

Εργαστηριακή Άσκηση: Αυτοματοποιημένη Ανάπτυξη Τοπολογίας και Ανάλυση Πρωτοκόλλων στο Mininet

1. Αντικείμενο και Στόχος

Αντικείμενο της άσκησης είναι η εξοικείωση με το μοντέλο «Υποδομή ως Κώδικας» (Infrastructure as Code - IaC). Θα υλοποιήσεις έναν αυτοματοποιημένο μεταφραστή (parser) σε γλώσσα **Python** ο οποίος θα διαβάζει μια δικτυακή τοπολογία από ένα δηλωτικό αρχείο **JSON** και θα τη δημιουργεί δυναμικά στο περιβάλλον **Mininet**. Στη συνέχεια, θα πραγματοποιήσεις χαμηλού επιπέδου ανάλυση πρωτοκόλλων (DHCP, ARP, Routing) χρησιμοποιώντας το εργαλείο **tcpdump**.

2. Προδιαγραφές Δικτυακής Τοπολογίας

Η τοπολογία που πρέπει να παράγεται αυτόματα αποτελείται από δύο υποδίκτυα που επικοινωνούν μέσω ενός κεντρικού δρομολογητή (**r0**):

- Subnet A (Δυναμικό - 192.168.1.0/24)**: Περιλαμβάνει έναν μεταγωγέα (**s1**) και δύο hosts (**h1**, **h2**) χωρίς στατική IP, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνουν αυτόματα ρυθμίσεις μέσω DHCP.
- Subnet B (Στατικό - 192.168.2.0/24)**: Περιλαμβάνει έναν μεταγωγέα (**s2**) και έναν host (**h3**) με στατική IP **192.168.2.10/24** και default gateway τη διεύθυνση **192.168.2.1**.
- Δρομολογητής (r0)**: Συνδέεται και στα δύο υποδίκτυα, εκτελεί χρέη πύλης (Gateway) και φιλοξενεί την υπηρεσία **DHCP Server** (μέσω της διεπαφής του στο Subnet A).

3. Παραδοτέα Προγραμματισμού

A) Αρχείο topology.json

Κατασκεύασε ένα αρχείο JSON που περιγράφει την παραπάνω τοπολογία, περιλαμβάνοντας τις λίστες των routers (με τα DHCP ranges), των switches και των hosts (με τις ιδιότητές τους).

B) Script build_network.py

Ανάπτυξε ένα script σε Python που θα εκτελείται ως **sudo python3 build_network.py topology.json** και θα:

- Διαβάζει το JSON και θα καλεί τις συναρτήσεις του Mininet API (**addHost**, **addSwitch**, **addLink**).
- Ενεργοποιεί το **IP Forwarding** (**sysctl net.ipv4.ip_forward=1**) και θα απενεργοποιεί το **Reverse Path Filtering** στον χώρο ονομάτων του **r0**.
- Εκκινεί αυτόματα την υπηρεσία **dnsmasq** (DHCP Server) στη διεπαφή του **r0** που κοιτάζει στο Subnet A.
- Ανοίγει το Mininet CLI και θα τερματίζει με ασφάλεια τις υπηρεσίες (π.χ. **killall dnsmasq**) κατά την έξοδο.

Το script αυτό θα πρέπει να είναι **γενικό** και να λειτουργεί σωστά με οποιοδήποτε έγκυρο JSON file.

4. Πειραματική Διαδικασία & Ζητούμενα Αναφοράς

Αφού εκκινήσεις την τοπολογία, εκτελέσεις τα παρακάτω πειράματα στο Mininet CLI και απάντησε στα ζητούμενα στην τεχνική σου αναφορά (PDF):

Πείραμα 1: Διαδικασία DHCP (D.O.R.A.)

- Βήματα**: Εκκίνησε καταγραφή στον **h1** (**h1 tcpdump -i h1-eth0 -n -w /tmp/dhcp.pcap &**), ζήτη IP εκτελώντας **h1 dhclient h1-eth0**, και σταμάτα την καταγραφή.
- Ζητούμενο 1.1**: Άνοιξε το αρχείο **.pcap** και φτιάξε έναν πίνακα με τις IP, UDP θύρες (πηγής/προορισμού) και MAC διευθύνσεις για τα 4 μηνύματα (Discover, Offer, Request, ACK).
- Ζητούμενο 1.2**: Εξήγησε γιατί το **DHCP Request** στέλνεται ως Broadcast.

Πείραμα 2: Πρωτόκολλο ARP

- Βήματα**: Καθάρισε τον πίνακα ARP του **h1** (**h1 ip neigh flush all**), εκκίνησε καταγραφή ARP πακέτων, στείλε ένα ping στον **h2** (**h1 ping -c 1 <IP_h2>**), και εμφάνισε τον πίνακα ARP (**h1 ip neigh show**).
- Ζητούμενο 2.1**: Ποια είναι η MAC προορισμού στο **ARP Request** και γιατί το **ARP Reply** επιστρέφει ως Unicast;

Πείραμα 3: Δρομολόγηση L3 & Αλλαγή MAC

- Βήματα**: Εκκίνησε ταυτόχρονη καταγραφή πακέτων ICMP στο Subnet A (**h1**) και στο Subnet B (**h3**). Στείλε ένα ping από τον **h1** στον στατικό **h3** (**192.168.2.10**).
- Ζητούμενο 3.1**: Δείξε μαθηματικά (με bitwise AND) πώς ο **h1** καταλαβαίνει ότι ο **h3** βρίσκεται σε άλλο υποδίκτυο και πρέπει να στείλει το πακέτο στο Gateway.
- Ζητούμενο 3.2**: Σύγκρινε το **ICMP Echo Request** στα δύο υποδίκτυα. Συμπλήρωσε τον πίνακα:

Πεδίο Πακέτου	Τιμή στο Subnet A	Τιμή στο Subnet B
Source / Destination IP		
Source / Destination MAC		
TTL (Time to Live)		

- Ζητούμενο 3.3**: Σχολίασε γιατί οι IP διευθύνσεις παραμένουν ίδιες (end-to-end) ενώ οι MAC διευθύνσεις αλλάζουν σε κάθε hop.

5. Βαθμολόγηση & Υποβολή

- Parser & Ορθότητα Τοπολογίας**: 35%
- Ανάλυση DHCP & ARP (Πειράματα 1 & 2)**: 30%
- Ανάλυση Δρομολόγησης (Πείραμα 3)**: 25%
- Δομή & Ποιότητα Αναφοράς**: 10%

Παραδοτέα: Ένα αρχείο `.zip` με το script `build_network.py`, το αρχείο `topology.json` και την τεχνική αναφορά σε μορφή `report.pdf`.

Μετά την παράδοση, θα υπάρξει προφορική εξέταση στο παραδοτέο που θα λάβει το 50% του τελικού βαθμού