

## PROGETTO

Da 10 postazioni identiche si trasmettono immagini in bianco e nero, formate da  $N$  campioni posti in forma numerica binaria con un quantizzatore uniforme (8 bit/campione), verso un satellite distante 10.000 km, dotato di apparecchiature rigenerative, al quale ciascuna postazione accede per 10 secondi, intervallo entro il quale trasmette un'intera immagine. Ciascuna postazione modula in ampiezza due portanti a 14 GHz, in quadratura, in un canale ideale passa banda di larghezza pari a 6 MHz, in modo tale da minimizzare la potenza media trasmessa, che non supera 1 W in condizioni di perfetta linearità. A bordo del satellite il fattore di rumore dell'apparecchiatura ricevente è pari a 1 dB, il campionatore accetta impulsi di Nyquist con  $\delta=0,2$  e dispone di filtri adattati. L'antenna ricevente ha un'apertura (a -3 dB) pari a  $1^\circ$ , efficienza 0,6, mentre le antenne trasmittenti hanno un guadagno pari a 45 dB.

1) Si calcoli la frequenza di simbolo che è possibile inviare nel canale da ciascuna postazione, spiegando il tipo di modulazione impiegato e il numero massimo di campioni  $N$  con cui si può descrivere l'immagine (risoluzione spaziale), compatibilmente con le caratteristiche del canale, un fattore di compressione pari a 10 (si riduce di 10 volte il numero di bit/immagine) e una probabilità d'errore sul bit (misurata a bordo del satellite) non superiore a  $10^{-7}$ , in condizioni di propagazione come in spazio libero.

2) Si tracci lo schema a blocchi particolareggiato delle apparecchiature di ricezione poste a bordo del satellite, indicando tutte grandezze utili, fino alla sequenza binaria in banda base.

## PROGETTO

Una sorgente genera 64000 simboli/s con entropia 0,2 bit/simbolo. I simboli sono inviati ad un codificatore di sorgente in grado di comprimere il segnale in base al valore dell'entropia. Il segnale binario così ottenuto è trasmesso modulando in ampiezza, portante soppressa, doppia banda laterale (BPSK), una portante a 2 GHz verso un pallone, immobile ad un'altezza di 20 km dalla superficie terrestre, con un accesso alle apparecchiature riceventi di bordo (di sola amplificazione e conversione di frequenza, fattore di rumore pari a 3 dB) a divisione di tempo con altre 99 sorgenti simili, poste entro un'area vista dall'antenna ricevente sul pallone sotto un angolo (a -3 dB) di  $10^\circ$  (efficienza antenna 0,6). Ogni postazione ha un'antenna trasmittente che guadagna 2 dB. Il segnale multiplo a divisione di tempo è ritrasmesso dal pallone con una potenza media massima pari a 1 W, a 14 GHz, verso un satellite geostazionario distante 40.000 km. Il guadagno delle antenne trasmittente e ricevente è di 45 dB. Sul satellite è presente un'apparecchiatura ricevente rigenerativa con temperatura di rumore pari a 1000K, filtri adattati ( $\delta=0,5$ ), e a bordo si tollera una  $P(\varepsilon) \leq 10^{-7}$ .

- 1) Si calcoli la frequenza di cifra e la banda necessaria a radiofrequenza per ogni trasmettitore di terra; [2]
- 2) Si calcoli la potenza media minima da trasmettere da terra per un ricevitore periferico; [9]
- 3) Si stabilisca se una delle due tratte "domina" il collegamento. [1]
- 4) Si tracci lo schema a blocchi del ricevitore a bordo del satellite fino all'uscita del segnale multiplo a divisione di tempo, indicando in ogni sezione le larghezze di banda degli apparati. [4]

## PROGETTO

1) In un ponte radio a 10 tratte di 30 km ciascuna con antenne ( $\theta$  a -3 dB è pari a  $1^\circ$ ,  $\eta=0,6$ ) e apparecchiature uguali per la trasmissione e ricezione ( $F=4\text{dB}$ ), sono trasmessi in forma numerica e a divisione di tempo 2400 canali telefonici standard. Il segnale multiplo modula una portante a 30 GHz con una QAM a 256 stati. Le apparecchiature intermedie sono di amplificazione e conversione (per brevità si assuma che la frequenza della portante ricevuta sia uguale a quella della portante trasmessa). Oltre alla propagazione come in spazio libero si tenga conto del fenomeno dei cammini multipli (*Rayleigh*): si schematizzino gli affievolimenti come eventi casuali che di tratta in tratta si escludono a vicenda. Ogni trasmettitore dispone di un amplificatore RF in grado di erogare una potenza media massima di 1 W in condizioni di perfetta linearità. In fondo al collegamento si tollera una  $P(\varepsilon)$  massima pari a  $10^{-5}$  e il ricevitore dell'ultima tratta ha un filtro adattato ( $\delta=0,2$ ).

- 1.1)** Chiamata  $P_0$  la probabilità di fuori servizio dell'intero collegamento, si determini la probabilità di fuori servizio della singola tratta,  $P_{FS}$ , in funzione di  $P_0$ .
- 1.2)** Si calcolino: la frequenza di cifra  $f_s$  (bit/s), la frequenza di simbolo del QAM e la banda occupata a radiofrequenza.
- 1.3)** Si calcoli l'attenuazione massima in ciascuna tratta a causa dei cammini multipli e la massima  $P_0$  ottenibile.
- 1.4)** Si tracci lo schema a blocchi del ricevitore dell'ultima tratta fino all'uscita del segnale numerico multiplo, indicando esplicitamente le larghezze di banda delle apparecchiature in ogni sezione.

## PROGETTO

Da una sonda lontana 800 milioni di km si trasmettono verso la Terra fotografie a colori modulando una portante in BPSK a 30 GHz mediante impulsi rettangolari (non filtrati successivamente), in un canale ideale. Ogni fotografia consta di 400.000 campioni codificati con 24 bit (3x8). L'antenna trasmittente ha un diametro di 1 m ed efficienza pari a 0,7. Il trasmettitore è in grado di erogare una potenza di picco pari a 100 W. Sulla Terra si usano 10 antenne riceventi di guadagno 60 dB, le cui uscite sono poste in fase in banda base. Ciascun ricevitore ha una temperatura di rumore di *sistema* pari a 100K. La probabilità massima tollerata è pari a  $10^{-6}$ . La propagazione avviene come in spazio libero.

- 1)** Si calcoli la frequenza di cifra massima, la banda occupata a radiofrequenza e il tempo minimo necessario per trasmettere una fotografia, supponendo che al campionatore siano inviati impulsi di Nyquist con  $\delta=0,5$  (attenuazione di forma pari a 0,7 dB)].
- 2)** Se si dovesse usare una sola antenna ricevente, che fattore di compressione si dovrebbe applicare in trasmissione? Perché?
- 3)** Si tracci lo schema a blocchi del sistema ricevente a 10 antenne fino alla ricostruzione di una fotografia.