

---

*Δίκτυα Υπολογιστών*  
*Εργαστηριακή Άσκηση 5*

---

**Ονοματεπώνυμο:** Κυριακόπουλος Γεώργιος – el18153

**Ομάδα:** 4

**Όνομα PC/ΛΣ:** George – Windows 10 Pro, 21H1

**Ημερομηνία:** 8/11/2021

**Διεύθυνση IP:** 147.102.131.54

**Διεύθυνση MAC:** 00-FF-4E-F6-FA-69

**Άσκηση 1:**

1.1.

Η διεύθυνση IPv4 της εικονικής διεπαφής TAP/TUN είναι η 147.102.131.54.

1.2.

Η μάσκα υποδικτύου είναι η 255.255.255.0 και το μήκος προθέματος δικτύου είναι 8 bits, ενώ τα υπόλοιπα 24 bits είναι το μήκος προθέματος του υποδικτύου.

1.3.

Η σύνταξη της εντολής είναι η εξής: *\$ ping <IPv4> -n 1 -4 -i <TTL>*, όπου <IPv4> η διεύθυνση IPv4 που θέλουμε να κάνουμε ping και <TTL> η συγκεκριμένη τιμή της επικεφαλίδας TTL.

1.4.

Η ελάχιστη τιμή για να φτάσει το πακέτο στο 176.126.38.1 είναι TTL = 3.

1.5.

Με χρήση της εντολής: *\$ ping 176.126.38.1 -n 1 -4 -i <TTL>*, με TTL = 1, 2, 3, έχουμε παρακάτω τα δεδομένα που πήραμε από το παράθυρο εντολών καθώς και το ακόλουθο σχήμα, όπου φαίνεται η διαδρομή μέχρι τη διεπαφή με διεύθυνση 176.126.38.1.

```
C:\Users\george>ping 176.126.38.1 -n 1 -4 -i 1

Pinging 176.126.38.1 with 32 bytes of data:
Reply from 147.102.131.1: TTL expired in transit.

Ping statistics for 176.126.38.1:
    Packets: Sent = 1, Received = 1, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\george>ping 176.126.38.1 -n 1 -4 -i 2

Pinging 176.126.38.1 with 32 bytes of data:
Reply from 147.102.224.53: TTL expired in transit.

Ping statistics for 176.126.38.1:
    Packets: Sent = 1, Received = 1, Lost = 0 (0% loss),

C:\Users\george>ping 176.126.38.1 -n 1 -4 -i 3

Pinging 176.126.38.1 with 32 bytes of data:
Reply from 176.126.38.1: bytes=32 time=10ms TTL=62

Ping statistics for 176.126.38.1:
    Packets: Sent = 1, Received = 1, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 10ms, Maximum = 10ms, Average = 10ms
```

My Computer (VPN)  
147.102.131.54

server-udp.vpn.ntua.gr  
147.102.131.1

router.vpn.ntua.gr  
147.102.224.53

grnet.gr-ix.gr  
176.126.38.1



## Άσκηση 2:

### 2.1.

Χρησιμοποίησα την εντολή: `$ tracert -4 www.ntua.gr`. Παρατηρώ ότι πλέον έχουμε 3 βήματα και όχι 2 όπως παλιότερα, όπως επίσης και το γεγονός ότι η διαδρομή είναι τελείως διαφορετική, αφού ακολουθείται μια άλλη με έναν παραπάνω ενδιάμεσο κόμβο. Επιπλέον, η IPv4 που αντιστοιχεί στο όνομα [www.ntua.gr](http://www.ntua.gr) έχει αλλάξει από 147.102.222.210 σε 147.102.224.101, όπως και το επίσημο όνομα του εξυπηρετητή ιστού (CNAME) από `achilles.noc.ntua.gr` σε [www.ntua.gr](http://www.ntua.gr).

### 2.2.

Χρησιμοποιώντας την `tracert` για τα [www.ece.ntua.gr](http://www.ece.ntua.gr), [www.arch.ntua.gr](http://www.arch.ntua.gr), [www.metal.ntua.gr](http://www.metal.ntua.gr) έλαβα τα παρακάτω δεδομένα στα οποία βασίζεται το ακόλουθο σχήμα:

```
C:\Users\george>tracert -4 www.ece.ntua.gr

Tracing route to ece-j0.ece.ntua.gr [147.102.224.126]
over a maximum of 30 hops:

  1      8 ms      7 ms      7 ms  server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
  2      8 ms      8 ms      8 ms  router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
  3      8 ms      7 ms      7 ms  opinion.ece.ntua.gr [147.102.224.126]

Trace complete.

C:\Users\george>tracert -4 www.arch.ntua.gr

Tracing route to www.arch.ntua.gr [83.212.173.80]
over a maximum of 30 hops:

  1      11 ms      8 ms      7 ms  server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
  2      10 ms      7 ms      7 ms  router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
  3      49 ms      8 ms      9 ms  ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
  4      16 ms      15 ms     16 ms  knosdcfs1-eier-1.backbone.grnet.gr [62.217.100.55]
  5      15 ms      17 ms     16 ms  gnt10-03.knossos.grnet.gr [194.177.209.69]
  6      23 ms      15 ms     15 ms  iktinosv.arch.ntua.gr [83.212.173.80]

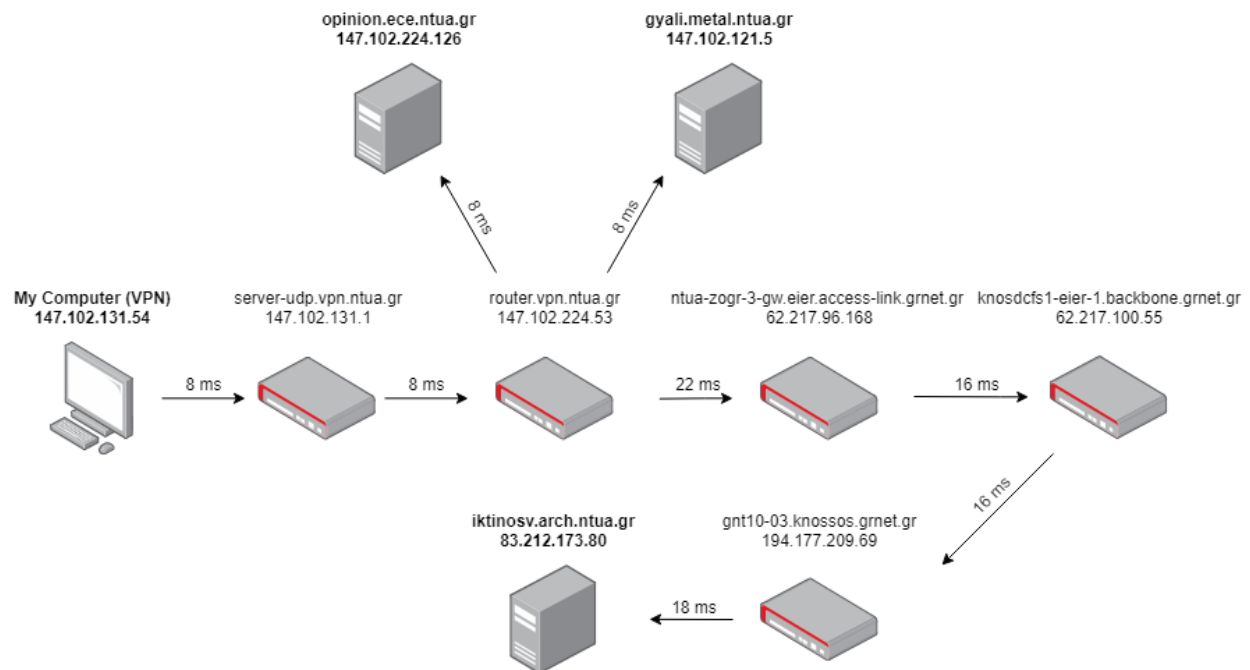
Trace complete.

C:\Users\george>tracert -4 www.metal.ntua.gr

Tracing route to gyali.metal.ntua.gr [147.102.121.5]
over a maximum of 30 hops:

  1       7 ms      7 ms      9 ms  server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
  2       8 ms      9 ms      8 ms  router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
  3       8 ms      9 ms      7 ms  gyali.metal.ntua.gr [147.102.121.5]

Trace complete.
```



2.3.

Το σχεδιάγραμμα μου συμφωνεί σε ένα μεγάλο βαθμό με το σχήμα του Κέντρου Δικτύων του Ε.Μ.Π. Φυσικά, δεν μπορώ να εντοπίσω ακριβώς τα switches του δικτύου, αλλά φαίνεται το κεντρικό router με τα διάφορα υποδίκτυα των διαφορετικών σχολών, καθώς και η σύνδεση αυτού με το Κτηριακό Συγκρότημα στην Πατησίων για τη Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.

2.4.

Χρησιμοποίησα την εντολή `$ tracert -4 -h 4 <address>`, όπου με την εντολή `-h 4` περιορίζω το μέγιστο πλήθος βημάτων σε τέσσερα και όπου `<address>` είναι η διεύθυνση που θέλω να κάνω tracert.

2.5.

Χρησιμοποιώντας την `tracert` για τα [www.forthnet.gr](http://www.forthnet.gr), [www.vodafone.gr](http://www.vodafone.gr), [www.cosmote.gr](http://www.cosmote.gr) έλαβα τα παρακάτω δεδομένα στα οποία βασίζεται το ακόλουθο σχήμα:

```
C:\Users\george>tracert -4 -h 4 www.forthnet.gr
```

```
Tracing route to www.forthnet.gr [62.1.46.80]  
over a maximum of 4 hops:
```

1	77 ms	7 ms	8 ms	server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
2	9 ms	12 ms	8 ms	router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
3	8 ms	8 ms	9 ms	ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
4	44 ms	31 ms	11 ms	nova-2.gr-ix.gr [176.126.38.33]

```
Trace complete.
```

```
C:\Users\george>tracert -4 -h 4 www.vodafone.gr
```

```
Tracing route to www.vodafone.gr [213.249.26.56]  
over a maximum of 4 hops:
```

1	8 ms	40 ms	7 ms	server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
2	11 ms	8 ms	7 ms	router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
3	11 ms	8 ms	10 ms	ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
4	65 ms	17 ms	10 ms	vodafone.gr-ix.gr [176.126.38.2]

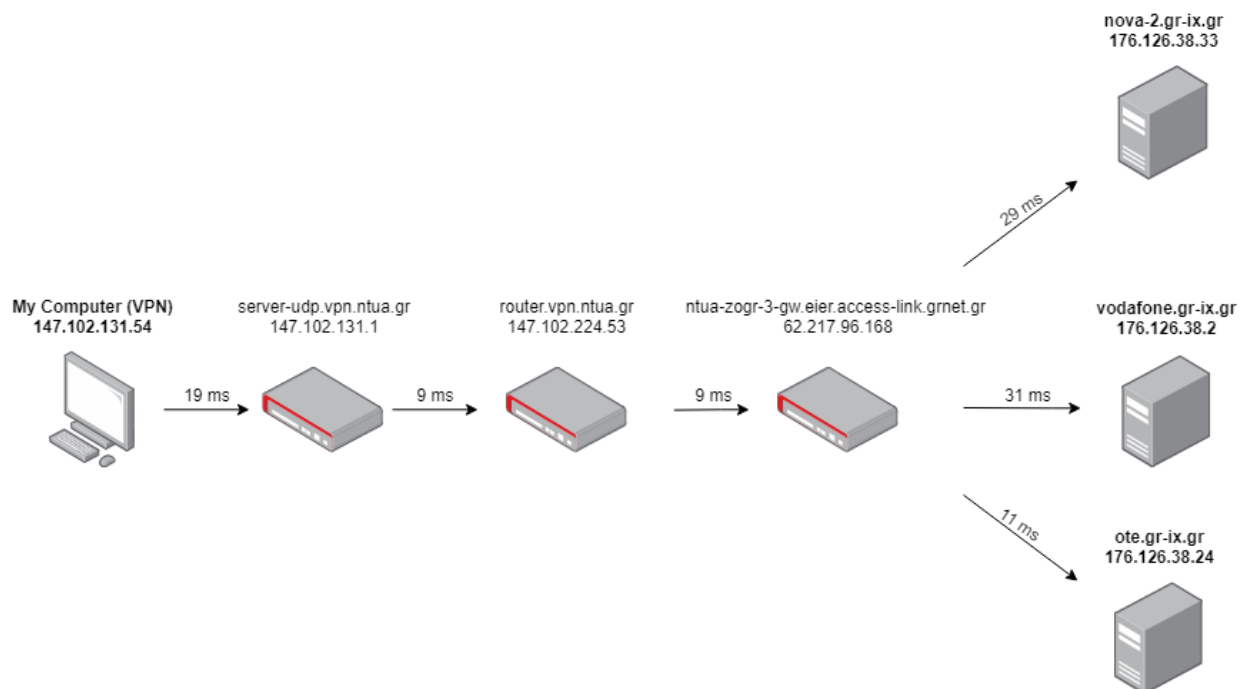
```
Trace complete.
```

```
C:\Users\george>tracert -4 -h 4 www.cosmote.gr
```

```
Tracing route to www.cosmote.gr [195.167.99.18]  
over a maximum of 4 hops:
```

1	8 ms	10 ms	7 ms	server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
2	8 ms	12 ms	8 ms	router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
3	8 ms	12 ms	10 ms	ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
4	10 ms	12 ms	10 ms	ote.gr-ix.gr [176.126.38.24]

```
Trace complete.
```



2.6.

Ναι, το σχεδιάγραμμα μου συμφωνεί, καθώς, σύμφωνα και με την πλήρη τοπολογία του grnet, ο router του ΕΜΠ (NTUASW) συνδέεται πάνω στον κόμβο ΕΙΕ και συγκεκριμένα πάνω και στον ΕΙΕR, στο οποίο πάνω συνδέεται και το υποδίκτυο του GR-IX, στο οποίο καταλήγουμε και βρίσκουμε τους ιστότοπους [www.forthnet.gr](http://www.forthnet.gr), [www.vodafone.gr](http://www.vodafone.gr), [www.cosmote.gr](http://www.cosmote.gr).

2.7.

Η διεύθυνση IPv4 του υποδικτύου GR-IX είναι η 176.126.38.0/24.

2.8.

Χρησιμοποίησα την εντολή: `$ tracer -d -4 grnet.gr-ix.gr`, όπου με την παράμετρο -d φροντίζω να μην γίνεται επίλυση των διευθύνσεων IPv4 σε όνοματα.

2.9.

Ως φίλτρο απεικόνισης χρησιμοποίησα το `udp or icmp`, για να εμφανίζονται μόνο τα πακέτα που έχουν ως πρωτόκολλο ή το UDP ή το ICMP.

2.10.

Σε ένα τέτοιο μήνυμα, η τιμή του πεδίου Protocol είναι 1 (0x01).

2.11.

Το πακέτο IPv4 μεταφέρει 72 bytes δεδομένων, εκ των οποίων τα 8 είναι το ICMP Header και τα 64 τα δεδομένα του ICMP.

2.12.

Αποστέλλονται 3 τριάδες μηνυμάτων και λαμβάνονται 3 τριάδες μηνυμάτων εκ των οποίων οι

2 τριάδες αποτελούν Time-to-live exceeded μηνύματα και μόνο η τελευταία αποτελεί Echo (ping) reply μηνύματα.

2.13.

Παραλήπτες των μηνυμάτων που στάλθηκαν είναι η διεύθυνση 176.126.38.1, ενώ αποστολείς των απαντήσεων είναι οι διευθύνσεις 147.102.131.1, 147.102.224.53, 176.126.38.1.

2.14.

Ναι, είναι ίδιες.

2.15.

Για την πρώτη τριάδα TTL = 1, για τη δεύτερη τριάδα TTL = 2 και για την τρίτη τριάδα TTL = 3.

2.16.

Για την πρώτη τριάδα TTL = 64, για τη δεύτερη τριάδα TTL = 254 και για την τρίτη τριάδα TTL = 62.

2.17.

Η traceroute είναι υλοποιημένη ώστε να ξεκινάει με TTL = 1 και να ανεβαίνει 1 μετά από κάθε τριάδα, μέχρι να επιστρέψει επιτυχής απάντηση και όχι μήνυμα Time-to-live exceeded. Κάθε ενδιάμεσος κόμβος μέχρι τον τελικό, μειώνει το TTL κατά ένα και εάν αυτό φτάσει 0, τότε αναγκαστικά επιστρέφει ένα μήνυμα Time-to-live exceeded. Έτσι, οι 2 πρώτοι ενδιάμεσοι κόμβοι, όντας διαφορετικοί από τον τελικό, απαντούν στις 2 πρώτες τριάδες με μήνυμα Time-to-live exceeded.

2.18.

Απαντά με ένα ICMP πακέτο με Type = 0, δηλαδή Echo (ping) reply μήνυμα.

### Άσκηση 3:

3.1.

Χρησιμοποίησα την εντολή: `$ tracert -4 nic.gr-ix.gr`.

3.2.

Χρησιμοποίησα το φίλτρο σύλληψης `icmp`.

3.3.

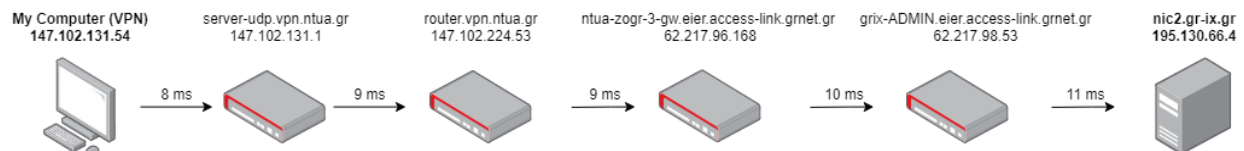
Με την εκτέλεση της εντολής του πρώτου βήματος, παίρνω τα παρακάτω δεδομένα, με βάση τα οποία σχεδίασα το ακόλουθο διάγραμμα:

```
C:\Users\george>tracert -4 nic.gr-ix.gr

Tracing route to nic2.gr-ix.gr [195.130.66.4]
over a maximum of 30 hops:

  1      9 ms      7 ms      7 ms  server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
  2     11 ms      9 ms      8 ms  router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
  3     11 ms      9 ms      8 ms  ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
  4     12 ms      9 ms      8 ms  grix-ADMIN.eier.access-link.grnet.gr [62.217.98.53]
  5     13 ms     10 ms      9 ms  nic2.gr-ix.gr [195.130.66.4]

Trace complete.
```



3.4.

Αλλάζουν τα πεδία Identification, Time to Live και Header Checksum της επικεφαλίδας IPv4.

3.5.

Αμετάβλητα παραμένουν όλα τα υπόλοιπα πεδία, δηλαδή τα Version, Header Length, Differentiated Services Field, Total Length, Flags, Fragment Offset, Protocol, Source Address, Destination Address.

3.6.

Τα πεδία που πρέπει να παραμένουν αμετάβλητα είναι τα Version (χρήση IPv4 πρωτόκολλου από το tracert), Total Length (θεωρητικά πάντα ίσο με 92 = default 64 bytes data + 20 IPv4 Header + 8 ICMP Header), Protocol (default ICMP στην tracert), Source Address (ίση με την δικιά μου IPv4), Destination Address (ίση με αυτή που έχω ορίσει στην εντολή).

3.7.

Τα πεδία που πρέπει να αλλάξουν είναι τα Identification (μοναδική τιμή που θα καθορίζει το πακέτο την πρώτη φορά που θα είναι ενεργό στο δίκτυο), Time-to-Live (πρέπει να αυξάνεται



κατά 1 για κάθε επόμενη τριάδα, ώστε να έχει νόημα η αναζήτηση του επόμενου κόμβου-βήματος της διαδρομής), Header Checksum (θα αλλάξει σίγουρα το Identification και το Time-to-Live, άρα θα πρέπει να αλλάξει και αυτό).

3.8.

Το πεδίο TTL της επικεφαλίδας IPv4 έχει τιμή ίση με 64.

3.9.

Η τιμή του TTL παραμένει ίδια για όλη την πρώτη τριάδα, αφού αποτελεί την απάντηση στην πρώτη τριάδα μηνυμάτων που στείλαμε με TTL = 1.

3.10.

Οι επόμενες τριάδες έχουν TTL ίσα με 254, 253 και 252 αντίστοιχα, όσο προχωράει πιο μακριά από τον υπολογιστή μου.

3.11.

Το πεδίο TTL της επικεφαλίδας IPv4 έχει τιμή ίση με 60.

3.12.

Είχε την default, για αρκετά λειτουργικά όπως Linux, τιμή 64 και κάνοντας 4 βήματα (hops) μέχρι τον υπολογιστή μου, έφτασε με 60.

#### Άσκηση 4:

4.1.

Χρησιμοποίησα την εντολή: `$ ping www.ntua.gr -n 1 -4 -r 9`, όπου η παράμετρος `-n 1` δηλώνει το ένα πακέτο, η παράμετρος `-4` τη χρήση IPv4 πρωτοκόλλου και η επιλογή `-r 9` την καταγραφή της διαδρομής για 9 (μέγιστο δυνατό πλήθος) βήματα.

4.2.

Η επικεφαλίδα του πακέτου IPv4 που έστειλε ο υπολογιστής μου έχει μέγεθος 60 bytes.

4.3.

Η επικεφαλίδα του πακέτου IPv4 που έλαβε ο υπολογιστής μου έχει μέγεθος 60 bytes.

4.4.

Τα 20 bytes από τα 60 bytes είναι τα κλασσικά υποχρεωτικά πεδία μιας επικεφαλίδας IPv4, ενώ τα υπόλοιπα 40 bytes οφείλονται στο προαιρετικό options πεδίο που υπάρχει λόγω της επιλογής καταγραφής της διαδρομής του ping.

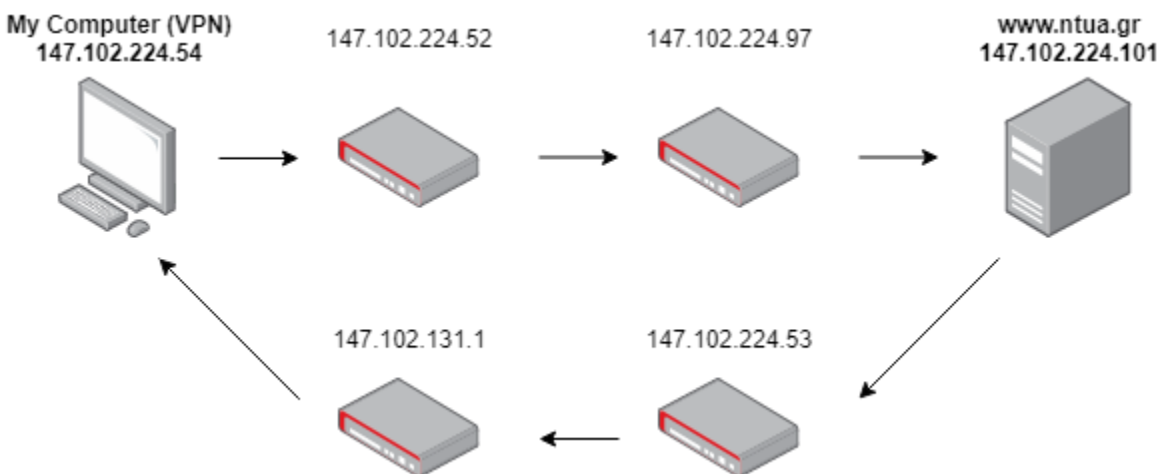
4.5.

Με βάση τα παρακάτω δεδομένα από την εκτέλεση της εντολής του πρώτου ερωτήματος, σχεδίασα το ακόλουθο διάγραμμα:

```
C:\Users\george>ping www.ntua.gr -n 1 -4 -r 9

Pinging www.ntua.gr [147.102.224.101] with 32 bytes of data:
Reply from 147.102.224.101: bytes=32 time=13ms TTL=62
    Route: 147.102.224.52 →
           147.102.224.97 →
           147.102.224.101 →
           147.102.224.53 →
           147.102.131.1

Ping statistics for 147.102.224.101:
    Packets: Sent = 1, Received = 1, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 13ms, Maximum = 13ms, Average = 13ms
```



4.6.

Η διεύθυνση IPv4 του nic.grnet.gr είναι η 194.177.210.210 και βρίσκεται 5 βήματα μακριά από τον υπολογιστή μου, σύμφωνα με την παρακάτω εκτέλεση της tracert.

```

C:\Users\george>tracert -4 nic.grnet.gr

Tracing route to pdns1.grnet.gr [194.177.210.210]
over a maximum of 30 hops:

  1    10 ms    8 ms    7 ms  server-udp.vpn.ntua.gr [147.102.131.1]
  2    11 ms    10 ms   8 ms  router.vpn.ntua.gr [147.102.224.53]
  3    15 ms    10 ms  100 ms ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr [62.217.96.168]
  4    12 ms    10 ms   78 ms kolettir-eier-AE.backbone.grnet.gr [62.217.100.62]
  5    12 ms    9 ms    8 ms  pdns1.grnet.gr [194.177.210.210]

Trace complete.
  
```

4.7.

Οι διευθύνσεις των διεπαφών μέχρι και τον nic.grnet.gr (pdns1.grnet.gr) είναι οι εξής 5: 147.102.131.1 (server-udp.vpn.ntua.gr), 147.102.224.53 (router.vpn.ntua.gr), 62.217.96.168 (ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr), 62.217.100.62 (kolettir-eier-AE.backbone.grnet.gr), 194.177.210.210 (pdns1.grnet.gr).

4.8.

Σύμφωνα με την παρακάτω εκτέλεση της ping, οι διευθύνσεις IPv4 των απερχόμενων διεπαφών μέχρι τον προορισμό είναι οι ακόλουθες 5: 147.102.224.52, 62.217.96.169, 62.217.100.63, 194.177.210.193, 194.177.210.210.

```

C:\Users\george>ping nic.grnet.gr -n 1 -4 -r 5

Pinging pdns1.grnet.gr [194.177.210.210] with 32 bytes of data:
Reply from 194.177.210.210: bytes=32 time=12ms TTL=60
Route: 147.102.224.52 →
        62.217.96.169 →
        62.217.100.63 →
        194.177.210.193 →
        194.177.210.210

Ping statistics for 194.177.210.210:
    Packets: Sent = 1, Received = 1, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 12ms, Maximum = 12ms, Average = 12ms

```

4.9.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα έχουμε την εξής διαδρομή από τον υπολογιστή μου μέχρι τον nic.grnet.gr:

