
Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή ΗΜΜΥ

Μάθημα: Ασύρματες Επικοινωνίες 2022–2023

Άσκηση 1

Ημερομηνία παράδοσης: 10/11/2022

Διδάσκων: Αθανάσιος Π. Λιάβας

Μονάδες: 100/400

Στην άσκηση αυτή, θα μελετήσουμε τη συμπεριφορά Rayleigh flat fading καναλιών με είσοδο 4-QAM.

1. (10) Να δημιουργήσετε χρονικά μεταβαλλόμενο flat fading μιγαδικό κανάλι χρησιμοποιώντας το AR-1 μοντέλο¹

$$h[k] = b h[k-1] + e[k], \quad k = 1, \dots, N$$

με $h[1] = 1$, $0 < b < 1$, $R_h[0] := \mathbb{E}\{|h[k]|^2\} = 1$, $e[k]$ i.i.d. με κατανομή $\mathcal{CN}(0, \sigma_e^2)$ (Σημείωση: θα πρέπει να υπολογίσετε το σ_e^2 συναρτήσει των b , $R_h[0]$) (ενδεικτικά $N = 100, 200$). Να σχεδιάσετε υλοποιήσεις (πραγματικό και φανταστικό μέρος) για $b \approx 1$ και $0 < b \ll 1$. Τι παρατηρείτε;

2. (0) Να δημιουργήσετε 4-QAM είσοδο $s[k]$, $k = 1, \dots, N$, με τιμές $\pm 1 \pm j$, ισοπίθανες.
3. (5) Να υπολογίσετε την έξοδο του καναλιού

$$r[k] = h[k] s[k] + n[k], \quad k = 1, \dots, N$$

όπου $n[k]$ λευκός κυκλικός Gaussian θόρυβος. Το μέσο λαμβανόμενο SNR ορίζεται ως εξής:

$$\text{SNR}_{\text{db}} = 10 \log_{10} \frac{\mathbb{E}\{|h[k]s[k]|^2\}}{\mathbb{E}\{|n[k]|^2\}}$$

¹Αν $b \approx 1$, τότε η $h[k]$ “αργεί” να γίνει στάσιμη, οπότε παίρνετε N αρκετά μεγάλο, π.χ., $N = 1000$ και αγνοείτε τα πρώτα $\frac{1}{1-b}$ δείγματα του $h[k]$.

4. (15) Να υποθέσετε ότι στο δέκτη γνωρίζετε τις ακριβείς τιμές του καναλιού $h[k]$, για κάθε k (μη ρεαλιστική αλλά χρήσιμη υπόθεση - αργότερα θα την αναιρέσουμε), και να εκτιμήσετε την είσοδο με χρήση της μεθόδου μεγίστης πιθανοφάνειας.
5. Να εντοπίσετε τα σφάλματα αποκωδικοποίησης και να τα συσχετίσετε με το πλάτος του καναλιού $|h[k]|$ ως εξής. Να σχεδιάσετε (subplot(211)) το πλάτος του καναλιού σε ημι-λογαριθμική κλίμακα (semilogy) και την απόλυτη τιμή των σφαλμάτων (subplot(212)).
(10) Τι παρατηρείτε σχετικά με τη θέση των σφαλμάτων σε σχέση με το πλάτος του καναλιού για σχετικά μεγάλα SNR (ενδεικτικά $\text{SNR}_{\text{dB}} > 15$); Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο;
6. (10) Τι παρατηρείτε σχετικά με την κατανομή των σφαλμάτων για $b \approx 1$ (έστω $b = .999$) και για $0 < b \ll 1$; Σε ποιά περίπτωση τα λάθη εμφανίζονται “πιο ομαδοποιημένα”; Μπορείτε να εξηγήσετε το φαινόμενο;
7. (20) Να υπολογίσετε το BER για $\text{SNR}_{\text{dB}} = [0 : 2 : 30]$ χρησιμοποιώντας K πακέτα με N σύμβολα το καθένα (ενδεικτικά $K = 5000$) και να το συγκρίνετε με το θεωρητικό BER και την προσέγγιση υψηλού SNR. Τι παρατηρείτε;
8. (10) Να υπολογίσετε το BER για AWGN κανάλι και $\text{SNR}_{\text{dB}} = [0 : 2 : 14]$ χρησιμοποιώντας K πακέτα με N σύμβολα το καθένα. Να σχεδιάσετε σε κοινό plot τα BERs για το AWGN και το flat fading κανάλι και να τα συγκρίνετε. Τι παρατηρείτε;
9. (20) Να επαναλάβετε τα βήματα 2–4 για block flat fading κανάλια. Για κάθε πακέτο δεδομένων, επιλέγετε την τιμή του καναλιού $h \sim \mathcal{CN}(0, 1)$ η οποία παραμένει σταθερή για όλη τη διάρκεια του πακέτου. Υπολογίστε το BER χρησιμοποιώντας K πακέτα (ενδεικτικά $K = 10000$, $N = 100$) και συγκρίνετε με το BER της χρονικά μεταβαλλόμενης περίπτωσης. Τι παρατηρείτε;