**Το σήμα 00110011 μεταδίδεται με την μέθοδο ανίχνευσης σφαλμάτων του κώδικα Hamming. Έστω ότι κατά την μετάδοση συμβαίνει σφάλμα στο πρώτο από αριστερά bit, δηλαδή ο παραλήπτης λαμβάνει (10110010). Δείξτε αν το σφάλμα αυτό ανιχνεύεται ή/και διορθώνεται στον παραλήπτη.**

**Λύση**

Αριθμός bitsm = 8

Ψάχνουμε να βρούμε το πλήθος n των ψηφίων του κώδικα Hamming που να ικανοποιεί την σχέση 2n≥m+n+1.

Για n=1 έχουμε: 21 = 2 < 8 + 1 +1

Για n=2 έχουμε: 22 = 4 < 8 + 2 + 1

Για n=3 έχουμε: 23 = 8 ≥ 8 + 3 + 1

Για n=4 έχουμε: 24 = 16 > 8 + 4 + 1

Άρα το πλήθος των ψηφίων του κώδικα Hamming είναι 4.

Ορίζουμε με αυθαίρετο τρόπο 4 θέσεις. Η αρίθμηση αρχίζει **από δεξιά προς αριστερά.** . Έστω :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Αριθμός θέσης | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Ακολουθία bits | 0 | 0 | Η4 | 1 | 1 | Η3 | 0 | 0 | Η2 | 1 | 1 | Η1 |

Οι θέσεις ψηφίων του κώδικα Hamming είναι 1, 4, 7, 10.

Παίρνουμε τους αριθμούς των θέσεων που είναι 1 δηλ. 2, 3, 8, 9 τους μετατρέπουμε στον αντίστοιχο δυαδικό αριθμό εκφρασμένο με 4 bits και εφαρμόζουμε XOR.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 0010 | Θέση 2 |
| XOR | 0011 | Θέση 3 |
| Αποτέλεσμα | 0001 |  |
| XOR | 1000 | Θέση 8 |
| Αποτέλεσμα | 1001 |  |
| XOR | 1001 | Θέση 9 |
| Αποτέλεσμα | 0000 |  |

Άρα

bit θέσης 1: H1 = 0,

bit θέσης 4: H2 = 0,

bit θέσης 7: H3 = 0

bit θέσης 10: H4 = 0

Η προς μετάδοση ακολουθία είναι: 000110000110

Έστω ότι ο παραλήπτης λαμβάνει 100110000110. Στην θέση 12 υπάρχει λάθος (αλλαγή από 0 σε 1).

Αριθμεί τις θέσεις **από δεξιά προς αριστερά.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Αριθμός θέσης | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Ακολουθία bits | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |

Οι θέσεις ψηφίων του κώδικα Hamming είναι γνωστές 1, 4, 7, 10.

Εφαρμόζει XOR μεταξύ του κώδικα Hamming και των αριθμών των θέσεων που είναι 1 δηλ. 2, 3, 8, 9, 12 (αφού τους μετατρέψει στον αντίστοιχο δυαδικό αριθμό εκφρασμένο με 4 bits).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 0000 | Κώδικας Hamming |
| XOR | 0010 | Θέση 2 |
| Αποτέλεσμα | 0010 |  |
| XOR | 0011 | Θέση 3 |
| Αποτέλεσμα | 0001 |  |
| XOR | 1000 | Θέση 8 |
| Αποτέλεσμα | 1001 |  |
| XOR | 1001 | Θέση 9 |
| Αποτέλεσμα | 0000 |  |
| XOR | 1100 | Θέση 12 |
| Αποτέλεσμα | 1100 | = 12 |

Αλλάζοντας το bit που βρίσκεται στην θέση 12 έχουμε το σωστό μήνυμα.

**Το μήνυμα M = 10101010 μεταδίδεται με τον αλγόριθμο κυκλικού κώδικα με χρήση πολυωνύμων και χρησιμοποιεί ως προκαθορισμένη ακολουθία την G = 11010. Να δημιουργήσετε την ακολουθία που θα μεταδοθεί. Εάν κατά την μετάδοση συμβεί λάθος στον τρίτο από αριστερά χαρακτήρα (δηλαδή ο παραλήπτης θα λάβει M = 10001010). Τι ενέργειες θα κάνει ο παραλήπτης για να διαπιστώσει την ορθότητα του μηνύματος;**

**Λύση**

Από την εκφώνηση έχουμε:

M = 10101010, η ακολουθία αυτή των 8 bits εκφράζεται ως πολυώνυμο 7ου βαθμού μιας πλασματικής μεταβλητής x

Μήνυμα M(x) = x7 +x5 + x3 + x

Προκαθορισμένη ακολουθία G = 11010, η ακολουθία αυτή των 5 bits εκφράζεται ως πολυώνυμο 4ου βαθμού μιας πλασματικής μεταβλητής x.

G(x) = x4 + x3 + x, άρα k=4.

Για την εφαρμογή του αλγορίθμου κυκλικού κώδικα ακολουθούμε τα βήματα:

ΒΗΜΑ1: M(x) × x4 → x11 +x9 + x7 + x5

ΒΗΜΑ2: Διαίρεση του M(x) × x4 με το G(x) με χρήση κλασική διαίρεση πολυωνύμων. Το πολυώνυμο που αφαιρείται **κάθε φορά** προκύπτει από πολλαπλασιασμό του G(x) επί το πηλίκο των μεγιστοβάθμιων όρων των

M(x) × x5 και G(x) δηλαδή

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 145 :3  14:3=4  3\*4=12  145  -12  025  25:3=8  3\*8=24  25  24  1 | x11 +x9 + x7 + x5 : x4 + x3 + x  x11 : x4 = x7  (x4 + x3 + x) \* x7 = x11 + x10 + x8  x11 +x9 + x7 + x5  -(x11 + x10 + x8)  x10 +x9 + x8 + x7  x10 : x4 = x6  (x4 + x3 + x) \* x6 = x10 + x9 + x7  x10 +x9 + x8 + x7  -(x10 + x9 + x7)  x8 + x5 | x11 +x9 + x7 + x5 x4 + x3 + x  -(x11 +x10+ x8) x7 - x6  0 –x10 +x9 - x8  -(-x10 –x9 –x7) |

(x4 + x3 + x) × ( x11/ x4) =

(x4 + x3 + x) × ( x7) =

x11 + x10 + x8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | x11 | 0 | x9 | 0 | x7 | 0 | x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ← M(x) × x4 |
| G(x) → | x11 | x10 | 0 | x8 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | x10 | x9 | x8 | x7 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | x10 | x9 | 0 | x7 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | x8 | 0 | 0 | x5 | 0 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | x8 | x7 | 0 | x5 | 0 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | x7 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | x7 | x6 | 0 | x4 | 0 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | x6 | 0 | x4 | 0 | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | x6 | x5 | 0 | x3 | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | x5 | x4 | x3 | 0 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | x5 | x4 | 0 | x2 | 0 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | x3 | x2 | 0 | 0 | ←R(x) |

Το υπόλοιπο της διαίρεσης είναι R(x) = x3 + x2.

ΒΗΜΑ4: Το υπόλοιπο της διαίρεσης x2 προστίθεται στο τέλος του M(x) × 24.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| M(x) × x4→ | x11 | 0 | x9 | 0 | x7 | 0 | x5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| R(x) → |  |  |  |  |  |  |  |  | x3 | x2 | 0 | 0 |
| T(x) → | x11 | 0 | x9 | 0 | x7 | 0 | x5 | 0 | x3 | x2 | 0 | 0 |

Ο αποστολέας θα μεταδώσει την ακολουθία

Τ(x) = x11 + x9 + x7+ x5 + x3+ x2

Ο παραλήπτης θα παραλάβει Τ1(x) = x11 + x7+ x5 + x3+ x2

Ο παραλήπτης διαιρεί το Τ1(x) με το G(x) με χρήση κλασική διαίρεση πολυωνύμων. Το πολυώνυμο που αφαιρείται **κάθε φορά** προκύπτει από πολλαπλασιασμό του G(x) επί το πηλίκο των μεγιστοβάθμιων όρων των

M(x) × x5 και G(x) δηλαδή

(x4 + x3 + x) × ( x11/ x4) =

(x4 + x3 + x) × ( x7) =

x11 + x10 + x8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | x11 | 0 | 0 | 0 | x7 | 0 | x5 | 0 | x3 | x2 | 0 | 0 | ← M(x) × x4 |
| G(x) → | x11 | x10 | 0 | x8 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | x10 | 0 | x8 | x7 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | x10 | x9 | 0 | x7 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | x9 | x8 | 0 | 0 | x5 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | x9 | x8 | 0 | x6 | 0 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | x6 | x5 | 0 | x3 | x2 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | x6 | x5 | 0 | x3 | 0 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | x2 | 0 | 0 | ←R(x) |

Ο παραλήπτης βρίσκει υπόλοιπο R(x) = x2 ≠ 0 γεγονός που τον οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει σφάλμα στην ακολουθία που έλαβε.

**1. Ένα αυτοδύναμο πακέτο IP συνολικού μήκους 2.600 bytes (μαζί με την κεφαλίδα μήκους 5 λέξεων) και με τιμή στο πεδίο αναγνώρισης 0x03d8 πρόκειται να διέλθει από δίκτυο Ethernet με MTU = 1.500 bytes, δηλαδή το πλαίσιό του μπορεί να μεταφέρει το πολύ 1.500 bytes. Το πακέτο IP έχει το DF = 0. Να αιτιολογήσετε γιατί θα διασπαστεί το αρχικό πακέτο και να υπολογίσετε σε πόσα τμήματα θα χωριστεί. Ακολούθως να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1o τμήμα** | **2ο τμήμα** |  |  |
| **Μήκος κεφαλίδας**  **(λέξεις των 32 bits)** |  |  |  |  |
| **Συνολικό μήκος (bytes)** |  |  |  |  |
| **Μήκος δεδομένων** |  |  |  |  |
| **Αναγνώριση** |  |  |  |  |
| **DF (σημαία)** |  |  |  |  |
| **MF (σημαία)** |  |  |  |  |
| **Σχετική θέση τμήματος**  **(οκτάδες bytes)** |  |  |  |  |

**Λύση**

Επειδή MTU1 = 2.600 **>** MTU2 = 1500 το πακέτο θα κατατμηθεί αφού επιτρέπεται (DF=0).

Θα διασπαστεί σε δυο πακέτα διότι 2 × 1.500 = 3.000 > 2.600).

Το ωφέλιμο φορτίο του αρχικού πακέτου είναι 2.600 – 20 = 2.580 bytes χωρίς την κεφαλίδα.

Μήκος δεδομένων των τμημάτων

Μήκος Τμήματος μαζί με κεφαλίδα 1.480 + 20 = 1,500 bytes

Το αρχικό πακέτο των 2.600 bytes δεδομένων θα χωριστεί σε

Δηλαδή, 2 πακέτα των 1.480 bytes και ένα με τα δεδομένα που περισσεύουν ήτοι:

Κάθε τμήμα θα έχει το ίδιο πεδίο αναγνώρισης με το αρχικό πακέτο (0x4a28) και το DF = 0.

Επίσης το MF = 1 εκτός από το τελευταίο τμήμα στο οποίο θα είναι MF = 0.

Η σχετική θέση του τμήματος (σε οκτάδες bytes) υπολογίζεται ως εξής

Σχετική θέση για το πρώτο τμήμα = 0 με MF = 1,

Σχετική θέση για το δεύτερο τμήμα 1×185 = 185 με MF = 1.

Το περιεχόμενο των πεδίων των επικεφαλίδων των τμημάτων κατατετμημένου πακέτου

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1o τμήμα | 2ο τμήμα |  |  |
| Μήκος κεφαλίδας  (λέξεις των 32 bits) | 5 | 5 |  |  |
| Συνολικό μήκος (bytes) | 1.500 | 1.120 |  |  |
| Μήκος δεδομένων | 1.480 | 1.100 |  |  |
| Αναγνώριση | 0x03d8 | 0x03d8 |  |  |
| DF (σημαία) | 0 | 0 |  |  |
| MF (σημαία) | 1 | 0 |  |  |
| Σχετική θέση τμήματος  (οκτάδες bytes) | 0 | 185 |  |  |

**2. Από τη διάσπαση ενός πακέτου IP προέκυψε ο πίνακας με τα στοιχεία των τμημάτων, όμως λείπουν μερικά. Συμπληρώστε τα στοιχεία που λείπουν και απαντήστε στο ερώτημα “Ποιο ήταν το συνολικό μήκος του αρχικού πακέτου;”**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **1o τμήμα** | **2ο τμήμα** |  |  |
| **Μήκος κεφαλίδας**  **(λέξεις των 32 bits)** |  | **5** |  |  |
| **Συνολικό μήκος (bytes)** |  | **844** | **100** |  |
| **Μήκος δεδομένων** |  |  |  |  |
| **Αναγνώριση** | **0x02b8** | **0x02b8** |  |  |
| **DF (σημαία)** | **0** |  |  |  |
| **MF (σημαία)** |  |  |  |  |
| **Σχετική θέση τμήματος**  **(οκτάδες bytes)** |  |  | **206** |  |

**Λύση**

Κατ' αρχήν είναι εμφανές ότι υπάρχουν τρία (3) τμήματα. Το τρίτο είναι και το τελευταίο καθώς έχει συνολικό μήκος μικρότερο του προηγουμένου του.

Το μήκος της κεφαλίδας είναι ίδιο με του αρχικού (αδιάσπαστου) αυτοδύναμου πακέτου και ίδιο σε όλα τα τμήματα. Συνεπώς είναι 5 λέξεις των 32 bits το οποίο δίνεται στο 2ο τμήμα.

Το συνολικό μήκος είναι ίδιο σε όλα τα τμήματα εκτός ίσως από το τελευταίο. Συνεπώς το συνολικό μήκος του πρώτου τμήματος είναι ίδιο με του δευτέρου (844).

Το μήκος δεδομένων είναι το συνολικό μήκος μείον το μήκος της κεφαλίδας, δηλ. 844 – 20 = 824 bytes για το πρώτο τμήμα, 824 bytes για το δεύτερο τμήμα και 100 – 20 = 80 bytes για το τρίτο τμήμα.

Για το συνολικό μήκος του αρχικού (αδιάσπαστου) αυτοδύναμου πακέτου:

το μήκος της αρχικής κεφαλίδας (ίδιο με αυτό που δίνεται στον πίνακα, για το 2ο τμήμα, 5 λέξεις των 32bit) είναι 20 bytes. Οπότε το συνολικό μήκος του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου είναι 20 + 824 + 824 + 80 = 1748 bytes.

Αφού είναι τμήματα του ίδιου αρχικού αυτοδύναμου πακέτου έχουν το ίδιο πεδίο αναγνώριση "0x02b6" το οποίο δίνεται.

Το DF δίνεται 0.

Το MF = 1 σε όλα τα τμήματα εκτός από το τελευταίο στο οποίο είναι MF = 0.

Η σχετική θέση του τμήματος (σε οκτάδες bytes) υπολογίζεται ως εξής

Σχετική θέση για το πρώτο τμήμα = 0 με MF=1,

Σχετική θέση για το δεύτερο τμήμα 1 × 103 = 103 με MF=1,

Σχετική θέση για το δεύτερο τμήμα 2 × 103 = 206 με MF=0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1o τμήμα | 2ο τμήμα | 3ο τμήμα |  |
| Μήκος κεφαλίδας  (λέξεις των 32 bits) | 5 | 5 | 5 |  |
| Συνολικό μήκος (bytes) | 844 | 844 | 100 |  |
| Μήκος δεδομένων | 824 | 824 | 80 |  |
| Αναγνώριση | 0x02b8 | 0x02b8 | 0x02b8 |  |
| DF (σημαία) | 0 | 0 | 0 |  |
| MF (σημαία) | 1 | 1 | 0 |  |
| Σχετική θέση τμήματος  (οκτάδες bytes) | 0 | 103 | 206 |  |

**Για τον υπολογιστή με διεύθυνση IP 196.169.73.108 να δώσετε:**

**1) Την κλάση δικτύου στην οποία ανήκει**

**2) Την προκαθορισμένη μάσκα δικτύου**

**3) Τη διεύθυνση δικτύου και τη διεύθυνση εκπομπής**

**4) Τις διευθύνσεις (από - έως) οι οποίες ανήκουν στο ίδιο δίκτυο με τον συγκεκριμένο υπολογιστή**

**5) Τον συνολικό αριθμό υπολογιστών του συγκεκριμένου δικτύου**

**Λύση**

196.169.73.108

1) C, διότι το 196 (**110**00100)2 ανήκει στο διάστημα [192 ... 223]

2) 255.255.255.0

3) Διεύθυνση Δικτύου: 196.169.73.0, Διεύθυνση Εκπομπής: 196.169.73.255

4) 196.169.73.1 - 196.169.73.254

5) 28 – 2 = 254

**Να χωριστεί σε 35 υποδίκτυα το δίκτυο με διεύθυνση δικτύου 172.27.0.0 (10101100.00011011.00000000.00000000) και να δώσετε τα στοιχεία των 3 πρώτων υποδικτύων**

**Λύση**

Διεύθυνση δικτύου:172.27.0.0 (10101100.00011011.00000000.00000000).

Το δίκτυο είναι κλάσης Β

Διεύθυνση δικτύου: 255.255.0.0 (11111111.11111111.00000000.00000000)

Χρειαζόμαστε 35 υποδίκτυα, άρα πρέπει να δεσμεύσουμε 6 ψηφία για το υποδίκτυο που θα μας δώσουν συνολικά 64 υποδίκτυα.

Μάσκα υποδικτύου:11111111.11111111.11111100.00000000

Μάσκα υποδικτύου σε δεκαδική μορφή: 255.255.252.0)

Με 10 ψηφία διαθέσιμα για τους υπολογιστές, κάθε υποδίκτυο θα έχει συνολικό αριθμό διευθύνσεων 210 – 2= 1.022 διευθύνσεις για τους υπολογιστές.

Στοιχεία 1ου υποδικτύου

Διεύθυνση υποδικτύου: 172.27.0.0 (10101100.00011011.00000000.00000000)

Διεύθυνση εκπομπής: 172.27.3.255 (10101100.00011011.00000011.11111111)

Διεύθυνση 1ου υπολογιστή: 172.27.0.1 (10101100.00011011.00000000.00000001)

Διεύθυνση τελευταίου υπολογιστή: 172.27.3.254 (10101100.00011011.00000011.11111110)

Στοιχεία 2ου υποδικτύου

Διεύθυνση υποδικτύου: 172.27.4.0 (10101100.00011011.00000100.00000000)

Διεύθυνση εκπομπής: 172.27.7.255 (10101100.00011011.00000111.11111111)

Διεύθυνση 1ου υπολογιστή: 172.27.4.1 (10101100.00011011.00000100.00000001)

Διεύθυνση τελευταίου υπολογιστή: 172.27.7.254 (10101100.00011011.00000111.11111110)

Στοιχεία 3ου υποδικτύου

Διεύθυνση υποδικτύου: 172.27.8.0 (10101100.00011011.00001000.00000000)

Διεύθυνση εκπομπής: 172.27.8.255 (10101100.00011011.00001000.11111111)

Διεύθυνση 1ου υπολογιστή: 172.27.8.1 (10101100.00011011.00001000.00000001)

Διεύθυνση τελευταίου υπολογιστή: 172.27.11.254 (10101100.00011011.00001011.11111110)