

## Ανίχνευση και αυτόματη διόρθωση λάθους από τον παραλήπτη στη μετάδοση δεδομένων - μέθοδος κώδικα Hamming -

### Διδακτικοί στόχοι

Στη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές και οι μαθήτριες, χρησιμοποιώντας Εκπαιδευτικό Λογισμικό (Ε. Λ.), καλούνται να μεταδώσουν μέσω δικτύου υπολογιστών ένα χαρακτήρα προκειμένου να παρατηρήσουν την ανίχνευση και την αυτόματη διόρθωση λάθους από τον παραλήπτη κατά τη μετάδοση των δεδομένων με τον κώδικα Hamming.

### Εισαγωγή – περιγραφή της δραστηριότητας

Στη δραστηριότητα αυτή οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν το εκπαιδευτικό λογισμικό «ΔΕΛΥΣ» και το λογισμικό υπολογιστικών φύλλων «EXCEL». Το μεν πρώτο θα χρησιμοποιηθεί για την εύρεση του δυαδικού κωδικού ASCII ενός χαρακτήρα, ο οποίος πρόκειται να μεταδοθεί σε ένα δίκτυο υπολογιστών, το δε δεύτερο για την προσομοίωση του αλγορίθμου ανίχνευσης και διόρθωσης σφάλματος με τον κώδικα Hamming, κατά τη μετάδοση των δεδομένων.

Για να γίνει όμως πρώτα κατανοητός ο τρόπος που λειτουργεί ο κώδικας Hamming ως μελετήσουμε ένα παράδειγμα στο τετράδιο.

### Α) Εκκίνηση δραστηριότητας στο τετράδιο

### Παράδειγμα μετάδοσης του χαρακτήρα α

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΤΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |               |
| Χαρακτήρας προς μετάδοση :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | α             |
| Κωδικός του χαρακτήρα που μεταδίδεται <sup>[1]</sup> :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 10011000      |
| Μαζί με τον κωδικό του χαρακτήρα μεταδίδεται και ένας ακόμα κωδικός που ονομάζεται κωδικός Hamming και χρησιμεύει για την ανίχνευση και τη διόρθωση τυχόν λάθους στη μετάδοση.<br><b>κωδικός Hamming</b> που αντιστοιχεί στο χαρακτήρα:<br>Ο υπολογισμός του γίνεται αν εφαρμοστεί η πράξη XOR <sup>[4]</sup> μεταξύ των θέσεων του κωδικού του χαρακτήρα που έχουν τιμή 1.<br>Στο παράδειγμά μας για το χαρακτήρα α :<br>(θέση 4 <sup>η</sup> ) XOR (θέση 5 <sup>η</sup> ) XOR (θέση 8 <sup>η</sup> ) =<br>(0100) XOR (0101) XOR (1000) = 1001 <sup>[2]</sup> | <b>1001</b>   |
| Σύνολο ψηφίων που αποστέλλονται :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1001 10011000 |
| ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1 <sup>ο</sup> - ΣΩΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |               |
| Σύνολο ψηφίων που λαμβάνονται :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 1001 10011000 |
| Στα προηγούμενα ψηφία τα τέσσερα πρώτα αντιστοιχούν στον κωδικό Hamming :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1001          |
| Τα 8 επόμενα ψηφία αντιστοιχούν στο χαρακτήρα που μεταδόθηκε :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 10011000      |
| Ανίχνευση πιθανού λάθους :<br>Γίνεται η πράξη XOR ανάμεσα στον κωδικό Hamming και στις θέσεις του χαρακτήρα που έχουν τιμή 1.<br>Στο παράδειγμά μας (1001) XOR (1000) XOR (0101) XOR (0100) = 0000<br>Αν το αποτέλεσμα είναι <b>0000</b> δεν υπάρχει λάθος. Διαφορετικά ο αριθμός που θα βρεθεί στο αποτέλεσμα δείχνει και τη θέση του λάθους.                                                                                                                                                                                                                 | <b>0000</b>   |
| ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2 <sup>ο</sup> - ΛΑΘΟΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |

|                                                                                                                       |                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Σύνολο ψηφίων που λαμβάνονται :<br>(υπάρχει λάθος στο ψηφίο της 2 <sup>ης</sup> θέσης από δεξιά)                      | 1001 10011010                                                                                                  |
| Στα προηγούμενα ψηφία τα τέσσερα πρώτα αντιστοιχούν στον κωδικό Hamming.<br><b>ο κωδικός Hamming είναι:</b>           | _____<br>(συμπληρώστε)                                                                                         |
| Τα 8 επόμενα ψηφία αντιστοιχούν στο χαρακτήρα που μεταδόθηκε.<br><b>ο κωδικός του χαρακτήρα που μεταδόθηκε είναι:</b> | _____<br>(συμπληρώστε)                                                                                         |
| Οι θέσεις των μονάδων στο χαρακτήρα που ελήφθη είναι:<br>↓                                                            | Ο δυαδικός κωδικός των θέσεων τον οποίο μπορείτε να βρείτε με την επιστημονική αριθμομηχανή των Windows είναι: |
| θέση <sup>η</sup> :                                                                                                   | _____                                                                                                          |
| θέση <sup>η</sup> :                                                                                                   | _____                                                                                                          |
| θέση <sup>η</sup> :                                                                                                   | _____                                                                                                          |
| θέση <sup>η</sup> :                                                                                                   | _____                                                                                                          |
| Η πράξη XOR είναι: (Εκτελέστε την με την επιστημονική αριθμομηχανή των Windows)                                       |                                                                                                                |
| (_____) XOR (_____) XOR (_____) XOR (_____) XOR (_____) = _____                                                       |                                                                                                                |
| Η θέση του λάθους (στο δεκαδικό σύστημα) είναι:                                                                       | Η <sup>η</sup> _____                                                                                           |
| Ο διορθωμένος (Σωστός) κωδικός του χαρακτήρα που μεταδόθηκε είναι:                                                    | _____                                                                                                          |

**B) Εκκίνηση δραστηριότητας στο Υπολογιστικό Φύλλο EXCEL**

1. Ανοίξτε στο **Excel** το αρχείο «**Hamming.xls**».

Ας υποθέσουμε ότι θα μεταδώσουμε το χαρακτήρα **A** (με κωδικό 10011000). Μαζί με τον κωδικό του χαρακτήρα, μεταδίδεται και ένας ακόμα κωδικός που ονομάζεται κωδικός Hamming και χρησιμεύει για την ανίχνευση και τη διόρθωση τυχόν λάθους στη μετάδοση.

2. Πληκτρολογήστε στην περιοχή «Αποστολή» τον κωδικό του χαρακτήρα που θέλετε να μεταδώσετε (περιοχή κελιών G3:N3) και που στο παράδειγμα μας είναι α (10011000). Παρατηρήστε ότι υπολογίστηκε ο κωδικός Hamming ως 1001 (στα κίτρινα κελιά)<sup>[2]</sup>.

**Περίπτωση 1<sup>η</sup> : ΣΩΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ**

3. Πληκτρολογήστε στην περιοχή «Λήψη» (κελιά B14:N14) τα ψηφία 1001 10011000 (Ο κωδικός Hamming μαζί και ο κωδικός του χαρακτήρα).

**α).** Παρατηρήστε ότι το μήνυμα ΣΩΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ εμφανίστηκε και ότι στην περιοχή «θέση λάθους» και τα τέσσερα ψηφία είναι 0 (**κανένα λάθος**).

**Περίπτωση 2<sup>η</sup> : ΛΑΘΟΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ**

4. Πληκτρολογήστε στην περιοχή «Λήψη» 1001 10011100. (Το λάθος βρίσκεται στο ψηφίο της 3<sup>ης</sup> θέσης από δεξιά). Παρατηρήστε ότι το μήνυμα ΛΑΘΟΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ εμφανίστηκε, και ότι στην περιοχή «θέση λάθους» εμφανίστηκε ο δυαδικός αριθμός 0011, ο οποίος αντιστοιχεί στο δεκαδικό αριθμό 3, που είναι η θέση στην οποία υπάρχει το λάθος ψηφίο (3<sup>η</sup> θέση). Έτσι, αφού ο παραλήπτης γνωρίζει ότι το ψηφίο που έλαβε στην τρίτη θέση είναι λανθασμένο, έχει τη δυνατότητα άμεσης διόρθωσης.<sup>[3]</sup>

**ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ**

1. Πειραματιστείτε με το υπολογιστικό φύλλο και διαπιστώστε αν ο κώδικας Hamming ανιχνεύει και διορθώνει **ένα σφάλμα** σε οποιαδήποτε θέση και αν βρίσκεται αυτό, μέσα στην οκτάδα του δυαδικού κωδικού του χαρακτήρα που μεταδίδεται.  
.....  
.....
2. Ελέγξτε αν ο κώδικας Hamming έχει τη δυνατότητα να ανιχνεύσει και περισσότερα του ενός σφάλματα στον κωδικό του χαρακτήρα.  
.....  
.....
3. Ποια είναι η συμπεριφορά του κώδικα Hamming, όταν το λάθος βρίσκεται σε κάποιο από τα τέσσερα ψηφία του ίδιου του κωδικού Hamming, που λαμβάνει ο παραλήπτης;  
.....  
.....

## **ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

- [1] **Εύρεση του ASCII κωδικού ενός χαρακτήρα** με το λογισμικό «ΔΕΛΥΣ».
- α) Εκκινήστε το λογισμικό «ΔΕΛΥΣ».
  - β) Επιλέξτε την ενότητα «Επεξεργασία Δεδομένων».
  - γ) Επιλέξτε την υποενότητα «Αποθήκευση /Ανάκτηση Χαρακτήρων».
  - δ) Πατήστε το κουμπί «Αποθήκευση» επάνω αριστερά και έπειτα πληκτρολογήστε τον χαρακτήρα στο πλαίσιο που περιέχει την προτροπή «Δώσε 4 χαρακτήρες».  
(Υποχρεωτικά πληκτρολογήστε 4 χαρακτήρες).
  - ε) Πατήστε μια φορά το κουμπί «Βήμα» για να κωδικοποιηθούν οι χαρακτήρες στο δεκαδικό και ξαναπατήστε το για να κωδικοποιηθούν στο δυαδικό σύστημα.
- [2] **Ο υπολογισμός του κωδικού Hamming** γίνεται με τον τύπο:  
(θέση A) XOR (θέση B) XOR ... XOR (θέση N) όπου τα (θέση A), (θέση B) κ.λπ. είναι οι θέσεις του κωδικού του χαρακτήρα στις οποίες υπάρχουν μονάδες.
- Για παράδειγμα ο κωδικός του χαρακτήρα **a** είναι: 1 0 0 1 1 0 0 0  
Οι θέσεις που υπάρχουν μονάδες είναι:  $8^{\eta}$   $5^{\eta}$   $4^{\eta}$   
Οι θέσεις αυτές στο δυαδικό σύστημα είναι:  $8^{\eta} = 1000$ ,  $5^{\eta} = 0101$ ,  $4^{\eta} = 0100$   
(Μπορείτε να κάνετε τη μετατροπή από δεκαδικό στο δυαδικό σύστημα με την επιστημονική αριθμομηχανή των Windows).  
Ο κωδικός Hamming είναι:  $(1000) \text{ XOR } (0101) \text{ XOR } (0100) = 1001$ . Ελέγξτε τις πράξεις XOR με την αριθμομηχανή των Windows (επιστημονική προβολή).  
Έτσι μαζί με τον κωδικό του χαρακτήρα μεταδίδεται και ο αντίστοιχος κωδικός Hamming.
- [3] Αν ο παραλήπτης λάβει για παράδειγμα 1 0 0 1 1 0 0 (όπου το λάθος βρίσκεται στην  $3^{\eta}$  θέση) το λάθος αυτό ανιχνεύεται με τον εξής υπολογισμό:  
(κωδικός Hamming) XOR (θέση A) XOR (θέση B) XOR ... XOR (θέση N), όπου τα (θέση A), (θέση B) κ.λπ. είναι οι θέσεις του κωδικού του χαρακτήρα που παραλήφθηκε στις οποίες υπάρχουν μονάδες, ενώ ο κωδικός Hamming είναι αυτός που μεταδόθηκε μαζί με το χαρακτήρα.  
Στο παράδειγμά μας  $(1001) \text{ XOR } (1000) \text{ XOR } (0101) \text{ XOR } (0100) \text{ XOR } (0011) =$   
**0011 η θέση του λάθους** ( $0011$  στο δυαδικό = 3 στο δεκαδικό σύστημα. Άρα, το λάθος εντοπίζεται στην  $3^{\eta}$  θέση του κωδικού του χαρακτήρα που μεταδόθηκε).
- [4] Η πράξη XOR είναι μια λογική πράξη (το αποτέλεσμα της δηλαδή μπορεί να είναι ΝΑΙ ή ΟΧΙ ή αλλιώς 1 ή 0), όπως οι πράξεις AND, OR και NOT. Η XOR είναι η πράξη της αποκλειστικής διάζευξης. Αληθεύει (δίνει αποτέλεσμα 1) μόνο όταν **ένας** από τους δύο αριθμούς είναι 1.
- Παράδειγμα
- |         |                    |
|---------|--------------------|
| 1 XOR 1 | = 0 (δεν αληθεύει) |
| 1 XOR 0 | = 1 (αληθεύει)     |
| 0 XOR 1 | = 1 (αληθεύει)     |
| 0 XOR 0 | = 0 (δεν αληθεύει) |