

RADIOENLLAÇOS

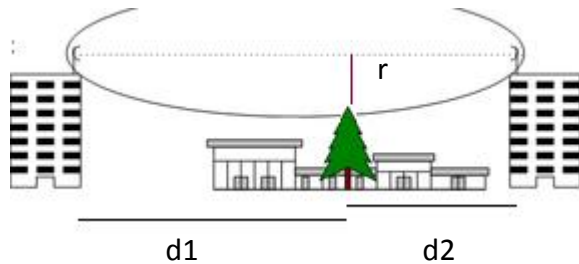
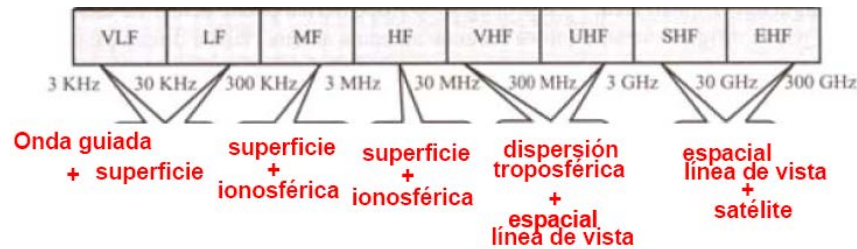


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Telecomunicació
i Aeroespacial de Castelldefels



RADIOENLLAÇOS

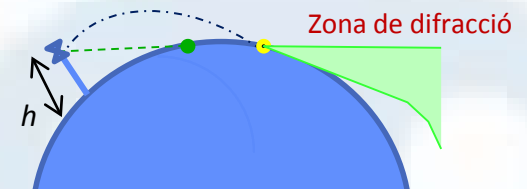


Primera zona de Fresnel
(claretat: mínima distància a l'obstacle)

$$r = \sqrt{\lambda \frac{d_1 d_2}{d}}$$

- Horitzó òptic
- - - Horitzó radioelèctric

$$d = 2,9 \sqrt{2h}$$



Orografies complexes,
multitrajecte, zones de'ombra, ...

Sirenet, Avanzit,...

Càlcul de l'enllaç

Càlcul de la distància màxima de l'enllaç per efecte de la curvatura de la terra.

L'horitzó radioelèctric és aproximadament 4/3 més gran que l'horitzó òptic, degut als efectes de difracció de la troposfera.

Per una antena d'altura h sobre la superfície de la terra, el seu horitzó òptic és:

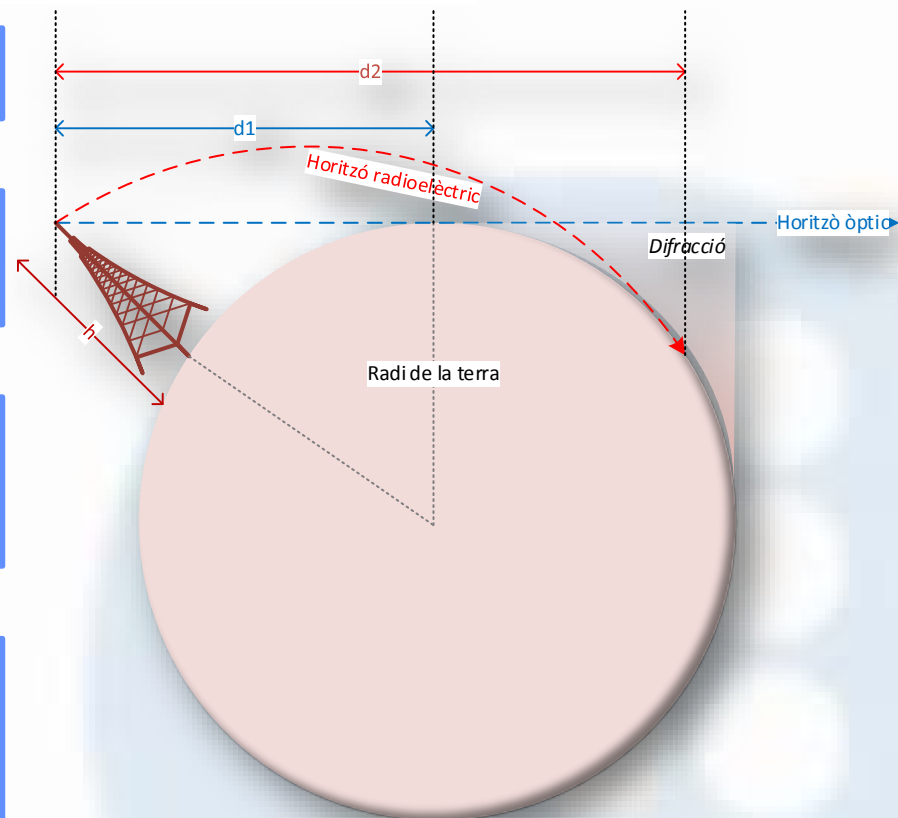
$$d_1(km) = \sqrt{12,74 \cdot h(m)}$$

Per una antena d'altura h sobre la superfície de la terra, el seu horitzó radioelèctric és:

$$d_2(km) = \sqrt{17 \cdot h(m)}$$

Per dues antenes d'altura h_1 i h_2 sobre la superfície de la terra, la distància màxima en la que es podrà produir l'enllaç radioelèctric serà:

$$d(km) = \sqrt{17 \cdot h_1(m)} + \sqrt{17 \cdot h_2(m)}$$



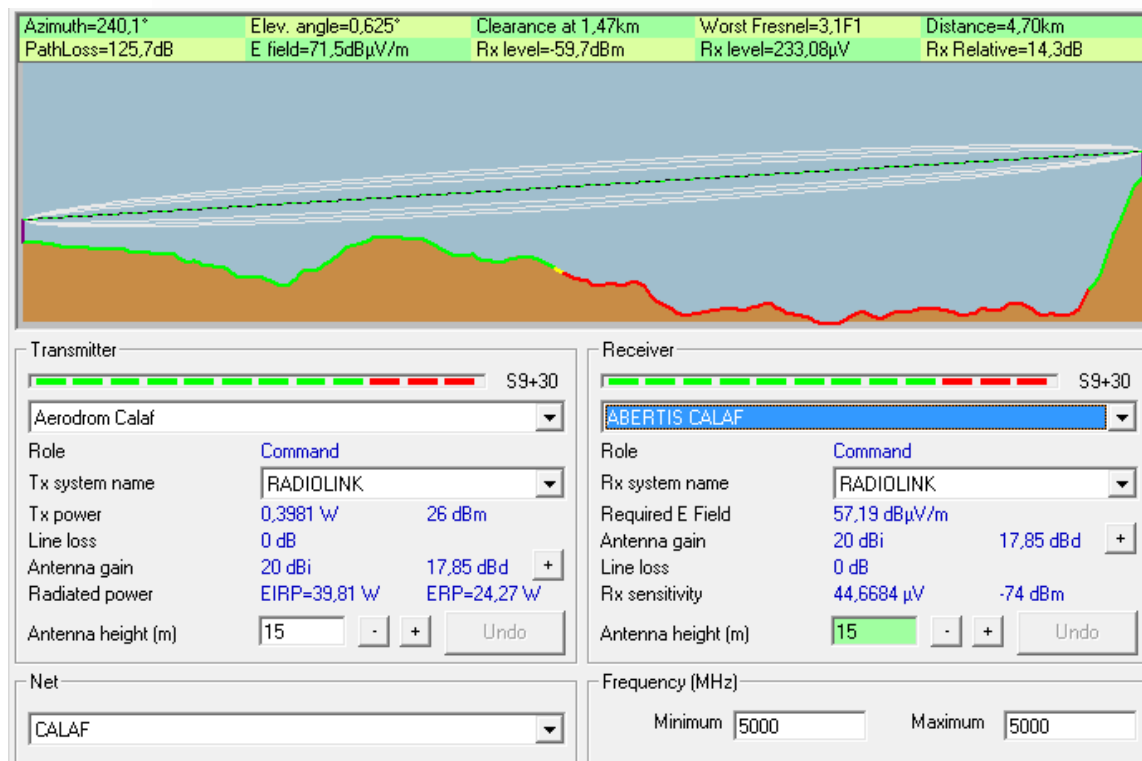
Càlcul de l'enllaç

Realitzar un aixecament topogràfic i ajustar l'altura de les antenes per evitar obstacles dins de la primera zona de Fresnel.

$$r_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Programa freeware Radio Mobile:

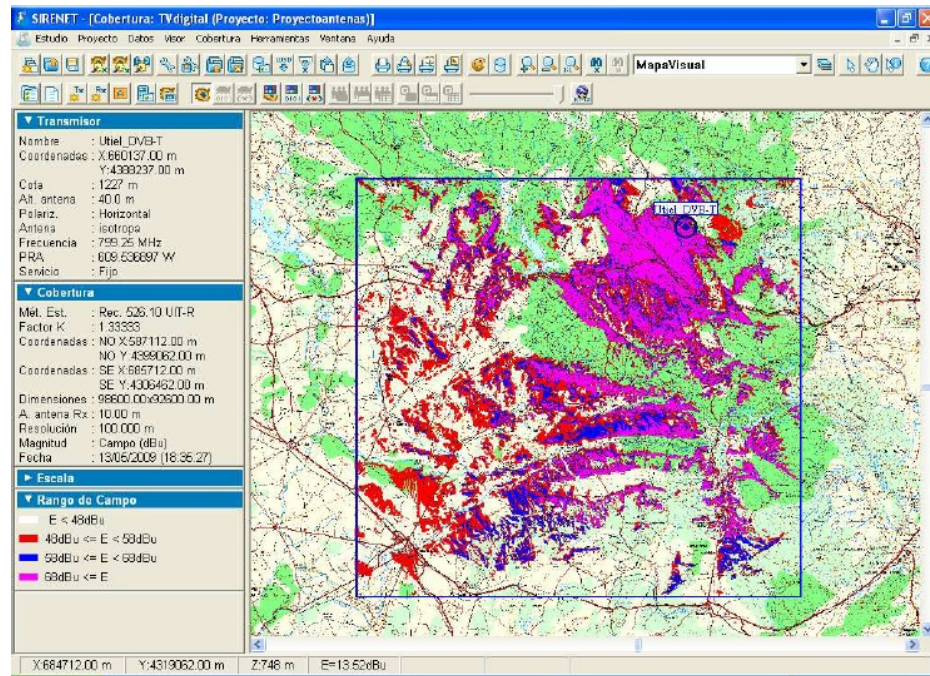
<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Telecomunicació
i Aeroespacial de Castelldefels

UPC



Radio Mobile Online - Chromium

www.cplus.org/rmw/rmonline.html

Radio Mobile

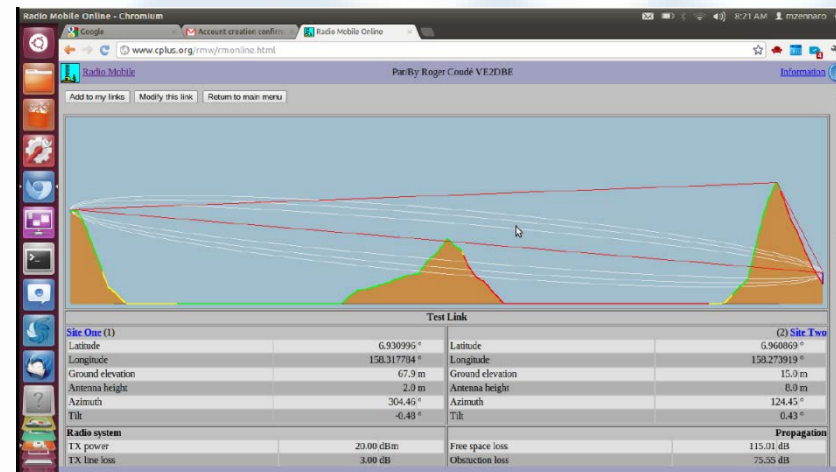
Par:By Roger Conde VE2DBE

Test Link

Site One (1)		Site Two	
Latitude	6.930996 °	Latitude	6.960909 °
Longitude	158.317784 °	Longitude	158.273919 °
Ground elevation	67.9 m	Ground elevation	15.0 m
Antenna height	2.0 m	Antenna height	8.0 m
Azimuth	304.46 °	Azimuth	124.45 °
Tilt	-0.48 °	Tilt	0.43 °

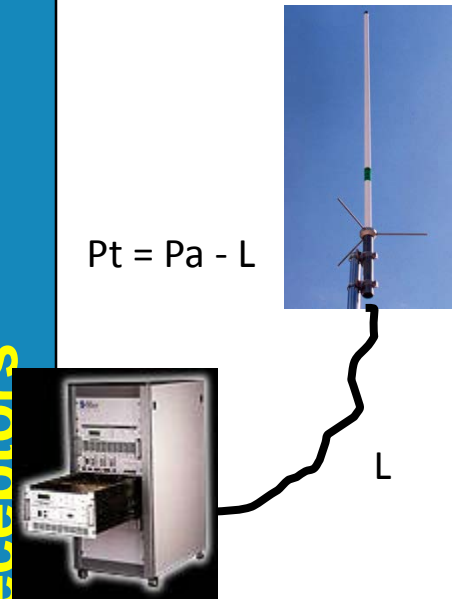
Radio system	Propagation		
TX power	20.00 dBm	Free space loss	115.01 dB
TX line loss	3.00 dB	Obstruction loss	75.55 dB
TX antenna gain	10.00 dBi	Forest loss	0.00 dB
RX antenna gain	10.00 dBi	Urban loss	0.00 dB
RX line loss	0.50 dB	Statistical loss	6.50 dB
RX sensitivity	-113.02 dBm	Total path loss	197.17 dB

Performance	Distance
Distance	5.872 km
Precision	10.0 m
Frequency	2300.000 MHz
Equivalent Isotropically Radiated Power	0.501 W
System gain	149.52 dB
Required reliability	70.000 %
Received Signal	-109.67 dBm
Received Signal	0.00 µV
Fade Margin	-47.65 dB



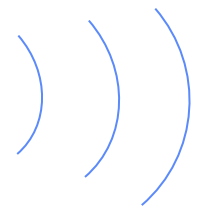
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
 BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Telecomunicació
 i Aeroespacial de Castelldefels



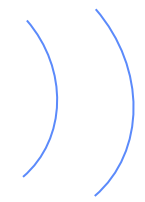
Pa

GT



Densitat de potencia radiada:

$$\frac{G_T P_T}{4\pi d^2}$$

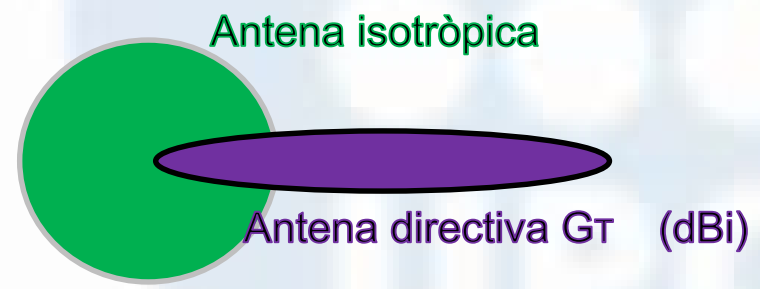


$$A_{ef} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R$$

$$P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2} A_{ef} = \frac{P_T G_T}{4\pi d^2} \frac{\lambda^2}{4\pi} G_R = P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

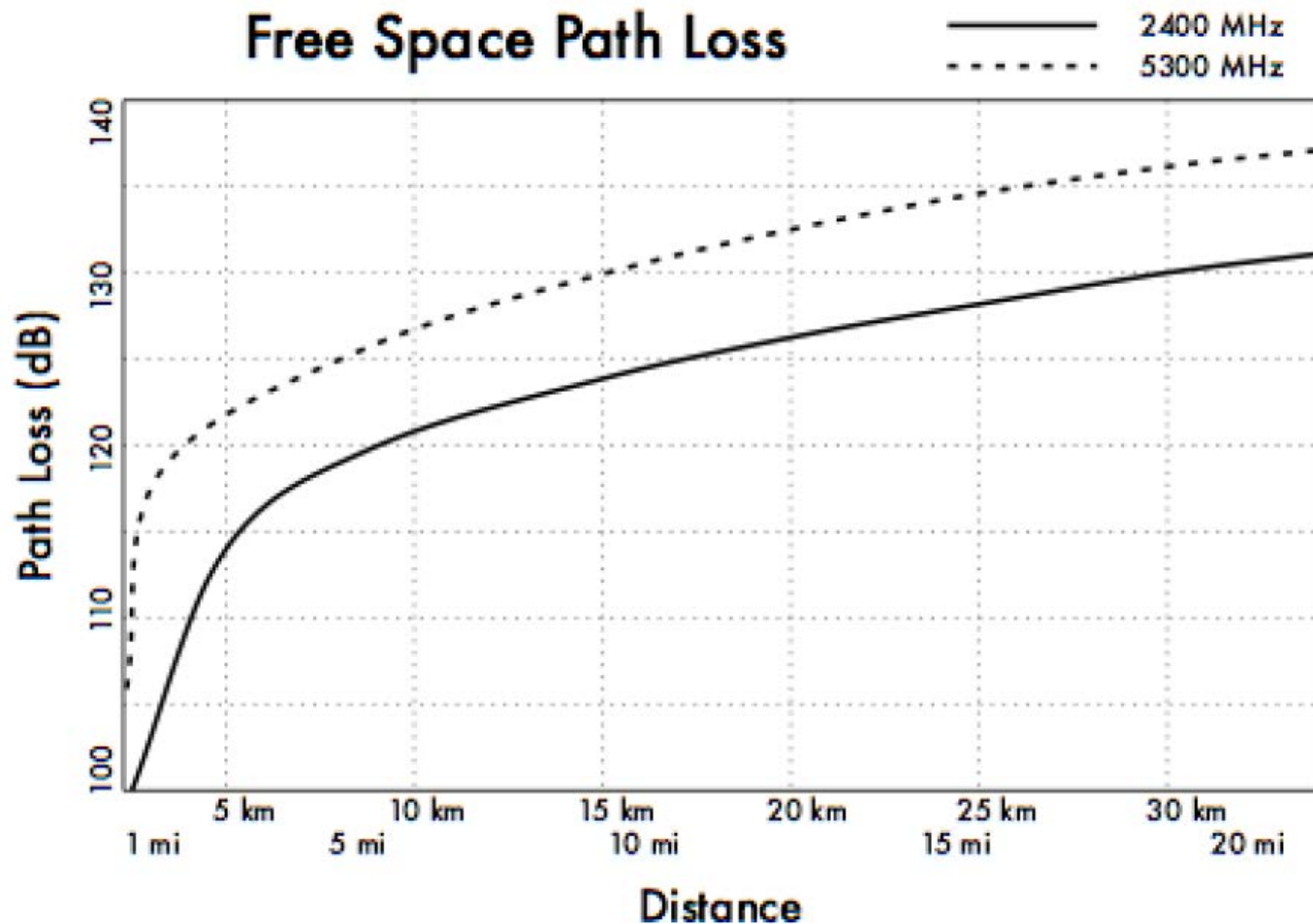
Pèrdues a l'espai lliure (FSL)

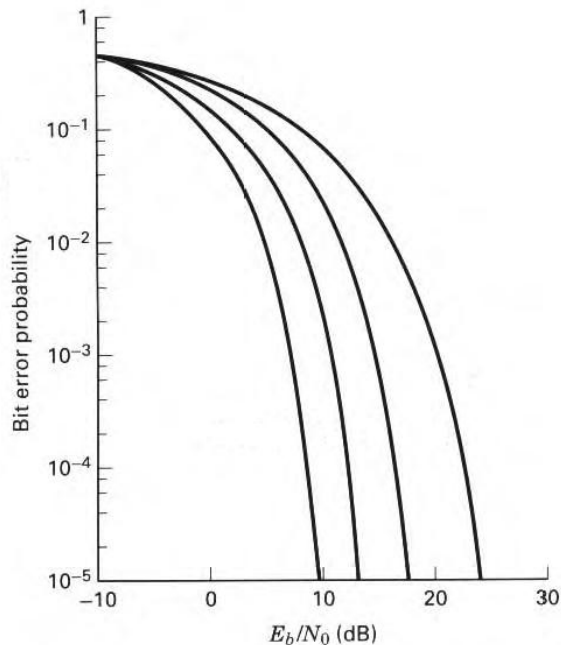
EIRP (PIRE) = Pa - L + GT = GT · PT



$$L_{fs} = 32,45 + 20 \cdot \log(D) + 20 \cdot \log(f)$$

- ...where L_{fs} is expressed in dB, D is in kilometers and f is in MHz.





N_0 : Densitat espectral de potència del soroll
(Potencia /Hz)

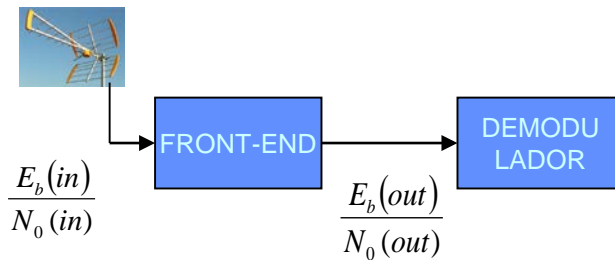
E_b = Energia per bit

POTENCIA = WATTS = JOULES/ s = **ENERGIA/s**

ENERGIA = $E_b \cdot n^\circ$ bits

POTENCIA = $E_b \cdot n^\circ$ bits/s = $E_b \cdot R$

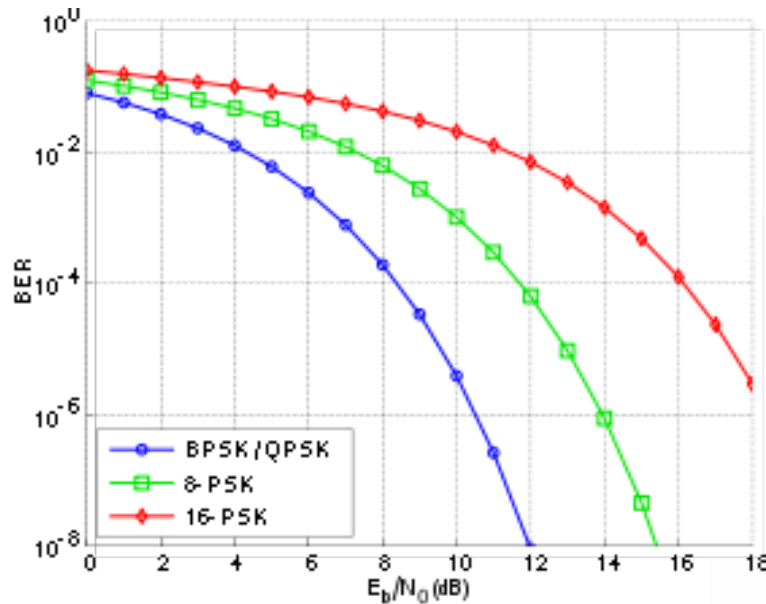
(R : velocitat transmissió en bits/s)



$$P = E_b R \rightarrow E_b = P/R$$

$$E_b \text{ (en dB)} = \text{RSL} - 10 \log R \quad (\text{RSL: received signal level})$$





E_b ?

Data Throughput refers to the overall effective transmission rate.

Data rate: the rate at which bits are transmitted (throughput + protection + headers) .

Be aware if the signal is coded:

- E_b in the BER curves is referred to DATA THROUGHPUT
- But the RSL has to be split among all received the bits, independently of their relevance in the message (DATA RATE)

Càlcul de l'enllaç

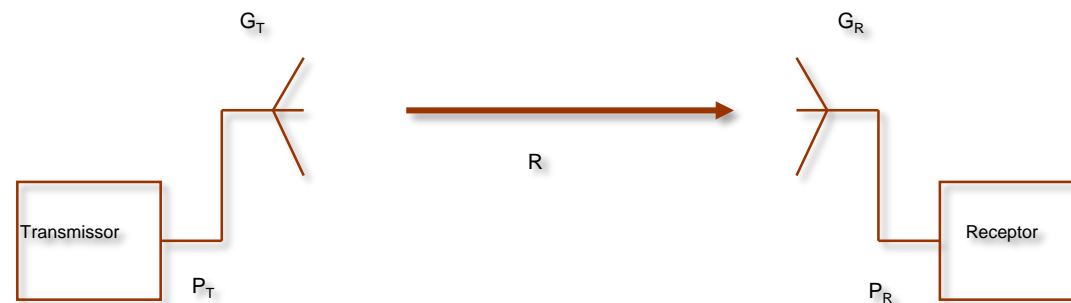
Punt de partida: Aplicació de l'equació de transmissió.

$$P_R = PIRE \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

Afegint les possibles pèrdues per:

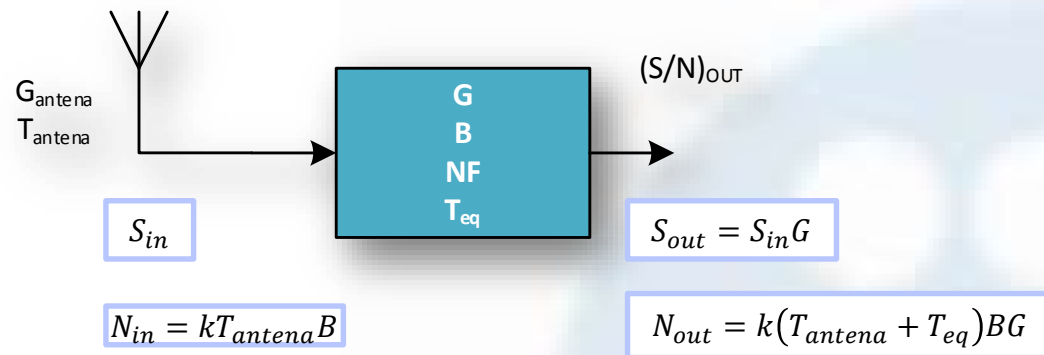
- Atenuació per la pluja: L_r
- Desapuntament de les antenes: L_a
- Desacoblament en polarització: L_p
- Desadaptació d'impedàncies: L_m

$$P_R = PIRE \cdot G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \cdot L_r \cdot L_a \cdot L_p \cdot L_m$$



Càlcul de l'enllaç

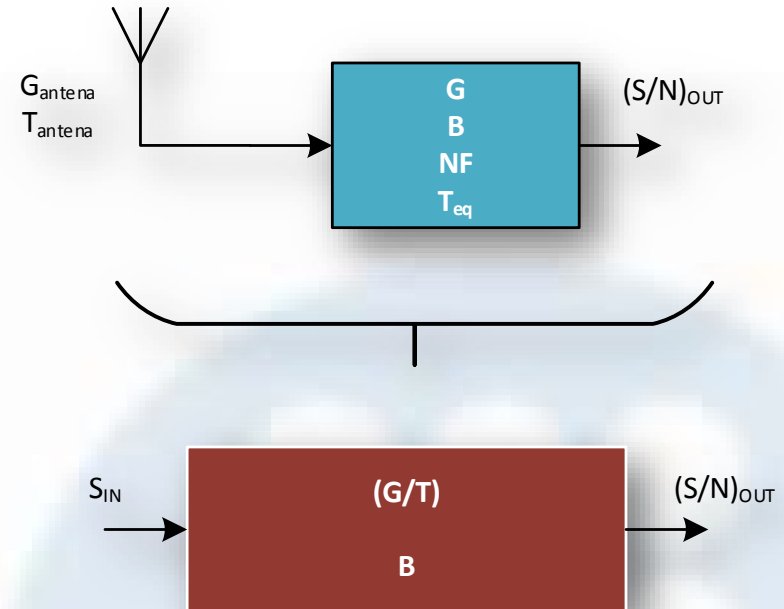
Fer els càlculs pertinents de la relació senyal soroll (S/N) i potència mínima del senyal obtinguts en el receptor



$$(S/N)_{out} = \frac{(S/N)_{in}}{\left(1 + \frac{T_{eq}}{T_{antena}}\right)} = \frac{(S/N)_{in}}{\left(1 + \frac{T_0}{T_{antena}}(F - 1)\right)}$$

Factor de mèrit del receptor (G/T)

Consisteix en la relació entre el **guany de l'antena receptora** (G_R) respecte de la **temperatura de soroll total** (temperatura d'antena + temperatura equivalent de soroll del receptor).



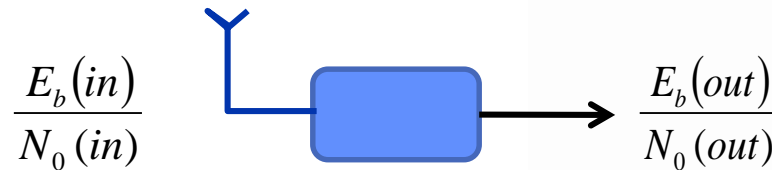
S'obté a partir del càlcul de la relació senyal-soroll obtinguda en el receptor mitjançant l'equació de transmissió.

$$(S/N)_{OUT} = \frac{P_R}{N} = \frac{PIRE \cdot G_R \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2}{k \cdot (T_a + T_{eq}) \cdot B} = \frac{PIRE}{k \cdot B} \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi R}\right)^2 \cdot \left(\frac{G}{T}\right)$$

$$(S/N)_{OUT}(dB) = PIRE (dBW) + FSL(dB) + 228,6 (dBW/HzK) - 10 \log(B) + \left(\frac{G}{T}\right) (dB/K)$$

$$E_b \text{ in (en dB)} = \text{RSL} - 10 \log R \quad (\text{RSL: received signal level})$$

$$N_0 \text{ in} = kTB \quad (B=1\text{Hz})$$



$$N_o = 10 \log \left(k(T_a + T_{eq}) \right) + G$$

$$E_b \text{ out} = E_b \text{ in} + G$$

$$\frac{E_b \text{ (out)}}{N_0 \text{ (out)}} = \text{RSL} - 10 \log (R) - 10 \log k(T_a + T_e)$$

•Si no es dona el guany, però només ens demanen S/N o E_b/N_0 , es que no cal: es cancel·laria el guany al fer els càlculs

Marge de l'enllaç

És la diferència entre la relació senyal-soroll mínima que precisa el receptor, i la que realment li arriba.

$$M(dB) = (S/N)_{obtinguda}(dB) - (S/N)_{requerida}(dB)$$

És una manera d'indicar l'atenuació màxima que podrà experimentar el radioenllaç sense que es talli la comunicació.

Com més gran sigui el marge de l'enllaç, més robusta serà la connexió.



$$M = \frac{P_R}{N_0} \Big|_{REBUT} - \frac{P_R}{N_0} \Big|_{NECESSARI} \quad (M= \text{MARGE})$$

$$M = EIRP - L_s - L_o + \left(\frac{G_R}{T} \right) \Big|_{dB} - 10 \log(k) - \underbrace{\left[\frac{E_b}{N_0} + R \right]}$$

$$\frac{P_R}{N_0} \Big|_{NECESSARI} = \frac{E_b R}{N_0}$$

Direct Broadcast Satellite (DBS)

(SKLAR, "DIGITAL COMMUNICATIONS")

Uplink

Earth station EIRP	86.6 dBW
Free-space loss (17.6 GHz, 48° elevation)	208.9 dB
Assumed rain attenuation	12.0 dB
Satellite G/T°	7.7 dB/K
Uplink $C/\kappa T^\circ$	102.0 dB-Hz

$$\frac{P_R}{N_0} = EIRP - L_s - L_o + \left(\frac{G_R}{T} \right)_{dB} - 10 \log(k)$$

Here it has been applied a formula (for satellites) :

$$(S/N)_{\text{global}} = (S/N)_{\text{uplink}} // (S/N)_{\text{downlink}} = \frac{(S/N)_{\text{up}}(S/N)_{\text{down}}}{(S/N)_{\text{up}} + (S/N)_{\text{down}}} \quad \langle \text{in LINEAR, not dB} \rangle$$

Atmospheric Condition

Downlink

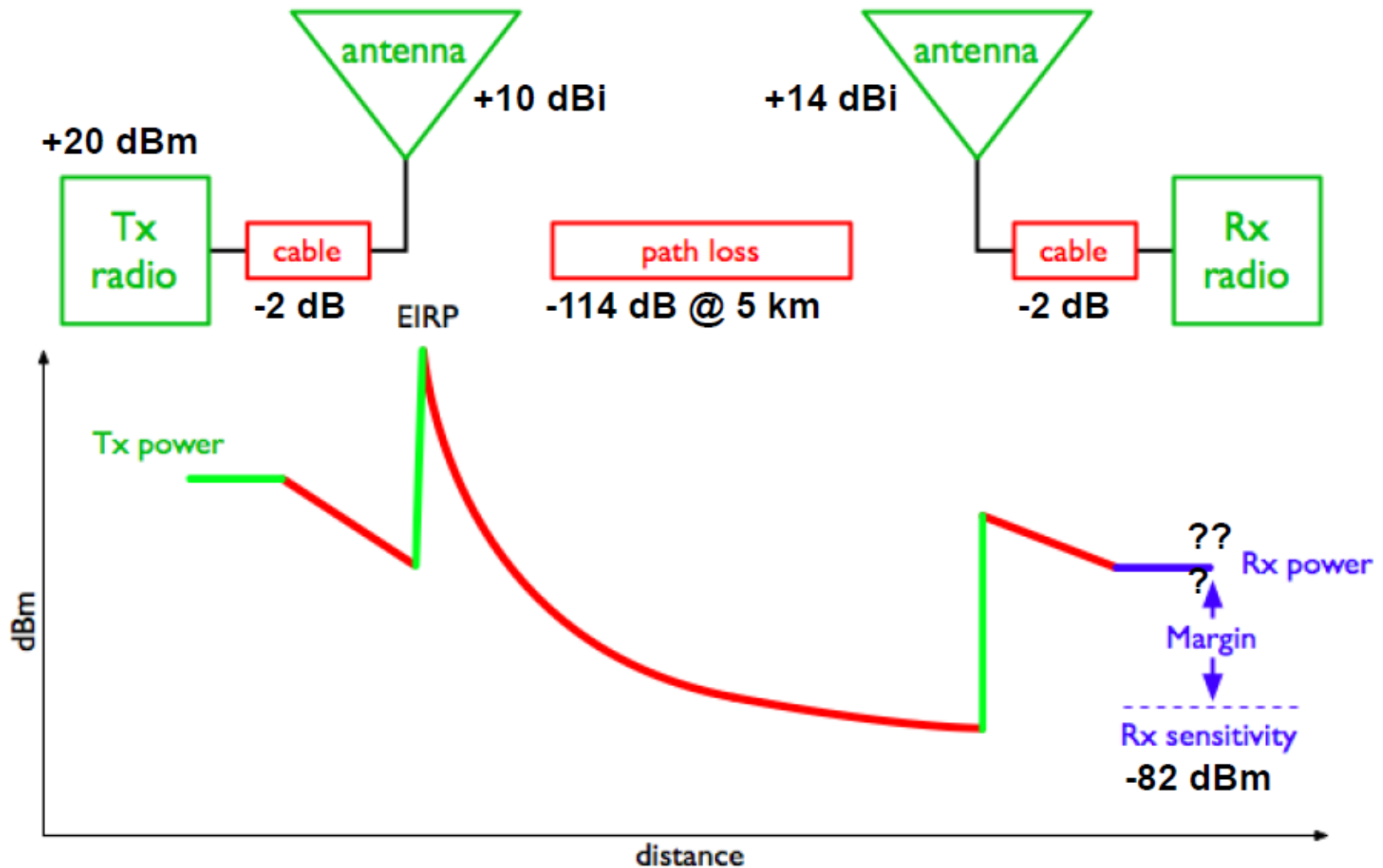
Clear

5-dB Rain Attenuation

Satellite EIRP	57.0 dBW	57.0 dBW
Free-space loss (12.5 GHz, 30° elevation)	206.1 dB	206.1 dB
Atmospheric attenuation	0.14 dB	5.0 dB
Home receiver G/T° (0.75 m dish)	9.4 dB/K	8.1 dB/K
Receiver pointing loss (0.5° error)	0.6 dB	0.6 dB
Polarization mismatch loss (average)	0.04 dB	0.04 dB
Downlink $C/\kappa T^\circ$	88.1 dB-Hz	82.0 dB-Hz
Overall $C/\kappa T^\circ$	87.9 dB-Hz	82.0 dB-Hz
Overall C/N (in 16 MHz)	15.9 dB	10.0 dB
Reference threshold C/N	10.0 dB	10.0 dB
Margin over threshold	5.9 dB	0.0 dB

AP to Client link

2.4 GHz



Radioenllaços

SATÈL·LITS

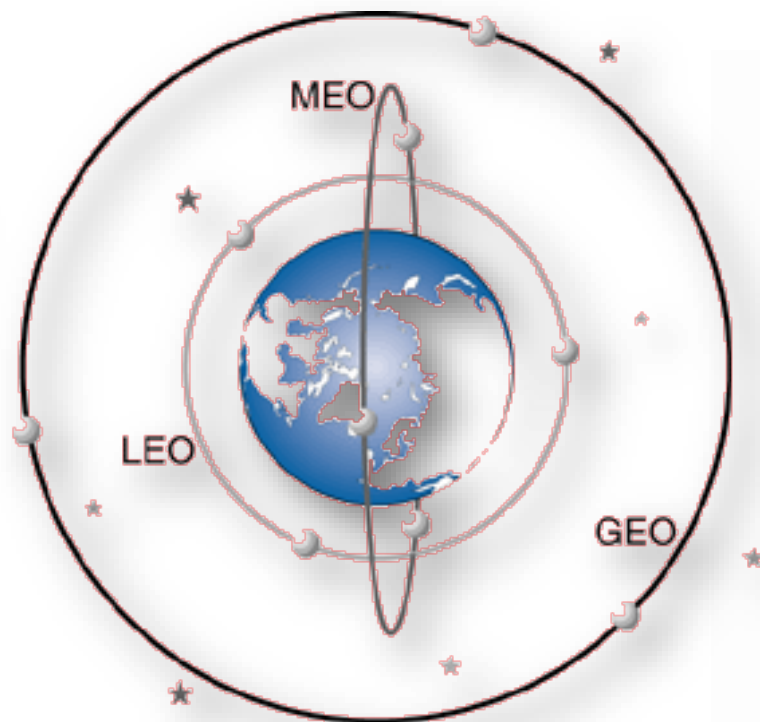


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

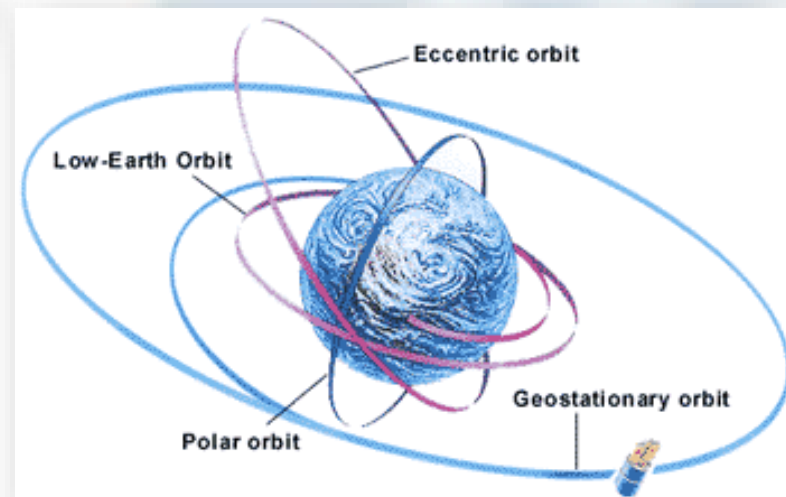
Escola d'Enginyeria de Telecomunicació
i Aeroespacial de Castelldefels



Tipus d'òrbites

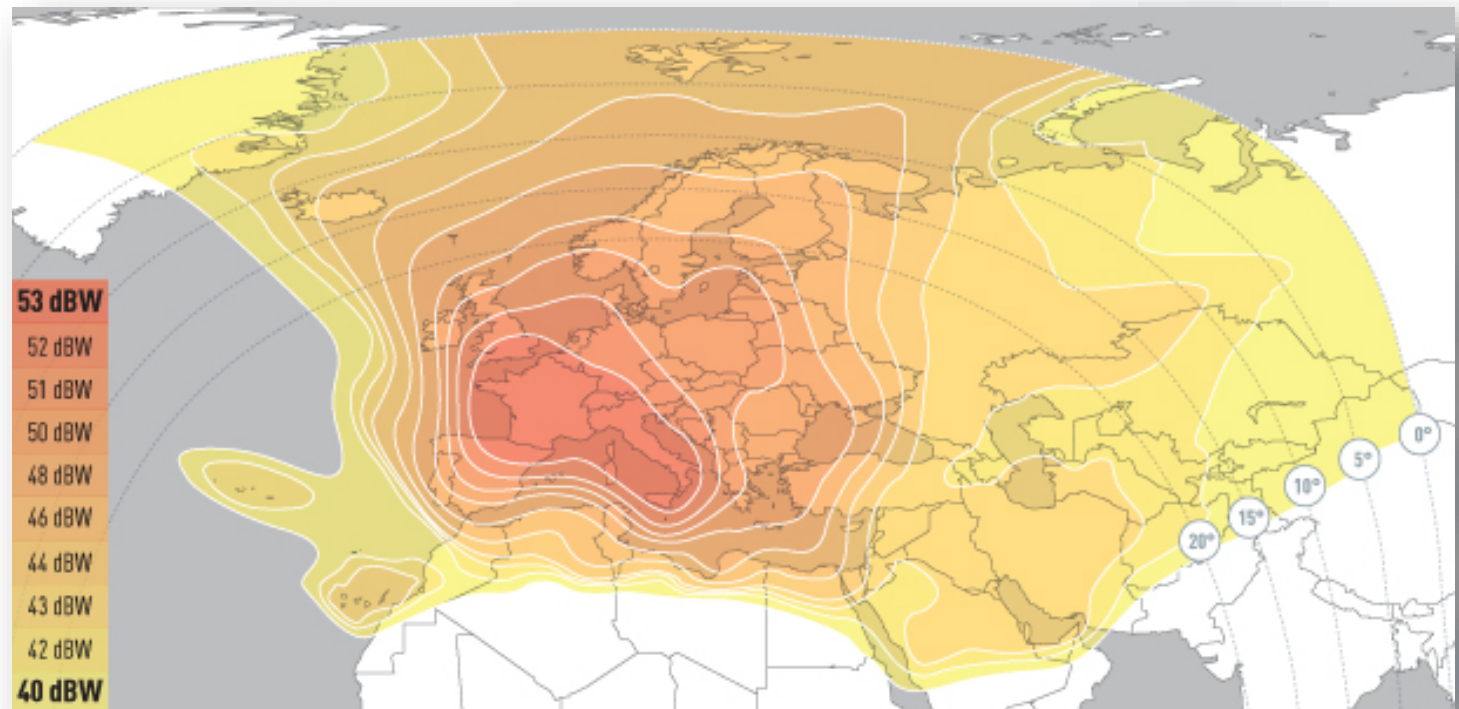


Orbit Distance	Miles	Km	1-way Delay
Low Earth Orbit (LEO)	100-500	160 - 1,400	50 ms
Medium Earth Orbit (MEO)	6,000 - 12,000	10 -15,000	100 ms
Geostationary Earth Orbit (GEO)	~22,300	36,000	250 ms
High Earth Orbit (HEO)	Above 22,300	Faster than 36,000	300 ms or more



Satèl·lits geoestacionaris

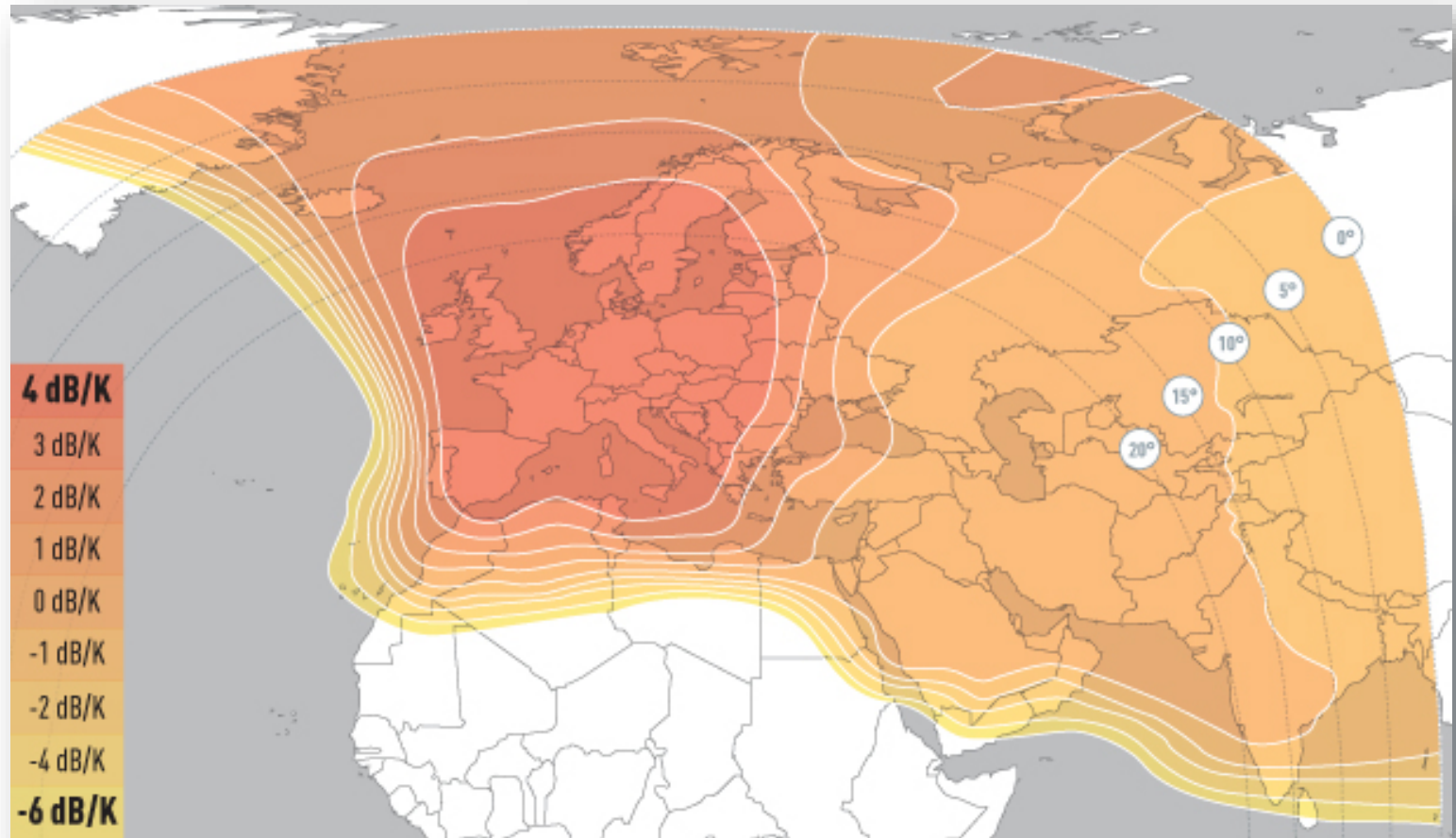
- Ubicats a 36.000 km de distància sobre l'equador.
- Els angles d'apuntament de les antenes es calculen a partir de les coordenades terrestres i de la latitud del satèl·lit. http://www.satlex.de/en/azel_calc.html
- En transmissió, la cobertura es determina per la petjada de PIRE emesa des del satèl·lit en dBW.



Eutelsat Hotbird 13B at 13°E, at Ku Band

Satèl·lits geoestacionaris

- En recepció, la cobertura es determina per la petjada de (G/T) del satèl·lit.



Troposfera. Freqüències i finestres d'atenuació

