

A földi vevőállomás felépítése, feladatai, összeköttetések számítása

Rieger István

rieger.istvan@vik.bme.hu

2021.03.08.



- Műholdas kommunikáció ötlete
- Arthur C. Clark
- Clark Orbit

EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS

Can Rocket Stations Give World-wide Radio Coverage?

By **ARTHUR C. CLARKE**

logical extension of developments in the last ten years—in particular the perfection of the long-range rocket of which V2 was the prototype. While this article was being written, it was announced that the Germans were considering a similar project, which they believed possible within fifty to a hundred years.

Before proceeding further, it is necessary to discuss briefly certain fundamental laws of rocket propulsion and "astronautics." A rocket which achieved a sufficiently great speed in flight outside the earth's atmosphere would never return. This "orbital" velocity is 8 km per sec. (5 miles per sec), attained it official satellite for ever w power—a

the atmosphere and left to broadcast scientific information back to the earth. A little later, manned rockets will be able to make similar flights with sufficient excess power to break the orbit and return to earth.

There are an infinite number of possible stable orbits, circular and elliptical, in which a rocket would remain if the initial conditions were correct. The velocity of 8 km/sec. applies only to the closest possible orbit, one just outside the atmosphere, and the period of revolution would be about 90 minutes. As the radius of the orbit increases the velocity decreases, since gravity is diminishing and less centrifugal force is needed to balance it. Fig. 1 shows

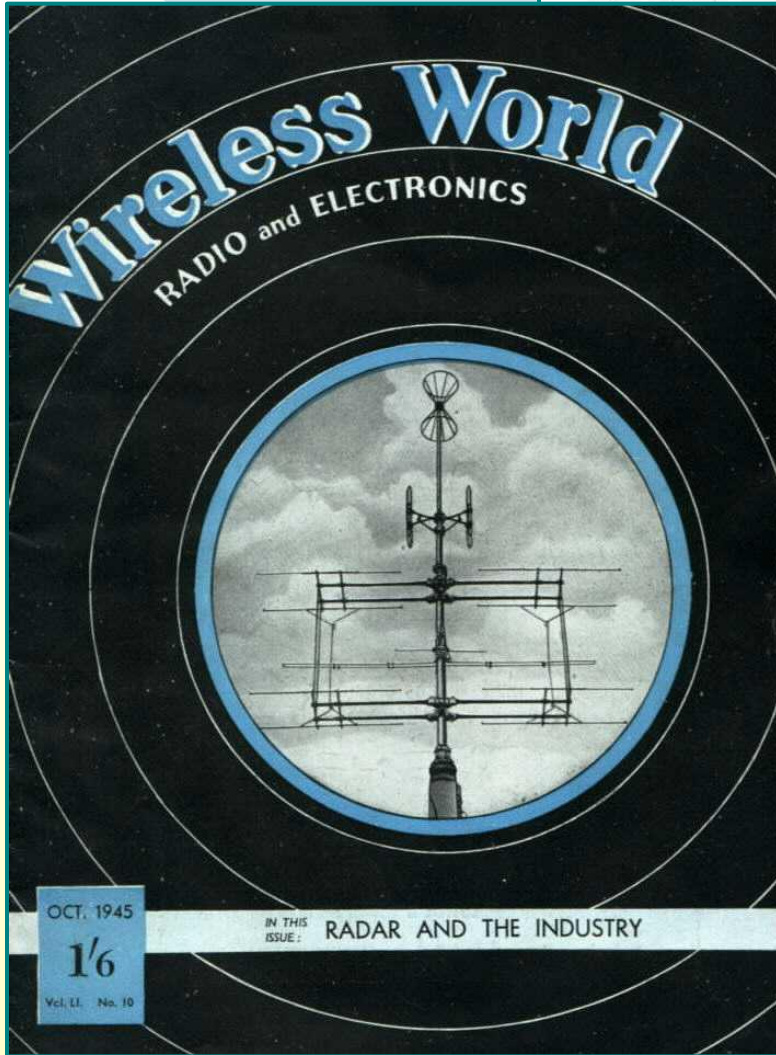
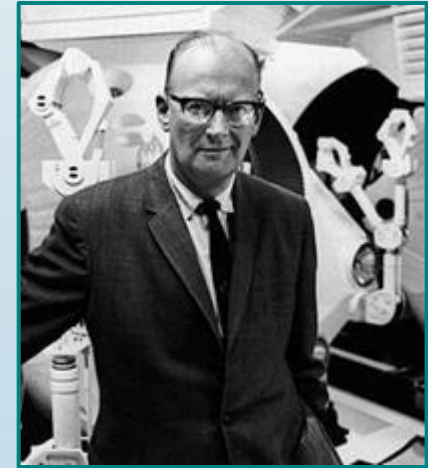


Fig. 1.

The German A10 would than half It will be years to rockets w such orbit

Wireless World

Radio and Electronics

35th YEAR OF PUBLICATION

OCTOBER 1945

Proprietors :
ILIFFE & SONS LTD.

Managing Editor :
HUGH S. POCOCK,
M.I.E.E.

Editor :
H. F. SMITH

Editorial, Advertising
and Publishing Offices:
DORSET HOUSE,
STAMFORD STREET,
LONDON, S.E.1.

Telephone :
Waterloo 3333 (5 lines).

Telegrams :
"Ethaworld, Sedist, London."



PUBLISHED
MONTHLY

Price : 1/6

(Publication date 26th
of preceding month)

Subscription Rate :
Home and Abroad
20/- per annum.

MONTHLY COMMENTARY	289
RADAR PRODUCTION	290
AMATEUR TRANSMISSION By "Etheris"	296
FUNDAMENTALS OF RADAR—I.. .. .	299
RANDOM RADIATIONS By "Diallist"	303
EXTRA-TERRESTRIAL RELAYS By Arthur C. Clarke	305
CONTRAST EXPANSION (Concluded) By J. G. White	309
LETTERS TO THE EDITOR	313
UNBIASED. By Free Grid	316
WORLD OF WIRELESS	317
RECENT INVENTIONS	320

Branch Offices ;

COVENTRY :
8-10, Corporation Street,
Telephone : Coventry 5210.
Telegrams :
"Autocar, Coventry."

BIRMINGHAM :
Guildhall Buildings,
Navigation Street 2,
Telephone :
Midland 2971 (5 lines).
Telegrams :
"Autopress, Birmingham."

MANCHESTER :
260, Deansgate, 3,
Telephone :
Blackfriars 4472 (4 lines).
Telegrams :
"Iliffe, Manchester."

GLASGOW :
26ⁿ, Renfield Street, C.2.
Telephone : Central 4857.
Telegrams : "Iliffe, Glasgow."



As many of the circuits and apparatus described in these pages are covered by patents, readers are advised, before making use of them, to satisfy themselves that they would not be infringing patents.

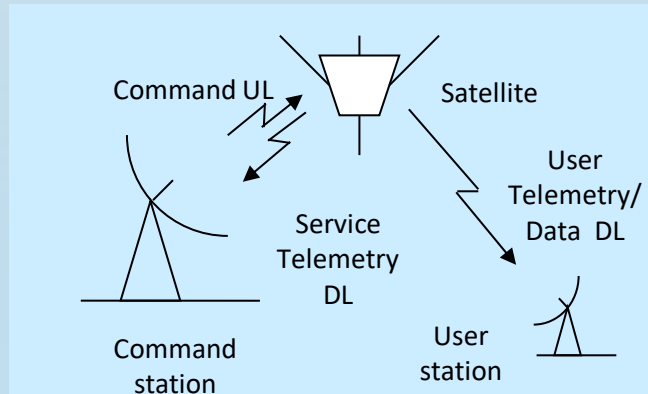
Műholdas kommunikáció

Űr-telemetria:

Kommand : parancsok, utasítások továbbítása az műholdra/űrjárműre

Telemetria: (táv mérés): szenzorok mérési adatainak, ill. üzemi adatok továbbítása a Földre

Követés: (tracking): Földi állomás - űreszköz távolságának, sebességének, gyorsulásának meghatározása, folyamatos mérése



Hírközlés, távérzékelés, kutatás, navigáció:

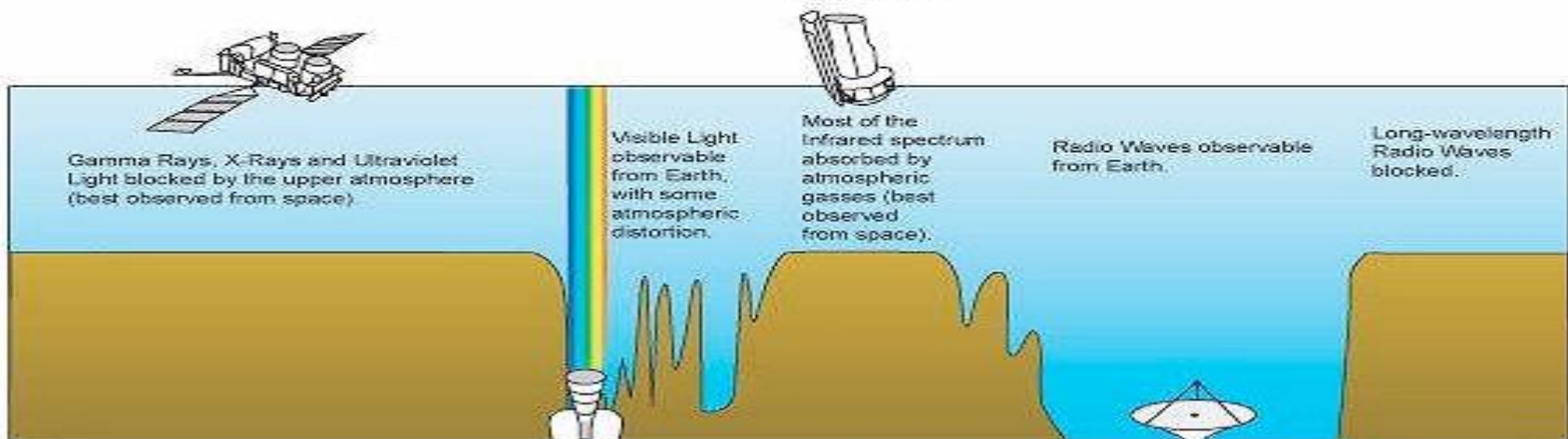
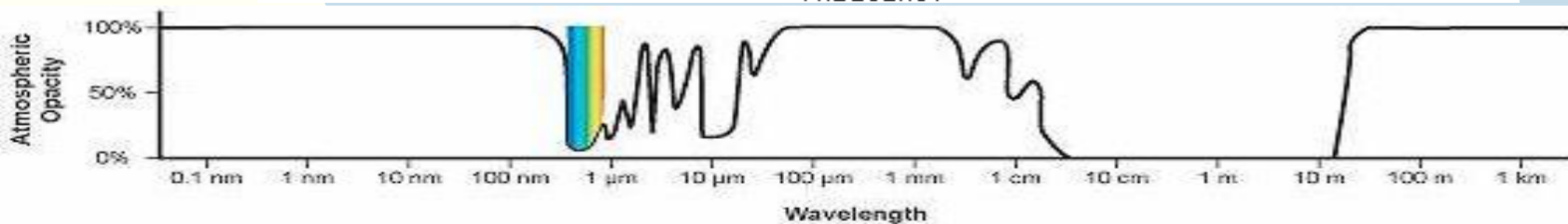
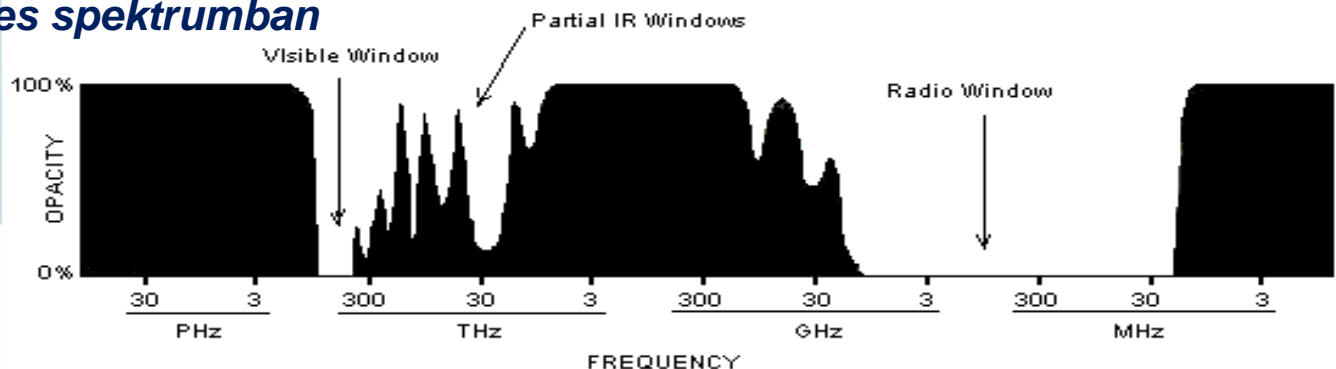
Az űreszköz fedélzetén gyűjtött, az oda feljuttatott illetve az adott szolgáltatáshoz, kísérlethez szükséges adatok lesugárzása, szórása elektromágneses hullámok segítségével.

Műholdas rendszerek

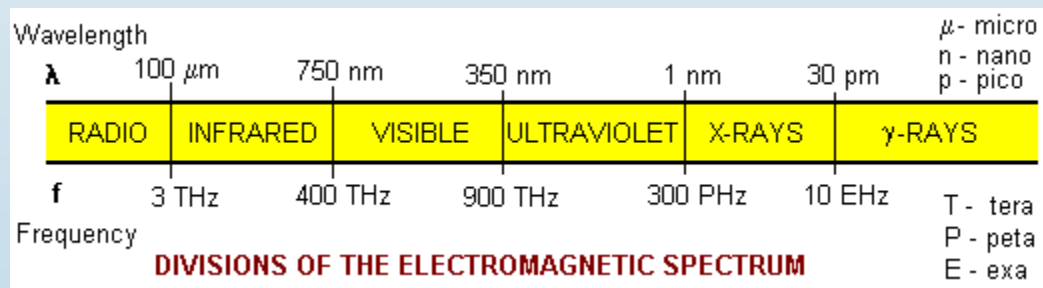
- **Űrtávközlés** (Molniya, TELSTAR, INTELSAT, EUTELSAT, MARISAT, INMARSAT, Iridium)
- **Meteorológia** (NOAA, METEOSAT, GOES, MetOp, MSG)
- **Távérzékelés** (SPOT, LANDSAT, IKONOS, ENVISAT, ERS)
- **Kísérleti/kutatás** (Voyager 1,2, VEGA 1,2, Rosetta)
- **Katonai**
- **Navigáció** (Transit, GPS, GLONAS, Galileo, Beidou)
- **Amatőr** (AMSAT-OSCAR, CubeSat, MASAT)

Műholdas kommunikációra használható frekvenciák a Földön

Atmoszferikus ablakok az elektromágneses spektrumban



Az elektromágneses spektrum



Ezen belül a rádió spektrum

Frequency f	BAND	Wavelength λ	
1 Hz	ULF	300 Mm	F - frequency
3 kHz	ELF	100 km	L - low
30 kHz	VLF	10 km	M - medium
300 kHz	LF	1 km	H - high
3 MHz	MF	100 m	V - very
30 MHz	HF	10 m	E - extremely
300 MHz	VHF	1 m	U - ultra
3 GHz	UHF	10 cm	S - super
30 GHz	SHF	1 cm	Hz - hertz
300 GHz	EHF	1 mm	k - kilo
3 THz	SUB-MM	0.1 mm	M - mega
			G - giga
			T - tera
			m - metre
			cm - centimetre
			mm - millimetre

Műholdas kommunikációra engedélyezett frekvenciák

Nemzetközi rádiószabályzat tartalmazza a nemzetközi egyezményekben (ITU) meghatározott, műhold telemetria céljára alkalmazható frekvenciákat, üzemmódokat, mind Föld-műhold, mind pedig a műhold – Föld irányokra

VHF sáv: 136–138, 145-146, 148-150, 240-270 MHz

UHF sáv: 399.9-403, 432-438, 460-470 MHz

L sáv: 1.2-1.8, 1.67-1.71 GHz

S sáv: 2.025-2.3, 2.5-2.67 GHz

C sáv: 3.4-4.2, 5.9-6.4 GHz

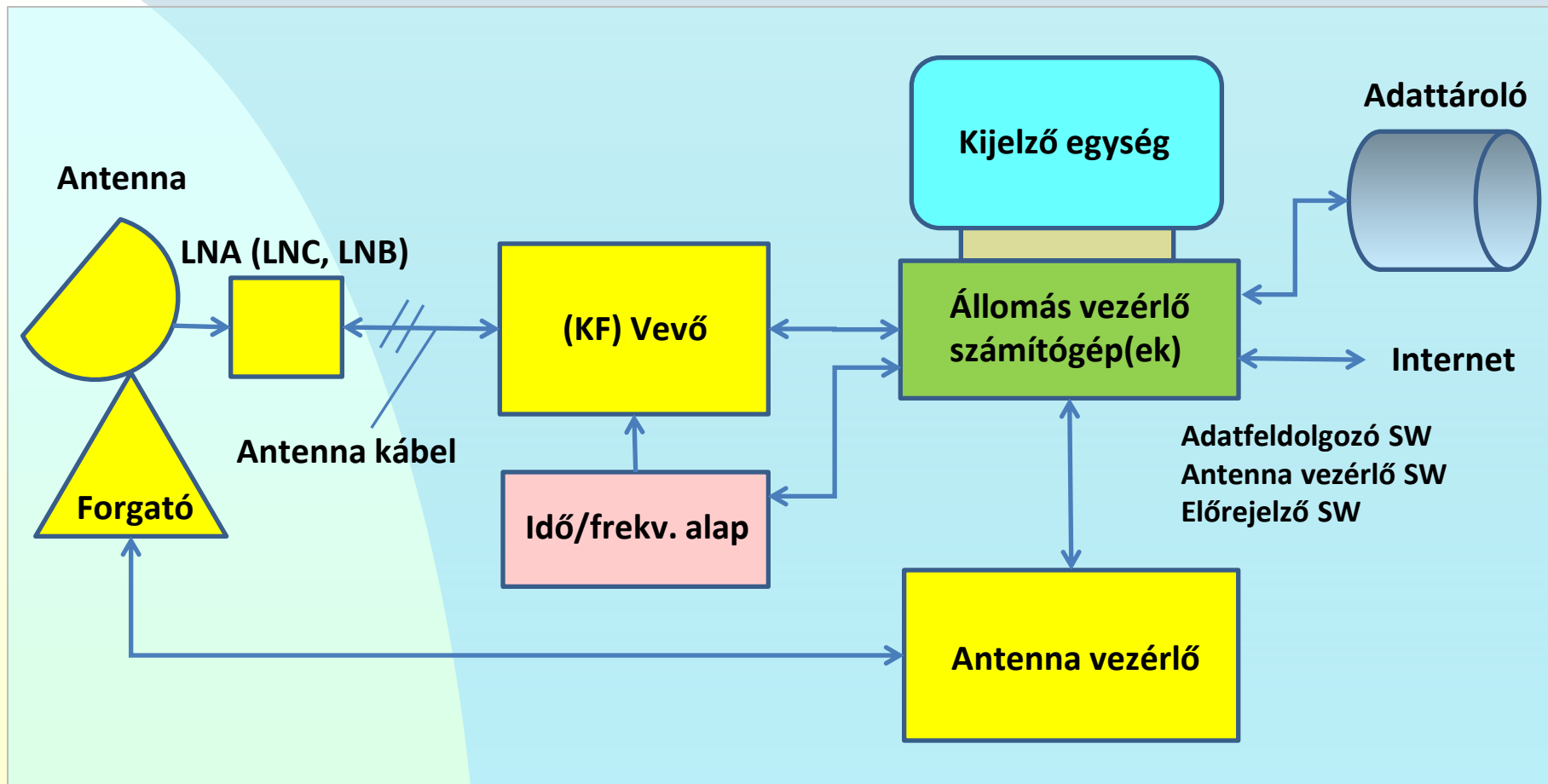
X sáv: 8-9 GHz

Ku sáv: 10.7-11.7, 11.7-12.2, 14.4-14.8, 17.3-18.1 GHz

Ka sáv: 23-27 GHz

Q sáv: 36-46 GHz

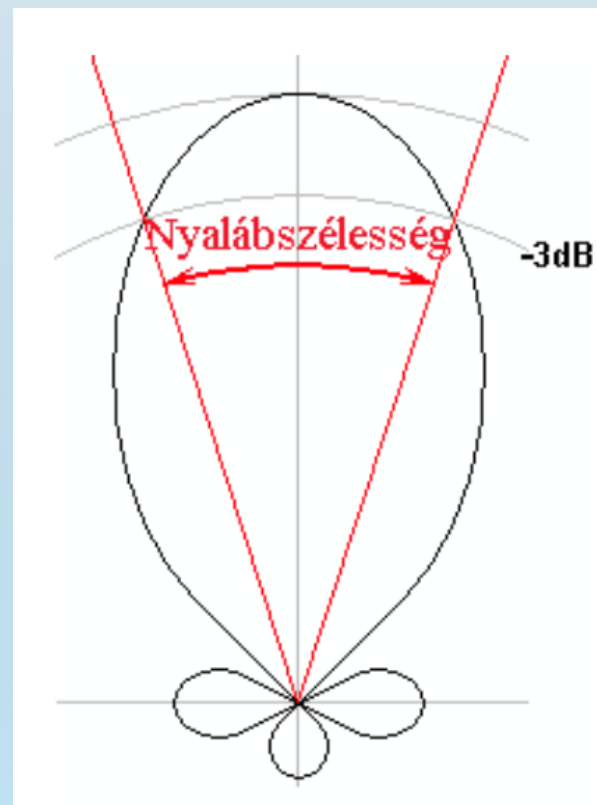
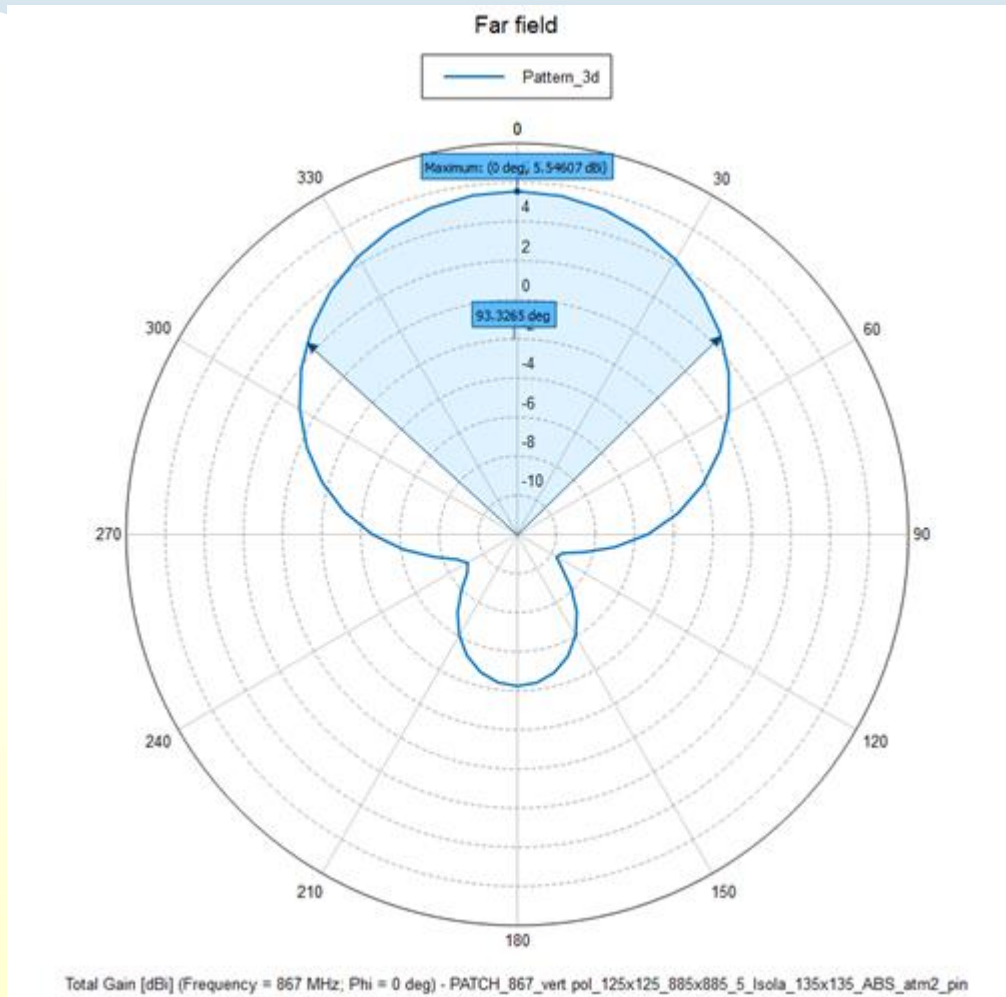
A vevőállomás elemei



Antenna paramétere

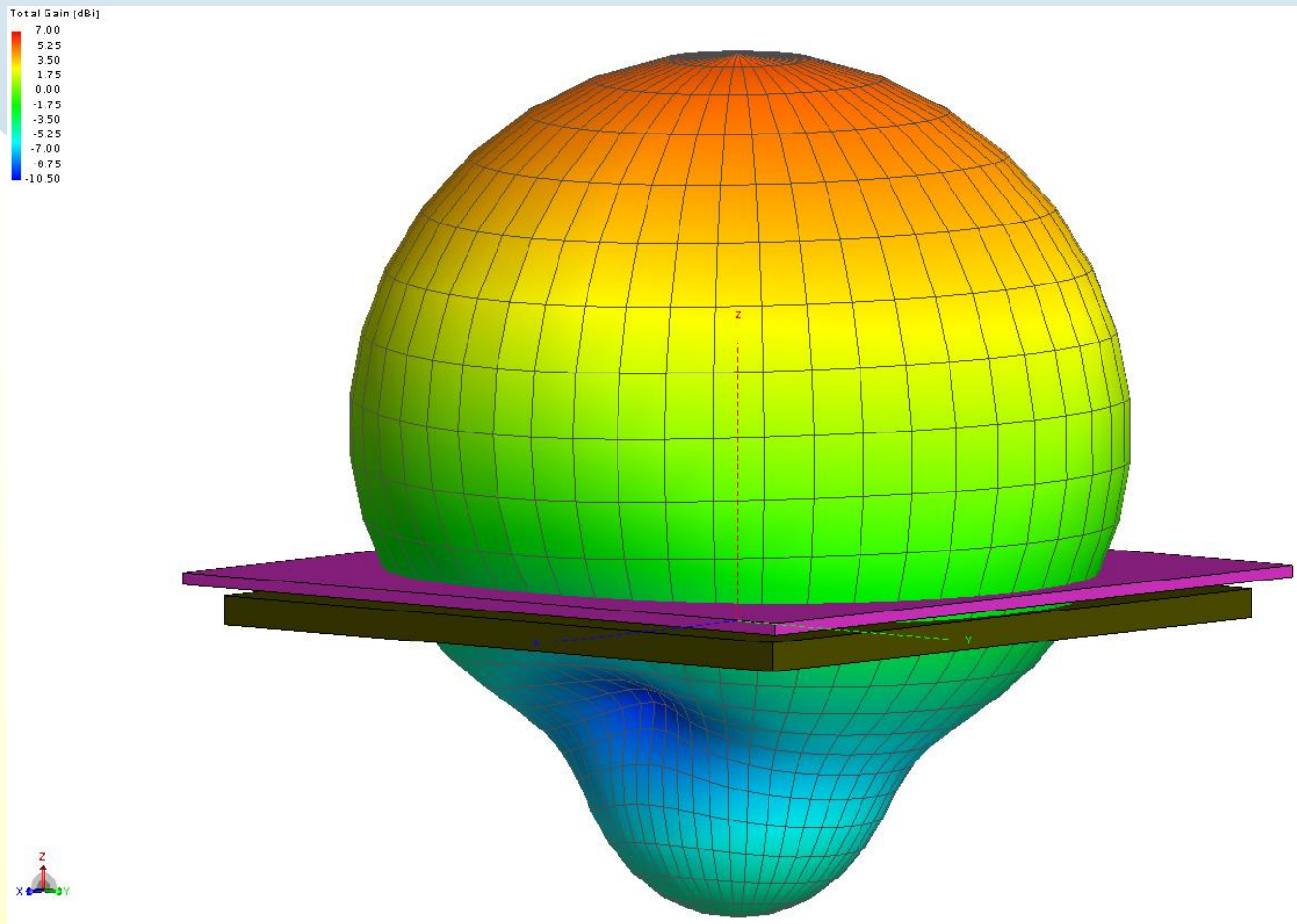
- Nyereség [dB]
- Polarizáció
 - ◆ V, H, RHC, LHC
- Fél-teljesítmény szög [°]
- Karakterisztika
- Reflexiós csillapítás [dB]
- Előre/hátra viszony [dB]
- Mellék nyaláb csillapítás [dB]
- Kereszt polarizációs csillapítás [dB]
- Méret/súly, felerősítő szerelvények adatai
- Az RF csatlakozó
- Működési szélesség [km/h]
- Túlélési szélesség [km/h]

Antenna paramétere



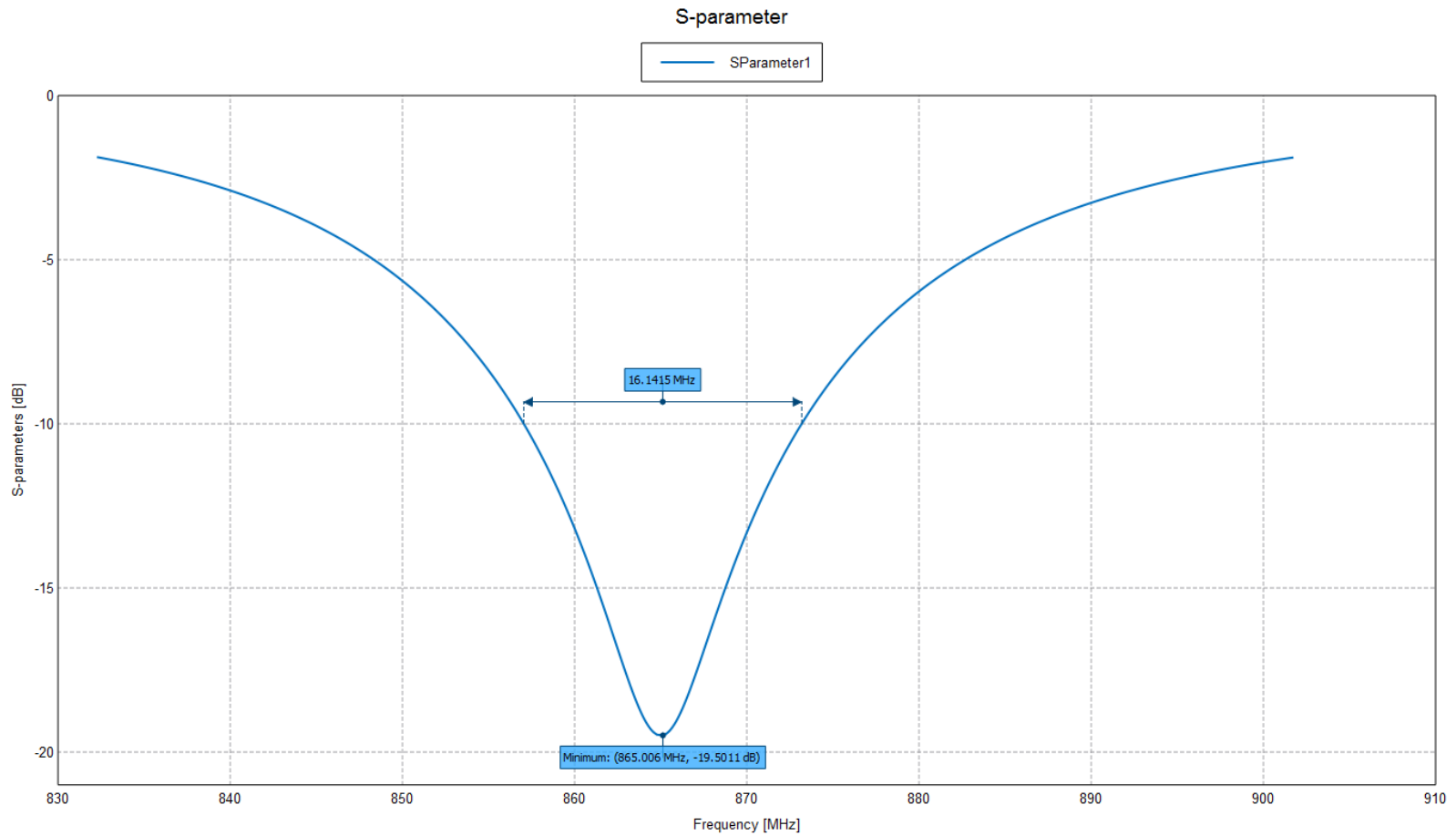
Az antenna 2D sugárzási karakterisztikája

Antenna paramétere



Az antenna 3D sugárzási karakterisztikája

Antenna paraméterei



S-parameters Magnitude [dB] (S-parameter = S1,1) - PATCH_867_vert pol_125x125_885x885_5_Isola_135x135_ABS_atm2_pin

Az antenna reflexiók csillapítása

VHF/UHF antennák



Qadrifilar helix



Kereszt Yagi

Helikális



VHF/UHF csoport antennák

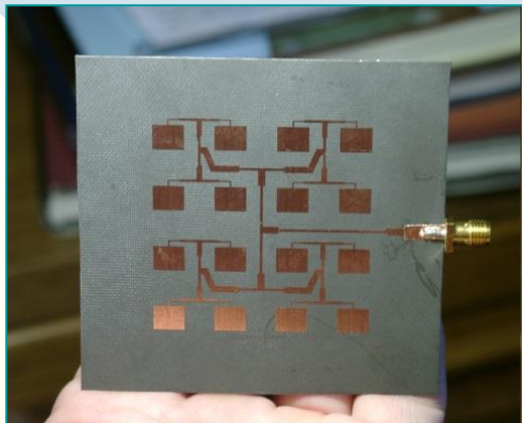


MASAT vevőállomás antennája 2015
BME E épület



Yagi/ helix antennarendszer 1970
BME V2 épület

Mikrohullámú műholdvevő antennák



Lapantenna (mikrostrip antenna)



Multifókuszos offset parabola



VLBA Antenna located at Fort Davis, TX

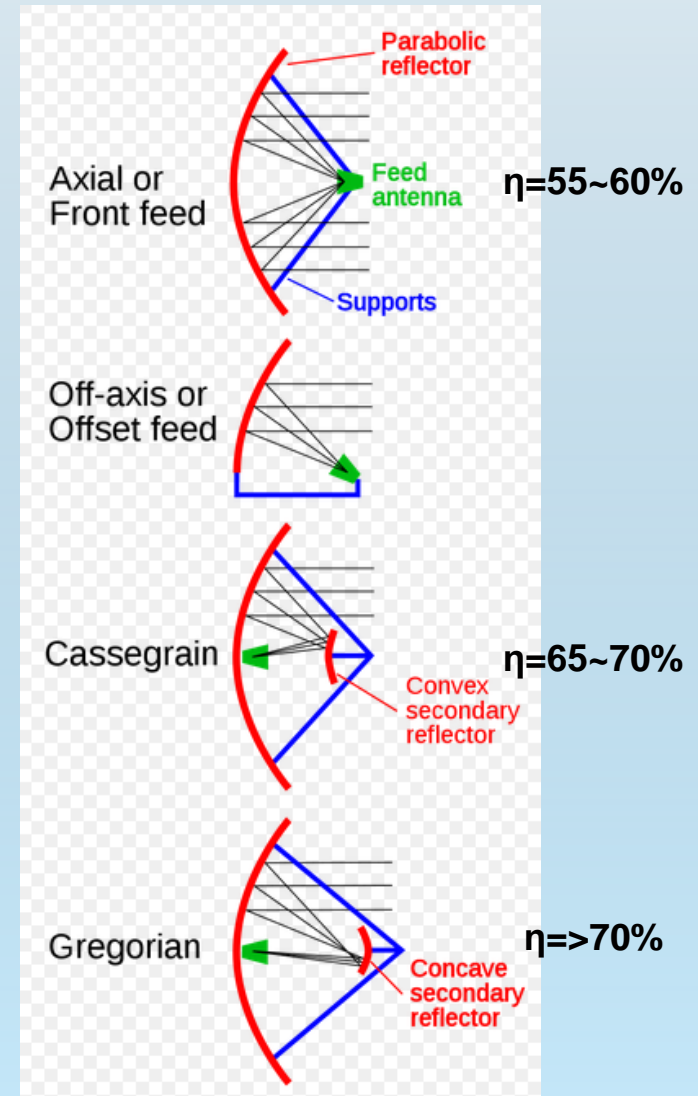
Cassegrain parabola antenna

Parabola antenna főbb jellemzői

- A forgásparaboloid-antenna
 - ◆ 3 dB-es irányélességi szög: $\Theta = 58,5 \lambda/D$,
 - ◆ Nyeresége: $G = (D/\lambda)^2$



Arecibo rádiótávcső (Puerto Rico)



Grante antenna

A 39 GHz-es Alphasat vevőantenna adatai

HPA ... 380 Series Specification

HPA ... S 380 Series

Electrical Specification	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Operating Frequency	37.000–39.500 GHz			
Diameter	0.3 m	0.4 m	0.6 m	0.8 m
Gain <i>mid-band</i>	39.2 dBi	41.6 dBi	44.9 dBi	47.1 dBi
Polarization	Linear Simplex (Vertical or Horizontal)			
Half-Power Beamwidth	1.7°	1.2°	0.9°	0.7°
Return Loss	-19.1 dB	-19.1 dB	-19.1 dB	-19.1 dB
Front-to-Back Ratio	63 dB	66 dB	69 dB	70 dB
Cross-Polar Discrimination	30 dB	30 dB	30 dB	30 dB
Flange ¹	Upon Customer's Request			
Mechanical Specification	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Net Weight ²	10 kg	11 kg	14 kg	26 kg
Antenna Pointing Range	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Azimuth <i>fine</i>	±20°	±20°	±20°	±20°
Elevation <i>fine</i>	±30°	±30°	±30°	±30°
Material and Finish	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Mount	Hot-Dip-Galvanized Steel			
Installation Hardware	Stainless Steel			
Feed	Aluminium			
Environmental Specification	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Operating Windspeed	120 km/h			
Survival Windspeed	220 km/h			
Ambient Temperature	-55°C...+55°C			
ETSI Standard	HPA 0.3 S 380 SR	HPA 0.4 S 380 FR	HPA 0.6 S 380 FR	HPA 0.8 S 380 FR
Range	5	5	5	5
Class	3b	3b	3b	3b



Antenna forgatás

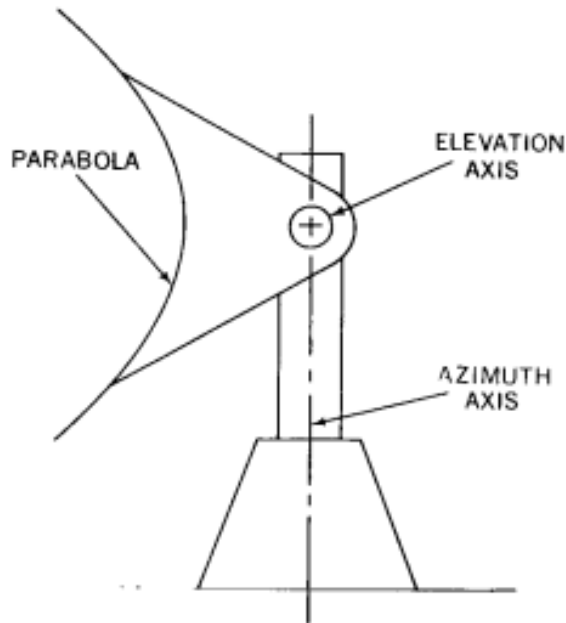


Figure 2—Elevation-over-azimuth mount.

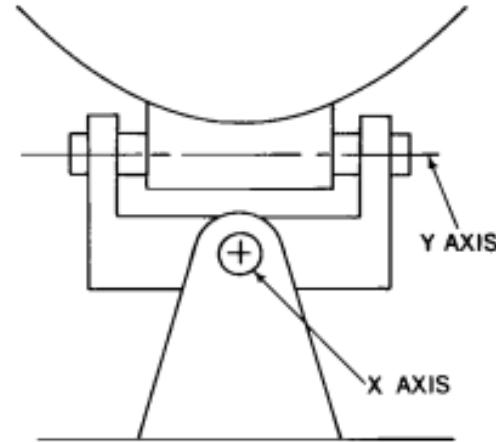
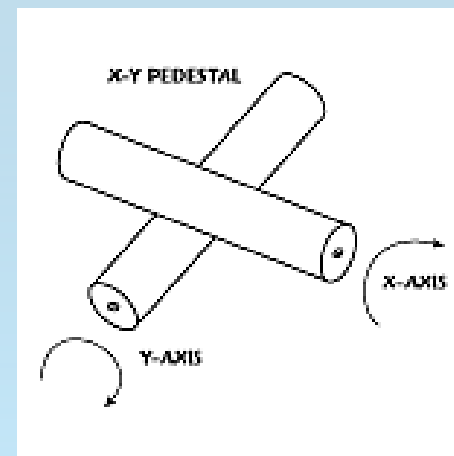
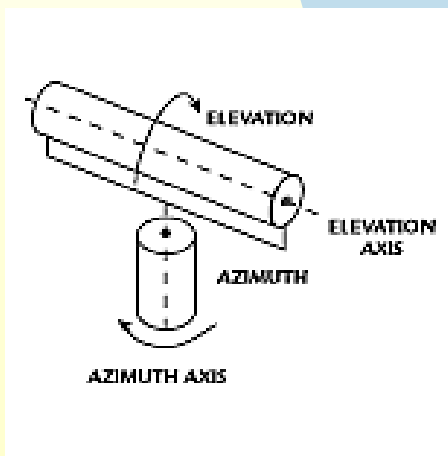
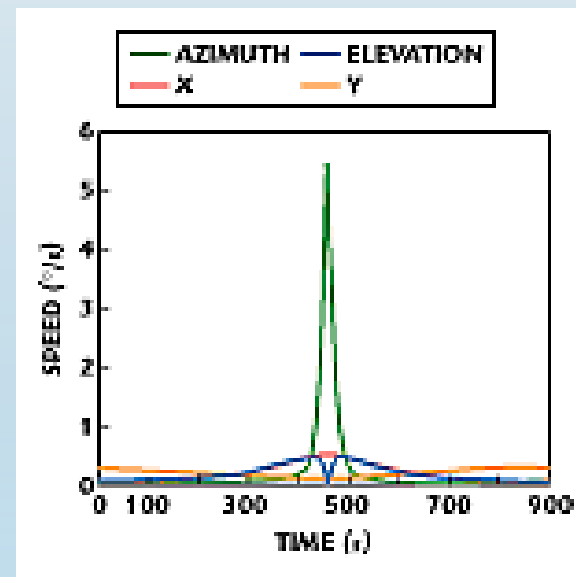
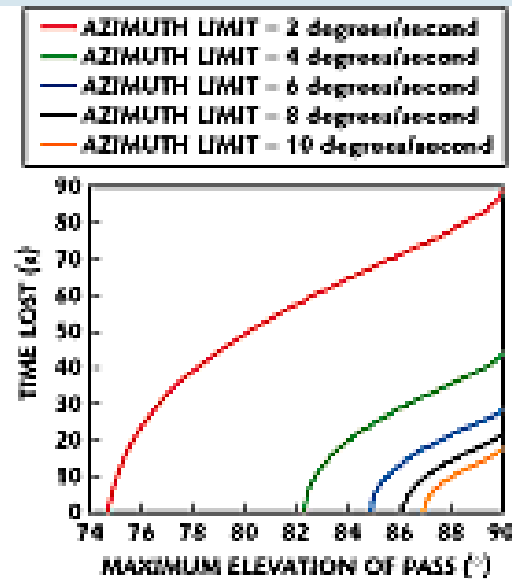


Figure 3—X-Y mount.

Azimuth sebesség=4°/sec
780 km magas napszinkron pálya
(pl.UoSAT-3)
csak 82°-os elevációig
Zenit pályán 45 sec kiesés

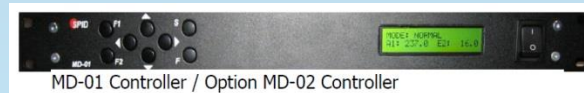
Antenna forgatás



Antenna forgató követelmények

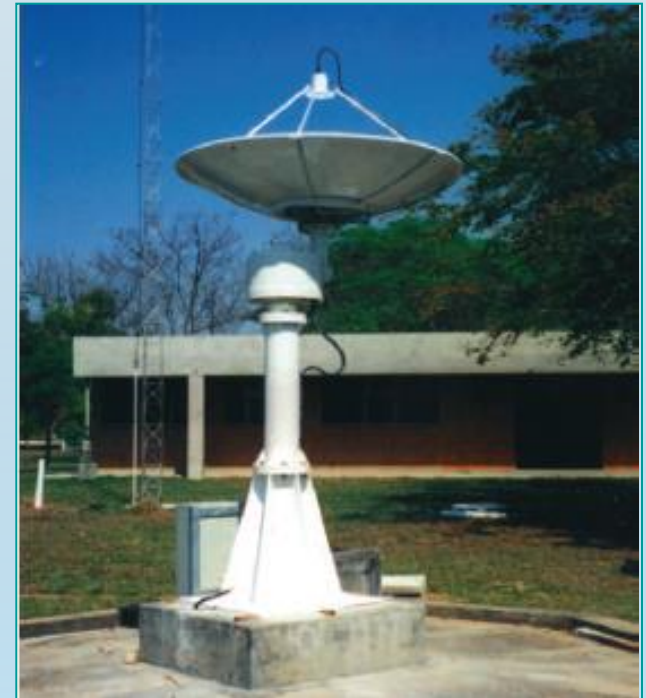
Specifications: SPID BIG RAS/HR Azimuth and Elevation Rotator

Turning torque in-lbs/Nm	5398 in lb/ 610 Nm
Brake Torque in lbs/Nm	24,000 in lb/ 2,712 Nm
Brake Construction	Double Worm Gears
Vertical Load lbs/Kg	>700 lbs/318 Kg
Rotation Speed 360 Degree	205 sec. (0.57 sec / degree)
Resolution	0.1 degree
Rotation Range AZ / EL	360 /180 deg
Weight lbs / Mass Kg	51 lbs/23 Kg
Position Sensor	HALL Sensors
Mast size inches/mm Bottom mount	2.6 in/66 mm
Mast size inches/mm Elevation	2.0 in/50 mm
Environment	Ground / Mobile free air and / or Sheltered
MTBF	12500 hours @ -20 to +55°C
Control cable Engine	4-core / 1.5mm2 unscreened
Control cable Sensors	8-core / 0.2mm2 unscreened Note: Long length sensor cable needs screened cable



Az OMSZ TIROS műholdvevő antennája

- Ø1,8m primfókuszos parabola (Dartcom)
 - ◆ Nyereség $G = 27.5\text{dBi}$ ($F/D = 0.42$)
 - ◆ Vezérlés: RS485
 - ◆ AZ/EL sebesség = $10^\circ/\text{sec}$
 - ◆ Követési hiba = $\pm 0,5^\circ$
 - ◆ Mech. tűrés = $\pm 0,1^\circ$
 - ◆ Túlélési szélesség = 210km/h



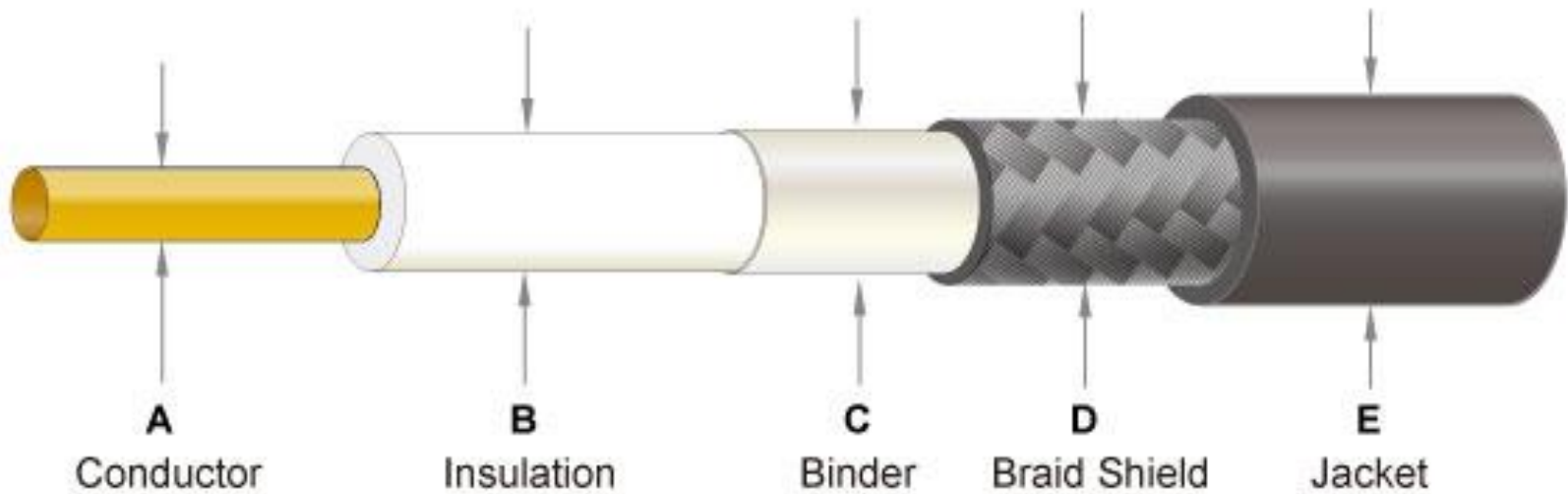
Primfókuszú parabola
forgatóval

A NASA 70m parabola antennája



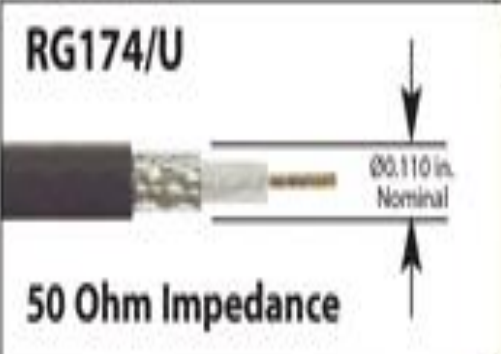
Goldstone, California

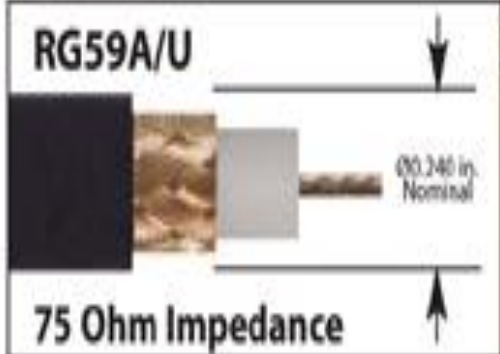
Koaxiális kábelek

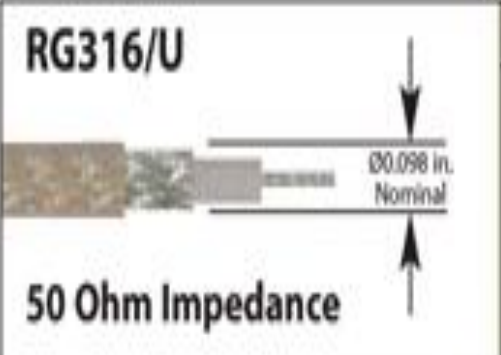


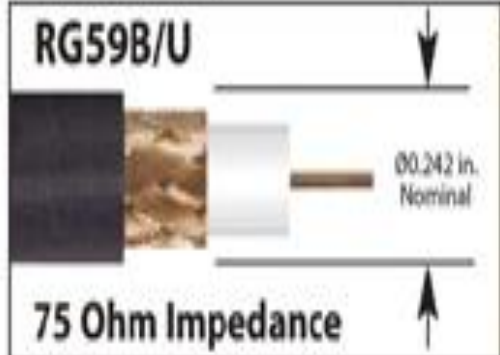
Koaxiális kábel felépítése

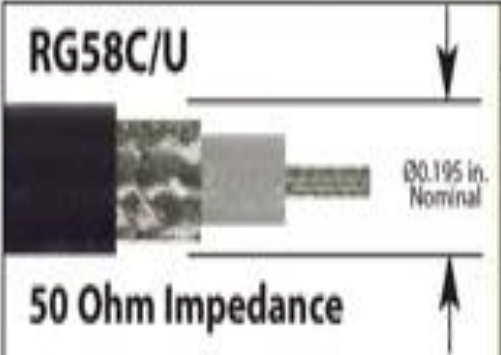
Koaxiális kábelek

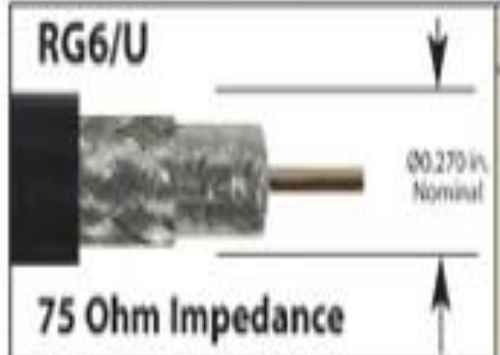
RG174/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>50 Ohm Impedance</p>	50	5.8	19.0
	100	8.4	27.6
	200	12.5	41.0
	400	19.0	62.3
	1000	34.0	111.5

RG59A/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>75 Ohm Impedance</p>	50	2.8	9.2
	100	4.0	13.1
	200	5.9	19.4
	400	8.5	27.9
	1000	13.8	45.3




RG316/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>50 Ohm Impedance</p>	50	5.6	18.4
	100	8.3	27.2
	200	12.0	39.4
	400	17.5	57.4
	1000	29.0	95.1

RG59B/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>75 Ohm Impedance</p>	50	2.4	7.9
	100	3.4	11.1
	200	4.9	16.1
	400	7.0	23.0
	1000	12.0	39.3

RG58C/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>50 Ohm Impedance</p>	50	3.3	10.8
	100	4.9	16.1
	200	7.3	23.9
	400	11.0	36.1
	1000	20.0	65.6

RG6/U	NOMINAL ATTENUATION		
	MHz	db/100 ft	db/100m
 <p>75 Ohm Impedance</p>	50	1.5	4.9
	100	2.1	6.9
	200	3.1	10.2
	400	4.5	14.8
	1000	7.3	23.9

Koaxiális kábelek

<p>400 Series</p>  <p>50 Ohm Impedance</p> <p>0.405 in. (10.3mm) Nominal</p>	<p>NOMINAL ATTENUATION</p>		
	<p>MHz</p>	<p>db/100ft</p>	<p>db/100m</p>
	<p>900</p>	<p>3.9</p>	<p>12.8</p>
	<p>1800</p>	<p>5.7</p>	<p>18.6</p>
	<p>2500</p>	<p>6.8</p>	<p>22.2</p>
	<p>5800</p>	<p>10.8</p>	<p>35.5</p>
<p>600 Series</p>  <p>50 Ohm Impedance</p> <p>0.590 in. (15.0mm) Nominal</p>	<p>NOMINAL ATTENUATION</p>		
	<p>MHz</p>	<p>db/100ft</p>	<p>db/100m</p>
	<p>900</p>	<p>2.5</p>	<p>8.2</p>
	<p>1800</p>	<p>3.7</p>	<p>12.1</p>
	<p>2500</p>	<p>4.4</p>	<p>14.5</p>
	<p>5800</p>	<p>7.3</p>	<p>23.8</p>
<p>900 Series</p>  <p>50 Ohm Impedance</p> <p>0.900 in. (22.9mm) Nominal</p>	<p>NOMINAL ATTENUATION</p>		
	<p>MHz</p>	<p>db/100ft</p>	<p>db/100m</p>
	<p>900</p>	<p>1.7</p>	<p>5.6</p>
	<p>1800</p>	<p>2.5</p>	<p>8.2</p>
	<p>2500</p>	<p>2.9</p>	<p>9.8</p>
	<p>5800</p>	<p>4.9</p>	<p>16.0</p>

LNA/LNB, LNC paramétere

LNA (Low Noise Amplifier)

- Frekvencia tartomány
- Erősítés
- Zajtényező
- P_{1dB} (szaturációs teljesítmény)
- Bemeneti VSWR (refl. csill.)
- Kimeneti VSWR (refl. Csill.)
- Tápfeszültség/áram
- Működési hőmérséklet tartomány
- IP védettség

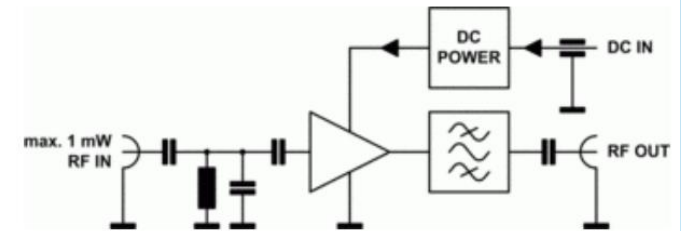
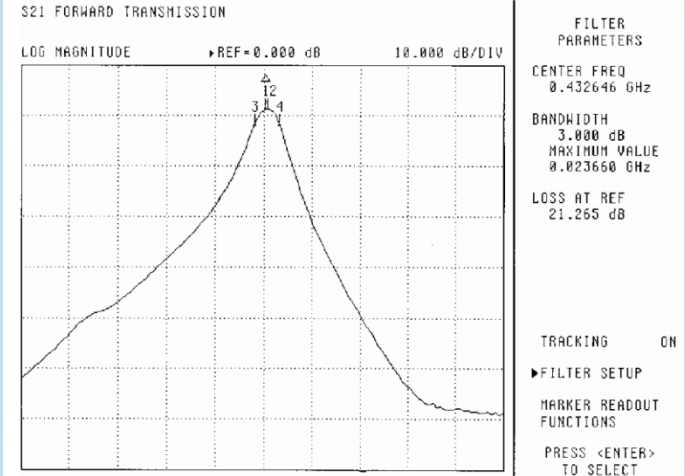
LNB/LNC (Low Noise Block/Converter)

- Be-/kimeneti frekvencia tartomány
- Lokál oszcillátor frekvencia
 - ◆ Pontosság, stabilitás (PLL)

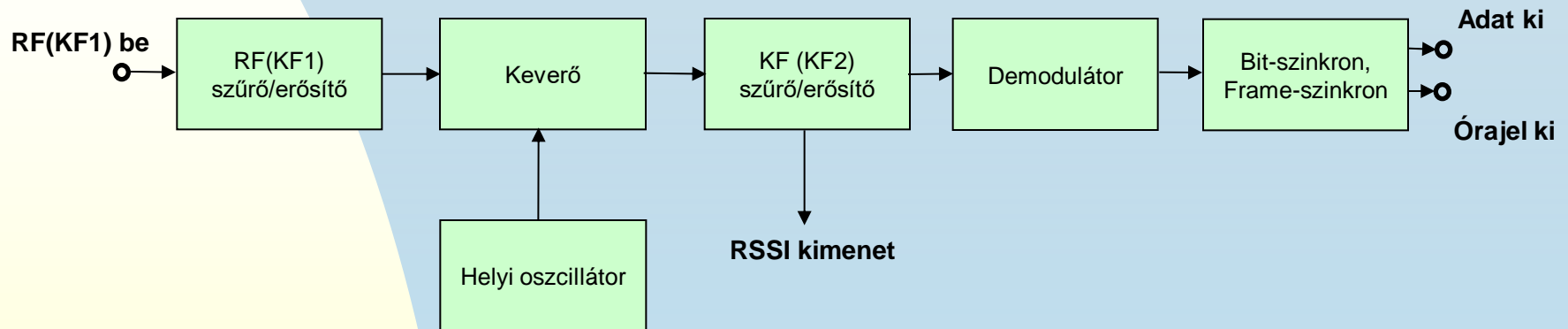
LNA/LNB, LNC paraméterei

Technical specifications:

Frequency range	430..440 MHz
Noise figure @ 18 °C	typ. 0.45 dB, max. 0.55 dB
Gain	typ. 20 dB
Maximum input power	1 mW
Output IP3	typ. +27 dBm
Input return loss (S11)	typ. 5 dB
Output return loss (S22)	min. 15 dB
Supply voltage	+12 ... 14 V DC
Current consumption	typ. 60 mA
Operating case temp. range	-20 ... +65°C
Input connector / impedance	N-male, 50 ohms
Output connector / impedance	N-female, 50 ohms
Case	milled aluminium
Dimensions (mm)	50 x 30 x 22
Weight	100 g (typ.)



(KF)vevő blokkvázlata

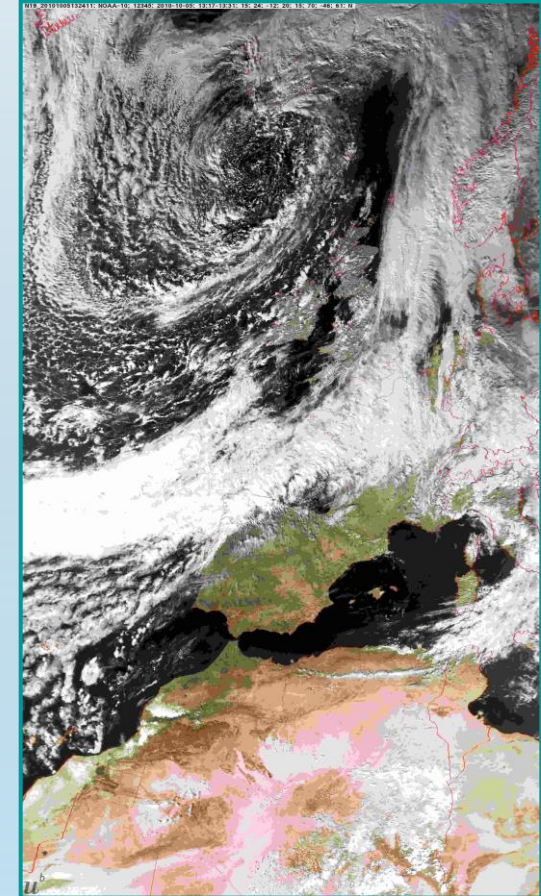
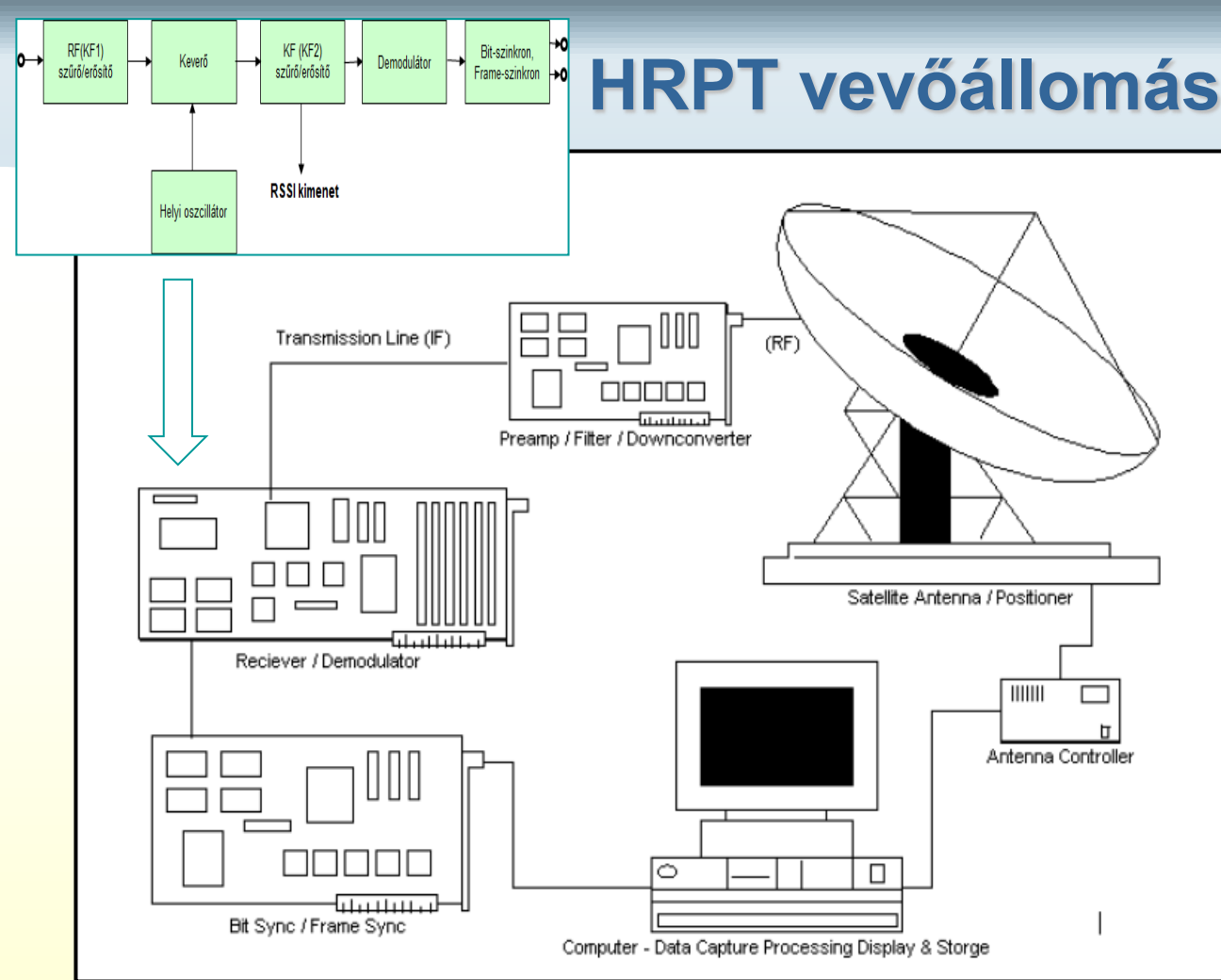


Szuperheterodin vevő blokkvázlata

(KF)Vevő jellemzői

- Vételi frekvencia sáv
- Csatorna osztás
- PLL felbontás
- Lokál oszcillátorok frekvenciái
- Frekvencia pontosság
- KF frekvenciák/sáv szélesség
- Érzékenység
- Szomszéd csatorna elnyomás
- Tükörfrekvencia elnyomás
- Intermodulációs csillapítás
- Nemkívánatos jel sugárzás

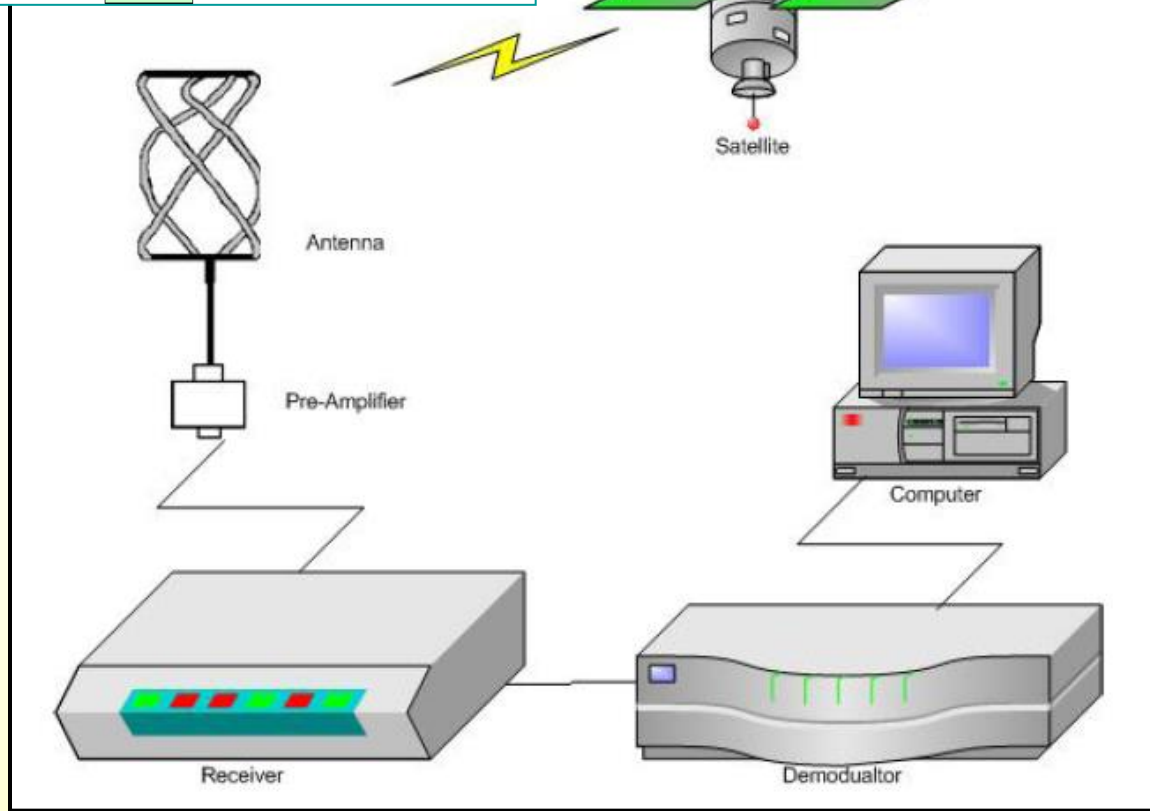
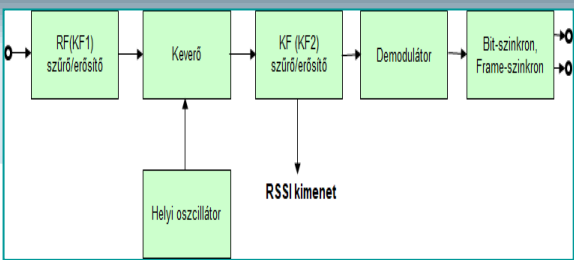
HRPT vevőállomás



Meteorológia műholdak vételére
High Rate Picture Transmission,
Res.: 1km, 10bit felbontás, 665.4 kb/s,
L-sáv, 1698, 1707.7 MHz, Digitális fázismoduláció, $\Delta f=1$ radián,

2010. 10. 05. NOAA-18

APT vevő állomás



Automatic Picture Transmission

VHF sáv, 137 MHz, 2.4 kHz segédvívő amplitúdó moduláció,
Mod.: 87%, Képek felbontása: 4 km
Szükséges sáv szélesség: 34 kHz

NOAA-18, 2007. 03. 28.

Egyszerű APT vétel



WRX-137
Weather Satellite Receiver

- 600 Channel-synthesizer-receiver, double conversion.
- PLL-Demodulator, AFC +/- 20kHz
- 10kHz channel spacing, AM-Demodulator für APT,SDUS
- High-Speed 8-Bit-AD-converter: 4800 Samples/sec
- Serial PC-port 57.6 kbaud
- Hi-Q Input filter: < 5dB/3MHz und > 50dB/20MHz
- Power supply: 12V - 15V DC, ca. 200mA (internally regulated)
- Size: ~ 180mm x 180mm x 65mm, Weight ~ 1,1kg
- Audio-output (2400Hz Subcarrier) Cinch-connector, level adjustable.
- Contrast- and brightness controls (not in WRX-137S)
- IF bandwidth 35kHz
- METEOSAT WEFAX reception with optional downconverter.

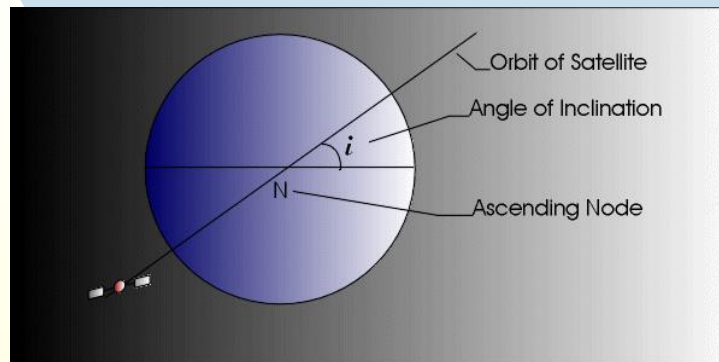


KX-137
VHF Satellite Antenna for polar orbiter satellites with built-in Preamplifier and High-Q-Filter.

Műhold előrejelzés/követés

- Műhold pályaelemek
- <https://www.celestrak.com/NORAD/elements/>

Kepler elemek



Epoch Time
Orbital Inclination
Right Ascension of Ascending Node
Eccentricity
Argument of Perigee
Mean Motion
Mean Anomaly
Drag

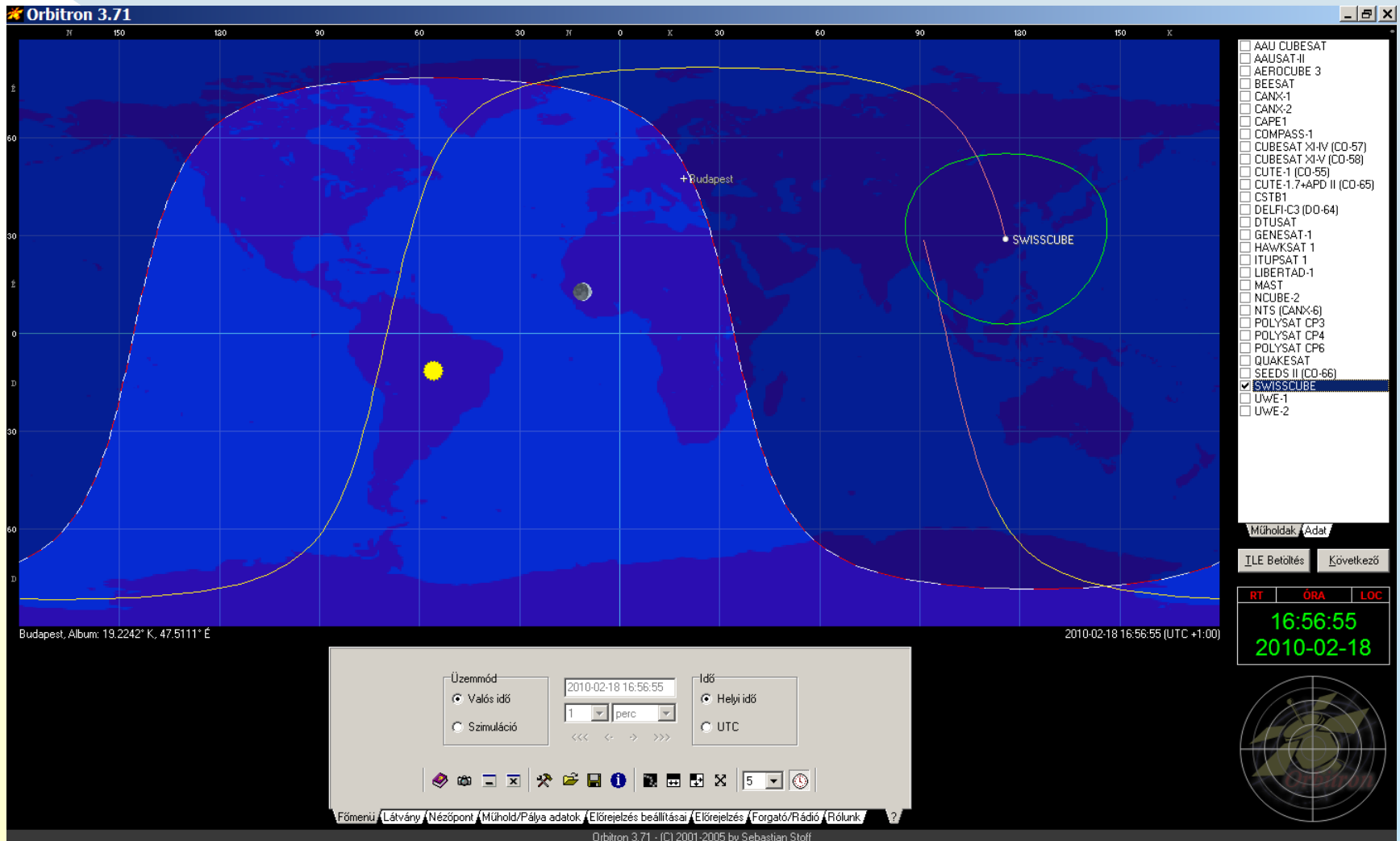
NOAA 19 [+]

```
1 33591U 09005A 18056.55609542 .00000100 00000-0 79690-4 0 9997  
2 33591 99.1294 32.4417 0013028 281.5927 78.3781 14.12256774466410
```

- Step Tracking
- Zárt hurkos követés
- ◆ Monopulse

Műhold előrejelzés/követés

- PI. ORBITRON (<http://www.stoff.pl>)



Telepítés szempontjai

- Zajmentes környezet
 - ◆ Taliándörögd, Interszputnyik
 - ★ 1978-2005, Ø12m Cassegrain, 60t
 - ◆ OMSZ Gilice tér (1984 BME-MHT)



A vevőrendszer jósági tényezője a G/T

Mennél nagyobb egy vevő rendszer G/T-je annál érzékenyebb a rendszer, annál kisebb jelek vételére alkalmas.

A **G** az antenna nyeresége, G_{Ant} [dB]

A **T** a vevő rendszer bemenetre vonatkoztatott zajhőmérséklete, T_{Sys} [K]

- A rendszer zajhőmérséklete T_{Sys} [K] a rendszer elemeinek és a vételt befolyásoló tényezők zajhozzájárulása az antenna bemenetére vonatkoztatva azaz:

$$T_{Sys} = T_{Ant} + T_{Rain} + T_{LNA} + T_{Rec}$$

Műholdak vétele a BME-MHT-n régen

- Meteor/Tiros vétel

- ◆ FM műsorszóró zavar



Tiros



Meteor

- OSCAR műholdak

- ◆ O6 vezérlése

<http://www.dl0bn.de/archiv/1976/drs2876.htm>

- ◆ Műsorsugárzás az O7-en

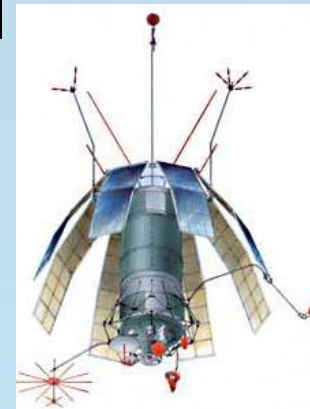
<http://www.dl0bn.de/archiv/1978/drs2978.htm>



Oscar 6

- IK20/21 műhold

- ◆ (01.11.1979, 06.02.1981, SSPI kísérlet)



IK20/21



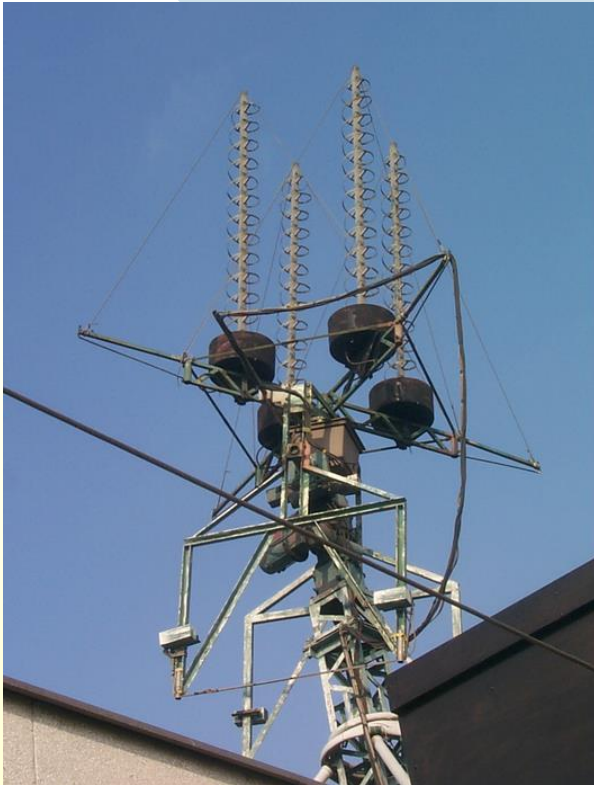
Kosmos-3M

Műholdak vétele a BME-MHT-n régen



Yagi/ helix antennarendszer 1970
BME V2 épület

Műholdak vétele a BME-MHT-n régen



Helix antennarendszer 1999
BME E épület



MASAT vevőállomás antennája 2015
BME E épület

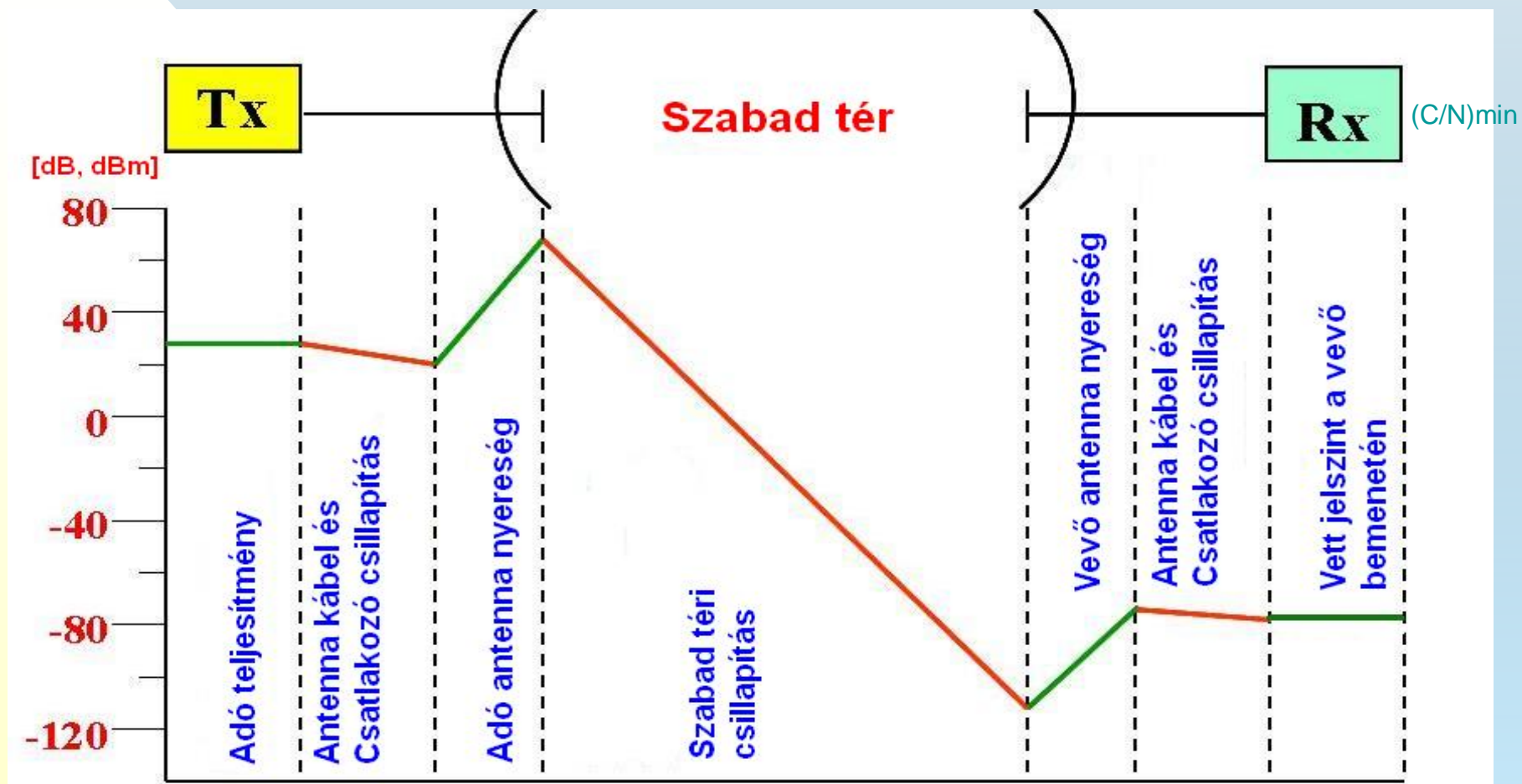
Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



E-épület tetején telepített antennák

Összeköttetés (link budget) számítás

- Az átviteli lánc összes paraméterének figyelembe vételével meghatározni hogy mekkora a vett jelszint és ez mekkora tartalékokat jelent az átvitelben.



Összeköttetés (link budget) számítás

- 1. Decibel**
- 2. Az adó teljesítmény**
- 3. Antenna nyereség, sugárzási szög**
- 4. Az EIRP**
- 5. A szabadtéri csillapítás**
- 6. Zaj, zajteljesítmény, zajhőmérséklet**
- 7. A vevő rendszer jósága, G/T**
- 8. A jel/zaj viszony**
- 9. Összeköttetés (link budget) számítás**

1. Decibel

Alexander Graham Bell, Bell Telephone Laboratory
Két mennyiség arányának logaritmikus mértéke, [dB]

$$[dB] \quad R = 10 * \log \frac{A}{B}$$

$$10 * \log \frac{1000W}{1W} = 30dBW$$

$$10 * \log \frac{10mW}{1mW} = 10dBm$$

$$1nW = 10^{-9}W = 10^{-6}mW$$

$$10 * \log \frac{10^{-12}mW}{1mW} = -120dBm$$

Néhány logaritmus azonosság

$$\log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

$$\log(a * b) = \log a + \log b$$

$$\log a^b = b * \log a$$

2. Az adó teljesítmény

Az adó teljesítmény megadása: W, dBW, dBm

Földi szolgáltatásoknál: mW-MW

Pl.

- ❖ mikroportok max. 50 mW
- ❖ Mobil telefon 2 W/125 mW, Bázis állomás 20-50 W
- ❖ FM adók 100 W- 100 kW
- ❖ DVB-T
 - ❖ Nagy telj. adók 1-100 kW
 - ❖ Kis telj. adók 10 W- 1.5 kW

Műholdaknál: mW-kW

Pl.

- Qubesat 100 mW- 2 W

3. Az antenna nyereség, sugárzási szög

Az **antenna nyeresége** alatt azt a teljesítményviszonyt értjük, hogy az antenna a fő sugárzási irányában hányszoros teljesítménysűrűséggel (térerővel) sugároz egy ugyanakkora teljesítménnyel táplált izotrop (értsd: gömb mentén elvben egyenletesen sugárzó) antennához képest.

G_{ant} = TX power with Antenna / TX power with isotropic radiator [dBi]

G_{ant} = TX power with Antenna / TX power with dipol [dBd]

$$\text{dBi} = \text{dBd} + 2,15$$

Parabola antennánál:

$$G_{ant} = \frac{4\pi A}{\lambda^2} * \eta \quad \text{Ahol: } A = \left(\frac{D}{2}\right)^2 * \pi$$

így:
$$G_{ant} = \frac{\pi^2 D^2}{\lambda^2} * \eta = \frac{\pi^2 D^2 f^2}{c^2} * \eta$$

3. Az antenna nyereség, sugárzási szög

A nyereség decibelben:

$$G_{ant} = 20\log D + 20\log f + 10\log \eta + 20,4$$

Ahol: az f [GHz], D [m] és $20\log(\pi/0,3)=20,4$; a $c=0,3$ [m/nsec] [dBi]

Például: $D=3\text{m}$, $f=38\text{GHz}$, $\eta=0,5$ (Alphasat antenna, Graz)

$$G_{ant} = 20\log 3 + 20\log 38 + 10\log 0,5 + 20,4 = 58,5\text{dBi}$$

<i>Antenna típus</i>	<i>Tipikus nyereség</i>	<i>Tipikus nyereség [dBi]</i>
<i>Rövid dipól antenna</i>	<i>1.5</i>	<i>1.76</i>
<i>Fél hullámú dipól antenna</i>	<i>1.64</i>	<i>2.15</i>
<i>Patch (microstrip) antenna</i>	<i>3.2-6.3</i>	<i>5-8</i>
<i>Tölcsér antenna</i>	<i>10-100</i>	<i>10-20</i>
<i>Parabola antenna</i>	<i>10-10,000</i>	<i>10-40</i>

4. Az EIRP (Effective Isotropic Radiated Power)

Az izotróp antennához viszonyított tényleges kisugárzott teljesítmény.

$$EIRP[dBW] = 10\log P_{TX} + G_T$$

Ha P_{TX} [W], és G_T [dB]

Pl. ha $P_{TX}=500W$, $G_T= 30dB$ akkor

$$EIRP = 10\log 500 + 30 = 57dBW$$

5. A szabadtéri csillapítás

$$L[dB] = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

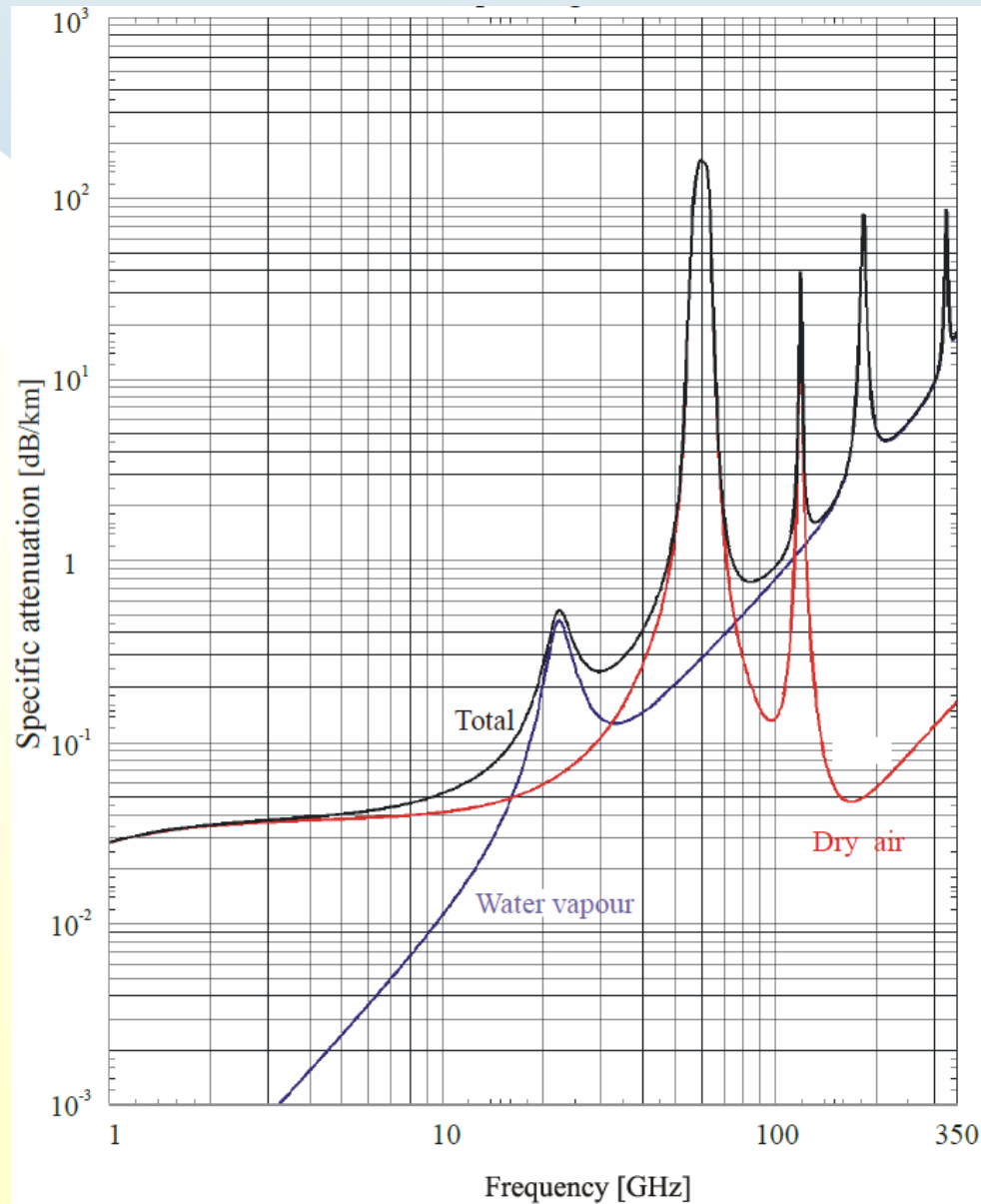
$$L[dB] = 20 \log d + 20 \log f + 92,45$$

Ahol d [km] és az f [GHz].

$f=38$ GHz, $d=36000$ km

$$L = 20 \log 36000 + 20 \log 38 + 92,45 \cong 215 dB$$

5. A szabadtéri csillapítás



5.1 ábra
Az atmoszférikus gázok csillapítása
a frekvencia függvényében

6. Zaj, zajteljesítmény, zajhőmérséklet

A termikus zajt *John B. Johnson* fedezte fel és mérte meg 1926-ban a Bell Laboratóriumban az eredményeket kollégája *Harry Nyquist* értelmezte.

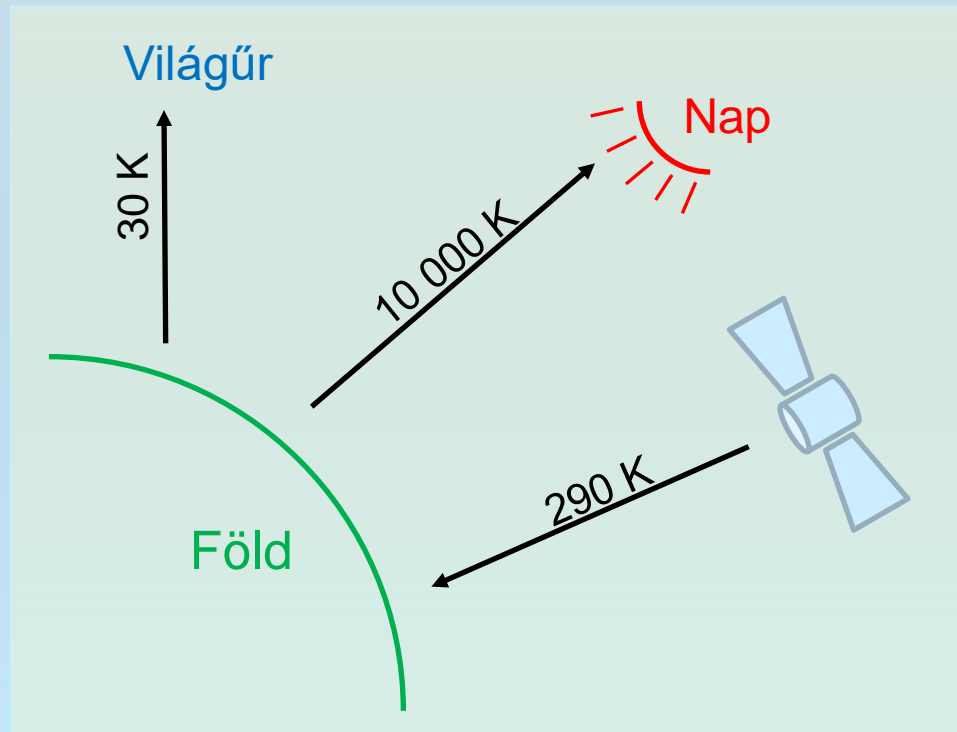
$$P[W] = \frac{U^2}{R} = kTB$$

(Johnson-Nyquist noise)

$k=1,381 \cdot 10^{-23}$ J/K (Boltzmann állandó)

T hőmérséklet [K]

B sávszélesség [Hz]



7. A vevő rendszer jósága, G/T

$$G/T [dB/K] = G_{Ant} [dBi] - 10 \log T_{Sys} [K]$$

A rendszer zajhőmérséklete T_{Sys} [K] a rendszer elemeinek és a vételt befolyásoló tényezők zajhozzájárulása az antenna bemenetére vonatkoztatva azaz:

$$T_{Sys} = T_{Ant} + T_{Rain} + T_{LNA} + T_{Rec}'$$

$$T_{LNA} = 290 * (10^{(F_{LNA}/10)} - 1)$$

$$T_{Rec}' = T_{Rec} / G_{LNA} = (290 * (10^{(F_{Rec}/10)} - 1)) / G_{LNA}$$

F_{LNA} [dB] az LNA zajtényezője,
 F_{Rec} [dB] a vevő zajtényezője,
 G_{LNA} az LNA erősítése viszonyzámmal

7. A vevő rendszer jósága, G/T

Zajtényező (Noise Figure)

$$F = \frac{SNR_{in}}{SNR_{out}}$$

$$F = 1 + \frac{T_{LNA}}{T_0}$$

SNR_{in} , SNR_{out} a bemeneten ill. a kimeneten mért jel-zaj viszony
 T_{LNA} az LNA zajhőmérséklete, $T_0=290^\circ\text{K}$

$$NF[dB] = 10 \log \left(1 + \frac{T_{LNA}}{T_0} \right)$$

7. A vevő rendszer jósága, G/T

$$T_{\text{Ant}} = 25 \text{ K}, T_{\text{Rain}} = 0 \text{ K}, T_{\text{LNA}} = 50 \text{ K}, G_{\text{LNA}} = 20\text{dB}, T_{\text{Rec}} = 100 \text{ K}, G_{\text{Ant}} = 41 \text{ dBi}$$

A rendszer zajhőmérséklete:

$$T_{\text{Sys}} = 25 + 0 + 50 + 100/100 = 76 \text{ K}$$

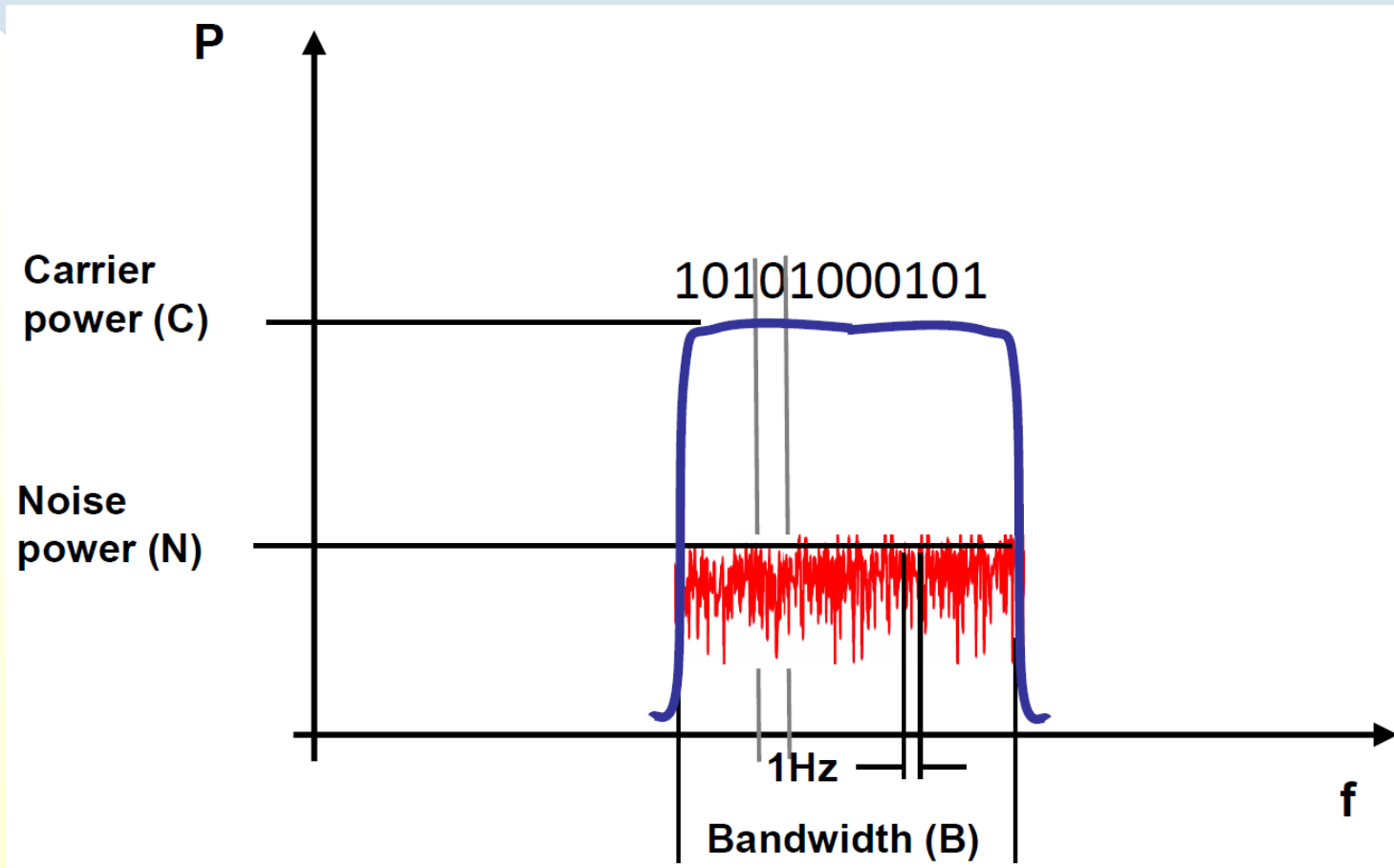
Mivel a $G_{\text{LNA}} = 20\text{dB}$ viszonyzámban 100

A vevő rendszer jósági tényezője: G/T [dB/K]

$$G/T = 41 - 10 \log 76 = 22,19 \text{ dB/K}$$

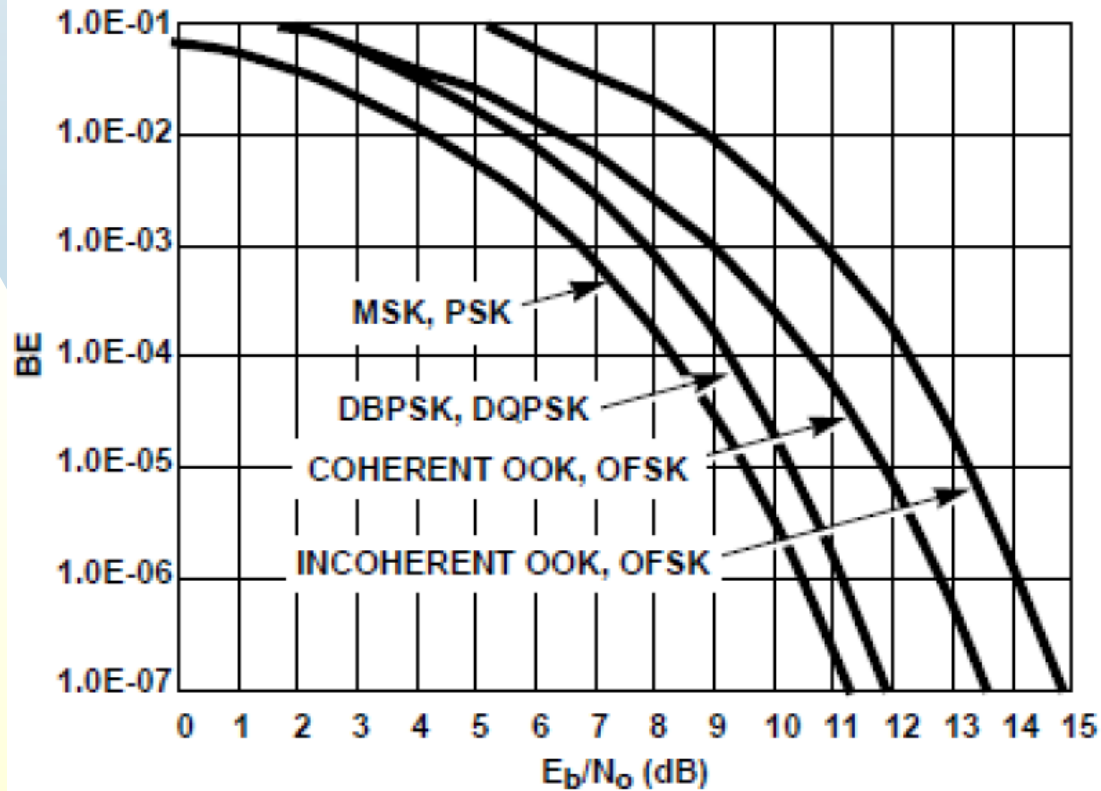
8. A jel/zaj viszony

E_b/N_0 , egy bitre jutó energia-zajsűrűség viszony



E_b / N_0 [W/W], azaz dimenzió nélküli

8. A jel/zaj viszony fogalmak E_b/N_0 -BER (Bit Error Rate)



MSK: Minimum shift keying

PSK: Phase shift keying

DBPSK: Differential binary phase shift keying

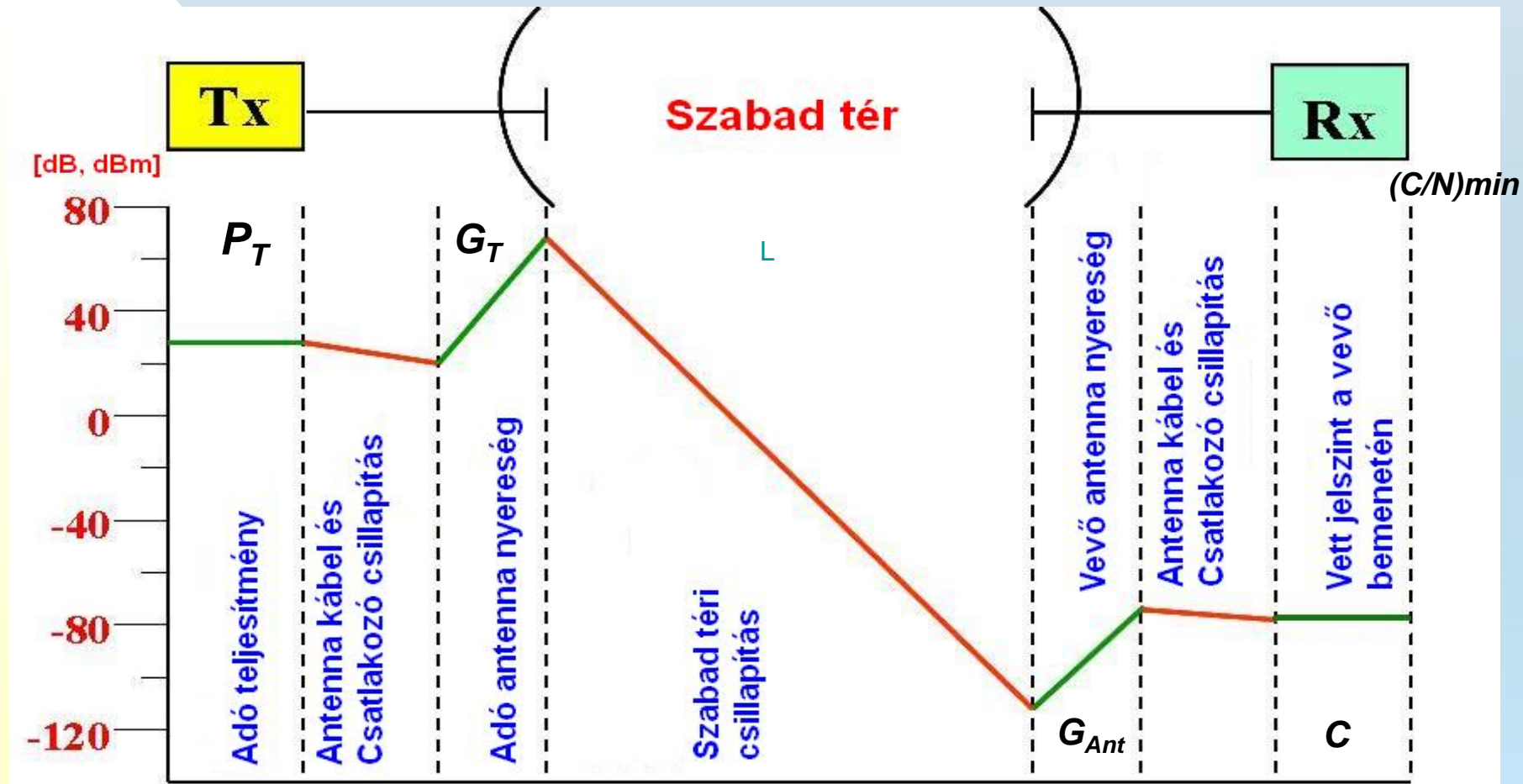
DQPSK: Differential quadrature phase shift keying

OOK: On-off-keying

OFSK: Orthogonal frequency shift keying

9. Összeköttetés (link budget) számítás

- Az átviteli lánc összes paramétereinek figyelembe vételével meghatározni hogy mekkora a vett jelszint és ez mekkora tartalékot jelent az átvitelben.



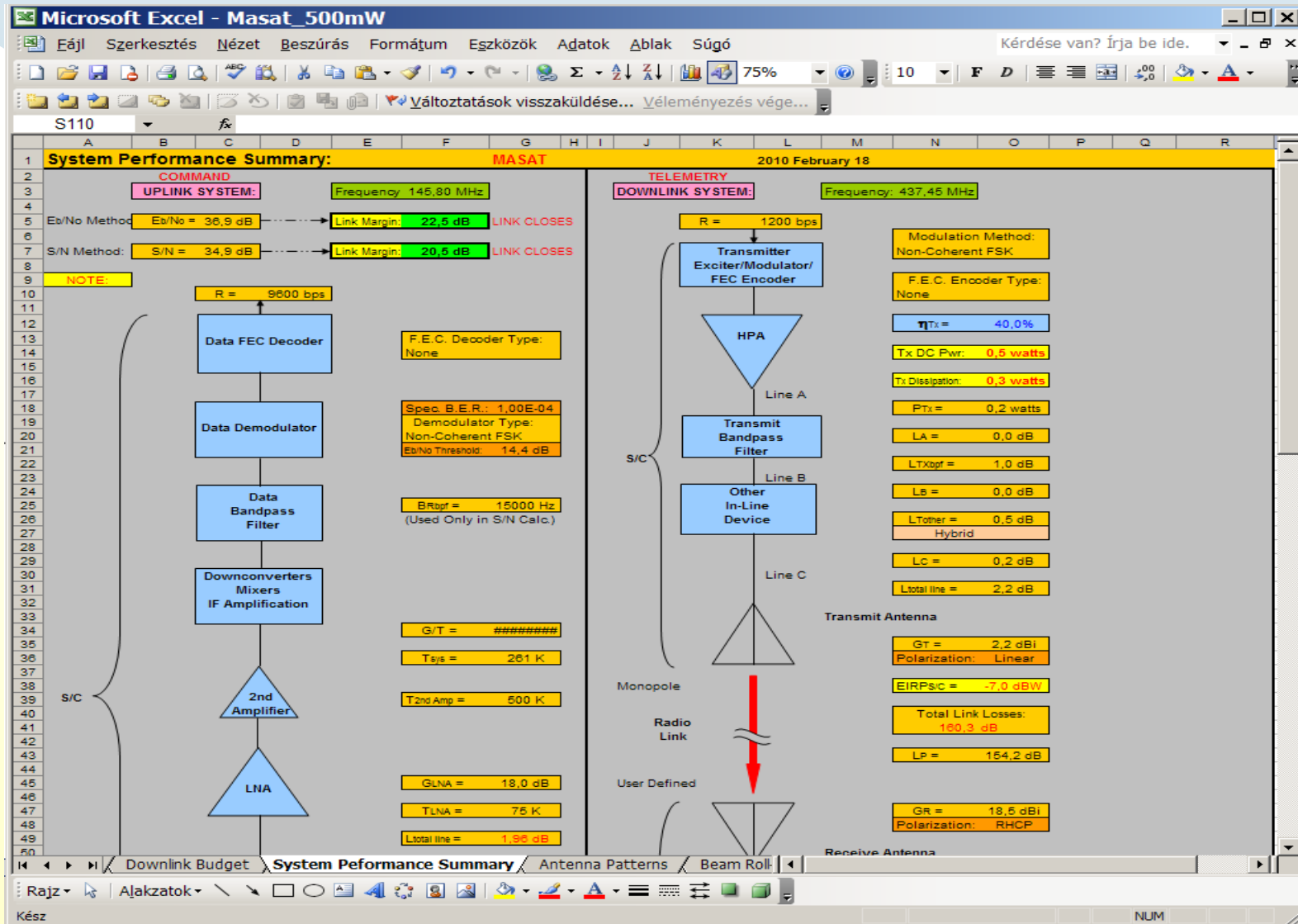
9. Összeköttetés számítás

Alphasat beacon vevő a BME-HVT-n

Frekvencia (f)	39402,0	MHz	
Adó teljesítmény (P_{TX})	7,0	dBW	
Feltételezett ant. nyereség minusz veszt. (G_T)	19,5	dB	
Garantált EIRP	26,5	dBW	$EIRP [dBW] = 10 \log P_{TX} + G_T$
Föld-műhold távolság	38400,0	Km	
Szabadtéri csillapítás (L)	217,3	dB	$L [dB] = 20 \log d + 20 \log f + 92,45$
Összegzett nem eső okozta csillapítás (A)	2,0	dB	
Vevő antenna nyereség (G_{Ant})	39,2	dB	$G_{ant} = 20 \log D + 20 \log f + 10 \log \eta + 20,4$
Vevő zajtényezője (F)	3,0	dB	
Antenna zajhőmérséklete (T_{Ant})	25,0	K	
Vevő rendszer zajhőmérséklete (T_{Sys})	288,6	K	$T_{Sys} = T_{Ant} + T_{Rain} + T_{LNA} + T_{Re c'}$
Vevő rendszer G/T	14,2	dB/K	$G/T [dB / K] = G_{Ant} [dBi] - 10 \log T_{Sys} [K]$
Vett vivő teljesítmény (C)	-153,6	dBW	$C [dBW] = EIRP - L - A$
Zaj teljesítmény sűrűség (N_0)	-204,0	dBW/Hz	
Vevő sáv szélesség (B)	65,0	Hz	
Zaj teljesítmény (N)	-185,8	dBW	$N [dBW / Hz] = N_0 + 10 \log (B [Hz])$
Jel/zaj viszony (C/N)	32,2	dB	$C/N [dB] = C - N$
(C/N) _{min} (Approx)	4,2	dB	$C/N = (E_b / N_0) * (R / B)$
Eső tartalék	28,0	dB	$Margin [dB] = (C/N) - C/N_{min}$

10. Összeköttetés számítás

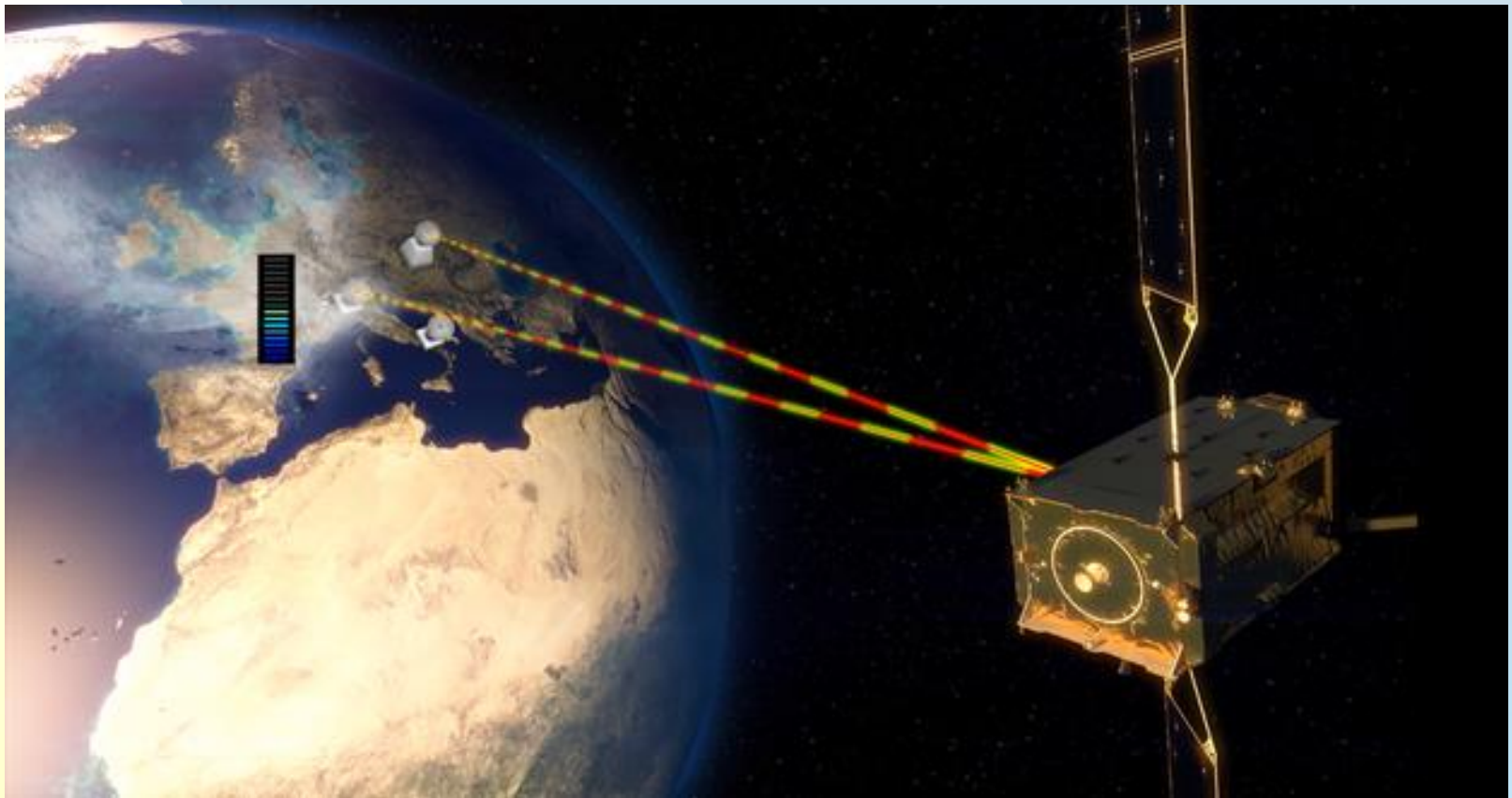
Jan A. King, W3GEY/VK4GEY Excell programja



Műholdak vétele a BME-HVT-n ma

■ Alphasat vétel

Aldo Paraboni Q/V-band communication and propagation experiments to assess the feasibility of these bands for future commercial applications

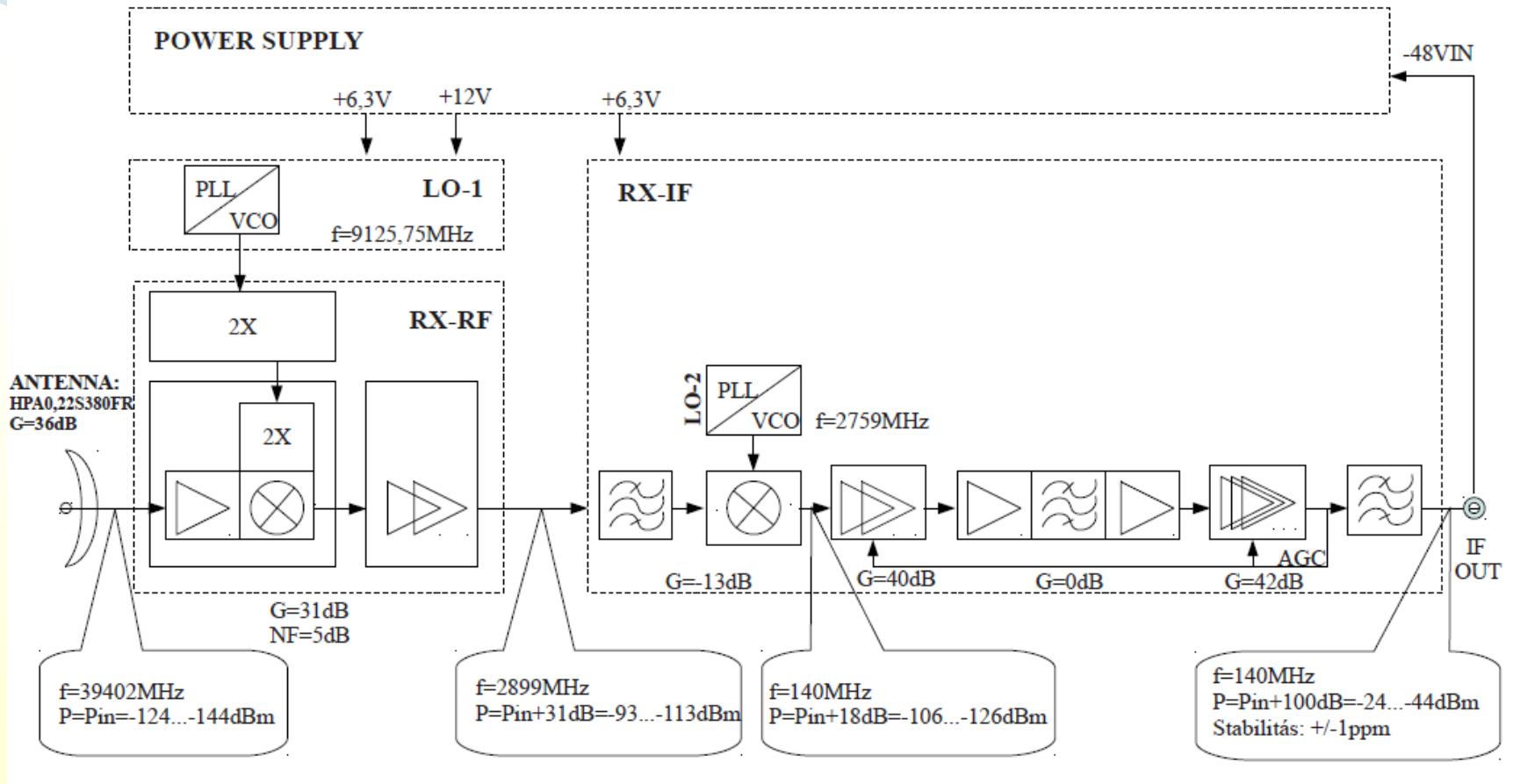


Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



Alphasat vevőantennák, kültéri egységek, mozgatóval

Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



Alphasat beacon vevő kültéri egység blokkvázlata

Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



Clear / Reset Remove Last Blue Marker Center Red Marker

Get the Latitude and Longitude of a Point

When you click on the map, move the marker or enter an address the latitude and longitude coordinates of the point are inserted in the boxes below.

Latitude:

Longitude:

	Degrees	Minutes	Seconds
Latitude:	<input type="text" value="47"/>	<input type="text" value="28"/>	<input type="text" value="35.3958"/>
Longitude:	<input type="text" value="19"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="23.2164"/>

Show Point from Latitude and Longitude

Use this if you know the latitude and longitude coordinates of a point and want to see where on the map the point is.

Use: + for N Lat or E Long - for S Lat or W Long.
Example: +40.689060 -74.044636
Note: Your entry should not have any embedded spaces.

Decimal Deg. Latitude:

Decimal Deg. Longitude:

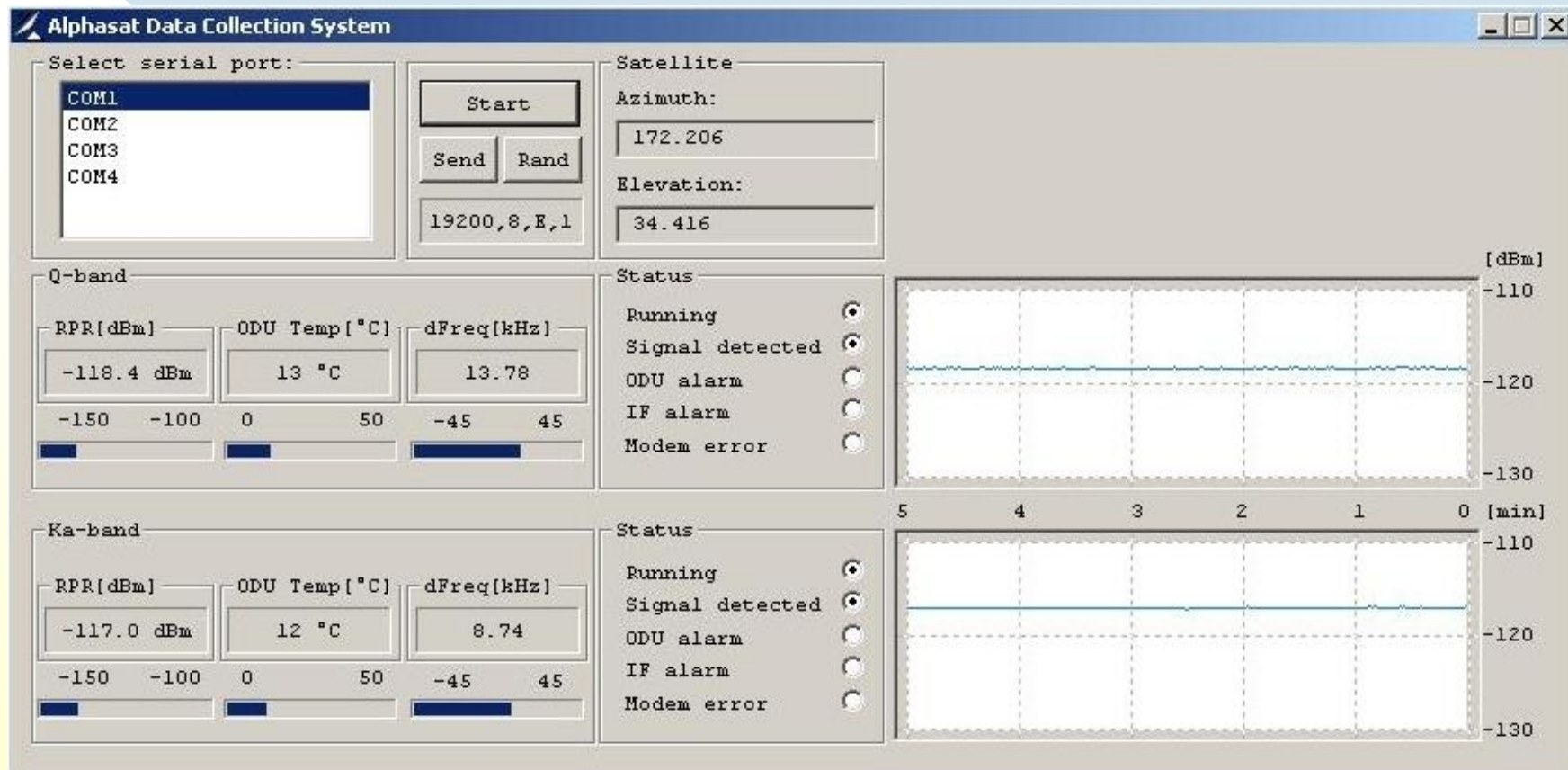
Example: **+34 40 50.12** for 34N 40' 50.12"

	Degrees	Minutes	Seconds
Latitude:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Longitude:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ALPHASAT (INMARSAT 4A-F4)	
LOCAL TIME:	11:03:15
UTC:	10:03:15
LATITUDE:	0.04
LONGITUDE:	24.92
ALTITUDE [km]:	35773.81
ALTITUDE [mi]:	22228.82
SPEED [km/s]:	0.01
SPEED [mi/s]:	0.01
AZIMUTH:	<input type="text" value="172.1"/> <input type="text" value="S"/>
ELEVATION:	<input type="text" value="+35.2"/>
RA:	15h 51m 2s
DEC:	-7° 57' 38"
The satellite is in day light	

Alphasat vevő antenna pozicionálása

Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



Alphasat adatgyűjtő

Műholdak vétele a BME-HVT-n ma

The screenshot shows the 'Meteorological Data Collection System' window. It features a 'Select serial port' dropdown menu with 'COM2' selected. A 'Start' button is present, along with a configuration field showing '1200,8,N,1'. A 'Running' indicator is checked, and a 'Send' button is visible. The 'RAW data' section displays the values '0713 0017 0024 0492 0549'. The 'Sensors' section lists: Wind speed: 1.6 m/s, Wind gust: 2.5 m/s, Wind direction: 160.7 degree, Temperature: 3.6 °C, Rainfall: 0.0 mm/h, and Humidity: 67.8 % (checked). The 'Graph' section shows a line graph of Humidity (%) over time (hr) from 5 to 0, with values starting at 100% and decreasing to approximately 67.8%.

Meteorological Data Collection System

Select serial port:

- COM1
- COM2
- COM3
- COM4

Start

1200,8,N,1

Running

Send

RAW data:

0713 0017 0024 0492 0549

Sensors:

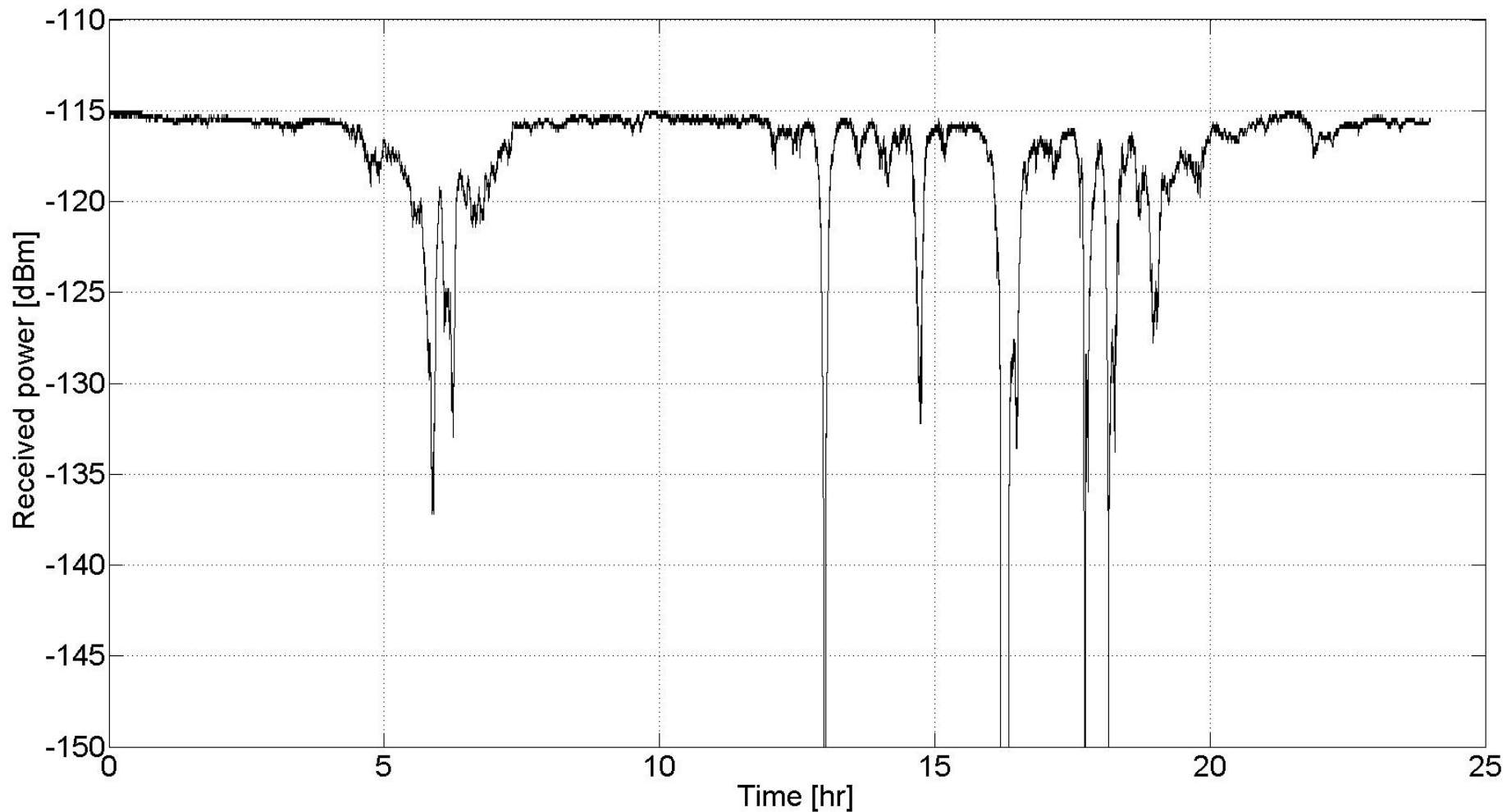
- Wind speed: 1.6 m/s
- Wind gust: 2.5 m/s
- Wind direction: 160.7 degree
- Temperature: 3.6 °C
- Rainfall: 0.0 mm/h
- Humidity: 67.8 %

Graph:

Graph showing Humidity (%) vs Time (hr). The y-axis ranges from 0 to 100 [%], and the x-axis ranges from 5 to 0 [hr]. The humidity starts at 100% at 5 hours and decreases to approximately 67.8% at 0 hours.

Alphasat meteorológiai adatgyűjtő

Műholdak vétele a BME-HVT-n ma



Alphasat Ka sávú adatok 2014.05.11.

Az anyaghoz kapcsolódó kérdések (vevőállomás):

- *Melyek egy műholdvevő állomás főbb egységei?*
- *Alapvetően mi határozza meg egy vevőállomás jóságát?*
- *Rajzolja le egy szuperheterodin vevő blokkvázlatát! Milyen főbb paraméterek jellemeznek egy vevőt?*
- *Rajzolja le egy geostacionárius pályán lévő meteorológiai műhold HRPT adatainak vételére szolgáló vevő állomás blokkvázlatát!*
- *Rajzolja le egy napszinkron pályán lévő meteorológiai műhold HRPT adatainak vételére szolgáló vevő állomás blokkvázlatát!*
- *Ismertesse egy műholdvevő főbb jellemzőit!*
- *Ismertesse egy antennarendszer főbb jellemzőit!*

Az anyaghoz kapcsolódó kérdések (összeköttetések számítása):

- *Mi az EIRP? Ha egy műhold adóteljesítménye 10 W, az adóantenna nyeresége 20 dBi, mekkora az EIRP?*
- *Mi az a zajtényező? Ha egy vevőnek 3 dB a zajtényezője mennyi a T_{rec} értéke?*
- *Földi vevőállomásnál mikrohullámú összeköttetés esetén mivel kell korrigálni a szabadtéri csillapítás értékét?*
- *Hogyan határozzuk meg egy vevőállomás bemeneti zajhőmérsékletét (T_{Sys})?*
- *Hogyan határozzuk meg egy vevőállomás G/T paraméterét?*

- *Mennyi a vevőállomás G/T-je ha a vevő állomás az alábbi paraméterekkel rendelkezik:*
 - ◆ $T_{Ant} = 30\text{ K}$,
 - ◆ $G_{Ant} = 30,7\text{ dB}$,
 - ◆ $F_{LNA} = 1\text{ dB}$,
 - ◆ $G_{LNA} = 20\text{ dB}$
 - ◆ $T_{Rec} = 200\text{ K}$
 - ◆ *az eső okozta zajnövekmény 10 K*

?



Köszönöm a figyelmet