

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ
Δρ. Άννα Κεφάλαια

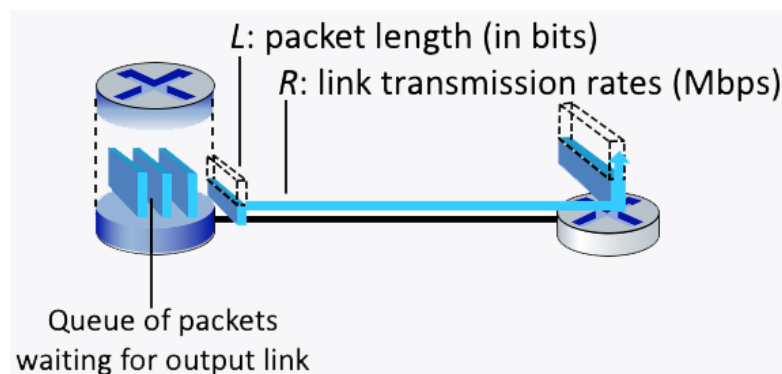
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣ ΜΕΛΕΤΗ – 1^ο Μέρος

1. Θεωρήστε ότι στέλνετε ένα πακέτο από έναν υπολογιστή προέλευσης σε έναν υπολογιστή προορισμού μέσω μίας συγκεκριμένης διαδρομής. Αναφέρετε ποια **είδη καθυστέρησης** περιλαμβάνει η καθυστέρηση από-άκρο-σε-άκρο.

Απάντηση:

- **Καθυστέρηση επεξεργασίας** (τάξεως microseconds): χρόνος που χρειάζεται μεταγωγέας για:
 - Επεξεργασία επικεφαλίδας πακέτου
 - Προσδιορισμό ζεύξης προώθησης πακέτου
 - Έλεγχο σφαλμάτων πακέτου
- **Καθυστέρηση αναμονής** (τάξεως microseconds ~milliseconds): χρόνος που περιμένει το πακέτο για να χρησιμοποιήσει τη γραμμή.
- **Καθυστέρηση μετάδοσης** (τάξεως microseconds ~milliseconds): χρόνος που απαιτείται για να γίνει μετάδοση όλων των bits του πακέτου στη ζεύξη εξόδου.
 $D = L / C$, όπου L: μέγεθος πακέτου σε bits και C: χωρητικότητα/ταχύτητα ζεύξης σε bps
- **Καθυστέρηση διάδοσης** (τάξεως microseconds ~milliseconds) : χρόνος που απαιτείται για να διανύσει το σήμα την απόσταση μιας ζεύξης. Εξαρτάται από το φυσικό μέσο και το μήκος της ζεύξης.
 $d = \text{μήκος φυσικής ζεύξης} / \text{ταχύτητα διάδοσης σήματος στη ζεύξη}$
 Ταχύτητα διάδοσης σε ενσύρματη ζεύξη (χάλκινο καλώδιο): $\sim 2 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$
 Ταχύτητα διάδοσης σε ασύρματη ζεύξη (ταχύτητα φωτός): $\sim 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$

2. Έστω το παρακάτω δίκτυο, στο οποίο ένας δρομολογητής μεταδίδει πακέτα μήκους **L bits** χρησιμοποιώντας μία σύνδεση με ρυθμό μετάδοσης **R Mbps** σε έναν άλλο δρομολογητή στην άλλη άκρη της σύνδεσης.

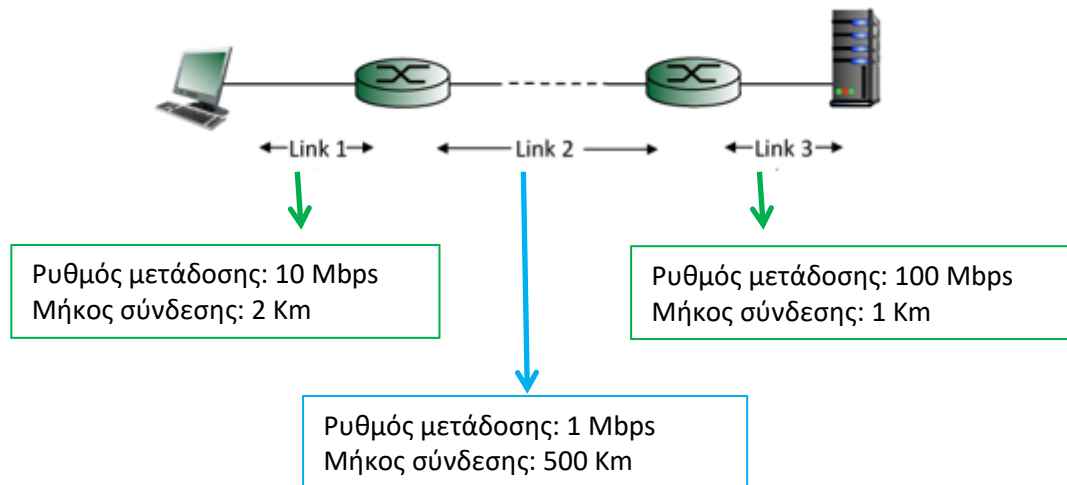


- i. Αν $L = 12000 \text{ bits}$ και $R = 1 \text{ Mbps}$, υπολογίστε την καθυστέρηση μετάδοσης.
- ii. Ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός πακέτων που μπορούν να μεταδοθούν στη σύνδεση το δευτερόλεπτο;

Απάντηση:

- i. Καθυστέρηση Μετάδοσης (Transmission Delay, TD) = $L/R = 12000 \text{ bits} / 1 \cdot 10^6 \text{ bps} = 0.012 \text{ sec}$
- ii. Μέγιστος αριθμός πακέτων: Σε ένα sec μεταδίδονται 1000000 bits. Πόσα πακέτα των 12000 bits μπορούν να μεταδοθούν σε 1 sec;
 Αριθμός πακέτων = $1000000/12000 = 83.33 = 83 \text{ πακέτα}$

3. Δίνεται το ακόλουθο δίκτυο:



Βρείτε την **από-άκρο-σε-άκρο καθυστέρηση** (συμπεριλάβετε τις καθυστερήσεις μετάδοσης και διάδοσης σε κάθε μία από τις τρεις συνδέσεις, αγνοήστε τις καθυστερήσεις αναμονής και επεξεργασίας) από τη στιγμή που ο αριστερός κόμβος ξεκινά τη μετάδοση του 1^{ου} bit ενός πακέτου, ως τη στιγμή που φθάνει στο δεξιό κόμβο το τελευταίο bit του πακέτου. Θεωρήστε ότι και οι τρεις συνδέσεις έχουν ταχύτητα διάδοσης, αυτή του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m/sec) και ότι το μέγεθος του πακέτου είναι 4.000 bits.

Απάντηση:

Υπολογίζω τις επιμέρους καθυστερήσεις:

Έστω KM: Καθυστέρηση Μετάδοσης και ΚΔ: Καθυστέρηση Διάδοσης

Καθυστέρηση από-άκρο-σε-άκρο $D = KM1 + K\Delta1$ (Link 1) + $KM2 + K\Delta2$ (Link 2) + $KM3 + K\Delta3$ ((Link 3)

$KM1 = L/R = 4000 \text{ bits} / 10 \text{ Mbps} = 0,4 \text{ msec.}$

$K\Delta1 = d/s = 2 \text{ Km} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 0,0066 \text{ msec.}$

$KM2 = L/R = 4000 \text{ bits} / 1 \text{ Mbps} = 4 \text{ msec.}$

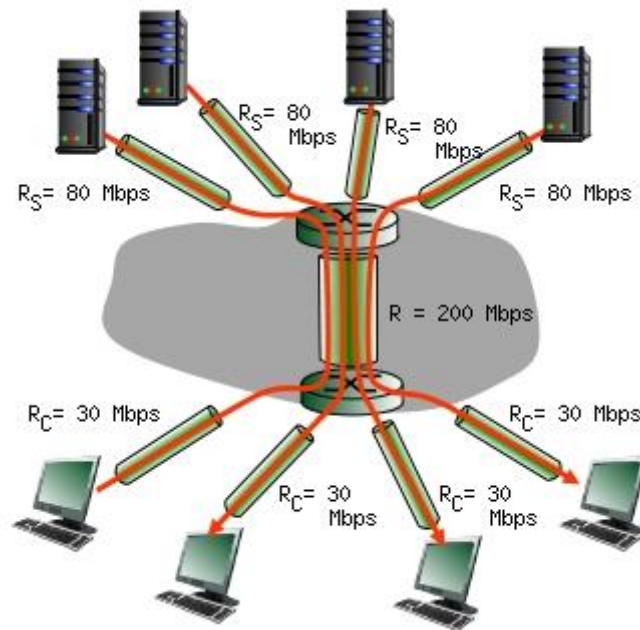
$K\Delta2 = d/s = 500 \text{ Km} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 1,66 \text{ msec.}$

$KM3 = L/R = 4000 \text{ bits} / 100 \text{ Mbps} = 0,04 \text{ msec.}$

$K\Delta3 = d/s = 1 \text{ Km} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec} = 0,0033 \text{ msec.}$

Οπότε $D = 6,1099 \text{ msec.}$

4. Θεωρήστε το σενάριο που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα, κατά το οποίο 4 εξυπηρετητές συνδέονται με 4 πελάτες μέσω 4 διαδρομών των τριών βημάτων (hops). Τα 4 ζευγάρια επικοινωνίας μοιράζονται στο ενδιάμεσο βήμα της διαδρομής τους ένα κοινό δίαυλο με χωρητικότητα μετάδοσης $R = 200 \text{ Mbps}$. Για το 1^ο βήμα της κάθε διαδρομής, οι συνδέσεις και των τεσσάρων εξυπηρετητών έχουν χωρητικότητα μετάδοσης $R_s = 80 \text{ Mbps}$. Ενώ για το 3^ο βήμα της κάθε διαδρομής, οι συνδέσεις των τεσσάρων πελατών έχουν χωρητικότητα μετάδοσης $R_c = 30 \text{ Mbps}$.
- (α) Ποια είναι η μέγιστη (end-to-end throughput) διεκπεραιωτική ικανότητα από-άκρο-σε-άκρο (σε Mbps) για κάθε ένα από τα 4 ζευγάρια πελάτη-εξυπηρετητή, θεωρώντας ότι ο κοινός δίαυλος διαμοιράζεται δίκαια μεταξύ των 4 επικοινωνιών;
- (β) Ποια σύνδεση αποτελεί το σημείο συμφόρησης (bottleneck) σε κάθε επικοινωνία;
- (γ) Αν υποθέσουμε ότι ο εξυπηρετητής στέλνει δεδομένα με το μέγιστο ρυθμό μετάδοσης που μπορεί να χρησιμοποιήσει, ποιος είναι ο βαθμός χρησιμοποίησης της σύνδεσης του εξυπηρετητή (R_s), της σύνδεσης του πελάτη (R_c) και του διαμοιραζόμενου διαύλου (R);



Απάντηση:

(α) η μέγιστη (end-to-end throughput) διεκπεραιωτική ικανότητα από-άκρο-σε-άκρο (σε Mbps) για κάθε ένα από τα 4 ζευγάρια πελάτη-εξυπηρετητή είναι 30 Mbps (η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να υποστηριχθεί σε κάθε κομμάτι της διαδρομής).

(β) το σημείο συμφόρησης είναι το 3^ο βήμα της διαδρομής, οι συνδέσεις των πελατών με 30 Mbps ταχύτητα μετάδοσης, η οποία είναι μικρότερη από το R_S (80 Mbps) και από το $R/4 = 200 \text{ Mbps} / 4 = 50 \text{ Mbps}$.

(γ) Ο βαθμός χρησιμοποίησης μιας σύνδεσης εξαρτάται από την ταχύτητα μετάδοσης που υποστηρίζει η σύνδεση και τη μέγιστη διεκπεραιωτική ικανότητα της συνολικής διαδρομής της επικοινωνίας, συνήθως εκφράζεται ως ποσοστό %. Συνεπώς:

- Βαθμός χρησιμοποίησης για τη σύνδεση των εξυπηρετητών: $30 \text{ Mbps} / R_S = 30 \text{ Mbps} / 80 \text{ Mbps} = 0,375$ ή 37,5%
- Βαθμός χρησιμοποίησης για τη σύνδεση των πελατών: $30 \text{ Mbps} / R_C = 30 \text{ Mbps} / 30 \text{ Mbps} = 1$ ή 100%
- Βαθμός χρησιμοποίησης για τη σύνδεση του διαμοιραζόμενου διαύλου: $30 \text{ Mbps} / R = 30 \text{ Mbps} / 50 \text{ Mbps} = 0,6$ ή 60%

5. Για τις παρακάτω IP διευθύνσεις να εκφραστεί η δυαδική τους μορφή καθώς επίσης και η δεκαδική με τελείες μορφή της μάσκας τους. Σε ποιο δίκτυο ανήκουν (IP διεύθυνση δικτύου): **145.32.59.24/16, 145.32.59.24/20**

Απάντηση:

- **145.32.59.24/16**
 Δυαδική μορφή διεύθυνσης: 10010001.00100000.00111011.00011000
 Δεκαδική με τελείες μορφή μάσκας: 255.255.0.0
 Δίκτυο: 145.32.0.0/16
- **145.32.59.24/20**
 Δυαδική μορφή διεύθυνσης: 10010001.00100000.00111011.00011000
 Δεκαδική με τελείες μορφή μάσκας: 255.255.240.0
 Δίκτυο: 145.32.48.0/20

6. Θεωρήστε το ακόλουθο σενάριο:

Σε ένα μικρό πάροχο υπηρεσιών Cloud, έχει διατεθεί το εύρος IP διευθύνσεων **192.168.200.0/24**. Χρειάζεται να δημιουργηθούν τα ακόλουθα subnets για τις υπηρεσίες τις οποίες προσφέρει:

- Web servers: απαιτούνται 60 hosts.
- Database servers: απαιτούνται 20 hosts.
- Application servers: απαιτούνται 30 hosts.

Ζητούνται τα ακόλουθα:

- Subnetting*: Χωρίστε το διαθέσιμο εύρος διευθύνσεων με κατάλληλη subnet mask, με τρόπο ώστε να δοθούν διευθύνσεις σε όλους τους hosts κάθε υποδικτύου με τη μεγαλύτερη δυνατή οικονομία.
- Network και Broadcast address*: ποιες θα είναι οι διευθύνσεις δικτύου και broadcast σε κάθε subnet;
- IP range για τους hosts*: ποιο είναι το διαθέσιμο εύρος διευθύνσεων για τους hosts σε κάθε υποδίκτυο;
- Διάγραμμα δικτύου*: δώστε την διαγραμματική απεικόνιση του δικτύου με τα υποδίκτυα, προσδιορίζοντας και ενδεικτικό δικτυακό εξοπλισμό (routers, switches) που θα χρειαστεί.

Απάντηση:

- Εφόσον η μάσκα είναι στα 24 bits (255.255.255.0), έχουμε διαθέσιμα $32 - 24 = 8$ bits για χρήση στο δίκτυο του Cloud Provider για διευθυνσιοδότηση των υποδικτύων και των hosts τους. Η διευθυνσιοδότηση θέλουμε να πραγματοποιηθεί με τη μέγιστη δυνατή οικονομία στις διευθύνσεις.

Στο **Υποδίκτυο Web servers** απαιτούνται 61 διευθύνσεις για hosts (60 hosts + 1 interface του router).

61 διευθύνσεις $\rightarrow$ 6 bits.

Στο **Υποδίκτυο Database servers** απαιτούνται 21 διευθύνσεις για hosts (20 hosts + 1 interface του router).

21 διευθύνσεις $\rightarrow$ 5 bits.

Στο **Υποδίκτυο Application servers** απαιτούνται 31 διευθύνσεις για hosts (30 hosts + 1 interface του router).

31 διευθύνσεις $\rightarrow$ 6 bits.

Σημείωση: στο εσωτερικό ενός υποδικτύου, οι 2 διευθύνσεις: *Διεύθυνση δικτύου*: όλα τα bits στο κομμάτι των hosts έχουν τιμή 0. *Διεύθυνση Broadcast*: όλα τα bits στο κομμάτι των hosts έχουν τιμή 1. Δεν μπορούν να δοθούν σε συγκεκριμένο host.

Θα χρησιμοποιήσω **VLSM** (Variable-Length Subnet Mask), διαφορετική μάσκα για subnets διαφορετικής δυναμικότητας σε hosts.

Ξεκινάω από το υποδίκτυο με τους περισσότερους hosts. Ο χώρος διευθύνσεων έχει διαθέσιμα 8 bits για τους hosts:

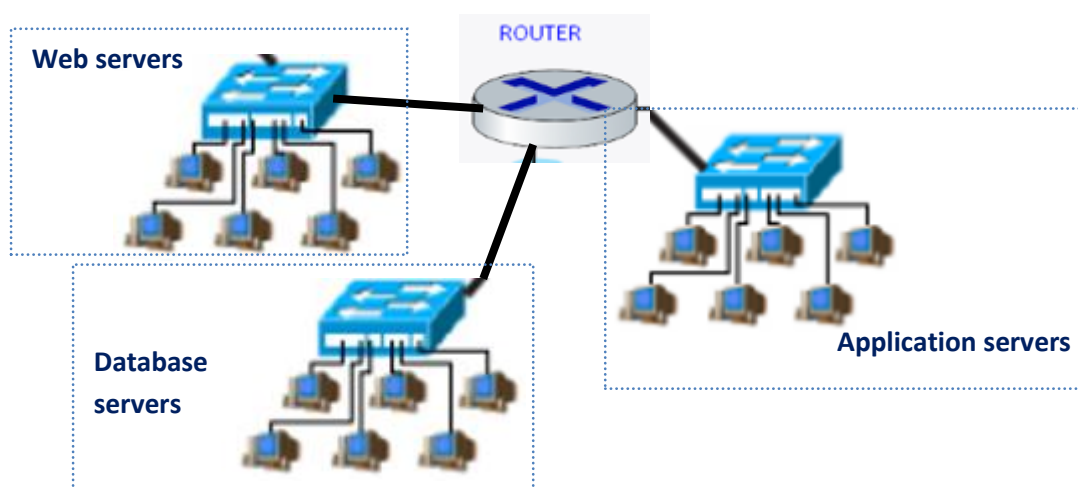
11000000 10101000 11001000 00000000 $\rightarrow$	11000000 10101000 11001000 00000000
192.168.200.0/24	192.168.200.0/26 $\rightarrow$ Web servers
	11000000 10101000 11001000 01000000
	192.168.200.64/26 $\rightarrow$ Application servers
	11000000 10101000 11001000 10000000
	192.168.200.128/26
	11000000 10101000 11001000 11000000
	192.168.200.192/26

11000000 10101000 11001000 10000000 $\rightarrow$	11000000 10101000 11001000 10000000
192.168.200.128/26	192.168.200.128/27 $\rightarrow$ Database servers
	11000000 10101000 11001000 10100000
	192.168.200.160/27

- ii. Διευθύνσεις δικτύου, Broadcast και εύρος διευθύνσεων hosts σε κάθε υποδίκτυο:
- iii.

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ	BROADCAST	ΕΥΡΟΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ HOSTS
Web servers: 192.168.200.0/26	192.168.200.63/26	192.168.200.1 έως 192.168.200.62
Database servers: 192.168.200.128/27	192.168.200.159/27	192.168.200.129 έως 192.168.200.158
Application servers: 192.168.200.64/26	192.168.200.127/26	192.168.200.65 έως 192.168.200.126

- iv. Ενδεικτική διαγραμματική απεικόνιση του δικτύου:



Στο ενδεικτικό διάγραμμα χρησιμοποιείται ο ακόλουθος δικτυακός εξοπλισμός:

- Ένας δρομολογητής (router) για τη διασύνδεση των υποδικτύων μεταξύ τους και τη δρομολόγηση της πληροφορίας στο δίκτυο.
- Τρεις μεταγωγείς (switches), ένα σε κάθε υποδίκτυο (σε υποδίκτυα με περισσότερους από 24 hosts θα χρησιμοποιηθούν περισσότερα switches σε συστοιχία) για τη διασύνδεση των hosts στο δίκτυο.

7. Έστω τέσσερα (4) δίκτυα 193.92.96.0/24, 193.92.97.0/24, 193.92.98.0/24 και 193.92.99.0/24. Είναι δυνατόν να αναφερθείτε σε αυτά τα δίκτυα από κοινού με μία διεύθυνση; Αν ναι, ποια διεύθυνση και πως; Αν όχι γιατί;

Έστω τέσσερα (4) δίκτυα 193.92.98.0/24, 193.92.99.0/24, 193.92.100.0/24 και 193.92.101.0/24. Είναι δυνατόν να αναφερθείτε σε αυτά τα δίκτυα από κοινού με μία διεύθυνση; Αν ναι, ποια διεύθυνση και πως; Αν όχι γιατί;

Απάντηση:

(α) Θα πρέπει να ακολουθηθεί διαδικασία **supernetting**, κατά την οποία προσπαθούμε να βρούμε μία διεύθυνση με την οποία μπορούμε να αναφερθούμε στα δίκτυά μας και μόνο σε αυτά.

IP Διεύθυνση	1° Byte	2° Byte	3° Byte	4° Byte
193.92.96.0	11000001	01011100	01100000	00000000
193.92.97.0	11000001	01011100	01100001	00000000
193.92.98.0	11000001	01011100	01100010	00000000
193.92.99.0	11000001	01011100	01100011	00000000

Τα αντίστοιχα bits σε όλες τις διευθύνσεις έχουν την ίδια τιμή!

Όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί τιμών για τα δύο αυτά bits περιλαμβάνονται στις διευθύνσεις μας!

Επομένως αντί για τις 4 διευθύνσεις μπορώ να χρησιμοποιήσω την παρακάτω διεύθυνση για να αναφερθώ και στα 4 δίκτυά μου.

193.92.96.0/22

(β) Αντίστοιχα:

IP Διεύθυνση	1° Byte	2° Byte	3° Byte	4° Byte
193.92.98.0	11000001	01011100	01100010	00000000
193.92.99.0	11000001	01011100	01100011	00000000
193.92.100.0	11000001	01011100	01100100	00000000
193.92.101.0	11000001	01011100	01100101	00000000

Τα αντίστοιχα bits σε όλες τις διευθύνσεις ΔΕΝ έχουν την ίδια τιμή!

Όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί τιμών για τα δύο αυτά bits περιλαμβάνονται στις διευθύνσεις μας!

Επομένως ΔΕΝ μπορώ να χρησιμοποιήσω 1 διεύθυνση για να αναφερθώ στα 4 δίκτυά μου και μόνο σε αυτά.

8. Έστω ότι εφαρμόζεται **Αταξική Δρομολόγηση Μεταξύ Περιοχών** (CIDR) για τη δρομολόγηση των πακέτων σε ένα δίκτυο. Θεωρήστε τον παρακάτω πίνακα προώθησης ενός δρομολογητή R:

Διεύθυνση/Μάσκα Δικτύου	Διεπαφή Δρομολογητή
149.164.24.0/22	Interface 0
149.164.28.0/24	Interface 1
128.119.244.0/23	Interface 2
0.0.0.0 (default)	Interface 3

Σε ποια διεπαφή του, θα προωθήσει ο Δρομολογητής τα πακέτα που φθάνουν σε αυτόν, για κάθε έναν από τους ακόλουθους προορισμούς (IP διευθύνσεις).

- 149.164.31.254
- 149.164.24.136
- 149.164.56.136
- 128.119.245.12

Απάντηση:

Επιλέγω κάθε φορά την εγγραφή που καλύπτει τον κόμβο προορισμού κι έχει τη μεγαλύτερη μάσκα.

```
> 149.164.31.254    10010101|10100100|00011111|11111110
○ 149.164.24.0/22  10010101|10100100|00011000|00000000
○ 149.164.28.0/24  10010101|10100100|00011100|00000000
○ 128.119.244.0/23 10000000|01110111|11110100|00000000
```

Interface 3

```
> 149.164.24.136   10010101|10100100|00011000|10001000
○ 149.164.24.0/22  10010101|10100100|00011000|00000000
○ 149.164.28.0/24  10010101|10100100|00011100|00000000
○ 128.119.244.0/23 10000000|01110111|11110100|00000000
```

Interface 0

```
> 149.164.56.136   10010101|10100100|00111000|10001000
○ 149.164.24.0/22  10010101|10100100|00011000|00000000
○ 149.164.28.0/24  10010101|10100100|00011100|00000000
○ 128.119.244.0/23 10000000|01110111|11110100|00000000
```

Interface 3

➤ 128.119.245.12	10000000 01110111 11110101 00001100	
○ 149.164.24.0/22	10010101 10100100 00011000 00000000	} Interface 2
○ 149.164.28.0/24	10010101 10100100 00011100 00000000	
○ 128.119.244.0/23	10000000 01110111 11110100 00000000	

Επομένως:

ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ	ΕΠΟΜΕΝΟ ΒΗΜΑ
i.	Interface 3
ii.	Interface 0
iii.	Interface 3
v.	Interface 2