

Εργαστηριακή Άσκηση 4 Στατική δρομολόγηση

Η βασική διαφορά μεταξύ υπολογιστή και δρομολογητή είναι ότι στους δρομολογητές η προώθηση IP είναι ενεργοποιημένη, ενώ στους υπολογιστές είναι συνήθως απενεργοποιημένη. Με ενεργοποιημένη την προώθηση IP, εάν ένα πακέτο δεν προορίζεται για το τοπικό σύστημα, θα αποσταλεί σε κάποιο άλλο. Με απενεργοποιημένη την προώθηση IP, εάν το πακέτο δεν προορίζεται για το τοπικό σύστημα, θα απορριφθεί.

Η επεξεργασία των πακέτων IP στους δρομολογητές και υπολογιστές είναι παρόμοια. Όταν φτάνει ένα πακέτο IP, πρώτα, εξετάζεται η εγκυρότητα της επικεφαλίδας IP από το πεδίο ελέγχου. Πακέτα με άκυρες επικεφαλίδες απορρίπτονται. Μετά γίνεται η επεξεργασία των πεδίων επιλογών της επικεφαλίδας IP. Κατόπιν αναζητείται η διεύθυνση IP προορισμού στον πίνακα δρομολόγησης, μειώνεται το TTL, θρυμματίζεται το πακέτο (εάν απαιτείται), γίνεται επανυπολογισμός του πεδίου ελέγχου και το πακέτο προωθείται στο επόμενο βήμα μέσω της κατάλληλης διεπαφής. Εάν απαιτείται, γίνεται και αποστολή κάποιου μηνύματος ICMP.

Κάθε δρομολογητής (και υπολογιστής) διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης που δείχνει πώς προωθούνται τα εξερχόμενα πακέτα. Η ύπαρξη ενός πίνακα δρομολόγησης χρειάζεται για την **συνολπική** ομαδοποίηση των εγγραφών δρομολόγησης. Οι εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης έχουν τη μορφή *<Διεύθυνση προορισμού, Επόμενο βήμα, Διεπαφή>*. Για κάθε *διεύθυνση προορισμού*, που μπορεί να αφορά δίκτυο ή μεμονωμένο host, ο πίνακας δρομολόγησης δείχνει το *επόμενο βήμα*, δηλαδή τη διεύθυνση IP όπου θα αποσταλεί το πακέτο, και τη *διεπαφή* μέσω της οποίας θα γίνει η δρομολόγηση. Το *επόμενο βήμα* και η *διεπαφή* συνήθως συμπτύσσονται σε μια στήλη. Οι πίνακες δρομολόγησης συντάσσονται έτσι ώστε τα πακέτα να πλησιάζουν προς τον προορισμό τους. Τα πακέτα IP μπορούν να παραδοθούν “απευθείας” όταν ο προορισμός βρίσκεται σε απευθείας συνδεδεμένο με τον δρομολογητή υποδίκτυο, ειδάλως προωθούνται σε επόμενο, πλησιέστερο στον προορισμό, δρομολογητή. Όταν στον δρομολογητή καταφθάνει ένα πακέτο IP, γίνεται μια αναζήτηση (lookup) στον πίνακα δρομολόγησης. Η διεύθυνση IP του προορισμού χρησιμοποιείται ως κλειδί για την αναζήτηση. Το αποτέλεσμα της αναζήτησης είναι η διεύθυνση IP του επόμενου βήματος και/ή το όνομα της διεπαφής.

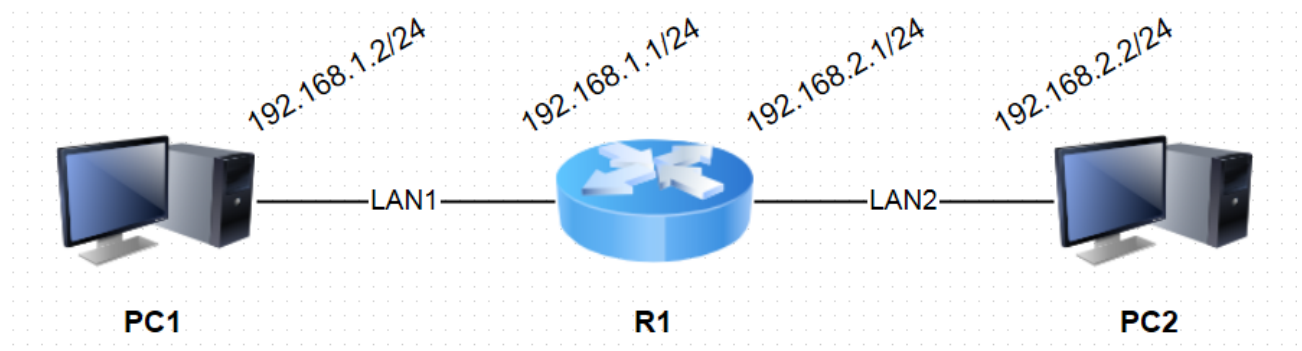
Διακρίνουμε τους ακόλουθους τύπους εγγραφών δρομολόγησης: διαδρομή προς δίκτυο, διαδρομή προς υπολογιστή, προεπιλεγμένη (default) διαδρομή και ο βρόχος επιστροφής (loopback). Στην διαδρομή προς δίκτυο, η *διεύθυνση προορισμού* είναι μια διεύθυνση δικτύου, π.χ., 10.0.2.0/24. Οι περισσότερες εγγραφές στους δρομολογητές είναι διαδρομές προς δίκτυα. Στη διαδρομή προς υπολογιστή, η διεύθυνση προορισμού είναι η διεύθυνση μιας διεπαφής, π.χ., 10.0.1.2/32. Με τον τρόπο αυτό ορίζονται διαδρομές προς συγκεκριμένους υπολογιστές. Η προεπιλεγμένη διαδρομή, της οποίας η *διεύθυνση προορισμού* συχνά εμφανίζεται ως 0.0.0.0/0, χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει ταίριασμα με άλλη εγγραφή. Η διεύθυνση IP του *επομένου βήματος* της προεπιλεγμένης διαδρομής ονομάζεται προεπιλεγμένη πύλη. Τέλος, η εγγραφή για τη διεύθυνση 127.0.0.1 δηλώνει ως επόμενο βήμα τη διεπαφή του βρόχου επιστροφής (lo0).

Κατά την αναζήτηση της πλέον κατάλληλης εγγραφής από τον πίνακα δρομολόγησης, χρησιμοποιείται το ταίριασμα μεγαλύτερου προθέματος (longest prefix match). Δηλαδή, η δρομολόγηση θα γίνει προς το *επόμενο βήμα* εκείνης της εγγραφής της οποίας η διεύθυνση δικτύου έχει την μεγαλύτερη επικάλυψη, ξεκινώντας από τα αριστερά προς τα δεξιά, και άρα ταύτιση προθέματος, με τη διεύθυνση προορισμού IP του υπό προώθηση πακέτου IP. Επομένως, η αναζήτηση ξεκινά ψάχνοντας για διαδρομές ταιριάσματος όλων των 32 bit (διαδρομή προς υπολογιστή, βρόχος επιστροφής), ταιριάσματος των 31 bit, 30 bit, κοκ μέχρι αναζήτηση

ταιριάσματος με 0 bit. Η προεπιλεγμένη διαδρομή (0.0.0.0/0) παρουσιάζει το μικρότερο δυνατό ταίριασμα και σε αυτή καταλήγουμε εάν οτιδήποτε άλλο αποτύχει. Η αναζήτηση στον πίνακα δρομολόγησης δεν μεταβάλλει τις εγγραφές. Αυτές αλλάζουν είτε με εντολές παραμετροποίησης χρησιμοποιώντας στατικές εγγραφές, είτε δυναμικά μέσω των πρωτοκόλλων δρομολόγησης. Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα ασχοληθείτε αποκλειστικά με στατικές εγγραφές.

Άσκηση 1: Δρομολόγηση σε ένα βήμα

Θα ξεκινήσετε κατασκευάζοντας στο VirtualBox την απλή τοπολογία του επόμενου σχήματος. Χρησιμοποιήστε για υπολογιστές δύο εικονικά συστήματα με μια κάρτα δικτύου και για δρομολογητή ένα εικονικό σύστημα με δύο κάρτες. Ρυθμίστε τον R1 έτσι ώστε να επιτρέπει δρομολόγηση πακέτων IP. Τα τοπικά δίκτυα να οριστούν στο VirtualBox ως εσωτερικά (Internal) και να ονομάζονται LAN1 και LAN2.



Όπως είδατε στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση, για να μπορέσουν να επικοινωνήσουν οι υπολογιστές χρειάζονται πληροφορίες δρομολόγησης. Η προεπιλεγμένη πύλη είναι μια απλή λύση. Μπορούμε όμως να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα χρησιμοποιώντας στατικές εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης.

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

- 1.1 Με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις διευθύνσεις IP των δύο διεπαφών του R1;
- 1.2 Ποια εντολή φλοιού χρησιμοποιήσατε ώστε να δρομολογεί πακέτα IP ο δρομολογητής R1;
- 1.3 Ποια είναι η σύνταξη της εντολής “route add” για να προσθέσετε στο PC1 στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 που βρίσκεται ο υπολογιστής PC2; [Υποδ. Συμβουλευθείτε τις σελίδες man για την εντολή route].
- 1.4 Δοκιμάστε την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Τι παρατηρείτε;
- 1.5 Με χρήση του tcpdump ελέγξτε εάν παράγονται πακέτα ICMP στο LAN1 και το LAN2. Εξηγήστε τι συμβαίνει.
- 1.6 Ποια είναι η σύνταξη της εντολής “route add” για να προσθέσετε στο PC2 στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 που βρίσκεται ο υπολογιστής PC1;
- 1.7 Δοκιμάστε πάλι την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Υπάρχει τώρα επικοινωνία; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
- 1.8 Εξηγήστε γιατί δεν χρειάζεται να γίνει καμία αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης του R1.

Άσκηση 2: Ταυτόσημες διευθύνσεις IP

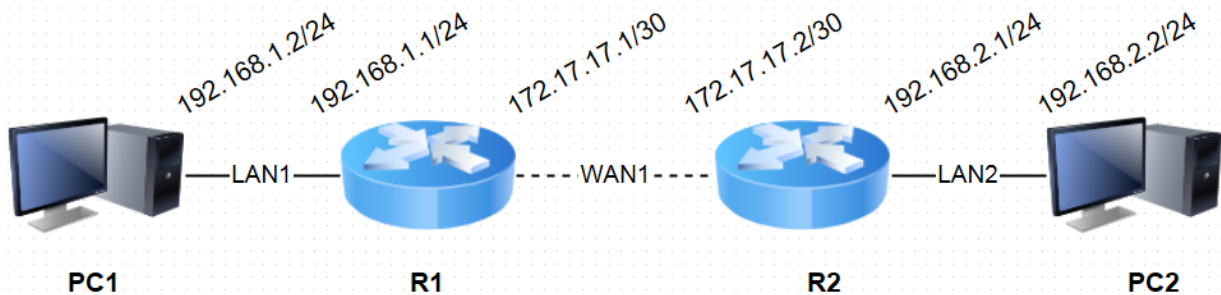
Προσθέστε στο τοπικό δίκτυο LAN2 της άσκησης 1 άλλο ένα εικονικό μηχάνημα με όνομα PC3. Δώστε στο PC3 την ίδια διεύθυνση IP με το PC2 (χρησιμοποιήστε όμως την επιλογή Reinitialize MAC address).

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

- 2.1 Λάβατε κάποια ένδειξη λάθους στην προσπάθειά σας να ορίσετε τη διεύθυνση IP του PC3;
- 2.2 Εμφανίσθηκε αντίστοιχη ένδειξη λάθους στο PC2;
- 2.3 Έχει ορισθεί η διεύθυνση IP στο PC3; Ποιο είναι τότε το νόημα των μηνυμάτων λάθους;
- 2.4 Καθαρίστε τους πίνακες ARP σε όλα τα εικονικά μηχανήματα (PC1, PC2, PC3 και R1). Στον δρομολογητή R1 ξεκινήστε μια καταγραφή, ώστε να συλλάβετε όλα τα πακέτα στο LAN2, από και προς τη διεύθυνση IP 192.168.2.2.
- 2.5 Από το PC1 συνδεθείτε με SSH ως χρήστης lab στο 192.168.2.2.
- 2.6 Εμφανίσθηκαν ενδείξεις λάθους στα PC2 και PC3; Σε ποιο από τα δύο μηχανήματα συνδεθήκατε;
- 2.7 Καταγράψτε τα περιεχόμενα του πίνακα ARP στον R1.
- 2.8 Με ποιους άλλους τρόπους μπορείτε να καταλάβετε σε ποιο μηχανήμα έχετε συνδεθεί;
- 2.9 Εξηγήστε γιατί το SSH λειτούργησε, συνδεθήκατε στο συγκεκριμένο μηχανήμα και όχι στο άλλο, παρά τα μηνύματα λάθους.

Άσκηση 3: Δρομολόγηση σε περισσότερα βήματα

Αποσυνδέστε το PC3 από το δίκτυο ανοίγοντας την κατηγορία Advanced από τις ρυθμίσεις δικτύου και σβήνοντας τη ρύθμιση “Cable connected”. Μην το διαγράψετε, το PC3 θα χρειαστεί στην επόμενη άσκηση. Στην προηγούμενη τοπολογία προσθέστε τώρα άλλον ένα δρομολογητή R2. Ονομάστε το μεταξύ τους δίκτυο¹ WAN1 όπως στο σχήμα:



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

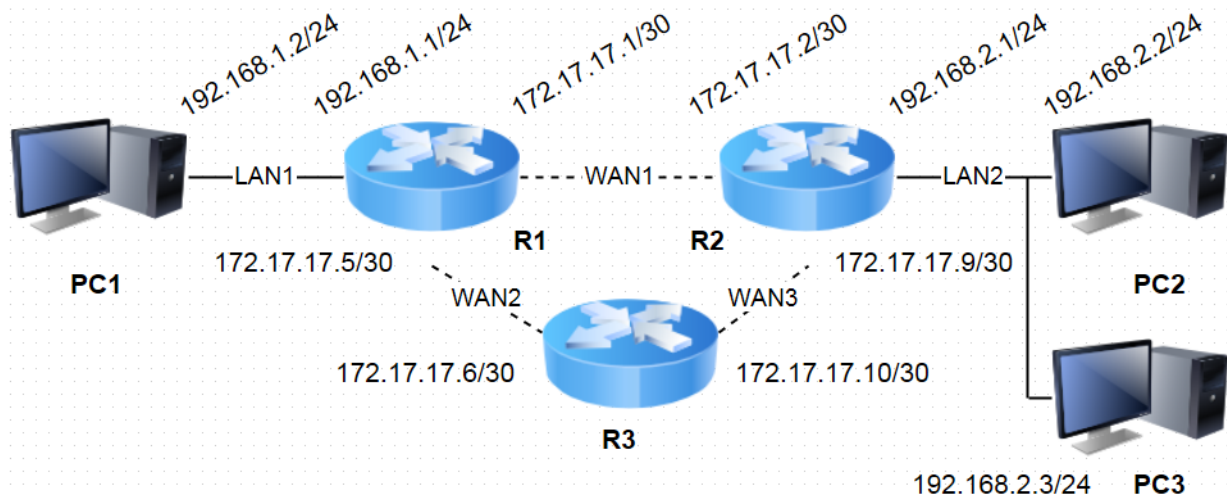
- 3.1 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R1;
- 3.2 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R2;
- 3.3 Δοκιμάστε πάλι την εντολή ping από το PC1 στο PC2. Τι είδους ένδειξη λάθους παρατηρείτε;

¹ Ο όρος WAN (Wide Area Network) σημαίνει «δίκτυο ευρείας περιοχής» και στο σχήμα αναπαριστάται με μια ζεύξη σημείου-προς-σημείο μεταξύ δύο δρομολογητών.

- 3.4 Με χρήση του tcpdump ελέγξτε εάν και τι είδους πακέτα ICMP παράγονται στο LAN1. Παράγονται πακέτα ICMP στο WAN1; Εξηγήστε τι συμβαίνει.
- 3.5 Δοκιμάστε τώρα την εντολή traceroute από το PC1 στο PC2. Παρατηρείτε κάποια ένδειξη λάθους; Εξηγήστε τι συμβαίνει.
- 3.6 Ποια είναι η σύνταξη της εντολής “route add” για να προσθέσετε στον R1 στατική εγγραφή για το 192.168.2.0/24 μέσω του R2;
- 3.7 Μπορείτε τώρα να κάνετε ping από το PC1 στο PC2; Τεκμηριώστε την απάντησή σας χρησιμοποιώντας το tcpdump για να ελέγξτε εάν και τι είδους πακέτα ICMP παράγονται στο LAN1 και WAN1.
- 3.8 Δοκιμάστε ξανά την εντολή traceroute από το PC1 στο PC2. Παρατηρείτε μηνύματα ICMP στο WAN1; Εάν όχι, παράγονται άλλου είδους μηνύματα; Γιατί συμβαίνει αυτό;
- 3.9 Ποια είναι η σύνταξη της κατάλληλης εντολής ώστε να προστεθεί στατική εγγραφή στον δρομολογητή R2 για να μπορέσει να επικοινωνήσει το PC1 με το PC2;
- 3.10 Μπορείτε τώρα να κάνετε traceroute από το PC1 στο PC2; Εμφανίζονται τώρα πακέτα ICMP στο WAN1; Ποιος τα παράγει;
- 3.11 Κάντε ping από το PC2 στη διεύθυνση 172.17.17.1. Τι παρατηρείτε;
- 3.12 Διαγράψτε στο PC2 τη στατική εγγραφή για το 192.168.1.0/24.
- 3.13 Προσθέστε στο PC2 ως προεπιλεγμένη πύλη την 192.168.2.1.
- 3.14 Κάντε πάλι ping από το PC2 στη διεύθυνση 172.17.17.1. Τι παρατηρείτε τώρα;
- 3.15 Εξηγήστε τη διαφορετική συμπεριφορά που παρατηρήσατε στα δύο προηγούμενα ping.

Άσκηση 4: Ένα πιο πολύπλοκο δίκτυο με εναλλακτικές διαδρομές

Στο παρακάτω σχήμα ακολουθεί μια πιο πολύπλοκη τοπολογία δικτύου που θα πρέπει να κατασκευαστεί στο VirtualBox. Θα χρησιμοποιήσετε τους τρεις εικονικούς υπολογιστές που ήδη έχετε, τους δύο δρομολογητές R1 και R2 προσθέτοντας άλλη μία κάρτα δικτύου και έναν τρίτο δρομολογητή R3 με δύο κάρτες δικτύου. Ορίστε όλες τις κάρτες δικτύου να ανήκουν στα τοπικά δίκτυα όπως φαίνεται στο σχήμα. Ρυθμίστε τους δρομολογητές ώστε να επιτρέπουν δρομολόγηση πακέτων IP. Για να μπορούν να επικοινωνούν οι τρεις υπολογιστές μεταξύ τους θα πρέπει να ορίσετε τις σωστές στατικές εγγραφές, όπως ζητούνται αναλυτικά στις παρακάτω ερωτήσεις, σε κάθε δρομολογητή.



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

- 4.1 Ενεργοποιήστε τη διεπαφή του PC3, ορίστε τη διεύθυνση IP, τη μάσκα υποδικτύου του και θέστε ως προεπιλεγμένη πύλη τον R2.
- 4.2 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R1 και με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις IP διευθύνσεις τους;
- 4.3 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R2 και με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις IP διευθύνσεις τους;
- 4.4 Σε ποια εσωτερικά δίκτυα του VirtualBox πρέπει να βρίσκονται οι κάρτες δικτύου του R3 και με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις IP διευθύνσεις τους;
- 4.5 Ποιες στατικές εγγραφές απαιτούνται στον R1 ώστε να προωθεί πακέτα για το LAN2 μέσω του R2;
- 4.6 Ποιες στατικές εγγραφές απαιτούνται στον R2 ώστε να προωθεί πακέτα για το LAN1 μέσω του R1;
- 4.7 Ποιες στατικές εγγραφές απαιτούνται στον R3 ώστε να προωθεί πακέτα για το LAN1 μέσω του R1 και για το LAN2 μέσω του R2;
- 4.8 Προσθέστε στον R1 στατική εγγραφή για το 192.168.2.3/32 μέσω του R3.
- 4.9 Δοκιμάστε traceroute από το PC1 στο PC2. Πόσα βήματα βλέπετε;
- 4.10 Δοκιμάστε ping από το PC1 στο PC2. Πόσα βήματα βλέπετε από την τιμή του TTL;
- 4.11 Δοκιμάστε traceroute από το PC1 στο PC3. Πόσα βήματα βλέπετε;
- 4.12 Δοκιμάστε ping από το PC1 στο PC3. Πόσα βήματα βλέπετε από την τιμή του TTL;
- 4.13 Ποια διαδρομή ακολουθεί το ICMP Echo request και ποια το Echo reply; Δικαιολογήστε.
- 4.14 Προσομοιώστε βλάβη στη σύνδεση του R1 προς το WAN1 διαγράφοντας την αντίστοιχη διεπαφή και ξεκινήστε μια καταγραφή στον R2 ώστε να συλλαμβάνονται πακέτα στο LAN2. [Υποδ. Χρησιμοποιείστε την ifconfig.]
- 4.15 Δοκιμάστε traceroute από το PC1 στο PC2 και μετά από το PC1 στο PC3. Παρατηρείτε να φτάνουν ή παράγονται πακέτα ICMP στο PC2 ή στο PC3;
- 4.16 Ποιες αλλαγές πρέπει να γίνουν στους πίνακες δρομολόγησης των R1 και R2 ώστε όλη η κίνηση μεταξύ των PC1,2,3 να διέρχεται μέσω του R3; Επιβεβαιώστε ότι μετά την αλλαγή υπάρχει επικοινωνία κάνοντας traceroute όπως πριν.

Άσκηση 5: Βρόχοι κατά τη δρομολόγηση

Όταν τοποθετούνται στατικές εγγραφές χειροκίνητα υπάρχει περίπτωση να γίνει κάποιο λάθος. Υπό προϋποθέσεις, υπάρχει η πιθανότητα να δημιουργηθεί βρόχος (loop) κατά τη δρομολόγηση. Στην άσκηση αυτή θα προκαλέσουμε σκόπιμα κάτι τέτοιο. Θα χρησιμοποιήσετε το δίκτυο της προηγούμενης άσκησης με το καλώδιο του R1 στο WAN1 αποσυνδεδεμένο.

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

- 5.1 Τροποποιήστε στον R3 την υπάρχουσα στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 ώστε να στέλνει την κίνηση στον R1 αντί στον R2. *[Υποδ. Συμβουλευθείτε τις σελίδες man για την εντολή route].*
- 5.2 Εκτελέστε ping στέλνοντας ένα μόνο ICMP Echo request από το PC1 στο PC2. Είναι το ping επιτυχές;
- 5.3 Σε ποια κάρτα δικτύου πρέπει να καταγράψετε με το tcpdump τα πακέτα ICMP για να παρατηρήσετε καλύτερα το τι συμβαίνει; *[Υποδ. Χρησιμοποιείστε την επιλογή -e για να είναι εμφανής η διεπαφή που τα παράγει].*
- 5.4 Μετρήστε πόσα πακέτα ICMP Echo request παράχθηκαν από το PC1 και πόσα εμφανίσθηκαν στο WAN1. *[Υποδ. Όταν σταματάτε το tcpdump με Ctrl+C εμφανίζεται το πλήθος των πακέτων που καταγράφηκαν.]*
- 5.5 Εκτελέστε traceroute -I -q 1 από το PC1 στο PC2.
- 5.6 Μετρήστε πόσα πακέτα ICMP Echo request στάλθηκαν από το PC1 και πόσα εμφανίσθηκαν στο WAN2. Αιτιολογείστε το πλήθος τους. *[Υποδ. Καταγράψτε σε αρχείο το αποτέλεσμα της tcpdump και χρησιμοποιείστε τις εντολές grep και wc].*
- 5.7 Σε τι διαφέρουν τα πακέτα ICMP Echo request που παράχθηκαν από τα εργαλεία ping και traceroute;
- 5.8 Γιατί τα ICMP Echo request δεν κυκλοφορούν αενάως στο δίκτυο;

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

Εργαστηριακή Άσκηση 4 Στατική 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

2

2.1

2.2

2.3

.....

2.4

.....

2.5

2.6

.....

2.7

.....

2.8

2.9

.....

3

- 3.1
- 3.2
- 3.3
- 3.4
-
- 3.5
-
- 3.6
- 3.7
-
- 3.8
-
- 3.9
- 3.10
-
- 3.11
- 3.12
- 3.13
- 3.14
- 3.15
-

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
.....