

Δίκτυα Υπολογιστών για Δεδομένα Μεγάλης Κλίμακας

ΕΡΓΑΣΙΑ 3: ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΡΟΗΣ (FLOW
MIGRATION)

ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΚΑΓΙΑΣ

Πίνακας περιεχομένων

Τοπολογία δικτύου	2
Δημιουργία δικτύου	3
Ροές	3
h4 → h11	3
h2 → h6	4
h6 → h7	4
Διαδικασία για μεταφορά ροής.....	4
Αποτελέσματα	5
Ροή h4-h11	5
Ροή h2-h6	6
Ροή h6-h7	7

Τοπολογία δικτύου

Η τοπολογία του δικτύου υπάρχει στο αρχείο `AbilineTopo.py`. Προσομοιώνει προφανώς την τοπολογία του δικτύου Abilene. Μέρος του αρχείου φαίνεται παρακάτω:

```
from mininet.topo import Topo

class AbilineTopo(Topo):

    def __init__( self ):

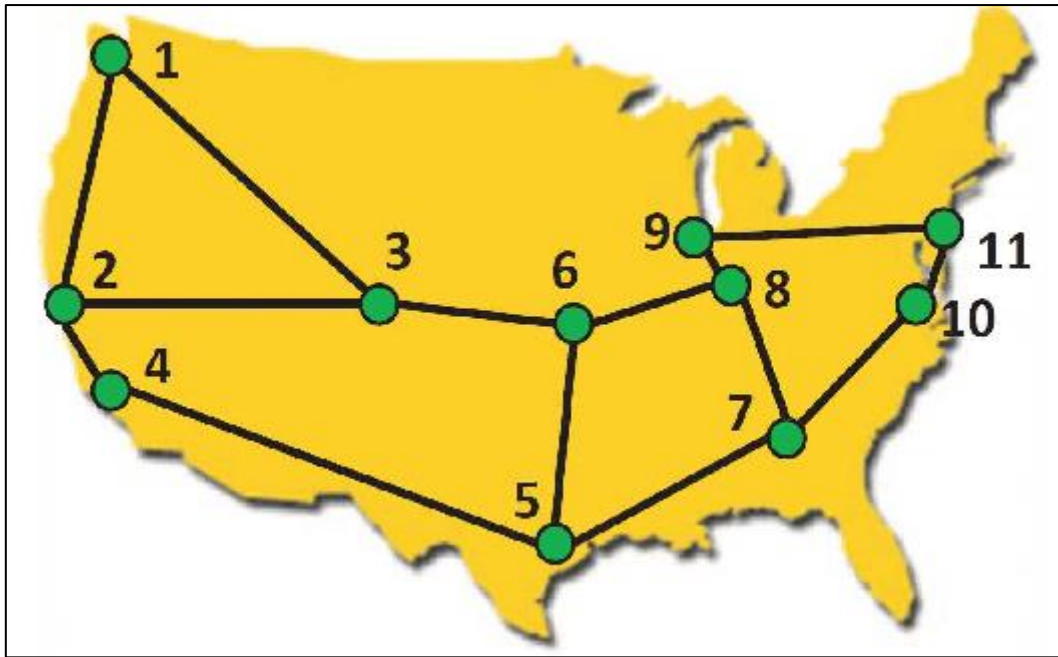
        Topo.__init__( self )

        h1 = self.addHost('h1')
        h2 = self.addHost('h2')
        (...)
        h11 = self.addHost('h11')

        s1 = self.addSwitch('s1')
        s2 = self.addSwitch('s2')
        (...)
        s11 = self.addSwitch('s11')

        self.addLink(s1, h1, delay='3ms')
        self.addLink(s1, s2, delay='3ms')
        self.addLink(s1, s3, delay='3ms')
        (...)
        self.addLink(s10, h10, delay='3ms')
        self.addLink(s10, s11, delay='3ms')
        self.addLink(s11, h11, delay='3ms')

topos = { 'abilinetopo': ( lambda: AbilineTopo() ) }
```



Εικόνα 1. Η τοπολογία του δικτύου

Δημιουργία δικτύου

Για τη δημιουργία του δικτύου στη Mininet εκτελέστηκε η παρακάτω εντολή:

```
sudo mn --custom mininet/custom/AbilineTopo.py --topo  
abilinetopo --mac --arp --switch ovsk --controller remote --  
link tc
```

Ροές

Δημιουργήθηκαν συνολικά 3 ροές οι οποίες άλλαξαν στη συνέχεια διαδρομή:

1. $h4 \rightarrow h11$
2. $h2 \rightarrow h6$
3. $h6 \rightarrow h7$

$h4 \rightarrow h11$

Η αρχική διαδρομή αυτής της ροής ήταν $h4-h5-h7-h10-h11$ και στη συνέχεια ήταν $h4-h2-h3-h6-h8-h9-h11$. Δεν υπήρχε επικάλυψη μεταξύ των διαδρομών.

h2 → h6

Η αρχική διαδρομή αυτής της ροής ήταν h2-h3-h6 και στη συνέχεια ήταν h2-h4-h5-h7-h10-h11-h9-h8-h6. Δεν υπήρχε επικάλυψη μεταξύ των διαδρομών.

h6 → h7

Η αρχική διαδρομή αυτής της ροής ήταν h6-h8-h7 και στη συνέχεια ήταν h6-h8-h9-h11-h10-h7. Υπήρχε μικρή επικάλυψη μεταξύ των διαδρομών, συγκεκριμένα στο h6-h8.

Διαδικασία για μεταφορά ροής

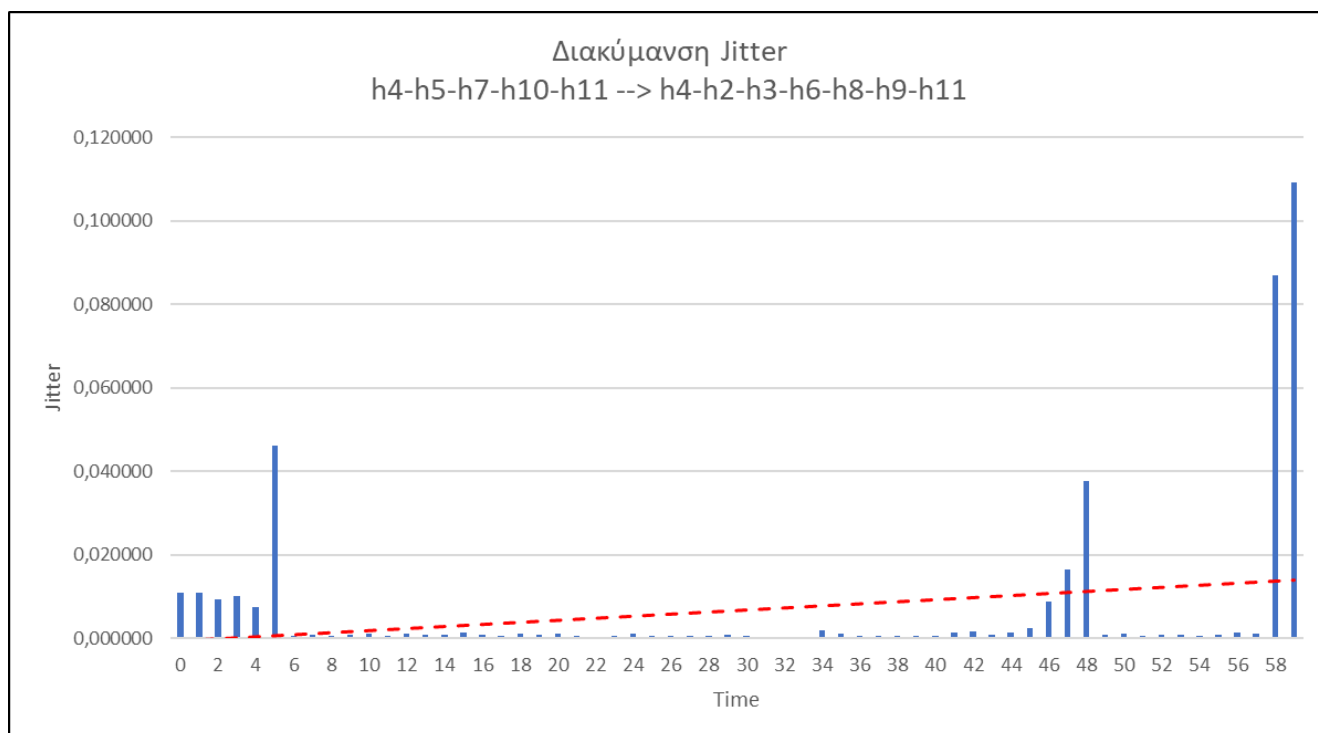
Για όλες τις ροές ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία δημιουργίας κανόνων προώθησης. Αρχικά στο ένα terminal εκτελείται η εντολή που δημιουργεί το δίκτυο και εκτελείται η mininet. Σε δεύτερο terminal σε ένα bash script `flowX.sh` εισάγονται οι κανόνες προώθησης της ροής X (X=1,2,3). Ανοίγουμε δύο νέα τερματικά εκτελώντας στο τερματικό της mininet την εντολή `xterm` και παραμέτρους τους κόμβους στην αρχή και στο τέλος της διαδρομής που μας ενδιαφέρει, για παράδειγμα `xterm h6` και `xterm h7` για τη διαδρομή 3. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η γεννήτρια κίνησης D-ITG για τη διοχέτευση κίνησης στο δίκτυο για 1 λεπτό (60.000 ms). Η εντολή που εκτελείται εδώ είναι:

```
./ITGSend -T UDP -a 10.0.0.K -c 100 -C 10 -t 60000 -l sender.log -x receiver.log
```

όπου K ο αριθμός του κόμβου παραλήπτη, πχ για τη διαδρομή 3 είναι K=7. Η εντολή εκτελείται στο `xterm` του κόμβου αποστολέα. Με την παραπάνω εντολή, το ITGSend θα δημιουργήσει μια ροή UDP με σταθερό μέγεθος payload (100 bytes) και σταθερό ρυθμό πακέτων (10 pps) για 60 δευτερόλεπτα και θα δημιουργηθούν δύο αρχεία καταγραφής τόσο στον αποστολέα όσο και στον παραλήπτη. Έπειτα, στη μέση περίπου του χρονικού διαστήματος αυτού, διαγράφονται οι αρχικοί κανόνες προώθησης με το αρχείο `delete_flowX.sh` και εισάγονται οι νέοι με το αρχείο `new_flowX.sh`. Στο τέλος, για να «καθαρίσει» το δίκτυο ενόψει καινούργιου πειράματος με άλλη διαδρομή διαγράφονται και οι νέοι κανόνες με το αρχείο `delete_new_flowX.sh`. Όλα αυτά εκτελούνται στο δεύτερο terminal που εισάγαμε τους αρχικούς κανόνες προώθησης. Για να λάβουμε τα αποτελέσματα του πειράματος, στο `xterm` του κόμβου παραλήπτη εκτελείται η εντολή `./ITGDec receiver.log -c 1000` με την οποία δημιουργείται ένα αρχείο `combined_stats.dat` με όλες τις μετρικές ανά 1000ms (1sec). Οι στήλες του αρχείου είναι με τη σειρά Time, Bitrate, Delay, Jitter και Packet loss.

Αποτελέσματα

Ροή h4-h11

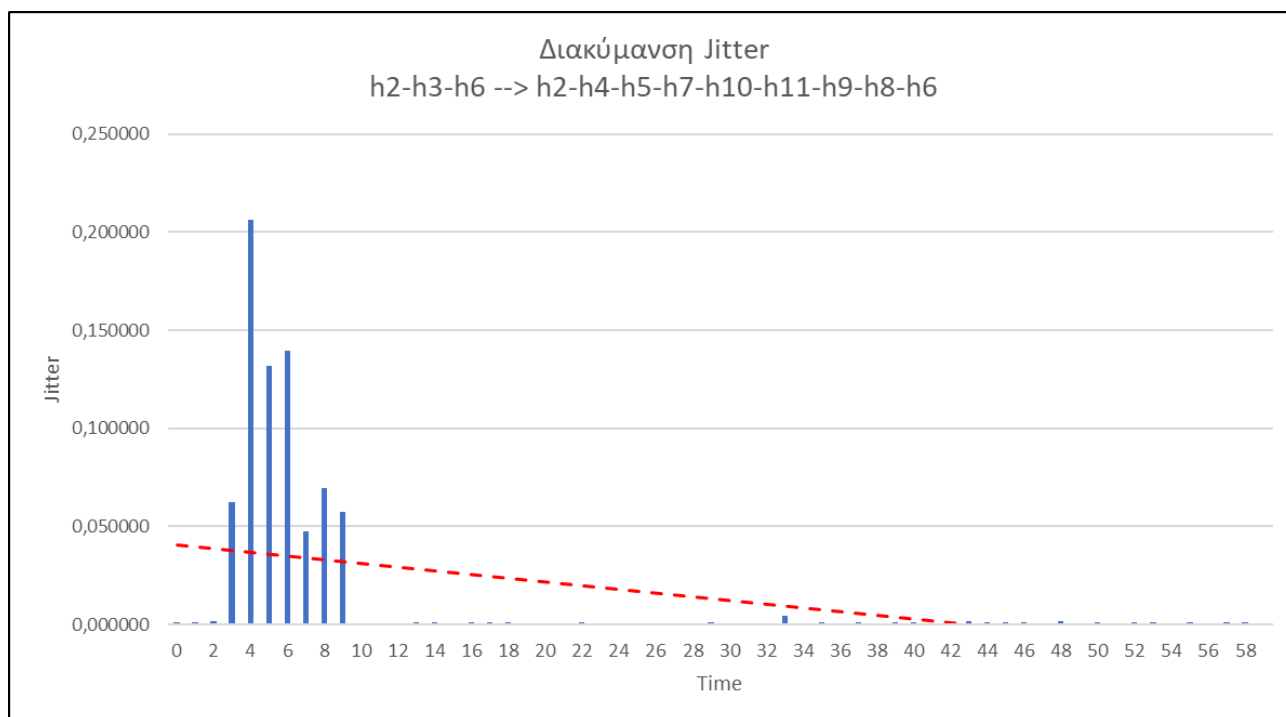


Εικόνα 2. Διακύμανση jitter για την 1η ροή

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση του jitter στη διάρκεια της ροής h4-h11. Το χρονικό διάστημα που έγινε η αλλαγή διαδρομής είναι στα 31-33s και εκεί προφανώς δεν υπάρχουν τιμές για το jitter. Η κόκκινη διακεκομμένη γραμμή υποδηλώνει και την τάση που ακολουθούν οι τιμές του jitter και βλέπουμε ότι υπάρχει μια αυξητική τάση. Ωστόσο, εκτός από κάποια χρονικά διαστήματα στην αρχή της ροής (0-5s), λίγο μετά την αλλαγή διαδρομής (46-48s) και στο τέλος της ροής (58-59s), οι τιμές του jitter κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα.

Όσον αφορά τις απώλειες πακέτων, για τα 3 δευτερόλεπτα που χρειάστηκαν για την αλλαγή της διαδρομής τα πακέτα που χάθηκαν ήταν 38 σε σύνολο 530 που στάλθηκαν, δηλαδή το 7,17% αυτών. Για την προβολή αυτού του στατιστικού εκτελέστηκε στο `xterm` του κόμβου παραλήπτη το `./ITGDec receiver.log`.

Ροή h2-h6

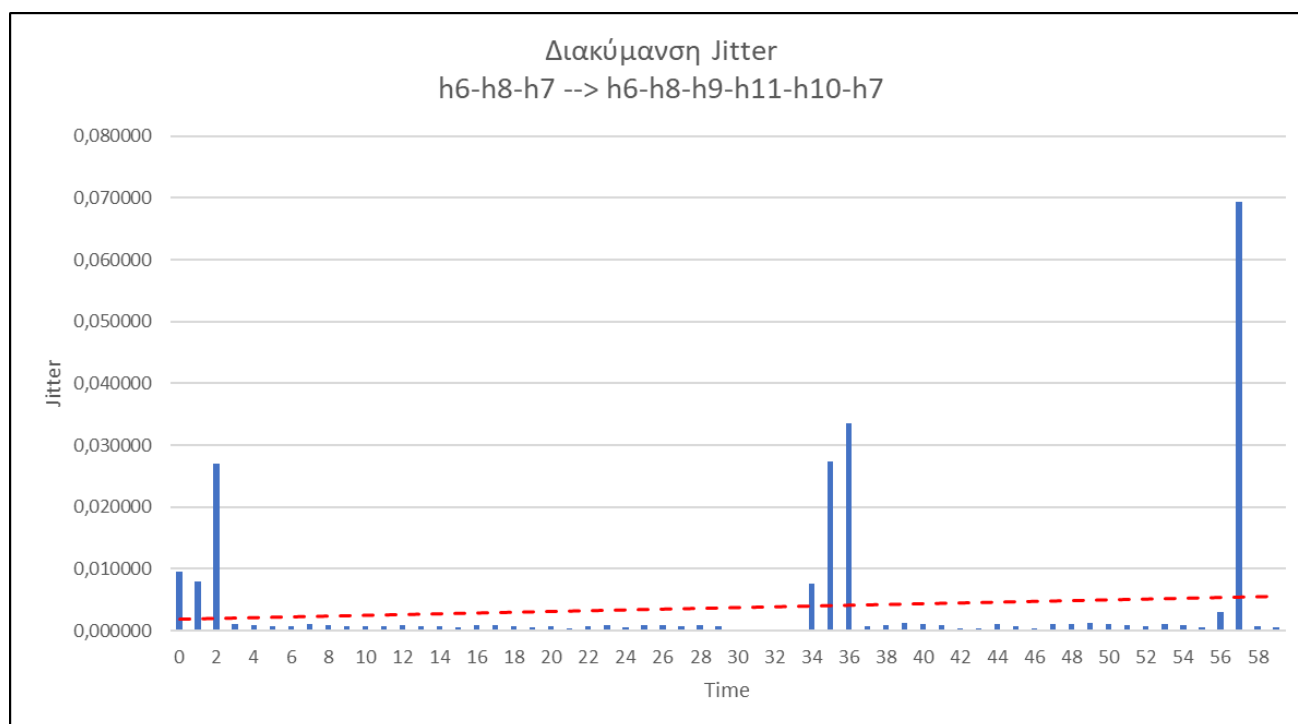


Εικόνα 3. Διακύμανση jitter για την 2η ροή

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση του jitter στη διάρκεια της ροής h2-h6. Το χρονικό διάστημα που έγινε η αλλαγή διαδρομής είναι στα 30-32s και εκεί προφανώς δεν υπάρχουν τιμές για το jitter. Παρατηρώντας και πάλι την κόκκινη διακεκομμένη γραμμή βλέπουμε ότι υπάρχει ξεκάθαρη μειούμενη τάση. Εκτός από κάποιες υψηλές τιμές στην αρχή της ροής (3-9s), οι τιμές του jitter ακόμα και μετά την αλλαγή της διαδρομής παρέμειναν στα ίδια επίπεδα. Μάλιστα, μετά από άλλα 3 πειράματα για την ίδια διαδρομή παρατηρήθηκε το ίδιο, εκτός από μια περίπτωση που μετά την αλλαγή διαδρομής υπήρχε μόλις μια τιμή του jitter κοντά στο 0,12 στα 34s.

Όσον αφορά τις απώλειες πακέτων, για τα 3 δευτερόλεπτα που χρειάστηκαν για την αλλαγή της διαδρομής τα πακέτα που χάθηκαν ήταν 39 σε σύνολο 559 που στάλθηκαν, δηλαδή το 6,98 % αυτών.

Ροή h6-h7



Εικόνα 4. Διακύμανση jitter για την 3η ροή

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται η διακύμανση του jitter στη διάρκεια της ροής h6-h7. Το χρονικό διάστημα που έγινε η αλλαγή διαδρομής είναι στα 30-33s και εκεί προφανώς δεν υπάρχουν τιμές για το jitter. Παρατηρώντας την κόκκινη διακεκομμένη γραμμή υπάρχει μια ελαφρά αυξητική τάση η οποία επηρεάζεται κυρίως από την ακραία τιμή του jitter στα 57s. Αν εξαιρέσουμε αυτή την τιμή, βλέπουμε ότι πρόκειται για παρόμοιο μοτίβο με την 1^η ροή. Έτσι, υπάρχουν πιο υψηλές τιμές στην αρχή της ροής (0-2s) και αμέσως μετά την αλλαγή της διαδρομής (34-36s). Οι υπόλοιπες τιμές βρίσκονται στα ίδια επίπεδα.

Όσον αφορά τις απώλειες πακέτων, για τα 4 δευτερόλεπτα που χρειάστηκαν για την αλλαγή της διαδρομής τα πακέτα που χάθηκαν ήταν 43 σε σύνολο 546 που στάλθηκαν, δηλαδή το 7,88% αυτών.