

**ΑΝΩΤΑΤΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΚΤΥΩΝ Η/Υ**

Διδάσκων: Δρ. Ι. Α. ΠΙΚΡΑΜΜΕΝΟΣ

Μαρούσι, Απρίλιος 2019

## **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ \* Η**

Σκοπός της άσκησης είναι η εισαγωγή στα πρωτόκολλα απόδοσης διεύθυνσης IP

**ΓΝΩΣΕΙΣ:**

.

**ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ:**

.

**ΣΤΑΣΕΙΣ:**

.

**ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ**

Εργαστηριακή άσκηση 4

Απαγορεύεται η μερική ή ολική αναπαραγωγή και αναδημοσίευση του δοκιμίου αυτού με οποιοδήποτε μέσο χωρίς την έγγραφη εξουσιοδότηση του εκδότη (Ν. 2121/1993).

## Εισαγωγή στα πρωτόκολλα απόδοσης διεύθυνσης IP

Κάθε συσκευή έχει δυνατότητα να διαθέτει μια διεύθυνση IP και ένα την φυσική διεύθυνση ή διεύθυνση MAC. Το πρόβλημα που τίθεται πλέον είναι πως γίνεται η μετατροπή από το ένα είδος διεύθυνσης στο άλλο. Αυτό επιτυγχάνεται με το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol) ή Πρωτόκολλο Μετατροπής Διεύθυνσης.

Σε ένα δίκτυο Ethernet όλα τα τερματικά λαμβάνουν κάθε μήνυμα που μεταδίδεται, άσχετα με το αν απευθύνεται σε αυτά ή όχι. Κάθε τερματικό θα πρέπει να επεξεργαστεί τα δεδομένα από κάθε πακέτο μέχρι το επίπεδο δικτύου για να διαπιστώσει αν η διεύθυνση IP προορισμού ταυτίζεται με την δική του. Με το ARP αυτό γίνεται γρηγορότερα στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου αφού κάθε IP μετατρέπεται στην αντίστοιχη MAC του επόμενου τερματικού έως τον τελικό προορισμό.

Για την υποστήριξη της διαδικασίας απόδοσης διεύθυνσης IP χρησιμοποιούνται επίσης και τα ακόλουθα πρωτόκολλα:

- Reverse ARP (RARP): είναι ουσιαστικά η ανάστροφη διαδικασία του ARP και χρησιμοποιείται από routers, serves κλπ
- BootP: είναι η αντίστοιχη με το ARP διαδικασία που χρησιμοποιείται όταν τα τερματικά δεν έχουν καθόλου μνήμη για να αποθηκεύσουν την IP τους
- DHCP: είναι το περισσότερο ευέλικτο πρωτόκολλο με συμβατότητα προς τα άλλα.

## ARP - Address Resolution Protocol

Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων (ARP) είναι ένα πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται από το πρωτόκολλο IP [RFC826] και συγκεκριμένα το IPv4 για τη μετατροπή των διευθύνσεων δικτύου IP στις διευθύνσεις υλικού (διεύθυνση MAC).

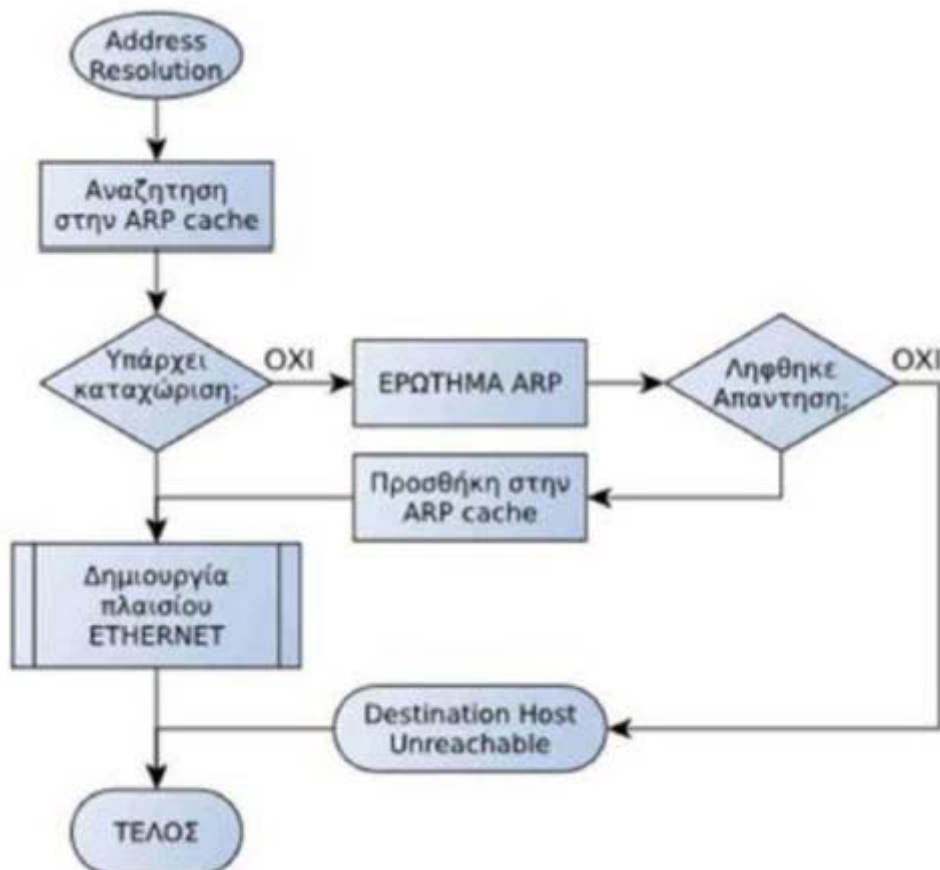
Το πρωτόκολλο ARP κάνει διατηρεί την αντιστοίχιση σε πίνακα (AP cache) τον οποίο ενημερώνει δυναμικά. Υποστηρίζει την αρχική ανάθεση IP σε τερματικά (μόλις εντάσσονται το δίκτυο δεν έχουν IP) με βάση τη διεύθυνση MAC τους αλλά και να ενημερώνει τις καταχωρίσεις του πίνακα όταν προστίθενται νέα τερματικά ή όταν γίνεται αλλαγή διευθύνσεων σε υπάρχοντα. ο πίνακας περιλαμβάνει 2 στήλες:

- στη μία στήλη είναι καταχωρημένες οι IP διευθύνσεις, ενώ
  - στην άλλη στήλη υπάρχουν οι αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις.
- Κάθε γραμμή του πίνακα αντιστοιχεί σε μία συσκευή. Οι καταχωρημένες διευθύνσεις διακρίνονται σε δυναμικές και στατικές.

Οι στατικές είναι προκαθορισμένες και δεν διαγράφονται σε αντίθεση με τις δυναμικές που ανανεώνονται κάθε 1-5 λεπτά.

Η διαδικασία που υλοποιεί το πρωτόκολλο ARP περιγράφεται ως ακολούθως:

1. Μόλις το ARP κληθεί προς αναζήτηση IP διεύθυνσης τερματικού ψάχνει τον πίνακα για να δει αν υπάρχει εγγραφή που να αντιστοιχεί σε αυτή την IP διεύθυνση.
2. Αν υπάρχει εγγραφή, τότε επιστρέφει την αντίστοιχη φυσική διεύθυνση MAC.
3. Διαφορετικά στέλνει ένα ειδικό μήνυμα που ονομάζεται ARP αίτηση σε όλα τα τερματικά του δικτύου προς αναζήτηση της IP προορισμού.
4. Όταν το τερματικό αναγνωρίσει στην διεύθυνση προορισμού την IP του, στέλνει μία ARP απάντηση με τη δική του φυσική διεύθυνση σε αυτόν που έστειλε την ARP αίτηση. (Η ARP απάντηση έχει την ίδια μορφή με την ARP αίτηση, με τη διαφορά ότι έχει ανάποδα τα πεδία αποστολέα και προορισμού).
5. Το τερματικό που δημιούργησε ARP αίτηση δημιουργεί μια νέα εγγραφή στον πίνακά του και βάζει εκεί τη διεύθυνση που μόλις ανέκτησε.
6. Όταν απευθυνθεί ξανά στη διεύθυνση αυτή (που μόλις κατέγραψε) θα διαβάσει απλώς τον πίνακα και δεν θα χρειαστεί να δημιουργηθεί νέο αίτημα ARP.

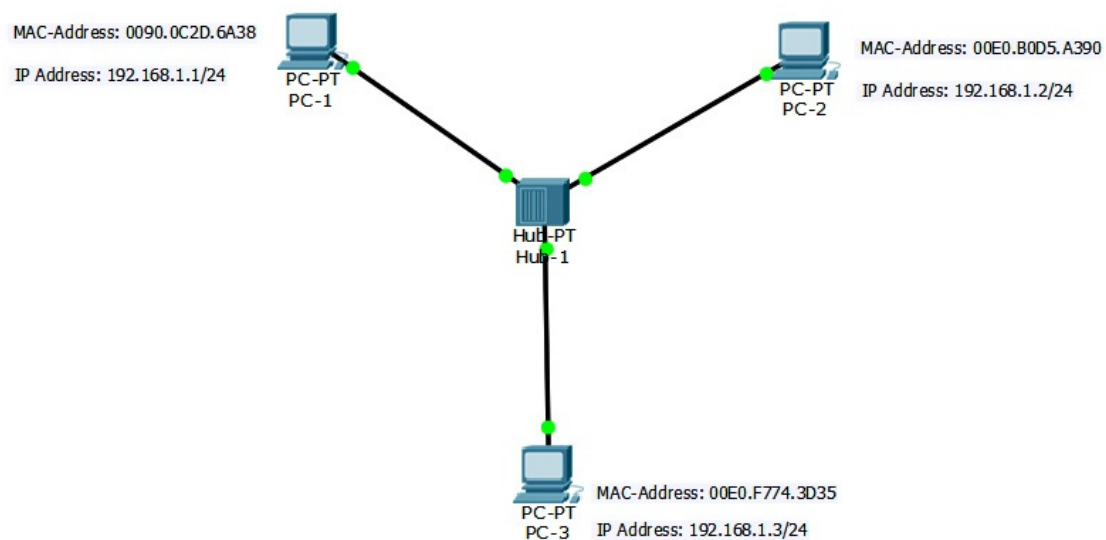


Το αίτημα ARP (ARP request) απευθύνεται στο τοπικό δίκτυο με ένα πλαίσιο καθολικής εκπομπής (broadcast) με MAC διεύθυνση FF-FF-FF-FF-FF-FF. Αυτό σημαίνει ότι το ερώτημα φτάνει σε όλους τους κόμβους. Ο κόμβος ο οποίος αναγνωρίζει την δική του διεύθυνση IP αποστέλλει μια απάντηση ARP (ARP Reply) με προορισμό την διεύθυνση του αρχικού αποστολέα απευθυνόμενος μόνο σε αυτόν (unicast).



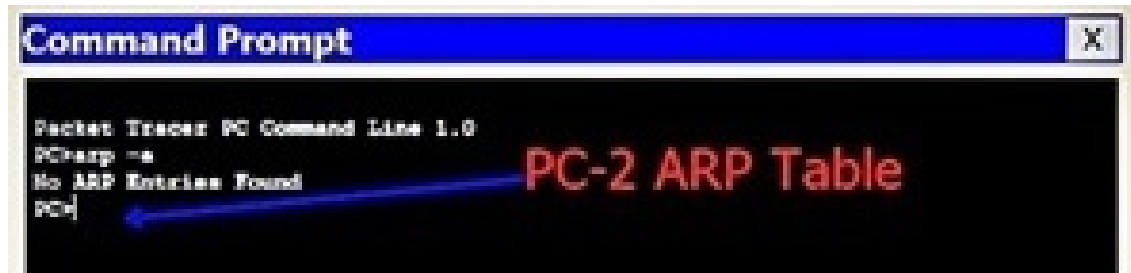
## ΠΑΡΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Θα εξετάσουμε αυτές τις βασικές πτυχές του ARP με τη βοήθεια της ακόλουθης τοπολογίας που αποτελείται από 1 Hub και 3 PC.



Στο παράδειγμα μας οι διευθύνσεις IP ανατέθηκαν από τον χρήστη και άρα δεν απαιτήθηκε δημιουργία δικτυακής κίνησης. Κατά συνέπεια, οι πίνακες ARP των τερματικών θα είναι κενοί. Ελέγξτε τον πίνακα ARP των PC-1, PC-2 και PC-3 με τη βοήθεια της εντολής **arp -a** στην καρτέλα 'Command Prompt' κάθε τερματικού.

(χρησιμοποιήστε την εντολή **arp -d \*** για να καταργήσετε την καταχώρηση ή τις καταχωρήσεις του πίνακα ARP.)



Στο PC-3 ανοίξτε την καρτέλα "Traffic Generator" στην επιφάνεια εργασίας (Desktop). Συμπληρώστε τις ακόλουθες πληροφορίες στην φόρμα που εμφανίζεται:

**Traffic Generator**

Outgoing Port: FastEthernet0 ☐ Auto Select Port

**PDU Settings**

Select Application: PING

Destination IP Address: 192.168.1.1

Source IP Address: 192.168.1.3

TTL: 32

TOS: 0

Sequence Number: 1

Size: 0

**Simulation Settings**

☒ Single Shot

☐ Periodic Interval: Seconds

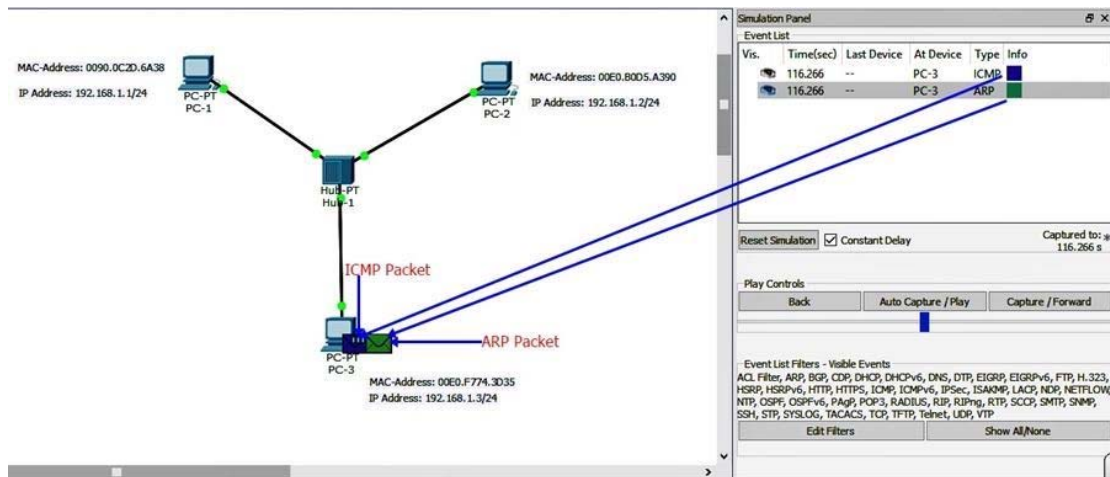
**Send**

Μόλις επιλέξετε το "Send" θα στείλει ping στον προορισμό. Για να παρακολουθήσετε προσεκτικά την κυκλοφορία των πακέτων, επιλέξτε τη λειτουργία "Προσομοίωση" και στο Πίνακα Προσομοίωσης κάντε κλικ στο κουμπί ">|". Δύο τύποι πακέτων θα εμφανιστούν στο PC-3:

- ARP πακέτο
- ICMP (ping) πακέτο

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πριν από την αποστολή των πακέτων ICMP στον προορισμό (PC-1 εδώ) η διεύθυνση MAC της συσκευής προορισμού θα πρέπει να βρίσκεται στον πίνακα ARP της συσκευής προέλευσης (PC-3 εδώ). Όπως γνωρίζουμε ο πίνακας ARP του PC-3 είναι άδειος. Το ARP θα αναζητήσει πρώτα τη διεύθυνση MAC της συσκευής προορισμού και μετά θα μπορέσει να αποστείλει το μήνυμα ping.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>Η</sup> – ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ IP



Ας κάνουμε κλικ στο μπλε τετράγωνο του πεδίου προσομοίωσης το οποίο αντιπροσωπεύει το ICMP. Θα ανοίξει το πλαίσιο πληροφοριών PDU. Στις πληροφορίες PDU στη συσκευή PC-3 μπορείτε να δείτε πώς οι PDU μετακινούνται μεταξύ των επιπέδων OSI.

### PDU Information at Device: PC-3

OSI Model
Outbound PDU Details

At Device: PC-3  
Source: PC-3  
Destination: 192.168.1.1

#### In Layers

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer2
Layer1

#### Out Layers

Layer7
Layer6
Layer5
Layer4
Layer 3: IP Header Src. IP: 192.168.1.3, Dest. IP: 192.168.1.1 ICMP Message Type: 8
Layer 2:
Layer1

1. The Ping process starts the next ping request.
2. The Ping process creates an ICMP Echo Request message and sends it to the lower process.
3. The device sets TTL in the packet header.
4. The destination IP address is in the same subnet. The device sets the next-hop to destination.

Challenge Me

<< Previous Layer
Next Layer >>

Στο επίπεδο 3:

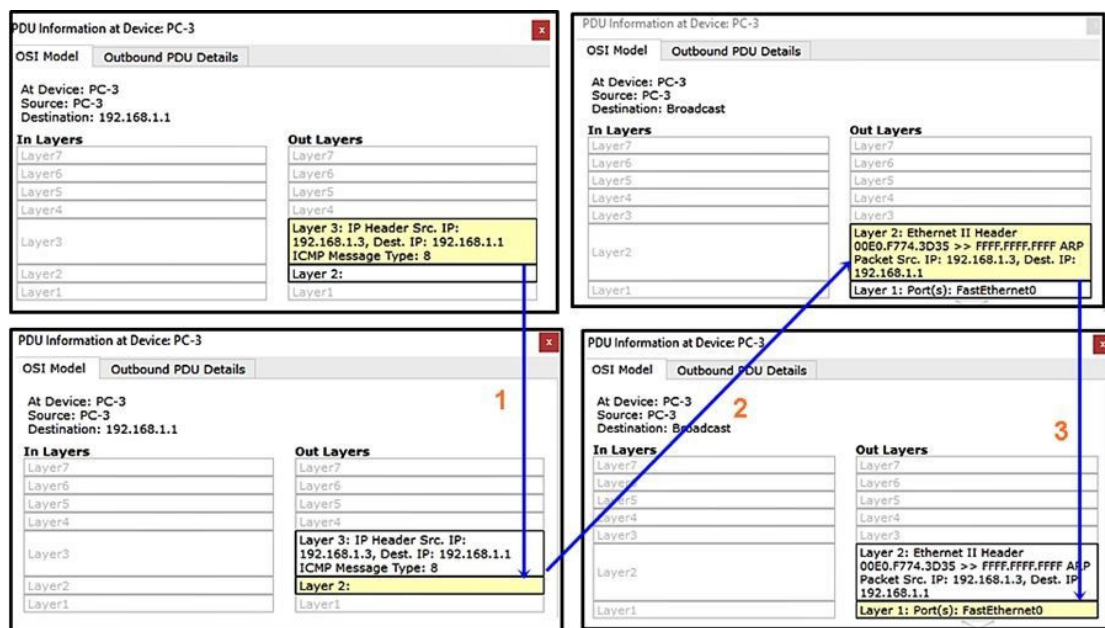
- ξεκινά το επόμενο αίτημα ping
- ορίζεται το TTL στην κεφαλίδα πακέτου
- η διεύθυνση IP προορισμού βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο. Ορίζεται η IP του επόμενου άλματος (hop) προς στον προορισμό.
- η διαδικασία δημιουργεί ένα μήνυμα ICMP Echo Request και το στέλνει στο κατώτερο επίπεδο

Στο επίπεδο 2:

- η διεύθυνση IP είναι unicast. Αναζητείται στον πίνακα ARP.
- η διεύθυνση IP δεν βρίσκεται στον πίνακα ARP και επομένως αποστέλλεται αίτημα ARP για την IP αυτή και αποθηκεύει προσωρινά το πακέτο
- η διαδικασία ARP δομεί το μήνυμα αιτήματος
- το αίτημα περικλείεται σε ένα πλαίσιο Ethernet.

Στο επίπεδο 1:

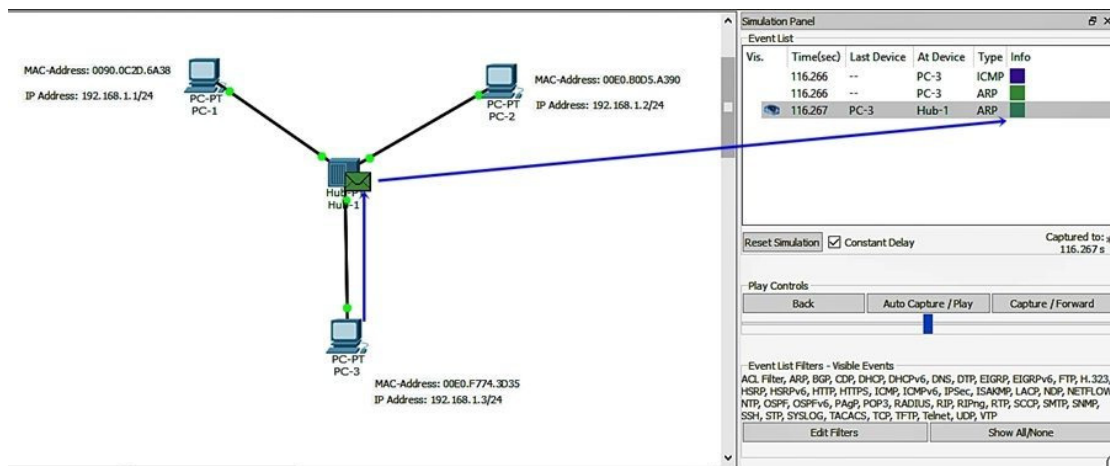
- το μέσο διασύνδεσης FastEthernet0 αποστέλλει το πλαίσιο προς τον προορισμό μέσω του επόμενου άλματος.



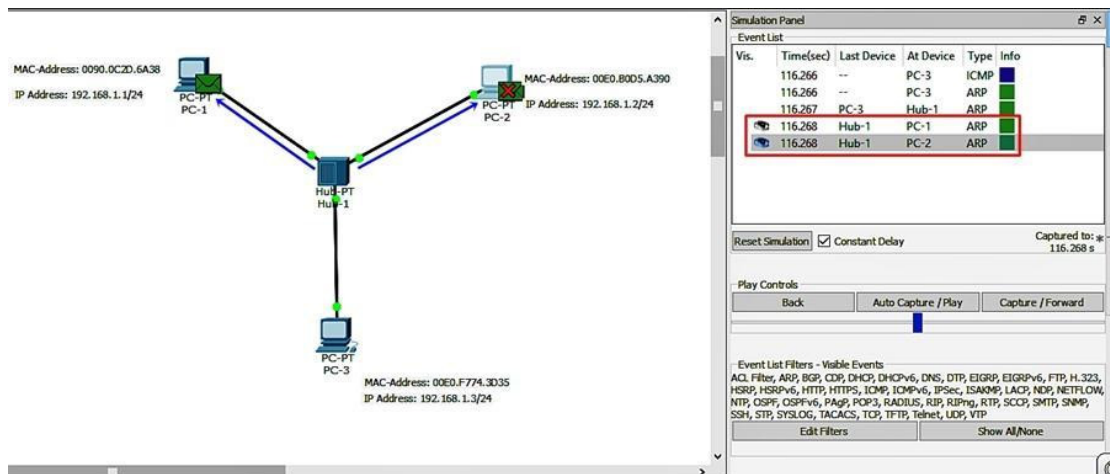
Με το επόμενο πάτημα του πλήκτρου ">|" το πλαίσιο με το αίτημα ARP θα μεταβεί στο Hub.



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>Η</sup> – ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ IP

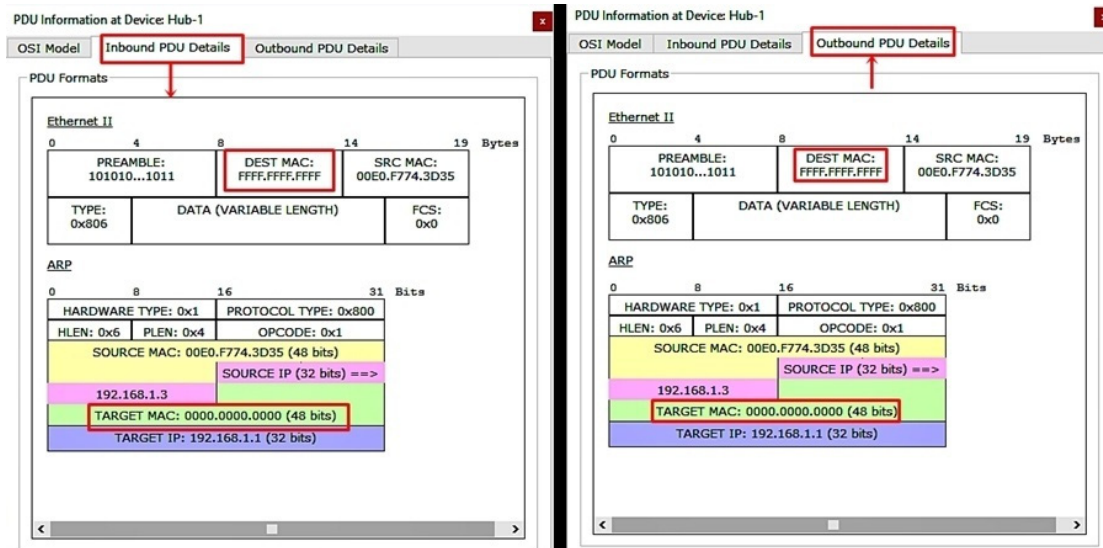


Το πλαίσιο παραλαμβάνεται από το Hub το οποίο θα πρέπει μετά να το μεταδώσει σε κάθε δυνατό προορισμό (σε αντίθεση με το switch) με χρήση της τεχνικής broadcast. Για να συμβεί αυτό γραφικά θα πρέπει να πατηθεί ξανά το πλήκτρο ">|".



Αν επιλέξουμε τα πακέτα από το πεδίο προσομοίωσης τότε θα παρατηρήσουμε ότι στην περίπτωση που εξετάζουμε τα πλαίσια Inbound PDU και Outbound PDU είναι ίδια.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>Η</sup> – ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ IP



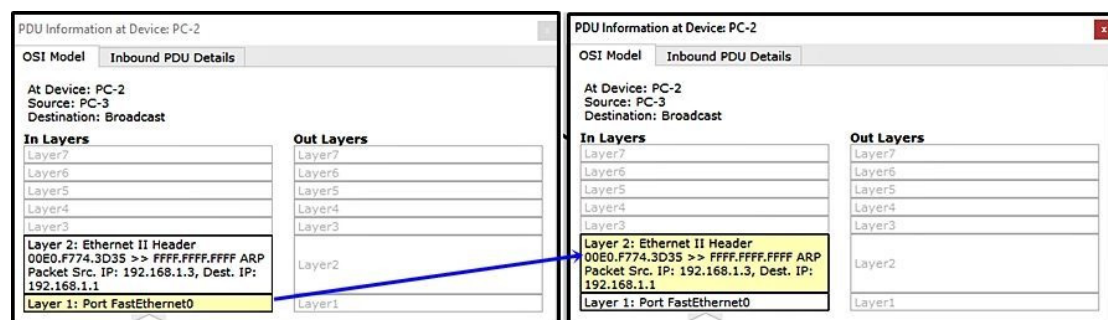
Στη συνέχεια, με πίεση του πλήκτρου ">|" το πλαίσιο φτάνει στο PC-2. Τότε λαμβάνουν χώρα τα ακόλουθα:

Στο επίπεδο 1:

- το μέσο διασύνδεσης FastEthernet0 λαμβάνει το πλαίσιο

Στο επίπεδο 2:

- η διεύθυνση MAC του πλαισίου ταιριάζει με τη διεύθυνση MAC του τερματικού
- αποκωδικοποιείται το περιεχόμενο του πλαισίου Ethernet
- περιλαμβάνει μήνυμα ARP που επεξεργάζεται το τερματικό
- είναι αίτημα ARP
- το αίτημα ARP δεν ταιριάζει με τη διεύθυνση του τερματικού
- η διαδικασία ARP το απορρίπτει



Ταυτόχρονα το πλαίσιο φτάνει και στο PC-1. Τότε λαμβάνουν χώρα τα ακόλουθα:

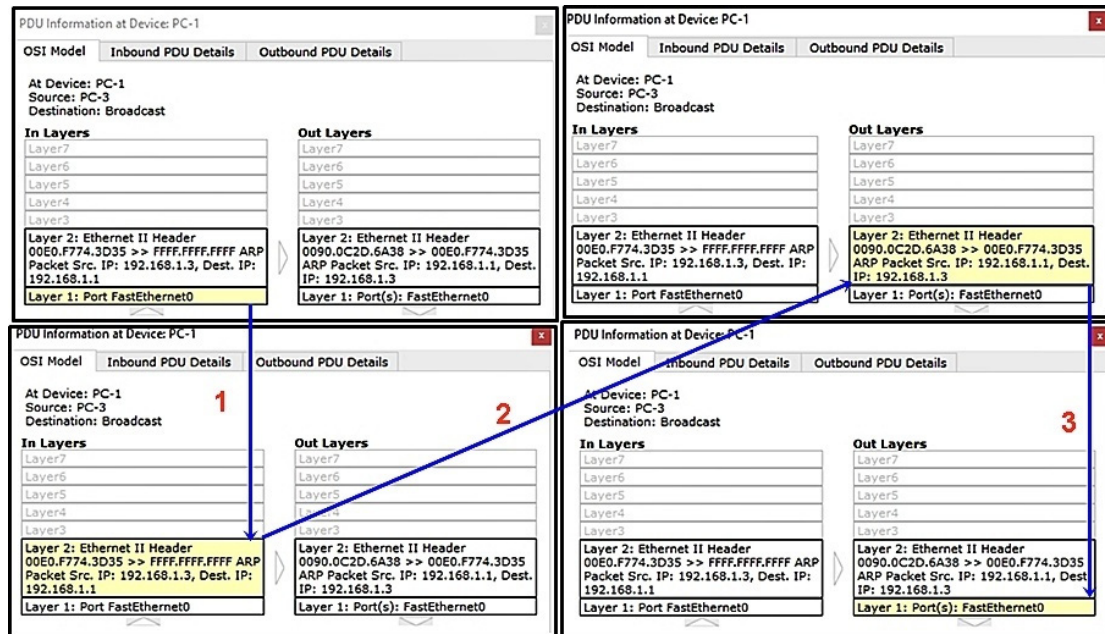
Στο επίπεδο 1:

- το μέσο διασύνδεσης FastEthernet0 λαμβάνει το πλαίσιο

Στο επίπεδο 2:

- η διεύθυνση MAC του πλαισίου ταιριάζει με τη διεύθυνση MAC του τερματικού
- αποκωδικοποιείται το περιεχόμενο του πλαισίου Ethernet

- περιλαμβάνει μήνυμα ARP που επεξεργάζεται το τερματικό
- είναι αίτημα ARP
- το αίτημα ARP ταιριάζει με τη διεύθυνση του τερματικού
- η διαδικασία ARP ενημερώνει τον πίνακα ARP



Στη συνέχεια, με πίεση του πλήκτρου ">|" δημιουργείται η απάντηση στο αίτημα ARP:

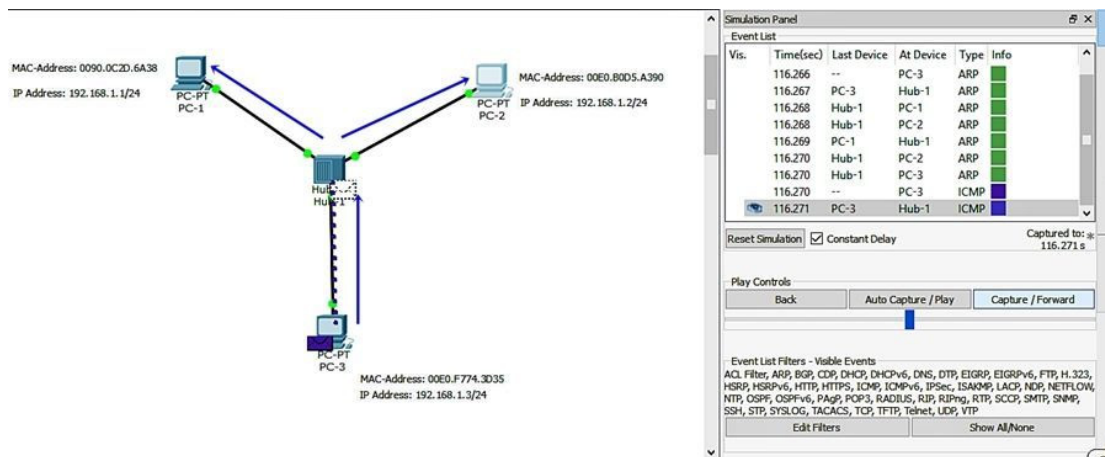
#### Στο επίπεδο 2:

- η διαδικασία ARP δομεί το μήνυμα απάντησης εισάγοντας την MAC του αρχικού προορισμού του αιτήματος
- το αίτημα περικλείεται σε ένα πλαίσιο Ethernet.

#### Στο επίπεδο 1:

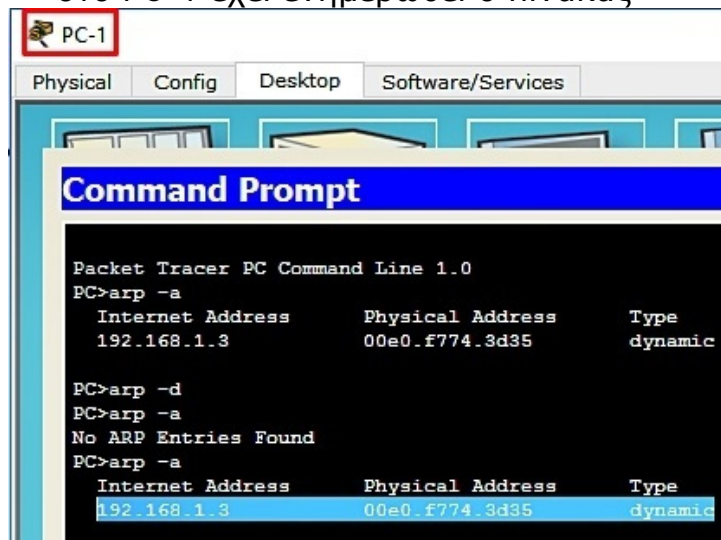
- το μέσο διασύνδεσης FastEthernet0 αποστέλλει το πλαίσιο προς τον αρχικό αποστολέα μέσω του επόμενου άλματος.

Στη συνέχεια, με πίεση του πλήκτρου ">|" το πλαίσιο που έλαβε το Hub προωθείται σε κάθε δυνατή κατεύθυνση (εκτός αυτή από όπου προήλθε) και έτσι φτάνει στην αρχική του προέλευση (PC-3).

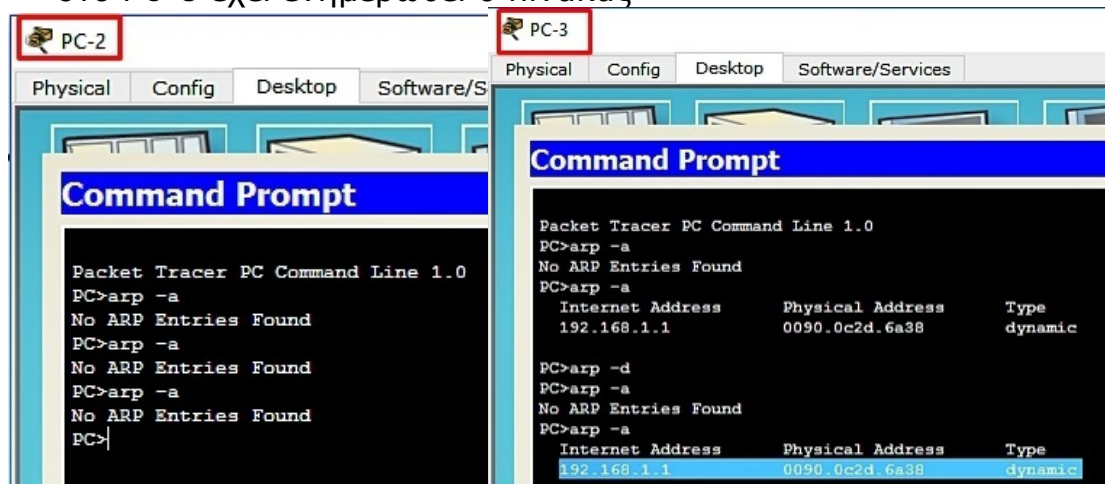


Στο σημείο αυτό μπορούμε να σταματήσουμε την προσομοίωση και να επιστρέψουμε στο πεδίο του πραγματικού χρόνου. Αν ελέγξουμε τους πίνακες ARP στο PC-3, PC-2 και PC-1 θα δούμε ότι

- στο PC-1 έχει ενημερωθεί ο πίνακας



- στο PC-2 δεν έχει ενημερωθεί ο πίνακας αφού δεν έχει περάσει κίνηση από αυτή τη μεριά του δικτύου.
- στο PC-3 έχει ενημερωθεί ο πίνακας



## DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

Το πρωτόκολλο DHCP λειτουργεί όπως το BOOTP, το οποίο και επεκτείνει, ως εφαρμογή πελάτη-εξυπηρετητή. Η υπηρεσία παρέχεται με πακέτα UDP από τις θύρες 67 για τον εξυπηρετητή και 68 για τον πελάτη. Επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να αποκτή τις ρυθμίσεις που χρειάζεται σε ένα μόνο μήνυμα και να λαμβάνει μια διεύθυνση IP γρήγορα και δυναμικά. Περιλαμβάνει τρεις τύπους εκχώρησης διευθύνσεων:

- μη αυτόματη ρύθμιση (manual configuration), στην οποία ορίζονται οι διευθύνσεις των τερματικών χειροκίνητα
- αυτόματη ρύθμιση (automatic configuration), στην οποία η διεύθυνση IP εκχωρείται σε τερματικό που συνδέεται πρώτη φορά μόνιμα
- δυναμική ρύθμιση (dynamic configuration), στην οποία η διεύθυνση IP εκχωρείται σε τερματικό για περιορισμένο χρόνο.

Το πρωτόκολλο DHCP επιτρέπει σε έναν υπολογιστή να πάρει επιπλέον δικτυακές ρυθμίσεις πέραν της διεύθυνσης IP, όπως μάσκα δικτύου, προεπιλεγμένη πύλη, DNS.

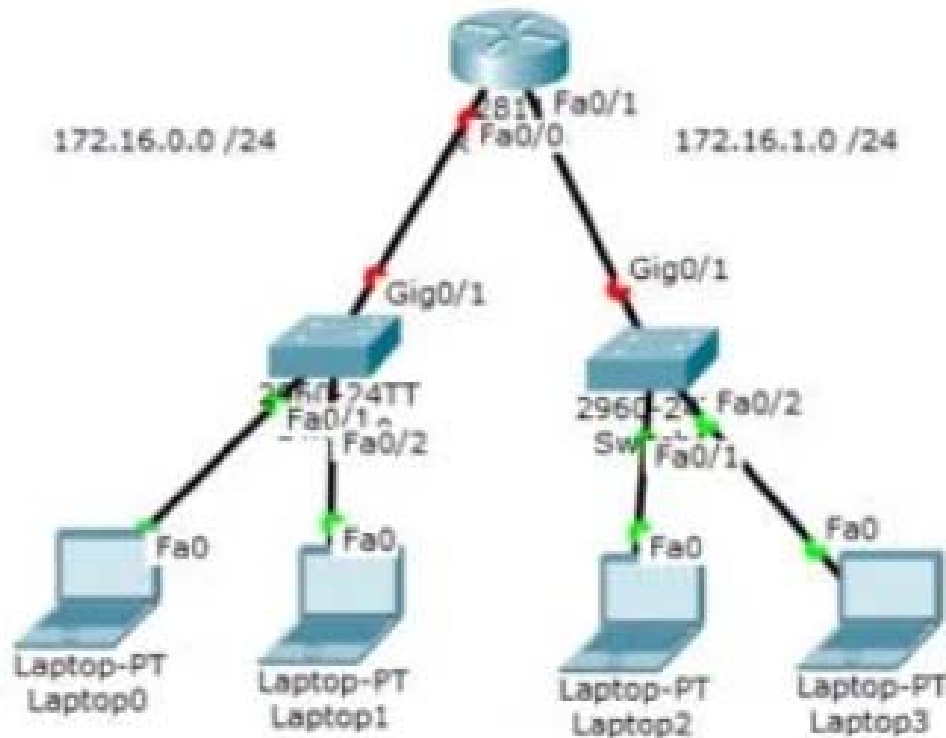
Ένας υπολογιστής, ρυθμισμένος να χρησιμοποιεί την υπηρεσία DHCP, αμέσως μετά την εκκίνησή του:

- Δημιουργεί πακέτο UDP DHCP-DISCOVER για τη θύρα 67.
- Το ενθυλακώνει σε πακέτο IP με διεύθυνση προέλευσης 0.0.0.0 και διεύθυνση προορισμού τη διεύθυνση broadcast (255.255.255.255)
- Το ενθυλακώνει σε ένα πλαίσιο με διεύθυνση προέλευσης τη δική του φυσική διεύθυνση και διεύθυνση προορισμού τη διεύθυνση broadcast FF-FF-FF-FF-FF-FF και το προωθεί στο φυσικό μέσο
- Οι εξυπηρετητές DHCP ανταποκρίνονται ο καθένας με ένα πακέτο DHCP-OFFER στη θύρα 68, ενθυλακωμένο σε πακέτο IP broadcast και πλαίσιο broadcast (διευθύνσεις προορισμού 255.255.255.255, FF-FF-FF-FF-FF-FF).
- Το τερματικό-πελάτης επιλέγει έναν από τους εξυπηρετητές και το δηλώνει αποστέλλοντας ένα πακέτο εκπομπής DHCP-REQUEST στο οποίο ζητά τις προσφερόμενες ρυθμίσεις.
- Ο εξυπηρετητής DHCP επιβεβαιώνει με ένα πακέτο DHCP-ACK.

Από τη λήψη της επιβεβαίωσης DHCP-ACK και στη συνέχεια το τερματικό λειτουργεί με τις δικτυακές ρυθμίσεις που πήρε. Η διεύθυνση IP χαρακτηρίζεται ως μίσθωση (lease). Από τη στιγμή αυτή, ο υπολογιστής αρχίζει τη σχετική μέτρηση χρόνου, ώστε να προβεί στις κατάλληλες ενέργειες παράτασης της μίσθωσης πριν τη λήξη της.

## ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δημιουργήστε την ακόλουθη τοπολογία:



Σχήμα 1

Επιλέξτε τον router R1 και στην καρτέλα CLI γράψτε τις ακόλουθες εντολές:

```
Enable
Int Fa0/0
Ip address 172.16.0.1 255.255.255.0
No shutdown
Int Fa0/1
Ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
No shutdown
Do write memory
```

Προχωρήστε με την ενεργοποίηση λογικής διεπαφής (i/f) δρομολογητή. Να βεβαιώνετε πάντα ότι η λογική διεπαφή είναι ενεργοποιημένη. Για να γίνει αυτό γράψτε τις εντολές:

```
int loopback 1  
Ip address 1.1.1.1 255.255.255.255  
No shutdown
```

Για να διαμορφώσετε το δίκτυο απαιτείται πέρα από την διεύθυνση IP η μάσκα υποδικτύου και η προεπιλεγμένη πύλη. Μπορούμε προαιρετικά να αποκλείσουμε ορισμένες διευθύνσεις IP από την διάθεση σε τερματικά με σκοπό να χρησιμοποιήσουμε το εύρος αυτό διαφορετικά (διευθύνσεις router, server κλπ).

```
Ip dhcp excluded-address 172.16.0.1 172.16.0.10  
Ip dhcp pool NET1  
Network 172.16.0.0 255.255.255.0  
Default-router 1.1.1.1  
Dns-server 8.8.8.8  
Exit
```

```
Ip dhcp excluded-address 172.16.1.1 172.16.1.10  
Ip dhcp pool NET2  
Network 172.16.1.0 255.255.255.0  
Default-router 1.1.1.1  
Dns-server 8.8.8.8  
Exit
```

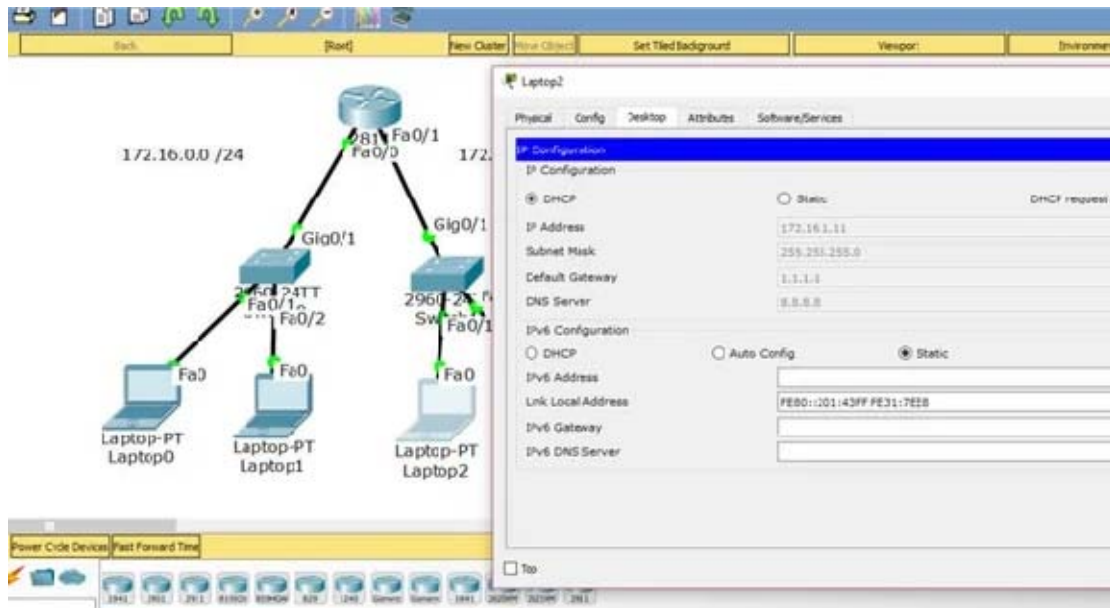
Πρέπει να διαμορφώσουμε την παροχή υπηρεσιών DHCP στις αντίστοιχες φυσικές διεπαφές του δρομολογητή. Πρέπει να είμαστε προσεκτικοί ώστε να σημειώσουμε τη διεύθυνση IP με τη μάσκα υποδικτύου στη σωστή διεπαφή (i/f.)

Για να αποφύγετε τη σύγχυση σε αυτό το βήμα, θα ρυθμίσουμε το αίτημα DHCP στη διεπαφή Fa0 / 0. Οι εντολές είναι:

```
Int Fa0/0  
Ip helper-address 1.1.1.1
```

Επιβεβαιώστε ότι οι διευθύνσεις IP έχουν αποδοθεί αυτόματα στα τερματικά. Πηγαίνετε σε ένα τερματικό και επιλέξτε IP Configuration. Στη συνέχεια επιλέξτε DHCP και παρακολουθήστε για λίγο χρόνο αν ανταποκριθεί στην αυτόματη απόδοση IP.





## ΑΣΚΗΣΗ 5

A) Να περιγράψετε τι συμβαίνει όταν αντικαταστήσω το hub με switch. Να τεκμηριώσετε τις απαντήσεις σας χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τόσο γραφικά όσο και από την επόπτευση των περιεχομένων των πακέτων.

B) Παραμετροποιήστε την τοπολογία στο δεξιό μέρος του σχήματος 1 ώστε να αποδοθεί διεύθυνση IP αυτόματα. Να τεκμηριώσετε τις απαντήσεις σας χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης τόσο γραφικά όσο και από την επόπτευση των περιεχομένων των πακέτων.

## ΠΕΡΑΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Να διαμορφώσετε και παραμετροποιήσετε τοπολογία τοπικού δικτύου όπως του παραδείγματος αλλά με παροχή υπηρεσίας DHCP από server που θα προσθέσετε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Meena, Senior Manager - IT, at Luminis Consulting Services Pvt Ltd (<http://luminisindia.com/it-networking-blog/152-how-does-address-resolution-protocol-arp-work-a-demonstration>)
- How to Configure DHCP in Cisco Packet Tracer (<https://www.instructables.com/id/How-to-Configure-DHCP-in-Cisco-Packet-Tracer/>)