

# Assignment 4: Network Layer-Solutions

---

**Deadline: 11/12/2024 11:59 (το μεσημέρι πριν το φροντιστήριο)**

**Professor:** Maria Papadopouli

**TA:** Katerina Lionta

**Mail :** klionta@csd.uoc.gr

---

## Part A: Data Plane (50 points)

### A1. Forwarding Table (15 points)

Θεωρήστε ένα δίκτυο δεδομενογραμμάτων (datagrams) που χρησιμοποιεί IP addresses των 32-bit. Υποθέστε ότι ένας δρομολογητής (router) έχει τέσσερις ζεύξεις, αριθμημένες από 0 έως 3 και ότι τα πακέτα πρέπει να προωθούνται στις διεπαφές (interfaces) ως εξής:

Destination IP range	Interface
11000000 00000000 00000000 00000000 through 11100000 00111111 11111111 11111111	0
11100000 01000000 00000000 00000000 through 11100000 01000000 11111111 11111111	1
11100000 01000001 00000000 00000000 through 11100001 01111111 11111111 11111111	2
otherwise	3

- a. Δώστε ένα πίνακα προώθησης (forwarding table) που έχει πέντε καταχωρήσεις (entries), χρησιμοποιεί ταίριασμα μεγαλύτερου προθέματος (longest prefix matching) και προωθεί πακέτα στις σωστές διεπαφές (interafces). (5 points)

### Απάντηση

Destination IP range	Interface
11*****	0
11100000 01*****	1
1110000*	2
11100001 1*****	3
otherwise	3

b. **Περιγράψτε** πώς ο πίνακας σας προώθησης (forwarding table) ποροσδιορίζει την κατάλληλη διεπαφή (interface) για δεδομενογράμματα (datagrams) με destination IP address **(5 points)**:

i. 11001000 10010001 01010001 01010101

#### Απάντηση

Το πακέτο με προορισμό αυτή την IP θα προωθηθεί στο interface 0, τα προθέματα που αντιστοιχούν στα interfaces 2,3 δεν ταιριάζουν με την IP.

ii. 11100001 01000000 11000011 00111100

#### Απάντηση

Το πακέτο με προορισμό αυτή την IP θα προωθηθεί στο interface 2, τα προθέματα που αντιστοιχούν στα interfaces 0 και 1 δεν ταιριάζουν με την IP. Θα μπορούσε να προωθηθεί και στο interface 3, αλλά πάντα επιλέγεται το longest prefix matching.

iii. 11100001 10000000 00010001 01110111

#### Απάντηση

Το πακέτο με προορισμό αυτή την IP θα προωθηθεί στο interface 3, τα προθέματα που αντιστοιχούν στα interfaces 0,1,2 δεν ταιριάζουν με την IP.

c. Ξαναγράψτε τον πίνακα προώθησης (forwarding table) χρησιμοποιώντας τον συμβολισμό a.b.c.d/x, αντί για τον binary συμβολισμό. **(5 points)**

### Απάντηση

Destination IP range	Interface
192.0.0.0/2	0
224.64.0.0/10	1
224.0.0.0/7	2
225.128.0.0/9	2
otherwise	3

## A2. Subnetting (15 points)

Θεωρήστε έναν δρομολογητή (router) που διασυνδέει τρία υποδίκτυα (subnets): Υποδίκτυο 1, Υποδίκτυο 2, Υποδίκτυο 3. Υποθέστε ότι όλες οι διεπαφές σε καθ' ένα από αυτά τα υποδίκτυα απαιτείται να έχουν το πρόθεμα 223.1.17.0/24. Επίσης υποθέστε ότι το Υποδίκτυο 1 απαιτείται να υποστηρίζει **τουλάχιστον** 60 διεπαφές (interfaces), το Υποδίκτυο 2 τουλάχιστον 90 και το Υποδίκτυο 3 **τουλάχιστον** 12 διεπαφές. Δώστε τρεις διεθύνσεις δικτύων (network IP addresses), της μορφής a.b.c.d/x που να ικανοποιούν αυτούς τους περιορισμούς.

### Απάντηση

Έχουμε στη διάθεσή μας το πρόθεμα 223.1.17.0/24 και πρέπει να το μοιράσουμε σε 3 υποδίκτυα:

- Υποδίκτυο 1: 60 interfaces
- Υποδίκτυο 2: 90 interfaces
- Υποδίκτυο 3: 12 interfaces

Με το πρόθεμα 223.1.17.0/24, έχουμε στη διάθεσή μας  $2^{(32-24)} - 2 = 2^8 - 2 = 254$  IPs. Συνολικά μας ζητείται να αναθέσουμε  $60 + 90 + 12 = 162$  IPs, εμείς δεν θέλουμε να αφήσουμε ανεκμετάλλετες, άρα θα δώσουμε παραπάνω IPs σε κάθε υποδίκτυο έτσι ώστε να μοιραστούν και οι 254 IPs.

- Υποδίκτυο 2: Θα δώσουμε τις πρώτες 128 IPs, 223.1.17.1-223.1.17.126 = 11011111 000000001 0010001 00000001 - 11011111 000000001 0010001 01111111, το πρόθεμα του υποδικτύου θα είναι 223.1.17.0/25
- Υποδίκτυο 1: Θα δώσουμε τις επόμενες 64 IPs, 223.1.17.127-223.1.17.191 = 11011111 000000001 0010001 10000000 - 11011111 000000001 0010001 10111111, το πρόθεμα του υποδικτύου θα είναι 223.1.17.127/26
- Υποδίκτυο 3: Θα δώσουμε τις υπόλοιπες IPs, 223.1.17.192-223.1.17.254 = 11011111 000000001 0010001 11000000 - 11011111 000000001 0010001 11111110, το πρόθεμα του υποδικτύου θα είναι 223.1.17.192/26

## A3. NAT (20 points)

Υποθέστε ότι ενδιαφέρεστε να ανιχνεύσετε τον αριθμό των υπολογιστών πίσω από ένα NAT. Παρατηρείτε ότι το επίπεδο IP σφραγίζει με έναν αριθμό αναγνώρισης σειριακά κάθε πακέτο IP. Ο αριθμός αναγνώρισης του πρώτου πακέτου IP που παράγεται από έναν υπολογιστή είναι τυχαίος και οι αριθμοί αναγνώρισης των επόμενων πακέτων εκχωρούνται σειριακά. Υποθέστε ότι όλα τα πακέτα IP τα οποία παράγονται από τους υπολογιστές πίσω από το NAT στέλνονται στον εξωτερικό κόσμο.

- Με βάση αυτή την παρατήρηση και υποθέτοντας ότι μπορείτε να ανιχνεύσετε όλα τα πακέτα που στέλνονται από το NAT στον εξωτερικό κόσμο, μπορείτε να περιγράψετε μια απλή τεχνική, η οποία να ανιχνεύει τον αριθμό των μοναδικών υπολογιστών πίσω από ένα NAT; Δικαιολογήστε την απάντησή σας. (10 points)

### Απάντηση

Για κάθε πακέτο θα ελέγχουμε το αριθμό αναγνώρισης και αν αυτός ο αριθμός είναι τυχαίος και δεν έχει μικρή απόσταση από άλλους τυχαίους αριθμούς που έχουμε βρει αυξάνουμε τον counter των υπολογιστών κατά 1. Δεν αυξάνουμε τον counter των υπολογιστών όταν ανιχνεύουμε ένα πακέτο με αριθμό αναγνώρισης που είναι πολύ κοντά σε έναν αριθμό που έχουμε βρει ήδη γιατί αυτό σημαίνει ότι είναι ένα επόμενο πακέτο που έχει στείλει ένας υπολογιστής που τον έχουμε ήδη προσμετρήσει.

- b. Εάν οι αριθμοί αναγνώρισης δεν εκχωρούνται σειριακά αλλά τυχαία, θα δουλέψει η τεχνική σας; Δικαιολογήστε την απάντησή σας. **(10 points)**

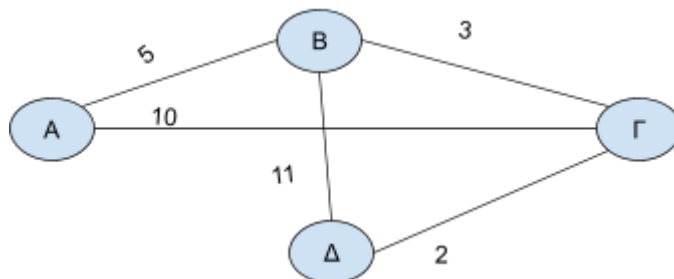
### Απάντηση

Δεν θα δουλέψει η τεχνική μας αφού τώρα κάθε νέος αριθμός αναγνώρισης δεν σημαίνει καινούριος υπολογιστής, αλλά σημαίνει ένα νέο πακέτο.

## Part B: Control Plane (50 points)

### B1. Dijkstra (10 points)

Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο του Dijkstra και δείχνοντας την συλλογιστική σας με έναν πίνακα παρόμοιο με αυτόν που υπάρχει στο αντίστοιχο φροντιστήριο, υπολογίστε τη συντομότερη διαδρομή από τον A προς όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου.

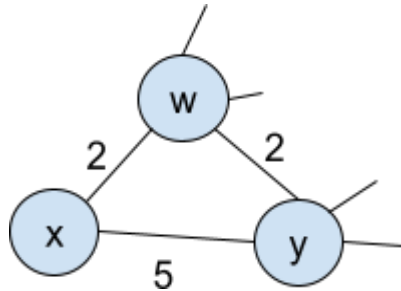


### Απάντηση

N	D(A), p(A)	D(B), p(B)	D(Γ), p(Γ)	D(Δ), p(Δ)
A	-	5,A	10,A	$\infty$
AB	-	-	8,B	16,B
ABΓ	-	-	-	10,Γ
ABΓΔ	-	-	-	-

## B2. Distance Vector (20 points)

Θεωρήστε το απόσπασμα του δικτύου που φαίνεται παρακάτω. Ο  $x$  έχει μόνο δύο συνδεδεμένους γείτονες, τους  $w$  και  $y$ . Ο  $w$  έχει μια διαδρομή ελαχίστου κόστους 5 προς τον προορισμό  $u$  (δε φαίνεται στο σχήμα) και ο  $y$  έχει μια διαδρομή ελαχίστου κόστους 6 προς τον  $u$ . Δεν δείχνονται οι πλήρεις διαδρομές από τους  $w$  και  $y$  προς τον  $u$  (και μεταξύ  $w$  και  $y$ ). Τα κόστη όλων των ζεύξεων μέσα στο δίκτυο έχουν αυστηρά θετικές ακέραιες τιμές.



- a. Δώστε το διάνυσμα απόστασης του  $x$  για τους προορισμούς  $w, y$  και  $u$ . (10 points)

### Απάντηση

- $x \rightarrow w$ :  $D_x(w) = \min\{c(x,w) + D_w(w), c(x,y) + D_y(w)\} = \{2+0, 5+2\} = 2$
  - $x \rightarrow y$ :  $D_x(y) = \min\{c(x,y) + D_y(y), c(x,w) + D_w(y)\} = \{5+0, 2+2\} = 4$
  - $x \rightarrow u$ :  $D_x(u) = \min\{D_x(w) + D_w(u), D_x(y) + D_y(u)\} = \{2+5, 4+6\} = 7$
- b. Δώστε μία αλλαγή κόστους ζεύξης για το  $c(x,w)$  ή το  $c(x,y)$ , τέτοια ώστε ο  $x$  να πληροφορήσει τους γείτονές του για μια νέα διαδρομή ελαχίστου κόστους προς τον  $u$ , ως αποτέλεσμα του αλγορίθμου διανύσματος απόστασης (distance vector). (10 points)

### Απάντηση

Η ελάχιστη διαδρομή από τον  $x$  στον  $w$  είναι 2 και είναι απευθείας. Η ελάχιστη διαδρομή από τον  $x$  στον  $y$  είναι μέσω του  $w$ . Εμείς θα αλλάξουμε τη διαδρομή ελαχίστου κόστους  $c(x,y)$  να είναι κι αυτή απευθείας και να μην πηγαίνει μέσω του  $w$ , αυτό θα το πετύχουμε μειώνοντας το κόστος της ζεύξης  $x \rightarrow y$  να είναι  $< 4$  (που είναι η διαδρομή μέσω του  $w$ ), αν βάλουμε το κόστος της ζεύξης  $x \rightarrow y$  να είναι 3 τότε ο  $x$  θα ενημερώσει τους γείτονές του για μια νέα διαδρομή ελαχίστου κόστους.

### B3. Distance Vector - count to infinity (10 points)

Θεωρήστε το πρόβλημα μέτρησης μέχρι το άπειρο (count-to-infinity) στη δρομολόγηση διανύσματος απόστασης. Θα εμφανιστεί το πρόβλημα εάν μειώσουμε το κόστος μιας ζεύξης; Γιατί; Τι θα συμβεί αν συνδέσουμε δύο κόμβους, οι οποίοι δεν έχουν μια ζεύξη μεταξύ τους;

#### Απάντηση

Όχι δεν εμφανίζεται το πρόβλημα count-to-infinity αν μειώσουμε το κόστος μιας ζεύξης γιατί οι κόμβοι το αντιλαμβάνονται κατευθείαν ότι πρέπει να αλλάξουν τα κόστη των αποστάσεων αφού δημιουργείται μονοπάτι με μικρότερο κόστος και στέλνουν εγκαίρως τα κατάλληλα μηνύματα στους γείτονές τους για να αλλάξουν τους πίνακές τους, έτσι η διαδικασία συκλίνει γρήγορα.

Αν συνδέσουμε δυο κόμβους που πριν δεν ήταν συνδεδεμένοι υπάρχουν δύο περιπτώσεις:

1. Με τη σύνδεση τους να δημιουργούνται μονοπάτια με μικρότερο κόστος προς κάποιους άλλους κόμβους, οι κόμβοι το αντιλαμβάνονται και στέλνουν μηνύματα στους γείτονές τους άμεσα
2. Μετά τη σύνδεσή τους να μην δημιουργούνται μονοπάτια με μεγαλύτερο κόστος από τα ελαχίστου κόστους μονοπάτια άρα οι κόμβοι δεν ενημερώνουν τους γείτονες, αυτό δεν έχει κάποια επίπτωση αφού δεν υπάρχει μονοπάτι που να περνάει από αυτούς τους κόμβους και δεν κινδυνεύουμε να προκαλέσουμε το πρόβλημα count-to-infinity

### B4. BGP (10 points)

Περιγράψτε πως στο BGP μπορούν να ανιχνευθούν βρόχοι (κύκλοι) σε διαδρομές.

#### Απάντηση

Αν στον πίνακα δρομολόγησης του BGP βρούμε σε κάποιο entry κάποιο AS-PATH που περιέχει ένα AS παραπάνω από μια φορά τότε υπάρχει κύκλος στο μονοπάτι.

---

### Submission

1. Consolidate your report into a **single PDF** file
2. Send it to **klionta@csd.uoc.gr** with the **subject: 335a\_assign4\_AM** (deliverables with different subjects will not be accepted ), replace AM with your AM