

Propagazione di segnali interferenti

Per il buon funzionamento di un sistema di radiocomunicazione, è fondamentale sia valutare il livello del segnale interferente, e sia anche cercare di capire quali sono le sorgenti che possono produrre interferenza.

In questi casi è necessario effettuare misure a banda stretta per identificare eventuali segnali interferenti.

Effettuando misure in diversi punti è possibile riconoscere la forma tipica di un certo tipo di segnale e da questo è possibile individuare il tipo di trasmettitore e la sua posizione.

La valutazione del valore del segnale interferente è invece più semplice perché ci si può limitare a delle stime anche solo ragionevoli, ad esempio per eccesso, e se in tal modo si ottiene un livello che non dà fastidio, allora non si ha bisogno di fare stime più accurate.

Propagazione di segnali interferenti

Esistono vari modelli dell'ITU sulla valutazione delle interferenze.

Sono modelli statistici che hanno la struttura di tutti i modelli che abbiamo visto fino adesso:

- forniscono la mediana della distribuzione statistica;
- suppongono che ci sia un effetto di fading lento sul segnale ricevuto (a cui corrisponde una distribuzione statistica di tipo lognormale)
- trascurano il fading rapido.

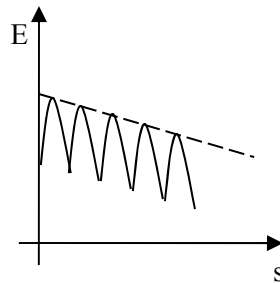
Propagazione di segnali interferenti

Trascurare il fading rapido è abbastanza giustificato perché le interferenze di fading rapido producono delle brusche riduzioni di segnale, di cui non si tiene conto perché quello che interessa è solamente il livello massimo del segnale interferente, ossia il valore di picco di tale segnale.

Se il terminale mobile si troverà in corrispondenza di un minimo, la qualità del collegamento sarà maggiore di quella prevista.

Se invece il terminale mobile si troverà in corrispondenza di un massimo, si sarà comunque garantito il livello di qualità richiesto.

Quindi ci si può basare solo sull'involuppo, che è legato al fading lento e alle caratteristiche propagative (trascurare il fast fading).



Modello ITU-R 1546

Tiene conto di segnali interferenti prodotti per distanze da 1 a 1000 Km.

Si possono avere problemi di interferenza significativa anche a distanza molto grande.

Date le distanze in gioco, il modello presenta una descrizione dell'ambiente che considera terreno, mare ecc, piuttosto che scenari urbani determinati dalle diverse altezze degli edifici. Per distanze elevate ha infatti poco senso considerare le differenze di altezza degli edifici, ma piuttosto si fa distinzione riguardo al tipo di area presente nel collegamento: "zona urbana", "zona montuosa", "zona marina", ecc.

La descrizione è dunque semplificata.

Modello ITU-R 1546

L'equazione del modello è:

$$E(50,T) = E_{curve}(50,T) + L(h_r) + L(\mathcal{G}_{tca}) + L(c) \quad [dB\mu V / m]$$

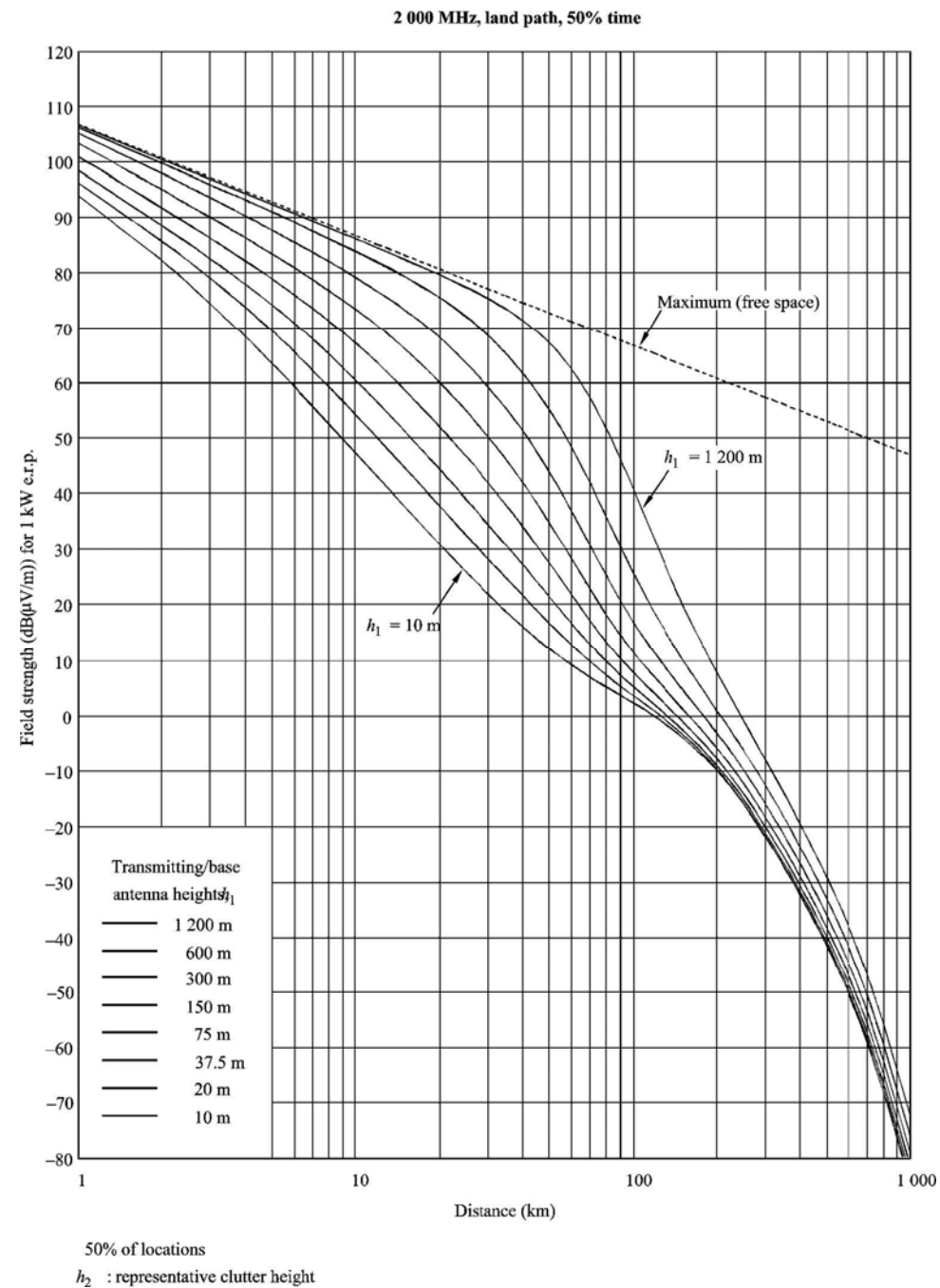
- **$E(50,T)$** : valore di campo superato per il 50% delle locazioni spaziali e per il T % del tempo
- **$E_{curve}(50,T)$** : valore ricavabile da curve relative a condizioni standard
- **ERP (Potenza irradiata dalla sorgente interferente nella direzione dell'antenna ricevente) = 1 KW (60 dBm)**: le curve danno i valori di campo per questo valore di ERP; se l'ERP di riferimento è differente, la scalatura con l'ERP è immediata, in quanto il livello di campo scala esattamente con la potenza (se dalla curva trovo ad esempio un valore di campo di 6 dB ma l'ERP è di 50 dBm è chiaro che il valore vero è $6 - 10 = -4$ dB).

Modello ITU-R 1546

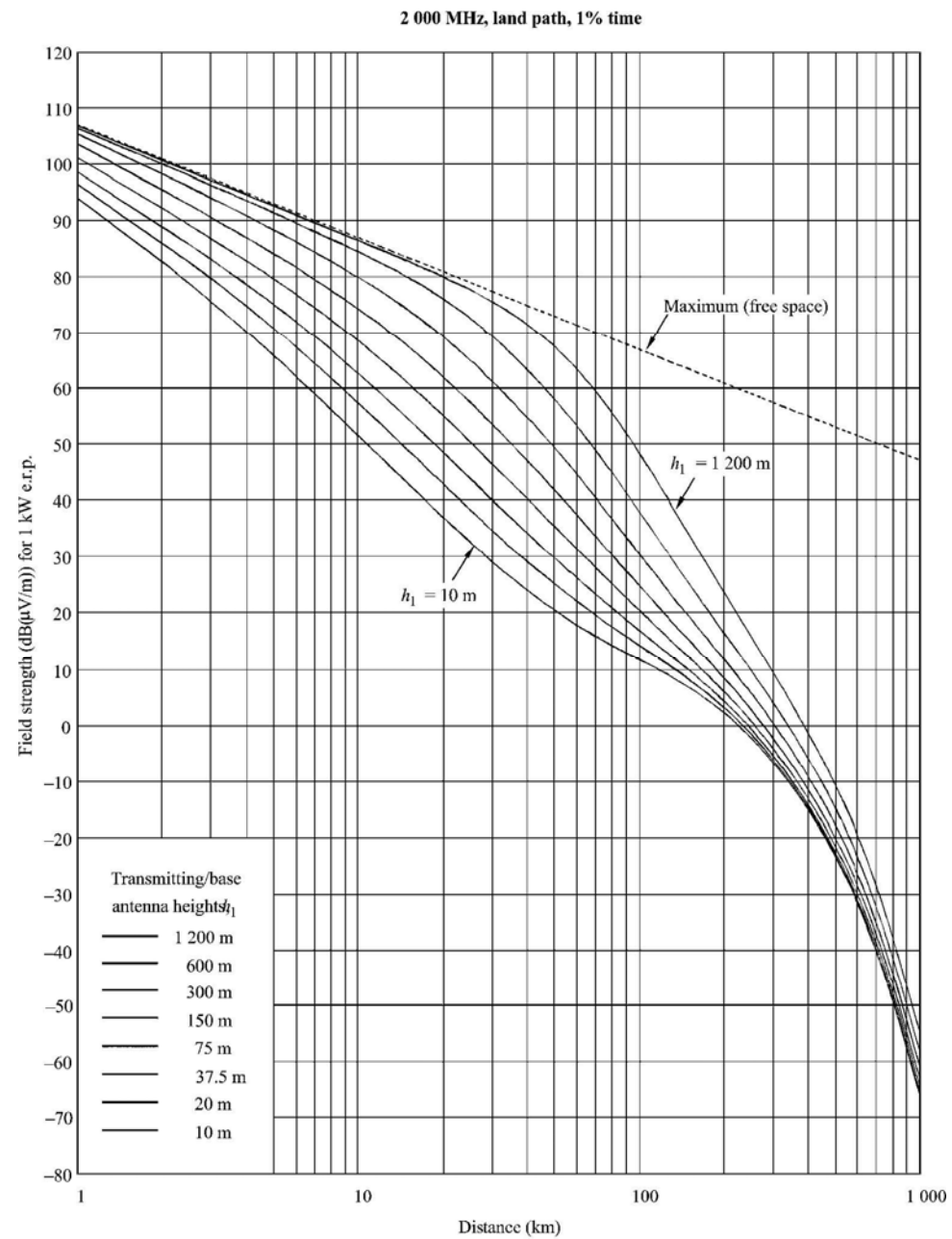
L'equazione del modello è:

$$E(50, T) = E_{curve}(50, T) + L(h_r) + L(\vartheta_{tca}) + L(c) \quad [dB\mu V / m]$$

- h_r : fattore di correzione che tiene conto della altezza dell'antenna ricevente.
- h_t : in base all'altezza del trasmettitore interferente rispetto alla quota media della zona che si sta considerando ci sono curve differenti per ricavare i valori di campo interferente ricevuto.
- $L(c)$: fattore di correzione che tiene conto della presenza o meno di edifici nella zona di ricezione
- $L(\theta_{tca})$: fattore di correzione che tiene conto del "clearance angle" (angolo di zona libera) fra trasmittente e ricevente



Family of propagation curves, 2000MHz, land path, 50% time



50% of locations
 h_2 : representative clutter height

Family of propagation curves, 2000MHz, land path, 1% time

Modello ITU-R 1546

Le curve danno il livello di campo in funzione della distanza.

Sono rappresentati l'andamento ideale di spazio libero e quelli reali.

Ogni set di curve è valido per una certa frequenza. Vengono riportati grafici per tre frequenze di riferimento che sono: 0.1 GHz, 0.6 GHz e 2 GHz.

I valori per altre frequenze si ottengono per interpolazione lineare in frequenza.

Esprimendo i valori in dB ciò corrisponde a effettuare la seguente interpolazione logaritmica :

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \cdot \frac{\log(f / f_{\text{inf}})}{\log(f_{\text{sup}} / f_{\text{inf}})} \quad [dB\mu V / m]$$

Modello ITU-R 1546

Il valore di spazio libero è considerato come un estremo superiore, quindi se applicando il modello si ottiene un valore di campo più alto di quello che si avrebbe in in spazio libero, il valore di campo da usare è comunque quello di spazio libero.

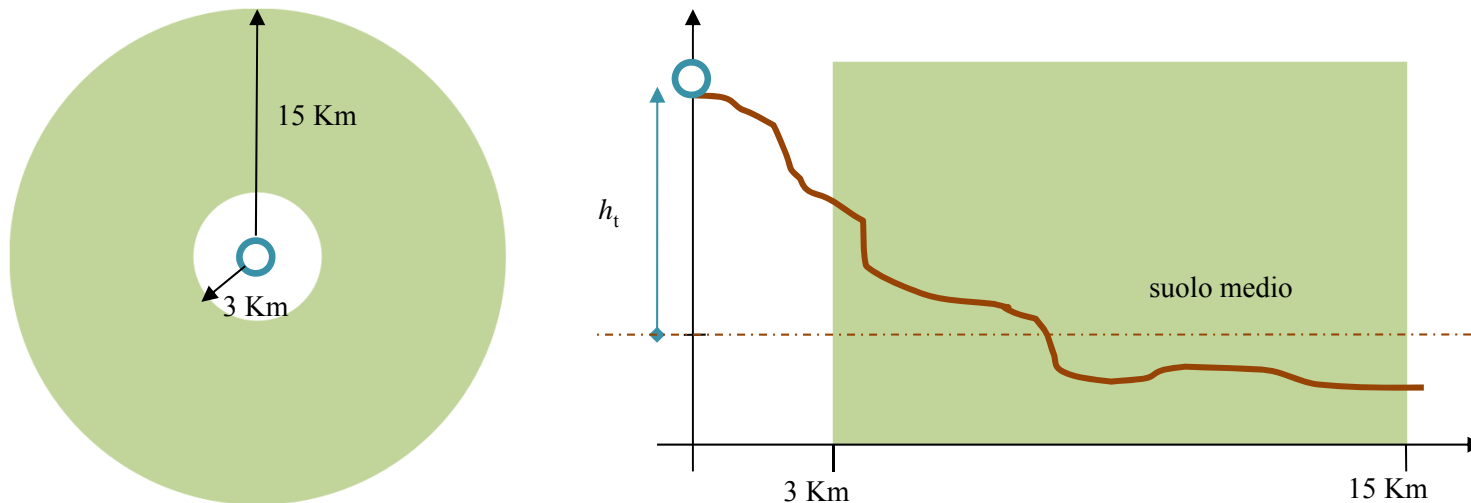
E' quindi opportuno calcolare come prima cosa il valore del campo di spazio libero (che è molto più semplice), ottenendo un'indicazione del valore che non verrebbe comunque superato.

Se l'interferenza così valutata è inferiore al valore massimo tollerabile, a maggior ragione si potrà trascurare il vero segnale interferente che sarà sicuramente più basso.

Modello ITU-R 1546

L'altezza h_t del trasmettitore (parametro rispetto al quale sono state ottenute le curve dei valori di campo) si deve valutare rispetto alla quota media della zona interessata dal collegamento.

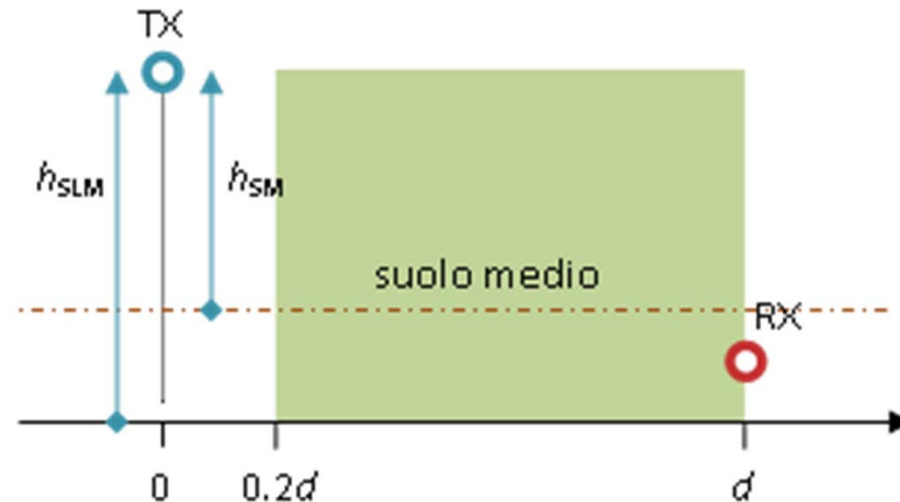
L'altezza del Tx valutata rispetto alla quota media si utilizza per cammini lunghi 15 Km o più, utilizzando come media dell'elevazione del terreno quella calcolata in un anello di raggio tra 3 e 15 Km dal trasmettitore.



Modello ITU-R 1546

Se la distanza d del trasmettitore interferente è minore di 15 Km, invece, si tiene conto dell'andamento del terreno nella zona del collegamento considerando la media del terreno in una area compresa tra $0.2d$ e d e calcolando h_t dalla seguente espressione:

$$h_t = h_{SLM} + (h_{SuoloMedio} - h_{SLM}) \cdot \frac{d[Km]}{15} \quad [m]$$



Se $d > 15\text{Km}$ si deve usare la formula per $d = 15\text{Km}$, e si torna al caso precedente ($h_t = h_{SuoloMedio}$, con quota media del suolo calcolata tra 3 e 15 Km).

Modello ITU-R 1546

Le curve sono fornite solamente per alcuni valori di h_+ .

I valori di campo per altezze intermedie possono essere ottenuti sempre tramite interpolazione logaritmica:

$$E = E_{\text{inf}} + (E_{\text{sup}} - E_{\text{inf}}) \cdot \frac{\log(h / h_{\text{inf}})}{\log(h_{\text{sup}} / h_{\text{inf}})} \quad [dB\mu V / m]$$

Può capitare che il valore di h_+ sia negativo (l'antenna interferente è più in basso dell'altezza media del terreno attorno). Si supponga ad esempio che il trasmettitore sia un'antenna di telefonia cellulare posta in zona di pianura e che si voglia valutare il segnale interferente in una zona collinosa vicina.

In questo caso nel modello dovrebbe comparire un ulteriore termine correttivo che abbasserebbe significativamente il valore del campo.

Modello ITU-R 1546

Il modello in realtà per tenere conto di questo deve essere notevolmente modificato, dato che la propagazione del segnale interferente in tali situazioni avviene fondamentalmente per diffrazione in zona d'ombra o per effetti di diffusione troposferica.

La troposfera che circonda la Terra è composta da molecole di ossigeno e azoto con densità elevate, ed ha una elevata presenza di impurità, presentando di conseguenza una elevata capacità di diffusione rispetto alla propagazione di segnali a radiofrequenza.

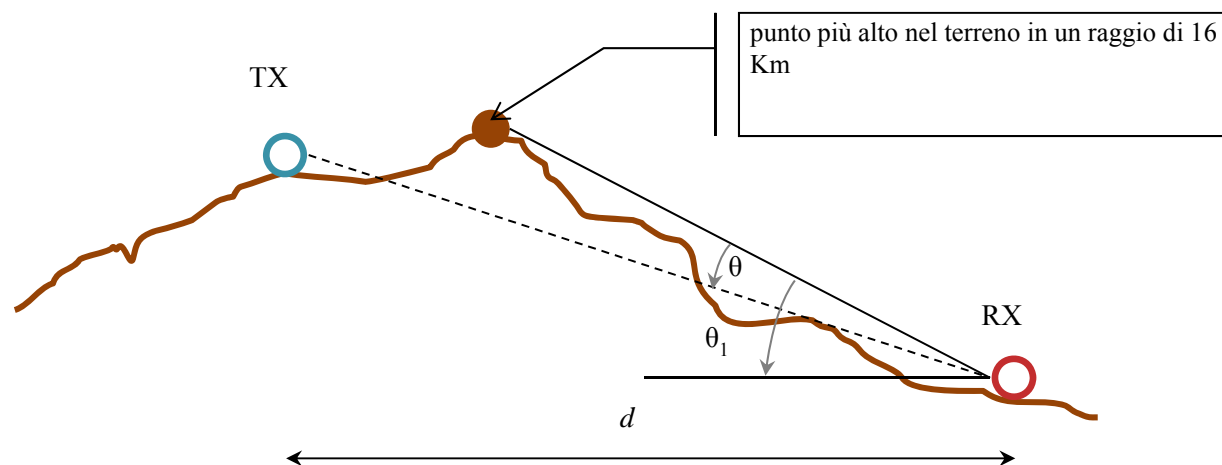
Entrambi questi fenomeni provocano attenuazioni elevate.

Se si considera inoltre che il guadagno dell'antenna verso l'alto è abbastanza basso, è evidente che risulta poco frequente effettuare una valutazione quantitativa per problemi di questo tipo, dato che normalmente non pesano o pesano assai poco.

Modello ITU-R 1546

L'ultimo termine correttivo tiene conto del "clearance angle" (angolo di zona libera).

In pratica θ_{tca} è l'angolo di elevazione dell'ostacolo (punto più alto nel terreno attorno e nella direzione del trasmettitore in un raggio di 16 Km) rispetto al teorico raggio diretto Tx-Rx.

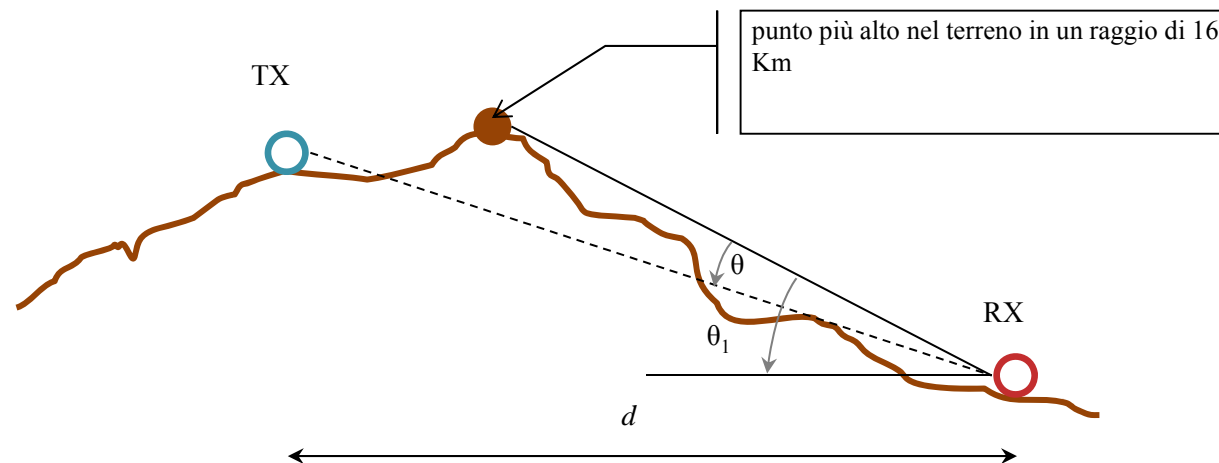


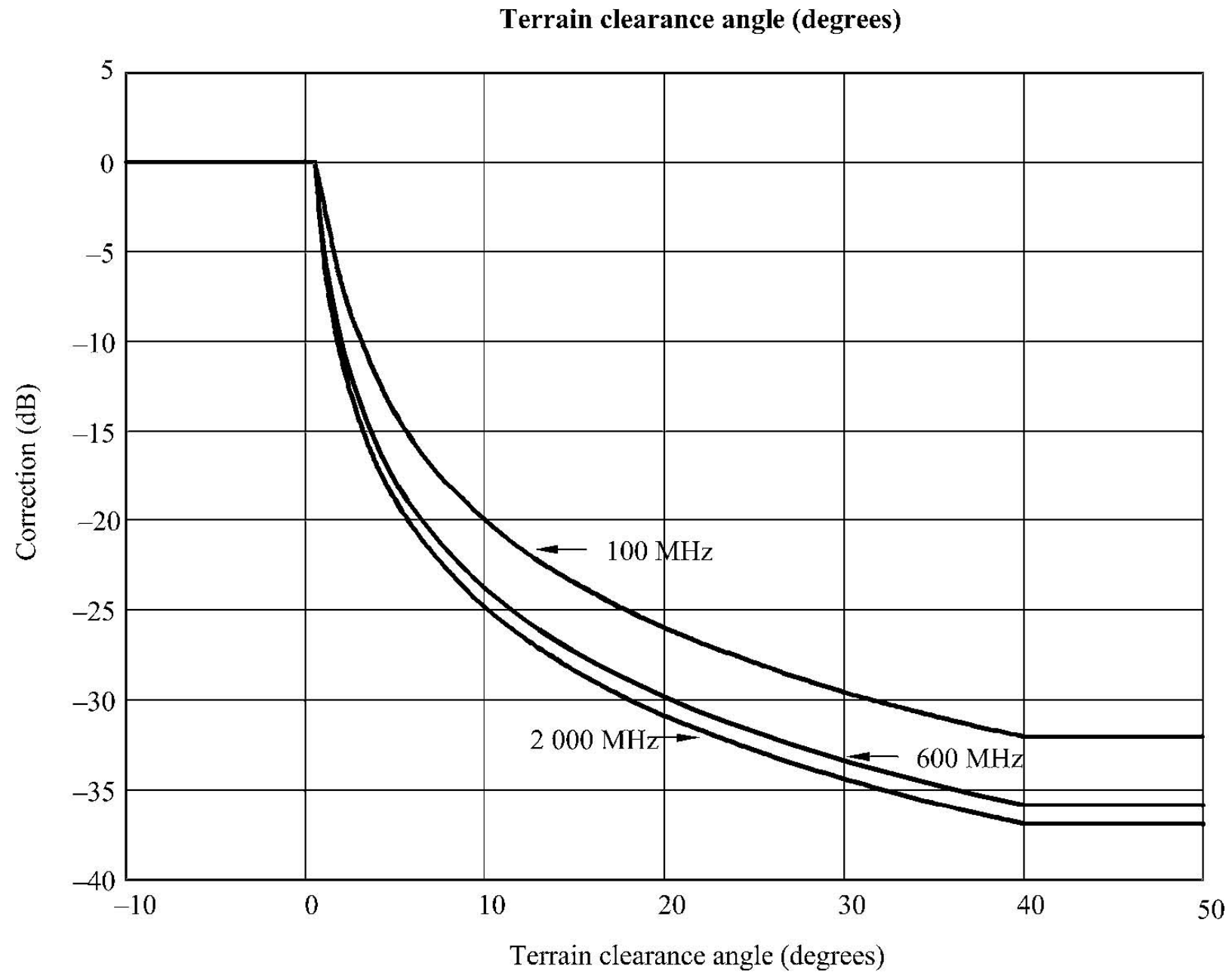
Modello ITU-R 1546

Se $\theta_{tca} < 0$ non c'è attenuazione supplementare.

Se $\theta_{tca} > 0$ si avrà una attenuazione supplementare che può essere anche molto elevata, dato che in tal caso si ha il taglio più o meno completo dell'ellissoide di Fresnel del raggio diretto.

Se l'ellissoide di Fresnel è abbastanza chiuso, si ha una riduzione consistente del campo ricevuto (per θ_{tca} di 20° l'attenuazione è porssima ai 25/30 dB).





Terrain clearance angle correction $L(\theta_{tca})$ for the nominal frequencies

Modello ITU-R 1546

Le curve $E_{\text{curve}}(50, T)$ sono tracciate per valori di tempo del 50% ($T=50$) o dell'1% ($T=1$).

Se si vuole valutare il campo per valori di tempo diversi, l'ITU fornisce una formula di interpolazione che lavora con la funzione complementare d'errore:

$$Q(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

Il valore di campo per un certo t compreso tra quelli nominali (dove $t = T/100$) si ottiene dai valori nominali inferiore e superiore (cioè per $t_{\text{inf}}=0.01$ e $t_{\text{sup}}=0.5$) mediante la seguente:

$$E = E_{\text{inf}} \cdot \frac{Q(t_{\text{inf}}) - Q(t)}{Q(t_{\text{inf}}) - Q(t_{\text{sup}})} + E_{\text{sup}} \cdot \frac{Q(t) - Q(t_{\text{sup}})}{Q(t_{\text{inf}}) - Q(t_{\text{sup}})} \quad [dB\mu V / m]$$