



4ο Εργαστήριο

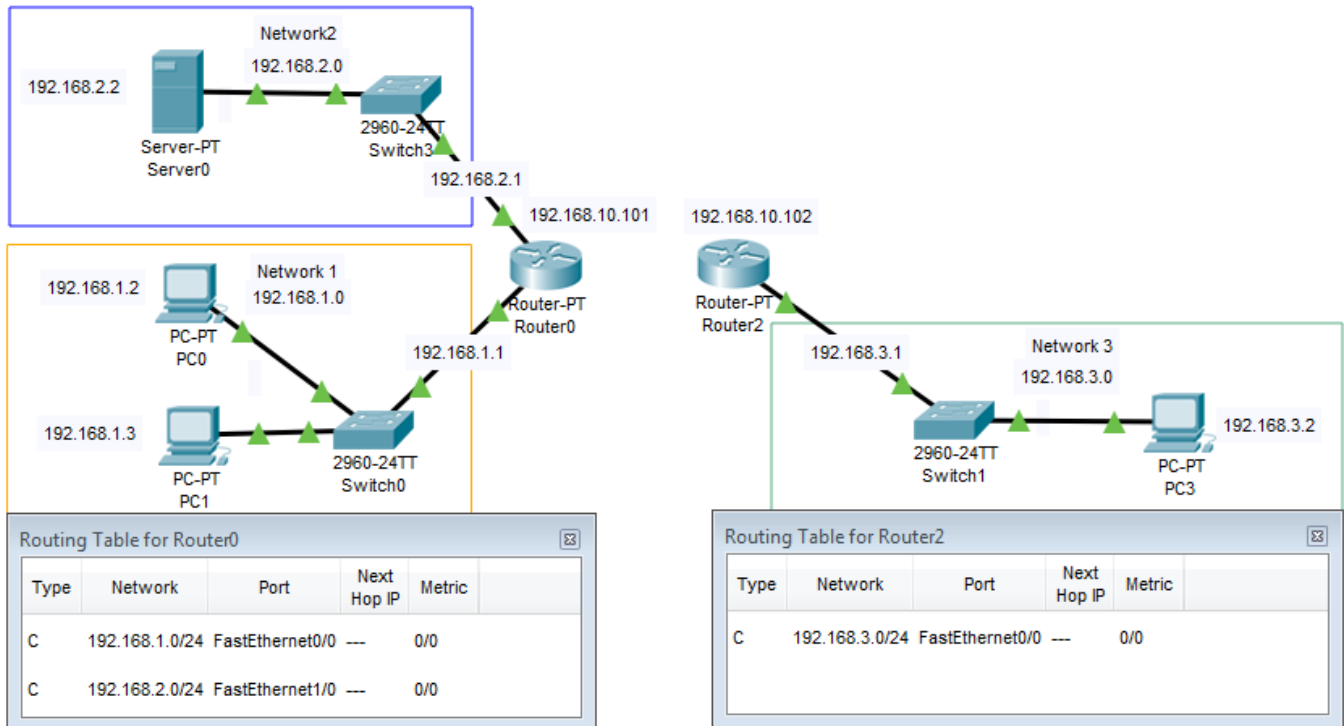
Στόχος Α

Μελέτη των πρωτοκόλλων του επιπέδου δικτύου – network - (L3) της στοίβας πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Κατανόηση της μηχανικής των διευθύνσεων του πρωτοκόλλου IP v4.

- Subnetting.
- Απόδοση IP διευθύνσεων σε δικτυακές συσκευές.
- Συνδέσεις μεταξύ δρομολογητών
- Δρομολόγηση των IP πακέτων με στατικό τρόπο.

Ρυθμίσεις IP και Gateway

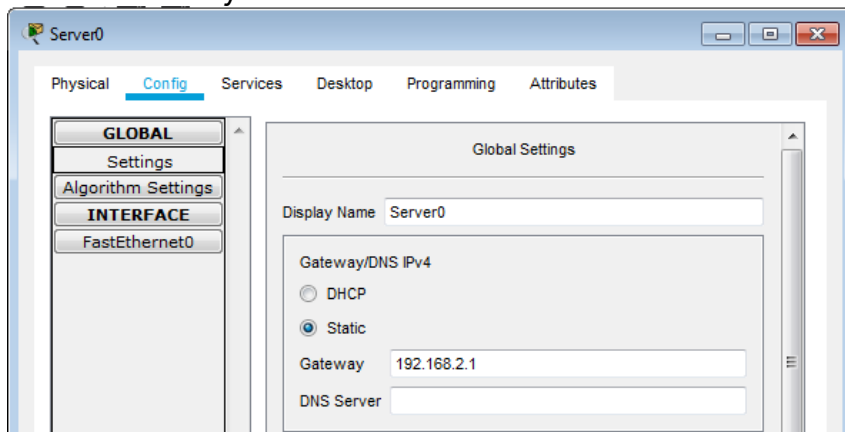
Στο παρακάτω απλό μοντέλο υπάρχουν τρία δίκτυα με δύο routers που δεν έχουν συνδεθεί σε φυσικό επίπεδο (L1).



Εικόνα 1: Βασική ρύθμιση IP/Gateway χωρίς σύνδεση δρομολογητών

- Στον Router0 έχουμε αναθέσει διευθύνσεις IP στα FastEthernet0/0 (R0/Fa0/0) , FastEthernet1/0 (R0/Fa1/0) και στον Router2 στο FastEthernet0/0 (R2/Fa0/0) , για τα δίκτυα 192.168.1.0, 192.168.2.0 και 192.168.3.0 αντίστοιχα. Ο πίνακας δρομολόγησης (routing table) του κάθε δρομολογητή επιτρέπει την πρόσβαση από κάθε υπολογιστή στα δίκτυα που έχει δηλωμένα ως τύπου C, δηλαδή ως connected.
- Σε κάθε υπολογιστή έχουμε συμπληρώσει την ρύθμιση Gateway με τα IP των interfaces των routers. Για παράδειγμα ο Server0 έχει ως Gateway το 192.168.2.1 που αντιστοιχεί στο R0/Fa1/0.

Οι υπολογιστές του Network1 μπορούν να επικοινωνήσουν σε L3 επίπεδο με τους υπολογιστές του Network2 καθώς και τα δύο δίκτυα έχουν εγγραφές τύπου C στο routing table και χρησιμοποιούν τα σωστά Gateway.



Εικόνα 2: Ρύθμιση Gateway

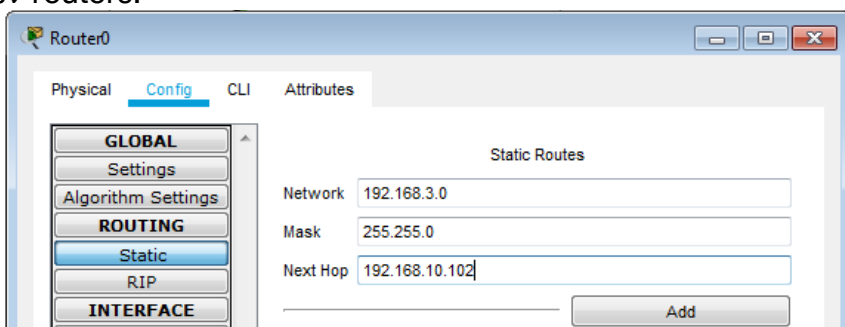
Ολοκλήρωση ρυθμίσεων δρομολόγησης

Συνδέουμε τους routers μεταξύ τους με οπτική ίνα (Fiber) στα εκατέρωθεν FastEthernet4/0, R0/Fa4/0 ↔ R2/Fa4/0 και η σύνδεση αυτή δημιουργεί ένα «δίκτυο» μεταξύ των δύο routers. Στο μοντέλο της Εικόνας 2 το network prefix είναι το 192.168.10.0/24 και έχουμε τις παρακάτω διευθύνσεις IP.

R0/Fa4/0	192.168.10.101	
R1/Fa4/0	192.168.10.102	

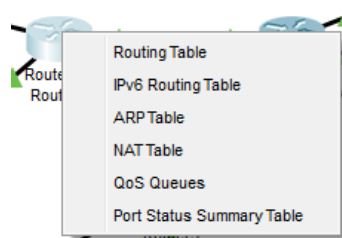
Μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την δρομολόγηση μεταξύ των δικτύων Network1, Network2, Network3 με επιπλέον εγγραφές στον routing table που λέγονται διαδρομές (routes). Για να προσθέσετε μια η;ea route μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το GUI.

- Στο πεδίο Network δηλώνουμε το απομακρυσμένο δίκτυο προς το οποίο θέλουμε να αποσταλούν τα πακέτα από τον router, με την αντίστοιχη μάσκα στο Mask.
- Στο Next Hop δηλώνουμε τον απομακρυσμένο router που θα παραλάβει το IP πακέτο και θα το προωθήσει κατάλληλα για να φτάσει στον προορισμό. Χρησιμοποιούμε διευθύνσεις IP από το «δίκτυο» των routers.

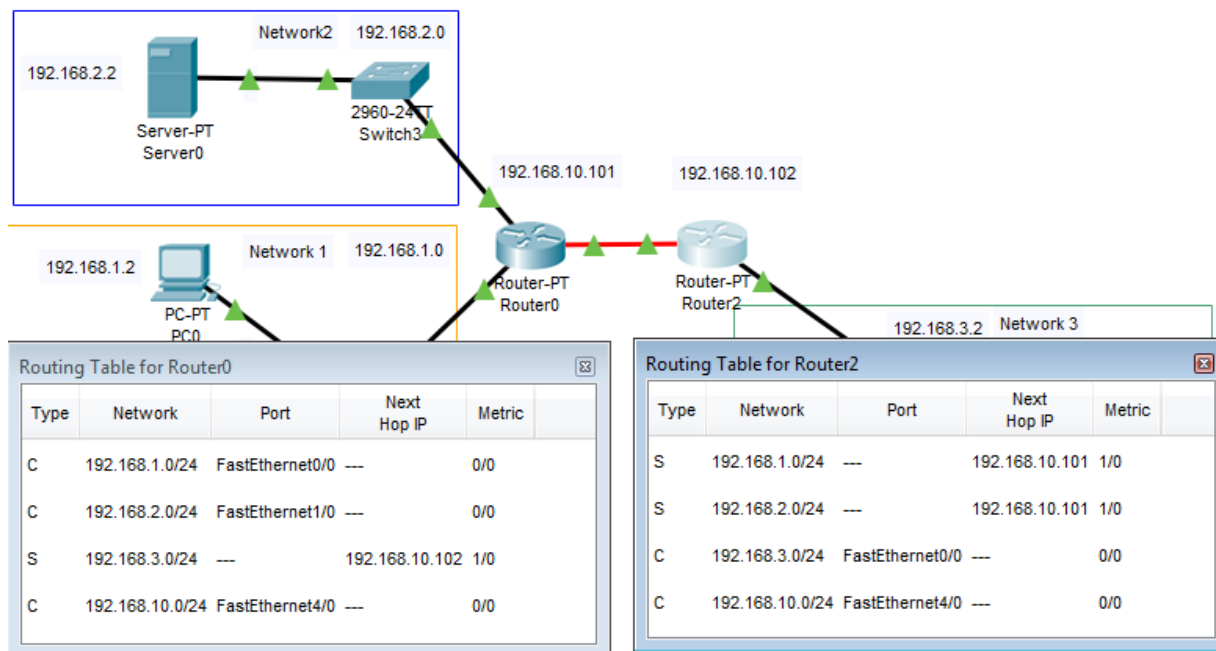


Εικόνα 3: Προσθήκη διαδρομής (route)

Για να εμφανίσετε τον πίνακα δρομολόγησης (routing table) επιλέξτε το εργαλείο Inspect στην μπάρα εργαλείων, κλικ πάνω σε έναν router και μετά επιλογή της εντολής αναδυομένου μενού Routing Table.

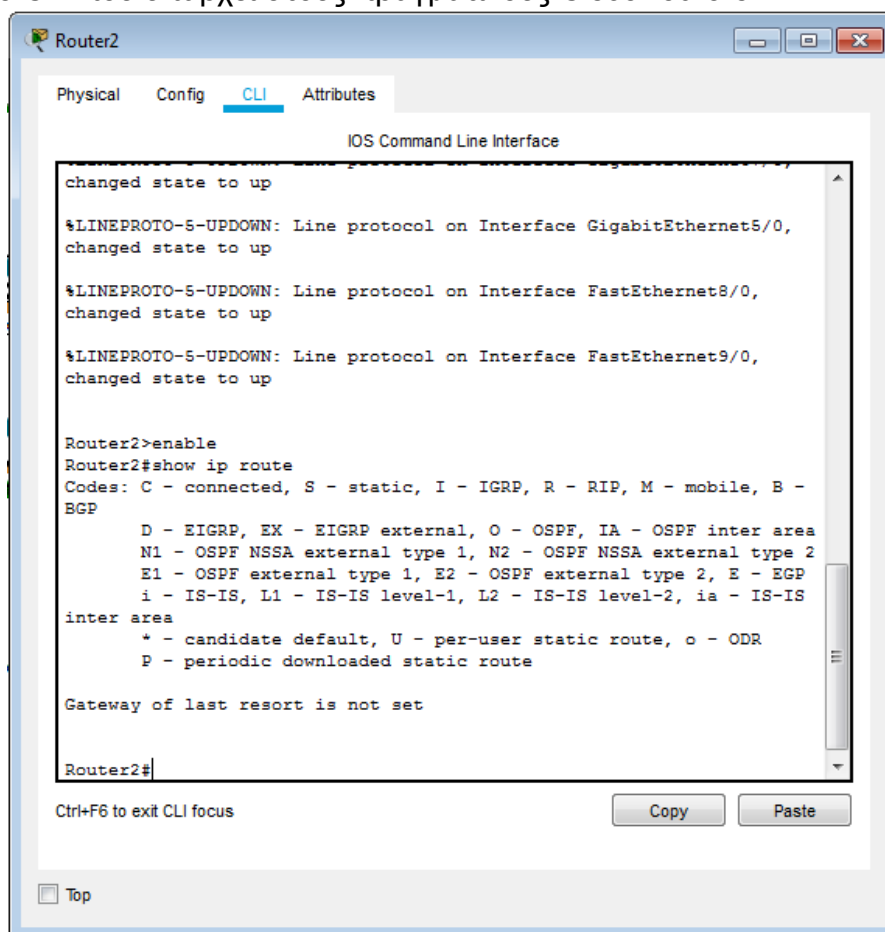


Παρατηρήστε στην παρακάτω εικόνα ότι τα route που προσθήσαμε στον Router0 και Router2 φαίνονται ως τύπου S , δηλαδή ως static routes.



Εικόνα 4: Πλήρως λειτουργική δρομολόγηση πακέτων IP.

Για πιο προχωρημένους υπάρχει η καρτέλα CLI (Command Line Interface) όπου μπορούμε να δούμε το routing table με τις εντολές **enable** και **show ip route**. Επιπλέον μπορούμε να εκτελέσουμε εντολές για την ρύθμιση του router αντί του GUI. Η χρησιμότητα του είναι ότι προσομοιώνει το CLI που υπάρχει στους πραγματικούς Cisco routers.



Έλεγχος Λειτουργίας Επιπέδου Δικτύου

Μπορούμε να ελέγξουμε την επικοινωνία σε επίπεδο L3 μεταξύ υπολογιστών που ανήκουν στα διαφορετικά δίκτυα με χρήση της ping που γνωρίσαμε στα προηγούμενα εργαστήρια.

```
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.3.1: Destination host unreachable.
```

Εικόνα 5: Πρόβλημα δρομολόγησης

```
C:\>ping 192.168.2.2

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

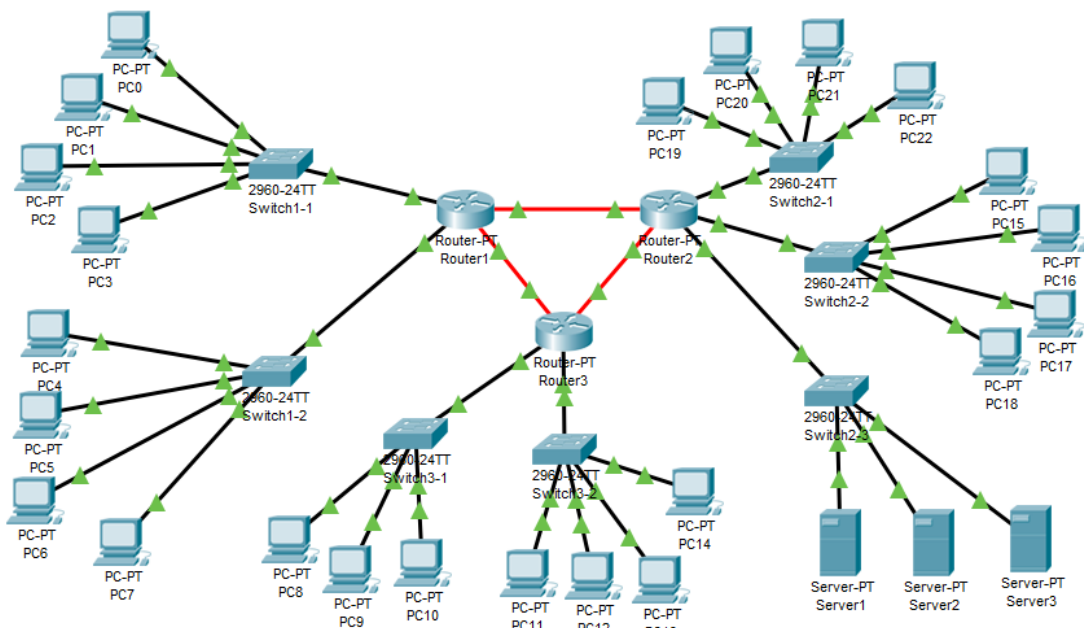
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=3ms TTL=126
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 2, Lost = 2 (50% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 3ms, Average = 1ms
```

Εικόνα 6: Λειτουργική δρομολόγηση

Άσκηση Packet Tracer

Θα προσομοιώσουμε στο **Cisco Packet Tracer** ένα έτοιμο δίκτυο που περιέχεται στο αρχείο **CNLab4-lab-ver.pkt** και περιγράφει το σενάριο όπου ένας οργανισμός έχει τρία διαφορετικά σημεία παρουσίας στον χώρο και θέλει να δημιουργήσει ένα **ενδοδίκτυο (intranet)** που τα συνδέει. Η διάταξη αποτελεί ένα κλειστό δίκτυο που δεν συνδέεται στο διαδίκτυο για λόγους ασφάλειας. Στα κεντρικά γραφεία του οργανισμού υπάρχει ο Router2 και σε κάποιο σημείο του κτιρίου το δωμάτιο εξυπηρετητών (server room) με τρεις κεντρικούς εξυπηρετητές.



Εικόνα 7: Δίκτυο του CNLab4-lab-ver.pkt

Η τεχνολογία τοπικού δικτύου (LAN) που χρησιμοποιείται Ethernet (L2). Τα φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται στα επιμέρους δίκτυα είναι χαλκός μήκους μερικών δεκάδων μέτρων, π.χ. καλώδιο UTP CAT6a. Οι δρομολογητές (routers) που βρίσκονται στα τρία απομακρυσμένα μεταξύ τους σημεία, συνδέονται μεταξύ τους με οπτικές ίνες πολλών χιλιομέτρων (FO) που φαίνονται με κόκκινο χρώμα. Αρχικά θα επικεντρωθούμε στην σωστή ολοκλήρωση της άσκησης για τα δίκτυα N1, N2, N5.

A1) Βέλτιστη Απόδοση Διευθύνσεων IPv4

- Θα χρησιμοποιήσουμε ένα από τα δύο βοήθηματα για το σχεδιασμό της διευθυνσιοδότησης:
<https://www.calculator.net/ip-subnet-calculator.html>
<https://www.tunnelsup.com/subnet-calculator/>
- Δοθείσης μιας σημειογραφίας CIDR, πρέπει να βρείτε το εύρος επιτρεπτών διευθύνσεων IP για κάθε ένα από τα πιθανά υποδίκτυα, και να τις μοιράσετε με τον βέλτιστο τρόπο:
 - Δηλαδή πρέπει να αφήσουμε τα λιγότερα κενά, τις λιγότερες μη χρησιμοποιούμενες διευθύνσεις IP.
 - Ξεκινάμε από το υποδίκτυο στο οποίο όλα τα subnet bits της subnet mask είναι 0 και πηγαίνοντας προς τα πάνω.
 - Π.χ. Για το 192.168.0.0/18 υπάρχουν 2 subnet bits και πρώτα θα εξαντλήσουμε τις IP του δικτύου 192.168.0.0 μετά του 192.168.64.0, 192.168.128.0, 192.168.192.0.
- Τα δίκτυα του παραδείγματος είναι
 - 193.92.0.0/19 για την διευθυνσιοδότηση των IP δικτύων που βρίσκονται πριν τους δρομολογητές. Υπάρχει συνολική δυνατότητα για 8192
 - 195.251.0.0/28 για την διευθυνσιοδότηση των συνδέσεων (links) μεταξύ των δρομολογητών.
- Παρακάτω υπάρχει ένας πίνακας με τα υποδίκτυα στα οποία θα αναθέσετε IP διευθύνσεις στους υπολογιστές PC και στους Servers. Συμπληρώστε τον πίνακα με την κατάτμηση που θα καταστρώσετε, χρησιμοποιώντας σημειογραφία CIDR. Αρχικά βρείτε τα κατάλληλα bits της subnet mask, ώστε να χωράει το πλήθος για το κάθε δίκτυο για παράδειγμα /24 χωράει $2^8 - 2$ διαφορετικούς hosts.

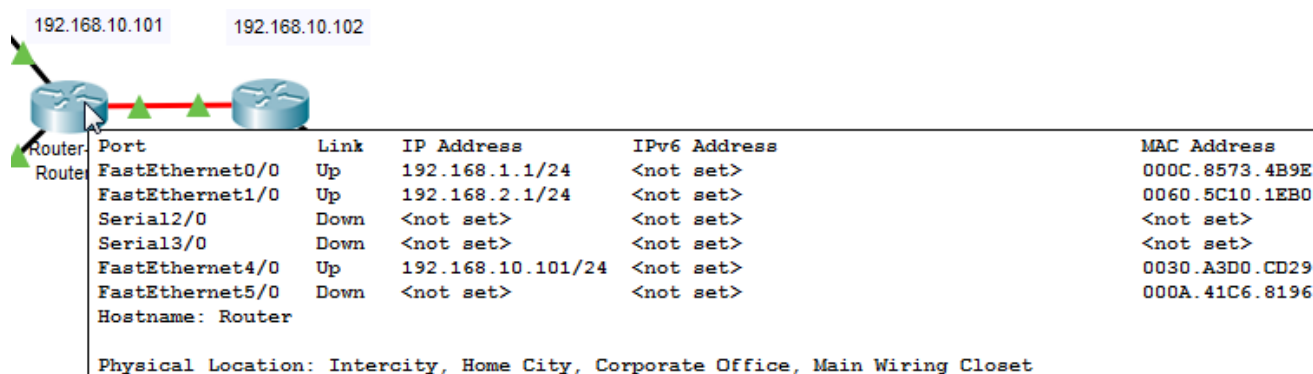
Network	Switch	Πλήθος	Αναγνωριστικό CIDR
N1	Switch1-1	43 ifs	
N2	Switch1-2	15 ifs	
N3	Switch2-1	27 ifs	
N4	Switch2-2	125 ifs	
N5	Switch2-3	14 ifs	
N6	Switch3-1	40 ifs	
N7	Switch3-2	79 ifs	
R1-R2	Router 1↔2	2 ifs	
R2-R3	Router 2↔3	2 ifs	
R1-R3	Router 1↔3	2 ifs	

Σημειώνεται ότι σύμφωνα με αυτά που αναφέρονται στο Εργαστήριο 3 για τις διευθύνσεις IP, το πλήθος το θεωρούμε interfaces (ifs) και όχι υποχρεωτικά διαφορετικές συσκευές. Για παράδειγμα, ένας server μπορεί να έχει περισσότερες από μια διευθύνσεις IP.

- Προχωρήστε στην ανάθεση IP διευθύνσεων στους υπολογιστές PC και στους Servers για κάθε υποδίκτυο που δημιουργήσατε συμπληρώνοντας πίνακες που αντιστοιχούν IP διευθύνσεις σε διεπαφές, όπως ο παρακάτω. Μπορείτε να συμπληρώσετε και να συντηρείτε τους πίνακες σε Microsoft Excel ή LibreOffice Calc ώστε να κάνετε copy-paste τις διευθύνσεις στο Cisco Packet Tracer.

N1			
Device	Network Interface	IP Address	Subnet Mask
PC0	FastEthernet0		
PC0	FastEthernet0		
PC0	FastEthernet0		
PC3	FastEthernet0		
Router1	FastEthernet8/0		

- Μια συνηθισμένη πρακτική είναι να αναθέτουμε στον router την πρώτη διαθέσιμη IP address του εύρους που επιτρέπει η subnet mask. Για παράδειγμα το οικιακό modem-router σας μπορεί να βρίσκεται στην διεύθυνση 192.168.1.1. Αν το δίκτυο σας ήταν το 192.168.1.128/27 τότε το πρώτο IP του εύρους είναι το 192.168.1.129.
- Για να βρείτε τα ονόματα των διεπαφών (interfaces), δηλαδή των καρτών δικτύου που έχει κάποια συσκευή, αφήστε τον δείκτη του ποντικιού πάνω από αυτήν, εφόσον έχει επιλεχθεί το εργαλείο Select στην μπάρα εργαλείων.



192.168.10.101 192.168.10.102

Port	Link	IP Address	IPv6 Address	MAC Address
FastEthernet0/0	Up	192.168.1.1/24	<not set>	000C.8573.4B9E
FastEthernet1/0	Up	192.168.2.1/24	<not set>	0060.5C10.1EB0
Serial2/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
Serial3/0	Down	<not set>	<not set>	<not set>
FastEthernet4/0	Up	192.168.10.101/24	<not set>	0030.A3D0.CD29
FastEthernet5/0	Down	<not set>	<not set>	000A.41C6.8196

Hostname: Router

Physical Location: Intercity, Home City, Corporate Office, Main Wiring Closet

Εικόνα 8: Διεπαφές routers

Ερωτήσεις - Εργασίες

- E4.1** Δοκιμάστε πριν την ρύθμιση των routes στους routers και μετά την ρύθμιση των gateways στα PC, την διαλειτουργικότητα μεταξύ των δικτύων που συνδέονται σε interfaces του ίδιου router.
- E4.2** Δοκιμάστε μετά την σωστή συμπλήρωση του routing table την διαλειτουργικότητα μεταξύ των δικτύων που βρίσκονται πίσω από διαφορετικούς routers.
- E4.3** Εκτελέστε την εντολή **netstat -rn** στα Windows για να δείτε το routing table του συστήματος. Ποια είναι η IP διεύθυνση του gateway, δηλαδή του router που χρησιμοποιεί;
- E4.4** Εκτελέστε την εντολή **tracert** για να ανιχνεύσετε την διαδρομή δρομολόγησης των πακέτων σας από τον υπολογιστή σας προς την Google. Ποια είναι η πρώτη διεύθυνση IP που παρατηρείτε και ποια είναι η τελευταία;
- E4.5** Πως μπορείτε να καταλάβετε από τις εντολές **ping** ή **tracert** αν μια IP διεύθυνση βρίσκεται στο τοπικό δίκτυο σας, όταν η διεύθυνση IP που έχει δεν ανήκει στο ίδιο network prefix;