
Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή ΗΜΜΥ

Μάθημα: Ασύρματες Επικοινωνίες

Άσκηση 2

Ημερομηνία παράδοσης: 24/11/2022

Διδάσκων: Αθανάσιος Π. Λιάβας

Βαθμοί άσκησης: 120/1000

Στην άσκηση αυτή, θα μελετήσουμε σημαντικά θέματα diversity.

1. Αρχικά, θα υλοποιήσουμε ένα σύστημα με μία κεραία εκπομπής, δύο κεραίες λήψης και block fading, με κανάλια h_1 και h_2 , ανεξάρτητα μεταξύ τους, όμοια κατανεμημένα, $\mathcal{CN}(0, 1)$.
2. Να δημιουργήσετε πακέτα 4-QAM εισόδου, $\{s[k]\}_{k=1}^N$, με τιμές $\pm 1 \pm j$, ισοπίθανες (ενδεικτικά, $N = 200$).
3. Να υπολογίσετε τις εξόδους

$$r_i[k] = h_i s[k] + n_i[k], \quad \text{για } i = 1, 2, \text{ και } k = 1, \dots, N,$$

όπου $n_i[k]$ λευκός Gaussian προσθετικός θόρυβος με διασπορά N_0 . Το SNR ορίζεται ως εξής:

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \frac{\text{συνολική ισχύς εκπεμπόμενου σήματος}}{\text{ισχύς θορύβου στο δέκτη}}.$$

4. Να υποθέσετε ότι στο δέκτη γνωρίζετε τις ακριβείς τιμές των καναλιών h_1 και h_2 και να υλοποιήσετε τη μέθοδο maximum ratio combining.
5. (20) Να υπολογίσετε πειραματικά το BER για $\text{SNR}_{\text{dB}} = [0 : 2 : 20]$ χρησιμοποιώντας K πακέτα με N σύμβολα το καθένα (ενδεικτικά $K = 1000$).
6. (10) Να συγκρίνετε το πειραματικό BER με το θεωρητικό και την προσέγγιση υψηλού SNR.

7. (20) Να επαναλάβετε τα βήματα 1–5 για την περίπτωση που έχετε δύο κεραίες στον πομπό και χρησιμοποιείτε την τεχνική transmit beamforming (TB).
8. Να συγκρίνετε τα BERs των τεχνικών MRC και TB. Τι παρατηρείτε;
9. Να επαναλάβετε τα βήματα 1–5 για την περίπτωση που έχετε δύο κεραίες στον πομπό και χρησιμοποιείτε τον κώδικα Alamouti (να προσέξετε στον ορισμό του SNR!).
10. (20) Να συγκρίνετε τα BERs των τεχνικών MRC, TB και Alamouti. Τι παρατηρείτε;
11. (10) Να αποδείξετε ότι ο κώδικας Alamouti ικανοποιεί το κριτήριο του βαθμού (rank criterion). Δηλαδή, για οποιαδήποτε διαφορετικά ζεύγη (x_1, x_2) και (x'_1, x'_2) , ο αντίστοιχοι πίνακες είναι πλήρους βαθμού.

Η επέκταση των τεχνικών MRC, TB, και Alamouti σε σενάρια με περισσότερες από δύο κεραίες είναι προφανής.

Στη συνέχεια, θα μελετήσουμε σενάρια Spatial Multiplexing σε συστήματα με δύο κεραίες εκπομπής και δύο κεραίες λήψης και block fading.

1. Να δημιουργήσετε ανεξάρτητα όμοια κατανεμημένα κανάλια $h_{i,j} \sim \mathcal{CN}(0, 1)$, για $i, j = 1, 2$.
2. Να δημιουργήσετε δύο ακολουθίες εισόδου 4-QAM, $\{X_{1,n}\}$ και $\{X_{2,n}\}$.
3. Να υπολογίσετε τις εξόδους

$$Y_{i,n} = h_{i,1}X_{1,n} + h_{i,2}X_{2,n} + W_{i,n}, \quad W_{i,n} \sim \mathcal{CN}(0, N_0), \quad \text{για } i = 1, 2.$$

4. Να εκτιμήσετε τις ακολουθίες εισόδου με χρήση

(α') (20) του κανόνα μεγίστης πιθανοφάνειας,

(β') (20) του decorrelator,

και να υπολογίσετε τις αντίστοιχες πιθανότητες σφάλματος bit, σαν συνάρτηση του SNR. Τι παρατηρείτε;

Η επέκταση σε συστήματα με περισσότερες κεραίες είναι προφανής.