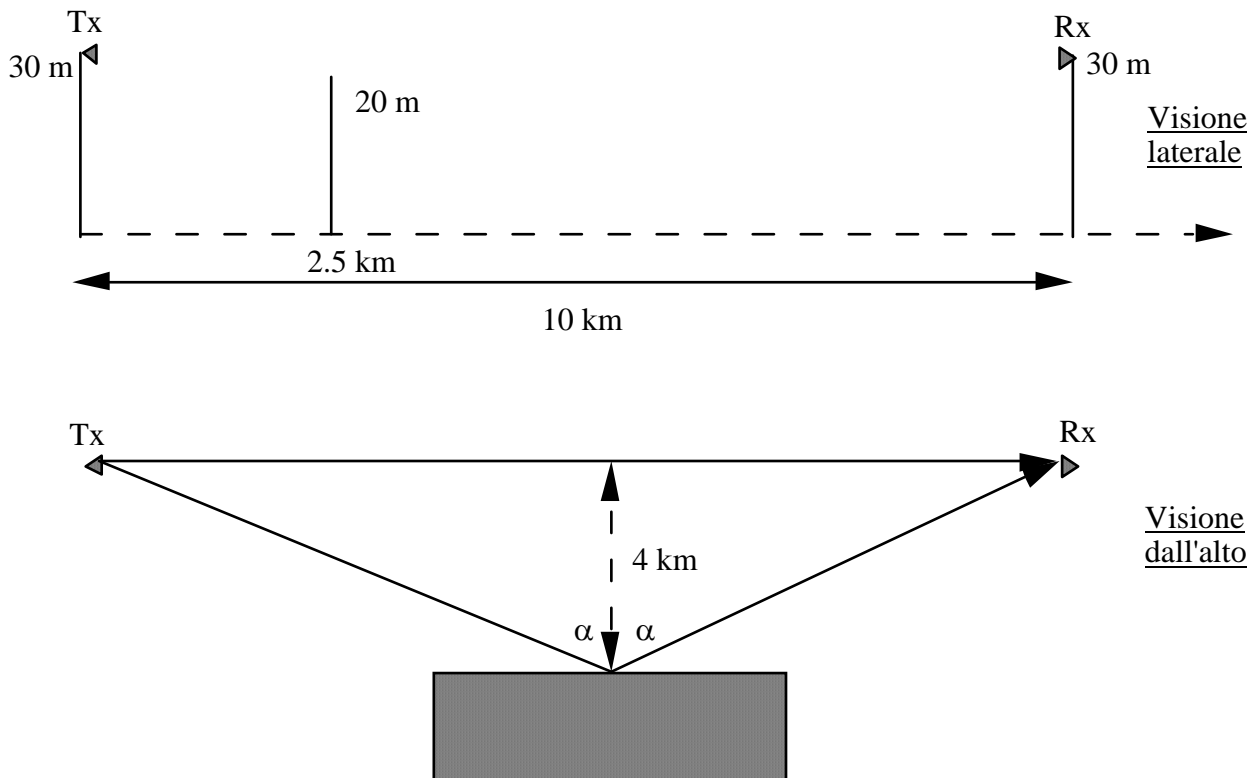


**Prova scritta di Propagazione e pianificazione LS**  
**7/7/2008**



Un ponte radio numerico a 6 GHz in ambiente urbano è caratterizzato dal profilo di tratta illustrato in figura. Le antenne utilizzate si possono supporre omnidirezionali ai fini del problema. È presente un ostacolo (vedi visione laterale) sulla linea di vista che provoca diffrazione e un edificio (vedi visione dall'alto) che determina un cammino riflesso laterale. Si assuma che l'edificio sia di metallo ideale. Si trascuri la presenza del terreno.

**1) Attenuazione supplementare [punti 8]**

Si determini se l'ostacolo sulla linea di vista interseca o meno il primo Ellissoide di Fresnel. Di conseguenza si determini il valore massimo (caso peggiore) dell'attenuazione supplementare dovuta a diffrazione e si utilizzi tale valore nel seguito.

**2) Riflessione laterale e parametri di canale [punti 16]**

Si determini il delay spread al ricevitore, tenendo conto di ampiezza (relativa) e ritardi dei due cammini.

Si valuti inoltre approssimativamente la banda di coerenza del canale.

**3) Contromisure alla selettività del canale o al fading rapido [punti 8]**

Il cammino laterale provoca da un lato selettività in frequenza, dall'altro a causa del comporsi delle fasi dei due cammini, un fading rapido che può in alcuni casi provocare dei problemi.

Si propongano opportune contromisure ai problemi citati.

Tempo concesso: 1 ora.

Si giustifichi ogni passaggio matematico ed ogni risposta.

## Soluzione

1) Affinché l'ostacolo intersechi il primo ellissoide di Fresnel deve essere:

$$r_1 + r_2 > r + \frac{\lambda}{2}$$

Nel caso in esame  $f = 6 \cdot 10^9$  Hz e  $\lambda = 0.05$  m.

Sostituendo i valori del caso in esame si ottiene:

$$\sqrt{2500^2 + 10^2} + \sqrt{7500^2 + 10^2} > 10000 + 0.025$$

che è una disuguaglianza non verificata essendo:

$$10000.02667 < 10000.025$$

quindi l'ostacolo non interseca il primo ellissoide di Fresnel e quando non c'è ostruzione si può dire che  $h/\rho_1 < -1$  e l'attenuazione è inferiore a 1 dB = 1.26 in lineare.

Analogamente, ricordando che il raggio del primo Ellissoide di Fresnel vale:

$$\rho_1 = \sqrt{\lambda \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}} = \sqrt{0.05 \frac{2500 \cdot 7500}{2500 + 7500}} = 9.68 \text{ m}$$

si ha che  $\rho_1 < h$  (=10 m) e quindi l'ostacolo non interseca il primo Ellissoide di Fresnel.

Poiché non vi è ostruzione l'attenuazione massima è di 1 dB (1.26 in lineare) e quindi a fini pratici è trascurabile.

Poiché non vi è un vero e proprio cammino secondario dovuto a diffrazione/riflessione l'ostacolo non può provocare interferenza fra due cammini e quindi fading selettivo.

2) Il delay spread si può calcolare nel caso di due cammini tramite la seguente formula

dove

$$DS = \sigma_\xi = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\xi_i - TM_0)^2 \cdot \rho_i}$$

$$TM_0 = \sum_{i=1}^N \xi_i \cdot \rho_i \quad ; \quad \rho_i = \frac{\rho_i^2}{P_{TOT}} = \frac{\rho_i^2}{\sum_{i=1}^N \rho_i^2}$$

Nel nostro caso ci sono due cammini. Il primo subisce l'attenuazione da propagazione in spazio libero e l'attenuazione supplementare dovuta all'ostacolo. Il secondo subisce l'attenuazione da spazio libero su una distanza maggiore e la riflessione sull'edificio. Essendo quest'ultimo però di metallo ideale non vi sarà alcuna attenuazione dovuta alla riflessione. Si ha allora, assumendo un fattore comune  $\rho_0$  proporzionale alla potenza emessa, ed indicando con  $r_0$  ed  $r_1$  la lunghezza di cammino diretto e cammino riflesso, si ha:

$$\rho_1 = \frac{\frac{\rho_0}{r_0^2} \frac{1}{A_{diff}}}{\frac{\rho_0}{r_0^2} \frac{1}{A_{diff}} + \frac{\rho_0}{r_1^2}} = \frac{\frac{1}{10^8} \frac{1}{1.26}}{\frac{1}{10^8} \frac{1}{1.26} + \frac{1}{1.64 \cdot 10^8}} = \frac{1.64}{1.64 + 1.26} \approx 0.56$$

$$\rho_2 = \frac{1.26}{1.64 + 1.26} \approx 0.43$$

Quindi

$$TM_0 = 33.3 \times 10^{-6} \cdot 0.57 + 42.7 \times 10^{-6} \cdot 0.43 \approx 37.3 \times 10^{-6} \text{ [s]}$$

$$DS = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\xi_i - TM_0)^2 \cdot \rho_i} \approx 4.6 \times 10^{-6} \text{ [s]}$$

Una valutazione della banda di coerenza si può ricavare tramite:  $B = 1/DS$ , quindi  $B_c = 215.7$  kHz

In alternativa si può stimare approssimativamente come l'inverso di  $\tau$ , dove  $\tau$  è la differenza tra i ritardi del cammino riflesso e del cammino diretto  $\tau = \tau_2 - \tau_1 = 2800/3 * 10^8$ , da cui si ottiene:  $B_c = 107.14$  kHz. Una valutazione più rigorosa si potrebbe dare valutando la funzione di correlazione frequenziale e determinando  $B_c$  come lo scostamento di frequenza per cui tale funzione assume un valore di correlazione residua piccolo, ad esempio 0.1.

Come si vede i due valori sono alquanto diversi seppur dello stesso ordine di grandezza.

3) Le più semplici contromisure alla selettività di frequenza o al fading rapido sono la diversità di frequenza e la diversità di spazio, rispettivamente. La selettività in frequenza può essere combattuta anche con un opportuno equalizzatore.