

## OFDM

I. Se consideră o transmisie OFDM pe un canal cu propagare multicale având dispersia întârzierilor căilor  $\sigma_t = 25\mu\text{s}$  și întârzirea maximă  $t_M = 25\mu\text{s}$ . Dacă banda de coerență, pentru un factor de corelație de 0,9 trebuie să fie  $B_c \geq f_s$ , determinați valoarea maximă a frecvenței de simbol efective  $f_s'$ .

II.

1. Explicați de ce la o transmisie OFDM, semnalele modulate pe subpurtătoarele  $l=0, \dots, N-1, l \neq k$ , nu afectează semnalul demodulat pe subpurtătoarea  $k$ . Ce condiții trebuie îndeplinite pentru ca explicația să își păstreze valabilitatea?
2. Care sunt operațiile de sincronizare care trebuie efectuate în receptorul OFDM?
3. Explicați principial ce efecte negative pot avea sincronizările imperfecte asupra nivelelor demodulate, pentru fiecare dintre sincronizările menționate la 2.

III. Se consideră o transmisie OFDM cu  $N=64$ ,  $f_s = 10\text{ kHz}$  și  $f_c = 100\text{ MHz}$ .

1. Care este regula de dispunere spectrală a subpurtătoarelor în spectrul semnalului modulat pe purtătoarea de canal?
2. la ce frecvență va fi poziționată subpurtătoare  $k = 45$ , după modularea QAM pe purtătoarea de canal?

IV. Se consideră o transmisie OFDM pe un canal cu lărgimea de bandă  $BW_{\text{OFDM}} = 10,27\text{ MHz}$ , având  $\text{SNR}_{\text{min}} = 20\text{ dB}$  și întârzierea maximă introdusă de propagarea multicale de  $25\mu\text{s}$ .

- a) Dacă se impune ca intervalul de gardă să fie  $u = 25\%$  din perioada corespunzătoare separației dintre subpurtătoare, iar  $\text{BER} < 0,33 \cdot 10^{-6}$ , determinați parametrii modulației ( $N$ ,  $f_s$ ,  $f_s'$ ) și debitul binar care poate fi asigurat, știind că pe toate subpurtătoarele se folosește aceeași constelație QAM.
- b) Desenați schema bloc a receptorului OFDM pentru transmisia de mai sus, știind că  $f_p = 2,4\text{ GHz}$ , indicând parametrii semnalelor auxiliare și filtrelor folosite. Specificați ce operații de sincronizare trebuie efectuate în receptor.

V. Considerați o transmisie OFDM cu  $N=64$  și  $f_s = 312,5\text{ kHz}$  care este transmisă pe  $f_c = 5,1\text{ GHz}$  care trebuie să se încadreze în banda de  $16,6\text{ MHz}$  și transmite semnale pilot pe frecvențele  $f_c$ ,  $f_c \pm 7f_s$ ,  $f_c \pm 21f_s$ , având modulul  $\sqrt{2}$  și defazaj de  $45^\circ$ . Se impune folosirea unor constelații QAM pătrate sau 2-PSK

- a) Determinați structura vectorului de nivele modulatorie ce trebuie aplicat la intrarea IFFT pentru a respecta condițiile de mai sus.
- b) Dacă  $\text{SNR} \leq 17\text{ dB}$ , determinați debitul maxim care se poate transmite dacă se impune ca  $\text{BER} \leq 0,33 \cdot 10^{-6}$ , dacă se folosește o modulație necodată.

VI. Se consideră o transmisie OFDM ( $f_c = 5,2\text{ GHz}$ ) pe un canal cu propagare multicale având o întârziere maximă a căilor de propagare  $\tau_M = 0,8\mu\text{s}$  și un  $\text{SNR}$  mediu de  $22\text{ dB}$  care trebuie să asigure  $\text{BER} < 3 \cdot 10^{-6}$

- a) Știind că schema de transmisie folosește IFFT în  $N = 128$  de puncte,  $u = 25\%$ ,  $N_u = 96$  subpurtătoare utile plasate simetric față de  $f_c$  (după translația pe purtătoarea din canalul radio) și că pe frecvența  $f_c$  nu avem componentă spectrală, determinați banda de frecvență a semnalului modulat pe purtătoare și indicați indexurile intrărilor IFFT pe care se introduc nivelele modulatorie utile.
- b) Care este viteza maximă pe care o poate avea un utilizator mobil, a.î. să se mai poată considera că transmisia este afectată de un fading lent variabil?
- c) Calculați viteza maximă pentru care se poate considera că transmisia unui pachet de  $L = 1920$  biți este afectată de un fading lent variabil. Pt. punctele b) și c), „ $\ll$ ” se va aproxima cu  $1/10$ , iar „ $\gg$ ” cu  $10^*$

## DMT

I.

1. Care este diferența esențială între DMT și OFDM? Indicați modalitățile de implementare a acestei diferențe.
2. Care sunt efectele introducerii prefixului ciclic asupra semnalului DMT?
3. De ce sistemele DSL, care utilizează tehnica de transmisie DMT, permit utilizarea unor constelații cu număr mare de fazori, iar sistemele care utilizează tehnica de transmisie OFDM nu permit acest lucru?
4. De ce în sistemele DMT sunt necesare convertoare A/D cu o sensibilitate mai mare?

II.

Dacă se consideră un sistem DMT cu  $f_s = 4,3125\text{ kHz}$ ,  $G = 0,078125$  care asigură un debit binar util nominal de  $D = 1,008\text{ Mbps}$  folosind o aceeași constelație medie pe toate tonurile, a.î. să asigure  $p_e \leq 1 \cdot 10^{-5}$  pe un canal cu  $\text{SNR}_{\text{mediu}} = 22\text{ dB}$ , determinați numărul de puncte în care trebuie făcute IFFT-FFT și indicați valorile introduse la intrările IFFT (intrările corespunzătoare datelor utile se vor marca cu  $a_k$ ,  $b_k$ )