

Όνοματεπώνυμο: Ανδρέας Στάμος (03120***)	Ομάδα: 1
Όνομα PC/ΛΣ: linux / Ubuntu 22.04.2 LTS (με VPN στο δίκτυο του Πολυτεχνείου)	Ημερομηνία: 05/12/2023
Διεύθυνση IP: 147.102.131.218	Διεύθυνση MAC: DE-3F-DC-B2-E0-D0

Εργαστηριακή Άσκηση 9

SMTP, DHCP

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

Η εργασία υλοποιήθηκε με σύνδεση στο δίκτυο VPN του Πολυτεχνείου.

Άσκηση 1

- 1.1 Στο Linux όταν δοθεί αριθμός θύρας διαφορετικός της θύρας TELNET 23, δεν γίνεται Protocol Negotiation. Πρακτικά, ανοίγει μια σύνδεση TCP όπου ό,τι γράφουμε αποστέλλεται στον εξυπηρετητή (δεν χρησιμοποιείται το TELNET standard). Ισοδύναμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το nc.
- 1.2 220 και σημαίνει ότι εξυπηρετητής παραλαμβάνει και είναι έτοιμος να λάβει εντολές.
- 1.3 smtp3.ntua.gr
- 1.4 ESMTP Sendmail 8.15.2/8.15.2; XX, XX Dec 2023 XX:XX:XX +0200 (EET)|
- 1.5 214 και σημαίνει ότι ακολουθεί μήνυμα βοήθειας.
- 1.6 Υποστηρίζονται οι εξής 15 εντολές:
 1. HELO
 2. EHLO
 3. MAIL
 4. RCPT
 5. DATA
 6. RSET
 7. NOOP
 8. QUIT
 9. HELP
 10. VRFY
 11. EXPN
 12. VERB
 13. ETRN
 14. DSN
 15. AUTH
- 1.7 Όλες οι γραμμές εκτός της τελευταίας ακριβώς μετά τον κωδικό Reply έχουν μια παύλα ('-'). Η τελευταία γραμμή, ακριβώς μετά τον κωδικό Reply έχει ένα Space (' '). Οι γραμμές τελειώνουν με <CRLF> (carriage return + line feed).
- 1.8 250
- 1.9 Όχι εμφανίζεται η IP διεύθυνση του πελάτη.
- 1.10 9

1.11 Ενημερώνεται ο πελάτης ότι ο εξυπηρετητής υποστηρίζει τα παρακάτω:

ENHANCEDSTATUSCODES RFC 2034: Παρέχονται οι κωδικοί κατάστασης που προβλέπονται στο RFC 1893.

PIPELINING RFC 2920: Ο πελάτης μπορεί να αποστέλλει πολλές εντολές χωρίς να αναμένει να ολοκληρωθούν εντολές που έχει ήδη αποστείλει.

8BITMIME RFC 6152: Ο πελάτης μπορεί να αποστείλει δεδομένα όπου κάθε byte περιέχει τιμές και εκτός του ASCII (00-7F) – το ASCII χρησιμοποιεί 7/8 bits του byte, ενώ σε γενικά δυαδικά δεδομένα απαιτούνται 8/8 bits του byte.

SIZE RFC 1870: Ο εξυπηρετητής μπορεί να ενημερώσει τον πελάτη για τον μέγιστο μέγεθος μηνύματος που αποδέχεται με μια παράμετρο σε μορφή δεκαδικής συμβολοσειράς μετά το **SIZE** – εδώ η παράμετρος λείπει, που σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής δεν μας ενημερώνει για το μέγιστο μέγεθος μηνύματος.

Επίσης ο πελάτης μπορεί να ενημερώσει τον εξυπηρετητή για το (εκτιμώμενο) μέγεθος μηνύματος (με ένα όρισμα στην εντολή **MAIL**), προκειμένου αν ξεπερνά το μέγιστο αποδεκτό μέγεθος, ο εξυπηρετητής να το δηλώσει πριν αποσταλεί το μήνυμα.

ETRN RFC 1985: Ο πελάτης μπορεί να ζητήσει από τον εξυπηρετητή να αρχίσει να στέλνει μηνύματα προς τον πελάτη που πιθανώς έχει αποθηκεύσει.

STARTTLS RFC 3207: Ο πελάτης μπορεί να ζητήσει από τον εξυπηρετητή η επικοινωνία τους να κρυπτογραφηθεί με TLS.

DELIVERBY RFC 2852: Ο πελάτης μπορεί να ζητήσει, αν το μήνυμα δεν έχει παραδοθεί μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, να μην παραδοθεί.

HELP RFC 5321 (πρότυπο SMTP): Ο πελάτης μπορεί να ζητήσει να του αποσταλεί ένα μήνυμα βοήθειας.

1.12 Ο πελάτης έστειλε **EHLO** και ο εξυπηρετητής απέστειλε κωδικό reply επιτυχίας 250. Αν δεν υποστήριζε το **ESMTP**, θα απαντούσε με κωδικό reply αποτυχίας 500 (αν δεν αναγνωρίζει καν το **EHLO**) ή 502 (αν αναγνωρίζει, αλλά δεν υλοποιεί το **EHLO**).

1.13 **XXX, XX Dec 2023 XX:XX:XX +0200 (EET)**

1.14 354 Enter mail, end with "." on a line by itself

Ο κωδικός απόκρισης είναι 354.

Σύμφωνα με το RFC 5321, σημαίνει ότι μπορεί να ξεκινήσει η αποστολή μηνύματος και η αποστολή μηνύματος πρέπει να ολοκληρωθεί με **<CRLF>.<CRLF>** (όπως λέει και το βοηθητικό μήνυμα που αποστέλλεται).

1.15 Ενημερώνει τον εξυπηρετητή ότι έχουμε ολοκληρώσει το μήνυμα.

1.16 250 2.0.0 XXXXXXXXXXXXXXXX Message accepted for delivery

Ο κωδικός απόκρισης είναι 250.

Ο αριθμός που δίνεται (εδώ δίνεται ως XXXXXXXXXXXXXXXX για λόγους ιδιωτικότητας) είναι ένας αριθμός που αναθέτει ο εξυπηρετητής **sendmail** στο μήνυμά μας.

1.17 Του κειμένου της επικεφαλίδας του μηνύματος.

1.18 Του κειμένου της επικεφαλίδας του μηνύματος.

1.19 Στο **Received:** στο πεδίο **envelope-from** καθώς και στο **Return-Path:**

1.20 Στο **Received:** στο πεδίο **for**

1.21 Ο κωδικός απόκρισης, εννοώντας τον 250 δεν φαίνεται. Ο αριθμός που αναφέρεται ως XXXXXXXXXXXXXXXX αναφέρεται στην πρώτη επικεφαλίδα **Received** (αναγράφεται τελευταία), καθώς είναι ο πρώτος εξυπηρετητής που λαμβάνει το μήνυμά μας (πρόκειται για τον εξυπηρετητή που συνδεθήκαμε σε αυτόν).

1.22 Στην πρώτη επικεφαλίδα **Received:** (αναγράφεται τελευταία) στο πεδίο **from**, καθώς είναι ο πρώτος εξυπηρετητής που λαμβάνει το μήνυμά μας (πρόκειται για τον εξυπηρετητή που συνδεθήκαμε σε αυτόν).

1.23 Σε σειρά από τον πελάτη προς τον παραλήπτη είναι:

1. achilles.noc.ntua.gr
2. f0.mail.ntua.gr
3. f0.mail.ntua.gr/lmtpproxyd (μέσω UNIX Socket)
4. m1.mail.ntua.gr

1.24 SMTP, ESMTP, LMTPA

1.25 Την χρονική στιγμή που ο πελάτης συνδέεται στον εξυπηρετητή SMTP, αυτός καταγράφει εκείνη την χρονική στιγμή (την στέλνει και στον πελάτη) και την θέτει ως **Date:** στον φάκελο.

1.26 `host relay.ntua.gr`

1.27 `smtp`

1.28 TCP

1.29 Θύρα εξυπηρετητή: 25

Θύρα πελάτη: 43334

1.30 25

1.31 2

1.32 221 2.0.0 achilles.noc.ntua.gr closing connection

Ο κωδικός απόκρισης είναι 221, που σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής δηλώνει ότι η σύνδεση κλείνει σύμφωνα με το RFC 5321.

1.33 Όχι. Ο πελάτης στέλνει την εντολή **QUIT**, ο εξυπηρετητής την λαμβάνει, απαντάει στον πελάτη ότι θα κλείσει την σύνδεση και έπειτα μόνο κλείνει την σύνδεση.

1.34 Από τον εξυπηρετητή.

Άσκηση 2

2.1 MAC Address: DE-3F-DC-B2-E0-D0

Διεύθυνση IPv4: 192.168.1.10

Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.0

Εξυπηρετητής DHCP: 192.168.1.1 (τον βρίσκουμε από το `option dhcp-server-identifier` στο αρχείο `/var/lib/dhcp/dhclient.leases`)

2.2 `ether host de:3f:dc:b2:e0:d0`

2.3 `dhcp`

2.4 Από το release παράχθηκε DHCP Release, από την εκχώρηση παράχθηκε DHCP Discover, DHCP Offer, DHCP Request, DHCP ACK και από την ανανέωση παράχθηκε DHCP Request, DHCP ACK.

2.5 UDP

2.6 Θύρα εξυπηρετητή: 67

Θύρα πελάτη: 68

2.7 Η θύρα εξυπηρετητή DHCP είναι η 67 και θύρα πελάτη DHCP είναι η 68.

2.8

Opcode (1 byte)	Hardware type (1 byte)	Hardware address length (1 byte)	Hop count (1 byte)
Transaction ID (4 bytes)			
Number of seconds (2 bytes)		Flags (2 bytes)	
Client IP address (4 bytes)			
Your IP address (4 bytes)			
Server IP address (4 bytes)			
Gateway IP address (4 bytes)			
Client hardware address (4 bytes)			

2.9 Στα Options υπάρχει ένα Option με κωδικό 53=0x35, το DHCP Message Type, το οποίο δηλώνει για ποιο τύπο μηνύματος DHCP πρόκειται. Το Option αυτό, σύμφωνα με το RFC 2131, πρέπει να υπάρχει υποχρεωτικά σε όλα τα μηνύματα DHCP.

2.10 Boot Request, Boot Reply

2.11 Αρχικά, υπάρχουν 10 bytes μηδενικών (zero-padding), καθώς στο RFC 2131 δίνονται 16 bytes για την διεύθυνση υλικού στην επικεφαλίδα DHCP, ενώ η MAC διεύθυνση είναι μόνο 6 bytes.

Επίσης υπάρχουν τα πεδία Server host name (64 bytes) και Boot file name (128 bytes) που δίνονται ως null-terminated συμβολοσειρές. Στα πακέτα που καταγράφηκαν, έχουν μηδενική τιμή, που σημαίνει ότι το 1ο byte είναι το NUL, οπότε οι συμβολοσειρές έχουν μηδενικό μήκος. (δηλαδή δεν δόθηκαν όπως λέει το Wireshark)

2.12 52=0x35

2.13 Το μήκος έχει τιμή 1, που σημαίνει μήκος 1 byte πέραν του πεδίου Length και του κωδικού του Option. Οι τιμές του Option για τις διάφορους τύπους DHCP μηνυμάτων είναι οι εξής:

DHCPDISCOVER 1

DHCPOFFER 2

DHCPREQUEST 3

DHCPDECLINE 4 (δεν παρατηρήθηκε, βρέθηκε από το RFC2132)

DHCPACK 5

DHCKNAK 6 (δεν παρατηρήθηκε, βρέθηκε από το RFC2132)

DHCPRELEASE 7

DHCPINFORM 8 (δεν παρατηρήθηκε, βρέθηκε από το RFC2132)

2.14 DHCP Release. Σκοπός του είναι η απελευθέρωση της IPv4 διεύθυνσης που έχουμε λάβει με δάνειο, πριν λήξει το δάνειο.

2.15 Η διεύθυνση MAC αποστολέα (της Ethernet επικεφαλίδας) είναι η MAC διεύθυνση του υπολογιστή μας.

Η διεύθυνση MAC παραλήπτη (της Ethernet επικεφαλίδας) είναι η MAC διεύθυνση του DHCP εξυπηρετητή (εδώ του οικιακού δρομολογητή).

Η διεύθυνση IPv4 αποστολέα (της IPv4 επικεφαλίδας) είναι η IPv4 διεύθυνση του υπολογιστή μας.

Η διεύθυνση IPv4 παραλήπτη (της IPv4 επικεφαλίδας) είναι η IPv4 διεύθυνση του DHCP εξυπηρετητή (εδώ του οικιακού δρομολογητή).

2.16 Αναφερόμαστε στην Ethernet επικεφαλίδα.

Τύπος μηνύματος	MAC αποστολέα	MAC παραλήπτη
DHCP Discover	MAC υπολογιστή μας	Broadcast
DHCP Offer	MAC εξυπηρετητή DHCP	MAC υπολογιστή μας
DHCP Request	MAC υπολογιστή μας	Broadcast
DHCP ACK	MAC εξυπηρετητή DHCP	MAC υπολογιστή μας

2.17 Αναφερόμαστε στην IPv4 επικεφαλίδα.

Τύπος μηνύματος	IPv4 αποστολέα	IPv4 παραλήπτη
DHCP Discover	0.0.0.0	255.255.255.255 (LAN Broadcast)
DHCP Offer	IP εξυπηρετητή DHCP	IP διεύθυνση που προσφέρει ο DHCP εξυπηρετητής στον υπολογιστή μας
DHCP Request	0.0.0.0	255.255.255.255 (LAN Broadcast)
DHCP Offer	IP εξυπηρετητή DHCP	IP διεύθυνση που προσφέρει ο DHCP εξυπηρετητής στον υπολογιστή μας

2.18 Σύμφωνα με το RFC919 (καθώς και σύμφωνα με την παρ. 3.3.6 του RFC1122) η διεύθυνση 255.255.255.255 σημαίνει broadcast στο τοπικό υποδίκτυο.

- 2.19** Σύμφωνα με την παρ. 3.2.1.3 του RFC1122 η διεύθυνση 0.0.0.0 σημαίνει “αυτός ο host στο παρών δίκτυο” με την διεύθυνση να επιτρέπεται να χρησιμοποιείται μόνο για την διαδικασία αρχικοποίησης όπου ο host μαθαίνει την IP διεύθυνσή του. (πράγματι αυτός είναι ο ρόλος των DHCP μηνυμάτων)
- 2.20** Ναι. Στο αρχικό μήνυμα DHCP Discover υπάρχει το Option με όνομα Requested IP Address. Το Option αυτό έχει κωδικό 50=0x32 και θέτει το Length σε τιμή 4 (όσο το μέγεθος της IPv4 διεύθυνσης). Τιμή του Option είναι η διεύθυνση IPv4 για την οποία ο πελάτης δηλώνει πρότιμηση.
Η διαδικασία αυτή, όπου ο πελάτης προτείνει μια διεύθυνση προβλέπεται στην παρ. 3.5 του RFC2131.
Συμπλήρωση: Στο Linux, το πρόγραμμα DHCP πελάτη αποθηκεύει τα δάνεια σε ένα αρχείο `dhclient.leases` (αν δεν οριστεί η default τοποθεσία του είναι: `/var/lib/dhcp/dhclient.leases`). Το `dhclient` όταν τρέξει προτείνει με το Requested IP Address Option την τελευταία IPv4 διεύθυνση που είναι αποθηκευμένη στο αρχείο αυτό για την ίδια διεπαφή, δηλαδή την προηγούμενη IPv4 διεύθυνση που του είχε ανατεθεί. Πράγματι, αν αλλάξουμε την διεύθυνση που είναι αποθηκευμένη σε αυτό το αρχείο και μετά τρέξουμε το `dhclient`, τότε προτείνει την νέα διεύθυνση που γράψαμε. (πρέπει αρχικά να έχουμε απελευθερώσει την IP διεύθυνση ή το δάνειο να έχει λήξει ώστε το `dhclient` να στείλει DHCPDISCOVER και όχι DHCPREQUEST για ανανέωση, διότι τότε ο DHCP εξυπηρετητής θα μας απαντήσει με DHCPNAK).
- 2.21** Ένα από την διεύθυνση 192.168.1.1.
Συμπλήρωση: Το παραπάνω αναφέρεται στην περίπτωση του οικιακού δικτύου. Στο περιβάλλον του Εργαστηρίου της σχολής, στάλθηκαν 2 DHCPOFFERS, το πρώτο (το οποίο και ο υπολογιστής αποδέχθηκε) από τον εξυπηρετητή 147.102.38.11 (`pclab-dhcp.pclab.ece.ntua.gr`) και το δεύτερο από έναν εξυπηρετητή με διεύθυνση 147.102.38.8.
- 2.22** Η διεύθυνση που προτείνει ο εξυπηρετητής DHCP βρίσκεται στο μήνυμα DHCPOFFER στο πεδίο Your IP Address (`yiaddr`).
Στο οικιακό δίκτυο μας πρότεινε την διεύθυνση 192.168.1.10, στο Εργαστήριο της σχολής μας πρότεινε την διεύθυνση 147.102.38.95. Σημειώνεται πως και στις δύο περιπτώσεις μας πρότεινε την διεύθυνση που ο πελάτης αρχικά είχε προτείνει στο Option Requested IP Address του μηνύματος DHCPDISCOVER. (φυσικά, δεν ήταν υποχρεωμένος να μας προτείνει την διεύθυνση αυτή, αλλά για οποιοδήποτε λόγο, π.χ. αν η διεύθυνση που προτεínαμε χρησιμοποιούνταν, θα μπορούσε να προτείνει άλλη διεύθυνση)
- 2.23** Το DHCPOFFER αποστέλλεται προς την διεύθυνση που έχει τεθεί στο πεδίο Your IP Address (`yiaddr`).
- 2.24** Ναι είναι. Ο υπολογιστής μας θέτει το flag σε 0, οπότε ο εξυπηρετητής DHCP αποστέλλει τα DHCP πακέτα μόνο προς τον υπολογιστή μας (στρώμα ζεύξης), ενώ επίσης θέτει στην IPv4 επικεφαλίδα την διεύθυνση που έχει θέσει στο Your IP Address του DHCP μηνύματος που αποστέλλει.
Αν για τεχνικούς λόγους ο πελάτης δεν μπορούσε να λάβει πακέτα προς μια ορισμένη διεύθυνση προτού έχει οριστεί η IP διεύθυνση της διεπαφής δικτύου του, τότε θα έπρεπε να είχε θέσει το BROADCAST flag σε 1, ώστε ο DHCP εξυπηρετητής να στέλνει τα μηνύματα προς τον πελάτη με broadcast προορισμό.
Συμπλήρωση: Στο Linux, μπορούμε να ρυθμίσουμε το `dhclient` να θέτει το BROADCAST flag σε 1, προσθέτοντας την γραμμή `bootp-broadcast-always;` στο `/etc/dhcp/dhclient.conf`. Πράγματι αν το κάνουμε αυτό, παρατηρούμε μετά στο Wireshark ότι σε όλα τα DHCP μηνύματα που στέλνει ο υπολογιστής μας έχει τεθεί η σημαία BROADCAST σε 1 και κατ' επέκταση ο DHCP εξυπηρετητής στέλνει όλα τα DHCP μηνύματα προς την broadcast διεύθυνση του υποδικτύου (IPv4 διεύθυνση: 255.255.255.255 και MAC διεύθυνση: `ff:ff:ff:ff:ff:ff`).
- 2.25** Στο Option DHCP Server Identifier με κωδικό 54=0x36. Το Option έχει τιμή μήκους 4 (όσο το μέγεθος της IPv4 διεύθυνσης) και τιμή την IPv4 διεύθυνση του εξυπηρετητή DHCP.
- 2.26** Η διεύθυνση πηγής είναι η 0.0.0.0. Η εκχώρηση της διεύθυνσης γίνεται με την απάντηση DHCPACK στο DHCPREQUEST που στέλνει ο υπολογιστής. Όταν ο εξυπηρετητής στείλει το DHCPOFFER, δεν καταχωρεί την διεύθυνση ως εκχωρημένη στον συγκεκριμένο πελάτη, και αν δεν ληφθεί απάντηση DHCPREQUEST από τον πελάτη θα την θεωρήσει ως διαθέσιμη. Ένας λόγος που συμβαίνει αυτό, που παρατηρήθηκε κιόλας στο Εργαστήριο της σχολής, είναι πως μπορεί να υπάρχουν πολλοί DHCP εξυπηρετητές, οπότε να ακούσουν όλοι το DHCPDISCOVER, και έτσι να στέλνουν όλοι DHCPREQUEST. Όμως στο τέλος, ο πελάτης θα επιλέξει την προσφορά μόνον ενός DHCPREQUEST, οπότε οι διευθύνσεις που προσέφεραν οι υπόλοιποι εξυπηρετητές παραμένουν διαθέσιμες.
- 2.27** Στο DHCPREQUEST, σύμφωνα και με την παρ. 3.1 του RFC2131, ο πελάτης θέτει στο Option Requested IP Address, την διεύθυνση που έλαβε στο πεδίο Your IP Address (`yiaddr`) του μηνύματος DHCPOFFER που του απέστειλε ο DHCP εξυπηρετητής.

Στην παρούσα περίπτωση, τίθεται η διεύθυνση 192.168.1.10 στο οικιακό δίκτυο και η διεύθυνση 147.102.38.95 στο Εργαστήριο της σχολής.

- 2.28** Το DHCPREQUEST στέλνεται προς την διεύθυνση broadcast υποδίκτυου (IPv4 διεύθυνση: 255.255.255.255 και MAC διεύθυνση: ff:ff:ff:ff:ff:ff).

Ο λόγος που στέλνεται προς την διεύθυνση broadcast είναι προκειμένου, αν υπάρχουν πολλοί εξυπηρετητές DHCP, οι DHCP εξυπηρετητές που δεν επελέγη η προσφορά τους, να μάθουν ότι ο πελάτης δεν τους επέλεξε και έτσι να θεωρήσουν πλέον την διεύθυνση που προσέφεραν ως διαθέσιμη.

- 2.29** Σύμφωνα με την παρ. 3.1 του RFC 2131, ο πελάτης υποχρεούται να θέσει στο DHCPREQUEST που στέλνει το Option Server Identifier με τιμή την τιμή του Option Server Identifier του μηνύματος DHCP OFFER που επέλεξε. Έτσι ο εξυπηρετητής DHCP όταν λαμβάνει μηνύματα DHCPREQUEST αναγνωρίζει ότι απευθύνονται προς αυτόν αν στο Option Server Identifier βρει την IPv4 διεύθυνσή του.

Μάλιστα αν ένας εξυπηρετητής λάβει μήνυμα DHCPREQUEST με διεύθυνση MAC αποστολέα, μια διεύθυνση MAC που έχει στείλει DHCP OFFER, μπορεί να θεωρήσει ότι πελάτης αυτός επέλεξε κάποιο DHCP OFFER άλλου εξυπηρετητή και, έτσι, να καταχωρήσει την διεύθυνση που είχε προσφέρει ως διαθέσιμη.

- 2.30** Η διεύθυνση που αποδίδεται βρίσκεται στο πεδίο Your IP Address (yiaddr) του πακέτου DHCPACK.

Στην περίπτωση του οικιακού δικτύου είναι η 192.168.1.10, στην περίπτωση του Εργαστηρίου της σχολής είναι η 147.102.38.95.

- 2.31** Ναι.

- 2.32** 255.255.255.0 (και στο οικιακό δίκτυο και στο Εργαστήριο της σχολής).

Περιέχεται στο Option Subnet Mask, με κωδικό 1 και μήκος 4. Το Option αυτό αποστέλλεται στο DHCP OFFER και μετά ξανά στο DHCPACK (σύμφωνα με το RFC 2131 οι πληροφορίες θα πρέπει να μην διαφωνούν μεταξύ DHCPACK και DHCP OFFER). Το Option αυτό τοποθετήθηκε από τον εξυπηρετητή στα DHCP OFFER και DHCPACK, επειδή ο πελάτης, στο αρχικό DHCP DISCOVER, είχε θέσει το Option Parameter Request List (με κωδικό 55=0x37) και μέσα αυτό είχε βάλει τον κωδικό του DHCP Option του Subnet Mask, που είναι 1.

- 2.33** Στο Option IP Address Lease Time (με κωδικό 51=0x33) βρίσκεται ο χρόνος που το δάνειο είναι σε ισχύ. Το Option έχει τιμή μήκους 4 bytes και έχει ως τιμή τον χρόνο ισχύος του δανείου σε δευτερόλεπτα σε αναπαράσταση 32-bit μη προσημασμένου ακέραιου.

Στο Option Renewal Time Value (με κωδικό 58=0x3a) βρίσκεται το χρονικό διάστημα T1 από την εκχώρηση όπου ο πελάτης θα πρέπει να ζητήσει ανανέωση του δανείου.

Επίσης στο Option Rebinding Time Value (με κωδικό 59=0x3b) βρίσκεται το χρονικό διάστημα T2. Μέχρι πριν παρέλθει χρόνος T2 από την εκχώρηση, ο πελάτης για να ανανεώσει το δάνειο στέλνει DHCPREQUEST προς την IP διεύθυνση του εξυπηρετητή που του εκχώρησε την διεύθυνση. Αφού παρέλθει χρόνος T2 από την εκχώρηση και μετά για να ανανεώσει ο πελάτης πρέπει να στείλει DHCPREQUEST προς broadcast του υποδίκτυου (IPv4 διεύθυνση: 255.255.255.255 και MAC διεύθυνση: ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Σημειώνεται πως το RFC 2131 ορίζει πως ο χρόνος T1 πρέπει είναι μικρότερος του T2, που πρέπει να είναι μικρότερος του χρόνου λήξης του δανείου.

Επίσης το RFC 2131 ορίζει πως οι χρόνοι T1 και T2 μπορούν να παραμετροποιηθούν από τον DHCP εξυπηρετητή μέσω των παραπάνω Options, αλλά αν αυτό δεν γίνει, τότε έχουν default τιμή:

$$T1 = 0.5 \cdot \text{διάρκεια δανείου}$$

$$T2 = 0.875 \cdot \text{διάρκεια δανείου}$$

Στο οικιακό δίκτυο ο χρόνος λήξης του δανείου είναι 86400 δευτερόλεπτα = 1 ημέρα, ενώ στο Εργαστήριο της σχολής είναι 100 δευτερόλεπτα.

Στο οικιακό δίκτυο ο χρόνος ανανέωσης T1 είναι ορισμένος από το σχετικό Option σε 43200 δευτερόλεπτα = 12 ώρες, ενώ στο Εργαστήριο της σχολής δεν αποστέλλεται Option, οπότε έχει την default τιμή $T1 = 0.5 \cdot 100 = 50$ δευτερόλεπτα

Στο οικιακό δίκτυο ο χρόνος επανασύνδεσης (rebind) T2 είναι ορισμένος από το σχετικό Option σε 43200 δευτερόλεπτα = 12 ώρες, ενώ στο Εργαστήριο της σχολής δεν αποστέλλεται Option, οπότε έχει την default τιμή $T2 = 0.875 \cdot 100 = 87.5 \rightarrow 88$ δευτερόλεπτα

Συμπλήρωση: Η παρ. 4.4.5 του RFC2131 ορίζει πως στους χρόνους T1, T2 θα πρέπει να προστίθεται κάποιος τυχαίος θόρυβος προκειμένου ο ανανεώσεις από τους πελάτες να μην συγχρονίζονται μεταξύ τους. (συνεπώς τα δεκαδικά ψηφία στους default χρόνους T1, T2 ούτως ή άλλως δεν έχουν νόημα, οπότε μπορούμε να κάνουμε στρογγυλοποίηση — αυτό δεν αναφέρεται στο RFC2131, όμως είναι λογικό συμπέρασμα)

2.34 55=0x37**2.35**

Όνομα παραμέτρου	Κωδικός Παραμέτρου (δεκαδικός)	Σημασία παραμέτρου
Subnet Mask	1	Μάσκα υποδικτύου
Router	3	Λίστα διευθύνσεων IPv4 δρομολογητών στο υποδίκτυο
Domain Name Server	6	Λίστα διευθύνσεων IPv4 εξυπηρετητών DNS
Domain Name	15	Domain που ο πελάτης πρέπει να χρησιμοποιεί για τα hostnames του παρόντος δικτύου
Perform Router Discover	31	Τιμή 1 (0) αν ο πελάτης (δεν) πρέπει να ανακαλύψει τους δρομολογητές με την διαδικασία του RFC1256
Static Route	33	Λίστα στατικών κανόνων δρομολόγησης που ο πελάτης πρέπει να ακολουθήσει
Vendor-Specific Information	43	Μη καθορισμένες πληροφορίες του κατασκευαστή
NetBIOS over TCP/IP Name Server	44	Λίστα IPv4 διευθύνσεων εξυπηρετητών NetBIOS Name Server
NetBIOS over TCP/IP Node Type	46	Τυπος κόμβου NetBIOS που είναι ο πελάτης
NetBIOS over TCP/IP Scope	47	Παράμετρος scope NetBIOS over TCP/IP
Domain Search	119	Βλ. RFC3397
Classless Static Route	121	Βλ. RFC3442
Private/Classless Static Route (Microsoft)	249	non-standard option – Βλ. ιστοσελίδα Microsoft
Private/Proxy autodiscovery	252	άγνωστο

2.36 Ζητήθηκαν 14 παράμετροι από τον πελάτη στο DHCPDISCOVER. Από αυτές ο εξυπηρετητής στο DHCPOFFER (και στην συνέχεια και στο DHCPACK) προσδιόρισε μόνο τις 4 και συγκεκριμένα τις:

- Subnet Mask
- Router
- Domain Name Server
- Domain Name

2.37 dhcp || arp**2.38** Ναι.

2.39 Στέλνονται 3. Αν και προσπαθήσαμε να βρούμε ποια διεργασία/ποιο τμήμα του πυρήνα/με ποια ρύθμιση και κυρίως τότε αποστέλλονται ARP Announcements στο Linux δεν βρήκαμε απάντηση. Πάντως αν θέσουμε στατική διεύθυνση χειροκίνητα δεν αποστέλλονται.

2.40 Ναι. Ανακοινώνεται προς όλο το υποδίκτυο (broadcast) η νέα IPv4 διεύθυνση της συγκεκριμένης διεπαφής δικτύου (με την συγκεκριμένη MAC διεύθυνση).

2.41 Αφού ο host εκτέλεσε μια διαδικασία που άλλαξε την διεύθυνσή του ενημερώνει το υποδίκτυο πως δηλώνει ότι θα χρησιμοποιεί την διεύθυνση αυτή προκειμένου να μην την χρησιμοποιήσει άλλος.

2.42 DHCPREQUEST, DHCPACK

2.43 Το dhclient όταν το καλέσουμε ως εντολής, αν υπάρχει ήδη ενεργό δάνειο, δεν εκτελεί ανανέωση (renew) αλλά επανασύνδεση (rebind). Έτσι, βλέπουμε ότι διεύθυνση MAC προορισμού είναι η διεύθυνση broadcast ff:ff:ff:ff:ff:ff. Το dhclient δεν φαίνεται να έχει κάποια επιλογή ώστε να του ζητήσουμε να εκτελέσει renew αντί rebind. Παραμένει άγνωστο τι θα κάνει, όταν φτάσει ο χρόνος ανανέωσης T1.

Ωστόσο, γενικά, στις ανανεώσεις (renew), ο πελάτης, σύμφωνα με το RFC2131, στέλνει το DHCPREQUEST απευθείας προς τον DHCP εξυπηρετητή που του είχε εκχωρήσει την διεύθυνση (την διεύθυνση του την ξέρει από το Option Server Identifier που ο εξυπηρετητής είχε στείλει κατά την εκχώρηση στα DHCPOFFER και DHCPACK).

Συμπλήρωση: Προκειμένου να παρατηρήσουμε την συμπεριφορά της ανανέωσης, εγκαταστήσαμε ένα άλλο πρόγραμμα DHCP πελάτη, το `dhcpcd`. Με την εντολή `dhcpcd -N` εκτελέσαμε ανανέωση του δανείου. Πράγματι, τότε, βλέπουμε ότι το DHCPREQUEST αποστέλλεται απευθείας προς τον DHCP εξυπηρετητή και δεν γίνεται broadcast.

- 2.44** Όχι. Αυτό εξάλλου προβλέπεται και στην παράγραφο 4.3.2 του RFC2131 (δημιουργία DHCPREQUEST στην κατάσταση RENEWING).
- 2.45** Ο πελάτης θέτει την διεύθυνσή του (αυτή για την οποία έχει δάνειο) στο πεδίο Client IP Address (`ciaddr`). Αυτό εξάλλου προβλέπεται και στην παράγραφο 4.3.2 του RFC2131 (δημιουργία DHCPREQUEST στην κατάσταση RENEWING).
- 2.46** Στο πεδίο Your IP Address (`yiaddr`) και δεν υπάρχει διαφορά από την απάντηση του ερωτήματος 2.30
- 2.47** 0x7bf49657
- 2.48** 0x5788d4b
- 2.49** 0x690cc515
- 2.50** Σύμφωνα με το RFC2131 σκοπός του Transaction ID (`xid`) είναι ο υπολογισμός του χρόνου ισχύος του δανείου. Πιο συγκεκριμένα, ο πελάτης καταγράφει την χρονική στιγμή που στέλνει το DHCPDISCOVER (ή το DHCPREQUEST για ανανέωση) και θέτει ένα τυχαίο Transaction Id για την συγκεκριμένη διαδικασία. Έπειτα δέχεται μόνο τα DHCPOFFER, DHCPACK που έχουν Transaction Id που εθέσε προηγουμένως. Όταν λάβει DHCPACK σημειώνει ως χρόνο λήξης δανείου, την χρονική στιγμή που απέστειλε το αρχικό αίτημα + το χρονικό διάστημα ισχύος δανείου (IP Address Lease Time) που έλαβε από τον DHCP εξυπηρετητή.