

POLITECNICO DI TORINO
ESAME DI STATO PER L'ABILITAZIONE ALLA PROFESSIONE DI INGEGNERE
RAMO TELECOMUNICAZIONI
VECCHIO ORDINAMENTO

II SESSIONE 2011

Prova scritta del 23 novembre 2011

Si consideri un sistema di trasmissione ponte radio numerico con frequenza di portante a microonde. Il sistema ha le seguenti caratteristiche:

- Frequenza centrale: 20 GHz
- Distanza tra le stazioni rice-trasmittenti: 15 km
- Antenne: paraboliche con diametro di 40 cm ed efficienza 0.5
- Potenza di trasmissione: 0.5 W
- Modulazione: QPSK
- Symbol rate: 40 Msimboli/secondo
- Ricevitore coerente ottimo
- Temperatura di funzionamento del ricevitore: 290 K

Si determini:

1. La larghezza di banda necessaria al sistema assumendo filtri di trasmissione e ricezione a radice di coseno rialzato con roll-off di 0.5.
2. La velocità di trasmissione ottenibile in bit di informazione/secondo.
3. La potenza ricevuta calcolando l'attenuazione di spazio libero e sommando perdite aggiuntive di 3 dB dovute a fenomeni propagativi vari.
4. Il rapporto segnale-rumore in ricezione assumendo una cifra di rumore del ricevitore pari a 13 dB.
5. La probabilità di errore sul simbolo del sistema così progettato.
6. La probabilità di errore sul bit del sistema così progettato.

Si considerino inoltre i seguenti quesiti.

7. Si vogliono analizzare le prestazioni del sistema tenendo conto di perdite *aggiuntive* dovute alle condizioni atmosferiche (pioggia e intemperie) ai fini di stabilire se la percentuale media del tempo di operatività per cui il sistema è "fuori servizio" ecceda le soglie dello 0.01% e dello 0.001%, rispettivamente. La condizione di fuori-servizio è definita come: probabilità di errore sul bit maggiore di 10^{-12} . Per ricavare le perdite aggiuntive, assumere che l'intensità di riferimento della precipitazione del luogo in cui si trova il ponte radio sia 20 mm/h e fare riferimento a grafici e formule riportati nella pagina successiva.
8. Si discuta l'eventuale uso di FEC ("Forward-Error-Correcting Codes") per garantire, se necessario, che entrambe le soglie di fuori servizio sopra indicate vengano rispettate.
9. Si assuma che il sistema venga utilizzato per trasmettere una sorgente di informazione binaria, caratterizzata da $P(0)=0.15$ e $P(1)=0.85$, e di lunghezza pari a 10^6 bit. Nelle due ipotesi di utilizzare e non utilizzare tecniche di compressione dati senza perdite, quale è il tempo necessario per ricevere e decodificare la sequenza di informazione, trascurando il ritardo di propagazione?

Estratto da: A. Falaschi, "Elementi di Trasmissione dei Segnali e Sistemi di Telecomunicazione"

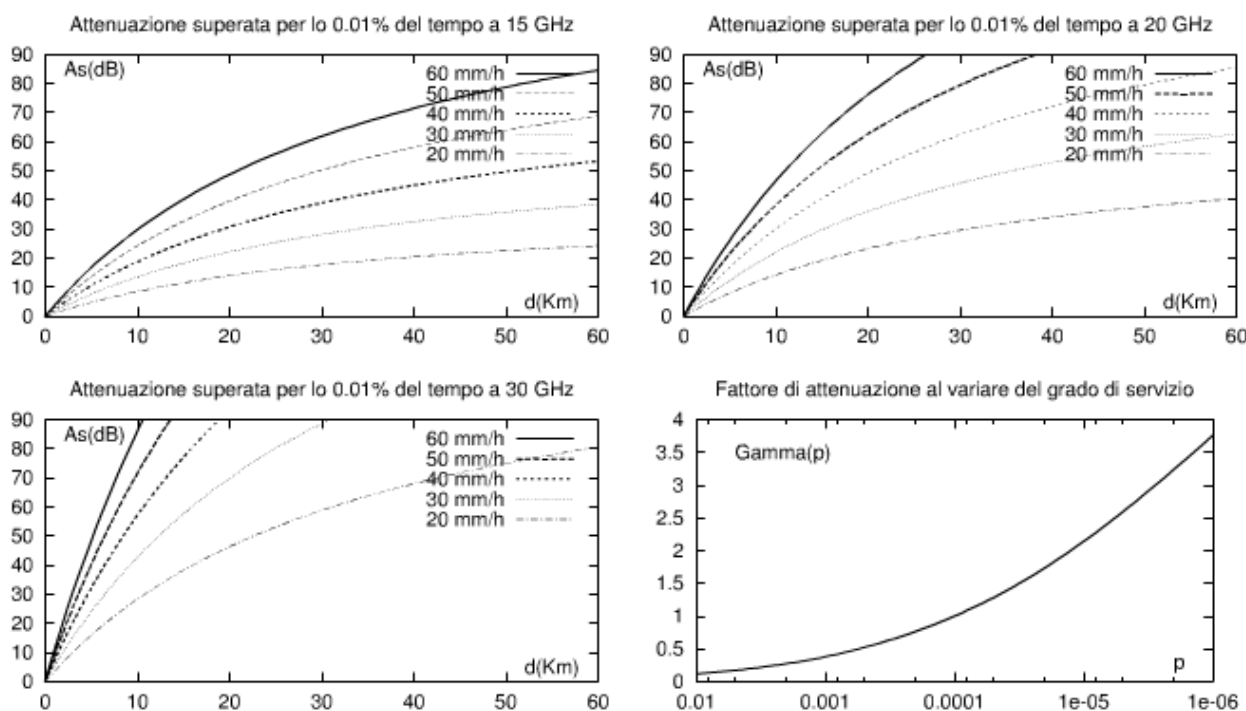


Figura 15.1: Curve di attenuazione supplementare per pioggia

Una formula sperimentale che consente di determinare il valore in dB dell'attenuazione supplementare che viene superata con probabilità p è:

$$A_s(r_0, d, p) = K \cdot r_0^\alpha \cdot d \cdot \beta(d) \cdot \gamma(p) \quad [\text{dB}]$$

in cui r_0 è l'intensità di precipitazione (in mm/h) che viene superata per lo 0.01 % del tempo, d è la lunghezza del collegamento, e K ed α sono costanti che caratterizzano l'entità dell'interazione dell'onda radio con la pioggia, in funzione della frequenza portante e di altre condizioni climatiche ed ambientali, i cui valori medi sono riportati nella tabella che segue.

f_0 (GHz)	10	15	20	25	30	35
α	1.27	1.14	1.08	1.05	1.01	.97
K	.01	.036	.072	.12	.177	.248

Il valore di r_0 per l'Italia è compreso tra 20 e 60 mm/h, mentre il termine $\gamma(p) = 6.534 \cdot 10^{-3} \cdot p^{-(.718+.043 \cdot \log_{10} p)}$, che vale 1 per $p = 10^{-4}$, permette di tener conto del grado di servizio che si vuole ottenere. Infine, $\beta(d) = 1/(1 + .0286 \cdot d)$ è un fattore correttivo che tiene conto del fatto che *non piove lungo tutto* il collegamento. I grafici in fig. 15.1, mostrano l'andamento del termine $K \cdot r_0^\alpha \cdot d \cdot \beta(d)$ per diversi valori di f_0 ed r_0 , in funzione dell'estensione del collegamento; infine, è riportato il grafico della funzione $\gamma(p)$ per diversi valori di p .