

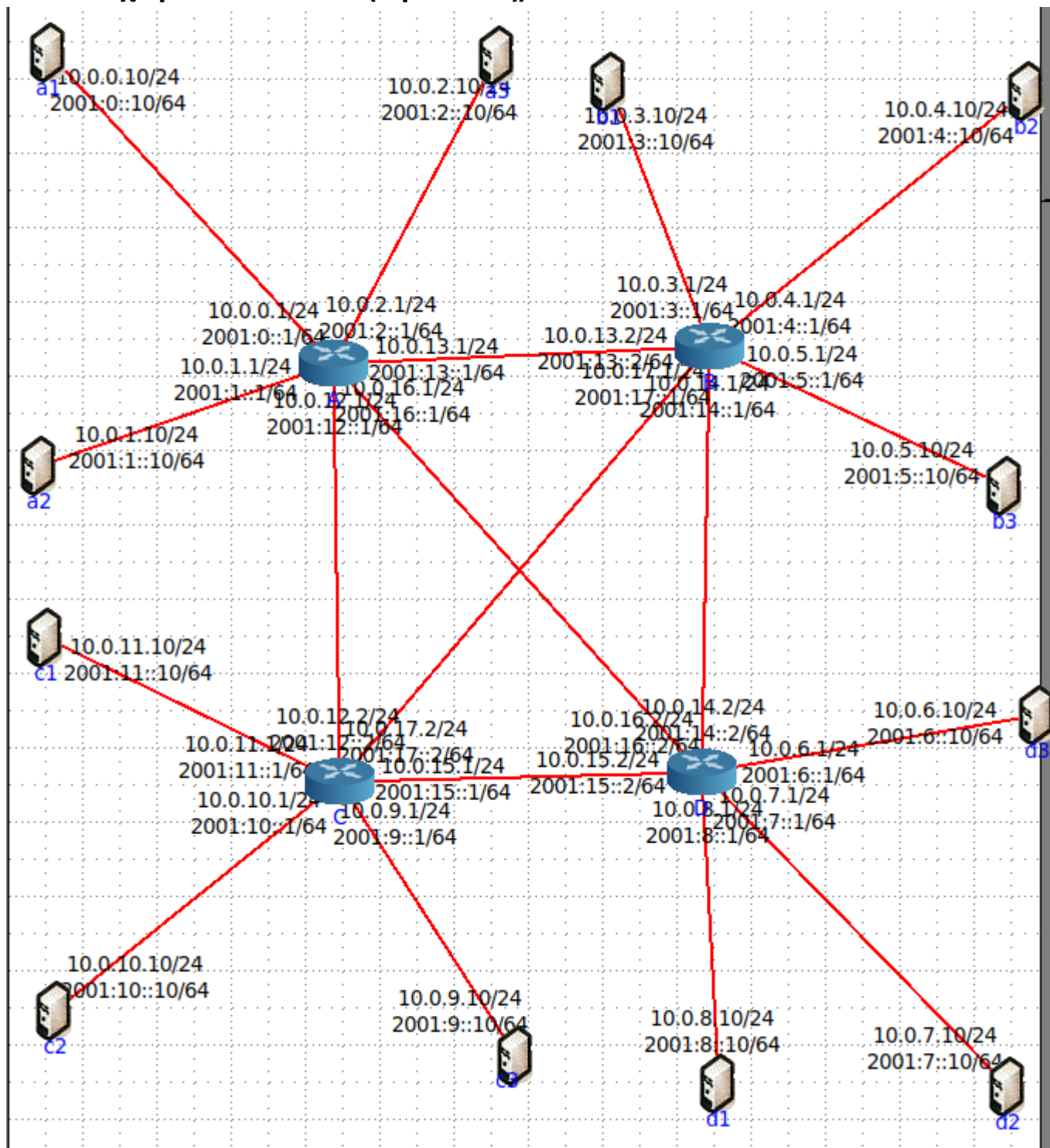
ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΕΡΓΑΣΙΑ 2

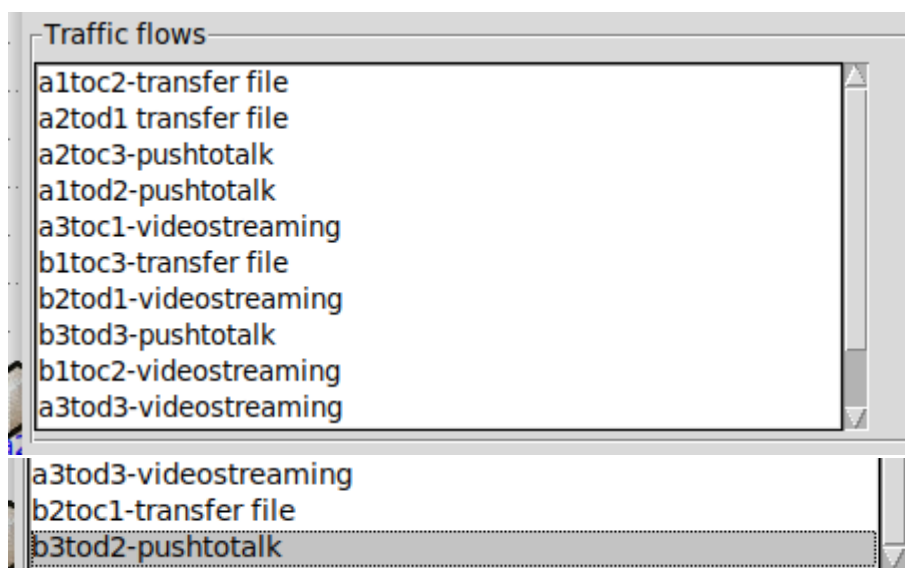
ΤΣΙΝΤΖΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ(p3200211)

ΡΟΥΣΑΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (p3200166)

1) Να δομηθεί ένα ενσύρματο δίκτυο στο CORE με 4 υποδίκτια (A, B, C και D) το οποίο θα έχει συνολικά 12 hosts (κόμβους). Το δίκτυο να απλωθεί σε έναν χώρο 1km x 1km. (5 μονάδες)



2) Να δημιουργήσετε traffic flows (με χρήση του traffic generator του CORE) με κατεύθυνση από τα 2 υποδίκτυα (A και B) προς τα υπόλοιπα 2 (C και D). Όπου οι hosts των υποδικτύων A και B είναι οι source nodes και οι hosts των υποδικτύων C και D είναι οι destination nodes. Τα traffic flows να είναι κατάλληλα σχεδιασμένα και υπολογισμένα (επιλογή pattern και transport protocol) ώστε να εξομοιώνουν: αποστολή αρχείων, push-to-talk voice communications και video streaming μεταξύ κόμβων. Να δικαιολογήσετε επαρκώς την απάντησή σας. Για τη δικαιολόγηση της απάντησης απαιτείται να λάβετε υπόψη σας πραγματικά παραδείγματα αντίστοιχης μεταφοράς πακέτων σε πραγματικά δίκτυα. Μπορείτε να επιλέξετε εσείς πόσα flows θα έχετε ανά source node. Θα εκτιμηθεί ανάλογα η έκταση της διαφορετικής κίνησης (traffic) που θα επιλέξετε να διαμορφώσετε. (20 μονάδες)



Traffic flows:

- a2tod1: O source node a2 στέλνει ένα αρχείο στον destination node d1 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 100Kbps. Παράδειγμα: Ένας φοιτητής στέλνει ένα slide διαφανειών σε έναν συμφοιτητή του.
- a1toc2: O source node a1 στέλνει ένα αρχείο στον destination node c2 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 10Kbps. Παρόμοιο παράδειγμα με το προηγούμενο αλλά πιο αργό λόγω διαφοράς pattern.
- a3tod3: O source node a3 ξεκινάει video streaming προς τον destination node d3 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και

επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Προβολή ενός video στο YouTube.

- a2toc3: O source node a2 ξεκινάει συνομιλία με τον destination node c3 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο UDP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Χρήση Walkie-Talkie
- a1tod2: O source node a1 ξεκινάει συνομιλία με τον destination node d2 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο UDP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Επικοινωνία μέσω mobile phone που λειτουργούν με push-to-talk χαρακτηριστικά.
- a3toc1: O source node a3 ξεκινάει video streaming προς τον destination node c1 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Προβολή ταινίας στο Netflix.
- b1toc3: O source node b1 στέλνει ένα αρχείο στον destination node c3 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 10Kbps.Παράδειγμα: Αποστολή φωτογραφίας μέσω messenger.
- b2tod1: O source node b2 ξεκινάει video streaming προς τον destination node d1 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Παρακολούθηση διάλεξης μέσω MS Teams.
- b3tod3: O source node b3 ξεκινάει συνομιλία με τον destination node d3 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο UDP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Επικοινωνία μέσω mobile phone που λειτουργούν με push-to-talk χαρακτηριστικά.
- b1toc2: O source node b1 ξεκινάει video streaming προς τον destination node c2 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Προβολή τουρνουά μέσω Discord.
- b2toc1: O source node b2 στέλνει ένα αρχείο στον destination node c1 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP και επιλογή pattern 100Kbps.Αποστολή τοποθεσίας
- b3tod2: O source node b3 ξεκινάει συνομιλία με τον destination node d2 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο UDP και επιλογή pattern 100Kbps.Παράδειγμα: Επικοινωνία μέσω mobile phone που λειτουργούν με push-to-talk χαρακτηριστικά.

- 3) Να εκτελεστούν οι παρακάτω μετρήσεις και να παρουσιαστούν με τα σχετικά διαγράμμάτά τους (διαγράμματα per measurement case και συνολικά) καθώς και με ένα συνοπτικό step-by-step guide για το πως εκτελέστηκαν. Επιλέξτε εσείς ποια διαγράμματα είναι τα καταλληλότερα για να δείξετε την απόδοση του δικτύου.
- a) Μετρήσεις καθυστέρησης (average RTT) ανά traffic flow. (10 μονάδες)
 - b) Μετρήσεις throughput ανά source-destination ζευγάρι κόμβων. (15 μονάδες)
 - c) Μετρήσεις packet loss ανά traffic flow. (10 μονάδες)

Πατάμε διπλό κλικ στον κόμβο source ανάλογα με την περίπτωση

1) **a1to c2**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.10.10 (του c2) στον κόμβο a1

a) Το **average RTT** είναι 0.065 όπως φαίνεται παρακάτω

```
root@a1: /tmp/pycore.39721/a1.conf# ping 10.0.10.10
PING 10.0.10.10 (10.0.10.10) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=1 ttl=62 time=0.116 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=2 ttl=62 time=0.048 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=3 ttl=62 time=0.050 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=4 ttl=62 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=5 ttl=62 time=0.044 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=6 ttl=62 time=0.127 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=7 ttl=62 time=0.048 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=8 ttl=62 time=0.060 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=9 ttl=62 time=0.050 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=10 ttl=62 time=0.052 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=11 ttl=62 time=0.047 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=12 ttl=62 time=0.049 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=13 ttl=62 time=0.046 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=14 ttl=62 time=0.089 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=15 ttl=62 time=0.045 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=16 ttl=62 time=0.074 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=17 ttl=62 time=0.098 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=18 ttl=62 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=51 ttl=62 time=0.084 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=52 ttl=62 time=0.065 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=53 ttl=62 time=0.074 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=54 ttl=62 time=0.074 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=55 ttl=62 time=0.051 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=56 ttl=62 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=57 ttl=62 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=58 ttl=62 time=0.100 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=59 ttl=62 time=0.123 ms
64 bytes from 10.0.10.10: icmp_seq=60 ttl=62 time=0.044 ms
^C
--- 10.0.10.10 ping statistics ---
60 packets transmitted, 60 received, 0% packet loss, time 60543ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.040/0.065/0.127/0.021 ms
```


b) Για να βρούμε το throughput χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client ανά περίπτωση όπως φαίνεται παρακάτω:

(a1=server c2=client)

```
root@c2:/tmp/pycore.39721/c2.conf# iperf3 -c 10.0.0.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.0.10, port 7575
[ 4] local 10.0.10.10 port 54994 connected to 10.0.0.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth       Retr   Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    508 MBytes  4.26 Gbits/sec  1613    433 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    492 MBytes  4.12 Gbits/sec  1609    469 KBytes
[ 4]  2.00-3.01   sec    506 MBytes  4.22 Gbits/sec  2998    260 KBytes
[ 4]  3.01-4.00   sec    525 MBytes  4.43 Gbits/sec     0    296 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    532 MBytes  4.47 Gbits/sec     5    535 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    541 MBytes  4.54 Gbits/sec    274    557 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    551 MBytes  4.63 Gbits/sec    365    580 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    526 MBytes  4.41 Gbits/sec   1609   1.09 MBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    544 MBytes  4.57 Gbits/sec     0   1.09 MBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    516 MBytes  4.33 Gbits/sec     0   1.10 MBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth       Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec   5.12 GBytes  4.40 Gbits/sec   8523
[ 4]  0.00-10.00  sec   5.12 GBytes  4.40 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
```

```
root@a1: /tmp/pycore.39721/a1.conf
File Edit View Search Terminal Help
root@a1:/tmp/pycore.39721/a1.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.10.10, port 54992
[ 5] local 10.0.0.10 port 7575 connected to 10.0.10.10 port 54994
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    507 MBytes  4.26 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    492 MBytes  4.12 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    506 MBytes  4.24 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    525 MBytes  4.41 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    533 MBytes  4.47 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    541 MBytes  4.54 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    552 MBytes  4.63 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    525 MBytes  4.41 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    545 MBytes  4.57 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    516 MBytes  4.33 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec     661 KBytes  3.65 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec   5.12 GBytes  4.40 Gbits/sec
sender
receiver
-----
Server listening on 7575
```

Throughput = 4.40 Gbits/sec

Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για κάθε κόμβο που μας ενδιαφέρει.

2) **a2tod1**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.10.8 (του d1) στον κόμβο a2

α) Το **average RTT** είναι 0.072 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.8.10 ping statistics ---
61 packets transmitted, 61 received, 0% packet loss, time 61487ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.031/0.072/0.218/0.031 ms
```

β) Για να βρούμε το throughput χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client ανά περίπτωση όπως φαίνεται παρακάτω:

(a2=server d1=client)

```
^Croot@a2:/tmp/pycore.39721/a2.conf# iperf3 -s -p 7575
Server listening on 7575
Accepted connection from 10.0.8.10, port 52700
[ 5] local 10.0.1.10 port 7575 connected to 10.0.8.10 port 52702
[ ID] Interval           Transfer             Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00    sec   318 MBytes    2.66 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00    sec   303 MBytes    2.54 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00    sec   325 MBytes    2.72 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00    sec   322 MBytes    2.70 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00    sec   316 MBytes    2.65 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00    sec   309 MBytes    2.59 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00    sec   284 MBytes    2.38 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00    sec   258 MBytes    2.17 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00    sec   306 MBytes    2.56 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00   sec   292 MBytes    2.45 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00   sec    832 KBytes    1.83 Gbits/sec
[ ID] Interval           Transfer             Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00   sec    0.00 Bytes    0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00   sec   2.96 GBytes    2.54 Gbits/sec
Server listening on 7575
```

```
root@d1:/tmp/pycore.39721/d1.conf# iperf3 -c 10.0.1.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.1.10, port 7575
[ 4] local 10.0.8.10 port 52702 connected to 10.0.1.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer             Bandwidth       Retr   Cwnd
[ 4]  0.00-1.00    sec   318 MBytes    2.66 Gbits/sec     0     581 KBytes
[ 4]  1.00-2.00    sec   304 MBytes    2.54 Gbits/sec   182     792 KBytes
[ 4]  2.00-3.00    sec   325 MBytes    2.72 Gbits/sec   174     792 KBytes
[ 4]  3.00-4.00    sec   321 MBytes    2.70 Gbits/sec   812     560 KBytes
[ 4]  4.00-5.00    sec   320 MBytes    2.68 Gbits/sec   154     568 KBytes
[ 4]  5.00-6.00    sec   306 MBytes    2.56 Gbits/sec  1159     283 KBytes
[ 4]  6.00-7.00    sec   284 MBytes    2.38 Gbits/sec  1059     452 KBytes
[ 4]  7.00-8.00    sec   258 MBytes    2.16 Gbits/sec  1196     270 KBytes
[ 4]  8.00-9.01    sec   310 MBytes    2.58 Gbits/sec   732     325 KBytes
[ 4]  9.01-10.00   sec   289 MBytes    2.43 Gbits/sec   258     437 KBytes
[ ID] Interval           Transfer             Bandwidth       Retr
[ 4]  0.00-10.00   sec   2.96 GBytes    2.54 Gbits/sec  5726
[ 4]  0.00-10.00   sec   2.96 GBytes    2.54 Gbits/sec
iperf Done.
root@d1:/tmp/pycore.39721/d1.conf#
```

Throughput = 2.54 Gbits/sec

3) **a3tod3**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.6.10 (του d1) στον κόμβο a3

```
root@a3:/tmp/pycore.39721/a3.conf# ping 10.0.6.10
```

α) Το **average RTT** είναι 0.059 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.6.10 ping statistics ---
79 packets transmitted, 79 received, 0% packet loss, time 80092ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.037/0.059/0.109/0.014 ms
```

β) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο **iperf3** για τον αντίστοιχο server και client
(a3=server d3=client)

```
root@a3:/tmp/pycore.39721/a3.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.6.10, port 53586
[ 5] local 10.0.2.10 port 7575 connected to 10.0.6.10 port 53588
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    490 MBytes  4.11 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    531 MBytes  4.46 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    495 MBytes  4.15 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    529 MBytes  4.43 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    519 MBytes  4.35 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    547 MBytes  4.59 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    534 MBytes  4.48 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    505 MBytes  4.24 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    512 MBytes  4.30 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    532 MBytes  4.46 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec     832 KBytes  2.97 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec     0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.07 GBytes  4.36 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@d3:/tmp/pycore.39721/d3.conf# iperf3 -c 10.0.2.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.2.10, port 7575
[ 4] local 10.0.6.10 port 53588 connected to 10.0.2.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr    Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    494 MBytes  4.15 Gbits/sec  1078    287 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    528 MBytes  4.42 Gbits/sec   245    358 KBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    495 MBytes  4.15 Gbits/sec   624    362 KBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    529 MBytes  4.43 Gbits/sec    0     362 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    518 MBytes  4.36 Gbits/sec  350    238 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    547 MBytes  4.59 Gbits/sec    1    238 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    537 MBytes  4.51 Gbits/sec   340    205 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    502 MBytes  4.21 Gbits/sec  1137    614 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    512 MBytes  4.30 Gbits/sec  1133    649 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    531 MBytes  4.46 Gbits/sec   754    527 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.07 GBytes  4.36 Gbits/sec  5662
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.07 GBytes  4.36 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.36 Gbits/sec

4)a2toc3: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.9.10 (του c3) στον κόμβο a2

```
root@a3:/tmp/pycore.39721/a3.conf# ping 10.0.9.10
```

Το **average RTT** είναι 0.065 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.9.10 ping statistics ---
35 packets transmitted, 35 received, 0% packet loss, time 34982ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.041/0.065/0.146/0.026 ms
```

b)Χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client
(a2=server c3=client)

```
root@a2:/tmp/pycore.39721/a2.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.9.10, port 44896
[ 5] local 10.0.1.10 port 7575 connected to 10.0.9.10 port 44898
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec      518 MBytes  4.35 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec      506 MBytes  4.24 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec      530 MBytes  4.45 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec      520 MBytes  4.37 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec      498 MBytes  4.18 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec      546 MBytes  4.58 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec      536 MBytes  4.50 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec      541 MBytes  4.54 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec      552 MBytes  4.63 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec      540 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec       192 KBytes  4.16 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec       0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec      5.16 GBytes  4.44 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@c3:/tmp/pycore.39721/c3.conf# iperf3 -c 10.0.1.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.1.10, port 7575
[ 4] local 10.0.9.10 port 44898 connected to 10.0.1.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth    Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec      519 MBytes  4.35 Gbits/sec  175   267 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec      505 MBytes  4.24 Gbits/sec 2598   594 KBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec      530 MBytes  4.45 Gbits/sec  186   594 KBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec      521 MBytes  4.37 Gbits/sec   0   594 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec      498 MBytes  4.17 Gbits/sec  109   602 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec      546 MBytes  4.58 Gbits/sec   0   602 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec      536 MBytes  4.50 Gbits/sec 1090   225 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec      541 MBytes  4.54 Gbits/sec 1369   663 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec      551 MBytes  4.63 Gbits/sec   0   663 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec      540 MBytes  4.53 Gbits/sec   0   663 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth    Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec      5.16 GBytes  4.44 Gbits/sec 5527
[ 4]  0.00-10.00  sec      5.16 GBytes  4.44 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.44 Gbits/sec

5)a1tod2: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.7.10 (του d2) στον κόμβο a1

```
root@a1:/tmp/pycore.39721/a1.conf# ping 10.0.7.10
```

Το **average RTT** είναι 0.064 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.7.10 ping statistics ---
41 packets transmitted, 41 received, 0% packet loss, time 41034ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.047/0.064/0.143/0.021 ms
```

b)Χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client
(a1=server d2=client)

```
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.7.10, port 37348
[ 5] local 10.0.0.10 port 7575 connected to 10.0.7.10 port 37350
[ ID] Interval          Transfer      Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00      sec    545 MBytes    4.57 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00      sec    522 MBytes    4.38 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00      sec    525 MBytes    4.41 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00      sec    535 MBytes    4.49 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00      sec    533 MBytes    4.47 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00      sec    537 MBytes    4.51 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00      sec    510 MBytes    4.28 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00      sec    551 MBytes    4.62 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00      sec    553 MBytes    4.64 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00     sec    546 MBytes    4.59 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00     sec    1022 KBytes    4.44 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00     sec    0.00 Bytes     0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00     sec    5.23 GBytes    4.50 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
```

```
File Edit View Search Terminal Help
root@d2:/tmp/pycore.39721/d2.conf# iperf3 -c 10.0.0.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.0.10, port 7575
[ 4] local 10.0.7.10 port 37350 connected to 10.0.0.10 port 7575
[ ID] Interval          Transfer      Bandwidth      Retr      Cwnd
[ 4]  0.00-1.00      sec    545 MBytes    4.57 Gbits/sec    0        395 KBytes
[ 4]  1.00-2.00      sec    528 MBytes    4.43 Gbits/sec  1049      546 KBytes
[ 4]  2.00-3.00      sec    520 MBytes    4.36 Gbits/sec  1418      235 KBytes
[ 4]  3.00-4.00      sec    536 MBytes    4.49 Gbits/sec   134      592 KBytes
[ 4]  4.00-5.00      sec    532 MBytes    4.47 Gbits/sec    0        592 KBytes
[ 4]  5.00-6.00      sec    539 MBytes    4.51 Gbits/sec   103      659 KBytes
[ 4]  6.00-7.00      sec    514 MBytes    4.32 Gbits/sec  1707      358 KBytes
[ 4]  7.00-8.00      sec    551 MBytes    4.62 Gbits/sec    26      358 KBytes
[ 4]  8.00-9.00      sec    550 MBytes    4.61 Gbits/sec   508      424 KBytes
[ 4]  9.00-10.00     sec    545 MBytes    4.56 Gbits/sec  2153      539 KBytes
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bandwidth      Retr
[ 4]  0.00-10.00     sec    5.23 GBytes    4.50 Gbits/sec  7098
[ 4]  0.00-10.00     sec    5.23 GBytes    4.50 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.50 Gbits/sec

6) **a3toc1**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.11.10 (του c1) στον κόμβο a3

```
root@a3:/tmp/pycore.39721/a3.conf# ping 10.0.11.10
```

Το **average RTT** είναι 0.058 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.11.10 ping statistics ---
30 packets transmitted, 30 received, 0% packet loss, time 29708ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.039/0.058/0.104/0.013 ms
```

β) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο **iperf3** για τον αντίστοιχο server και client
(a3=server c1=client)

```
root@a3:/tmp/pycore.39721/a3.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.11.10, port 35688
[ 5] local 10.0.2.10 port 7575 connected to 10.0.11.10 port 35690
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    529 MBytes  4.44 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    532 MBytes  4.46 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    536 MBytes  4.50 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    513 MBytes  4.31 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    552 MBytes  4.63 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    523 MBytes  4.39 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    537 MBytes  4.51 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    526 MBytes  4.41 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.20 GBytes 4.47 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
-----
File Edit View Search Terminal Help
root@c1:/tmp/pycore.39721/c1.conf# iperf3 -c 10.0.2.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.2.10, port 7575
[ 4] local 10.0.11.10 port 35690 connected to 10.0.2.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth   Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec  306   283 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    537 MBytes  4.51 Gbits/sec  378   300 KBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    533 MBytes  4.46 Gbits/sec  508   300 KBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    537 MBytes  4.52 Gbits/sec  898   512 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    530 MBytes  4.44 Gbits/sec  499   475 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    514 MBytes  4.31 Gbits/sec 2556   897 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    551 MBytes  4.63 Gbits/sec    0   897 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    524 MBytes  4.39 Gbits/sec 2454   409 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    538 MBytes  4.51 Gbits/sec 1158   550 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    534 MBytes  4.49 Gbits/sec 1561   324 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth   Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.21 GBytes 4.48 Gbits/sec 10318
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.20 GBytes 4.47 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.48 Gbits/sec

7) **b1toc3**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.11.10 (του c3) στον κόμβο b1

```
root@b1:/tmp/pycore.39721/b1.conf# ping 10.0.9.10
PING 10.0.9.10 (10.0.9.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.070 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.9.10 ping statistics ---
34 packets transmitted, 34 received, 0% packet loss, time 33779ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.035/0.070/0.574/0.089 ms
```

β) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο **iperf3** για τον αντίστοιχο server και client (b1=server c3=client)

```
root@b1:/tmp/pycore.39721/b1.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.9.10, port 45402
[ 5] local 10.0.3.10 port 7575 connected to 10.0.9.10 port 45404
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    553 MBytes  4.64 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    550 MBytes  4.62 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    557 MBytes  4.67 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    556 MBytes  4.67 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    552 MBytes  4.63 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    548 MBytes  4.60 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    535 MBytes  4.49 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    549 MBytes  4.61 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    543 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec     256 KBytes 4.69 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec     0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.36 GBytes 4.60 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@c3:/tmp/pycore.39721/c3.conf# iperf3 -c 10.0.3.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.3.10, port 7575
[ 4] local 10.0.9.10 port 45404 connected to 10.0.3.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr      Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    554 MBytes  4.63 Gbits/sec    0    1.28 MBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    550 MBytes  4.62 Gbits/sec   17    1.28 MBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    556 MBytes  4.67 Gbits/sec    0    1.28 MBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    556 MBytes  4.66 Gbits/sec   91    1.28 MBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    552 MBytes  4.64 Gbits/sec    4    1.28 MBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    548 MBytes  4.60 Gbits/sec   91    1.29 MBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec    0    1.29 MBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    538 MBytes  4.52 Gbits/sec  778    926 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec  680    457 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    542 MBytes  4.55 Gbits/sec  548    481 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.36 GBytes 4.60 Gbits/sec  2209
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.36 GBytes 4.60 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.60 Gbits/sec

8)b2tod1: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.8.10 (του d1) στον κόμβο b2

```
root@b2:/tmp/pycore.39721/b2.conf# ping 10.0.8.10
PING 10.0.8.10 (10.0.8.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.066 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.8.10 ping statistics ---
27 packets transmitted, 27 received, 0% packet loss, time 26626ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.034/0.066/0.139/0.025 ms
```

b)Χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client
(b2=server d1=client)

```
root@b2:/tmp/pycore.39721/b2.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.8.10, port 47792
[ 5] local 10.0.4.10 port 7575 connected to 10.0.8.10 port 47794
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    543 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    541 MBytes  4.54 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    519 MBytes  4.35 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    522 MBytes  4.38 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    529 MBytes  4.44 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    505 MBytes  4.24 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    528 MBytes  4.43 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    553 MBytes  4.64 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    554 MBytes  4.64 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec    1.12 MBytes  4.76 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec      0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.21 GBytes  4.48 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@d1:/tmp/pycore.39721/d1.conf# iperf3 -c 10.0.4.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.4.10, port 7575
[ 4] local 10.0.8.10 port 47794 connected to 10.0.4.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth       Retr   Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    544 MBytes  4.55 Gbits/sec    32    758 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    540 MBytes  4.54 Gbits/sec     0    758 KBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    520 MBytes  4.35 Gbits/sec  1257    274 KBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    521 MBytes  4.38 Gbits/sec    52    297 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    529 MBytes  4.44 Gbits/sec   206    491 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec   546    396 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    505 MBytes  4.24 Gbits/sec  2824    355 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    528 MBytes  4.43 Gbits/sec  1704    269 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    554 MBytes  4.64 Gbits/sec     0    329 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    554 MBytes  4.65 Gbits/sec     0    383 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth       Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.21 GBytes  4.48 Gbits/sec  6621
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.21 GBytes  4.48 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.48 Gbits/sec

9) **b3tod3**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.6.10 (του d3) στον κόμβο b3

```
root@b3:/tmp/pycore.39721/b3.conf# ping 10.0.6.10
PING 10.0.6.10 (10.0.6.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.063 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.6.10 ping statistics ---
34 packets transmitted, 34 received, 0% packet loss, time 33859ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.048/0.063/0.116/0.018 ms
```

b) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client
(b3=server d3=client)

```
root@b3:/tmp/pycore.39721/b3.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.6.10, port 48114
[ 5] local 10.0.5.10 port 7575 connected to 10.0.6.10 port 48116
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    532 MBytes  4.46 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    534 MBytes  4.48 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    542 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    530 MBytes  4.45 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    542 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    522 MBytes  4.38 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    539 MBytes  4.52 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    542 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    557 MBytes  4.67 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec     768 KBytes  5.20 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec    0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.25 GBytes  4.51 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@d3:/tmp/pycore.39721/d3.conf# iperf3 -c 10.0.5.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.5.10, port 7575
[ 4] local 10.0.6.10 port 48116 connected to 10.0.5.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    532 MBytes  4.46 Gbits/sec  2805   522 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    534 MBytes  4.48 Gbits/sec  101    536 KBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    541 MBytes  4.55 Gbits/sec  1399   670 KBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    531 MBytes  4.45 Gbits/sec  365    673 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    541 MBytes  4.55 Gbits/sec  343    679 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec  1299   510 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    531 MBytes  4.45 Gbits/sec  1952   255 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    531 MBytes  4.45 Gbits/sec   29    413 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    542 MBytes  4.55 Gbits/sec  524    303 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    556 MBytes  4.67 Gbits/sec    0    390 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.25 GBytes  4.51 Gbits/sec  8817
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.25 GBytes  4.51 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.51 Gbits/sec

10)b1toc2: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.10.10 (του c2) στον κόμβο b1

```
root@b1:/tmp/pycore.39721/b1.conf# ping 10.0.10.10
PING 10.0.10.10 (10.0.10.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.070 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.10.10 ping statistics ---
41 packets transmitted, 41 received, 0% packet loss, time 40942ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.036/0.070/0.304/0.046 ms
```

b)Χρησιμοποιούμε το εργαλείο iperf3 για τον αντίστοιχο server και client
(b1=server c2=client)

```
root@b1:/tmp/pycore.39721/b1.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.10.10, port 43068
[ 5] local 10.0.3.10 port 7575 connected to 10.0.10.10 port 43070
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00   sec    540 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec    539 MBytes  4.52 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec    536 MBytes  4.49 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec    500 MBytes  4.19 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec    530 MBytes  4.45 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec    518 MBytes  4.35 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec    538 MBytes  4.51 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec    555 MBytes  4.65 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec    553 MBytes  4.64 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec     512 KBytes  4.74 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00  sec     0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00  sec    5.23 GBytes  4.49 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@c2:/tmp/pycore.39721/c2.conf# iperf3 -c 10.0.3.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.3.10, port 7575
[ 4] local 10.0.10.10 port 43070 connected to 10.0.3.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth   Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00   sec    541 MBytes  4.53 Gbits/sec    0   783 KBytes
[ 4]  1.00-2.00   sec    539 MBytes  4.52 Gbits/sec    0   1.06 MBytes
[ 4]  2.00-3.00   sec    535 MBytes  4.49 Gbits/sec   13   1.06 MBytes
[ 4]  3.00-4.00   sec    500 MBytes  4.20 Gbits/sec 3290   263 KBytes
[ 4]  4.00-5.00   sec    530 MBytes  4.44 Gbits/sec    0   430 KBytes
[ 4]  5.00-6.00   sec    519 MBytes  4.35 Gbits/sec 1849   574 KBytes
[ 4]  6.00-7.00   sec    538 MBytes  4.51 Gbits/sec   77   291 KBytes
[ 4]  7.00-8.00   sec    555 MBytes  4.65 Gbits/sec    0   400 KBytes
[ 4]  8.00-9.00   sec    552 MBytes  4.64 Gbits/sec    0   400 KBytes
[ 4]  9.00-10.00  sec    546 MBytes  4.58 Gbits/sec   46   400 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth   Retr
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.23 GBytes  4.49 Gbits/sec 5975
[ 4]  0.00-10.00  sec    5.23 GBytes  4.49 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.49 Gbits/sec

11) **b2toc1**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.11.10 (του c1) στον κόμβο b2

```
root@b2:/tmp/pycore.39721/b2.conf# ping 10.0.11.10
PING 10.0.11.10 (10.0.11.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.058 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.11.10 ping statistics ---
30 packets transmitted, 30 received, 0% packet loss, time 29676ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.036/0.058/0.135/0.020 ms
```

b) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο **iperf3** για τον αντίστοιχο server και client
(b2=server c1=client)

```
root@b2:/tmp/pycore.39721/b2.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.11.10, port 57954
[ 5] local 10.0.4.10 port 7575 connected to 10.0.11.10 port 57956
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00    sec      519 MBytes  4.36 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00    sec      534 MBytes  4.48 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00    sec      525 MBytes  4.41 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00    sec      532 MBytes  4.46 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00    sec      520 MBytes  4.37 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00    sec      541 MBytes  4.53 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00    sec      556 MBytes  4.66 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00    sec      556 MBytes  4.66 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00    sec      554 MBytes  4.64 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00   sec      548 MBytes  4.60 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00   sec       512 KBytes 4.89 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth
[ 5]  0.00-10.00   sec      0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.00   sec      5.26 GBytes 4.52 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@c1:/tmp/pycore.39721/c1.conf# iperf3 -c 10.0.4.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.4.10, port 7575
[ 4] local 10.0.11.10 port 57956 connected to 10.0.4.10 port 7575
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth   Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00    sec      520 MBytes  4.36 Gbits/sec  1111  296 KBytes
[ 4]  1.00-2.00    sec      533 MBytes  4.48 Gbits/sec   433  455 KBytes
[ 4]  2.00-3.00    sec      525 MBytes  4.41 Gbits/sec   407  325 KBytes
[ 4]  3.00-4.00    sec      532 MBytes  4.46 Gbits/sec   323  479 KBytes
[ 4]  4.00-5.00    sec      529 MBytes  4.44 Gbits/sec   967  362 KBytes
[ 4]  5.00-6.00    sec      540 MBytes  4.53 Gbits/sec   414  253 KBytes
[ 4]  6.00-7.00    sec      547 MBytes  4.59 Gbits/sec   391  304 KBytes
[ 4]  7.00-8.00    sec      556 MBytes  4.66 Gbits/sec     0  341 KBytes
[ 4]  8.00-9.00    sec      554 MBytes  4.64 Gbits/sec     0  341 KBytes
[ 4]  9.00-10.00   sec      547 MBytes  4.60 Gbits/sec     0  396 KBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bandwidth   Retr
[ 4]  0.00-10.00   sec      5.26 GBytes 4.52 Gbits/sec  4046
[ 4]  0.00-10.00   sec      5.26 GBytes 4.52 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.52 Gbits/sec

12) **b3tod2**: Κάνουμε ping για την διεύθυνση 10.0.7.10 (του d2) στον κόμβο b3

```
root@b3:/tmp/pycore.39721/b3.conf# ping 10.0.7.10
PING 10.0.7.10 (10.0.7.10) 56(84) bytes of data.
```

Το **average RTT** είναι 0.059 όπως φαίνεται παρακάτω

```
--- 10.0.7.10 ping statistics ---
26 packets transmitted, 26 received, 0% packet loss, time 25788ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.034/0.059/0.095/0.016 ms
```

β) Χρησιμοποιούμε το εργαλείο **iperf3** για τον αντίστοιχο server και client (b3=server d2=client)

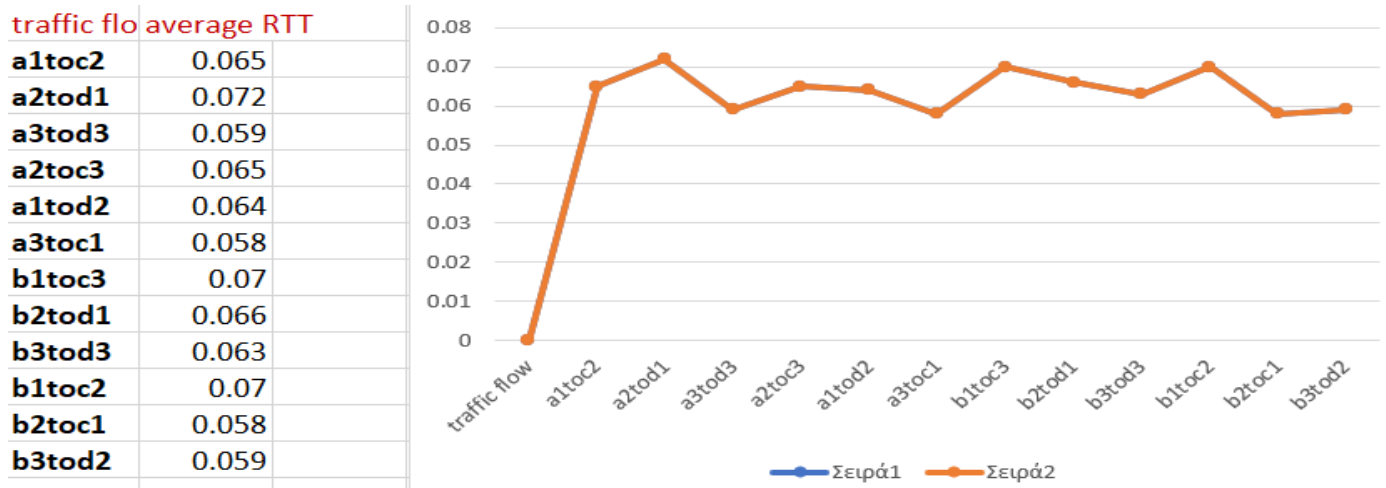
```
root@b3:/tmp/pycore.39721/b3.conf# iperf3 -s -p 7575
-----
Server listening on 7575
-----
Accepted connection from 10.0.7.10, port 55508
[ 5] local 10.0.5.10 port 7575 connected to 10.0.7.10 port 55510
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-1.00      sec   502 MBytes  4.21 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00      sec   528 MBytes  4.43 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00      sec   489 MBytes  4.10 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00      sec   523 MBytes  4.38 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00      sec   533 MBytes  4.47 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00      sec   526 MBytes  4.41 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00      sec   536 MBytes  4.50 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00      sec   545 MBytes  4.57 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00      sec   542 MBytes  4.55 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00     sec   546 MBytes  4.57 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.01     sec   7.44 MBytes 11.9 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth
[ 5]  0.00-10.01     sec   0.00 Bytes  0.00 bits/sec
[ 5]  0.00-10.01     sec   5.15 GBytes 4.42 Gbits/sec
-----
Server listening on 7575
File Edit View Search Terminal Help
root@d2:/tmp/pycore.39721/d2.conf# iperf3 -c 10.0.5.10 -p 7575
Connecting to host 10.0.5.10, port 7575
[ 4] local 10.0.7.10 port 55510 connected to 10.0.5.10 port 7575
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr  Cwnd
[ 4]  0.00-1.00      sec   503 MBytes  4.21 Gbits/sec  1166   679 KBytes
[ 4]  1.00-2.00      sec   528 MBytes  4.43 Gbits/sec   195   679 KBytes
[ 4]  2.00-3.00      sec   489 MBytes  4.10 Gbits/sec  1904   387 KBytes
[ 4]  3.00-4.00      sec   524 MBytes  4.38 Gbits/sec   504   351 KBytes
[ 4]  4.00-5.00      sec   532 MBytes  4.47 Gbits/sec    0   389 KBytes
[ 4]  5.00-6.00      sec   525 MBytes  4.41 Gbits/sec  1847   437 KBytes
[ 4]  6.00-7.00      sec   538 MBytes  4.50 Gbits/sec  1144   902 KBytes
[ 4]  7.00-8.00      sec   545 MBytes  4.57 Gbits/sec    0   902 KBytes
[ 4]  8.00-9.00      sec   541 MBytes  4.54 Gbits/sec  1142   632 KBytes
[ 4]  9.00-10.01     sec   552 MBytes  4.61 Gbits/sec   573   311 KBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bandwidth      Retr
[ 4]  0.00-10.01     sec   5.15 GBytes 4.42 Gbits/sec  8475
[ 4]  0.00-10.01     sec   5.15 GBytes 4.42 Gbits/sec
-----
iperf Done.
```

Throughput = 4.42 Gbits/sec

C) Το packet loss σε όλες τις μετρήσεις είναι 0%

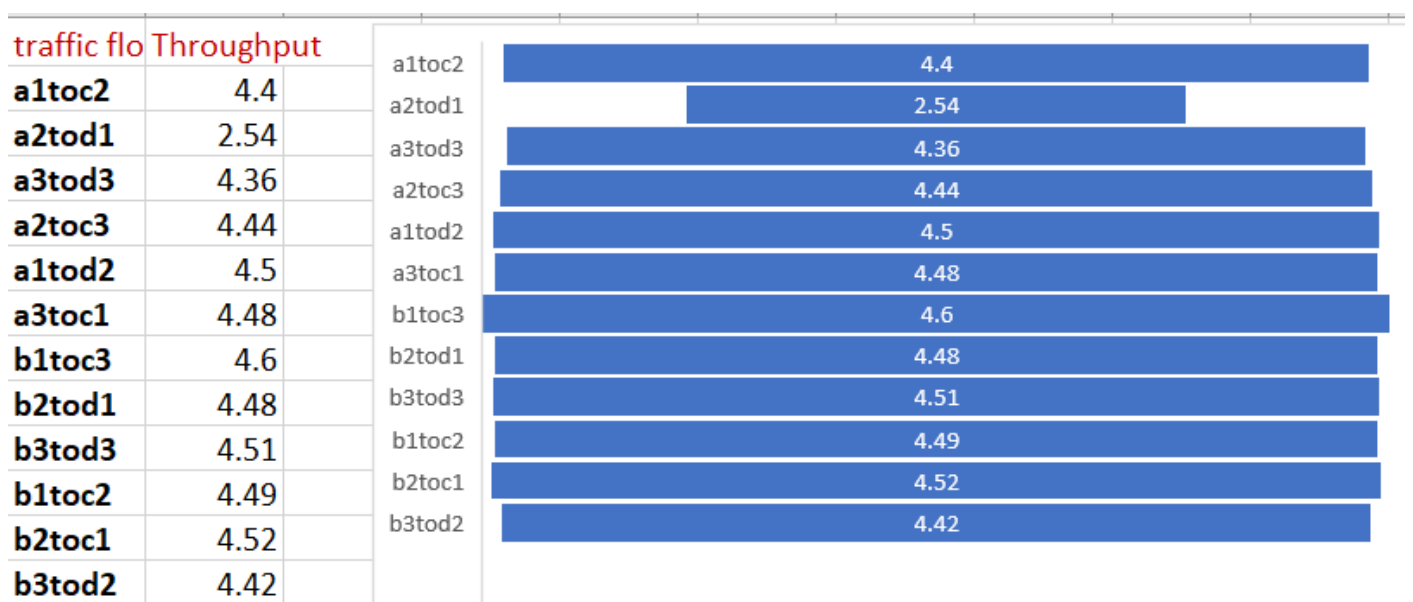
Αν θέλουμε να μας βγάλει packet loss πρέπει να πειράξουμε το bandwidth των γραμμών κάνοντας διπλό κλικ πάνω στη γραμμή που συνδέει 2 κόμβους και αλλάζοντας το.

Για τις μετρήσεις μας φτιάξαμε τα εξής διαγράμματα:



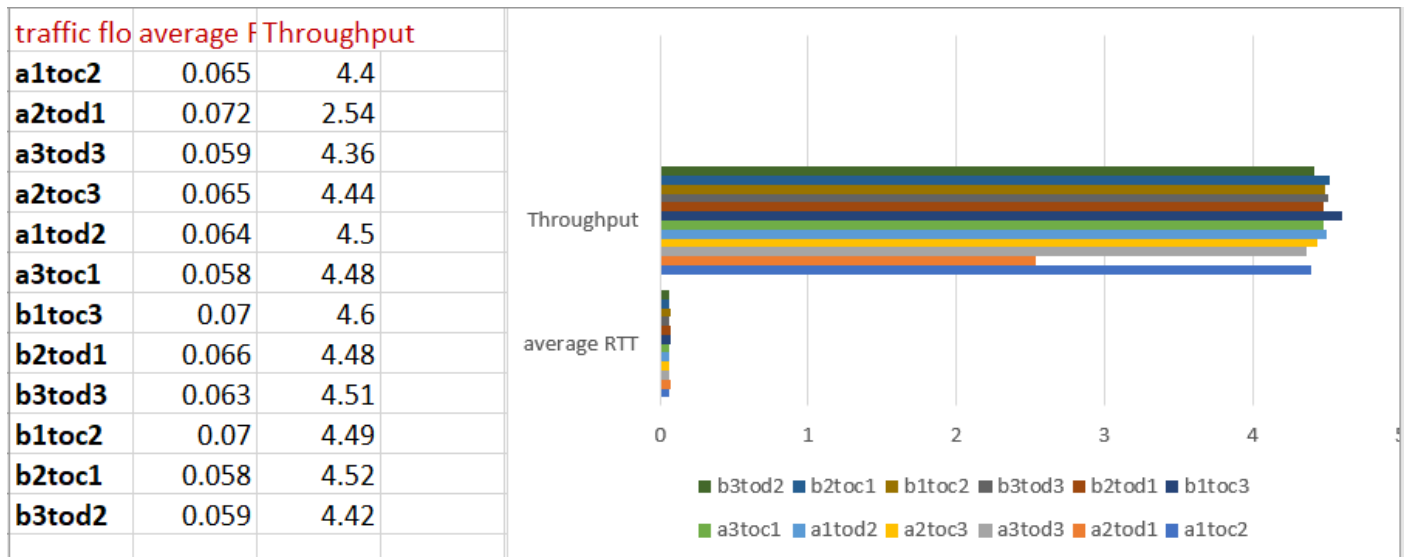
(Αξονας Χ=Τα διαφορετικά traffic flows, Αξονας Υ=Οι τιμές ανα 0.01)

Μεσα από το διαγραμμα μπορούμε να παρατηρήσουμε σε ποια traffic flows γίνονται γρηγορότερα οι επικοινωνίες. Όσο πιο χαμηλό το Average RTT τόσο καλύτερα. Ενδεικτικά τα traffic flows a3toc1, b3tod3, b2toc1, b3tod2 έχουν καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα υπολοιπα



Εδώ έχουμε ένα είδος ραβδογραμματος που δείχνει το μέγεθος των throughputs αν traffic flow , δείχνοντας μας ξεκαθαρά τα μεγεθη του καθενος.

Το throughput μας ενδιαφέρει να είναι μεγάλο οπότε ενδεικτικά έχουμε τα b1toc3,b2toc1,a1tod2



Εδώ έχουμε ένα ραβδογράμμα που δείχνει ταυτόχρονα ανά traffic flow και το throughput και το average RTT

4) Να γίνουν καταγραφές (capturing) 1-2 λεπτών ανά traffic flow στα κατάλληλα σημεία στο δίκτυο και να εξαχθούν σε μορφή .pcap file.

(5 μονάδες)

Για κάθε traffic flow τρέχουμε αντίστοιχα στα τερματικά των source-destination τις εντολές που φαίνονται παρακάτω. Με την εντολή

`mv capture_(sourcedestination)-output.pcap /home/corevm/Netcaps`
εξαγουμε τις καταγραφές σε pcap files στο directory που αναφέρεται.

a2tod1:

```
root@a2: /tmp/pycore.39721/a2.conf# ping 10.0.8.10
PING 10.0.8.10 (10.0.8.10) 56(84) bytes of data.

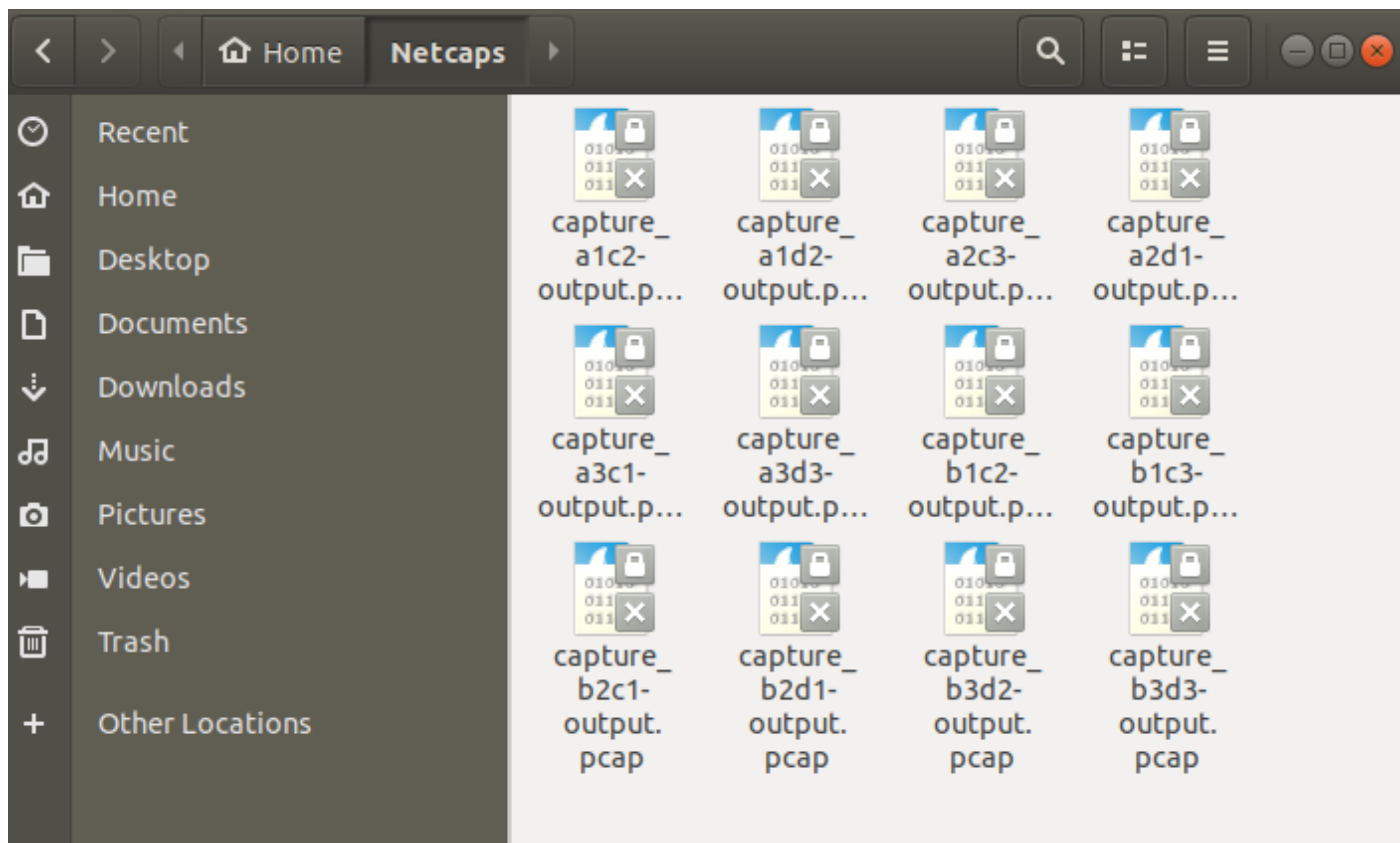
--- 10.0.8.10 ping statistics ---
82 packets transmitted, 82 received, 0% packet loss, time 83019ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.039/0.077/0.193/0.030 ms
root@a2: /tmp/pycore.39721/a2.conf#

root@d1: /tmp/pycore.39721/d1.conf
File Edit View Search Terminal Help
root@d1: /tmp/pycore.39721/d1.conf# sudo tshark -i eth0 -w capture_a2d1-output.pcap
Running as user "root" and group "root". This could be dangerous.
Capturing on 'eth0'
186 ^C
root@d1: /tmp/pycore.39721/d1.conf# ls
capture_a2d1-output.pcap  etc.ssh  flow8.mgn  var.log  var.run.sshd
defaultroute.sh          flow2.mgn  startsshd.sh  var.run
root@d1: /tmp/pycore.39721/d1.conf# mv capture_a2d1-output.pcap /home/corevm/Netcaps
root@d1: /tmp/pycore.39721/d1.conf#
```

Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία για τα υπόλοιπα 11

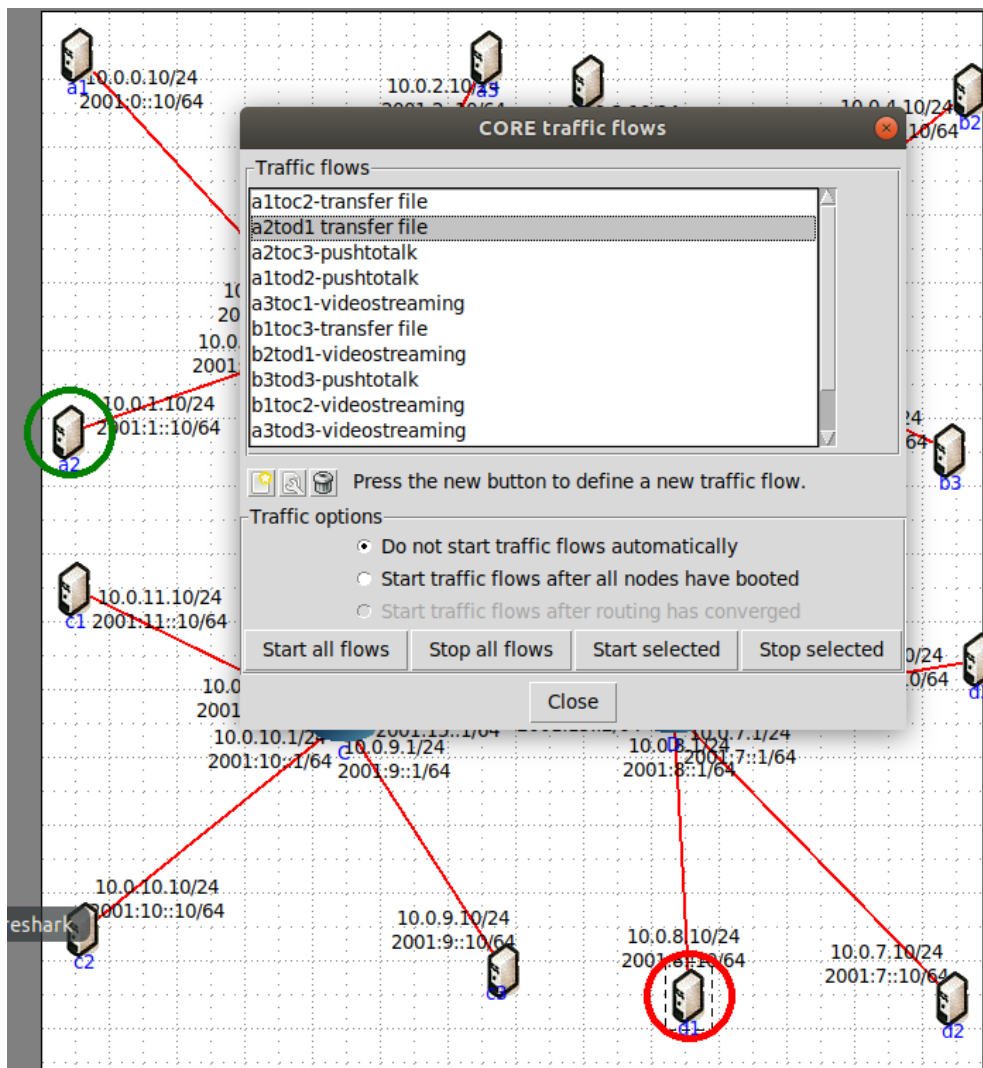
**a1toc2,a3tod3,a2toc3,a1tod2,a3toc1,b1toc3,b2tod1,b3tod3,b1toc2,b2toc1,
b3tod2**

Βλέπουμε ότι τα αρχεία αποθηκευτήκαν στο φάκελο που ζητήσαμε



4) Να αναλυθούν οι παραπάνω καταγραφές με τη χρήση του Wireshark και να παρουσιαστούν τα χαρακτηριστικά patterns που ταυτοποιούν τα flows. Η ανάλυση μπορεί να βασίζεται σε ανάλυση των πρωτογενών δεδομένων που θα έχετε διαθέσιμα από τις καταγραφές αλλά και σε δευτερογενή στατιστικά δεδομένα που μπορείτε να υπολογίσετε με βάση τα δεδομένα που περιέχουν οι καταγραφές. (35 μονάδες)

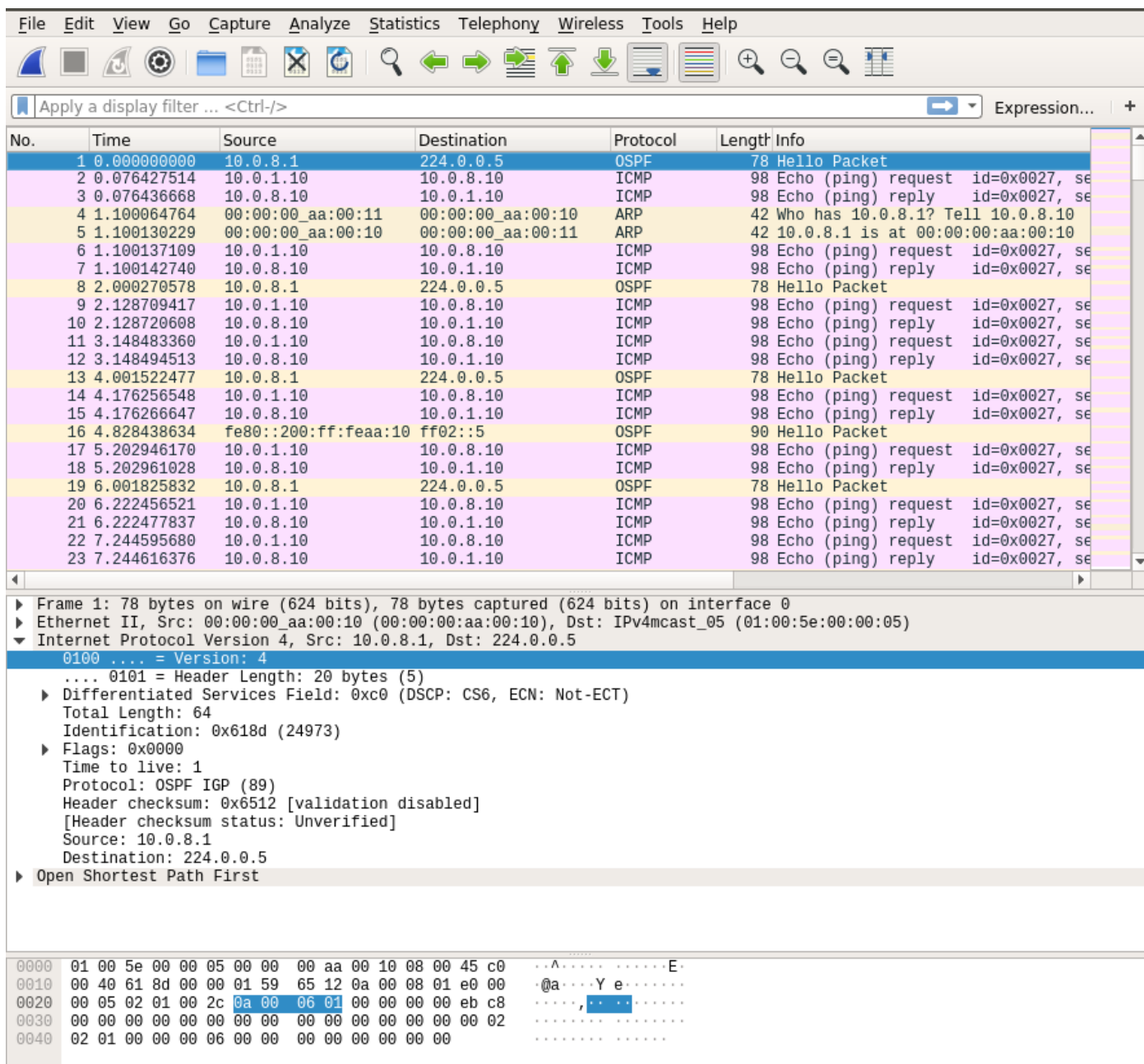
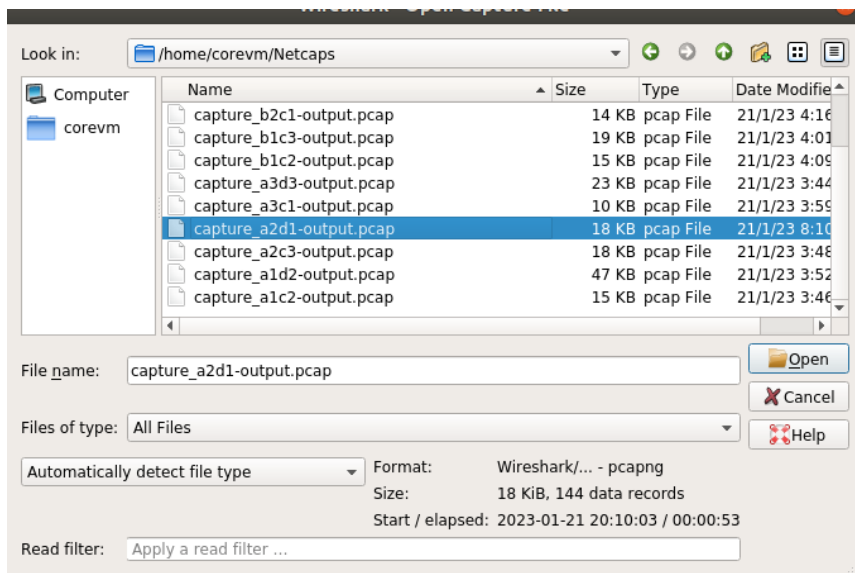
Ενεργοποιούμε το traffic flow από a2 σε d1



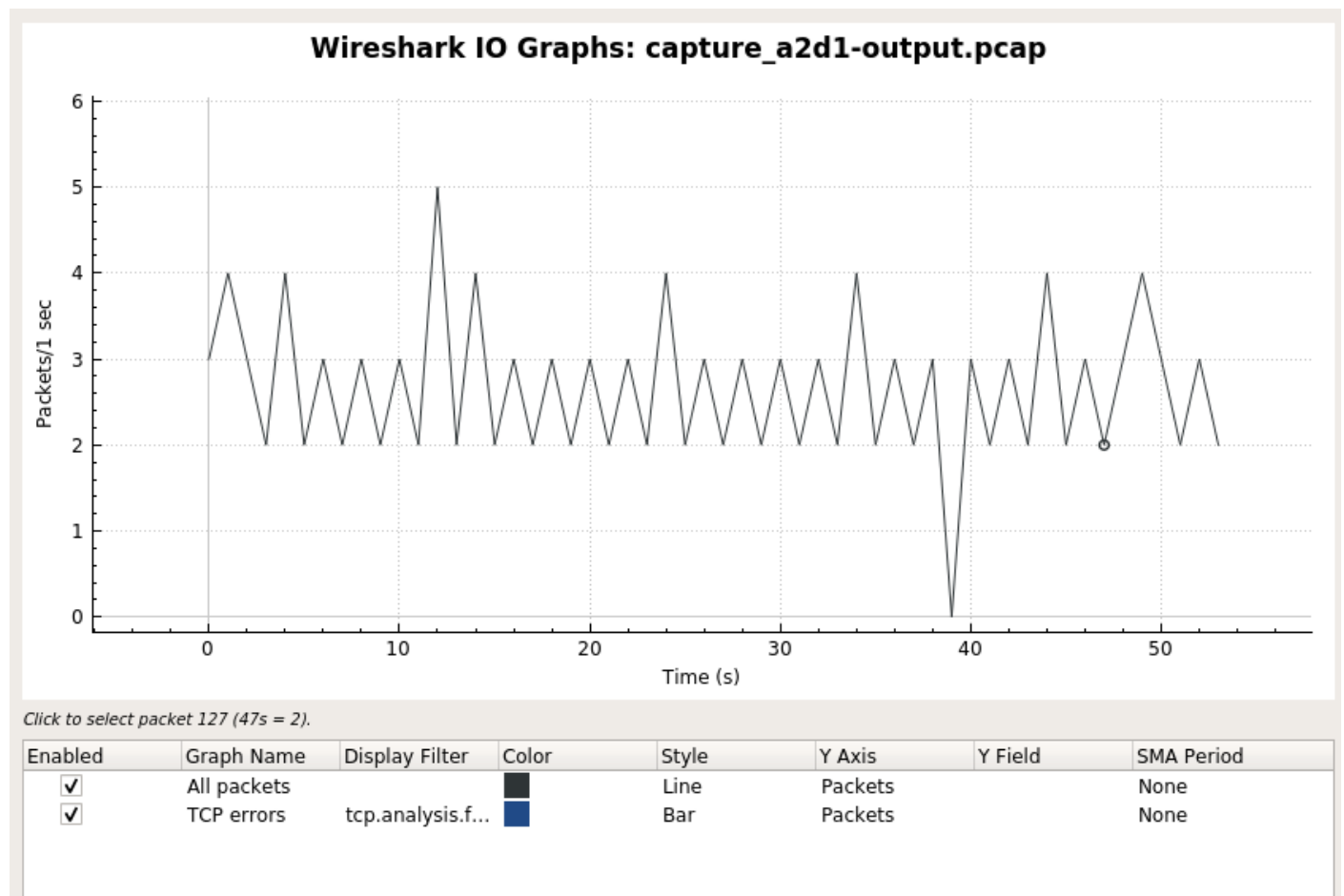
Ανοίγουμε νέο τερματικό και πληκτρολογούμε ως εξής ώστε να ανοίξει το Wireshark

```
corevm@corevm: ~  
File Edit View Search Terminal Help  
corevm@corevm:~$ sudo wireshark  
[sudo] password for corevm:  
QStandardPaths: XDG_RUNTIME_DIR not set, defaulting to '/tmp/runtime-root'
```

Ανοίγουμε το Wireshark και ανοίγουμε το αρχείο

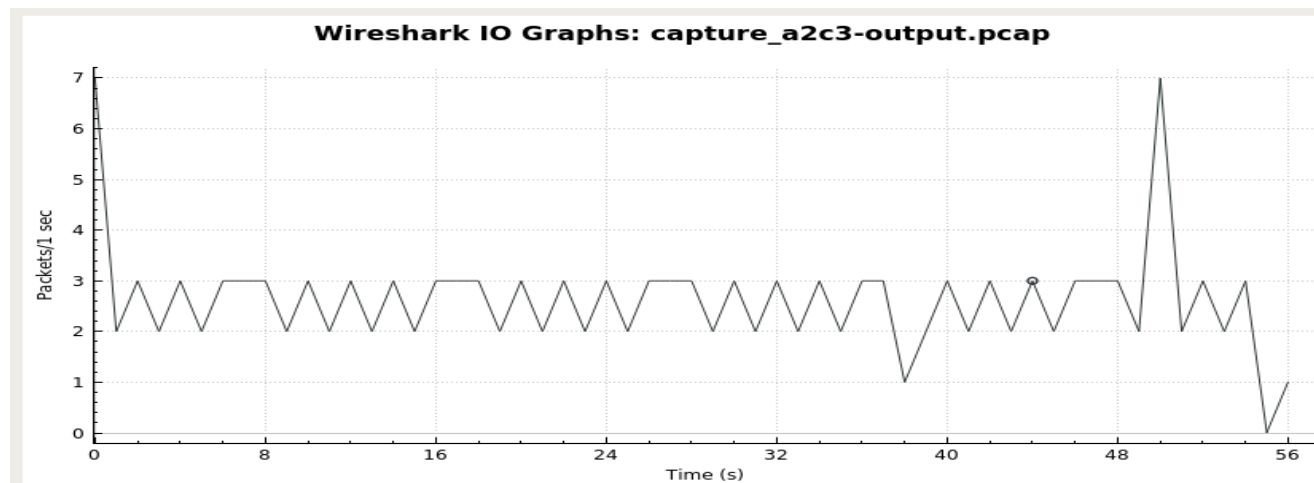
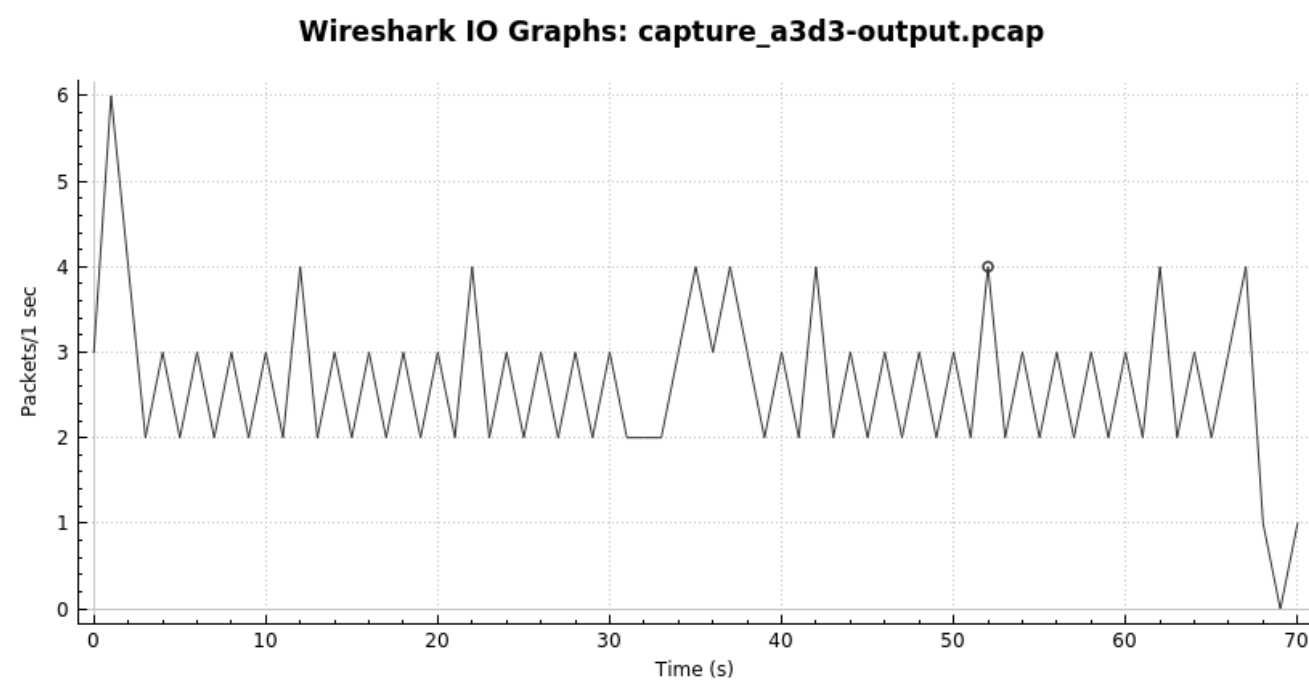
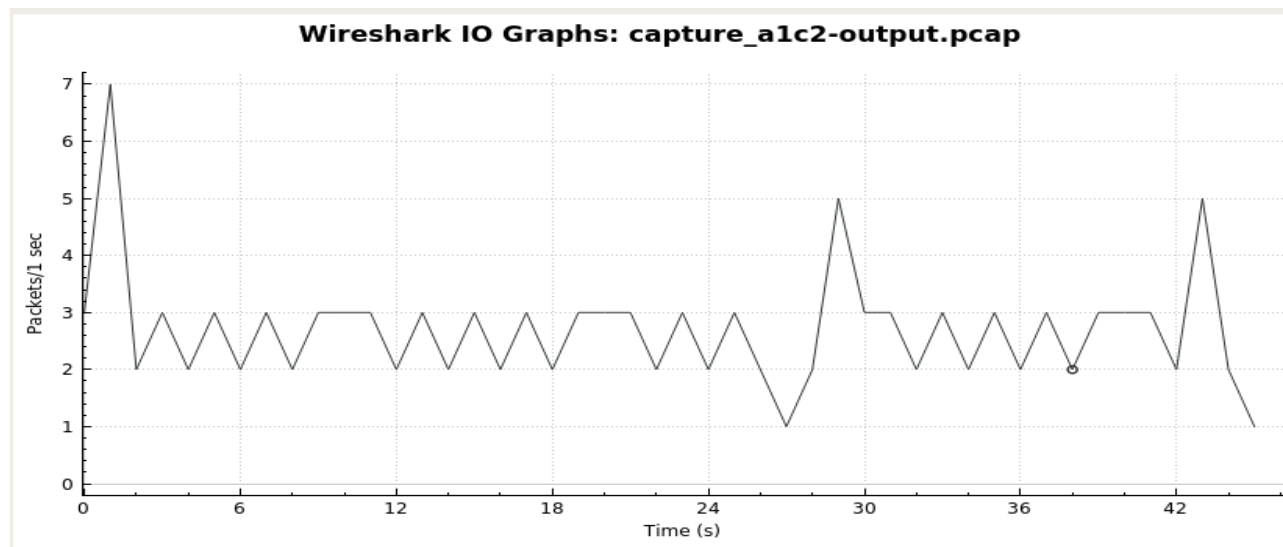


Επειτα για κάθε pcap file που ανοιγουμε στο wireshark πηγαινουμε στο εργαλειο Statistics και επιλεγουμε IO graph

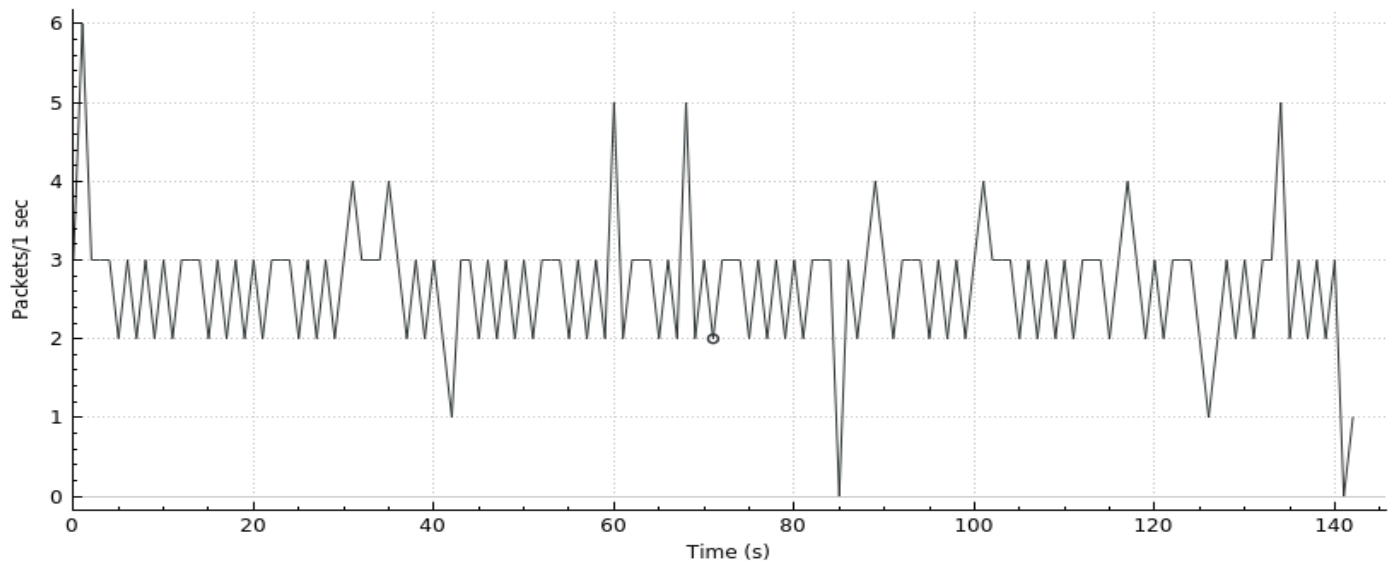


Το διάγραμμα μας δείχνει για το a2tod1 flow στον άξονα ψ τα πακέτα ανά δευτερόλεπτα και στον άξονα χ τον χρόνο.

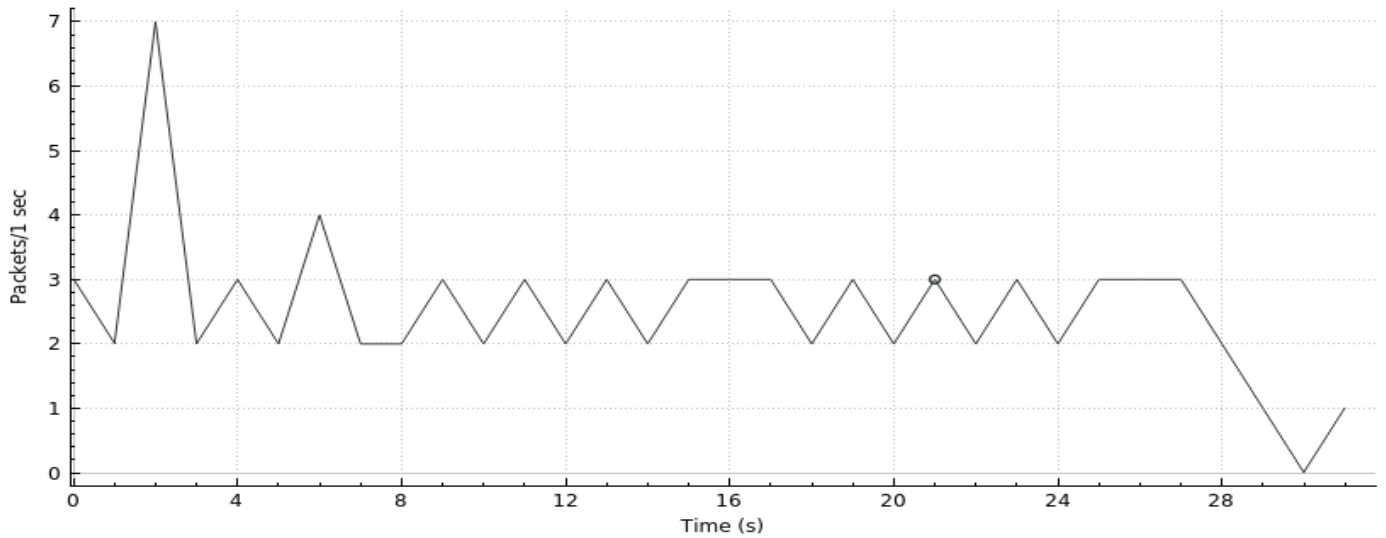
**a1toc2,a3tod3,a2toc3,a1tod2,a3toc1,b1toc3,b2tod1,b3tod3,b1toc2,b2toc1,
b3tod2**



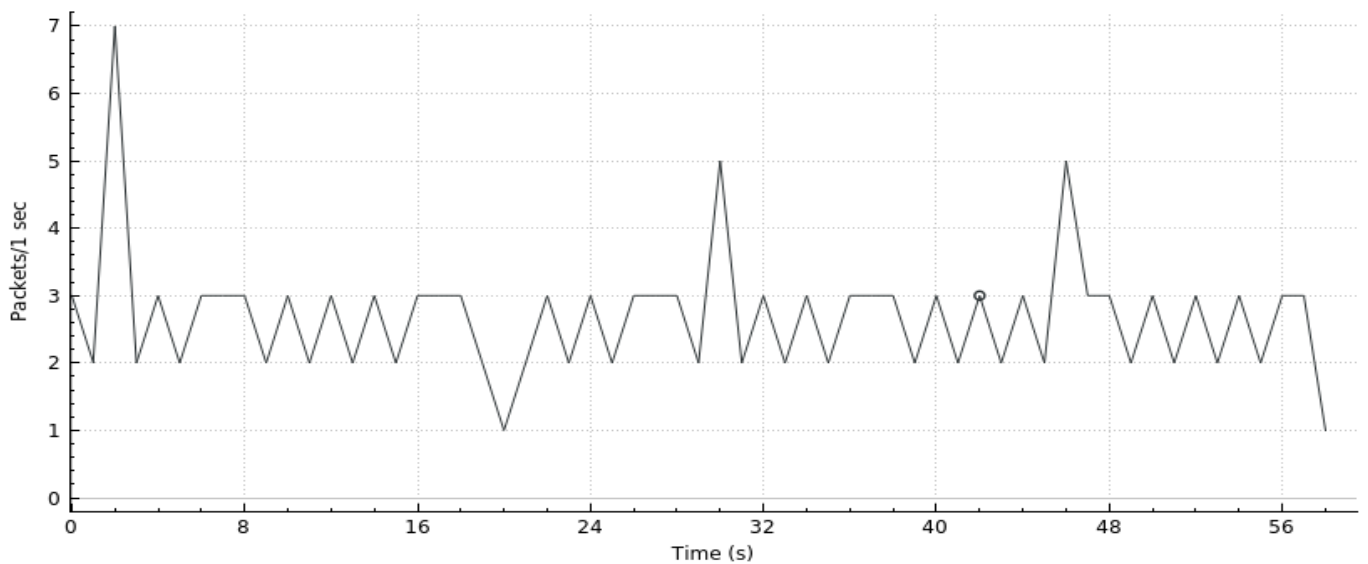
Wireshark IO Graphs: capture_a1d2-output.pcap



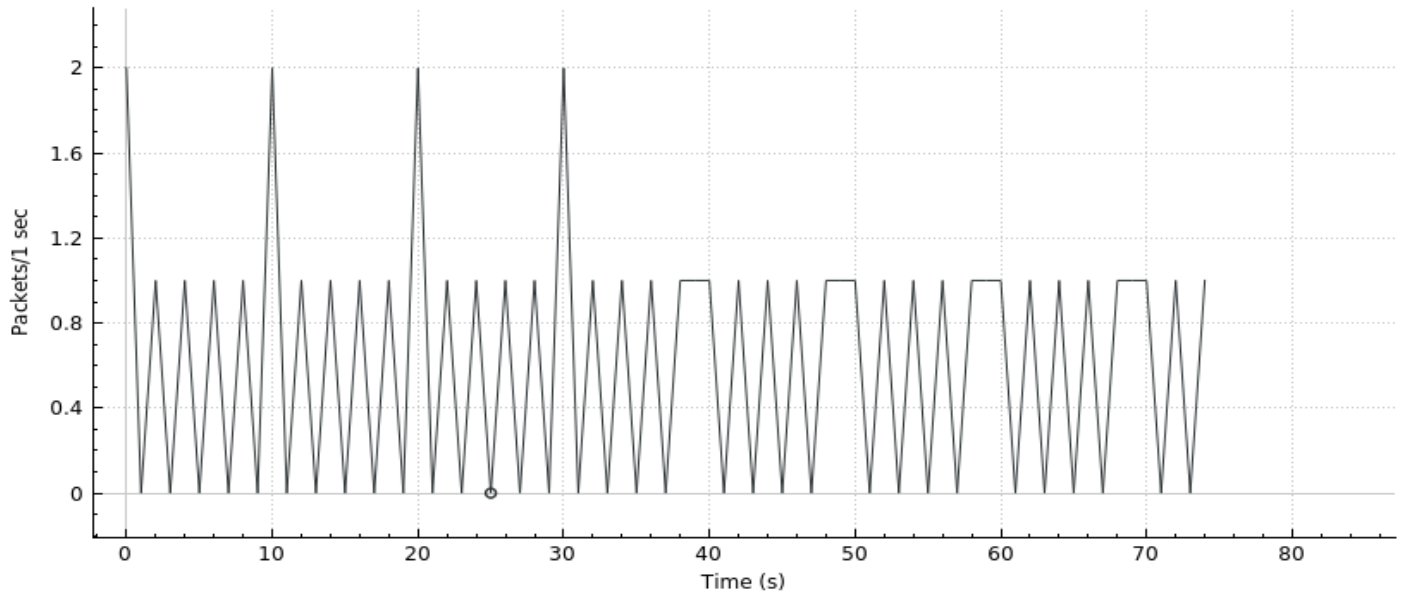
Wireshark IO Graphs: capture_a3c1-output.pcap



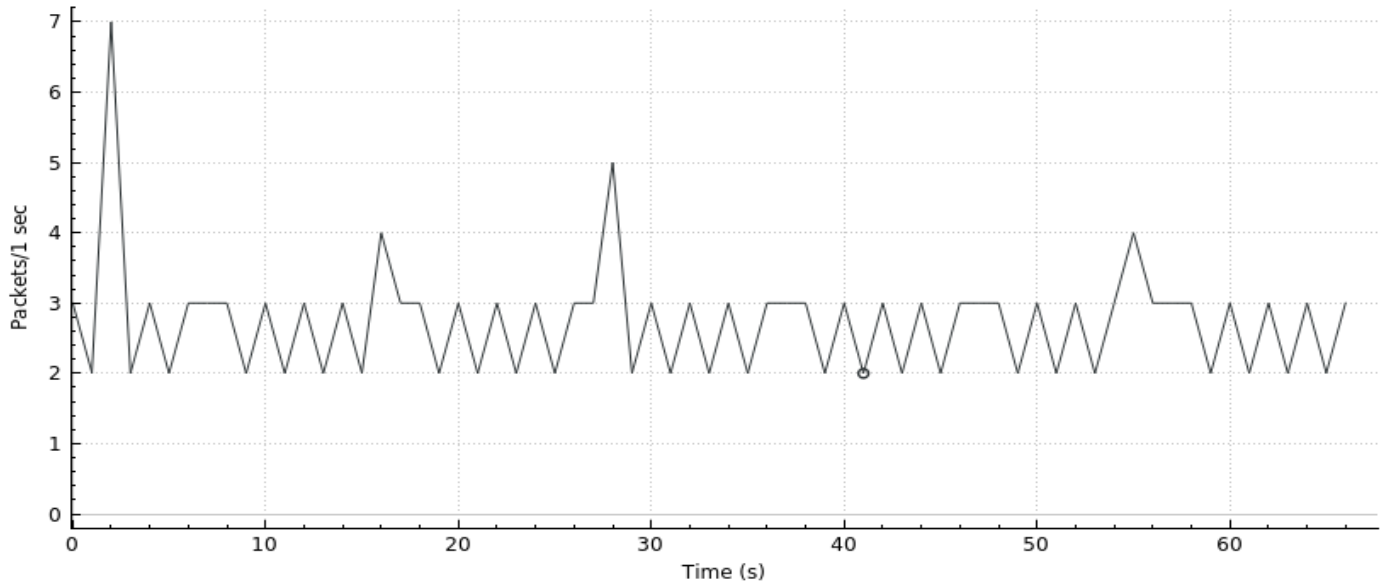
Wireshark IO Graphs: capture_b1c3-output.pcap



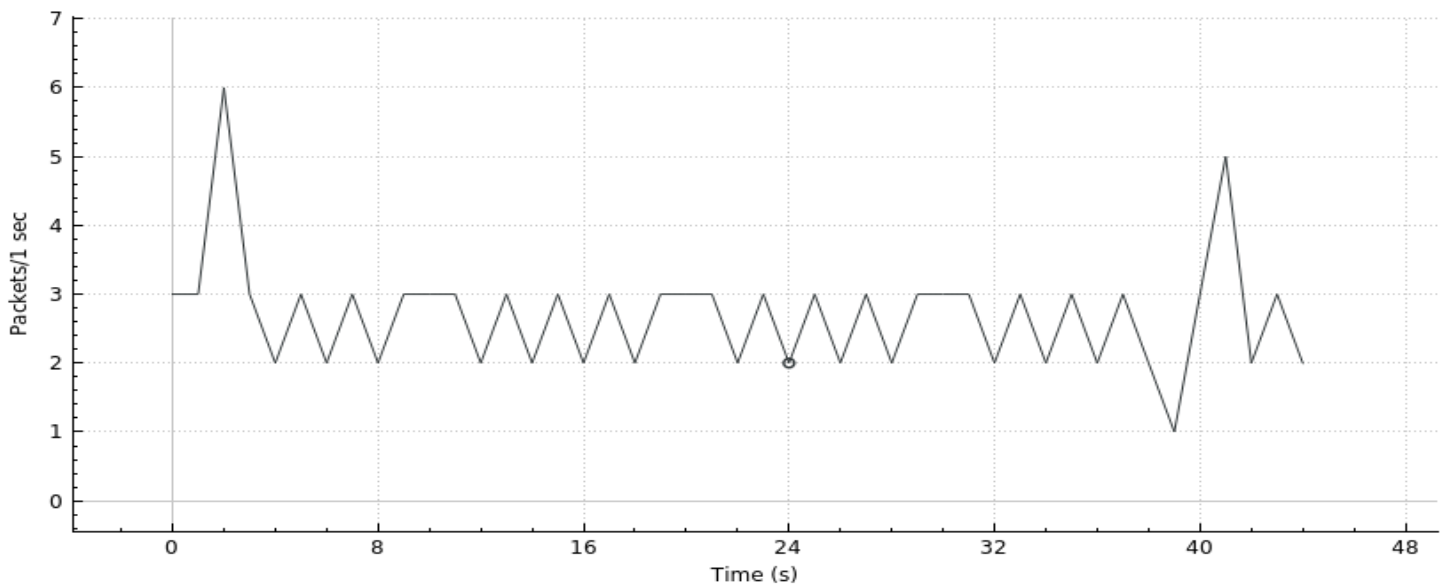
Wireshark IO Graphs: capture_b2d1-output.pcap



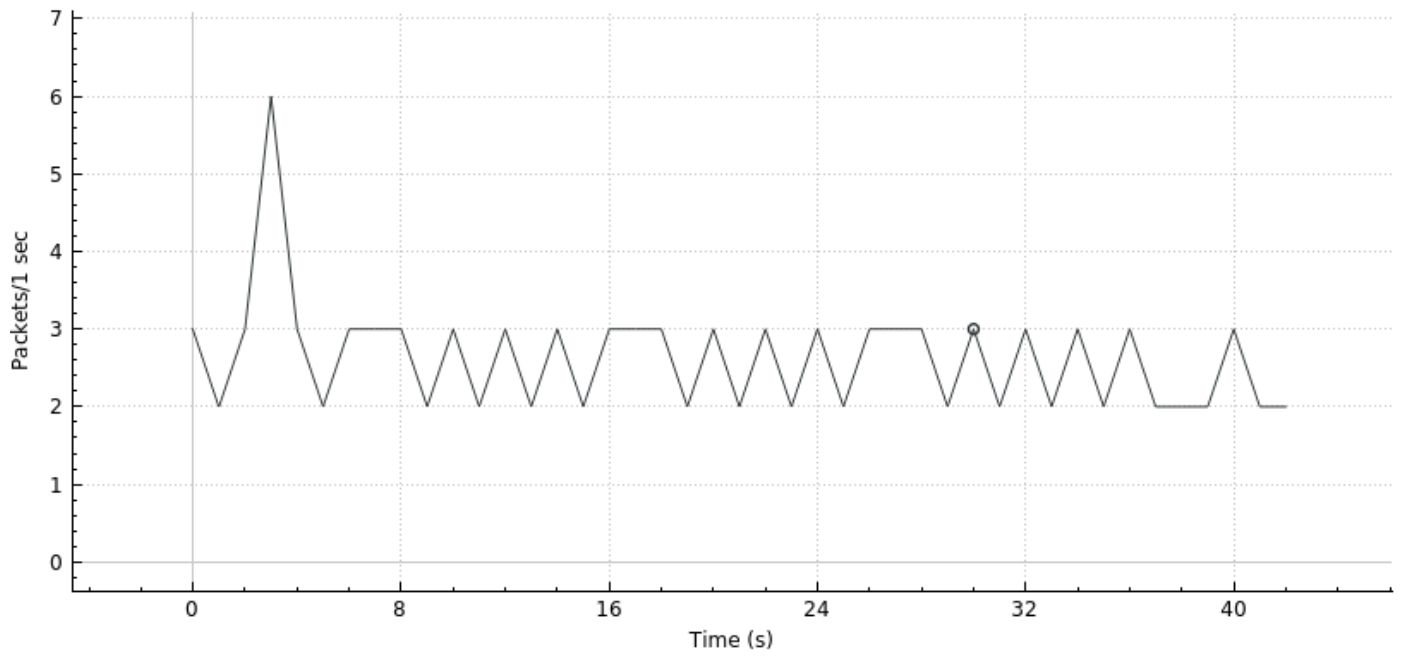
Wireshark IO Graphs: capture_b3d3-output.pcap



Wireshark IO Graphs: capture_b1c2-output.pcap



Wireshark IO Graphs: capture_b2c1-output.pcap



Wireshark IO Graphs: capture_b3d2-output.pcap

