

Εργασία 2020  
Ψηφιακές Επικοινωνίες  
Ονοματεπώνυμο: Νικόλαος Παπαγερούδης  
ΑΕΜ: 2918  
28 Ιουνίου 2020

---

## Εισαγωγή

Ο αλγόριθμος ανίχνευσης σφαλμάτων **CRC** υλοποιήθηκε σε γλώσσα **C++**. Χρησιμοποιήθηκε μία κλάση με όνομα CRC η οποία περιέχει 9 μεθόδους και 1 κενό κατασκευαστή. Η σύντομη εκδοχή των αποτελεσμάτων εμφανίζεται στην οθόνη ενώ μια πιο αναλυτική, αποθηκεύεται σε ένα αρχείο output.txt μέσα στον φάκελο του προγράμματος. Για την αναπαράσταση των σφαλμάτων χρησιμοποιήθηκε η **STL** βιβλιοθήκη **deque**. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη βιβλιοθήκη γιατί έχει τη δυνατότητα εισαγωγής τιμών και από τα 2 άκρα της.

## Κλάση CRC

Η κλάση **CRC** αναπαριστά τον ανιχνευτή σφαλμάτων crc. Αποτελείται από τις private μεταβλητές:

- **void setK**: Ζητά από τον χρήστη να προσδιορίσει το μέγεθος του κάθε μηνύματος **D (k)**.
- **void setBER**: Ζητά από τον χρήστη να δώσει μια τιμή για τη μεταβλητή BER. Η μεταβλητή πρέπει να δοθεί ως δεκαδικός αριθμός. Για παράδειγμα εάν ο χρήστης θέλει το BER να είναι ίσο με  $10^{-3}$  θα πρέπει να δώσει την τιμή 0.001.
- **void setP**: Ζητά από τον χρήστη να δώσει μια δυαδική ακολουθία **P**. Αρχικά αποθηκεύεται η απάντηση του σε μια μεταβλητή temp τύπου `int` και στη συνέχεια εισέρχονται ένα προς ένα τα ψηφία της `temp` στην `deque` μεταβλητή **P** με τη χρήση του push front. Ταυτόχρονα καταγράφεται ο αριθμός των ψηφίων του **P** έτσι ώστε να προσδιοριστεί ο αριθμός **n** των ψηφίων της ακολουθίας **T**.

- **double getBER**: επιστρέφει την τιμή της μεταβλητής BER.
- **deque<int> generateD**: Δημιουργείται ο δυαδικός αριθμός **D** αποτελούμενος από **n** ψηφία. Κάθε ψηφίο του **D** παίρνει τυχαία μια τιμή 0 ή 1 με τη χρήση της συνάρτησης rand().
- **int XOR**: παίρνει ως παραμέτρους δύο αριθμούς **a** και **b** με τιμές 0 ή 1 και επιστρέφει την λογική πράξη **a XOR b**
- **deque<int> calculateT**: Υπολογίζει την ακολουθία **T**. Η ακολουθία **T** σχηματίζεται ως εξής. Τα πρώτα **k** ψηφία της είναι ίδια με τα ψηφία του **D**. Τα τελευταία **n-k** ψηφία αντιστοιχούν στο υπόλοιπο της διαίρεσης **D/P** (δηλαδή **D mod P**).
- **bool transmitT**: Ελέγχεται αν είναι επιτυχής η μετάδοση του **T** στον αποδέκτη. Εάν η διαίρεση **T/P** αφήνει υπόλοιπο 0 τότε είναι επιτυχής και επιστρέφει true. Εάν έστω και ένα ψηφίο του υπολοίπου είναι 1 τότε είναι ανεπιτυχής, άρα επιστρέφει false.
- **deque<int> modulo2**: Η μέθοδος αυτή αναπαριστά την πράξη **mod** μεταξύ δυαδικών αριθμών, δηλαδή βρίσκει το υπόλοιπο της διαίρεσης μεταξύ 2 δυαδικών αριθμών. Έχει ως παραμέτρους έναν διαιρέτη και έναν διαιρετέο. Πραγματοποιεί τη διαίρεση και επιστρέφει τα τελευταία 5 ψηφία του υπολοίπου. Κατά τη διαίρεση χρησιμοποιείται η λογική πράξη XOR.

## main

Στη συνάρτηση **main** του προγράμματος ζητείται από τον χρήστη να ορίσει τον αριθμό των μηνυμάτων που θα δημιουργηθούν τυχαία. Ο αριθμός αυτός αποθηκεύεται στη μεταβλητή **num**. Έπειτα καλώντας της ανάλογες μεθόδους από την κλάση **CRC** ορίζεται το **k**, το **BER** και το **P**, τα οποία παραμένουν σταθερά κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος. Στη συνέχεια δημιουργείται **num** φορές ένας τυχαίος δυαδικός αριθμός **D** και υπολογίζεται η ακολουθία **T** καλώντας τις κατάλληλες μεθόδους της κλάσης **CRC**. Για κάθε ψηφίο της ακολουθίας **T** υπάρχει πιθανότητα ίση με **BER** να παρουσιαστεί σφάλμα, δηλαδή να αλλάξει το bit από 0 σε 1 ή το αντίστροφο. Εάν παρουσιαστεί έστω και μια αλλαγή ένα συγκεκριμένο **T** τότε η μεταβλητή **bool E** γίνεται true και ελέγχεται εάν το σφάλμα αυτό ανιχνεύεται από το CRC.

## Αποτελέσματα

Για  $k=10$ ,  $P=110101$  και  $BER=10^{-3}$  με 500.000 μηνύματα έχουμε τα εξής αποτελέσματα:

```
=====
Total Messages: 500000
Total Transmitted: 492578
Total Detected: 7422
Total Non Detected: 0
=====
Messages reached receiver with error: 1.4844%
Messages with errors detected from receiver 1.4844%
Messages with errors but couldn't be detected from receiver 0%
```

Βλέπουμε ότι από τα **500.000** τα **7422** είχαν σφάλμα. Από αυτά κανένα δεν πέρασε στον αποδέκτη καθώς ανιχνεύτηκαν όλα. Έχοντας ως  $P$  τον δυαδικό αριθμό **110101**, όποιος και να είναι ο αριθμός των μηνυμάτων, όσα έχουν σφάλμα ανιχνεύονται.

Αν όμως αλλάξουμε τον δυαδικό αριθμό  $P$  και του βάλουμε για παράδειγμα την τιμή **1001** βλέπουμε ότι υπάρχουν και μηνύματα με σφάλμα που δεν ανιχνεύονται:

```
=====
Total Messages: 500000
Total Transmitted: 493485
Total Detected: 6515
Total Non Detected: 13
=====
Messages reached receiver with error: 1.3056%
Messages with errors detected from receiver 1.303%
Messages with errors but couldn't be detected from receiver 0.0026%
```