**Προγραμματιστική εργασία στις Ψηφιακές Επικοινωνίες**

**Φοιτητής: Βογιατζής Νικόλαος**

**ΑΕΜ: 3952**

**e-mail: nikolavg@csd.auth.gr**

**Τρέχον εξάμηνο: 4ο**

Η εργασία υλοποιήθηκε σε Java.

**Ζητούμενα εργασίας:**

Υλοποίηση αλγόριθμου ανίχνευσης λαθών **CRC (Cyclic Redundancy Check).** Κληθήκαμε να δημιουργήσουμε ένα μεγάλο πλήθος μεταδιδόμενων μηνυμάτων των k μπιτ. Συγκεκριμένα τα τεστ έγιναν με 10.000.000 δυαδικά μηνύματα των 20 μπιτ. Μετά την δημιουργία των μηνυμάτων, για κάθε μήνυμα πρέπει να δημιουργηθεί το FCS μέσω της πράξης modulo-2 στο μήνυμα και τον αριθμό πρότυπο P(που δίδεται από τον χρήστη). Το FCS στη συνέχεια περνά μέσα από ένα ενόρυβο κανάλι με Bit Error Rate (10 to the power of negative 3 end exponent). Η προσομοίωση της λειτουργίας περάσματος ενός δυαδικού μηνύματος μέσω ενός καναλιού με πιθανότητα να συμβεί σφάλμα σε κάποιο μπιτ μετάδοσης, έγινε μέσω μίας διαδικασίας στην οποία δημιουργείται ένας τυχαίος αριθμός διπλής ακρίβειας, που στην περίπτωση που είναι μικρότερος του επιτρεπόμενου σφάλματος (BER) το μπιτ αλλάζει. Όταν τελειώσει η παραπάνω διαδικασία το -ενδεχομένως αλλοιωμένο – μήνυμα ελέγχεται στον αποδέκτη, όπου στην πράξη modulo-2 μεταξύ του (αλλοιωμένου) μηνύματος και του αριθμού P ελέγχεται το υπόλοιπο κι αν αυτό περιέχει ΄1΄ το σφάλμα έχει ανιχνευτεί επιτυχώς.

**Περιγραφή βασικών σημείων του κώδικα:**

Αρχικά διαβάζεται ο αριθμός πρότυπο P από τον χρήστη ως συμβολοσειρά μέσα σε μία δομή επανάληψης που ζητά εισαγωγή νέου αριθμού εάν αυτός δεν αρχίζει και τελειώνει σε ‘1’. Έπειτα από την επιτυχή ανάγνωση του αριθμού, εισάγεται κάθε χαρακτήρας της συμβολοσειράς σε μία λίστα (τύπου Character) όπου κάθε κελί περιέχει και ένα μπιτ του δυαδικού αριθμού.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

Αφού διαβαστεί ο αριθμός δημιουργείται η λίστα που σε κάθε κελί της αποθηκεύει λίστα χαρακτήρων με κάθε μεταδιδόμενο μήνυμα (Δηλαδή υλοποιείται σαν δυσδιάστατος πίνακας). Επειδή τα μηνύματα δημιουργούνται αυτόματα επιλέχθηκε η χρήση της κλάσης Random που παρέχει η Java. Για κάθε μπιτ του μηνύματος δημιουργείται ένας αριθμός με την χρήση της παραπάνω κλάσης που είναι είτε ‘0’ είτε ‘1’. Έτσι έχουμε ίση πιθανότητα εμφάνισης άσσων και μηδενικών σε κάθε μεταδιδόμενο μήνυμα.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

Στη συνέχει για κάθε μεταδιδόμενο μήνυμα καλούνται με σειρά οι συναρτήσεις που αφορούν: i) Την κωδικοποίηση του μηνύματος ( δημιουργία **FCS**), ii) Τη μετάδοση του μηνύματος από το κανάλι με θόρυβο και **BER**, και τέλος iii) Τον έλεγχο του (αλλοιωμένου) μηνύματος στον αποδέκτη του **CRC**. Παρακάτω περιγράφονται αναλυτικά οι υλοποιήσεις των προαναφερθέντων συναρτήσεων.

**i) Δημιουργία FCS (συνάρτηση encodeData()):**

Η μέθοδος αυτή δέχεται στα ορίσματα της την λίστα με τα μπιτ ενός μεταδιδόμενου μηνύματος data και τη λίστα με τα μπιτ του αριθμού προτύπου P. Αρχικά προσθέτει P.size() -1 μηδενικά στο μεταδιδόμενο μήνυμα κι έπειτα καλεί τη συνάρτηση mod2div (με παραμέτρους το μεταδιδόμενο μήνυμα με τα μηδενικά και τον αριθμό P). Το υπόλοιπο της πράξης αυτής τον P.size() – 1 μπιτ αποτελεί τα μπιτ που πρέπει να προστεθούν στο τέλος του μεταδιδόμενου μηνύματος ώστε αυτό να αποτελεί πλέον το FCS.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

**ii) Μετάδοση μηνύματος μέσω καναλιού με BER**

Η μέθοδος αυτή δέχεται στα ορίσματά της τη λίστα με τα μπιτ του μεταδιδόμενου μηνύματος. Σε μία επανάληψη, για κάθε μπιτ του μεταδιδόμενου μηνύματος αρχικοποιεί μέσω της κλάσης Random έναν αριθμό διπλής ακρίβειας (Double ) μεταξύ του μηδενός και του ένα. Αν αυτός ο αριθμός είναι μικρότερος του επιτρεπόμενου σφάλματος BER τότε σημαίνει ότι υπήρξε σφάλμα κατά τη μετάδοση. Με τον απαραίτητο έλεγχο το μπιτ «φλιπάρει» (από 0 -> 1 και το αντίστροφο) και ο μετρητής που αποθηκεύει το πλήθος των σφαλμάτων στο κανάλι αυξάνεται κατά ένα. Το πλήθος αυτό έχει χειριστεί έτσι ώστε ανεξάρτητα από το πόσα μπιτ αλλοιώθηκαν σε ένα μήνυμα, πάντα μετράται ως ένα σφάλμα στη μετάδοση. Δηλαδή αν ο αριθμός 100101 γίνει 110111 τότε υποθέτουμε ότι έγινε ένα σφάλμα και όχι 2, όσα δηλαδή και τα μπιτ που φλίπαραν.

**Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα**

**iii) Έλεγχος (αλλοιωμένου) μηνύματος στον αποδέκτη.**

Ο έλεγχος του μηνύματος στον αποδέκτη αποτελεί την πιο απλή μέθοδο του προγράμματος. Καλείται η βοηθητική μέθοδος mod2div για το μήνυμα και το P. Αν στο υπόλοιπο περιέχεται έστω και ένας άσσος τότε ο αποδέκτης ανιχνεύει το σφάλμα επιτυχώς και αυξάνει τον μετρητή που μετρά το πλήθος των εσφαλμένων μηνυμάτων που ανιχνεύτηκαν στον αποδέκτη του CRC κατά ένα.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

**Βοηθητική μέθοδος mod2div**

Η μέθοδος αυτή υλοποιεί την πράξη modulo – 2 (επικαλούμενη και την μέθοδο XOR που αναλύεται παρακάτω). Δέχεται στα ορίσματα τη λίστα με τα μπιτ του μεταδιδόμενου μηνύματος data και τον αριθμό πρότυπο P. Δημιουργεί μία λίστα που αρχικά περιέχει το πρώτα P.size() μπιτ του μεταδιδόμενου μηνύματος και στη συνέχεια αποθηκεύει σε κάθε βήμα το αποτέλεσμα της πράξης XOR μεταξύ τον μπιτ στις ανάλογες θέσεις. Αν το πρώτο μπιτ της βοηθητικής λίστας σε οποιαδήποτε επανάληψη είναι ένα εκτελείται κανονικά η πράξη XOR μεταξύ του υπολοίπου και του P. Διαφορετικά, γνωρίζουμε ότι έχουμε αποθηκεύσει ένα παραπάνω μηδενικό στην αρχή του υπολοίπου και εκτελούμε την XOR μεταξύ του μηνύματος και μίας λίστας μεγέθους P.size() με μηδενικά σε όλες τις θέσεις. Έτσι παίρνουμε το ίδιο μήνυμα μετατοπισμένο κατά μία θέση και στο τέλος κατεβάζουμε το επόμενο μπιτ από το μεταδιδόμενο μήνυμα.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

**Βοηθητική μέθοδος XOR**

Η μέθοδος αυτή υλοποιεί την πράξη της αποκλειστικής διάζευξης μεταξύ δύο δυαδικών αριθμών. Δέχεται στα ορίσματα της 2 λίστες με τους αριθμούς που θα εφαρμοστεί η πράξη. Για κάθε μπιτ του δεύτερου αριθμού ξεκινώντας από το δεύτερο (λόγω του χειρισμού της modulo-2 μεθόδου) ελέγχει αν το μπιτ της συγκεκριμένης θέσης του αριθμού y είναι ίσο με το αντίστοιχο του αριθμού x και εισάγει λίστα αποτελεσμάτων το ΄0’. Διαφορετικά εισάγει το ‘1’.

Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα

**2ο ζητούμενο:**

Για πλήθος μεταδιδόμενων μηνυμάτων k = 20, αριθμό προτύπου P = 110101 και BER = 10 to the power of negative 3 end exponent στο ενόρυβο κανάλι μετάδοσης λαμβάνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

**Εικόνα που περιέχει κείμενο

Περιγραφή που δημιουργήθηκε αυτόματα**

Το πλήθος μηνυμάτων πάνω στο οποίο έγιναν οι υπολογισμοί είναι αρκετά μεγάλο, συγκεκριμένα 10.000.000 μηνύματα των 20 bit δεδομένων. Γι’ αυτόν τον λόγο αποφαινόμαστε στο ότι ακόμη και σε έναν τόσο μεγάλο αριθμό μηνυμάτων στον οποίο δημιουργούνται περίπου 250.000 σφάλματα ο **CRC** στον αποδέκτη καταφέρνει να ανιχνεύσει το 99.96% εξ’ αυτών και μόνο ένα 0.04% των σφαλμάτων δεν ανιχνεύεται.