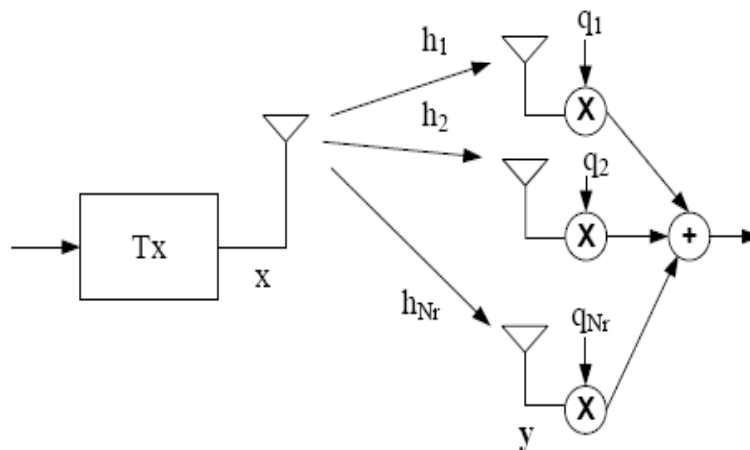


# Εργαστηριακή Άσκηση 3

Θεωρούμε ένα ασύρματο, ψηφιακό, τηλεπικοινωνιακό σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί 8-PSK διαμόρφωση και λειτουργεί σε περιβάλλον AWG θορύβου και συχνοτικά επίπεδων διαλείψεων Rayleigh(frequency flat fading). Οι διαλείψεις παραμένουν σταθερές για 100 χρήσεις του καναλιού(Block fading με μήκος block 100). Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση μελετάμε την επίδραση στις επιδόσεις ενός ψηφιακού, τηλεπικοινωνιακού συστήματος της χρήσης πολλαπλών κεραιών στο δέκτη ή/και στον πομπό.

## 1) Χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών στο δέκτη.

Χρησιμοποιούμε μια κεραία εκπομπής και  $N_r$  κεραιές λήψης οπότε έχουμε ένα SIMO( Single Input Multiple Output ) σύστημα  $1 \times N_r$ . Στο δέκτη χρησιμοποιούμε το βέλτιστο συνδυαστή( Maximal Ratio Combiner ) για να συνδυάσουμε τα σήματα που λαμβάνουμε από τις  $N_r$  κεραιές λήψης.



$$q_i = h_i^*, i = 1, \dots, N_r$$

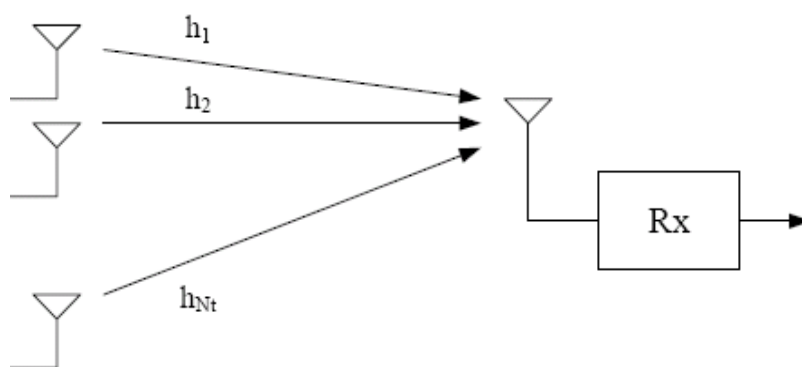
### 1. Single Input Multiple Output σύστημα με Maximal Ratio Combining

Μελετήστε τη μεταβολή των επιδόσεων του συστήματος με την αύξηση του αριθμού των κεραιών λήψης. Εξετάστε την επίδραση της συσχέτισης μεταξύ των  $N_r$  καναλιών που δημιουργούνται μεταξύ της κεραίας εκπομπής και των  $N_r$  κεραιών λήψης.

Για την εκτέλεση της άσκησης αυτής θα τρέξετε το αρχείο simo\_with\_8psk.m .

## 2) Χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών στον πομπό

Δοκιμάζουμε να τοποθετήσουμε τις πολλαπλές κεραιές στην εκπομπή αντί της λήψης, οπότε προκύπτει ένα MISO (Multiple Input Single Output) σύστημα  $N_t \times 1$ , με  $N_t$  κεραιές εκπομπής και 1 κεραιά λήψης. Τα  $N_t$  κανάλια που δημιουργούνται μεταξύ των  $N_t$  κεραιών εκπομπής και της κεραιάς λήψης θεωρούμε ότι είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους.



### 2. Multiple Input Single Output σύστημα

Χρησιμοποιούμε τα εξής 2 σχήματα εκπομπής:

- i) Από κάθε κεραιά στέλνουμε διαφορετικό σύμβολο( θα τρέξετε το αρχείο `miso_with_8psk_1.m` ).
- ii) Από κάθε κεραιά στέλνουμε το ίδιο ακριβώς σύμβολο( θα τρέξετε το αρχείο `miso_with_8psk_2.m` )

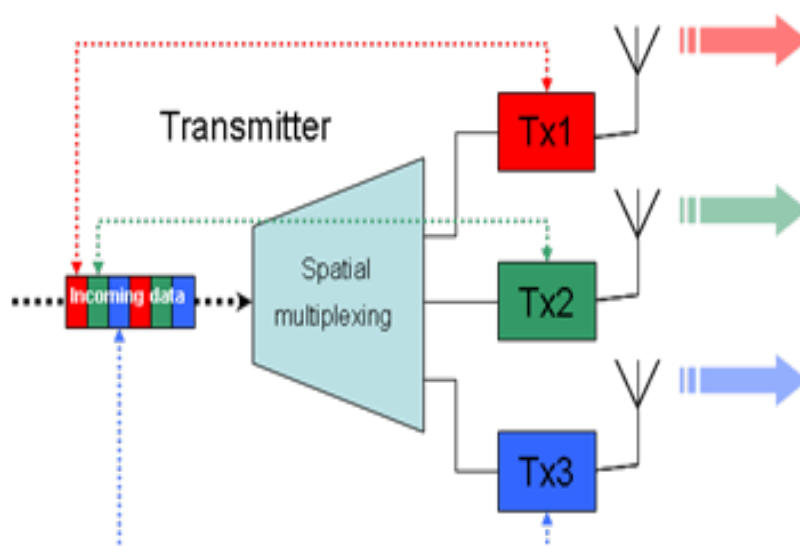
Μελετήστε τη μεταβολή των επιδόσεων του συστήματος, για τα 2 αυτά σχήματα εκπομπής, με την αύξηση του αριθμού των κεραιών εκπομπής και συγκρίνετε τα αποτελέσματα με αυτά της περίπτωσης ενός  $1 \times N_r$  συστήματος(  $n \times 1$  vs.  $1 \times n$  ).

iii) Έπειτα, για ένα σύστημα  $3 \times 1$ , χρησιμοποιούμε κι ένα τρίτο σχήμα εκπομπής το οποίο έχει ως εξής: τρία σύμβολα  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  εκπέμπονται σε τέσσερα time slots( 4 χρήσεις καναλιού ). Στο πρώτο time slot( πρώτη χρήση καναλιού ) εκπέμπουμε από τις 3 κεραιές τα σύμβολα  $x_1$ ,  $x_2$  και  $x_3$  αντίστοιχα. Στο δεύτερο time slot( δεύτερη χρήση καναλιού ) εκπέμπουμε από τις 3 κεραιές τα σύμβολα  $x_2^*$ ,  $x_3^*$  και  $x_1^*$  αντίστοιχα. Στο τρίτο time slot( τρίτη χρήση καναλιού ) εκπέμπουμε από τις 3 κεραιές τα σύμβολα  $-x_3$ ,  $x_1$  και  $-x_2$  αντίστοιχα. Στο τέταρτο time slot( τέταρτη χρήση καναλιού ) εκπέμπουμε από τις 3 κεραιές τα σύμβολα  $x_3^*$ ,  $-x_2^*$  και  $x_1^*$  αντίστοιχα. Για την εκτέλεση αυτής της περίπτωσης θα τρέξετε το αρχείο `miso_with_8psk_and_STBC.m` .

Συγκρίνετε τις επιδόσεις αυτού του 3x1 συστήματος με τα 3x1 συστήματα των περιπτώσεων i) και ii) καθώς και με τη θεωρητική καμπύλη BER του 8-PSK για κανάλι διαλείψεων Rayleigh με διαφορισμό τάξης 3.

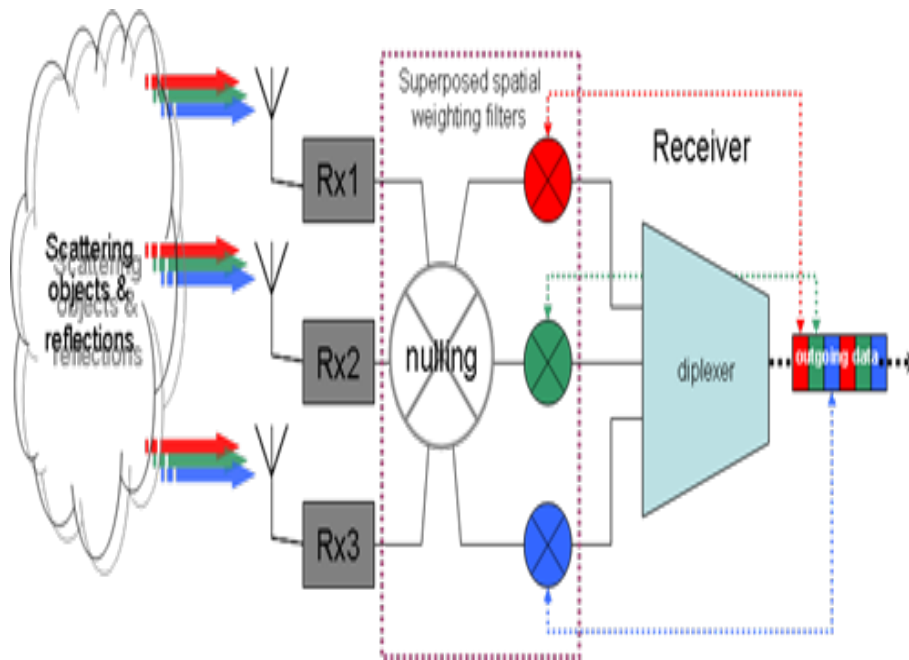
### 3) Χρησιμοποίηση πολλαπλών κεραιών στον πομπό και στο δέκτη με χωρική πολυπλεξία

Θεωρούμε μια ροή δεδομένων( data stream ) η οποία χωρίζεται σε 3 υπο-ροές( 3 data streams ) δεδομένων. Καθεμία από τις 3 ροές δεδομένων, αφού υποστεί 8-PSK ψηφιακή διαμόρφωση, εκπέμπεται πάντα από την ίδια κεραία εκπομπής( το πρώτο data stream από την πρώτη κεραία εκπομπής, το δεύτερο από τη δεύτερη κ.ο.κ.). Λέμε ότι καθεμία από τις 3 ροές αντιστοιχίζεται σε ένα επίπεδο (layer).



### 3. Πομπός ενός 3x3 VBLAST συστήματος( χωρική πολυπλεξία ).

Στο δέκτη χρησιμοποιούμε 3 κεραίες λήψης οπότε έχουμε ένα 3x3 MIMO( Multiple Input Multiple Output ) σύστημα. Για να αντιμετωπίσουμε την παρεμβολή που δημιουργείται μεταξύ των κεραιών( co-antenna interference ), οι έξοδοι των κεραιών λήψης εισέρχονται σε έναν γραμμικό MIMO ανιχνευτή επιβολής μηδενισμών με καταστολή και διαδοχική ακύρωση της παρεμβολής μεταξύ των κεραιών( Zero Forcing MIMO Detector with Successive Interference Cancellation and Suppression ). Οι τρεις έξοδοι του γραμμικού ανιχνευτή, οι οποίες αντιστοιχούν στα εκτιμώμενα bits για καθένα από τα 3 data streams, «επανασυνδέονται» ώστε να δημιουργηθεί και πάλι το αρχικό data stream.



#### 4. Δέκτης με γραμμικό ανιχνευτή ενός 3x3 VBLAST συστήματος

Χρησιμοποιώντας το αρχείο `Linear_VBLAST.m` υπολογίστε το BER για καθέμία από τις 3 ροές δεδομένων χωριστά καθώς επίσης και το συνολικό BER του αρχικού data stream.

Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία χρησιμοποιώντας το αρχείο `MAP_VBLAST.m`, το οποίο χρησιμοποιεί το βέλτιστο MAP ανιχνευτή αντί του γραμμικού και συγκρίνετε τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων.

Χρησιμοποιήστε ως μέτρο σύγκρισης και τη *θεωρητική καμπύλη BER του 8-PSK για κανάλι διαλείψεων Rayleigh με διαφορισμό τάξης 3*.

#### Παρατηρήσεις:

- 1) Για να δείτε τα διαγράμματα χώρου θα πληκτρολογήσετε το string 'Yes' στην αντίστοιχη ερώτηση, μαζί με τα ' ' στην αρχή και στο τέλος. Αν δε θέλετε να τα δείτε πληκτρολογήστε το string 'No'.  
Αρχικά θα τρέξετε όλες τις ασκήσεις χωρίς να βλέπετε τα διαγράμματα χώρου για να πάρετε γρήγορα τα αποτελέσματα. Αφού πάρετε τα αποτελέσματα, τρέξτε τις ασκήσεις με τα διαγράμματα χώρου για να δείτε τι συμβαίνει. Με τα διαγράμματα χώρου τα προγράμματα τρέχουν πιο αργά.
- 2) Είτε χρησιμοποιούμε 1 κεραία εκπομπής είτε χρησιμοποιούμε πολλές, θεωρούμε πως η συνολική ενέργεια εκπομπής παραμένει σταθερή( για δεδομένο SNR ) και ισομοιράζεται στις  $N_t$  κεραίες εκπομπής, με  $N_t=1, 2, 3, \dots$ .

- 3) Ο μέγιστος αριθμός λαθών είναι ο αριθμός των λαθών που «περιμένει» να βρει το πρόγραμμα ώστε να σταματήσει την προσομοίωση σε ένα SNR.
- 4) Για το συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των διαλείψεων μην πάρετε αρνητικές τιμές.
- 5) Η σηματοθορυβική σχέση είναι καθορισμένη σε Eb/No αναφερόμενη πάντα στα bits πληροφορίας και μετρημένη ανά κεραία λήψης.
- 6) Προσπαθείστε να κατασκευάσετε όσο το δυνατό πιο ομαλές καμπύλες.
- 7) Στα διαγράμματα χώρου οι άξονες φτάνουν σε μεγάλες τιμές. Μπορείτε να κάνετε zoom από τα εργαλεία για να δείτε περισσότερες λεπτομέρειες στα διαγράμματα.
- 8) Σε όλα τα διαγράμματα BER θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε ως αναφορά την BER καμπύλη για το απλό 1x1 σύστημα με MAP ανίχνευση. Την καμπύλη αυτή μπορείτε να τη φτιάξετε είτε από το αρχείο `miso_with_8psk_1.m` είτε από το αρχείο `miso_with_8psk_2.m` θέτοντας αριθμό κεραιών εκπομπής 1.