

EE725

Ειδικά Θέματα Ψηφιακών Επικοινωνιών 6η διάλεξη

Δημήτρης-Αλέξανδρος Τουμπακάρης

Τμήμα ΗΜ&ΤΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών

4 Μαΐου 2011

Αντιστοιχία με βιβλιογραφία

- Cioffi: 1.7.

Περιεχόμενα 6ης διάλεξης

- 1 Έγχρωμος (colored) προσθετικός θόρυβος
- 2 Διαδοχική μετάδοση και διασυμβολική παρεμβολή
 - Εισαγωγή

Έγχρωμος (colored) προσθετικός θόρυβος

- Σε πολλές περιπτώσεις ο θόρυβος ενδέχεται να μην είναι λευκός, δηλαδή, $R_n(\tau) \neq \frac{N_0}{2} \delta(\tau)$.
- Στην περίπτωση αυτή ο θόρυβος ονομάζεται έγχρωμος (colored).
- Ο έγχρωμος θόρυβος μπορεί να οφείλεται σε
 - Φίλτρα στο δέκτη τα οποία μεταβάλλουν το φάσμα του λευκού θορύβου
 - Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές από άλλα συστήματα (RF Ingress)
 - Διαφωνία (crosstalk)
- Η σχεδίαση συστημάτων για Προσθετικό Έγχρωμο Γκαουσιανό Θόρυβο (ACGN) μπορεί να γίνει με λεύκανση του έγχρωμου θορύβου εφόσον γνωρίζουμε την αυτοσυσχέτισή του, $R_n(\tau)$ (ή τη φασματική πυκνότητα ισχύος $S_n(f)$).

Φίλτρο Λεύκανσης για το διανυσματικό μοντέλο καναλιού (Whitening Filter)

- Έστω το διανυσματικό μοντέλο καναλιού N διαστάσεων $\mathbf{y} = \mathbf{x} + \mathbf{n}$, όπου \mathbf{n} ACGN με $\mathbf{R}_n = \mathbb{E}[\mathbf{nn}^*] = \mathbf{R}_n = \bar{\mathbf{R}}_n \sigma^2$.
- Επομένως, εάν $\mathbf{R}_n \neq \mathbf{I}$, οι συνιστώσες του θορύβου στις διαφορετικές διαστάσεις είναι συσχετισμένες.
- Ο πίνακας $\bar{\mathbf{R}}_n$ είναι $N \times N$ και θετικά ορισμένος (Positive Definite), δηλαδή $\mathbf{z}^T \bar{\mathbf{R}}_n \mathbf{z} > 0$ για οποιοδήποτε $\mathbf{z} \in \mathbf{C}^N$.
- Παραγοντοποίηση Cholesky: Ένας πίνακας \mathbf{P} που είναι PD μπορεί να γραφτεί ως \mathbf{LL}^* , όπου \mathbf{L} κάτω τριγωνικός πίνακας (ο οποίος αποτελεί και τετραγωνική ρίζα, $\mathbf{P}^{1/2}$, του \mathbf{P}). Συνεπώς, $\bar{\mathbf{R}}_n = \bar{\mathbf{R}}_n^{1/2} \bar{\mathbf{R}}_n^{*/2}$, όπου $\bar{\mathbf{R}}_n^{1/2}$ κάτω τριγωνικός.

Φίλτρο Λεύκανσης για το διανυσματικό μοντέλο καναλιού (Whitening Filter) (2)

- Ορίζουμε $\tilde{\mathbf{y}} \triangleq \left(\bar{\mathbf{R}}_n^{1/2}\right)^{-1} \mathbf{y} = \bar{\mathbf{R}}_n^{-1/2} \mathbf{y} = \bar{\mathbf{R}}_n^{-1/2} \mathbf{x} + \bar{\mathbf{R}}_n^{-1/2} \mathbf{n} = \tilde{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{n}}$.
- $\mathbb{E}[\tilde{\mathbf{n}}\tilde{\mathbf{n}}^*] = \mathbb{E}[\bar{\mathbf{R}}^{-1/2} \mathbf{nn}^* (\bar{\mathbf{R}}^{-1/2})^*] = \bar{\mathbf{R}}^{-1/2} \mathbb{E}[\mathbf{nn}^*] \bar{\mathbf{R}}^{-*/2} = \bar{\mathbf{R}}^{-1/2} \bar{\mathbf{R}}^{1/2} \bar{\mathbf{R}}^{*/2} \bar{\mathbf{R}}^{-*/2} = \mathbf{I}_N$.
- Επομένως, το κανάλι που προέκυψε από τον αντιστρέψιμο μετασχηματισμό του \mathbf{y} στο $\tilde{\mathbf{y}}$ είναι AWGN.
- Έχουμε δει ότι η απόδοση του ανιχνευτή MAP (και ML) δεν επηρεάζεται από αντιστρέψιμους μετασχηματισμούς.
- Επομένως, στο δέκτη μπορούμε να δουλέψουμε με το κανάλι AWGN $\tilde{\mathbf{y}} = \tilde{\mathbf{x}} + \tilde{\mathbf{n}}$.

Φίλτρο Λεύκανσης για το διανυσματικό μοντέλο καναλιού (Whitening Filter) (3)

- Ένα σύστημα με έγχρωμο θόρυβο ενδέχεται να έχει καλύτερη απόδοση από ένα σύστημα με λευκό θόρυβο. Βλ. π.χ. Cioffi Παράδειγμα 1.7.1., όπου ένα σύστημα QPSK με έγχρωμο θόρυβο χαρακτηρίζεται από μικρότερη πιθανότητα σφάλματος από ένα σύστημα με λευκό θόρυβο ίσης μέσης ισχύος.
- Αρκεί, βέβαια, ο δέκτης να είναι σχεδιασμένος για το σωστό κανάλι.

Διαδοχική μετάδοση και διασυμβολική παρεμβολή

● Έγχρωμος (colored) προσθετικός θόρυβος

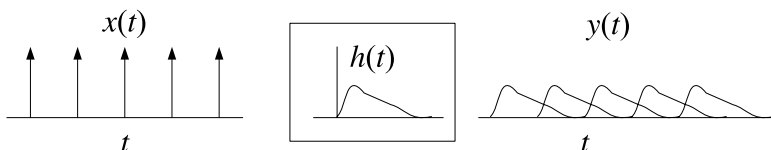
- 2 Διαδοχική μετάδοση και διασυμβολική παρεμβολή
 - Εισαγωγή

Παραμόρφωση και Διασυμβολική Παρεμβολή

- Μέχρι τώρα υποθέταμε ότι το κανάλι $h(t)$ έχει άπειρο εύρος ζώνης και ότι η μόνη επίδρασή του επάνω στο σήμα είναι πολλαπλασιασμός με σταθερά ή/και καθυστέρηση.
- Στην πράξη τα κανάλια έχουν πεπερασμένο εύρος ζώνης. Επίσης, στη γενική περίπτωση, η απόκρισή τους είναι συνάρτηση της συχνότητας. Για τους λόγους αυτούς τα κανάλια παραμορφώνουν το σήμα.
- Η γραμμική παραμόρφωση μπορεί να αντιμετωπιστεί με χρήση του προσαρμοσμένου φίλτρου στο δέκτη. Υπάρχουν, ωστόσο, κάποιες λεπτομέρειες που πρέπει να προσεχτούν. Ενδέχεται, για παράδειγμα, οι συναρτήσεις βάσης να μην είναι ορθογώνιες στην έξοδο του καναλιού. Ακόμα χειρότερα, ενδέχεται κάποιες να είναι και γραμμικώς εξαρτημένες, με αποτέλεσμα να “χάνουμε” κάποιες διαστάσεις (μη αντιστρέψιμος μετασχηματισμός). Απαιτείται, επομένως, προσεκτικός σχεδιασμός, ο οποίος εξαρτάται από το κανάλι.

Παραμόρφωση και Διασυμβολική Παρεμβολή (2)

- Το πεπερασμένο εύρος ζώνης δημιουργεί διασυμβολική παρεμβολή (Inter-Symbol Interference -- ISI). Αυτό συμβαίνει επειδή το κανάλι έχει μνήμη. Όπως φαίνεται στο σχήμα, η έξοδος του καναλιού τη χρονική στιγμή t εξαρτάται όχι μόνο από την είσοδο τη χρονική στιγμή t , αλλά και από την προηγούμενη είσοδο.



- Η αντιμετώπιση της διασυμβολικής παρεμβολής γίνεται με διάφορους τρόπους, μεταξύ των οποίων: Ισοσταθμιστές (ή Εξισωτές) (equalizers), Ανίχνευση Μέγιστης Πιθανοφάνειας Ακολουθίας (MLSD), διαμόρφωση DMT/OFDM.

Παραμόρφωση και Διασυμβολική Παρεμβολή (3)

Η διασυμβολική παρεμβολή εμφανίζεται σε πολλά συστήματα μετάδοσης και αποθήκευσης: modems φωνητικών συχνοτήτων και συστήματα DSL, κανάλια κινητών επικοινωνιών λόγω πολλαπλής διόδευσης (multipath), συστήματα μαγνητικής και οπτικής αποθήκευσης, οπτικές ίνες (λόγω διασποράς τρόπων πόλωσης). Την επόμενη εβδομάδα θα ασχοληθούμε με τα εξής θέματα:

- Πώς μοντελοποιείται η διασυμβολική παρεμβολή;
- Ποια είναι η επίδρασή της σε ένα σύστημα;
- Με ποιες μεθόδους αντιμετωπίζεται;