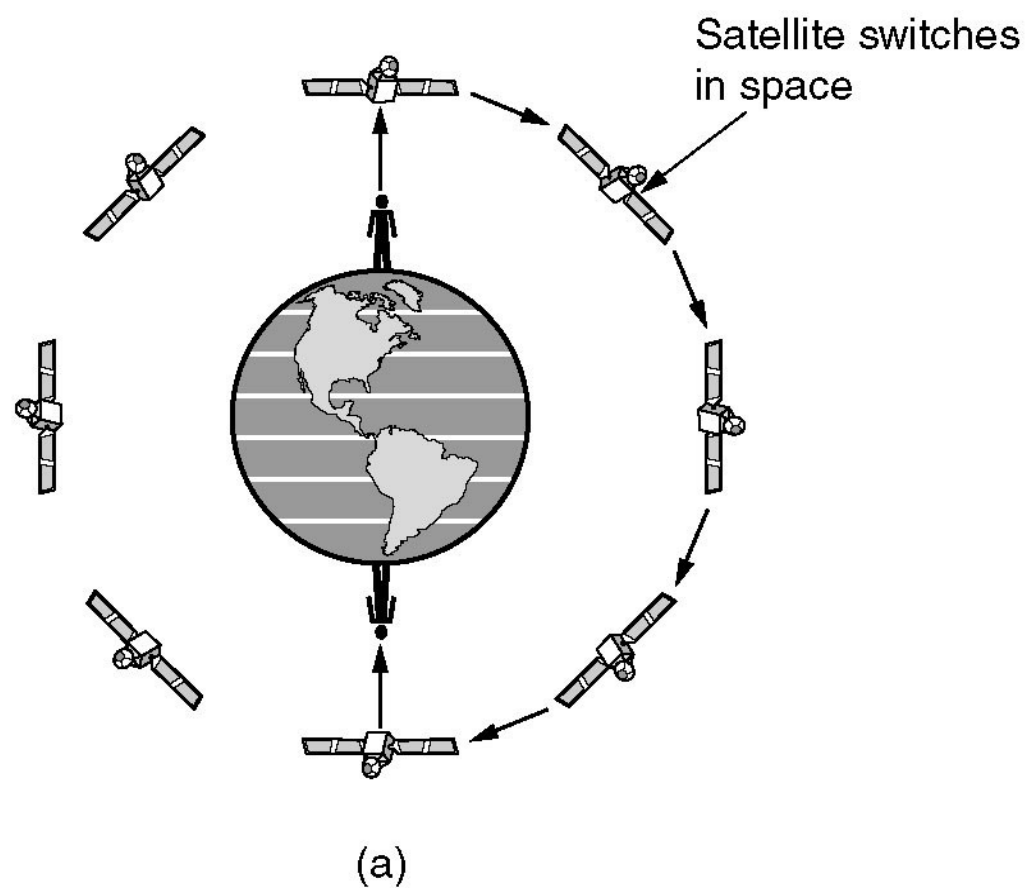
Palydovinis ryšys



Palydovinis ryšys

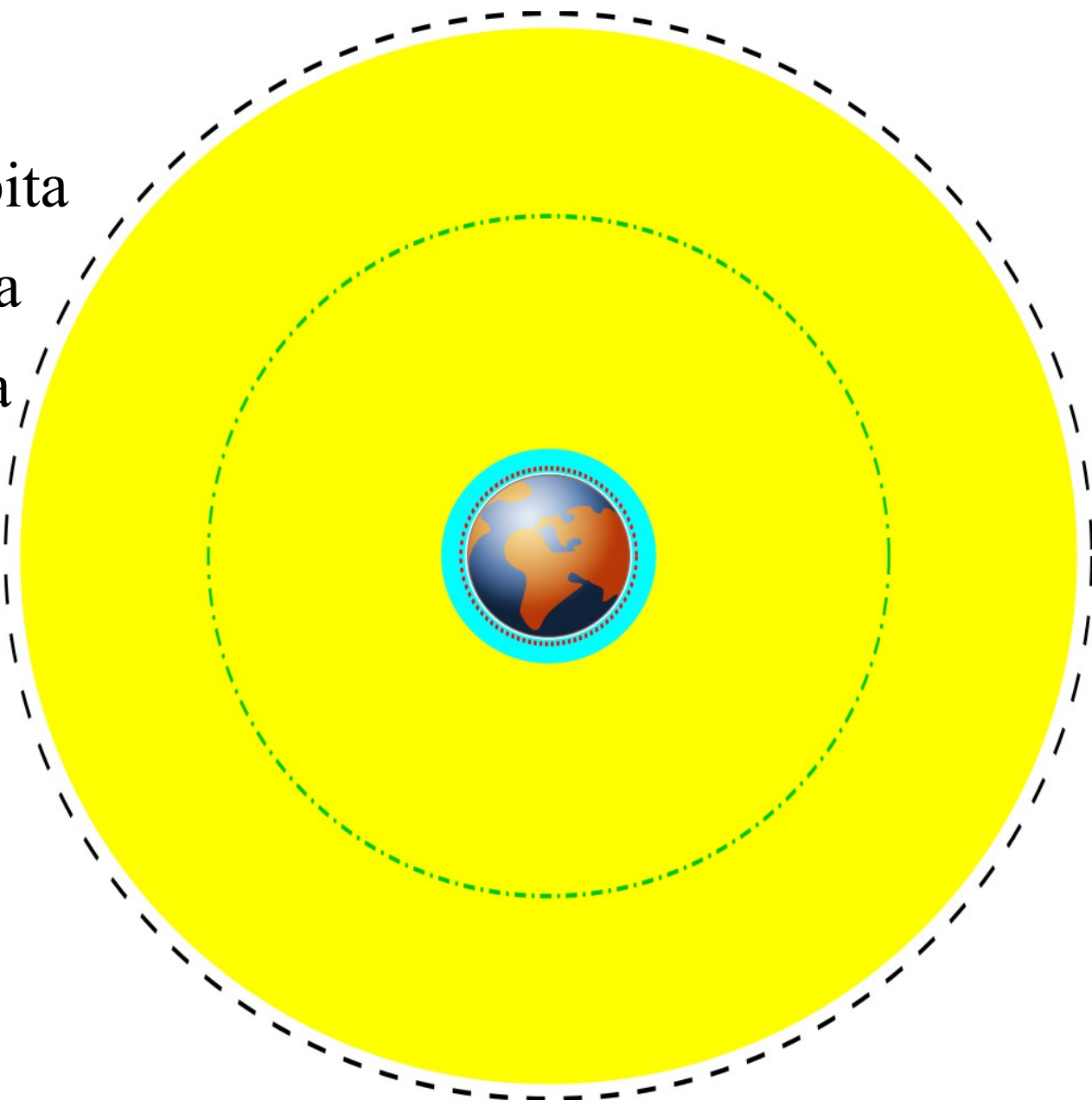
- Palydovinio ryšio veikimo principai
- Geostacionarūs palydovai
 - VSAT (Very Small Aperture Terminals) sistemos
- Vidutinės orbitos palydovų sistemos
- Žemos orbitos palydovų sistemos

Komunikavimo būdas



Žemės orbitų tipai

- Žemoji žemės orbita
- Vidutinioji žemės orbita
- Geosinchroninė orbita
- Aukštoji žemės orbita



Žemoji žemės orbita

- LEO - (angl. *Lower Earth Orbit*);
- Atstumas nuo žemės paviršiaus: iki 2000km;
- Vėlavimas: 1-7 ms;
- Periodas nuo 90min;
- Reikia bent 50 palydovų

Žemos orbitos palydovai

- Iridium – 1990 Motorola
 - 77 palydovai 750 km aukštyje, 11 vienam meridianui
 - Ryšys tarp palydovų
 - 48 zonų kiekvienam palydovui, iš viso 1628
 - Perdavimas 1.6 GHz
- Globalstar
 - 48 palydovai 1400 km aukštyje
 - Ryšys tarp palydovų ir tarp žemės stočių

Vidutinioji žemės orbita

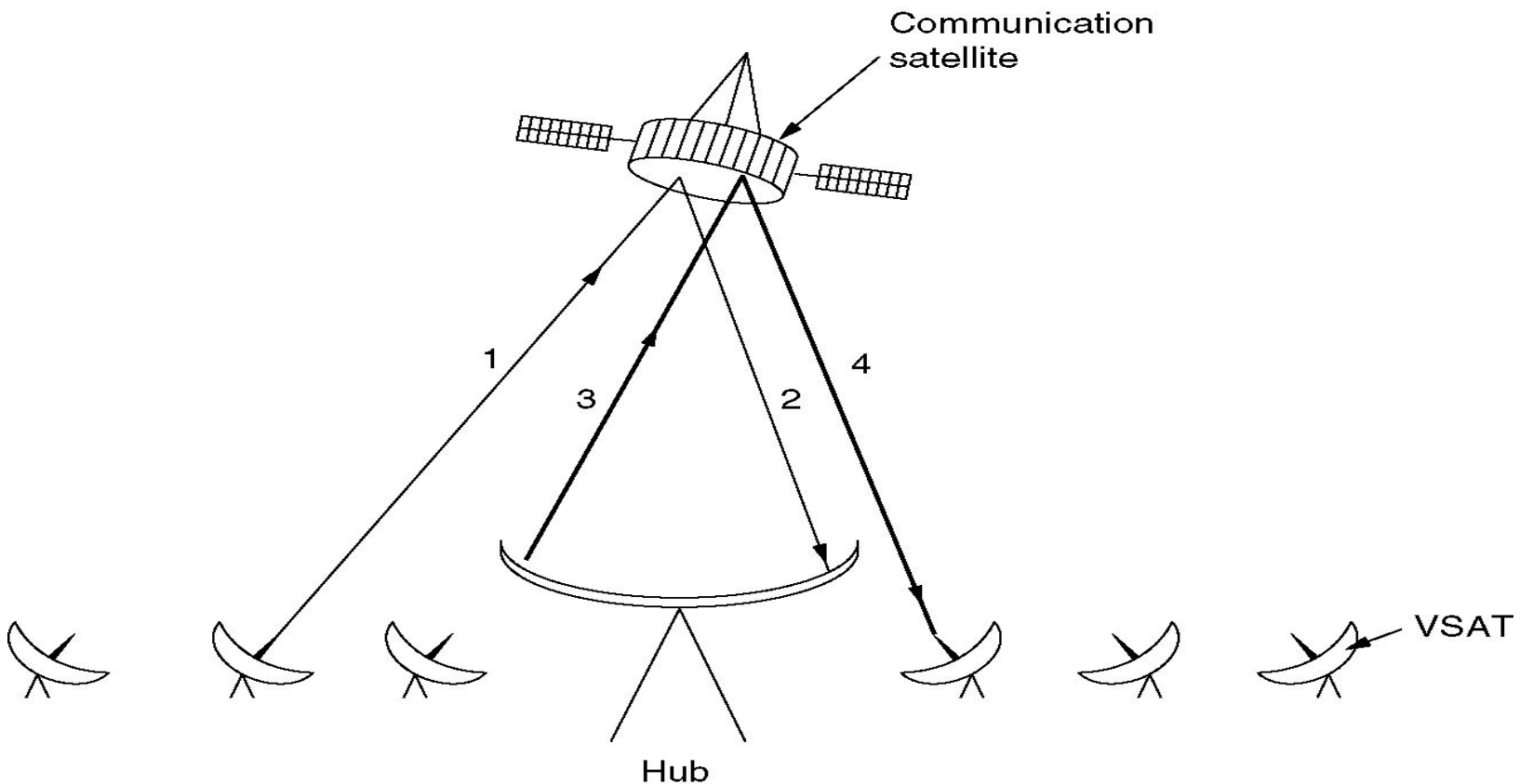
- MEO - (angl. *Medium Earth Orbit*)
- Atstumas nuo žemės paviršiaus: nuo 2000km iki 35786km;
- Vėlavimas: 35-85ms;
- Orbitos periodas: 12h
- Teikiamos paslaugos:
 - Telekomunikacijų
 - Navigacijos
- Užtenka 10 palydovų

Geosinchroninė orbita

- GEO - (angl. *Geosynchronous Earth Orbit*);
- Dar vadinama Geostacionariąja (angl. *geostationary*);
- Vėlavimas: 270ms;
- Užtenka trijų palydovų

VSAT

- Antenos diametras - ~2m, signalo galingumas – W_t
- Perdavimas - ~19 Kbps, priėmimas 512 Kbps
- Palydovų jungiklis (hub)



Aukštoji žemės orbita

- HEO - (angl. *High Earth Orbit*);
- Atstumas nuo žemės paviršiaus: virš 35786km;
- Vėlavimas virš 270ms;

Palydovinio ryšio dažnių pasiskirstymas

Pava- dinimas	Priėmimo juosta (GHz)	Išsiuntimo juosta (GHz)	Juostos plotis (MHz)	Problemos
L	1.5	1.6	15	Siaura juosta, apkrautas
S	1.9	2.2	70	Siaura juosta, apkrautas
C	4.0	6.0	500	Interferencija su žemėje naudojamais dažniais
Ku	11	14	500	Reikalauja idealių oro sąlygų
Ka	20	30	3500	Reikalauja idealių oro sąlygų, brangi įranga

Palydovinių sistemų ypatumai

- Didelis greitis bet didelis užlaikymas
- Broadcast tipo perdavimas – kaina vs. saugumas
- Kaina nepriklauso nuo atstumo
- Mažas klaidų koeficientas perdavimo metu
- Dažniams didesniems nei 8GHz net ir lietus daro įtaką

Palydovinis ryšys vs. optinis

- Optinio ryšio linijos turi didelį pralaidumą, tačiau jis yra dalinamas
- Vartotojams, kuriems reikia didelio pralaidumo, reikia iš anksto rezervuoti kanalą, o palydovas prieinamas beveik visada
- Mobilumas – ryšys reikalingas visur
- Broadcast tipui palydovinis ryšys geriausias sprendimas
- Palydovinis ryšys nepakeičiamas, kur geografinės savybės neleidžia sukurti kabelinės infrastruktūros

Kitos terpès

Klausimai?