

Bezvadu **S**ensoru **T**īkli

BST ISO/OSI modelis un tā fiziskais līmenis

Reinholds Zviedris

Datorikas fakultāte

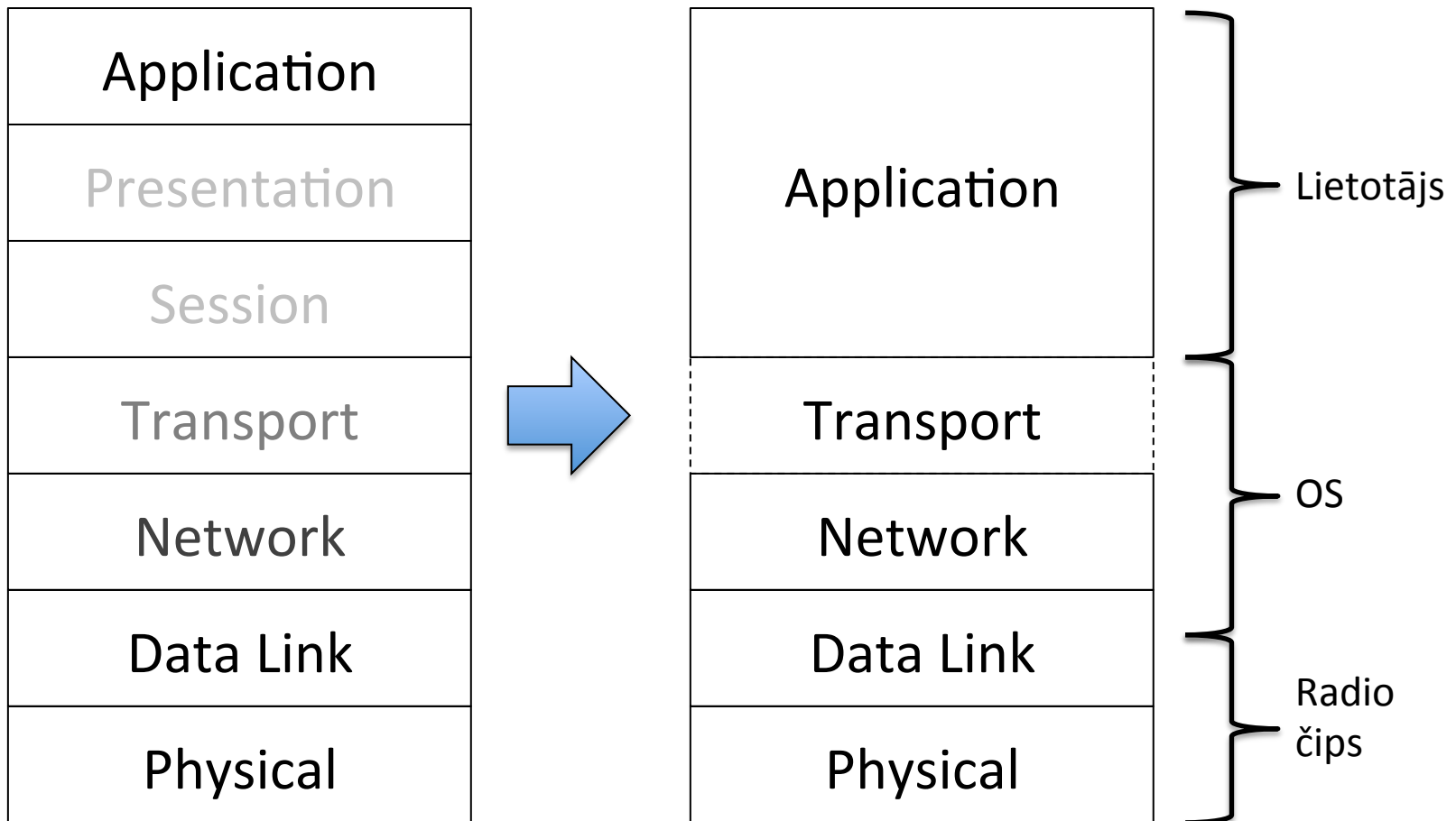
Latvijas Universitāte

21.09.2016.

ISO OSI līmeņi

Application
Presentation
Session
Transport
Network
Data Link
Physical

ISO OSI līmeņu BST variants



OSI modeļa PHY līmenis

- Kāda ir PHY jeb fiziskā līmeņa misija?

OSI modeļa PHY līmenis

- Kāda ir PHY jeb fiziskā līmeņa misija?
- Fiziskais līmenis nodrošina bitu pārraidi ar signālu palīdzību jeb signālu apmaiņu starp tīkla dalībniekiem

OSI modeļa PHY līmenis

- Atrodas “pašā apakšā” (zem MAC, routing u.c. līmeņiem)
- Bezvadu sensoru tīkliem:
 - bezvadu komunikācija (acīmredzami)
 - akustiskā komunikācija
 - citas?

Bezvadu komunikācija

- Datu apmaiņai izmanto elektromagnētiskos viļņus
- Tipiski kā nesošo (carrier) signālu izmanto sinusoīdu
- Nesošais signāls tiek **modulēts** *analogi* vai *digitāli*
 - *BST – pārsvarā digitālā modulācija*

Radio mikroshēmas piedāvā

- Pakešu (reizēm bitu) sūtīšanu, saņemšanu
- Papildus MAC līmeņa lietas:
 - Clear channel assesment
 - ACK kontrole
 - Pārsūtīšana kļūdas gadījumā
 - Šifrēšana

Radio modulācija

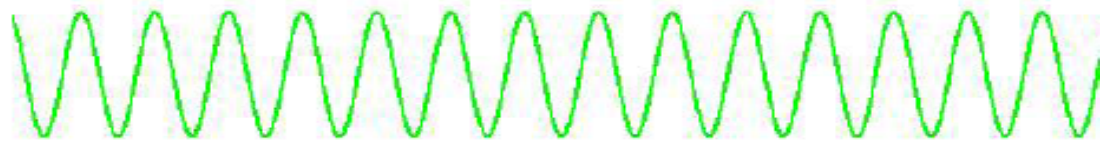
- Amplitūdas:
 - Piemēri: AM, OOK (on-off keying) u.c.
- Frekvences:
 - Piemēri: FM, FSK (frequency shift keying) u.c.
- Fāzes:
 - Piemēri: PSK (phase shift keying) u.c.

Nesējfrekvence

- Kā iekodēt informāciju radio signālā?
- Ir centrālā nesējfrekvence
- To izmaina ar datu signālu
- Otrā galā nosaka modifikāciju

Signāla modulācija

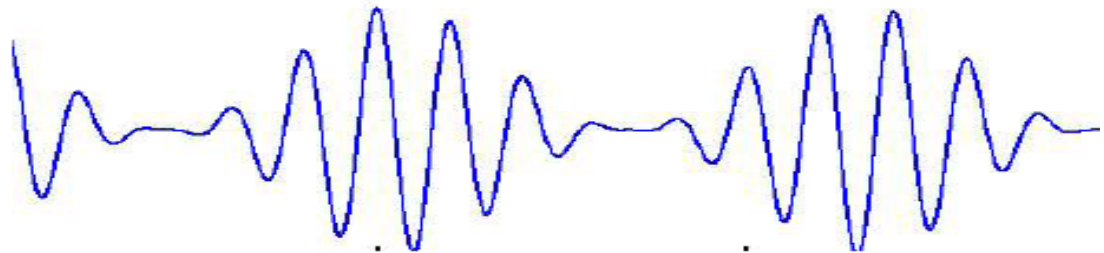
- Nesējs



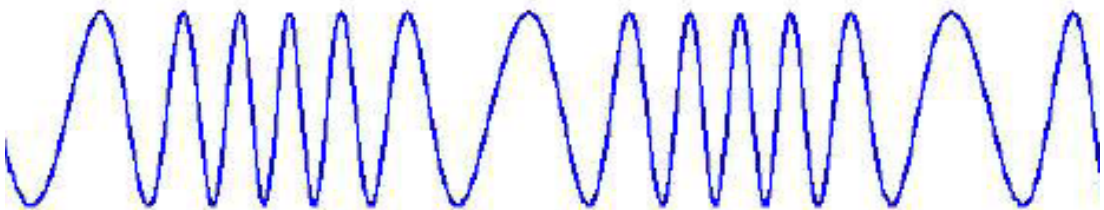
- Informācijas signāls



- Amplitūdas modulācija (AM)

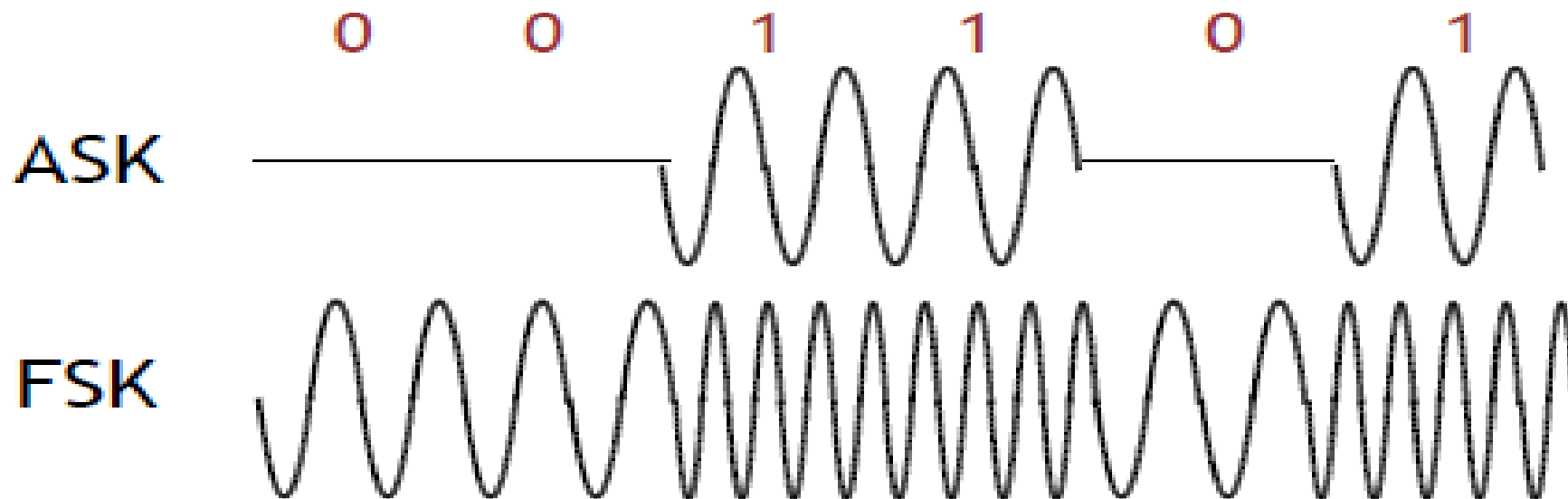


- Frekvences modulācija (FM)



Digitāla signāla modulācija

- Amplitūdas nobīdes iekodēšana (ASK)
- Frekvences nobīdes iekodēšana (FSK)



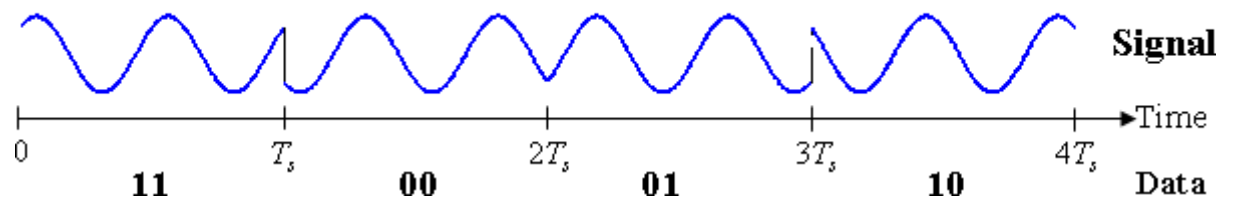
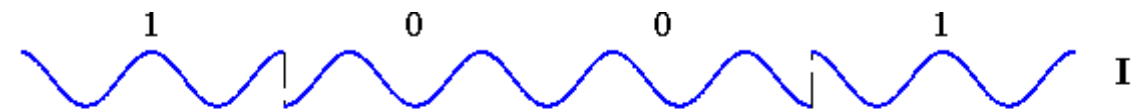
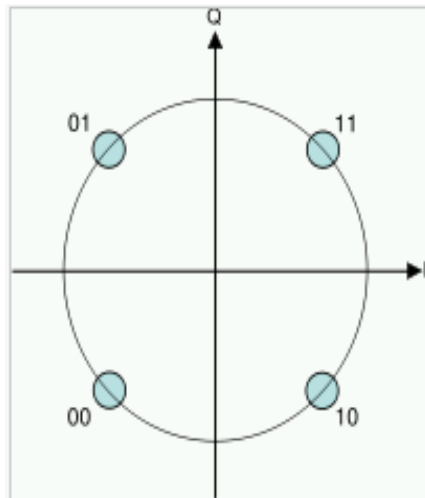
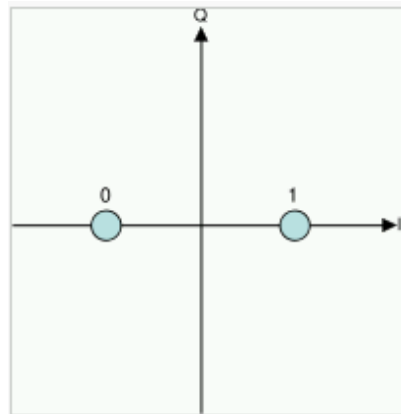
Citi modulācijas veidi

- GFSK = FSK, kur 0 ir negatīva frekvences nobīde (lieto Bluetooth)
- PSK: Informāciju iekodē fāzes nobīdē
- QAM = AM + PSK

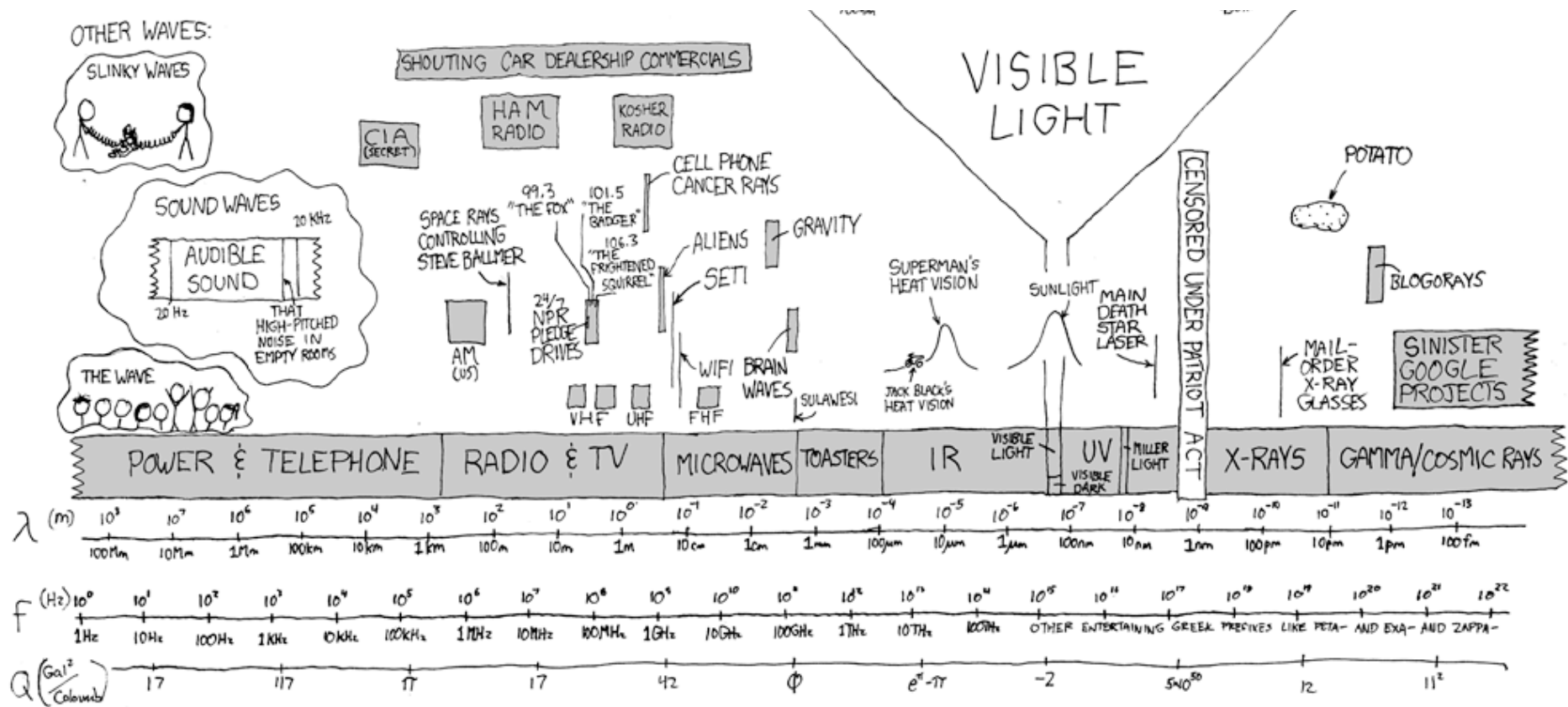


Lieto 802.11

PSK un QPSK

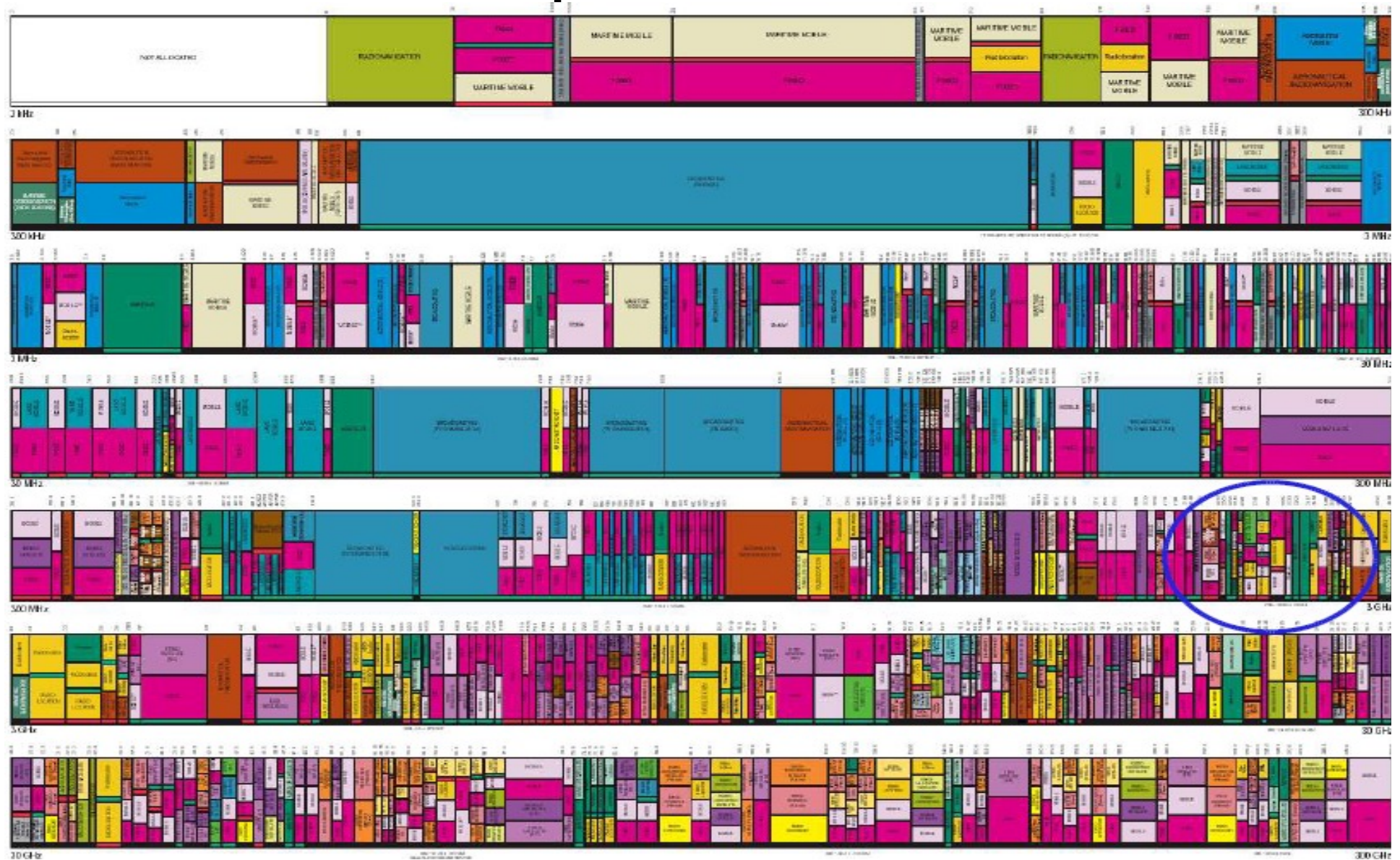


PSK – Phase-shift keying; QPSK – Quadrature phase-shift keying



http://imgs.xkcd.com/comics/electromagnetic_spectrum.png

Radio spektra noslodze



2.4GHz - brīvā josla

ISM:
Industrial,
Scientific,
and Medical

ISM - 2450.0 ± 50 MHz

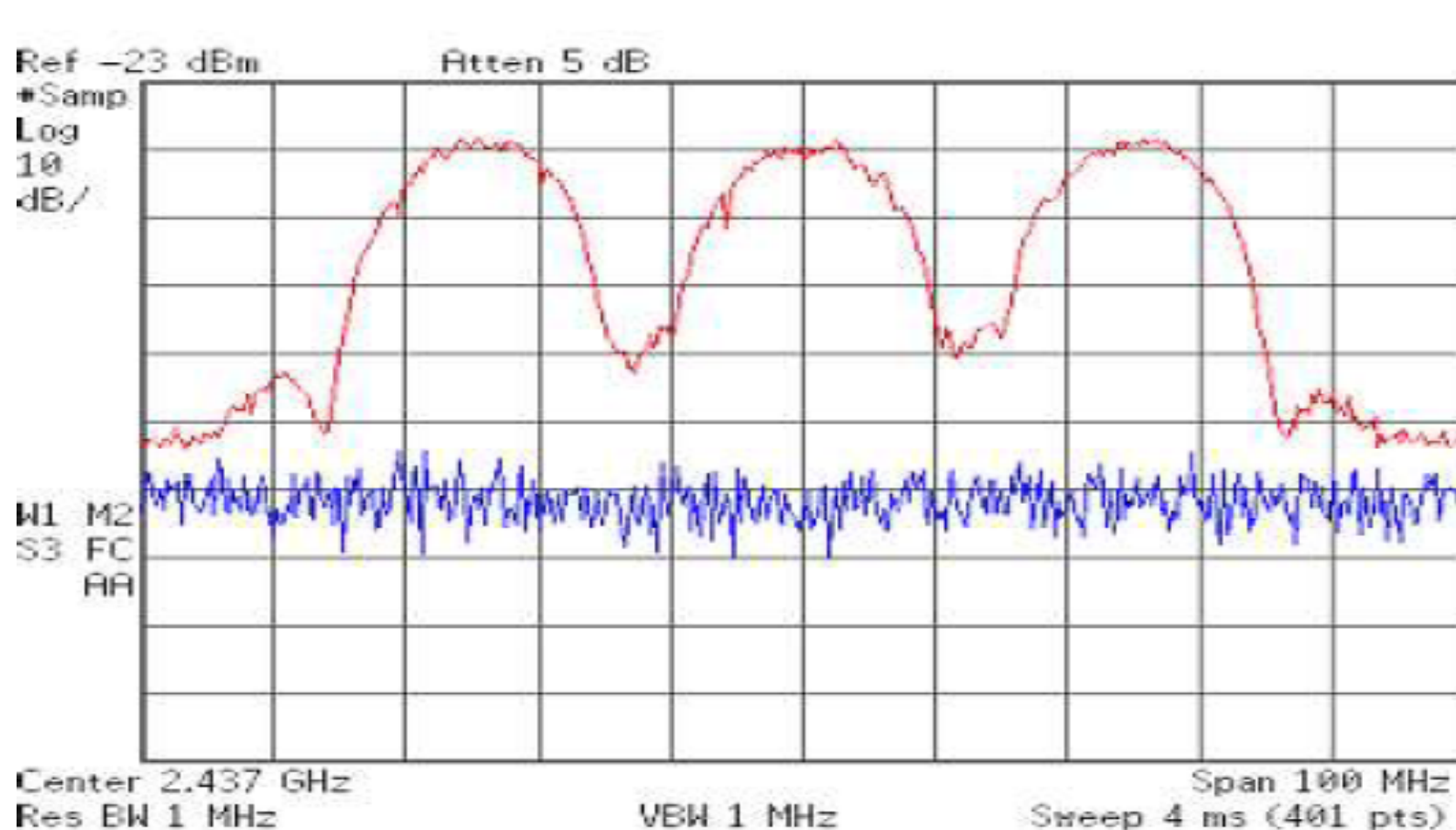
	MOBILE SATELLITE (S-E)					2200	
	FIXED (LOS)	MOBILE (LOS)	SPACE RESEARCH (s-E)(s-s)	SPACE OPERATION (s-E)(s-s)	EARTH EXPLORATION SAT. (s-E)(s-s)	2290	
	SPACE RES..(S-E)		FIXED	MOBILE**		2300	
	Amateur					2305	
	Amateur	RADIOLOCATION	MOBILE**	FIXED		2310	
	Radiolocation	Mobile	Fixed	MOB	FX	R-LOC. B-SAT	2320
	Mobile	Radio-location	Fixed	BCST-SATELLITE		2345	
	Radiolocation	Mobile	Fixed	MOB	FX	R-LOC. B-SAT	2360
	MOBILE		RADIOLOCATION	Fixed		2385	
	MOBILE		FIXED			2390	
	AMATEUR					2400	
	AMATEUR					2417	
	Radiolocation				Amateur		2450
	FIXED	MOBILE		Radiolocation		2483	
	RADIODETERMINATION SAT. (S-E)			MOBILE SATELLITE (S-E)		2500	
	BCST - SAT.	MOBILE**	FX-SAT(S-E)	FIXED		2655	

Bezmaksas frekvenču diapazoni

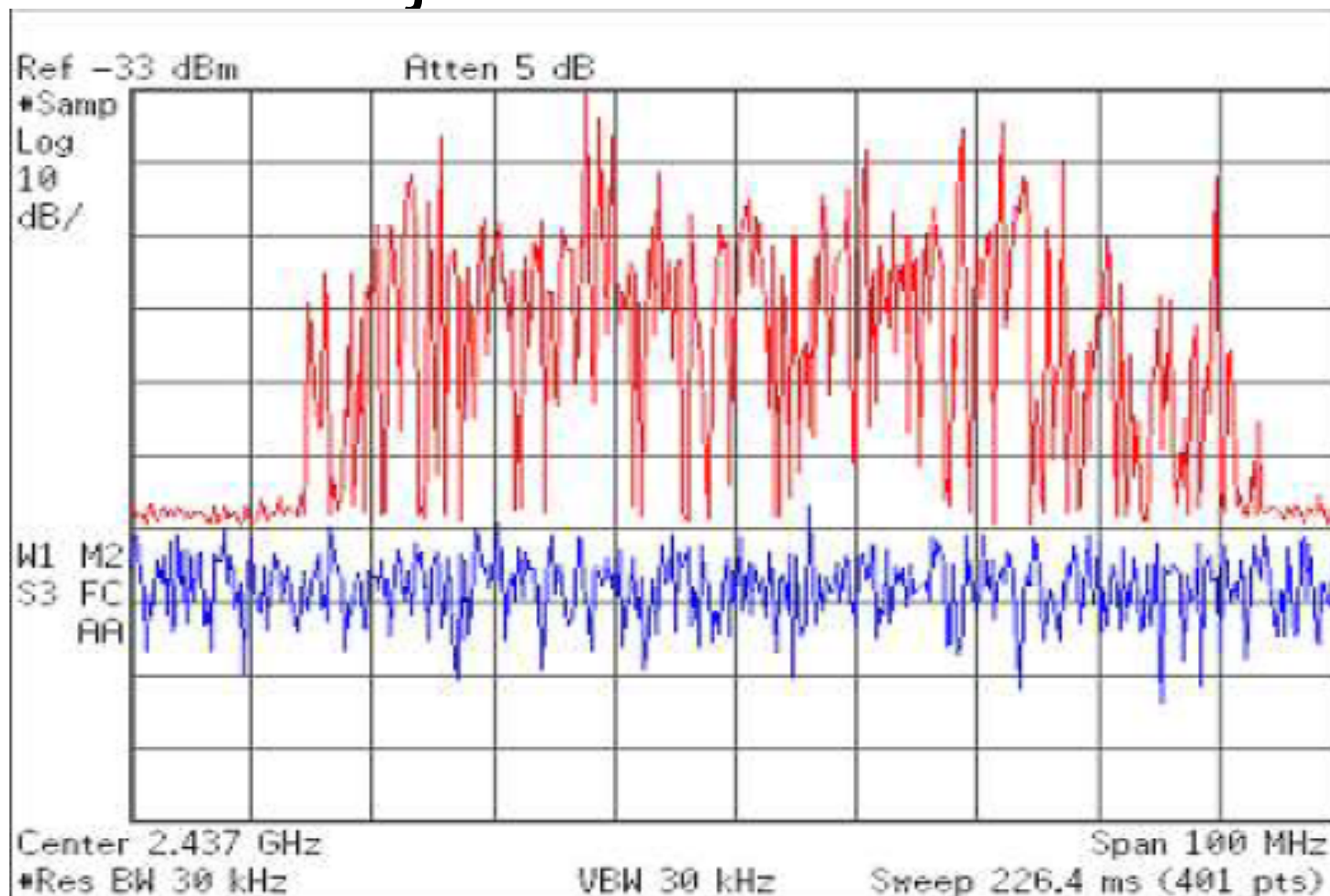
- Pasaulē: 2,4000 – 2,4835 GHz
- Eiropā: 433 MHz un 868 MHz
- ASV: 902-928 MHz
- 5,7 – 5,9 GHz: atšķirīgi noteikumi Eiropā, ASV, Āzijā

802.11b spektrogramma

- Skaidri redzami trīs kanāli: 1, 6 un 11

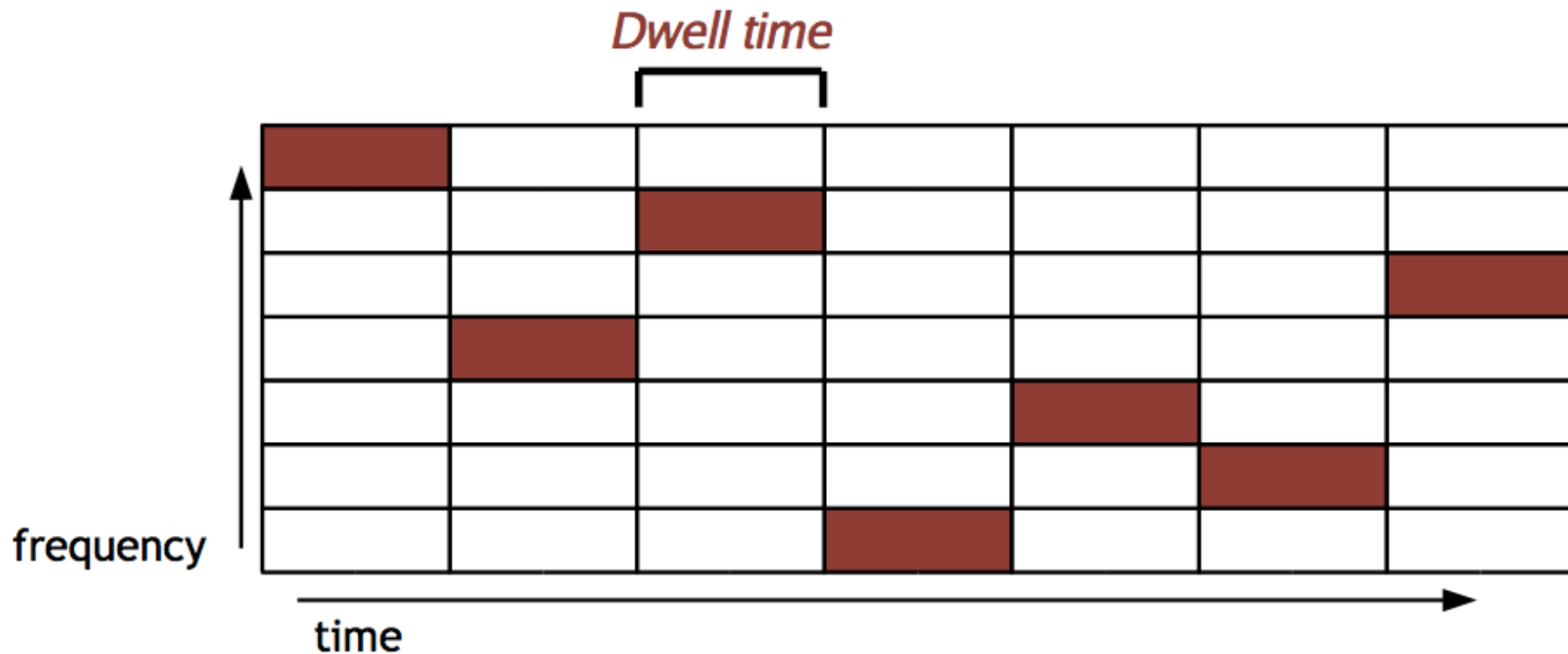


Izmantojot frekvenču lēkāšanu



Frekvenču lēkāšanas darbība

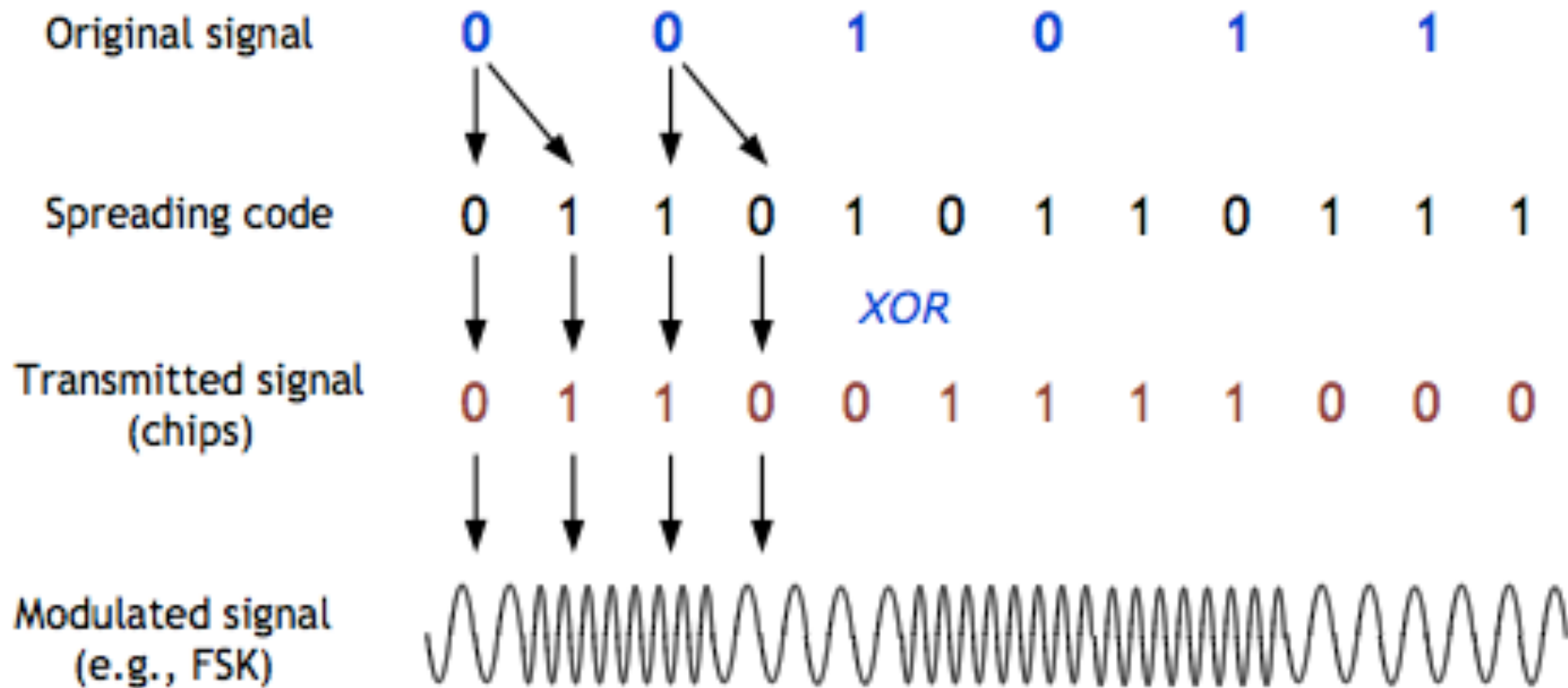
- Partneri vienojas par kanālu secību



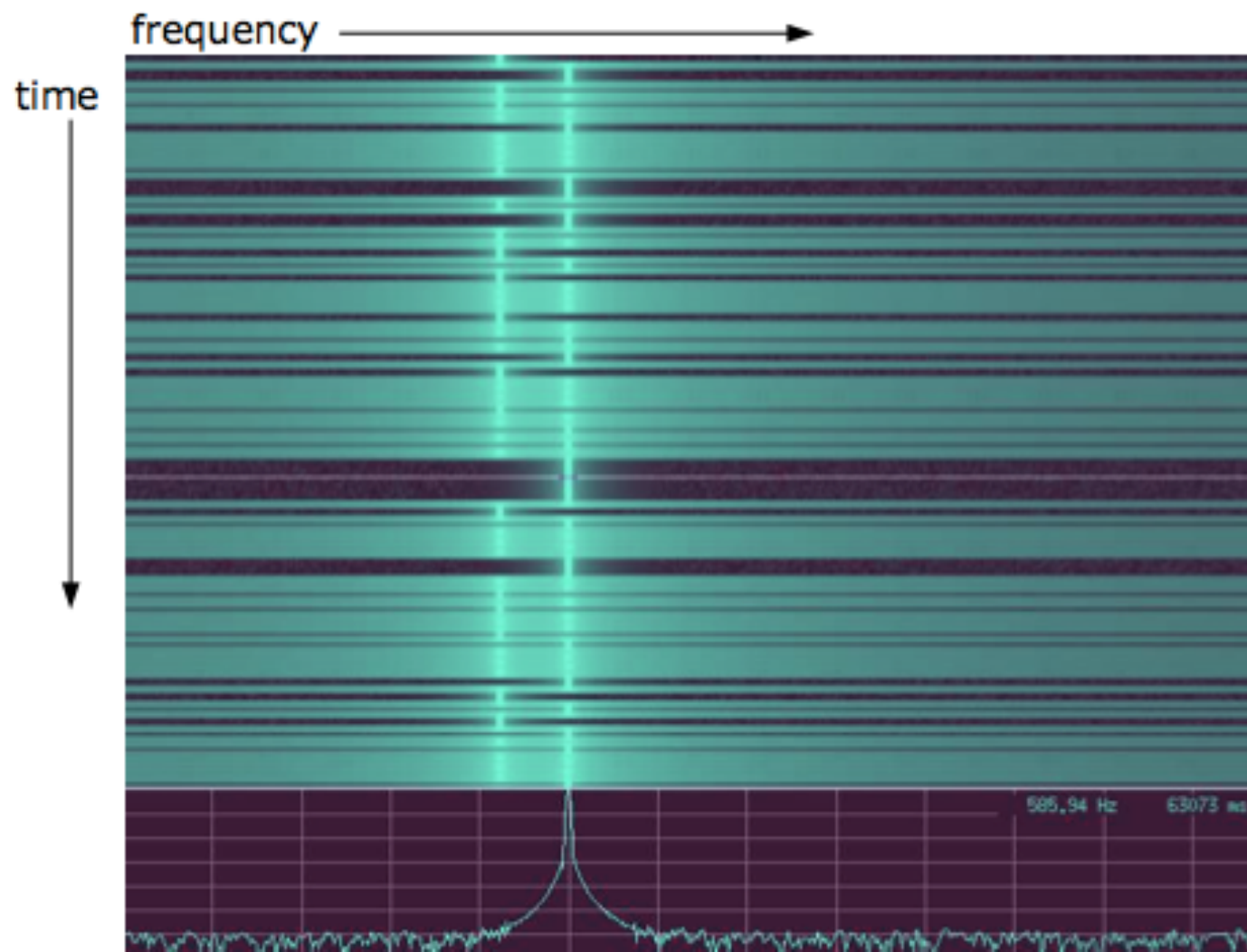
Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

- Katru bitu kodē ar vairāku bitu virkni
- Izmanto čipkodu, taša XOR ar datu bitu
- Barkera čipkods: 10110111000
 - 11 bitu
 - matemātiski piemeklēts

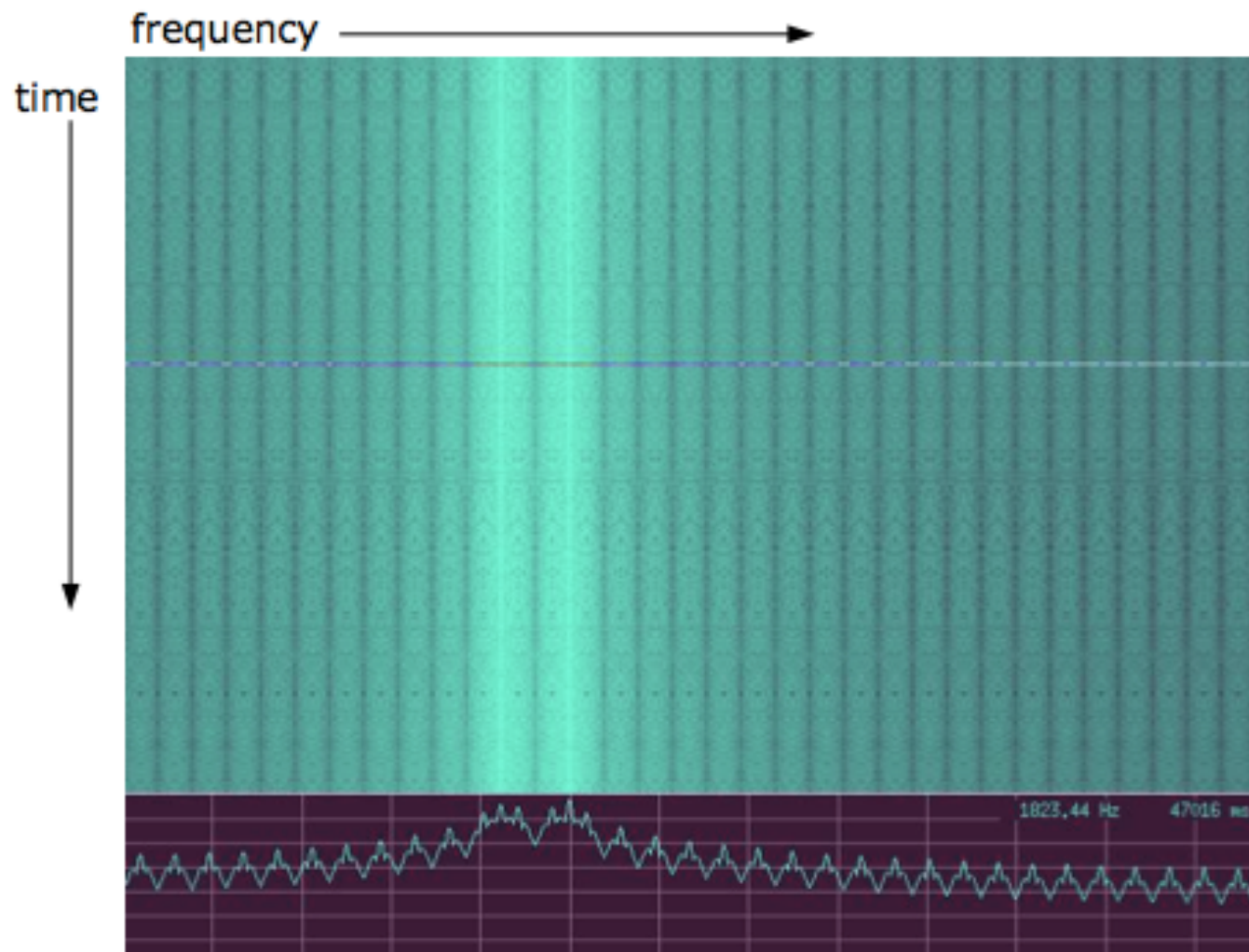
DSSS piemērs



Orīginālais FSK signāls



DSSS-kodēts FSK signāls



DSSS ieguvums

- Parastie uztvērējiem redz kā troksni
- Noturīgs pret kropļojumiem
- Izvēloties dažādus čipkodus, vairāki var raidīt vienlaikus (skatīt CDMA)

Radio sistēmas komponentes

- Raidītājs (*transmitter*)
- Raidošā antena
- Signāla izplatīšanās vide (*medium*)
- Saņemošā antena
- Uztvērējs (*receiver*)
- Raidītāju & uztvērēju bieži apvieno vienā čipā (*transceiver*)
 - ***transmitter + receiver = transceiver***

Radio signāla mērvienības

- Signāla stiprumu parasti mēra:
 - Decibelos (dB)
 - [Mili]vatos (mW)
- Decibels: logaritmiska bezdimensiju mērvienība Izsaka attiecību starp diviem lielumiem
 - 10 dB (jeb 1B) nozīmē 10 reižu starpību

Decibeli

Piemērs: “signāla līmenis ir X dB virs references signāla līmeņa”:

- 0 dB – signāli ir vienādi
- 3 dB – signāls ir aptuveni 2x spēcīgāks
- 6 dB – signāls ir aptuveni $2 * 2x = 4x$ spēcīgāks
- 10 dB – signāls ir 10x spēcīgāks
- 20 dB – signāls ir 100x spēcīgāks
- 30 dB – signāls ir 1000x spēcīgāks

Signāla izplatīšanās vidē (1)

- Elektromagnētiski viļņi ideālā vidē izplatās vienmērīgi
- No matemātikas:
 - Lodes virsmas formula: $S = 4\pi r^2$
 - Signāls N reižu tālākā distancē būs N^2 reižu vājāks

Signāla izplatīšanās vidē (2)

- *Friis* pārraides vienādojums:

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

- P_r un P_t raidošā un saņemtā jauda, G_t un G_r ir saņemošās un raidošās antenu pastiprinājumi (ņemot vērā izotropisko radiatoru), λ ir viļņa garums, bet R ir distance starp antenām
- Tiek izmantots telekomunikāciju inženierijā, lai aprēķinātu jaudu idealizētos nosacījumos
- Sīkāk šeit:
http://en.wikipedia.org/wiki/Friis_transmission_equation

Signāla izplatīšanās vidē (3)

- Praksē: ir modeļi, kas labāk apraksta signāla izplatīšanos reālā vidē, piemēram:
 - *Weissberger's model* – der, ja signāla izplatīšanās ceļā ir koku lapas

$$L = \begin{cases} 1.33 f^{0.284} d^{0.588}, & \text{if } 14 < d \leq 400 \\ 0.45 f^{0.284} d & , \text{if } 0 < d \leq 14 \end{cases}$$

kur,

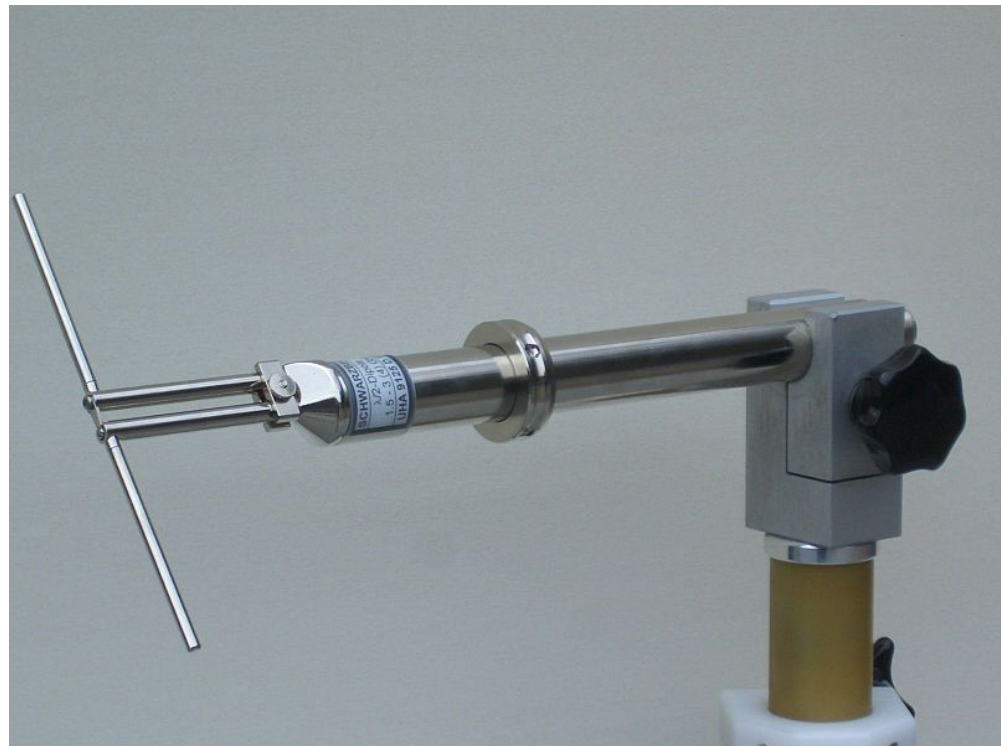
- L – zudumi lapotnes dēļ, mērvienība – decibeli (dB)
- f – pārraides frekvence, mērvienība - gigaherci (GHz)
- d – lapotnes dziļums, mērvienība – metri (m)

Antenas

- Antenu tipi pēc to virziendarbības:
 - *Omni* - bezvirziena
 - *Directional* (sektorantenas utml.) - virziena

Populārākās antenas (1)

- Pusviļņa dipols
 - piemērs: UHF Half-Wave Dipole 1.0-4 GHz



Attēls no: Wikipedia

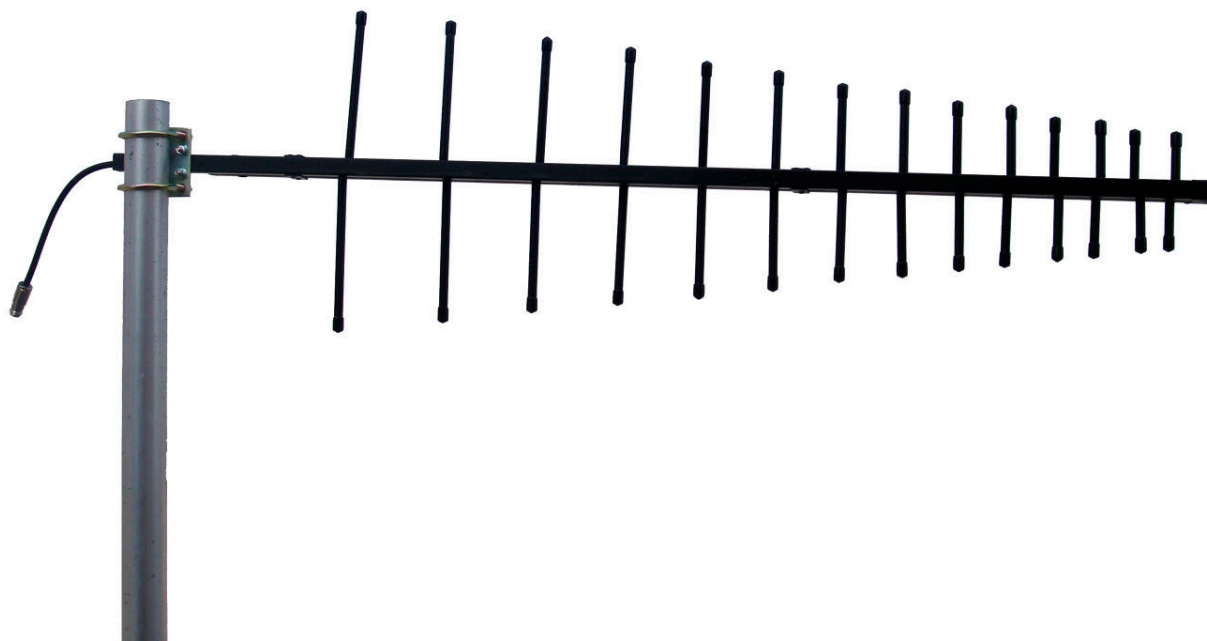
Populārākās antenas (2)

- Ceturtdaļviļņa monopols
 - bieži tiek izmantots 433MHz, 868MHz, 2,4GHz frekvencēm



Populārās antenas (3)

- Jagi (Yagi)



Attēls no: <http://www.inbuildingprojects.com/>

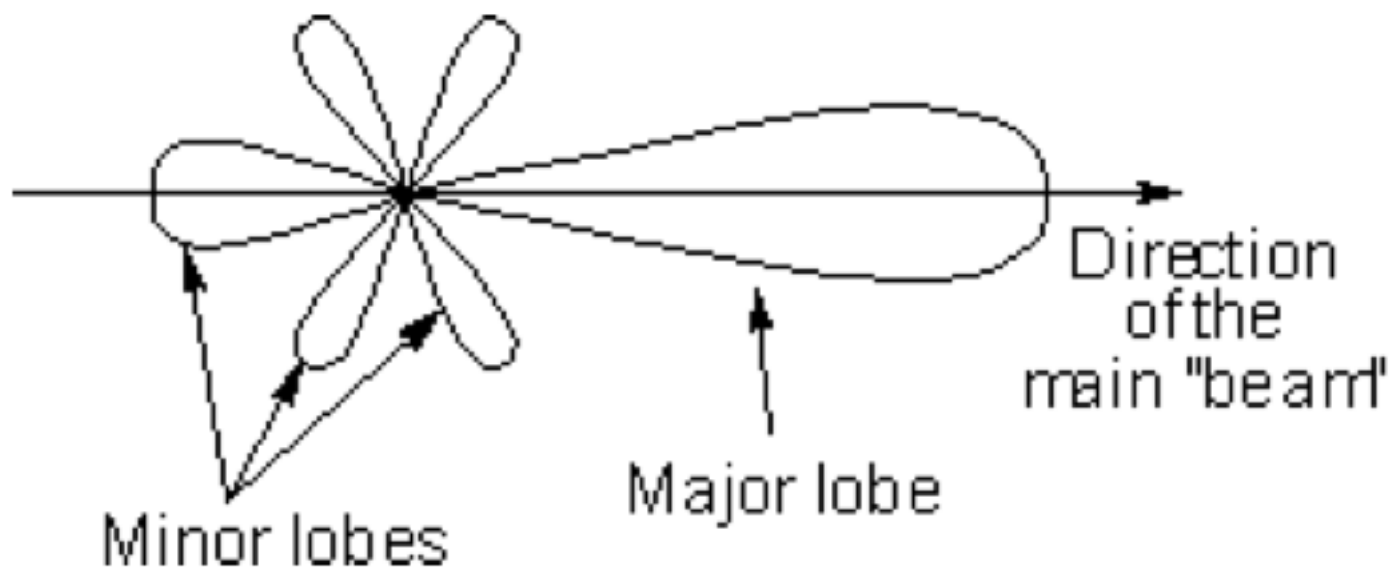
Antenu tipi

- *External* – ārējā
- *On-board* – uz PCB (*printed circuit board*)
- *On-chip* – integrēta mikroshēmā

Antenu “jauda” (*gain*)

- Antena NAV maģisks signāla pastiprinātājs
- Antenu “jauda” ir relatīva
 - Pastiprinājums vienā virzienā nozīmē samazinājumu citā
- Jauda ir **simetriska** (tāda pati saņemšanai un sūtīšanai)
- Antenu “jaudas” (*gain*) mērvienības:
 - dBi – salīdzinot ar izotropisko
 - dBd – salīdzinot ar pusviļņa dipolu

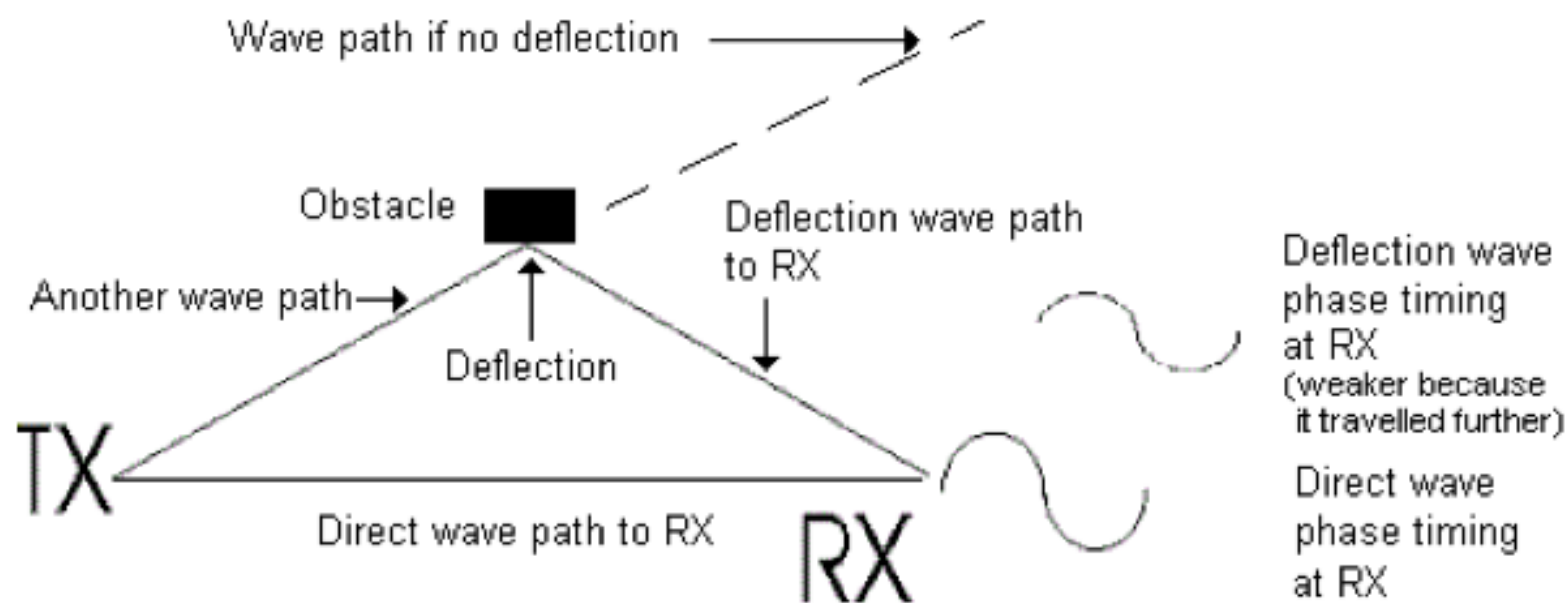
Antenas “jaudas” piemērs



Signāla izplatīšanās

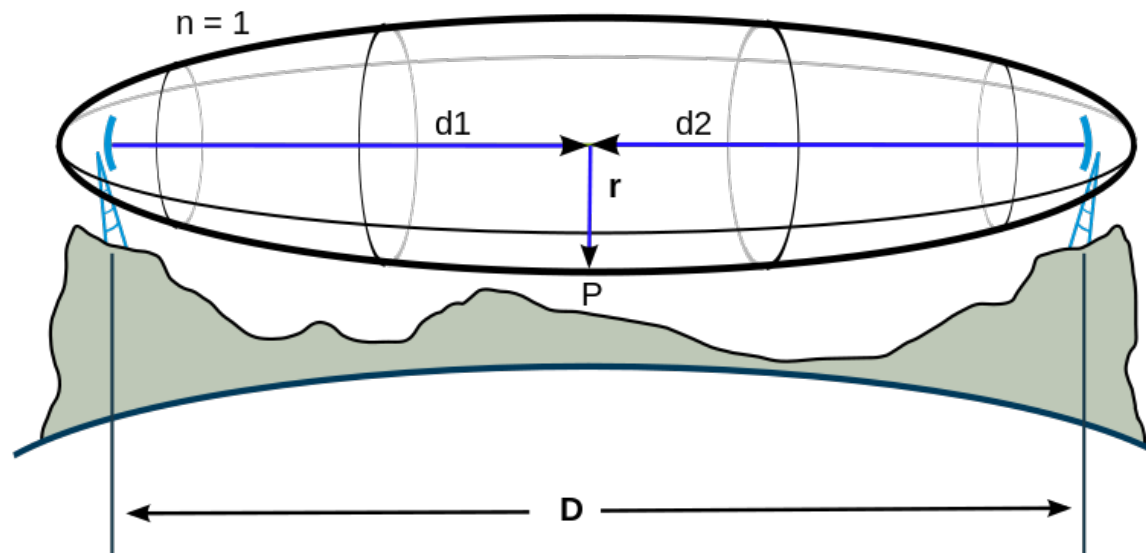
- Tiešā redzamība – *Line-of-sight*
- Fresnela zonas – *Fresnel Zones* – no fizikas – teorētiski bezgalīgs daudzums koncentriskas elipsveida zonas, kurās izplatās signāls.

Tiešā redzamība



Fresnela zonas

- Fresnela zona – D ir distance starp raidītāju un uztvērēju, r ir 1. Fresnela zonas ($n=1$) radius punktā P , kurš ir d_1 attālumā no raidītāja un d_2 attālumā no uztvērēja
- Sīkāk šeit: <http://www.zytrax.com/tech/wireless/fresnel.htm>

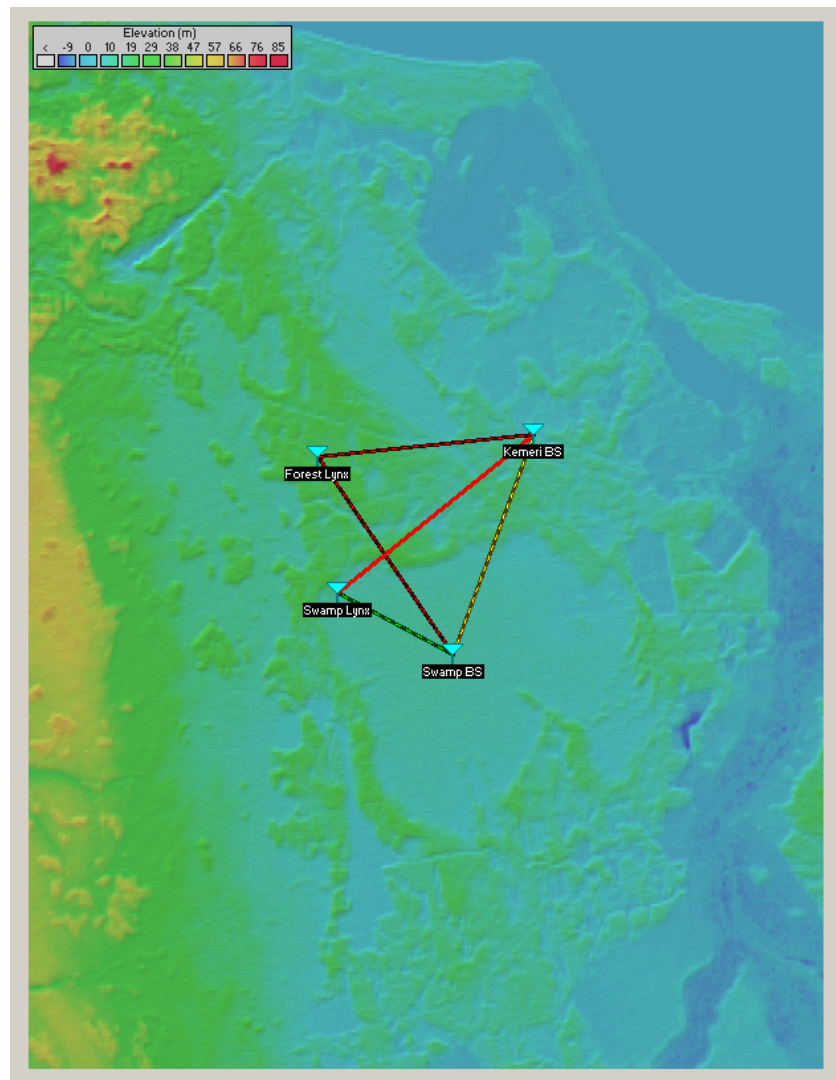


Radio signāla izplatīšanās modelēšana

- Saites “budžeta” jēdziens
 - “Budžetam jābūt sabalansētam”
 - raidītāja jauda + antenu pastiprinājums $\geq$ signāla zudumi
- Tiešsaites kalkulatori
- *RadioMobile* u.c. modelēšanas programmas

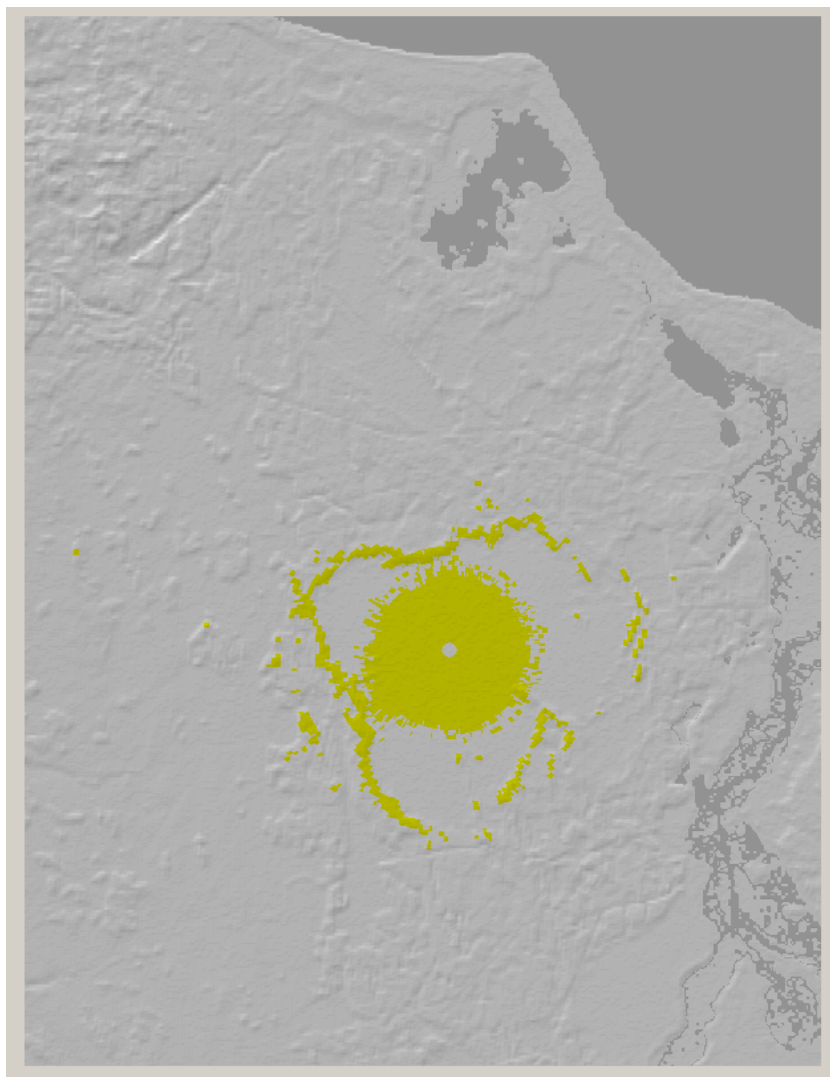
Modelēšanas piemērs (1)

- Ķemeru purvs un 433 MHz tīkls



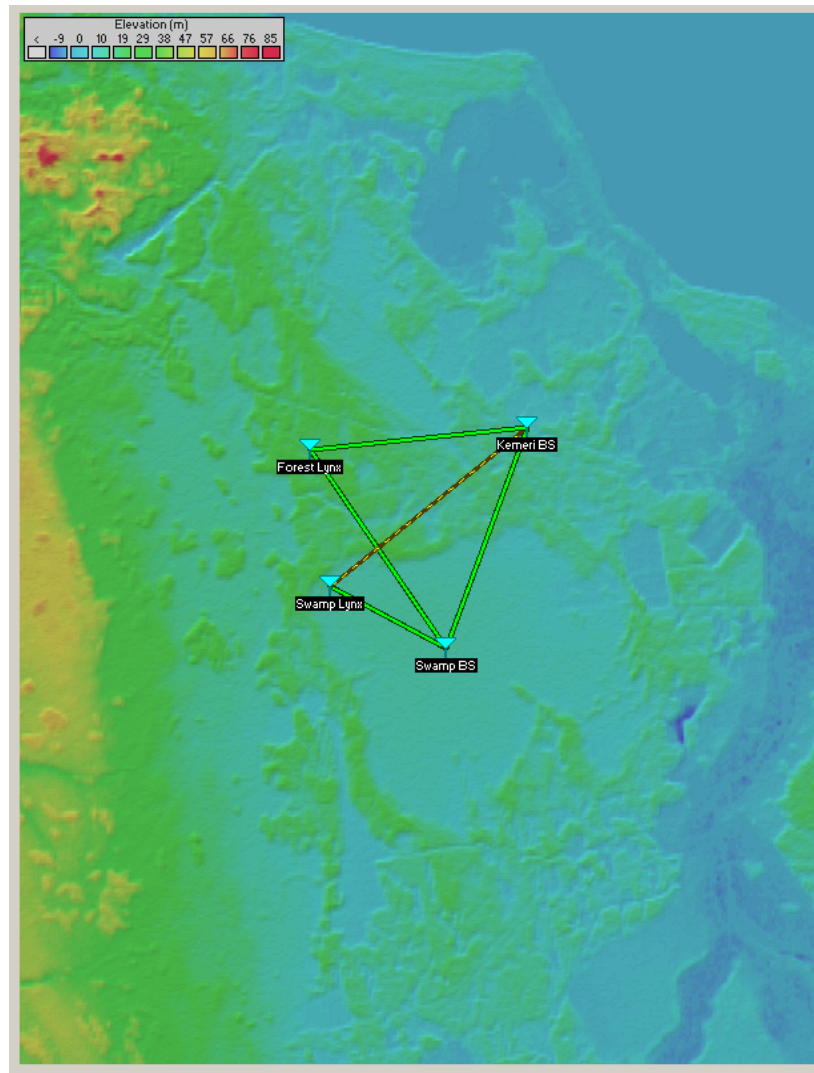
Modelēšanas piemērs (2)

- Ķemeru purvs un 433 MHz tīkls – radio pārklājums



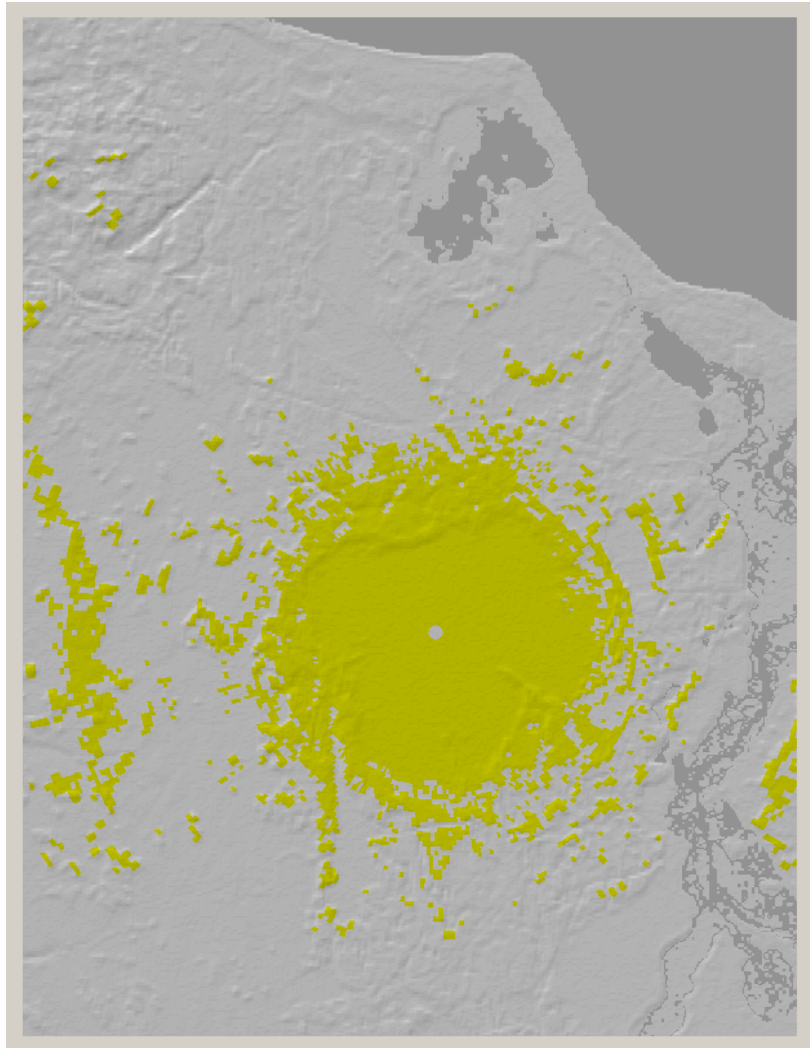
Modelēšanas piemērs (3)

- Kēmeru purvs un 152 MHz tīkls



Modelēšanas piemērs (4)

- Ķemeru purvs un 152 MHz tīkls – radio pārklājums



Traucējumi

- Zināmi arī kā “interference”
- Vienas frekvences signāli “traucē” viens otram
 - Kāpēc atšķirīgu ne?
- Ja vairāku signālu līmeņi ir pietiekoši līdzīgi, tos nav iespējams atšķirt!

Radio signāla nestabilitāte

- Signāla mainīguma faktori:
 - Laikapstākļi
 - Sezona
 - Fiziski šķēršļi
 - Interferējošu signālu klātbūtne
 - u.c.

Datu pārraides ātrums

- Piemērs: 433 MHz un 2,4 GHz nesējfrekvences, abām josla 10 MHz.
- Jautājums: kurā gadījumā datus var sūtīt ātrāk?

(Pārsteidzošs) fakts: vienādi

- Maksimālais datu pārraides ātrums atkarīgs no joslas platuma (bandwidth), nevis nesējfrekvences
- Uzzīmēt uz tāfeles!

Nīkvista formula (1924.g)

- $C \leq 2B \log_2 V$ (bit/s)
- C – max pārraides ātrums
- B – joslas platums (bandwidth)
- V – dažādo signāla līmeņu skaits
- Parasti $V = 2$ (signāls 0 vai 1), tādā gadījumā $C = 2B$

Nīkvista formulas piemērs

- Joslas platums $B = 10\text{MHz}$
- 2 dažādi signāli: 0 un 1
- Cik Mbit/s varam raidīt?
- Un cik Mbit/s varētu raidīt, ja spētu iekodēt 8 dažādus signālus (0, 1, ..., 7)

Šenona formula kanālam ar troksni (1948.g.)

- $C \leq B \log_2(1 + S/N)$
- C - max datu pārraides ātrums
- B - joslas platums (bandwidth)
- S/N – signal-to-noise ratio (arī SNR)

Šenona formulu piemēri

- Joslas platums $B = 10\text{MHz}$
- $\text{SNR} = 1023$ (troksnis 1023x vājāks)
- Kāds ir maksimālais pārraides ātrums?

Un otrā virzienā

- Joslas platums $B = 20\text{MHz}$
- Gribam raidīt 10 Mbit/s
- Kādu minimālo SNR vajag?
- $\text{SNR} = 2^{C/B} - 1$

Kopsavilkums

- Maksimālais datu pārraides ātrums ir atkarīgs no:
 - Joslas platuma
 - Signal-to-Noise Ratio
- Radio raidīšana bez antenas nebūs efektīva
- Antena NAV maģisks signāla pastiprinātājs!
- Bieži – viss varbūt ideāli uzkonstruēts, bet traucēs vides apstākļi

3. eseja: antenu tipi

- Atrast, aprakstīt un uzzīmēt bez minētajiem 3 tipiem vēl 2 (divus) antenu tipus. Norādīt atsauces!
- Terminš: 05.10.2016. 10:00
- Iesūtīšana: Moodle; PDF formāts; tekstā norādot savu vārdu, uzvārdu, apliecības Nr.