

# **Εργασία 2η Ειδικων Κεραιων-Συνθεση Κεραιων**

**Μελετη BeamForming και  
DoA(Directional of Arriving)**

**Συργιαννης Μαριος-Αδαμ  
ΑΕΜ:9220**

## 1ο Μερὸς Εργασίας

### Μελετὴ MVDR BeamFormer

Δεδομένα: Στοιχειοκεραία 16 στοιχείων με απόσταση  $d=\lambda/2$  στον άξονα z, Σήματα 5, Ισχύος 1W ασυσχετίστα μεταξύ τους αλλά και ως προς τον θορυβό, μηδενικής μεσης τιμής, Ομοία και τα σήματα θορυβού

MVDR	Main Lobe Divergence $\Delta\theta_0$ [deg]				Null Divergence ( $\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, \Delta\theta_3, \Delta\theta_4$ ) [deg]				SINR [dB]			
SNR = 0dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\delta = 2$ deg	0.000	9.000	1.972	2.315	0.000	7.600	1.595	1.219	-3.974	4.398	0.180	2.812
$\delta = 4$ deg	0.000	8.000	1.486	1.914	0.000	4.400	1.546	0.898	-0.987	8.196	4.282	2.687
$\delta = 6$ deg	0.000	6.600	1.125	1.311	0.100	4.300	0.907	0.933	2.556	11.271	9.194	2.154
$\delta = 8$ deg	0.000	5.000	0.427	0.718	0.000	1.600	0.147	0.226	8.946	12.023	11.739	0.527
$\delta = 10$ deg	0.000	1.500	0.156	0.212	0.000	2.500	0.240	0.254	11.632	11.986	11.778	0.103
SNR = 5dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\delta = 2$ deg	0.000	6.900	2.111	2.513	0.000	6.400	1.303	0.888	-2.816	6.598	1.541	3.503
$\delta = 4$ deg	0.000	9.500	1.914	2.365	0.000	3.300	1.359	0.815	0.348	11.529	6.547	3.488
$\delta = 6$ deg	0.000	9.000	1.387	1.680	0.000	4.100	0.487	0.719	4.607	16.197	13.537	2.841
$\delta = 8$ deg	0.000	5.500	0.454	0.779	0.000	0.700	0.045	0.093	13.649	17.022	16.715	0.578
$\delta = 10$ deg	0.000	1.500	0.161	0.219	0.000	1.500	0.082	0.126	16.616	16.984	16.768	0.107
SNR = 10dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\delta = 2$ deg	0.000	5.900	2.092	2.469	0.000	3.700	1.090	0.687	-2.490	8.701	2.846	4.047
$\delta = 4$ deg	0.000	8.300	2.278	2.574	0.000	3.100	1.108	0.785	0.860	15.048	9.084	4.169
$\delta = 6$ deg	0.000	10.000	1.537	1.890	0.000	3.900	0.190	0.396	7.697	21.171	18.186	3.260
$\delta = 8$ deg	0.000	5.700	0.463	0.799	0.000	0.400	0.010	0.037	18.541	22.022	21.706	0.596
$\delta = 10$ deg	0.000	1.600	0.165	0.224	0.000	0.800	0.021	0.061	21.611	21.984	21.765	0.108
SNR = 15dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\delta = 2$ deg	0.000	5.600	1.867	2.244	0.000	3.100	0.885	0.608	-2.098	11.261	4.309	4.611
$\delta = 4$ deg	0.000	7.700	2.524	2.663	0.000	2.900	0.730	0.714	1.363	19.223	12.201	4.832
$\delta = 6$ deg	0.000	9.100	1.576	1.887	0.000	1.500	0.055	0.138	11.813	26.162	23.040	3.448
$\delta = 8$ deg	0.000	5.700	0.465	0.801	0.000	0.200	0.001	0.012	23.506	27.021	26.704	0.602
$\delta = 10$ deg	0.000	1.600	0.165	0.224	0.000	0.300	0.004	0.021	26.610	26.984	26.764	0.108
SNR = 20dB	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std	Min	Max	Mean	Std
$\delta = 2$ deg	0.000	5.300	1.662	2.029	0.000	2.800	0.757	0.567	-1.348	13.906	5.918	5.282
$\delta = 4$ deg	0.000	7.300	2.589	2.607	0.000	2.900	0.423	0.599	2.459	23.892	15.981	5.465
$\delta = 6$ deg	0.000	8.800	1.588	1.882	0.000	0.500	0.014	0.047	16.485	31.159	27.988	3.517
$\delta = 8$ deg	0.000	5.800	0.467	0.808	0.000	0.100	0.000	0.003	28.495	32.021	31.703	0.604
$\delta = 10$ deg	0.000	1.600	0.166	0.225	0.000	0.100	0.001	0.008	31.609	31.984	31.763	0.108

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

ι. την απόκλιση του κύριου λοβού από την κατεύθυνση του επιθυμητού σήματος,

ii. τις αποκλίσεις των μηδενισμών από τις κατευθύνσεις των σημάτων παρεμβολής, και

iii. τις τιμές του SINR.

#### **Σχολία:**

i) Για την αποκλιση του κυριου λοβου μπορουμε να πουμε ότι διατηρωντας σταθερο το SNR και αυξανωντας το  $\delta$  (δηλαδη την αποσταση μεταξυ των γωνιων των σηματον) Παρατηρουμε συνεχως βελτιωση με τη μεση τιμη και αποκλιση να μειωνονται συνεχως αυξανωντας το  $\delta$ . Πραγμα αναμενομενο καθως όσο πιο μακρια είναι μεταξύ τους οι γωνίες ο μορφοποιητης δεν χρειαζεται να είναι πολύ αποτομος από το μεγιστο στο μηδενικο αρα και επιτυγχανει καλυτερο δυνατο αποτελεσμα. Βεβαια υπηρξαν περιπτωσεις που ειχαμε αποκλιση εως και 10 μοιρες πραγμα που δε θα κεντραρε την επιθυμητη γωνια και δε θα λαμβαναμε καλα το επιθυμητο σημα(μικρο πλατος του παραγοντα στοιχειοκεραιας ακομα θα μπορουσε και μηδενικο!) ενώ στις καλυτερες περιπτωσεις εχουμε εως και 1 μοιρα. Βεβαια για τα δυσχερετερα αποτελεσματα στις τιμες του  $\delta$  ειχαμε μεση τιμη κοντα στο 1-2 όπως και αποκλιση πραγμα που σημαινει ότι δε θα απειχε πολύ το μεγιστο από την επιθυμητη γωνια(ισως μικρη απωλεια καθως δε θα ηταν ακριβως στο μεγιστο), ενώ αντιθετως στα καλυτερα αποτελεσματα πλησιαζουμε και μεση τιμη  $\kappa$  αποκλιση κοντα στο 0.1 πραγμα που σημαινει ότι εχουμε μεγιστο σχεδον στην επιθυμητη γωνια. Διατηρωντας σταθερο το  $\delta$  και αυξανωντας το SNR, αρα αυξανωντας το ποσοστο της ισχυος του επιθυμητου σηματος ως προς το θορυβο παλι εχουμε καλυτερα αποτελεσματα ως προς τα ιδια  $\delta$  πραγμα αναμενομενο καθως εάν ο θορυβος εχει ολο και πιο κοντα την ισχυ του με την ισχυ του επιθυμητου σηματος δημιουργει μεγαλυτερη ανεπιθυμητη παρεμβολη στο δεκτη και ετσι εχουμε μεγαλυτερη δυσκολια να αναγνωριση την γωνια του εισερχομενου σηματος αρα και να παρουσιαση το μεγιστο προς αυτην. Ετσι αυξανωντας το SNR, οδηγουμε σε ολο και μικροτερες μεσες τιμες και αποκλισεις για τις ιδιες τιμες του  $\delta$ . Συμπερασματικα μπορουμε να πουμε ότι αυξανωντας το SNR αλλα και το  $\delta$  ο μορφοποιητης εμφανιζει καλυτερα απότελεσματα (Μικρη μεση τιμη, αποκλισης χαμηλα μεγιστα).

ii) Για την αποκλιση των μηδενισμων από τις γωνιες αφίξης όπως ειπαμε και παραπανω για την αποκλιση της επιθυμητης γωνιας και του κυριου λοβου υπαρχει βελτιωση για αυξηση του SNR και του  $\delta$ . Ομως μπορουμε να πουμε ότι εχουμε καλυτερα αποτελεσματα και ότι ο μορφοποιητης πιανει καλυτερα τα μηδενικα από ότι το μεγιστο καθως για ιδιες τιμες των SNR  $\delta$  η αποκλιση των μηδενισμων από τις γωνιες αυξης εχου μικροτερες τιμες μεσης τιμης, αποκλισης αλλα και μεγιστου σε συγκριση με την επιθυμητη. Ετσι μπορουμε να πουμε ότι ο μορφοποιητης προσσεγγιζει πιο ευκολα που πρεπει να μηδενισει το διαγραμμα ακτινοβολιας σε συγκριση με το που πρεπει να μεγιστοποιηση

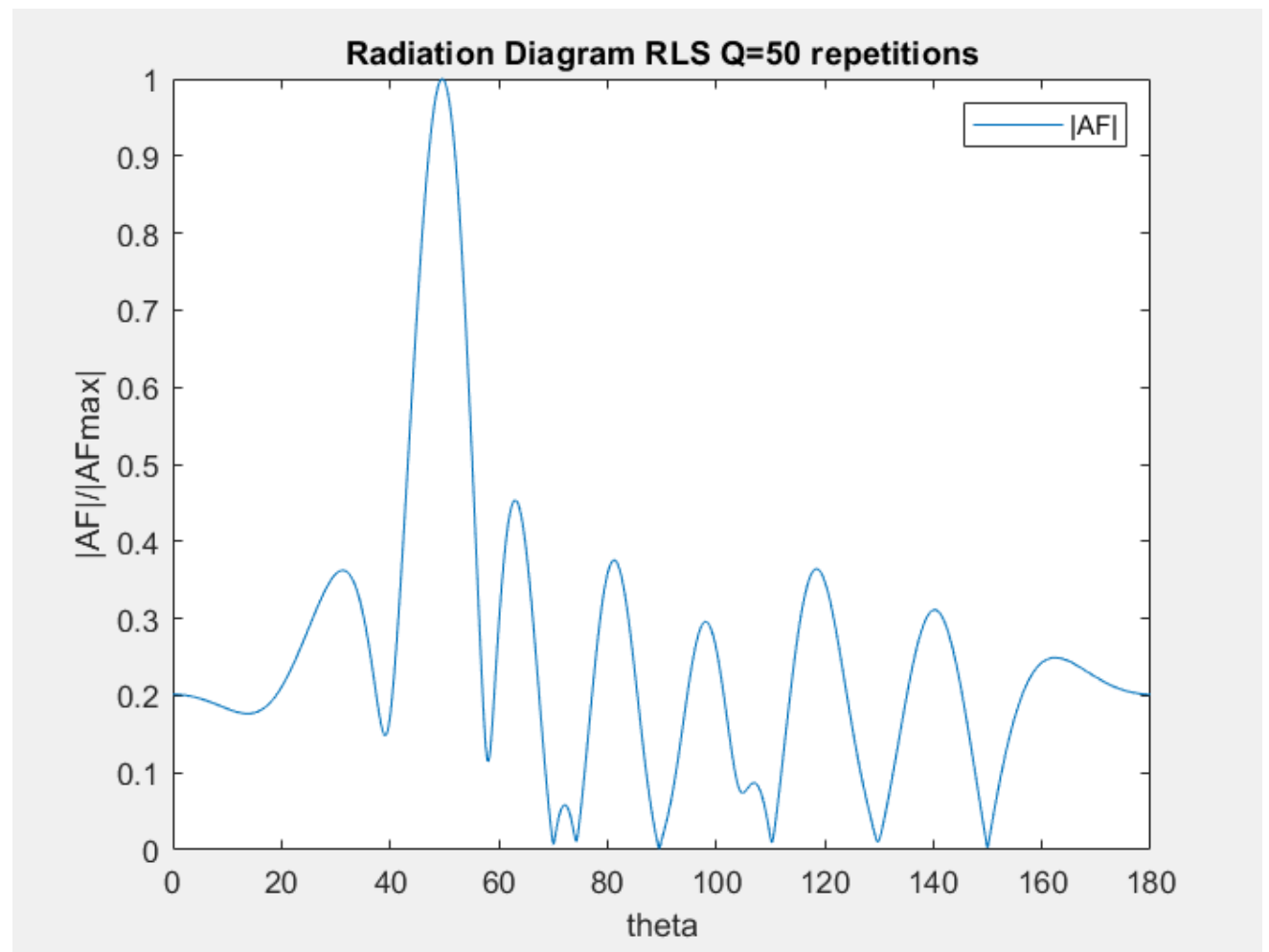
iii) Όπως και στα δυο παραπάνω (δηλαδή αποκλιση κυρίου λοβου από επιθυμητη γωνία αφίξης όπως και αποκλιση μηδενικών από τις γωνίες αφίξης παρεμβολών) υπάρχει αύξηση του SINR με την αύξηση του SNR και  $\delta$ . Αύξανοντας την το SNR έχουμε λιγότερη επίδραση θορύβου συγκριτικά με το επιθυμητό σήμα άρα προφανώς προκαλεί και μια αύξηση του SINR. Επιπλέον παρατηρούμε και μια αύξηση σε σχέση με το  $\delta$  (δεδομένου σταθερού SNR) πράγμα ίσως να προκαλείται στο ότι όσο πιο κοντά είναι τα σήματα υπάρχουν μεγαλύτερες αποκλίσεις για τα σήματα (επιθυμητό και παρεμβολής) άρα αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη ασαφεια καθώς μπορεί να έχουμε υποβαθμισμό της λαμβανομένης ισχύος από το επιθυμητό σήμα αλλά και ενίσχυση της ισχύος των σημάτων παρεμβολής (Κάθως το Διαγράμμα ακτινοβολίας δε βρίσκει με καλή προσέγγιση που πρέπει να μεγιστοποιήσει και που πρέπει να μηδενιστεί) και έτσι έχουμε μεγαλύτερη ισχύ παρεμβολών (θορύβου και σημάτων παρεμβολής) και μικρότερη ισχύ επιθυμητού σήματος. Έτσι για χαμηλά  $\delta$  έχουμε μεγαλύτερες αποκλίσεις, μεγάλη διαφορά του μεγίστου με το ελάχιστο και χαμηλή μέση τιμή του SINR ενώ αυξάνοντας το  $\delta$  περνούμε μεγαλύτερες τιμές για SINR με μικρές αποκλίσεις.

## 2ο Μερὸς Εργασίας

### Μελετὴ RLS BeamFormer

Δεδομένα: Στοιχειοκεραία 16 στοιχείων με ἀπόσταση  $d=\lambda/2$  στὸν ἀξονα  $z$ , Σήματα 6, ἰσχύος 1W ἀσυσχετιστά μεταξύ τους ἀλλὰ καὶ ὡς πρὸς τὸν θορυβό, μηδενικῆς μέσης τιμῆς, ἀκολουθώντας κανονικὴ κατανομὴ Ὁμοία καὶ τὰ σήματα θορυβοῦ (με ἰσχύ 100mW). Σήμα ἀναφοράς ἴδιο με τὸ ἐπιθυμητό.

Τὸ προκύπτον διαγράμμα ἀκτινοβολίας εἶναι :



Καὶ οἱ ἀποκλίσεις τῶν γωνιῶν ( $\theta_0=50, \theta_1=70, \theta_2=90, \theta_3=110, \theta_4=130, \theta_5=150$ ) (σε μοίρες)

Με ἐπιθυμητὴ τὴν  $\theta_0$  καὶ παρεμβολαὶς τὰ ὑπολοιπὰ εἶναι  
( $\Delta\theta_0=0.4, \Delta\theta_1=0.1, \Delta\theta_2=0.5, \Delta\theta_3=0.3, \Delta\theta_4=0.2, \Delta\theta_5=0$ ) (Σε μοίρες)

### 3ο Μερὸς Εργασίας

#### Μελετὴ MUSIC DoA

Τὸ Ελαχιστὸ  $\delta$  (Ἀρα καὶ τὴν διακριτικὴ ικανότητὰ τοῦ MUSIC DoA γιὰ τὰ συγκεκριμένα δεδομένα  $SNR=10\text{db}$  Στοιχειοκεραία 16 στοιχείων με ἀπόστασὴ  $d=\lambda/2$  στὸν ἀξονὰ  $z$ , Σημὰτὰ 8, Ἰσχύος 1W ἀσυσχετιστὰ μετὰξὺ τούς ἀλλὰ καὶ ὡς πρὸς τὸν θορύβου, μηδενικῆς μεσῆς τιμῆς, Ὁμοία καὶ τὰ σημάτὰ θορύβου (Με τὴν ἰσχύ να βγαίνει ἀπὸ τὸ  $SNR$ ))

προκύπτει  $\delta=1.04$  (μοίρες)