

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ Σ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ OFDM

Μελετήστε προσεκτικά τη θεωρία του DMT και απαντήστε στα πιο κάτω ερωτήματα.

Ένα κανάλι με εύρος-ζώνης $W=5120$ Hz παρουσιάζει κρουστική απόκριση $T_m \leq 10$ msec. Για να αποφύγουμε την δημιουργία ISI αποφασίσαμε να επικοινωνήσουμε χρησιμοποιώντας σύστημα DMT με σύμβολο-πακέτα διάρκειας $T=100$ msec.

- a. Τι Τιμή έχει ο διαχωρισμός φερουσών συχνοτήτων, Δf , και ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός υποκαναλιών K_{MAX} ;
- b. Κατά προσέγγιση, πόσα σύμβολα/sec (απλά σύμβολα) θα διαβιβάζονται στο κανάλι αυτό;
- c. Πόσα σημεία FFT θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός συμβόλου-πακέτου;
- d. Πόση είναι η Περίοδος δειγματοληψίας T_S του σήματος;
- e. Πόση είναι η διάρκεια T_δ ενός πακέτου-συμβόλου στην είσοδο του δέκτη αν στο πακέτο-σύμβολο του πομπού δεν έχει προστεθεί πρόθεμα;
- f. Πόση είναι η ελάχιστη διάρκεια του προθέματος (σε msec) στον δέκτη;
- g. Αν αποφασίσουμε να θέσουμε πρόθεμα στον πομπό μήκους 15 msec πόσος είναι ο αριθμός L δειγμάτων της κύριας ακολουθίας του συμβόλου $x(n)$ που θα χρησιμοποιηθούν;
- h. Με πρόθεμα 15 msec πόσα σύμβολο-πακέτα ανά sec θα εκπέμπονται;
- i. Ποιος ο τελικός ρυθμός R_f απλών συμβόλων ανά sec;
- j. Πόσος γίνεται ο ενεργός ρυθμός R_{ef} αν 1 στα 10 σύμβολο-πακέτα χρησιμοποιείται για να μεταφέρει γνωστά σύμβολα για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του καναλιού;
- k. Για να πετύχουμε μέσο ρυθμό 1.5 bit/sec/Hz πόσο πρέπει να είναι το μέσο M των συμβόλων του κάθε υποκαναλιού?

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μελετήστε προσεκτικά τη θεωρία του DMT και απαντήστε στα πιο κάτω ερωτήματα.

Ένα ασύρματο κανάλι με εύρος-ζώνης $B_c=5120$ Hz παρουσιάζει χρονική διασπορά $T_m \leq 10$ msec.

Για να αποφύγουμε την δημιουργία ISI αποφασίσαμε να επικοινωνήσουμε χρησιμοποιώντας σύστημα OFDM με σύμβολα-πακέτα διάρκειας $T=100$ msec.

- a. Τι Τιμή έχει ο διαχωρισμός φερουσών συχνοτήτων, Δf , και ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός υποκαναλιών K_{\max} ;

$$\text{Πρέπει } \Delta f = 1/T \rightarrow K_{\max} = B_c / \Delta f = B_c \times T = 5120 \times 100 \times 10^{-3} = 512 \text{ κανάλια.}$$

$$\underline{K_{\max} = 512 \text{ Κανάλια.}}$$

- b. Πόσα σύμβολα/sec (απλά σύμβολα), κατά προσέγγιση, θα διαβιβάζονται στο κανάλι αυτό; Διαβιβάζονται $1 \text{ symbol/channel/T} \rightarrow 5120 \text{ symbols/sec}$. $\rightarrow R = 5120 \text{ symbols/sec}$. Από την απάντηση αυτή βλέπουμε ότι διαβιβάζονται περίπου 1 symbol/Hz/sec . Αυτή η επίδοση ισχύει περίπου στην πράξη. Για τον ακριβή ρυθμό πρέπει να ληφθεί υπόψιν το πρόθεμα και η εκπαίδευση του συστήματος από γνωστά σύμβολα όπως θα δούμε πιο κάτω.

- c. Πόσα σημεία DFT θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία ενός συμβόλου-πακέτου;

$$\text{Το } N \text{ επιλέγεται ως η μικρότερη δύναμη του 2 με } N\Delta f > 2W \rightarrow N\Delta f > B_c \rightarrow N > B_c / \Delta f \quad N > K \rightarrow \underline{N = 1024 \text{ δείγματα.}}$$

- d. Πόση είναι η Περίοδος δειγματοληψίας T_s του σήματος;

$$T_s = T/N = 100 \text{ msec} / 1024 = \text{περίπου } 100 \text{ } \mu\text{sec} \quad (f_s = 10.240 \text{ Hz})$$

- e. Πόση είναι η διάρκεια T_δ ενός πακέτου-συμβόλου στην είσοδο του δέκτη αν στο πακέτο-σύμβολο του πομπού δεν έχει προστεθεί πρόθεμα;

$$T_\delta = T + T_m \text{ με } T_m \leq 10 \text{ msec} \rightarrow T_\delta \leq 110 \text{ msec.}$$

- f. Πόση είναι η ελάχιστη διάρκεια του προθέματος (σε msec) στον δέκτη;

Όση και στον πομπό, δηλαδή μεγαλύτερη από T_m , ήτοι μεγαλύτερη από 10 msec.

- g. Αν αποφασίσουμε να θέσουμε πρόθεμα στον πομπό μήκους 15 msec πόσος είναι ο αριθμός L δειγμάτων της κύριας ακολουθίας του συμβόλου $x(n)$ που θα χρησιμοποιηθούν;

$$L = (15 \text{ msec}) / T_s = (15 \text{ msec}) N / T = 15 \text{ msec} \times 1024 / 0.1 = 153.6 \text{ δείγματα} \rightarrow \underline{L = 154 \text{ δείγματα}}$$

- h. Με πρόθεμα 15 msec πόσα σύμβολο-πακέτα ανά sec θα εκπέμπονται;

Στην περίπτωση αυτή η συνολική διάρκεια του συμβόλου πακέτου είναι 115 msec \rightarrow

8.7 σύμβολο-πακέτα/sec.

i. Ποιος ο τελικός ρυθμός R_f απλών συμβόλων ανά sec;

$$R_f = 8.7 * 512 \rightarrow \underline{R_f = 4452 \text{ sym/sec.}}$$

j. Πόσος γίνεται ο ενεργός ρυθμός R_{ef} αν 1 στα 10 σύμβολο-πακέτα χρησιμοποιείται για να μεταφέρει γνωστά σύμβολα για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς του καναλιού;

$$R_{ef} = 8.7 * 0.9 * 512 \rightarrow R_{ef} = 4007 \text{ symbols/sec}$$

k. Για να πετύχουμε μέσο ρυθμό 1.5 bit/sec/Hz πόσο πρέπει να είναι το μέσο M των συμβόλων του κάθε υποκαναλιού?

$$\log_2 M \times R_{ef} / B_C = 1.5 \text{ bit/sec/Hz} \rightarrow \log_2 M = 1.5 \text{ (bit/sec/Hz)} \times B_C / R_{ef} \rightarrow \log_2 M = 1.92 \rightarrow$$

$$\underline{M = 3.8} \quad (\text{πρόκειται για τον γεωμετρικό μέσο του } M \text{ όλων των καναλιών}).$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ADSL

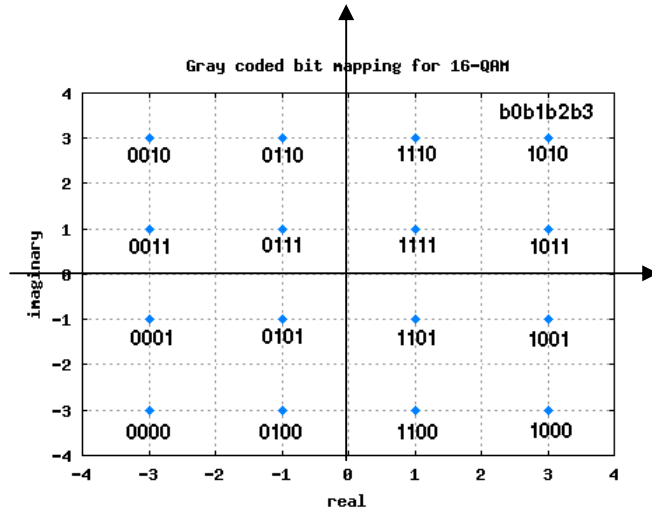
Για ένα σύστημα ADSL είναι γνωστές οι τιμές των πιο κάτω παραμέτρων.

Δf : Συχνοτική Απόσταση Διαδοχικών Υποφερουσών	$\Delta f = 4.3125 \text{ KHz}$
W : Εύρος Ζώνης, $f_{\max} = 1104 \text{ KHz}$	$W = 966 \text{ KHz}$
T_L : Χρονική Διάρκεια Προθέματος	$T_L = 14.5 \text{ } \mu\text{sec}$

Οι τιμές των υπόλοιπων παραμέτρων του ADSL υπολογίζονται όπως φαίνεται στον πιο κάτω Πίνακα.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΙΜΕΣ
T : Ωφέλιμη Διάρκεια Συμβόλου OFDM	$T = 1/\Delta f = 231.9 \text{ } \mu\text{sec}$
K : Πλήθος Καναλιών που χρησιμοποιούνται	$K = W/\Delta f = 966/4.3125 \rightarrow K = 224$ κανάλια
$2N$: Πλήθος στοιχείων DFT ακολουθίας	$f_s > 2f_{\max}$, $f_s = 2N\Delta f$ N δύναμη του 2 \rightarrow $N = 512 \rightarrow 2N = 1024$
f_s : Συχνότητα Δειγματοληψίας	$f_s = 2N\Delta f = 2 \times 512 \times 4.3125 \text{ KHz} \rightarrow$ $f_s = 4.416 \text{ MHz}$
T_s : Περίοδος Δειγματοληψίας	$T_s = 1/f_s \rightarrow T_s = 226.5 \text{ nsec}$
L : Πλήθος Δειγμάτων Προθέματος	$L = T_L/T_s = T_L \times f_s = 14.5 \text{ } \mu\text{sec} \times 4.416$ $\text{MHz} \rightarrow L = 63.4 \rightarrow L = 64 \text{ δειγ.}$
T_Σ : Συνολική Διάρκεια συμβόλου	$T_\Sigma = T_L + T \rightarrow T_\Sigma = 246.4 \text{ } \mu\text{sec}$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ DMT



Σε ένα DMT σύστημα με 84 υποκανάλια, τα οποία όλα χρησιμοποιούν 16 QAM-Gray Coded η δυαδική ακολουθία που αποστέλλεται κάποια στιγμή είναι:

1011010010101001.....

A) Να υπολογίσετε τη μιγαδική μορφή των συμβόλων για τα πρώτα 4 κανάλια.

B) Γράψτε όλους του όρους της DFT ακολουθίας που μπορείτε να υπολογίσετε για την περίπτωση ενός OFDM συστήματος και ενός ADSL συστήματος.

ΛΥΣΗ

A

Με βάση τον αστερισμό 16 QAM-Gray Coded τα τέσσερα πρώτα σύμβολα είναι:

$$(1011) X_1=3+j, (0100) X_2=-1-3j, (1010) X_3=3+3j, (1001) X_4=3-j$$

B-OFDM

Εφόσον $K=84 \rightarrow N=128$.

Η DFT ακολουθία είναι:

$$Y_0=0, Y_1=3+j, Y_2=-1-3j, Y_3=3+3j, Y_4=3-j, \dots, Y_{85} \text{ έως } Y_{127}=0.$$

B-ADSL

Εφόσον $K=84 \rightarrow N=256$.

Η DFT ακολουθία είναι:

$$Y_0=0, Y_1=(3+j)/2, Y_2=(-1-3j)/2, Y_3=(3+3j)/2, Y_4=(3-j)/2, \dots, Y_{85} \text{ έως } Y_{127}=0., Y_{128} \text{ έως } Y_{170}=0, \dots, Y_{252}=(3+j)/2, Y_{253}=(3-3j)/2, Y_{254}=(-1+3j)/2, Y_{255}=(3-j)/2$$