



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής

Εργαστήριο Διαχείρισης και Βέλτιστου Σχεδιασμού Δικτύων Τηλεματικής - NETMODE

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου, 157 80, Τηλ: 772.1448, Fax: 772.1452

e-mail: [netman@netmode.ntua.gr](mailto:netman@netmode.ntua.gr), URL: <http://www.netmode.ntua.gr>

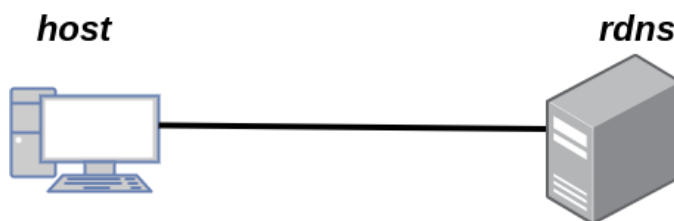
31 Οκτωβρίου 2024

## Διαχείριση Δικτύων – Ευφυή Δίκτυα

### 3η Ομάδα Ασκήσεων

#### Άσκηση 1

Χρησιμοποιώντας το [Docker](#) και βασικά εργαλεία του (π.χ. *docker-compose*) θα δημιουργήσετε μία απλή τοπολογία, που θα αποτελείται από έναν υπολογιστή (*host*) και έναν αναδρομικό εξυπηρετητή DNS (*rdns*).



Για τη διευκόλυνσή σας, παρέχεται ένα *Virtual Machine* - VM ([link](#)) με προεγκατεστημένο το *Docker* και τα υπόλοιπα απαραίτητα εργαλεία, το οποίο έχει δοκιμαστεί με το λογισμικό *VirtualBox* (οδηγίες εγκατάστασης και χρήσης στο τέλος της άσκησης). Μπορείτε να συνδεθείτε σε αυτό με SSH χρησιμοποιώντας τα παρακάτω credentials:

- **Username:** *netman-docker*
- **Password:** *netman-docker*

Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, θα μάθετε βασικές εντολές του *Docker*:

- 1) Επισκεφθείτε το [Docker Hub](#) και αναζητήστε τα container images που αφορούν τις εκδόσεις [Ubuntu](#) και [Debian](#) του Λειτουργικού Συστήματος *Linux*. Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker pull*”, να κατεβάσετε τα container images με (i) όνομα “*ubuntu*” και ετικέτα (tag) “*24.04*”, (ii) όνομα “*debian*” και tag “*latest*”.
- 2) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker images*”, να εμφανίσετε μία λίστα με τα διαθέσιμα container images. Παράλληλα, να καταγράψετε τα αντίστοιχα images IDs και το μέγεθος των images.
- 3) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker rmi*”, να διαγράψετε το container image που αφορά την έκδοση *Linux Debian*. Επιβεβαιώστε τη διαγραφή του image.

- 4) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker network ls*”, να εμφανίσετε τα δίκτυα που έχουν οριστεί στο *Docker*. Επιλέξτε ένα δίκτυο και μάθετε περισσότερα για αυτό, χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker network inspect*”. Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker network create*”, να δημιουργήσετε ένα νέο δίκτυο στο *Docker* που να έχει πρόθεμα δικτύου το “*172.X.0.0/16*”, όπου *X* είναι ο αριθμός της ομάδας σας. Υπόδειγμα δημιουργίας ενός δικτύου:

```
docker network create --driver=bridge NETWORK_NAME --subnet=PREFIX
```

- 5) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker run*”, να δημιουργήσετε και να τρέξετε ένα *Docker* container που θα (i) βασίζεται στο container image “*ubuntu:24.04*” και (ii) θα έχει διαχειριστική διεύθυνση IP στο δίκτυο που ορίσατε προηγουμένως. Υπόδειγμα δημιουργίας ενός τέτοιου container:

```
docker run -itd --name CONTAINER_NAME --net NETWORK_NAME IMAGE_NAME  
/bin/sh
```

- 6) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker ps*”, να εμφανίσετε τη λίστα με τα containers που τρέχουν στο σύστημά σας.
- 7) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker exec*”, να εισέλθετε στο container που δημιουργήσατε και να κάνετε update στον package manager του container. Στη συνέχεια, εξέλθετε από το container. Υπόδειγμα της κατάλληλης εντολής:

```
docker exec -it CONTAINER_NAME /bin/bash
```

- 8) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker exec*”, να κάνετε update στον package manager του *Docker* container που δημιουργήσατε, χωρίς να εισέλθετε σε αυτό, δηλαδή χωρίς να χρησιμοποιήσετε απευθείας το command line του.
- 9) Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker stop*”, να σταματήσετε τη λειτουργία του container που δημιουργήσατε. Να παρατηρήσετε τη διαφορά ανάμεσα στις εντολές “*docker ps*” και “*docker ps -a*”. Χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker start*” ή “*docker restart*” να ξεκινήσετε ξανά το container.
- 10) Με τις κατάλληλες εντολές *Docker* (*docker rm*, *docker rmi*, *docker network rm*), διαγράψτε ό,τι δημιουργήσατε στα προηγούμενα ερωτήματα.

Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, να χτίσετε την τοπολογία που ζητά η άσκηση. Για τη διευκόλυνσή σας, το *VM* που σας δόθηκε περιλαμβάνει το directory “*dns-server-project*” με την κατάλληλη δομή για τα αρχεία της άσκησης. Το directory βρίσκεται στον φάκελο “*/root*”. Σε περίπτωση που θέλετε να δοκιμάσετε την άσκηση στον υπολογιστή σας, μπορείτε να βρείτε το directory στον παρακάτω σύνδεσμο ([link](#)).

- 1) Επεξεργαστείτε το αρχείο “*ubuntu-host/Dockerfile*”, που αφορά τον υπολογιστή (*host*) της τοπολογίας. Συμπληρώστε ως εξής τις γραμμές του *Dockerfile*:

- **FROM:** Ο υπολογιστής της άσκησης θα είναι ένα *Docker* container που βασίζεται στο image “*ubuntu*” με tag “*latest*”

- **Πρώτο RUN:** Να κάνετε update στον package manager του container
  - **Δεύτερο RUN:** Να εγκαταστήσετε τα εργαλεία που χρειάζεται ο υπολογιστής, δηλαδή τα πακέτα “*dnsutils*”, “*net-tools*”, “*inetutils-ping*”, που αντιστοιχούν κυρίως στα εργαλεία “*dig*”, “*ifconfig*” και “*ping*”
  - **CMD:** Η γραμμή αυτή είναι συμπληρωμένη και ορίζει την εντολή που θα τρέξει το container μόλις ξεκινήσει
- 2) Επεξεργαστείτε το αρχείο “*dns-server/Dockerfile*”, που αφορά τον αναδρομικό εξυπηρετητή (*rdns*) της τοπολογίας. Συμπληρώστε ως εξής τις γραμμές του *Dockerfile*:
- **FROM, RUN και RUN:** Οι γραμμές αυτές είναι σχεδόν ίδιες με το προηγούμενο *Dockerfile*. Η μόνη διαφορά είναι ότι θα πρέπει να εγκαταστήσετε και το πακέτο “*bind9*”, που αντιστοιχεί στο BIND, ένα δημοφιλές λογισμικό DNS.
  - **COPY:** Το αρχείο “*options.txt*” που σας δίνεται θα πρέπει να αντιγραφεί στο directory “*/etc/bind*” του *Docker* container με την ονομασία “*named.conf.options*”
  - **EXPOSE:** Προσθέστε την κατάλληλη θύρα που χρησιμοποιούν οι εξυπηρετητές DNS
  - **CMD:** Η γραμμή αυτή είναι συμπληρωμένη και ορίζει τις εντολές που θα τρέξει το container μόλις ξεκινήσει
- 3) Επεξεργαστείτε το αρχείο “*docker-compose.yml*”. Τα σημεία που περιλαμβάνουν κεφαλαία γράμματα πρέπει να αντικατασταθούν με τις κατάλληλες πληροφορίες, που αφορούν κυρίως ονόματα containers, το όνομα του δικτύου που θέλετε να δημιουργήσετε, το πρόθεμα του δικτύου και τις διαχειριστικές διευθύνσεις IP των containers.
- 4) Επεξεργαστείτε το αρχείο “*options.txt*”. Στο τμήμα “*forwarders*”, δηλώστε τη διεύθυνση IP ενός Open Resolver (προσοχή: απαιτείται ερωτηματικό μετά την IP). Ενδεικτικοί Open Resolvers που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι οι 1.1.1.1, 8.8.8.8 και 9.9.9.9.
- 5) Δημιουργήστε την τοπολογία της άσκησης, χρησιμοποιώντας την εντολή “*docker-compose up -d*”. Τι ρόλο παίζουν οι γραμμές “*build*” μέσα στο αρχείο “*docker-compose.yml*”;
- 6) Διατυπώστε ένα ερώτημα DNS από τον υπολογιστή προς τον εξυπηρετητή DNS με την εντολή “*dig*”. Να καταγράψετε την απάντηση.

Παραδοτέο της άσκησης: Στιγμιότυπα που να αποδεικνύουν την εκτέλεση των παραπάνω εντολών, καθώς και οι απαντήσεις στις ερωτήσεις, όπου απαιτούνται

## Άσκηση 2

Χρησιμοποιώντας το [Containerlab](#), να δημιουργήσετε την τοπολογία του παρακάτω σχήματος, που περιλαμβάνει τα παρακάτω *Docker* containers:

- Δύο υπολογιστές - hosts (*host1* και *host2*)
- Δύο δρομολογητές - routers (*srl1* και *srl2*) που βασίζονται στο λογισμικό *Nokia SR Linux*

Στόχος της άσκησης είναι να πετύχετε την επικοινωνία ανάμεσα στους υπολογιστές *host1* και *host2*, παραμετροποιώντας κατάλληλα τις συσκευές της τοπολογίας.



Να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα για να στήσετε την τοπολογία της άσκησης και να παραμετροποιήσετε τις διαθέσιμες συσκευές:

### Βήμα 1

Δημιουργήστε το αρχείο που χρειάζεται το *Containerlab* για την κατασκευή της παραπάνω τοπολογίας (αρχείο *topology.clab.yml*). Σχετικά με το λογισμικό που χρησιμοποιούν οι κόμβοι της τοπολογίας (τμήμα *nodes* του αρχείου *topology.clab.yml*):

- Οι hosts βασίζονται στο *Docker* image “*ghcr.io/srl-labs/network-multitool*”, ενώ το *Containerlab kind* που χρησιμοποιούν ονομάζεται “*linux*”
- Οι routers βασίζονται στο *Docker* image “*ghcr.io/nokia/srlinux:24.7.2*”, ενώ το *Containerlab kind* που χρησιμοποιούν ονομάζεται “*nokia\_srlinux*”

Σχετικά με τη διασύνδεση των κόμβων της τοπολογίας (τμήμα *links* του αρχείου *topology.clab.yml*), τα διαθέσιμα interfaces είναι τα εξής:

- Για τους hosts, διαθέσιμο είναι το interface “*eth1*”
- Για τους δρομολογητές, διαθέσιμα είναι τα interfaces “*ethernet-1/1*” και “*ethernet-1/2*” (ισοδύναμοι συμβολισμοί είναι οι “*e1-1*”, “*e1-2*” αντίστοιχα)

**Προσοχή:** Μην αλλάξετε τις ρυθμίσεις των interfaces που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση των containers από το *Containerlab* (π.χ. “*eth0*” για τους hosts), αλλάζοντας τη διεύθυνση IP ή ορίζοντας default gateway. Επίσης, διατηρήστε τις ονομασίες των κόμβων που φαίνονται στο σχήμα.

Χρησιμοποιώντας την εντολή “*containerlab deploy*”, να δημιουργήσετε την τοπολογία που περιγράφηκε. Στη συνέχεια, θα μπορέσετε να συνδεθείτε:

- Στους hosts με την εντολή:

```
docker exec -it Όνομα-Container /bin/bash
```

- Στους δρομολογητές με την εντολή:

```
ssh Όνομα-Container (password NokiaSrl1!)
```

## Βήμα 2

Παραμετροποιήστε τις συσκευές της τοπολογίας με σκοπό να πετύχετε την επικοινωνία των δύο υπολογιστών. Σημαντικές πληροφορίες είναι οι εξής:

- Οι δρομολογητές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο δυναμικής δρομολόγησης *Border Gateway Protocol (BGP)* για την κατασκευή του πίνακα δρομολόγησής τους, ενώ οι αριθμοί Αυτόνομων Συστημάτων φαίνονται στο σχήμα της τοπολογίας
- Ο υπολογιστής *host1* χρησιμοποιεί ως default gateway τον δρομολογητή *sr11*, ενώ ο υπολογιστής *host2* χρησιμοποιεί τον δρομολογητή *sr12*
- Η *Maximum Transmission Unit (MTU)* του δικτύου είναι 9100.
- Οι διευθύνσεις IP που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο προέρχονται από το υποδίκτυο “10.X.0.0/24”, όπου X είναι ο αριθμός της ομάδας σας.
- Για τη σωστή παραμετροποίηση των δρομολογητών, μπορείτε να συμβουλευτείτε τις διαφάνειες τους μαθήματος.
- Για τη σωστή παραμετροποίηση των hosts, απαιτούνται τρεις ενέργειες: (i) ορισμός διεύθυνσης IP στο interface “*eth1*”, (ii) αλλαγή της *MTU* του interface, ώστε να ταιριάζει με εκείνη που ορίστηκε στους δρομολογητές και (iii) ορισμός στατικού κανόνα δρομολόγησης προς το δίκτυο του άλλου host. Οι παραπάνω ενέργειες μπορούν να πραγματοποιηθούν με την εντολή “*ip*” και τα κατάλληλα ορίσματα (π.χ. *ip addr*, *ip link* και *ip route* αντίστοιχα).

Παραδοτέο της άσκησης είναι η εκτύπωση βασικών σημείων του configuration των δρομολογητών (που σχετίζονται με την άσκηση), το configuration των hosts και μία φωτογραφία που να δείχνει την επικοινωνία ανάμεσα στους hosts.

## ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ VIRTUALBOX

Για τη συγκεκριμένη άσκηση απαιτείται η εγκατάσταση του λογισμικού *VirtualBox* κατεβάζοντας το πρόγραμμα από τον παρακάτω σύνδεσμο: <https://www.virtualbox.org/wiki/Downloads>, ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα που σκοπεύετε να το εγκαταστήσετε (το βήμα αυτό να γίνει αν δεν έχει προηγηθεί η εγκατάσταση του *VirtualBox*).

Μετά το πέρας της εγκατάστασης κατεβάστε το αρχείο *netman-docker.ova* (προσοχή απαιτεί τουλάχιστον 4GB RAM και 2 εικονικούς πυρήνες) από το σύνδεσμο που αναφέρθηκε παραπάνω στην άσκηση και κάντε εισαγωγή στο *VirtualBox* κάνοντας διπλό κλικ στο αρχείο αυτό. Θα σας δοθούν οι λεπτομέρειες εισαγωγής του *VM* (Όνομα, Επεξεργαστής, Μνήμη κ.α.). Στη συνέχεια πατήστε εισαγωγή και περιμέντε μέχρι την εισαγωγή του *VM* στο *VirtualBox*.

Μετά την εισαγωγή της εικονικής μηχανής, κάντε δεξί κλικ και επιλέξτε τις ρυθμίσεις του *VM*. Στη συνέχεια, στην περιοχή Δίκτυο βεβαιωθείτε ότι η πρώτη κάρτα δικτύου (Port 1) του *VM* είναι Γεφυρωμένη (Bridged Adapter) με την κάρτα δικτύου σας.

Για να αποκτήσετε πρόσβαση στο δρομολογητή θα χρειαστεί να συνδεθείτε με τη χρήση του *PuTTY* (<https://www.putty.org/>), χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο SSH.