

ΘΕΜΑΤΑ

ΣΕΙΡΑ 2 – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΕΣΜΗΣ
ΣΤΟΙΧΕΙΟΚΕΡΑΙΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΩΝ ΑΦΙΞΗΣ

Ημερομηνία Παράδοσης: 31 Μαΐου 2019

Ζητείται η ανάπτυξη κώδικα που υλοποιεί αλγόριθμους μορφοποίησης δέσμης, καθώς και αλγόριθμους εκτίμησης κατευθύνσεων άφιξης σημάτων. Με βάση τους κώδικες αυτούς γίνεται η μελέτη των μεθόδων.

1. Μελέτη μορφοποιητή οδήγησης μηδενισμών με διαγώνια φόρτωση (NSB-DL) και μορφοποιητή απαράμωφωτης απόκρισης ελάχιστης διακύμανσης (MVDR)

Θα ασχοληθείτε με έναν από τους δυο μορφοποιητές, ανάλογα με το αρχικό γράμμα του επωνύμου σας.

Επώνυμο	A-M	N-Ω
Μορφοποιητής	NSB-DL	MVDR

α. Ο καθένας από τους δυο άνω μορφοποιητές χρησιμοποιεί στοιχειοκεραία 8 ιστροπικών στοιχείων ($M=8$) που διατάσσονται στον z -άξονα του συστήματος συντεταγμένων και ισαπέχουν μεταξύ τους κατά $d=\lambda/2$ (ήρα $\beta d=\pi$). Μπορείτε να θεωρήσετε το 1ο στοιχείο τοποθετημένο στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων. Στον μορφοποιητή εισέρχονται ένα επιθυμητό σήμα ($n=0$) με γωνία άφιξης θ_0 και δυο σήματα παρεμβολής ($N=2$) με αντίστοιχες γωνίες άφιξης θ_1 και θ_2 . Η μέτρηση των γωνιών γίνεται ως προς τον z -άξονα, δηλ. είναι γωνίες ανύψωσης (elevation angles). Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ δυο οποιωνδήποτε γειτονικών γωνιών ορίζεται ως $\Delta\theta_{\min}$. Το καθένα από τα τρία άνω σήματα είναι μηδενικής μέσης τιμής, ισχύος 1W και ασυσχέτιστο ως προς τα άλλα δυο σήματα αλλά και ως προς τα σήματα θορύβου. Τα σήματα θορύβου είναι μηδενικής μέσης τιμής, ασυσχέτιστα μεταξύ τους και ισχύος που ορίζεται από το λόγο σήματος-προς-θόρυβο SNR. **Το παραδοτέο του ερωτήματος αυτού είναι κώδικας Matlab**, ο οποίος:

(1) Θα παράγει 1000 τριάδες γωνιών θ_0 , θ_1 και θ_2 , ομοιόμορφα κατανεμημένων στο διάστημα $[30^\circ, 150^\circ]$, όπου η απόσταση μεταξύ δυο οποιωνδήποτε γειτονικών γωνιών δεν θα είναι μικρότερη από $\Delta\theta_{\min}$ (δηλ., τριάδες με απόσταση γωνιών μικρότερη από $\Delta\theta_{\min}$ απορρίπτονται).

(2) Για κάθε τριάδα γωνιών θ_0 , θ_1 και θ_2

- θα εκτελείται ο αλγόριθμος μορφοποίησης (NSB-DL ή MVDR) που θα υπολογίζει το διάνυσμα των μιγαδικών βαρών,
- με βάση το διάνυσμα βαρών θα υπολογίζει το λόγο σήματος-προς-παρεμβολή-και-θόρυβο SINR και θα παράγει το διάγραμμα ακτινοβολίας, και
- από το διάγραμμα ακτινοβολίας θα υπολογίζει τις αποκλίσεις κατεύθυνσης του κύριου λοβού και των δυο μηδενισμών από τις αντίστοιχες επιθυμητές τιμές θ_0 , θ_1 και θ_2 (αντίστοιχα $\Delta\theta_0$, $\Delta\theta_1$ και $\Delta\theta_2$). Για να έχετε καλή ακρίβεια, καλό είναι να πάρετε μικρό βήμα σάρωσης γωνιών, π.χ. 0.1° .

(3) Θα σώζει σε αρχείο με όνομα AoAdev_SINR.txt τις άνω αποκλίσεις $\Delta\theta_0$, $\Delta\theta_1$ και $\Delta\theta_2$ καθώς και την τιμή του SINR. Συγκεκριμένα το αρχείο θα έχει 1000 γραμμές (που αντιστοιχούν στις 1000 τριάδες γωνιών θ_0 , θ_1 και θ_2), η 1η, 2η και 3η στήλη θα περιέχουν αντίστοιχα τις τιμές των θ_0 , θ_1 και θ_2 , η 4η, 5η και 6η στήλη θα περιέχουν αντίστοιχα τις τιμές των $\Delta\theta_0$, $\Delta\theta_1$ και $\Delta\theta_2$, και τέλος η 7η στήλη θα περιέχει την τιμή του SINR. **Το αρχείο AoAdev_SINR.txt δεν είναι παραδοτέο της εργασίας.**

(4) Θα φορτώνει το αρχείο AoAdev_SINR.txt και θα υπολογίζει με ακρίβεια 3 δεκαδικών ψηφίων

- ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, μέση τιμή και τυπική απόκλιση στο σύνολο των 1000 τιμών $\Delta\theta_0$,
- ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, μέση τιμή και τυπική απόκλιση στο σύνολο των 2000 τιμών $\Delta\theta_1$ και $\Delta\theta_2$, και
- ελάχιστη τιμή, μέγιστη τιμή, μέση τιμή και τυπική απόκλιση στο σύνολο των 1000 τιμών SINR.

β. Να εκτελεστεί ο κώδικας για τιμές $\text{SNR} = 0\text{dB}, 5\text{dB}, 10\text{dB}$ και 20 dB , ενώ για κάθε τιμή του SNR $\Delta\theta_{\min} = 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$ και 10° (συνολικά 20 εκτελέσεις). Οι στατιστικές τιμές του άνω βήματος (4) θα καταγραφούν με ακρίβεια 3 δεκαδικών ψηφίων στον παρακάτω πίνακα, ο οποίος θα αποθηκευτεί σε αρχείο

docx με όνομα results. Στο άνω αριστερό κελί του πίνακα επιλέξτε τον μορφοποιητή (NSB-DL ή MVDR) με τον οποίο θα ασχοληθείτε.

NSB-DL or MVDR	Main Lobe Divergence $\Delta\theta_0$ [deg]				Null Divergence ($\Delta\theta_1, \Delta\theta_2$) [deg]				SINR [dB]			
SNR = 0dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\Delta\theta_{\min} = 2$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 4$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 6$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 8$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 10$ deg												
SNR = 5dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\Delta\theta_{\min} = 2$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 4$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 6$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 8$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 10$ deg												
SNR = 10dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\Delta\theta_{\min} = 2$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 4$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 6$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 8$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 10$ deg												
SNR = 20dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\Delta\theta_{\min} = 2$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 4$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 6$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 8$ deg												
$\Delta\theta_{\min} = 10$ deg												

γ. Με βάση τις τιμές του άνω πίνακα, να γίνουν σχόλια που αφορούν

- την απόκλιση του κύριου λοβού από την κατεύθυνση του επιθυμητού σήματος,
- τις αποκλίσεις των μηδενισμών από τις κατευθύνσεις των σημάτων παρεμβολής, και
- τις τιμές του SINR.

Τα σχόλια να καταγραφούν στο αρχείο results.docx μαζί με τον πίνακα των αποτελεσμάτων. Το αρχείο results.docx είναι παραδοτέο της εργασίας.

2. Μελέτη μορφοποιητή αντιστροφής πίνακα δειγμάτων (SMI) και μορφοποιητή αναδρομικής τεχνικής ελαχίστων τετραγώνων (RLS)

Θα ασχοληθείτε με έναν από τους δυο μορφοποιητές, ανάλογα με το αρχικό γράμμα του επωνύμου σας.

Επώνυμο	A-M	N-Ω
Μορφοποιητής	SMI	RLS

Ο καθένας από τους δυο άνω μορφοποιητές λειτουργεί σε συχνότητα $f=800\text{MHz}$ και χρησιμοποιεί στοιχειοκεραία 8 ιστροπικών στοιχείων ($M=8$) που διατάσσονται στον z-άξονα του συστήματος συντεταγμένων και ισαπέχουν μεταξύ τους κατά $d=\lambda/2$. Μπορείτε να θεωρήσετε το 1ο στοιχείο τοποθετημένο στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων. Στον μορφοποιητή εισέρχονται ένα επιθυμητό σήμα ($n=0$) με γωνία άφιξης $\theta_0=50^\circ$ και πέντε σήματα παρεμβολής ($N=5$) με αντίστοιχες γωνίες άφιξης $\theta_1=70^\circ$, $\theta_2=100^\circ$, $\theta_3=110^\circ$, $\theta_4=130^\circ$ και $\theta_5=160^\circ$. Η μέτρηση των γωνιών γίνεται ως προς τον z-άξονα, δηλ. είναι γωνίες ανύψωσης (elevation angles). Τα σήματα αυτά υφίστανται δειγματοληψία με συχνότητα $f_s=10f$. Τα δείγματα όλων των εισερχομένων σημάτων ακολουθούν κανονική κατανομή με μηδενική μέση τιμή και ισχύ 1W. Τα σήματα θορύβου ακολουθούν κανονική κατανομή με μηδενική μέση τιμή και ισχύ 10mW. Το σήμα αναφοράς $\rho(k)$ συμπίπτει με τη συνάρτηση διαμόρφωσης πληροφορίας του επιθυμητού σήματος, δηλαδή $\rho(k)=g_0(k)$.

Παράμετροι:

- Για τον μορφοποιητή SMI: μπλοκ δειγματοληψίας 100 δειγμάτων ($K=100$).
- Για τον μορφοποιητή RLS: 50 επαναλήψεις ($Q=100$) και τιμή παράγοντα άγνοιας $a=0.98$.

Το παραδοτέο του ερωτήματος αυτού είναι κώδικας Matlab, ο οποίος

- θα εκτυπώνει το διάγραμμα των μιγαδικών βαρών, και
- θα σχεδιάζει το αντίστοιχο διάγραμμα ακτινοβολίας της στοιχειοκεραίας.

Επίσης, από το διάγραμμα ακτινοβολίας να υπολογιστούν οι αποκλίσεις κατευθύνσεως του κύριου λοβού και των πέντε μηδενισμών από τις αντίστοιχες επιθυμητές τιμές ($\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_5$) που δόθηκαν πιο πάνω. Για να έχετε καλή ακρίβεια, καλό είναι να πάρετε μικρό βήμα σάρωσης γωνιών, π.χ. 0.1° . **Οι αποκλίσεις αυτές ($\Delta\theta_0, \Delta\theta_1, \dots, \Delta\theta_5$) να καταγραφούν στο αρχείο results.docx, που αναφέρθηκε στο 1^ο μέρος της εργασίας.**

3. Μελέτη μεθόδων εκτίμησης κατευθύνσεων άφιξης

Θα ασχοληθείτε με μια μέθοδο εκτίμησης, ανάλογα με το αρχικό γράμμα του επωνύμου σας.

Επώνυμο	A-I	K-M	N-Π	P-Ω
Μέθοδος	Capon	LP	PHD	MUSIC

α. Ο καθένας από τους τέσσερις άνω εκτιμητές χρησιμοποιεί στοιχειοκεραία 8 ισοτροπικών στοιχείων ($M=8$) που διατάσσονται στον z -άξονα του συστήματος συντεταγμένων και ισαπέχουν μεταξύ τους κατά $d=\lambda/2$. Στους εκτιμητές εισέρχονται επτά ασυσχέτιστα μεταξύ τους σήματα ($N=7$) μηδενικής μέσης τιμής, με αντίστοιχες γωνίες άφιξης ως προς τον z -άξονα $\theta_1=40^\circ, \theta_2=60^\circ, \theta_3=80^\circ, \theta_4=100^\circ, \theta_5=120^\circ, \theta_6=130^\circ$ και $\theta_7=150^\circ$. Το καθένα από τα επτά σήματα είναι ισχύος 1W, ενώ τα σήματα θορύβου είναι μηδενικής μέσης τιμής, ασυσχέτιστα μεταξύ τους και ασυσχέτιστα ως προς τα εισερχόμενα σήματα, με $\text{SNR}=10\text{dB}$. **Το παραδοτέο του ερωτήματος αυτού είναι κώδικας Matlab, ο οποίος θα σχεδιάζει το χωρικό φάσμα ισχύος του εκτιμητή.**

Σημείωση: Στον εκτιμητή LP να χρησιμοποιηθεί ως στοιχείο αναφοράς το 1ο στοιχείο της στοιχειοκεραίας.

β. Θεωρώντας μόνο δυο εισερχόμενα σήματα ισχύος 1W με κατευθύνσεις άφιξης συμμετρικά διατεταγμένες ως προς τη διεύθυνση την κάθετο στον άξονα της στοιχειοκεραίας ($\theta_2=180^\circ-\theta_1$), να υπολογιστεί η ελάχιστη γωνιακή απόσταση των δυο κατευθύνσεων άφιξης, έτσι ώστε τα δυο σήματα να διαχωρίζονται μεταξύ τους από τον εκτιμητή, δηλ. στο φάσμα ισχύος να προκύπτουν δυο διακριτά τοπικά μέγιστα (για να έχετε καλή ακρίβεια, καλό είναι να πάρετε μικρό βήμα σάρωσης γωνιών, π.χ. 0.01°). Θεωρείστε και πάλι σήματα θορύβου μηδενικής μέσης τιμής, ασυσχέτιστα μεταξύ τους και ασυσχέτιστα ως προς τα εισερχόμενα σήματα, με $\text{SNR}=10\text{dB}$. **Η ελάχιστη γωνιακή απόσταση των δυο κατευθύνσεων άφιξης να καταγραφεί στο αρχείο results.docx.**