

## Εργαστηριακή Άσκηση 3 Εισαγωγή στη δρομολόγηση

Όπως είδαμε και στο τέλος του προηγούμενου εργαστηρίου, μια από τις βασικότερες λειτουργίες του Internet είναι δρομολόγηση πακέτων IP. Με τον γενικό όρο δρομολόγηση αναφερόμαστε είτε στη διαδικασία προώθησης πακέτων από ένα υποδίκτυο σε ένα άλλο, είτε στη διαδικασία επιλογής της διαδρομής αυτής. Η δρομολόγηση χρησιμοποιείται και σε δίκτυα άλλων ειδών αλλά εδώ θα επικεντρωθούμε σε δίκτυα IP.

### Διευθύνσεις IP

Η λειτουργία της δρομολόγησης σε ένα δίκτυο επηρεάζεται σημαντικά από τον τρόπο με τον οποίο οι σχεδιαστές του αποφάσισαν να ορίσουν τις διευθύνσεις των κόμβων του. Η διευθυνσιοδότηση, ο τρόπος με τον οποίο οι κόμβοι του δικτύου αποκτούν μοναδικές διευθύνσεις, είναι κεντρικό θέμα σε όλα τα δίκτυα μετάδοσης δεδομένων. Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο IP, η διευθυνσιοδότηση υποθέτει μια ιεραρχία δύο επιπέδων: δίκτυο και κόμβος προκειμένου να μειωθεί το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης. Η διεύθυνση IP είναι ένας αριθμός που αποδίδεται στις **διεπαφές** των κόμβων, προκειμένου να καθοριστεί η θέση του κόμβου στο δίκτυο. Η διεύθυνση IP καταχωρείται στο λογισμικό και όχι στο υλικό, όπως οι διευθύνσεις καρτών δικτύου. Στο πρωτόκολλο IPv4 έχει μήκος 32 bit, ενώ στο IPv6 έχει μήκος 128 bit. Στο IPv4 οι διευθύνσεις IP γράφονται ως δεκαδικοί αριθμοί χωρισμένοι με τελείες (decimal dotted notation) π.χ. 192.168.1.100, ενώ στο IPv6 γράφονται ως δεκαεξαδικοί ακέραιοι αριθμοί των 16 bit χωρισμένοι με άνω και κάτω τελεία, π.χ., 2001:db8::1428:57ab, όπου δύο συνεχόμενες άνω κάτω τελείες υποδηλώνουν μηδενικά που παραλείπονται.

Το ότι η διεύθυνση αποδίδεται στη διεπαφή (και όχι στον κόμβο) είναι μια απόφαση του παρελθόντος, όταν άρχισε η ανάπτυξη του πρωτοκόλλου IP, που καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζουμε, διασύνδεουμε δίκτυα IP και δρομολογούμε την κίνηση σε αυτά. Η διεύθυνση αποτελείται από δύο μέρη, τον αριθμό δικτύου και τον αριθμό host. Το πρώτο μέρος της διεύθυνσης IP, ο αριθμός δικτύου, είναι κοινό για όλες τις διεπαφές που βρίσκονται στο ίδιο δίκτυο, π.χ. στο προηγούμενο παράδειγμα 192.168. Το δεύτερο μέρος, ο αριθμός host, προσδιορίζει μοναδικά τη διεπαφή εντός του δικτύου, π.χ. στο προηγούμενο παράδειγμα 1.100. Εάν ο κόμβος του εν λόγω παραδείγματος ήταν συνδεδεμένος και σε ένα άλλο δίκτυο, η αντίστοιχη διεπαφή θα είχε μια διαφορετική διεύθυνση IP.

Στις πρώτες ημέρες λειτουργίας του διαδικτύου, για να γίνεται η δρομολόγηση πιο αποτελεσματικά, οι διευθύνσεις είχαν χωριστεί σε κλάσεις. Στα δίκτυα κλάσης A το πρώτο bit είναι 0 και ο αριθμός δικτύου έχει μήκος 1 byte. Οι διευθύνσεις των δικτύων κλάσης A παίρνουν τιμές από 0 έως και 127 και σε καθένα από αυτά μπορούμε να έχουμε 16 εκατομμύρια κόμβους. Στα δίκτυα κλάσης B, το πρώτο bit είναι 1 ενώ το δεύτερο είναι 0 και ο αριθμός δικτύου έχει μήκος 2 byte. Υπάρχουν 16 χιλιάδες τέτοια δίκτυα και το καθένα μπορεί να έχει 65 χιλιάδες κόμβους. Στα δίκτυα κλάσης C, τα πρώτα δυο bit είναι 1 ενώ το τρίτο είναι 0 και το μέρος του δικτύου έχει μήκος 3 byte. Υπάρχουν 2 εκατομμύρια τέτοια δίκτυα, αλλά το καθένα μπορεί να έχει το πολύ 254 κόμβους. Οι διευθύνσεις της κλάσης D έχουν τα τρία πρώτα bit 1 ακολουθούμενα από το bit 0 και χρησιμοποιούνται για πολλαπλή διανομή. Οι εναπομένουσες διευθύνσεις κλάσης E έχουν τα τέσσερα πρώτα bit 1 ακολουθούμενα από το bit 0 και έχουν κρατηθεί για μελλοντική χρήση.

## Υποδίκτυα και μάσκες

Χρησιμοποιώντας μάσκες, επιτρέπεται ο διαμελισμός ενός δικτύου σε πολλά μέρη (υποδίκτυα). Το μέρος του υποδικτύου καθορίζεται από τη μάσκα υποδικτύου, έναν αριθμό μήκους 32 bit. Το λογικό Ή (logical OR) της μάσκας με τη διεύθυνση IP δίνει τον αριθμό δικτύου σύμφωνα με τον εσωτερικό διαμελισμό σε υποδίκτυα. Το μέρος που απομένει από τη διεύθυνση IP, αφαιρουμένου του αριθμού δικτύου, είναι ο αριθμός του host. Το δίκτυο όμως συμπεριφέρεται σαν ένα και μοναδικό προς όλον τον υπόλοιπο κόσμο, παρά τον εσωτερικό του διαμελισμό σε υποδίκτυα.

## Ταξική δρομολόγηση (classfull routing)

Η χρήση κλάσεων διευκόλυνε τη λειτουργία της δρομολόγησης. Οι δρομολογητές προωθούν τα πακέτα στον προορισμό με βάση το μέρος της διεύθυνσης που προσδιορίζει το δίκτυο (ταξική δρομολόγηση). Δηλαδή, δεν απαιτείται η γνώση του επόμενου προορισμού για όλες τις διευθύνσεις IP, αρκεί η γνώση του προορισμού μόνο για τα δίκτυα. Με ταξικές διευθύνσεις, οι κεντρικοί δρομολογητές του διαδικτύου χρειάζονται μία καταχώρηση για κάθε δίκτυο κλάσης A, B ή C. Συνολικά απαιτούνται το πολύ 2 εκατομμύρια εγγραφές της μορφής (δίκτυο → διεύθυνση IP), με τη διεύθυνση IP να δηλώνει το επόμενο βήμα όπου θα προωθηθεί η κίνηση που προορίζεται για το δίκτυο. Για τη δρομολόγηση της κίνησης εντός ενός δικτύου, οι εγγραφές είναι της μορφής (αυτό το δίκτυο, υποδίκτυο → διεύθυνση IP), με τη διεύθυνση IP να δηλώνει το επόμενο βήμα όπου θα προωθηθεί η κίνηση που προορίζεται για το υποδίκτυο. Εντός ενός υποδικτύου οι εγγραφές της μορφής (αυτό το δίκτυο, αυτό το υποδίκτυο, host) → διεύθυνση IP δηλώνουν τη διεύθυνση της διεπαφής του δρομολογητή μέσω της οποίας θα προωθηθεί στον host η κίνηση που προορίζεται για αυτόν.

## Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών (CIDR – Classless Inter-Domain Routing)

Αποτελεί λύση του 1993 στο πρόβλημα της έλλειψης διευθύνσεων κλάσης B και του μεγάλου μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης για διευθύνσεις κλάσης C. Το CIDR εγκαταλείπει την έννοια της κλάσης/τάξης διευθύνσεων. Το μήκος της διεύθυνσης δικτύου είναι αυθαίρετο και προσδιορίζεται με πρόθεμα (prefix), που δηλώνεται ως /xx, όπου xx ακέραιος αριθμός από 0 έως 32. Έτσι ο συμβολισμός 192.0.2.0/18 υποδηλώνει ότι τα πρώτα 18 bit αποτελούν τη διεύθυνση του δικτύου και άρα τα υπόλοιπα 14 bit είναι διαθέσιμα για διευθύνσεις host, εκ των οποίων η πρώτη και η τελευταία είναι δεσμευμένες για χρήση ως διευθύνσεις δικτύου και εκπομπής, αντίστοιχα. Για να μην υπάρχουν πολλές καταχωρήσεις και διογκώνονται οι πίνακες δρομολόγησης, στο CIDR επιβάλλεται η σύντηξη (aggregation) διευθύνσεων μέσω του προθέματος. Π.χ., οι διευθύνσεις των ακόλουθων 8 δικτύων 200.23.16.0/23, 200.23.18.0/23 έως 200.23.30.0/23 θα συντημηθούν ως 200.23.16.0/20.

## Ειδικές διευθύνσεις

Κάποιες από τις διαθέσιμες διευθύνσεις IP έχουν ειδική χρήση:

- |                 |   |
|-----------------|---|
| 127.0.0.1       | Διεύθυνση loopback. Χρησιμοποιείται ως δοκιμαστική διεύθυνση της στοίβας TCP, ώστε να μπορεί η κάθε συσκευή να στέλνει πακέτα στον εαυτό της. |
| 0.0.0.0         | Χρησιμοποιείται από κάποιες συσκευές ως “οποιοδήποτε δίκτυο”.   |
| 255.255.255.255 | Διεύθυνση εκπομπής.   |

## Ιδιωτικές διευθύνσεις

Υπάρχει μια σειρά διευθύνσεων που ονομάζονται ιδιωτικές, διότι δεν δρομολογούνται στο δημόσιο Internet. Χρησιμοποιούνται πολύ συχνά σε ιδιωτικά δίκτυα για επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών στο εσωτερικό τους. Σε περίπτωση ανάγκης επικοινωνίας με το Internet μεταφράζονται σε δημόσιες διευθύνσεις μέσω της τεχνικής Network Address Translation (NAT). Οι ιδιωτικές διευθύνσεις είναι οι εξής: 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 και 192.168.0.0/16.

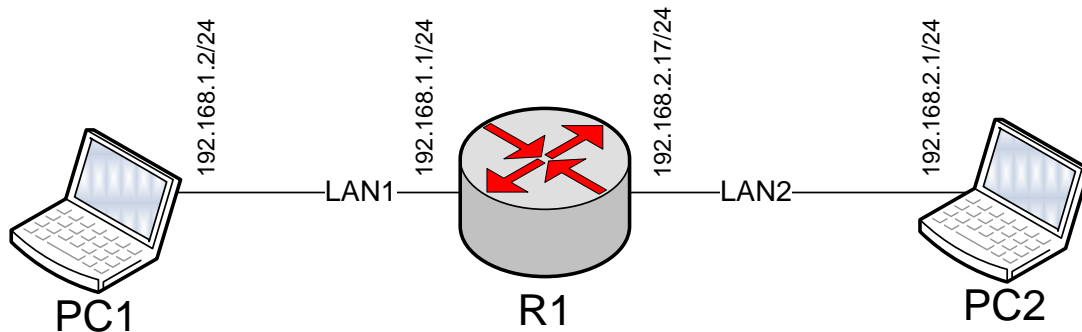
## Άσκηση 1: Διευθύνσεις IP

Με βάση τα παραπάνω απαντήστε στις παρακάτω ερωτήσεις:

- 1.1 Ποια είναι η διαφορά της διεύθυνσης IP από τον αριθμό δικτύου;
- 1.2 Ποιος είναι ο αριθμός δικτύου της διεύθυνσης 192.220.100.2/24;
- 1.3 Σε έναν οργανισμό έχει αποδοθεί το εύρος διευθύνσεων δικτύου 198.20.0.0/23. Πόσα υποδίκτυα χωρητικότητας 100 συσκευών το καθένα μπορούν να δημιουργηθούν;
- 1.4 Ποια κλάση διευθύνσεων IP παρέχει 254 διευθύνσεις για συσκευές;
- 1.5 Ποιες από τις παρακάτω διευθύνσεις είναι ιδιωτικές;
  - a. 15.0.0.1
  - b. 10.50.10.10
  - c. 168.192.5.25
  - d. 172.33.155.20
  - e. 192.168.56.207
- 1.6 Ποιο πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για να βρεθεί η διεύθυνση MAC μιας συσκευής στο τοπικό δίκτυο;
  - a. IP
  - b. ARP
  - c. RARP
  - d. ICMP
  - e. DHCP
- 1.7 Ποιος είναι ο ρόλος της προεπιλεγμένης πύλης σε ένα πίνακα δρομολόγησης;
- 1.8 Πώς μπορεί ο δρομολογητής να καταλάβει αν μπορεί να στείλει απευθείας πακέτα σε κάποια συσκευή μέσα από τις διεπαφές του;
- 1.9 Ποια είναι η διεύθυνση εκπομπής στο δίκτυο 10.50.10.0/23;
- 1.10 Ποια είναι η κλάση της διεύθυνσης 208.23.55.11;
- 1.11 Ποιο είναι το εύρος των διευθύνσεων που είναι διαθέσιμες για συσκευές στο δίκτυο 147.102.0.0/17;

## Άσκηση 2: Ένα απλό δίκτυο

Στο VirtualBox θα κατασκευάσετε το ακόλουθο δίκτυο χρησιμοποιώντας 3 εικονικά συστήματα. Για τα PC θα δημιουργήσετε δυο εικονικά συστήματα, PC1 και PC2, με μία κάρτα δικτύου το καθένα, χρησιμοποιώντας το αρχείο FreeBSD που θα βρείτε<sup>1</sup> στον φάκελο C:\VMs. Για τον δρομολογητή R1 θα δημιουργήσετε ένα εικονικό σύστημα με δύο κάρτες δικτύου. Όλες οι κάρτες δικτύου θα πρέπει να βρίσκονται σε κατάσταση εσωτερικής (internal) δικτύωσης. Ονομάστε τα δύο τοπικά δίκτυα ως “LAN1” και “LAN2”.



Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 2.1 Χρησιμοποιήσατε την επιλογή “Reinitialize MAC addresses” κατά τη δημιουργία των εικονικών συστημάτων; Αιτιολογήστε.
- 2.2 Τι θα συμβεί αν στο ίδιο δίκτυο υπάρχουν συσκευές με ίδια διεύθυνση MAC;
- 2.3 Πώς θα ορίσετε το όνομα (όπως το αντιλαμβάνεται το FreeBSD) του πρώτου εικονικού μηχανήματος σε PC1;
- 2.4 Με ποια εντολή φλοιού θα ορίσετε τη διεύθυνση IP του PC1;
- 2.5 Σε ποιο εσωτερικό δίκτυο του VirtualBox βρίσκεται η κάρτα δικτύου του PC1;
- 2.6 Με ποια εντολή φλοιού θα ορίσετε τη διεύθυνση IP του PC2;
- 2.7 Σε ποιο εσωτερικό δίκτυο του VirtualBox βρίσκεται η κάρτα δικτύου του PC2;
- 2.8 Πώς θα ορίσετε το όνομα του δρομολογητή σε R1;
- 2.9 Με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις διευθύνσεις IP των δύο διεπαφών του R1;
- 2.10 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R1;
- 2.11 Στην εικόνα FreeBSD.ova έχει οριστεί εξυπηρετητής DNS και πελάτης DHCP. Ποιες γραμμές και σε ποια αρχεία παραμετροποίησης πρέπει να αφαιρεθούν ώστε μετά την επανεκκίνηση αυτά να καταργηθούν; [Υποδ. Αναζητείστε μεταξύ των αρχείων \*.conf στον φάκελο /etc]
- 2.12 Ενημερώστε τα αρχεία παραμετροποίησης έτσι ώστε όλες οι ρυθμίσεις που κάνατε προηγουμένως να παραμείνουν και μετά την επανεκκίνηση των εικονικών μηχανημάτων.
- 2.13 Αφού επανεκκινήσετε όλα τα εικονικά μηχανήματα, κάντε ping από το PC1 στον R1 και καταγράψτε τα πακέτα στο δίκτυο LAN1. Παρατηρείτε πακέτα ARP και/ή ICMP;
- 2.14 Κάντε τώρα ping από το PC2 στον R1 καταγράφοντας τα πακέτα στο δίκτυο LAN2. Παρατηρείτε πακέτα ARP και/ή ICMP;

<sup>1</sup> Για εξάσκηση στο σπίτι μπορείτε να κατεβάσετε το FreeBSD.ova με ανώνυμο ftp από το edu-dy.cn.ntua.gr.

- 2.15 Δοκιμάστε τώρα να κάνετε ping από το PC1 στο PC2. Τι παρατηρείτε; Παράγονται πακέτα ARP και/ή ICMP στο LAN1 ή στο LAN2;
- 2.16 Δοκιμάστε τώρα να κάνετε ping από το PC2 στο PC1. Τι παρατηρείτε; Παράγονται πακέτα ARP και/ή ICMP στο LAN1 ή στο LAN2;
- 2.17 Για ποιο λόγο νομίζετε ότι απέτυχε το ping προηγουμένως;

### **Άσκηση 3: Διευθύνσεις IP και MAC σε δίκτυα εκπομπής**

#### **ARP (Address Resolution Protocol)**

Όταν πρέπει να γίνει αντιστοίχιση μιας διεύθυνσης MAC με μια διεύθυνση IP χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ARP. Το ARP δουλεύει ως εξής: ο A που γνωρίζει τη διεύθυνση IP του B, θέλει να μάθει τη φυσική διεύθυνση (MAC) του B. Εκπέμπει τότε ένα ARP request που περιέχει την διεύθυνση IP του B. Όλες οι μηχανές στο ίδιο LAN λαμβάνουν το ARP request. Ο B, που αναγνωρίζει την IP διεύθυνσή του στο ARP request, απαντά με τη φυσική του διεύθυνση MAC. Ο A αποθηκεύει το ζεύγος <IP, MAC> σε πίνακα ARP (ARP cache) μέχρις ότου «παλιώσει» η πληροφορία, δηλαδή, περάσει ορισμένος χρόνος, οπότε και διαγράφεται. Ο B ενημερώνει και αυτός τον πίνακα ARP με τις διευθύνσεις <IP, MAC> του A (αναμένοντας ότι σύντομα θα κληθεί να επικοινωνήσει με τον A). Εάν δεν υπάρχει υπολογιστής στο τοπικό δίκτυο για να απαντήσει, ο A επαναλαμβάνει το αίτημα και τελικά εγκαταλείπει.

Ένας υπολογιστής μπορεί να στείλει ARP request για την δικιά του διεύθυνση IP. Αυτό το μήνυμα ARP αποκαλείται απρόκλητο (gratuitous ARP). Οι άλλες μηχανές στο τοπικό δίκτυο το χειρίζονται σαν να ήταν κανονικό ARP request. Με αυτό τον τρόπο ένας υπολογιστής (συνήθως κατά την εκκίνησή του) μπορεί να ανιχνεύσει το κατά πόσον η IP διεύθυνσή του έχει αποδοθεί ή χρησιμοποιείται από άλλη μηχανή. Επίσης μπορεί να ενημερώσει τους πίνακες ARP άλλων μηχανημάτων με τη δική του διεύθυνση.

Ένας δρομολογητής μπορεί να λειτουργήσει ως πληρεξούσιος (proxy) για πολλές διευθύνσεις IP απαντώντας εκ μέρους των αντίστοιχων υπολογιστών. Στο πληρεξούσιο ARP (Proxy ARP), ο δρομολογητής απαντά σε ARP request που λαμβάνει σε ένα υπο-δίκτυό του, το οποίο απευθύνεται σε υπολογιστή ενός άλλου από τα υπο-δίκτυά του, δίνοντας τη δική του διεύθυνση MAC. Απαντά δηλαδή σε οποιοδήποτε ARP request απευθύνεται σε υπολογιστή υποδικτύου για το οποίο διαθέτει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησής του.

Η εντολή “arp” χρησιμοποιείται για να δούμε και να επεξεργαστούμε σε ένα σύστημα τα περιεχόμενα του πίνακα ARP, όπου φυλάσσονται οι εγγραφές με τη μορφή <διεύθυνση IP, διεύθυνση MAC>. Οι εγγραφές στον πίνακα ARP έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής. Αν δεν γίνει ανανέωσή τους, μετά από κάποιο χρόνο διαγράφονται. Στο FreeBSD ο χρόνος αυτός είναι 20 λεπτά, στα Windows XP είναι 10 λεπτά. Παρακάτω φαίνονται οι πιο συχνές χρήσεις της εντολής:

arp -a	Εμφανίζει τα περιεχόμενα του πίνακα ARP cache
arp -d x.x.x.x	Διαγράφει την εγγραφή της IP διεύθυνσης x.x.x.x
arp -d -a	Διαγράφει όλες τις εγγραφές του πίνακα ARP cache (αντίστοιχο του “arp -d *” των windows)
arp -s x.x.x.x yy:yy:yy:yy:yy:yy	Προσθέτει στατική εγγραφή στον πίνακα ARP για την IP διεύθυνση x.x.x.x με αντίστοιχη MAC την yy:yy:yy:yy:yy:yy

Με βάση τα παραπάνω απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 3.1 Ποια είναι τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στο PC1;
- 3.2 Ποια είναι τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στο PC2;
- 3.3 Ποια είναι τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στο R1;
- 3.4 Καθαρίστε τον πίνακα ARP στον R1 και δείτε τα περιεχόμενα ξανά. Τι παρατηρείτε;
- 3.5 Ξεκινήστε ένα tcpdump σε μια νέα κονσόλα στον R1, καταγράφοντας τα μηνύματα ARP και ICMP στο LAN1, και τρέξτε την εντολή “ping -c 1 192.168.1.2”.
- 3.6 Ποια είναι τώρα τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στον R1; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
- 3.7 Ποια είναι τώρα τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στο PC1; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
- 3.8 Επαναλάβετε τα προηγούμενα αλλά κάνοντας τώρα “ping -c 1 192.168.2.1”.
- 3.9 Καταγράψτε με τη βοήθεια του πίνακα ARP την αντιστοιχία όλων των διευθύνσεων IP με τις αντίστοιχες διευθύνσεις MAC.
- 3.10 Ξεκινήστε ένα tcpdump σε μια νέα κονσόλα στον R1 και προσπαθήστε να επικοινωνήσετε με ένα ανύπαρκτο σύστημα στο δίκτυο, π.χ. “ping -c 3 192.168.1.5”. Καταγράψτε τα μηνύματα ARP που παράγονται σε αυτή την περίπτωση.

## Άσκηση 4: Προεπιλεγμένος δρομολογητής

Προκειμένου να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ των δύο εικονικών υπολογιστών PC1 και PC2, θα πρέπει το σύστημα R1, που διαθέτει 2 κάρτες δικτύου, να λειτουργήσει ως δρομολογητής. Για τον σκοπό αυτό μπορείτε να δώσετε την ακόλουθη εντολή, ως χρήστης root:

```
sysctl net.inet.ip.forwarding=1
```

Για να παραμείνει η ρύθμιση και μετά από επανεκκίνηση θα χρειαστεί να προστεθεί στο αρχείο παραμετροποίησης /etc/rc.conf η παρακάτω γραμμή:

```
gateway_enable="YES"
```

Χρησιμοποιώντας την εντολή netstat μπορείτε να βρείτε χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με τις δικτυακές ρυθμίσεις και δραστηριότητα σε ένα σύστημα. Συγκεκριμένα, μπορείτε να δείτε τον πίνακα δρομολόγησης, στατιστικά για τις διεπαφές δικτύου καθώς και τις ενεργές συνδέσεις. Παρακάτω φαίνονται οι πιο συχνές χρήσεις της εντολής:

netstat -in	Εμφανίζει πληροφορίες για τις διεπαφές δικτύου
netstat -rn	Εμφανίζει τα περιεχόμενα του πίνακα δρομολόγησης
netstat -a	Εμφανίζει τις ενεργές συνδέσεις
netstat -an	Εμφανίζει τις ενεργές συνδέσεις χωρίς επίλυση ονομάτων
netstat -s	Εμφανίζει στατιστικά για κάθε πρωτόκολλο

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

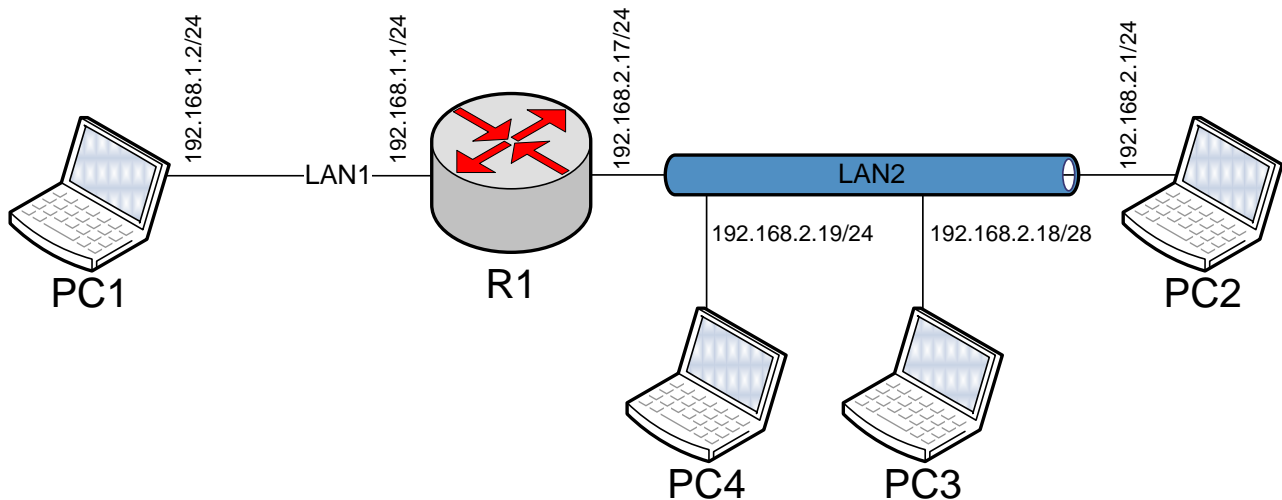
- 4.1 Δοκιμάστε πάλι την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Υπάρχει διαφορά;

- 4.2 Δείτε τον πίνακα δρομολόγησης για το IPv4 στο PC1. Υπάρχει διαδρομή για το LAN2;
- 4.3 Στο εικονικό μηχάνημα PC1 ορίστε ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1.
- 4.4 Ποια εγγραφή προστέθηκε στον πίνακα δρομολόγησης του PC1;
- 4.5 Δοκιμάστε πάλι την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Τι παρατηρείτε;
- 4.6 Με χρήση του tcpdump ελέγξτε εάν παράγονται πακέτα ICMP στο LAN1 και το LAN2. Υπάρχει διαφορά σε σχέση με πριν; Εξηγήστε τι συμβαίνει.
- 4.7 Στο εικονικό μηχάνημα PC2 ορίστε ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1.
- 4.8 Δοκιμάστε πάλι την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Υπάρχει τώρα επικοινωνία; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
- 4.9 Εκτελέστε την εντολή traceroute από το PC1 στο PC2. Πόσα βήματα βλέπετε;
- 4.10 Καθαρίστε τους πίνακες ARP σε όλα τα εικονικά μηχανήματα (PC1, PC2 και R1). Στον δρομολογητή R1 ξεκινήστε δύο καταγραφές, ώστε να συλλάβετε όλα τα πακέτα στο LAN1 και όλα τα πακέτα στο LAN2, φροντίζοντας να εμφανίζονται στην οθόνη όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες καθώς και οι διευθύνσεις MAC των πλαισίων που τα μεταφέρουν. Ακολουθώς κάντε ping από το PC1 στο PC2.
- 4.11 Προσδιορίστε τη διεύθυνση πηγής και προορισμού στις επικεφαλίδες Ethernet και IP για τα μηνύματα ICMP Echo Request στο LAN1.
- 4.12 Προσδιορίστε τη διεύθυνση πηγής και προορισμού στις επικεφαλίδες Ethernet και IP για τα μηνύματα ICMP Echo Request στο LAN2.
- 4.13 Εξηγήστε πώς αλλάζουν οι διευθύνσεις Ethernet και IP καθώς το πακέτο προωθείται από τον δρομολογητή.
- 4.14 Από το PC1 συνδεθείτε με SSH στο PC2.
- 4.15 Χρησιμοποιείστε την εντολή netstat σε συνδυασμό με τη grep ώστε να δείτε πληροφορίες για την παραπάνω σύνδεση στο PC1. Ποια είναι η τοπική και ποια η απομακρυσμένη θύρα της σύνδεσης αυτής;
- 4.16 Χρησιμοποιείστε τώρα την εντολή netstat ώστε να εμφανίσετε πληροφορίες για την παραπάνω σύνδεση στον R1. Τι διαφορές παρατηρείτε; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.

## **Άσκηση 5: Προθέματα δικτύου και δρομολόγηση**

Σε αυτή την άσκηση θα δείτε με ποιο τρόπο οι υπολογιστές χρησιμοποιούν τα προθέματα δικτύου (ή τις μάσκες) προκειμένου να προσδιορίσουν το κατά πόσο ένα πακέτο μπορεί να παραδοθεί απευθείας στον προορισμό του ή πρέπει να αποσταλεί για δρομολόγηση. Για το σκοπό αυτό θα προσθέσετε στο τοπικό δίκτυο LAN2 δύο επιπλέον εικονικά μηχανήματα, τα PC3 και PC4, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Και τα δύο εικονικά μηχανήματα στον πίνακα δρομολόγησης θα πρέπει να έχουν ρυθμισμένη ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1.

Παρατηρείστε ότι από την προοπτική του PC3, ο δρομολογητής R1 και το PC4 βρίσκονται στο ίδιο υποδίκτυο 192.168.2.16/28 με αυτόν, ενώ το PC2 βρίσκεται σε άλλο υποδίκτυο. Από την προοπτική των υπόλοιπων, όλοι βρίσκονται στο ίδιο υποδίκτυο 192.168.2.0/24. Σε αυτό το σημείο υπενθυμίζουμε ότι οι δρομολογητές υποτίθεται να γνωρίζουν τις σωστές διαδρομές προς τους προορισμούς. Το ίδιο όμως δεν είναι προφανές για τους υπολογιστές. Εάν ένας υπολογιστής χρησιμοποιήσει λάθος δρομολογητή για το πρώτο βήμα, τότε αυτός θα του στείλει ένα πακέτο παράκαμψης (ICMP redirect) για να υποδείξει τη σωστή διαδρομή.



Ακολουθείστε τις επόμενες οδηγίες καταγράφοντας την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε. Για να μεγαλώσει η ανάλυση της κονσόλας και να μπορείτε να δείτε περισσότερες πληροφορίες χωρίς δυσκολία (ειδικά κατά τη διάρκεια των καταγραφών) χρησιμοποιήστε την εντολή “videcontrol MODE\_280”.

- 5.1 Στο PC3 ορίστε ως διεύθυνση IP την 192.168.2.18, πρόθεμα δικτύου το /28 και προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1.
- 5.2 Στο PC4 ορίστε ως διεύθυνση IP την 192.168.2.19, πρόθεμα δικτύου το /24 και προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1.
- 5.3 Καθαρίστε τους πίνακες ARP σε όλα τα συστήματα.
- 5.4 Ξεκινήστε μια καταγραφή στο PC1 θέτοντας φίλτρο έτσι ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα ICMP και ARP.
- 5.5 Ξεκινήστε μια δεύτερη καταγραφή στο PC2 θέτοντας φίλτρο έτσι ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα ICMP και ARP.
- 5.6 Από το PC1 κάντε ping στο PC2 και μετά από το PC1 στο PC4 στέλνοντας 3 ακριβώς πακέτα ICMP request. Ήταν τα ping επιτυχή;
- 5.7 Σταματήστε τις καταγραφές και καταγράψτε το περιεχόμενο των πινάκων ARP σε όλους τους υπολογιστές μετά την ολοκλήρωση των ping.
- 5.8 Αφού καθαρίσετε τους πίνακες ARP σε όλα τα συστήματα, ξεκινήστε μια καταγραφή στο PC3 θέτοντας φίλτρο έτσι ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα ICMP και ARP.
- 5.9 Από το PC3 κάντε ping στο PC4 στέλνοντας 3 ακριβώς πακέτα ICMP request. Ήταν το ping επιτυχές;
- 5.10 Σταματήστε τις καταγραφές και καταγράψτε το περιεχόμενο των πινάκων ARP σε όλους τους υπολογιστές μετά την ολοκλήρωση του ping.
- 5.11 Αφού καθαρίσετε τους πίνακες ARP σε όλα τα συστήματα, ξεκινήστε μια νέα καταγραφή στο PC3 όπως πριν.
- 5.12 Ξεκινήστε μια άλλη καταγραφή στο PC2 όπως πριν.
- 5.13 Ξεκινήστε παράλληλα μια καταγραφή στον R1 έτσι ώστε να συλλαμβάνονται στο LAN2 μόνο τα πακέτα ICMP και ARP. Τα αποτελέσματα της καταγραφής να φαίνονται στην οθόνη, ενώ ταυτόχρονα να αποθηκεύονται σε αρχείο r1data.



- 5.14 Από το PC3 κάντε ping στο PC2 στέλνοντας 1 ακριβώς πακέτο ICMP request. Ήταν το ping επιτυχές;
- 5.15 Σταματήστε τις καταγραφές και καταγράψτε το περιεχόμενο των πινάκων ARP σε όλους τους υπολογιστές μετά την ολοκλήρωση του ping.
- 5.16 Σχεδιάστε την ανταλλαγή όλων των πακέτων (ICMP και ARP) που παρατηρήσατε μεταξύ των PC3, PC2 και R1 σημειώνοντας το είδος τους και δίνοντας μια σύντομη εξήγηση του σκοπού τους.
- 5.17 Εάν στο PC3 δεν είχε οριστεί προεπιλεγμένη πύλη θα λαμβάνετε τα ίδια αποτελέσματα; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.

## **Άσκηση 6: Proxy ARP**

Το proxy ARP είναι ένας τρόπος ώστε να δρομολογούνται πακέτα χωρίς να ορίζουμε προεπιλεγμένη πύλη είτε για λόγους ευκολίας (μια ρύθμιση λιγότερη) είτε για λόγους ευελιξίας σε περίπτωση αλλαγής της προεπιλεγμένης πύλης. Ο δρομολογητής απαντά σε μηνύματα ARP request για κάθε δίκτυο που γνωρίζει, δίδοντας τη δική του MAC.

Ακολουθήστε τις παρακάτω οδηγίες καταγράφοντας την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 6.1 Στο PC4 καταργείστε την προεπιλεγμένη πύλη.
- 6.2 Αλλάξτε στο PC4 τη μάσκα υποδικτύου από /24 σε /16.
- 6.3 Από την προοπτική του PC4, το PC1 βρίσκεται στο ίδιο ή σε διαφορετικό υποδίκτυο;
- 6.4 Κάντε ping από το PC4 στο PC1. Είναι επιτυχές;

Στον δρομολογητή ενεργοποιήστε τη λειτουργία proxy ARP με την εντολή `sysctl net.link.ether.inet.proxyall=1`.

- 6.5 Επαναλάβετε το ping από το PC4 στο PC1. Είναι το ping επιτυχές; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.

Καθαρίστε στο PC4 τον πίνακα ARP, ξεκινήστε μια καταγραφή στον R1 και επαναλάβετε το προηγούμενο ping.

- 6.6 Τι παρατηρείτε στην απάντηση του R1 στο ARP request που λαμβάνει από το PC4;
- 6.7 Ποιά είναι η μεγαλύτερη τιμή μάσκας υποδικτύου που μπορεί να τεθεί στο PC4 ώστε να συνεχίσει να λειτουργεί το παραπάνω;

Όνοματεπώνυμο:			Όνομα PC:		
Ομάδα:			Ημερομηνία:		
Διεύθυνση IP: . . .			Διεύθυνση MAC: - - - - -		

## Εργαστηριακή Άσκηση 3 Εισαγωγή στη δρομολόγηση

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

### 1

- 1.1 .....
- 1.2 .....
- 1.3 .....
- 1.4 .....
- 1.5 .....
- 1.6 .....
- 1.7 .....
- .....
- 1.8 .....
- .....
- 1.9 .....
- 1.10 .....
- 1.11 .....

### 2

- 2.1 .....
- .....
- 2.2 .....
- .....
- 2.3 .....
- 2.4 .....
- 2.5 .....
- 2.6 .....
- 2.7 .....
- 2.8 .....
- 2.9 .....
- 2.10 .....
- 2.11 .....
- .....

2.12 .....  
.....  
.....  
2.13 .....  
2.14 .....  
2.15 .....  
2.16 .....  
2.17 .....  
.....

**3**

3.1 .....  
.....  
3.2 .....  
.....  
3.3 .....  
.....  
3.4 .....  
3.5 .....  
3.6 .....  
.....  
3.7 .....  
.....  
3.8 .....  
.....  
3.9 .....  
.....  
.....  
3.10 .....

**4**

4.1 .....  
4.2 .....  
4.3 .....  
4.4 .....  
4.5 .....  
4.6 .....  
.....

4.7 .....  
4.8 .....  
.....  
4.9 .....  
4.10 .....  
.....  
.....  
4.11 .....  
.....  
4.12 .....  
.....  
4.13 .....  
.....  
.....  
4.14 .....  
4.15 .....  
.....  
4.16 .....  
.....

**5**

5.1 .....  
5.2 .....  
5.3 .....  
5.4 .....  
5.5 .....  
5.6 .....  
5.7 .....  
5.8 .....  
5.9 .....  
5.10 .....  
5.11 .....  
5.12 .....  
5.13 .....  
5.14 .....  
5.15 .....  
5.16 .....

.....Σχεδιάστε στην επόμενη σελίδα

5.17 .....

**6**

6.1 .....

6.2 .....

6.3 .....

6.4 .....

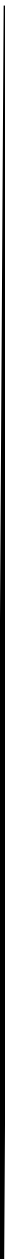
6.5 .....

6.6 .....

6.7 .....

.....

PC1



R1



PC4

