

5η Εργαστηριακή Άσκηση στα “Δίκτυα Υπολογιστών”
Κυριάκος Τσαρτσάρκος
AM: 03118054

1. Χρόνος ζωής των πακέτων IPv4

1.1) Η διεύθυνση IPv4 της εικονικής διεπαφής TAP / TUN (inet) είναι η εξής:
147.102.131.118

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω από τα περιεχόμενα του terminal των Linux για την διεπαφή tun0

```
tun0: flags=4305<UP,POINTOPOINT,RUNNING,NOARP,MULTICAST> mtu 1500
    inet 147.102.131.118 netmask 255.255.255.0 destination 147.102.131.118
    inet6 fe80::a773:95e:4107:a57c prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    unspec 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00 txqueuelen 100
    (UNSPEC)
```

1.2) Η μάσκα υποδικτύου (netmask) είναι η εξής: 255.255.255.0

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω από τα περιεχόμενα του terminal των Linux για την διεπαφή tun0, με μήκος προθέματος δικτύου (prefixlen) ίσο με 64 bit

```
tun0: flags=4305<UP,POINTOPOINT,RUNNING,NOARP,MULTICAST> mtu 1500
    inet 147.102.131.118 netmask 255.255.255.0 destination 147.102.131.118
    inet6 fe80::a773:95e:4107:a57c prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    unspec 00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00-00 txqueuelen 100
    (UNSPEC)
```

1.3) Η σύνταξη της εντολής ping ώστε να παράγω ένα μόνο πακέτο IPv4 με συγκεκριμένη τιμή της επικεφαλίδας TTL είναι η εξής:

ping -4 -c 1 -t <TTL Value> <Destination IPv4 Address>

1.4) Η ελάχιστη τιμή TTL για να φτάσει το πακέτο στον προορισμό με διεύθυνση IPv4 176.126.38.1 είναι η εξής: TTL = 3

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

Για TTL = 1:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ ping -4 -c 1 -t 1 176.126.38.1
PING 176.126.38.1 (176.126.38.1) 56(84) bytes of data.
From 147.102.131.1 icmp_seq=1 Time to live exceeded

--- 176.126.38.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms
```

Για TTL = 2:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ ping -4 -c 1 -t 2 176.126.38.1
PING 176.126.38.1 (176.126.38.1) 56(84) bytes of data.
From 147.102.224.53 icmp_seq=1 Time to live exceeded

--- 176.126.38.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 received, +1 errors, 100% packet loss, time 0ms
```

Για TTL = 3:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ ping -4 -c 1 -t 3 176.126.38.1
PING 176.126.38.1 (176.126.38.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 176.126.38.1: icmp_seq=1 ttl=62 time=14.8 ms

--- 176.126.38.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 14.778/14.778/14.778/0.000 ms
```

1.5) Η διαδρομή που ακολουθεί το πακέτο μέχρι να φτάσει στην διεπαφή με διεύθυνση IPv4 176.126.38.1 είναι η εξής:

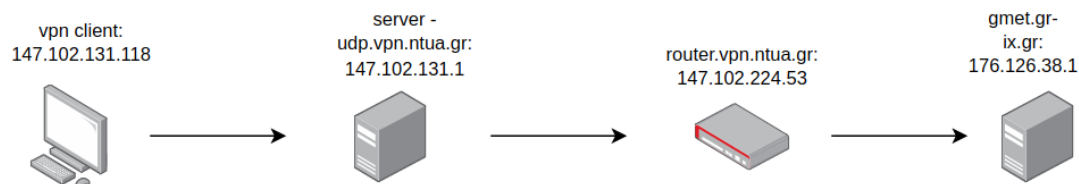
Αφετηρία: Αποτελεί ο vpn client με διεύθυνση IPv4 147.102.131.118

Πρώτη ενδιάμεση διεπαφή - κόμβος: Αποτελεί ο server - udp.vpn.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.131.1

Δεύτερη ενδιάμεση διεπαφή - κόμβος: Αποτελεί το router.vpn.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.224.53

Τελικός προορισμός: Αποτελεί η σελίδα gmet.gr-ix.gr με διεύθυνση IPv4 176.126.38.1

Επομένως ένα γρήγορο διάγραμμα της παραπάνω διαδρομής είναι το εξής:



147.102.131.118 (vpn client) ---> 147.102.131.1 (server - udp.vpn.ntua.gr) --->

147.102.224.53 (router.vpn.ntua.gr) ---> 176.126.38.1 (gmet.gr-ix.gr)

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω από τις διευθύνσεις που παρουσιάζονται στις λεπτομέρειες της καταγραφής που έγινε

icmp						
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	0.000000000	147.102.131.118	176.126.38.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0004, seq=1/256, ttl=1 (no response..
8	0.010737766	147.102.131.1	147.102.131.118	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
9	4.534287527	147.102.131.118	176.126.38.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0005, seq=1/256, ttl=2 (no response..
10	0.011627997	147.102.224.53	147.102.131.118	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
14	3.388679789	147.102.131.118	176.126.38.1	ICMP	84	Echo (ping) request id=0x0006, seq=1/256, ttl=3 (reply in 15)
15	0.014758877	176.126.38.1	147.102.131.118	ICMP	84	Echo (ping) reply id=0x0006, seq=1/256, ttl=62 (request in..

2. Ανακαλύψτε την τοπολογία

2.1) Η σύνταξη της εντολής που χρησιμοποίησα στο τερματικό των Linux είναι η εξής:
tracert -4 www.ntua.gr, όπου η τιμή του maximum number of hops είναι αρχικοποιημένη στο default, δηλαδή στην τιμή 30, μπορεί να αρχικοποιηθεί προφανώς με το flag
-m <max ttl>

Επίσης οι διαφορές που παρατήρησα σε σχέση με το παρελθόν είναι οι εξής:

α.) Η παρελθοντική καταγραφή που έγινε μέσω του τερματικού των Windows ήταν επιτυχημένη, ενώ η δική μου μάλλον έπεσε πάνω σε κάποιο Firewall

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

πχ για flag -m 3

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -m 3 www.ntua.gr
traceroute to www.ntua.gr (147.102.224.101), 3 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 11.821 ms 20.562 ms *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 74.084 ms 74.051 ms 74.075 ms
 3 * * *
```

β.) Έχει αλλάξει η διεύθυνση IPv4 του κεντρικού εξυπηρετητή ιστού του ΕΜΠ από 147.102.222.210 σε 147.102.224.101, αλλά παρουσιάζει και διαφορετικό επίσημο όνομα (CNAME) σε σχέση με την παρελθοντική καταγραφή

γ.) Επίσης, η διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα τα πακέτα είναι διαφορετική σε σχέση με το path της παρελθοντικής καταγραφής, καθώς στην παρελθοντική καταγραφή πρώτη ενδιάμεση διεπαφή είναι το router-7.telecom.ece.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.7.200, ενώ στην τωρινή καταγραφή που έγινε, πρώτος ενδιάμεσος κόμβος είναι ο server-udp.vpn.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.131.1 και δεύτερος ενδιάμεσος είναι το router.vpn.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.224.53

2.2) Για την εύρεση μιας στοιχειώδους τοπολογίας του δικτύου δεδομένων του Πολυτεχνείου, χρησιμοποιήθηκαν οι ιστοσελίδες www.arch.ntua.gr (Αρχιτέκτονες Μηχανικοί), www.mech.ntua.gr (Μηχανολόγοι Μηχανικοί) και www.semfe.ntua.gr (Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Εφαρμοσμένων Μαθηματικών)

Η ιστοσελίδα των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (www.ece.ntua.gr) δεν χρησιμοποιήθηκε, καθώς τα πακέτα που στάλθηκαν έπεσαν πάνω σε κάποιου είδους τείχος προστασίας (Firewall), όπως φαίνεται και παρακάτω

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 www.ece.ntua.gr
traceroute to www.ece.ntua.gr (147.102.224.126), 30 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 12.469 ms 24.520 ms *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 128.214 ms 128.221 ms 128.216 ms
 3 * * *
 4 * * *
 5 * * *
 6 * * *
 7 * * *
 8 *^C
```

Τα αποτελέσματα της καταγραφής για ιστοσελίδα www.arch.ntua.gr είναι τα εξής:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 www.arch.ntua.gr
traceroute to www.arch.ntua.gr (83.212.173.80), 30 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 13.283 ms 24.931 ms *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 62.297 ms 62.295 ms 62.292 ms
 3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 62.230 ms 77.718 ms 62.262 ms
 4 knosdcfs1-eier-1.backbone.grnet.gr (62.217.100.55) 62.291 ms 62.286 ms knosdcfs2-eier-1.b
ackbone.grnet.gr (62.217.100.61) 62.291 ms
 5 gnt10-03.knossos.grnet.gr (194.177.209.69) 62.216 ms 62.211 ms 62.208 ms
 6 iktinosv.arch.ntua.gr (83.212.173.80) 62.222 ms 56.377 ms 118.153 ms
```

Τα αποτελέσματα της καταγραφής για την ιστοσελίδα www.mech.ntua.gr είναι τα εξής:

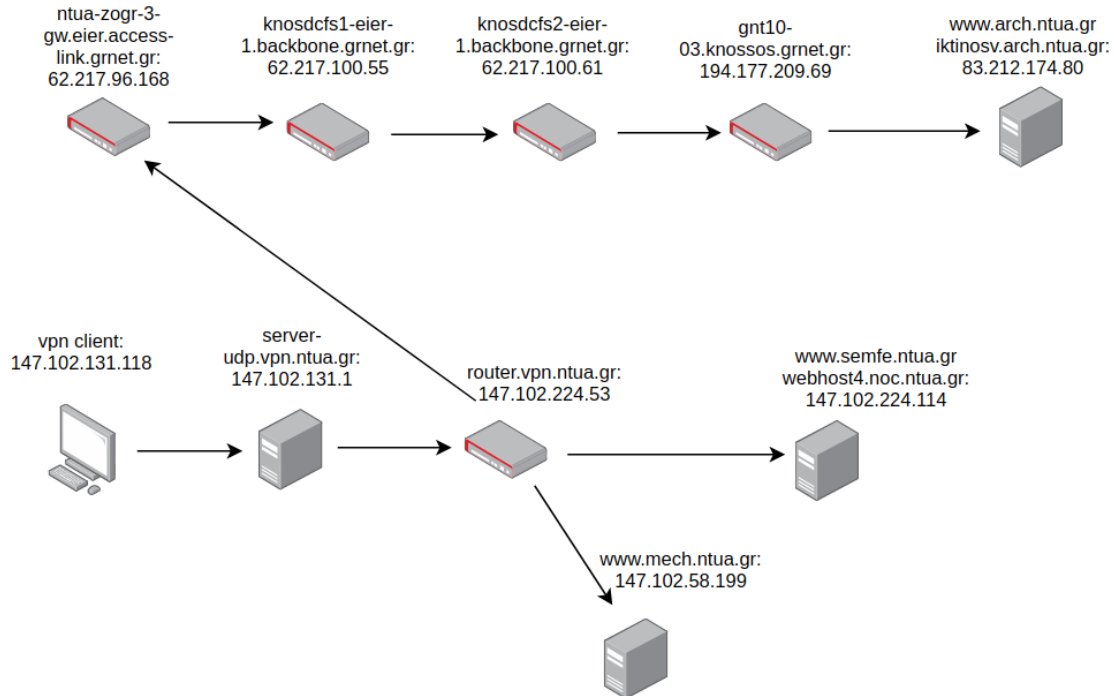
```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 www.mech.ntua.gr
traceroute to www.mech.ntua.gr (147.102.58.199), 30 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 9.781 ms * *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 56.739 ms 56.716 ms 56.719 ms
 3 147.102.58.199 (147.102.58.199) 56.667 ms 56.634 ms 56.588 ms
```

Τα αποτελέσματα της καταγραφής για την ιστοσελίδα www.semfe.ntua.gr είναι τα εξής:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 www.semfe.ntua.gr
traceroute to www.semfe.ntua.gr (147.102.224.114), 30 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 10.388 ms * *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 54.002 ms 54.000 ms 53.997 ms
 3 webhost4.noc.ntua.gr (147.102.224.114) 53.858 ms 53.859 ms 53.856 ms
```

Από παραπάνω παρατηρούμε ότι η αποστολή πακέτων στην ιστοσελίδα των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών χρειάζεται παραπάνω hops μετά την ενδιάμεση διεπαφή που αποτελεί το router.vpn.ntua.gr με διεύθυνση IPv4 147.102.224.53 ώστε να την φτάσουν τα απεσταλμένα πακέτα, αυτό είναι λογικό καθώς η σχολή των Αρχιτεκτόνων Μηχανικών βρίσκεται εκτός της Πολυτεχνειούπολης, σε σχέση με τις άλλες δύο σχολές οι οποίες βρίσκονται εντός Πολυτεχνειούπολης, επομένως είναι λογικό να χρειάζονται περισσότερες ενδιάμεσες διεπαφές, οι οποίες βρίσκονται εκτός Πολυτεχνειούπολης, για την ολοκλήρωση της αποστολής αυτών των πακέτων

Επομένως, με βάση τις παραπάνω καταγραφές μία άποψη της τοπολογίας του δικτύου δεδομένων του Πολυτεχνείου μπορεί να είναι η εξής:



2.3) Ναι μοιάζει αρκετά

2.4) Η σύνταξη της εντολής traceroute που χρησιμοποιήθηκε στο τερματικό των Linux, ώστε να παράγω πακέτα IPv4 και να περιορίσω το μέγιστο πλήθος βημάτων σε τέσσερα είναι η εξής: `traceroute -4 -m 4 <Όνομα εξυπηρετητή ιστού>`

2.5) Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση της παραπάνω εντολής για τους τρεις προτεινόμενους εξυπηρετητές ιστού είναι τα εξής:

Για τον εξυπηρετητή ιστού `www.forthnet.gr` προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα στο τερματικό των Linux:

```

kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -m 4 www.forthnet.gr
traceroute to www.forthnet.gr (62.1.46.80), 4 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 3.452 ms 6.699 ms 59.417 ms
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 59.425 ms 59.421 ms 59.416 ms
 3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 59.411 ms 59.408 ms 59.404 ms
 4 nova-2.gr-ix.gr (176.126.38.33) 111.889 ms 111.913 ms 111.943 ms

```

Για τον εξυπηρετητή ιστού `www.vodafone.gr` προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα στο τερματικό των Linux:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -m 4 www.vodafone.gr
traceroute to www.vodafone.gr (213.249.26.56), 4 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 106.921 ms 114.245 ms 117.704 ms
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 117.788 ms 117.765 ms 117.774 ms
 3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 117.722 ms 117.698 ms 117.710 ms
 4 vodafone.gr-ix.gr (176.126.38.2) 117.739 ms 117.740 ms 117.738 ms
```

Για τον εξυπηρετητή ιστού www.cosmote.gr προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα στο τερματικό των Linux:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -m 4 www.cosmote.gr
traceroute to www.cosmote.gr (195.167.99.18), 4 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 2.849 ms 6.854 ms 10.547 ms
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 10.570 ms 10.568 ms 10.564 ms
 3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 25.915 ms 29.849 ms 29.867 ms
 4 * * *
```

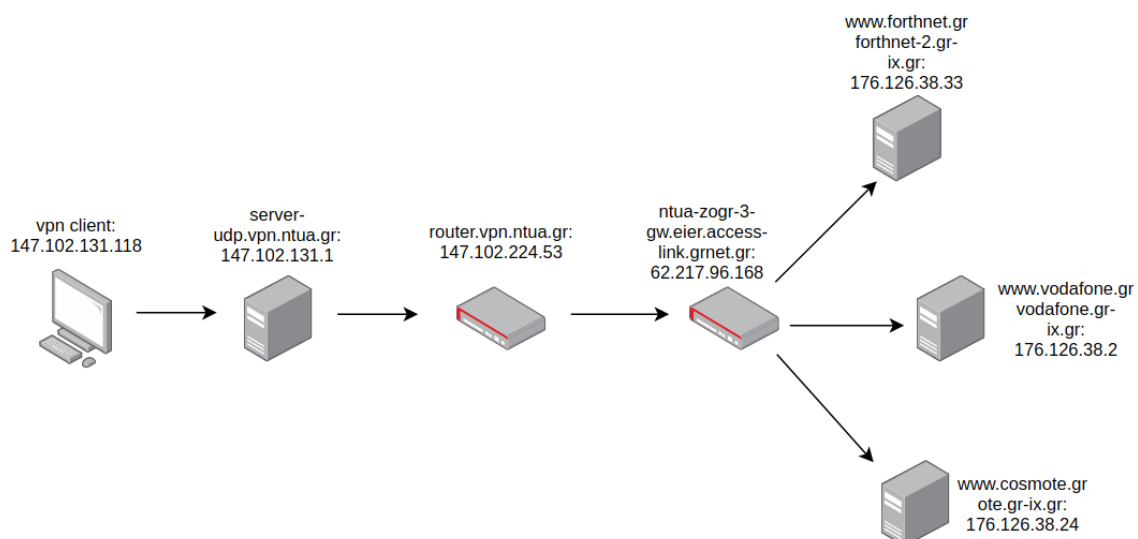
Δυστυχώς για τον τελευταίο εξυπηρετητή ιστού, τα πακέτα IPv4 τα οποία αποστέλλονται βρίσκουν σε κάποιου είδους τείχος προστασίας (Firewall), επομένως είναι αδύνατο να δω το τέταρτο βήμα με αυτόν τον τρόπο αποστολής πακέτων.

Επομένως, έχοντας ως γνώση ότι η προσπέλαση τοίχων προστασίας (Firewall) γίνεται πιο εύκολα με την αποστολή πακέτων IPv4 του πρωτοκόλλου TCP, θα χρησιμοποιήσω το flag -T για την αποστολή αποκλειστικά πακέτων πρωτοκόλλου TCP

Άρα, για τον εξυπηρετητή ιστού www.cosmote.gr προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα στο τερματικό των Linux:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ sudo traceroute -4 -T -m 4 www.cosmote.gr
traceroute to www.cosmote.gr (195.167.99.18), 4 hops max, 60 byte packets
 1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 10.798 ms 21.915 ms *
 2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 82.715 ms 82.722 ms 82.727 ms
 3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 82.734 ms 82.748 ms 82.736 ms
 4 ote.gr-ix.gr (176.126.38.24) 82.750 ms 82.766 ms 82.750 ms
```

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα από τις καταγραφές που έγιναν για τους εξυπηρετητές ιστού www.forthnet.gr, www.vodafone.gr και www.cosmote.gr προκύπτει η εξής τοπολογία δικτύου, η οποία εκτείνεται από τον υπολογιστή μου μέχρι μέχρι τον κόμβο GR-IX είναι η εξής:



2.6) Ναι μοιάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό

2.7) Όπως παρατηρούμε από τις παραπάνω καταγραφές οι διευθύνσεις IPv4 των κόμβων noma.gr-ix.gr και vodafone.gr-ix.gr του υποδικτύου GR-IX είναι 176.126.38.33 και 176.126.38.2 αντίστοιχα, τότε συμπεραίνουμε ότι οι διευθύνσεις του υποδικτύου αυτού είναι της μορφής 176.126.38.x, επομένως η διεύθυνση του υποδικτύου GR-IX είναι η εξής: 176.126.38.0/24

2.8) Η σύνταξη που χρησιμοποίησα στο τερματικό των Linux, ώστε να παράγονται μόνο πακέτα IPv4 και να μην γίνεται επίλυση των διευθύνσεων IPv4 σε ονόματα είναι η εξής: `tracert -4 -l -n gnet.gr-ix.gr`

2.9) Το φίλτρο απεικόνισης που χρησιμοποίησα ώστε να παραμείνουν μόνο πλαίσια σχετιζόμενα μόνο με ένα από τα δύο πρωτόκολλα UDP ή ICMP είναι το εξής: `icmp`

2.10) Η τιμή του πεδίου Protocol της επικεφαλίδας IPv4 για τα μηνύματα που στάλθηκαν κατά την εκτέλεση της εντολής είναι η εξής: 0x01 (που υποδεικνύει ότι είναι μηνύματα πρωτοκόλλου ICMP)

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω από τον πίνακα περιεχομένων

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.000000000	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=1/256, ttl=1 (no response...
5	0.000033104	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=1 (no response...
6	0.00006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=3/768, ttl=1 (no response...
7	0.00006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=4/1024, ttl=2 (no respons...
8	0.00005308	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=5/1280, ttl=2 (no respons...
9	0.00004679	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=6/1536, ttl=2 (no respons...

Flags: 0x0000

Fragment offset: 0

Time to live: 1

Protocol: ICMP (1)

Header checksum: 0xe9cb [validation disabled]

[Header checksum status: Unverified]

Source: 147.102.131.121

Destination: 176.126.38.1

2.11) Το προηγούμενο πακέτο IPv4 στο πεδίο των δεδομένων μεταφέρει 36 bytes, καθώς το Total Length του πακέτου είναι ίσο με 60 bytes, και αφού το Header Length είναι ίσο με 20 bytes, τότε τα δεδομένα τα οποία μεταφέρει αυτό το πακέτο IPv4 είναι ίσα με $\text{Data} = \text{Total Length} - \text{Header Length} = 60 - 20 = 40 \text{ bytes}$

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.000000000	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=1/256, ttl=1 (no response...
5	0.000033104	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=1 (no response...
6	0.00006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=3/768, ttl=1 (no response...
7	0.00006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=4/1024, ttl=2 (no respons...
8	0.00005308	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=5/1280, ttl=2 (no respons...
9	0.00004679	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=6/1536, ttl=2 (no respons...

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.131.121, Dst: 176.126.38.1

0100 = Version: 4

.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

Total Length: 60

Identification: 0xe296 (58006)

Flags: 0x0000

Fragment offset: 0

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.000000000	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=1/256, ttl=1 (no response...
5	0.000033104	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=1 (no response...
6	0.00006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=3/768, ttl=1 (no response...
7	0.00006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=4/1024, ttl=2 (no respons...
8	0.00005308	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=5/1280, ttl=2 (no respons...
9	0.00004679	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=6/1536, ttl=2 (no respons...

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.131.121, Dst: 176.126.38.1

0100 = Version: 4

.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

Total Length: 60

Identification: 0xe296 (58006)

Flags: 0x0000

Fragment offset: 0

2.12) Σύμφωνα με την καταγραφή, η οποία έγινε από το λογισμικό Wireshark παρατηρούμε ότι στάλθηκαν 6 τριάδες μηνυμάτων ICMP Echo request και λήφθηκαν 6 τριάδες μηνυμάτων ICMP Echo reply.

2.13) Για την πρώτη τριάδα με τιμή TTL ίση με 1, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.000000000	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=1/256, ttl=1 (no response...
5	0.000033104	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=1 (no response...
6	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=3/768, ttl=1 (no response...

Source of Reply: 147.102.131.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
20	0.003165564	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
21	0.000183609	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...
22	0.010401466	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...
23	0.000020882	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...
24	0.034546067	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
25	0.000035799	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Για την δεύτερη τριάδα με τιμή TTL ίση με 2, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=4/1024, ttl=2 (no respons...
8	0.000005308	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=5/1280, ttl=2 (no respons...
9	0.000004679	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=6/1536, ttl=2 (no respons...

Source of Reply: 147.102.224.53

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
26	0.000048539	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
27	0.000012082	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
28	0.000010826	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Για την τρίτη τριάδα με τιμή TTL ίση με 3, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10	0.000006635	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=7/1792, ttl=3 (reply in 2...
11	0.000005727	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=8/2048, ttl=3 (reply in 3...
12	0.000007194	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=9/2304, ttl=3 (reply in 3...

Source of Reply: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
29	0.000011523	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=7/1792, ttl=62 (request i...
30	0.000016203	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=8/2048, ttl=62 (request i...
31	0.000011384	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=9/2304, ttl=62 (request i...

Για την τέταρτη τριάδα με τιμή TTL ίση με 4, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
13	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=10/2560, ttl=4 (reply in ...
14	0.000005657	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=11/2816, ttl=4 (reply in ...
15	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=12/3072, ttl=4 (reply in ...

Source of Reply: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
32	0.000011035	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=10/2560, ttl=62 (request ...
33	0.000012361	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=11/2816, ttl=62 (request ...
34	0.000012432	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=12/3072, ttl=62 (request ...

Για την πέμπτη τριάδα με τιμή TTL ίση με 5, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
16	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=13/3328, ttl=5 (reply in ...
17	0.000005797	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...
18	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...

Source of Reply: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
35	0.000010476	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=13/3328, ttl=62 (request ...
36	0.000010895	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=14/3584, ttl=62 (request ...
37	0.000010616	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=15/3840, ttl=62 (request ...

Για την έκτη τριάδα με τιμή TTL ίση με 6, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:
Destination of Request: 176.126.38.1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
19	0.000005657	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...
20	0.003165564	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
21	0.000183609	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...
22	0.010401466	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...

Source of Reply: 176.126.38.1

38	0.000000979	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply	id=0x0003, seq=16/4096, ttl=62 (request ...)
39	0.147715446	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply	id=0x0003, seq=17/4352, ttl=62 (request ...)
40	0.000026260	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply	id=0x0003, seq=18/4608, ttl=62 (request ...)

2.14) Ναι, οι διευθύνσεις προκύπτουν να είναι οι ίδιες με του ερωτήματος 1.5

2.15) Για την πρώτη τριάδα ισχύει TTL = 1

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
4	0.000000000	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=1/256, ttl=1 (no response...)
5	0.000033104	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=1 (no response...)
6	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=3/768, ttl=1 (no response...)

Για την δεύτερη τριάδα ισχύει TTL = 2

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
7	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=4/1024, ttl=2 (no respons...
8	0.000005308	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=5/1280, ttl=2 (no respons...
9	0.000004679	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=6/1536, ttl=2 (no respons...

Για την τρίτη τριάδα ισχύει TTL = 3

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
10	0.000006635	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=7/1792, ttl=3 (reply in 2...
11	0.000005727	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=8/2048, ttl=3 (reply in 3...
12	0.000007194	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=9/2304, ttl=3 (reply in 3...

Για την τέταρτη τριάδα ισχύει TTL = 4

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
13	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=10/2560, ttl=4 (reply in ...)
14	0.000005657	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=11/2816, ttl=4 (reply in ...)
15	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=12/3072, ttl=4 (reply in ...)

Για την πέμπτη τριάδα ισχύει TTL = 5

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
16	0.000006146	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=13/3328, ttl=5 (reply in ...)
17	0.000005797	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)
18	0.000006774	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)

Για την έκτη τριάδα ισχύει TTL = 6

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
19	0.000005657	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
20	0.003165564	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
21	0.000183609	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
22	0.010401466	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
23	0.000020882	147.102.131.121	176.126.38.1	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0003, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
24	0.034546867	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
25	0.008035709	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 64
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0x96f9 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source: 147.102.131.1
Destination: 147.102.131.121

Για την δεύτερη τριάδα ισχύει TTL = 254

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
26	0.000048539	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
27	0.000012082	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
28	0.000010826	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
29	0.000011523	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=7/1792, ttl=62 (request i...
30	0.000016203	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=8/2048, ttl=62 (request i...
31	0.000011384	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=9/2304, ttl=62 (request i...

Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 254
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xc6f7 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source: 147.102.224.53
Destination: 147.102.131.121

Για την τρίτη τριάδα ισχύει TTL = 62

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
29	0.000011523	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=7/1792, ttl=62 (request i...
30	0.000016293	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=8/2048, ttl=62 (request i...
31	0.000011384	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=9/2304, ttl=62 (request i...
32	0.000011035	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=10/2560, ttl=62 (request i...
33	0.000012361	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=11/2816, ttl=62 (request i...
34	0.000012432	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=12/3072, ttl=62 (request i...

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 62
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x02e5 [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 176.126.38.1
 Destination: 147.102.131.121

Για την τέταρτη τριάδα ισχύει TTL = 62

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
32	0.000011035	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=10/2560, ttl=62 (request i...
33	0.000012361	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=11/2816, ttl=62 (request i...
34	0.000012432	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=12/3072, ttl=62 (request i...
35	0.000010476	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=13/3328, ttl=62 (request i...
36	0.000010895	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=14/3584, ttl=62 (request i...
37	0.000010616	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=15/3840, ttl=62 (request i...

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 62
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x02dc [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 176.126.38.1
 Destination: 147.102.131.121

Για την πέμπτη τριάδα ισχύει TTL = 62

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
35	0.000010476	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=13/3328, ttl=62 (request i...
36	0.000010895	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=14/3584, ttl=62 (request i...
37	0.000010616	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=15/3840, ttl=62 (request i...
38	0.000009979	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=16/4096, ttl=62 (request i...
39	0.147715446	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=17/4352, ttl=62 (request i...
40	0.000026260	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=18/4608, ttl=62 (request i...

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 62
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x02d3 [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 176.126.38.1
 Destination: 147.102.131.121

Για την έκτη τριάδα ισχύει TTL = 62

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
37	0.000010616	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=15/3840, ttl=62 (request i...
38	0.000009979	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=16/4096, ttl=62 (request i...
39	0.147715446	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=17/4352, ttl=62 (request i...
40	0.000026260	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=18/4608, ttl=62 (request i...
41	0.000008520	176.126.38.1	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0003, seq=19/4864, ttl=62 (request i...

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 62
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x02cd [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 176.126.38.1
 Destination: 147.102.131.121

2.17) Οι πρώτοι κόμβοι της διαδρομής απαντούν με μήνυμα ICMP Time-to-live exceeded, καθώς αν παρατηρήσουμε τις δύο πρώτες ομάδες των πακέτων ICMP Echo Request που στάλθηκαν οι τιμές των TTL τους είναι 1 και 2 αντίστοιχα, ενώ για να φτάσει ενά πακέτο ICMP Echo Request στον τελικό προορισμό χρειάζεται να περάσει τουλάχιστον από δύο ενδιάμεσους κόμβους, καθώς η συνολική διαδρομή που θα ακολουθήσει ένα πακέτο μέχρι να φτάσει στον τελικό προορισμό του αποτελείται από συνολικά 3 βήματα, άρα για να επιτευχθεί επιτυχώς πρέπει το ttl των αρχικών πακέτων να είναι μεγαλύτερο ή ίσο της τιμής 3.

Η συνολική διαδρομή που θα ακολουθήσει ένα πακέτο μέχρι να φτάσει στον τελικό προορισμό του αποτελείται από συνολικά 3 βήματα αποδεικνύεται από τα αποτελέσματα στο τερματικό των Linux

```

kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -n grnet.gr-ix.gr
traceroute to grnet.gr-ix.gr (176.126.38.1), 30 hops max, 60 byte packets
 1  147.102.131.1  19.011 ms * *
 2  147.102.224.53  325.331 ms  325.343 ms  325.341 ms
 3  176.126.38.1  325.410 ms  325.355 ms  325.399 ms
  
```

2.18) Ο προορισμός απαντάει με το εξής μήνυμα: ICMP Echo Reply

3. Περισσότερα για τις επικεφαλίδες πακέτων IP

3.1) Η σύνταξη της εντολής που χρησιμοποίησα στο τερματικό των Linux, ώστε να παραχθούν μόνο μηνύματα τύπου ICMP Echo Request είναι η εξής:

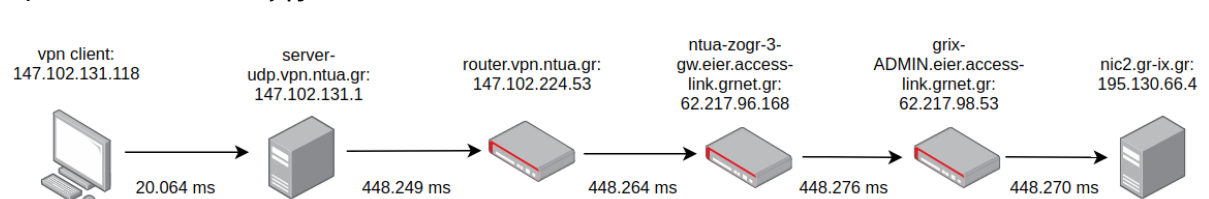
```
tracert -4 -I nic.gr-ix.gr
```

3.2) Το φίλτρο σύλληψης που χρησιμοποίησα για την καταγραφή στο λογισμικό Wireshark είναι το εξής: icmp

3.3) Το απλό διάγραμμα της διαδρομής των πακέτων ICMP Echo Request που παρήχθησαν εξαιτίας της παραπάνω εντολής μπορεί εύκολα να κατασκευαστεί, βάση της ερμηνείας των αποτελεσμάτων τα οποία παρουσιάστηκαν στο τερματικό των Linux, τα οποία είναι τα εξής παρακάτω:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ tracert -4 -I nic.gr-ix.gr
tracert to nic.gr-ix.gr (195.130.66.4), 30 hops max, 60 byte packets
 1  server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1)  20.064 ms  *  *
 2  router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53)  448.249 ms  448.257 ms  448.261 ms
 3  ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168)  448.264 ms  448.269 ms  448.273 ms
 4  grix-ADMIN.eier.access-link.grnet.gr (62.217.98.53)  448.276 ms  448.329 ms  448.333 ms
 5  nic2.gr-ix.gr (195.130.66.4)  448.270 ms  448.282 ms  448.287 ms
```

Επομένως, το διάγραμμα για την διαδρομή των πακέτων ICMP Echo Request που προκύπτει είναι το εξής:



3.4) Τα πεδία της επικεφαλίδας IPv4 των πακέτων, που έστειλε ο υπολογιστής μου, που έχουν μεταβαλλόμενη τιμή μεταξύ διαφορετικών τέτοιων πακέτων είναι τα εξής:

α.) Identification, β.) Time to live (ttl), γ.) Header Checksum

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω, έστω με την σύγκριση δύο τέτοιων πακέτων

1ο πακέτο:

Πεδίο Identification:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.00006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.00005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.00005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.131.121, Dst: 195.130.66.4
0100 = Version: 4
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
Total Length: 60
Identification: 0xab35 (43829)
Flags: 0x0000

2ο πακέτο:

Πεδίο Identification:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.000006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.000005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.000005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.131.121, Dst: 195.130.66.4

0100 = Version: 4
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
Differentially Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
Total Length: 60
Identification: 0xab34 (43828)
Flags: 0x0000
Fragment offset: 0

1ο πακέτο:

Πεδίο Time to live:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.000006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.000005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.000005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Differentially Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
Total Length: 60
Identification: 0xab35 (43829)
Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 7
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xec25 [validation disabled]

2ο πακέτο:

Πεδίο Time to live:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.000006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.000005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.000005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Differentially Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
Total Length: 60
Identification: 0xab34 (43828)
Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 6
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xec25 [validation disabled]

Προφανώς καταλαβαίνουμε ότι συγκρίνουμε πακέτα από διαφορετικές τριάδες μηνυμάτων ICMP Echo Request, για αυτό και είναι διαφορετική και η τιμή στο πεδίο ttl

1ο πακέτο:

Πεδίο Header Checksum:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.000006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.000005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.000005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 7
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xec25 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source: 147.102.131.121
Destination: 195.130.66.4

2ο πακέτο:

Πεδίο Header Checksum:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
21	0.000036737	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=19/4864, ttl=7 (reply in ...)
20	0.042453956	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=18/4608, ttl=6 (reply in ...)
19	0.001168447	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=17/4352, ttl=6 (reply in ...)
17	0.000006076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=16/4096, ttl=6 (reply in ...)
16	0.000005168	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=15/3840, ttl=5 (reply in ...)
15	0.000005238	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=14/3584, ttl=5 (reply in ...)

Flags: 0x0000
Fragment offset: 0
Time to live: 6
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0xed26 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source: 147.102.131.121
Destination: 195.130.66.4

3.5) Όλα τα υπόλοιπα πεδία της επικεφαλίδας IPv4 των μηνυμάτων ICMP Echo Request, εκτός των πεδίων Identification, Time to live (TTL), Header Checksum, τα οποία μεταβάλλονται, παραμένουν αμετάβλητα

3.6) Τα πεδία της επικεφαλίδας IPv4 που πρέπει να παραμείνουν αμετάβλητα είναι τα εξής:

- α.) Το πεδίο Version, καθώς μέσω της ενεργοποίησης του flag -4, στην εντολή που εκτελέσαμε στο τερματικό των Linux, έχουμε κάνει κλήση της εκδοχής IPv4 της εντολής traceroute
- β.) Το πεδίο Total Length, καθώς δεν έχει διευκρινιστεί συγκεκριμένο μέγεθος των ICMP πακέτων, επομένως στέλνει την default τιμή
- γ.) Το πεδίο Protocol, καθώς με το argument -I έχουμε ενεργοποιήσει το flag της εντολής traceroute των Linux, η οποία στέλνει μόνο ICMP πακέτα προς τον προορισμό
- δ.) Το πεδίο Source, το οποίο έχει οριστεί χειροκίνητα από εμάς
- ε.) Το πεδίο Destination, το οποίο, επίσης έχει οριστεί χειροκίνητα από εμάς

3.7) Τα πεδία της επικεφαλίδας IPv4 που πρέπει να αλλάξουν είναι τα εξής:

- α.) Το πεδίο Identification, αλλιώς θα μιλούσαμε για θραύσματα (fragments) του ίδιου πακέτου
- β.) Το πεδίο Time to live (TTL), ώστε να μπορεί να εκτελεστεί σωστά το trace της διαδρομής μέχρι τον τελικό προορισμό
- γ.) Το πεδίο Header Checksum, καθώς είναι άμεσα εξαρτώμενο από τα περιεχόμενα του κάθε πακέτου, επομένως, αφού αλλάζουν τα δύο παραπάνω πεδία, τότε αναγκαστικά μεταβάλλεται και η τιμή του πεδίου Header Checksum

3.8) Ο κοντινότερος δρομολογητής που στέλνει μηνύματα ICMP Time Exceeded προς τον υπολογιστή μου είναι αυτός που ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο με αυτόν και καθώς η IPv4 διεύθυνση σύνδεσης του υπολογιστή μου, μέσω του VPN, είναι 147.102.131.121, ο μόνος δρομολογητής που βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο με αυτόν, είναι αυτός έχει διεύθυνση IPv4 147.102.131.1

Επομένως η τιμή του πεδίου TTL της επικεφαλίδας Pn4 του πρώτου πακέτου της σειράς ICMP Time Exceeded είναι η εξής: 64

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
3	0.000028076	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=2/512, ttl=1 (no response...
2	1.189607657	147.102.131.121	195.130.66.4	ICMP	60	Echo (ping) request id=0x0002, seq=1/256, ttl=1 (no response...
1	0.000000000	147.102.131.121	143.198.238.35	ICMP	109	Destination unreachable (Port unreachable)
23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
18	0.019935611	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Flags: 0x0000

Fragment offset: 0

Time to live: 64

Protocol: ICMP (1)

Header checksum: 0x71cb [validation disabled]

[Header checksum status: Unverified]

Source: 147.102.131.1

Destination: 147.102.131.121

3.9) Ναι οι τιμή του πεδίου Time to live (TTL) παραμένει σταθερή για όλα τα πακέτα της πρώτης σειράς ICMP Time Exceeded, καθώς και τα τρία αυτά μηνύματα αποτελούν απάντηση σε τρία άλλα ICMP Echo Request πακέτα τα οποία δρομολογήθηκαν μαζί με την ίδια τιμή TTL

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

1ο πακέτο:

23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
18	0.019935611	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 64
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x71cb [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 147.102.131.1
 Destination: 147.102.131.121

2ο πακέτο:

23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
18	0.019935611	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 64
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x71cc [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 147.102.131.1
 Destination: 147.102.131.121

3ο πακέτο:

23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
18	0.019935611	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 64
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x71cd [validation disabled]
 [Header checksum status: Unverified]
 Source: 147.102.131.1
 Destination: 147.102.131.121

3.10) Η τιμή του πεδίου Time to live (TTL) της επικεφαλίδας IPv4 των πακέτων των επόμενων ICMP Time Exceeded είναι η εξής: 254

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

1ο πακέτο δεύτερης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
24	0.000050635	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
25	0.000012781	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
26	0.000099988	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
 Total Length: 96
 Identification: 0xdbc9 (56265)
 Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 254
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x5557 [validation disabled]

2ο πακέτο δεύτερης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
24	0.000050635	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
25	0.000012781	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
26	0.000099988	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
 Total Length: 96
 Identification: 0xdbca (56266)
 Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 254
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x5558 [validation disabled]

3ο πακέτο δεύτερης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	0.180392395	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
23	0.204138762	147.102.131.1	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
24	0.000050635	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
25	0.000012781	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
26	0.000099988	147.102.224.53	147.102.131.121	ICMP	96	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
 Total Length: 96
 Identification: 0xdbcb (56267)
 Flags: 0x0000
 Fragment offset: 0
 Time to live: 254
 Protocol: ICMP (1)
 Header checksum: 0x5559 [validation disabled]

1ο πακέτο τρίτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
28	0.000010406	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
29	0.000009010	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
30	0.000010127	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
31	0.000011454	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=13/3328, ttl=60 (request ...
32	0.000016901	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=14/3584, ttl=60 (request ...
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 253 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x0764 [validation disabled]						

2ο πακέτο τρίτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
28	0.000010406	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
29	0.000009010	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
30	0.000010127	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
31	0.000011454	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=13/3328, ttl=60 (request ...
32	0.000016901	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=14/3584, ttl=60 (request ...
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 253 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x0764 [validation disabled]						

3ο πακέτο τρίτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
27	0.000010127	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
28	0.000010406	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
29	0.000009010	62.217.96.168	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
30	0.000010127	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
31	0.000011454	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=13/3328, ttl=60 (request ...
32	0.000016901	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=14/3584, ttl=60 (request ...
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 253 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x0764 [validation disabled]						

1ο πακέτο τέταρτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
30	0.000010127	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
31	0.000011454	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=13/3328, ttl=60 (request ...
32	0.000016901	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=14/3584, ttl=60 (request ...
33	0.000010546	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=15/3840, ttl=60 (request ...
34	0.000009848	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=16/4096, ttl=60 (request ...
35	0.000009917	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 252 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x06d7 [validation disabled]						

2ο πακέτο τέταρτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
30	0.000010127	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
31	0.000011454	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=13/3328, ttl=60 (request ...
32	0.000016901	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=14/3584, ttl=60 (request ...
33	0.000010546	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=15/3840, ttl=60 (request ...
34	0.000009848	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=16/4096, ttl=60 (request ...
35	0.000009917	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 252 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x06d7 [validation disabled]						

3ο πακέτο τέταρτης τριάδας μηνυμάτων ICMP Time Exceeded:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
34	0.000009848	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=16/4096, ttl=60 (request ...
35	0.000009917	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
36	0.000009638	62.217.98.53	147.102.131.121	ICMP	56	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
37	0.204654961	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=17/4352, ttl=60 (request ...
38	0.000025282	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=18/4608, ttl=60 (request ...
39	0.000008591	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=19/4864, ttl=60 (request ...
▶ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 56 Identification: 0x0000 (0) ▶ Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 252 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x00d7 [validation disabled]						

Από τα παραπάνω δεδομένα παρατηρώ ότι για κάθε τριάδα μηνυμάτων ICMP Time Exceeded, η οποία ακολουθεί μετά την δεύτερη τριάδα, όπου TTL = 264, το πεδίο Time to live (TTL) μειώνεται κάθε φορά κατά ένα την τιμή TTL της προηγούμενης τριάδας.

3.11) Η τιμή του πεδίου TTL της επικεφαλίδας των πακέτων IPv4 της ερώτησης είναι η εξής: 60

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

1ο πακέτο τελευταίας τριάδας ICMP Echo Reply:

37	0.204654961	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=17/4352, ttl=60 (request ...
38	0.000025282	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=18/4608, ttl=60 (request ...
39	0.000008591	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=19/4864, ttl=60 (request ...
▶ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 60 Identification: 0x04a1 (1185) ▶ Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 60 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x5d8a [validation disabled]						

2ο πακέτο τελευταίας τριάδας ICMP Echo Reply:

37	0.204654961	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=17/4352, ttl=60 (request ...
38	0.000025282	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=18/4608, ttl=60 (request ...
39	0.000008591	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=19/4864, ttl=60 (request ...
▶ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 60 Identification: 0x04a2 (1186) ▶ Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 60 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x5db0 [validation disabled]						

3ο πακέτο τελευταίας τριάδας ICMP Echo Reply:

37	0.204654961	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=17/4352, ttl=60 (request ...
38	0.000025282	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=18/4608, ttl=60 (request ...
39	0.000008591	195.130.66.4	147.102.131.121	ICMP	60	Echo (ping) reply id=0x0002, seq=19/4864, ttl=60 (request ...
▶ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT) Total Length: 60 Identification: 0x04a3 (1187) ▶ Flags: 0x0000 Fragment offset: 0 Time to live: 60 Protocol: ICMP (1) Header checksum: 0x5db0 [validation disabled]						

3.12) Στην διεπαφή του nic.gr-ix.gr η τιμή του πεδίου TTL της επικεφαλίδας IPv4 των παραπάνω πακέτων του ερωτήματος 3.11 ήταν η εξής: 64

Αυτό εξηγείται αφού για να φτάσουν από την διεπαφή του nic.gr-ix.gr στον υπολογιστή μου χρειάζονται 4 hops, επομένως η τιμή του πεδίου TTL των συγκεκριμένων πακέτων θα έχει μειωθεί κατά 4 μονάδες μόλις φτάσει σε εμένα

4. IPv4 options

4.1) Η ακριβής σύνταξη της εντολής ping στο τερματικό των Linux, ώστε να στείλω ένα μόνο πακέτο IPv4 με ενεργοποιημένη την επιλογή της καταγραφής διαδρομής για το μέγιστο δυνατό πλήθος διευθύνσεων είναι η εξής:

ping -4 -R -c 1 www.ntua.gr

4.2) Η επικεφαλίδα του πακέτου IPv4 που έστειλε ο υπολογιστής μου έχει μέγεθος ίσο με την εξής τιμή: 60 bytes

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
→	1 0.000000000	147.102.131.121	147.102.224.101	ICMP	124	Echo (ping) request id=0x0008, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2)
←	2 0.029774639	147.102.224.101	147.102.131.121	ICMP	124	Echo (ping) reply id=0x0008, seq=1/256, ttl=62 (request in...)

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.131.121, Dst: 147.102.224.101

0100 ... = Version: 4

... 1111 = Header Length: 60 bytes (15)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

Total Length: 124

Identification: 0xa56c (42348)

Flags: 0x4000, Don't fragment

Fragment offset: 0

4.3) Η επικεφαλίδα του πακέτου IPv4 που έλαβε ο υπολογιστής μου έχει μέγεθος ίσο με την εξής τιμή: 60 bytes

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
→	1 0.000000000	147.102.131.121	147.102.224.101	ICMP	124	Echo (ping) request id=0x0008, seq=1/256, ttl=64 (reply in 2)
←	2 0.029774639	147.102.224.101	147.102.131.121	ICMP	124	Echo (ping) reply id=0x0008, seq=1/256, ttl=62 (request in...)

Internet Protocol Version 4, Src: 147.102.224.101, Dst: 147.102.131.121

0100 ... = Version: 4

... 1111 = Header Length: 60 bytes (15)

Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)

Total Length: 124

Identification: 0x0000 (0)

Flags: 0x4000, Don't fragment

Fragment offset: 0

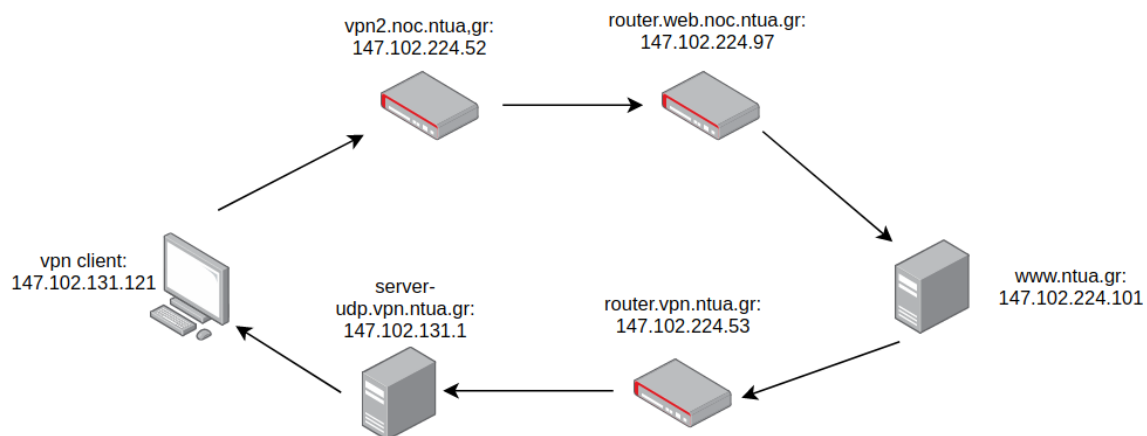
4.4) Για το μήκος της επικεφαλίδας (Header Length) του πακέτου IPv4, το οποίο έχει αυξηθεί στα 60 bytes ευθύνεται το πεδίο Options, το οποίο ουσιαστικά είναι υπεύθυνο για την καταγραφή της διαδρομής προς τον προορισμό σε κάθε βήμα που γίνεται από το πακέτο

4.5) Μετά την εκτέλεση της παραπάνω εντολής ping στο τερματικό των Linux, προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα καταγραφής:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ ping -4 -R -c 1 www.ntua.gr
PING www.ntua.gr (147.102.224.101) 56(124) bytes of data.
64 bytes from www.ntua.gr (147.102.224.101): icmp_seq=1 ttl=62 time=29.8 ms
RR:    vpn-131-121.vpn.ntua.gr (147.102.131.121)
        vpn2.noc.ntua.gr (147.102.224.52)
        router.web.noc.ntua.gr (147.102.224.97)
        www.ntua.gr (147.102.224.101)
        router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53)
        server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1)
        vpn-131-121.vpn.ntua.gr (147.102.131.121)

--- www.ntua.gr ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 29.790/29.790/29.790/0.000 ms
```

Επομένως, σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα η διαδρομή που προκύπτει, από τον υπολογιστή μου μέχρι τον εξυπηρετητή ιστού www.ntua.gr, είναι η εξής:



4.6) Η διεύθυνση IPv4 του nic.grnet.gr είναι η εξής: 194.177.210.210

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -I nic.grnet.gr
traceroute to nic.grnet.gr (194.177.210.210), 30 hops max, 60 byte packets
```

Επίσης η διεύθυνση αυτή βρίσκεται 5 βήματα μακριά από τον προσωπικό μου υπολογιστή

Όπως αποδεικνύεται και παρακάτω

```
1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 10.385 ms 20.624 ms *
2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 52.388 ms 52.395 ms 52.400 ms
3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 52.407 ms 52.415 ms 52.421 ms
4 kolettir-eier-AE.backbone.grnet.gr (62.217.100.62) 52.427 ms 52.432 ms 52.457 ms
5 pdns1.grnet.gr (194.177.210.210) 52.433 ms 52.441 ms 52.455 ms
```

4.7) Τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο τερματικό των Linux λόγω της εκτέλεσης της παραπάνω εντολής είναι τα εξής:

```
kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ traceroute -4 -I nic.grnet.gr
traceroute to nic.grnet.gr (194.177.210.210), 30 hops max, 60 byte packets
1 server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1) 10.385 ms 20.624 ms *
2 router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53) 52.388 ms 52.395 ms 52.400 ms
3 ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168) 52.407 ms 52.415 ms 52.421 ms
4 kolettir-eier-AE.backbone.grnet.gr (62.217.100.62) 52.427 ms 52.432 ms 52.457 ms
5 pdns1.grnet.gr (194.177.210.210) 52.433 ms 52.441 ms 52.455 ms
```

Επομένως από τα παραπάνω αποτελέσματα μπορούμε να συμπεράνουμε τις IPv4 διευθύνσεις των διεπαφών μέχρι τον προορισμό nic.grnet.gr:

1. server-udp.vpn.ntua.gr (147.102.131.1)
2. router.vpn.ntua.gr (147.102.224.53)
3. ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168)
4. kolettir-eier-AE.backbone.grnet.gr (62.217.100.62)
5. pdns1.grnet.gr (194.177.210.210)

4.8) Μετά την εκτέλεση της εντολής `ping -4 -R -c 1 nic.grnet.gr`, προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα στο τερματικό των Linux:

```

kyriakost@kyriakost-HP-ENVY-x360-Convertible-13-ay0xxx:~$ ping -4 -R -c 1 nic.grnet.gr
PING pdns1.grnet.gr (194.177.210.210) 56(124) bytes of data.
64 bytes from pdns1.grnet.gr (194.177.210.210): icmp_seq=1 ttl=60 time=17.8 ms
RR:
  vpn-131-121.vpn.ntua.gr (147.102.131.121)
  vpn2.noc.ntua.gr (147.102.224.52)
  ntua-zogr-3.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.169)
  eier-kolettir-AE.backbone.grnet.gr (62.217.100.63)
  koletti-serverlan-gw.grnet.gr (194.177.210.193)
  pdns1.grnet.gr (194.177.210.210)
  pdns1.grnet.gr (194.177.210.210)
  kolettir.grnet.gr (62.217.100.2)
  ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168)

--- pdns1.grnet.gr ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 17.762/17.762/17.762/0.000 ms

```

Επομένως, από την ερμηνεία των παραπάνω αποτελεσμάτων μπορούμε να καταγράψουμε τις διευθύνσεις IPv4 των απερχόμενων διεπαφών μέχρι τον προορισμό:

1. vpn2.noc.ntua.gr (147.102.224.52)
2. ntua-zogr-3.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.169)
3. eier-kolettir-AE.backbone.grnet.gr (62.217.100.63)
4. koletti-serverlan-gw.grnet.gr (194.177.210.193)
5. pdns1.grnet.gr (194.177.210.210)
6. kolettir.grnet.gr (62.217.100.2)
7. ntua-zogr-3-gw.eier.access-link.grnet.gr (62.217.96.168)

Η ολοκληρωμένη κυκλική διαδρομή δεν εμφανίζεται στο τερματικό των Linux, καθώς η επικεφαλίδα IPv4 έχει χωρητικότητα για την αποθήκευση μέχρι και 9 διευθύνσεων ενδιάμεσων κόμβων

4.9) Από τα παραπάνω δεδομένα και αποτελέσματα προκύπτει το διάγραμμα διαδρομής από τον υπολογιστή μου μέχρι τον nic.grnet.gr, το οποίο είναι το εξής παρακάτω:

