

# ΕΝΟΤΗΤΑ II

## 3. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ PROTOCOL DATA UNITS (PDUs) ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ DNS

Παρακάτω θα αναλύσουμε ερωτήματα και αποκρίσεις του πρωτοκόλλου DNS το οποίο ανήκει στο 5<sup>ο</sup> επίπεδο παρουσίασης (presentation). Θα κατανοήσουμε πως τα **δεδομένα (data)** που αποτελούν το PDU στο L5, μεταφέρονται σε **τμήματα (segments)** στο L4 (μεταφοράς - transport), τα οποία εγκιβωτίζονται σε **πακέτα IPv4** (IPv4 packet encapsulation) στο L3 (δικτύου - network), τα οποία με την σειρά τους εγκιβωτίζονται μέσα σε **πλαίσια (frames)** που είναι το PDU στο L2 (ζεύξης – data link). Για την καλύτερη κατανόηση των PDUs θα σας βοηθήσει να έχετε διαθέσιμη μπροστά σας την εικόνα 1.11 από το κεφάλαιο 1, όπου υπάρχουν τα επίπεδα και τα αντίστοιχα PDU του TCP Protocol Stack.

### 3.1 Ανάλυση καταγεγραμμένης επικοινωνίας DNS

#### 3.1.1 Εργασία με αποθηκευμένο αρχείο καταγραφής

Κατεβάστε το αρχείο **dns\_capture.pcapng** από τον ιστότοπο του μαθήματος, ξεκινήστε το Wireshark και αντί για καταγραφή ανοίξτε το αρχείο που μόλις κατεβάσατε από το μενού File -> Open. Περιορίστε την εμφάνιση στις γραμμές που υπάρχει στην στήλη protocol το DNS, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο φίλτρο. Για να μελετήσετε τις δυνατότητες των φίλτρων στο Wireshark μπορείτε να ξεκινήσετε από την σελίδα <https://wiki.wireshark.org/DisplayFilters> Εκεί υπάρχουν παραδείγματα, μέσα στα οποία υπάρχει και το DNS.

11	10.367438	192.168.1.5	192.168.1.1	DNS	90 Standard query 0xd2b9 NS cnn.com OPT
12	10.421282	192.168.1.1	192.168.1.5	DNS	214 Standard query response 0xd2b9 NS cnn.com NS

>

Frame 11: 90 bytes on wire (720 bits), 90 bytes captured (720 bits) on interface 0

>

Ethernet II, Src: PcsCompu\_9b:86:a4 (08:00:27:9b:86:a4), Dst: Sercomm\_35:93:c0 (d4:21:22:35:93:c0)

>

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.5, Dst: 192.168.1.1

>

User Datagram Protocol, Src Port: 54094, Dst Port: 53

>

Domain Name System (query)

**Εικόνα 3.1:** Καταγεγραμμένο ζεύγος ερωτήματος και απόκρισης DNS

Στο πρώτο (επάνω) panel πρέπει να εμφανίζονται μόνο οι γραμμές που σας ενδιαφέρουν και μέσα σε αυτές επιλέξτε μια που το περιεχόμενο στην στήλη Info ξεκινάει από “Standard query...”. Κατόπιν εστιάστε στο δεύτερο (μεσαίο) panel του Wireshark. Στην δεύτερη γραμμή εμφανίζεται το πλαίσιο (frame) του πρωτοκόλλου 2<sup>ου</sup> επιπέδου (Data Link) στο οποίο ενθυλακώνεται ένα πακέτο (packet) του πρωτοκόλλου του 3<sup>ου</sup> επιπέδου (Network). Το δεύτερο εμφανίζεται στην αμέσως επόμενη γραμμή (τρίτη), και με την σειρά του ενθυλακώνει ένα τμήμα (segment) του πρωτοκόλλου του 4<sup>ου</sup> επιπέδου (Transport) το οποίο εμφανίζεται στην τέταρτη γραμμή. Στο segment ενθυλακώνεται ένα μήνυμα του πρωτοκόλλου του 5ου επιπέδου (Application), που στην περίπτωση μας είναι DNS και εμφανίζεται στην πέμπτη γραμμή.

### Άσκηση 3.1:

Εφαρμόστε φίλτρα πάνω στην αποθηκευμένη καταγραφή ώστε:

1. Να εμφανιστούν μόνο οι γραμμές στο πάνω πάνελ που αφορούν το πρωτόκολλο DNS
2. Το φίλτρο που εφαρμόσατε στο Wireshark με το περιεχόμενο ποιας στήλης ταιριάζει;
3. Να φιλτράρετε περαιτέρω τις γραμμές ώστε να εμφανίζονται αυτές που αφορούν το DNS αλλά έχουν διεύθυνση source 192.168.1.5

### Άσκηση 3.2:

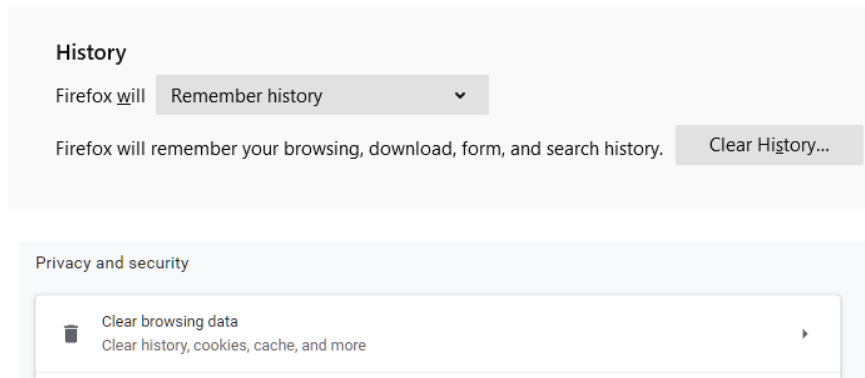
Εργαστείτε πάνω στην καταγραφή ώστε να είστε σε θέση να απαντήσετε τα παρακάτω ερωτήματα. Μπορείτε να αναπτύξετε την κάθε γραμμή στο δεύτερο (μεσαίο) panel και να δείτε δομημένη πληροφορία για ένα PDU που είναι γνωστό στο Wireshark.

1. Το μήνυμα που στέλνει ένας DNS client (πελάτης) σε έναν DNS server (εξυπηρετητή) ονομάζεται DNS query (ερώτημα) και στο Wireshark υπάρχει στο Info ως **“Standard Query ...”**. Εμφανίστε και καταγράψτε τα πεδία του δεύτερου DNS query.
2. Για κάθε επίπεδο του μοντέλου πρωτοκόλλων του TCP/IP καταγράψτε τα πρωτόκολλα που πήραν μέρος στην επικοινωνία με τον DNS server.
3. Καταγράψτε την τοπική (local) και την απομακρυσμένη (remote) IP διεύθυνση της επικοινωνίας, σκεπτόμενοι ότι το query αποστέλλεται από τον υπολογιστή μας.
4. Καταγράψτε τα port προέλευσης (source) και προορισμού (destination) που χρησιμοποιήθηκαν για το DNS query που εστάλη στον DNS server.
5. Με βάση τα δύο παραπάνω (3 και 5) σημειώστε το socket από το οποίο απέστειλε τα segments η τοπική διεργασία στον υπολογιστή μας και το socket που τα παρέλαβε η απομακρυσμένη διεργασία του DNS server.
6. Ποιο είναι το πρωτόκολλο με το οποίο μεταφέρονται τα δεδομένα του πρωτοκόλλου επιπέδου εφαρμογής DNS; Δηλαδή ποιο είναι το πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς;
7. Σε ποιο προκαθορισμένο αριθμό port αναμένει queries ένας DNS server;
8. Εντοπίστε το κείμενο της ερώτησης που γίνεται προς τον DNS server, μέσω του συγκεκριμένου query που αναλύουμε.
9. Το μήνυμα που επιστρέφει ένας DNS server σε έναν DNS client ονομάζεται DNS response (απόκριση) και στο Wireshark υπάρχει στο info ως **“Standard query response ...”**. Εντοπίστε την γραμμή στο πρώτο πάνελ για το αντίστοιχο response στο request που έχουμε ήδη αναλύσει.
10. Καταγράψτε τα socket προέλευσης (source) και προορισμού (destination) που χρησιμοποιήθηκαν για την μεταφορά της απόκρισης από τον DNS server προς τον DNS client.
11. Εμφανίστε και καταγράψτε τα πεδία του DNS response. Μέσα σε αυτά μπορείτε να βρείτε ποιοι είναι οι δηλωμένοι nameservers οι οποίοι περιέχουν τις εγγραφές για το domain που υπάρχει στο request;
12. Μπορείτε να βρείτε που βρίσκεται και ποια είναι η τιμή στο δεκαεξαδικό άθροισμα ελέγχου (checksum) για την ερώτηση και για την απάντηση;
13. Για ποιο λόγο χρειαζόμαστε ένα checksum; Η απάντηση συνδέεται με το πρωτόκολλο και το επίπεδο στο οποίο θα το βρείτε.

### 3.1.2 Καταγραφή επικοινωνίας DNS που συμβαίνει στο παρασκήνιο και η κρυφή μνήμη (DNS).

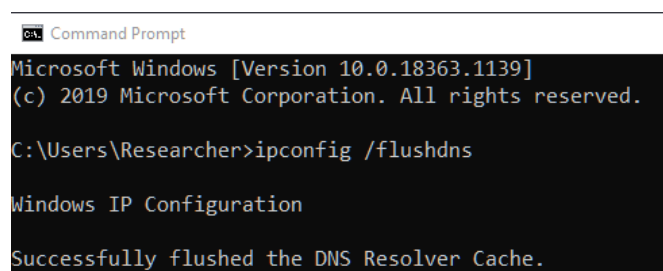
Μπορούμε να αναλύσουμε ερωτήματα DNS που λαμβάνουν χώρα στο παρασκήνιο από τις διαδικτυακές εφαρμογές που χρησιμοποιούμε. Παρακάτω θα δούμε το αρχικό στάδιο για το κατέβασμα μια ιστοσελίδας κατά το οποίο πρέπει να βρεθεί η διεύθυνση IPv4. Σε επόμενα βήματα σε συνδυασμό με την αντίστοιχη θύρα, το απομακρυσμένο socket χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα δεδομένα του επιπέδου παρουσίασης όπως HTML, CSS, εικόνες, κ.α. από τον εξυπηρετητή Web.

Κλείστε εντελώς όλα τα παράθυρα του browser που χρησιμοποιείτε. Κατόπιν εκκινήστε τον browser και ανοίξτε μια νέα καρτέλα ιδιωτικής περιήγησης (Firefox: Private Window, Chrome: Incognito Window). Αυτό γίνεται ώστε να μπορείτε να επαναλάβετε την διαδικασία, καθώς οι browsers θα επιστρέψουν μια σελίδα που έχετε επισκεφτεί από την τοπική κρυφή μνήμη (browser cache) που συντηρείται στον δίσκο σας. Εναλλακτικά αν δεν καταγράψετε δεδομένα, πρέπει να εκκαθαρίσετε την browser cache με τον αντίστοιχο χειρισμό.



**Εικόνα 3.2:** Εκκαθάριση ιστορικού από τις ρυθμίσεις Firefox (επάνω) και Chrome κάτω.

Εκτός αυτού τα λειτουργικά συστήματα έχουν και κρυφή μνήμη για αιτήματα και αποκρίσεις DNS, την DNS cache. Πρέπει να την καθαρίσετε για να εκτελεστεί ξανά το ίδιο ερώτημα DNS. Στα Windows εκτελούμε από την γραμμή εντολών `ipconfig /flushdns` και στο Linux την `sudo system-resolve -flush-caches` για εκκαθάριση και κατόπιν για επιβεβαίωση `sudo systemd-resolve -statistics`.



**Εικόνα 3.3:** Εκκαθάριση της dns cache σε Windows.

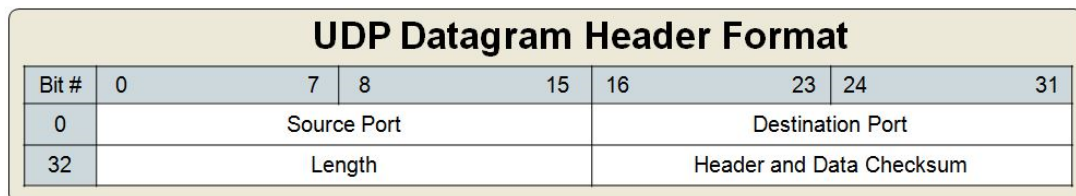
### Άσκηση 3.3: Διαδικασία DNS resolution (αποσαφήνισης) κατά την λειτουργία του web browser: (1/2) - DNS Query

Ξεκινήστε μια νέα καταγραφή με το Wireshark. Γράψτε στη γραμμή URL **www.google.com** και αφού εμφανιστεί η σελίδα σταματήστε την καταγραφή του Wireshark. Εφαρμόστε το κατάλληλο φίλτρο για να βλέπετε μόνο τις γραμμές DNS. Αν δεν εμφανιστούν μετά την εφαρμογή του φίλτρου, είναι επειδή βρέθηκε σε κάποιες από τις cache. Αναλύστε την καταγραφή:

1. Καταγράψτε την IPv4 διεύθυνση και τη φυσική διεύθυνση (MAC address) του υπολογιστή σας από το πρώτο DNS query που υπάρχει.
2. Καταγράψτε την IPv4 διεύθυνση και την φυσική διεύθυνση (MAC address) του DNS server που διεκπεραίωσε το αίτημα σας.
3. Τρέξτε την εντολή `ipconfig /all` και βρείτε την διεύθυνση IP από το 2 μέσα στις ρυθμίσεις ενός από τα NIC του συστήματός σας. Παρατηρείτε την ίδια διεύθυνση και σε κάποιο άλλο πεδίο, ιδιαίτερα αν είναι εσωτερική διεύθυνση στο δίκτυο σας;
4. Αναπτύξτε την γραμμή που εμφανίζει το πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς (transport). Για χρήση με το DNS είναι πάντα το UDP. Έχει μικρή κεφαλίδα όπως φαίνεται στις εικόνες 3.4 και 3.5

0000	d4	21	22	35	93	c0	08	00	27	9b	86	a4	08	00	45	00
0010	00	52	65	2a	00	00	80	11	00	00	c0	a8	01	05	c0	a8
0020	01	01	d3	4d	00	35	00	3e	83	a6	b2	85	01	20	00	01
0030	00	00	00	00	00	01	09	6b	61	73	70	65	72	73	6b	79
0040	03	63	6f	6d	00	00	02	00	01	00	00	29	10	00	00	00
0050	00	00	00	0c	00	0a	00	08	82	b0	81	9c	84	75	5b	bc

**Εικόνα 3.4:** Η κεφαλίδα του UDP σε raw δεκαεξαδική μορφή, υπερφωτίζεται στο τρίτο panel (κάτω) του Wireshark εφόσον κάνουμε κλικ στην αντίστοιχη γραμμή για το πρωτόκολλο μεταφοράς.



**Εικόνα 3.5:** Η διαμόρφωση των 64 bits της κεφαλίδας UDP με τα πεδία από-ως bit, τα οποία εμφανίζει το Wireshark προς τον χρήστη σε δομημένη μορφή.

5. Συμπληρώστε τα παρακάτω πεδία που εμφανίζονται στο Wireshark, εντοπίζοντας τα παράλληλα και στα raw bytes του τρίτου panel:

Source IP Address		Source Port	
Destination IP Address		Destination Port	
Source MAC Address			
Destination MAC Address			
Frame Size:			

### Άσκηση 3.4: Διαδικασία DNS resolution (αποσαφήνισης) κατά την λειτουργία του web browser: (2/2) DNS response.

Εντοπίστε το κατάλληλο DNS response για το query που έγινε κατά την εκτέλεση της άσκησης 3.2 και αφορούσε το **www.google.com** . Παρατηρείστε ότι η απάντηση είναι πάντα μεγαλύτερη από το ερώτημα που θέσατε.

1. Ποιες είναι τώρα οι φυσικές διευθύνσεις του αποστολέα και του παραλήπτη;
2. Σε ποιες συσκευές αντιστοιχούν (αντιπαραβάλετε τις πληροφορίες σε σχέση με το DNS query).
3. Τι παρατηρείτε για τις διευθύνσεις IPv4 μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη; Ισχύει το ίδιο και για τις ports που χρησιμοποιήθηκαν ;
4. Ποια είναι πιστεύετε η χρησιμότητα του UDP ως πρωτόκολλο μεταφοράς για το DNS σε σχέση με το TCP που ονομάζει τη σουίτα των πρωτοκόλλων του Internet; Αφού προσπαθήσετε να δώσετε την απάντηση, κοιτάξτε το υπόμνημα από την θεωρία στην παράγραφο 3.1.5.

#### 3.1.3 Χρήσιμες τεχνικές για την αποδοτικότερη χρήση του Wireshark

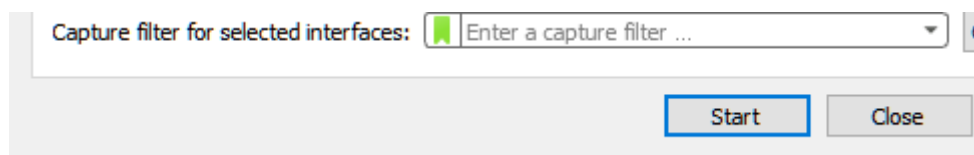
##### Capture Filter

Για να περιορίσουμε την καταγραφή μας μπορούμε να κάνουμε εφαρμόσουμε ένα φίλτρο καταγραφής (Capture Filter) είτε κατά την εκκίνηση του Wireshark είτε αφού έχει γίνει μια καταγραφή και πριν πατήσουμε το πλήκτρο ώστε να ξεκινήσει η επόμενη.



Εικόνα 3.6: Πεδίο Capture Filter κατά την εκκίνηση του Wireshark

Στην δεύτερη περίπτωση επιλέγουμε το μενού Capture -> Options ώστε να εμφανιστεί το παράθυρο “Wireshark – Capture Interfaces” και γράφουμε στο πεδίο Capture filter for selected interfaces : **port 53**. Με την συγκεκριμένη επιλογή θα καταγράψει μόνο μεταφορά από την port του DNS. Ανάλογα θα μπορούσαμε να κάνουμε για οποιοδήποτε άλλο πρωτόκολλο χρησιμοποιώντας την port στην οποία λειτουργεί, από την λίστα γνωστών ports<sup>1</sup>.

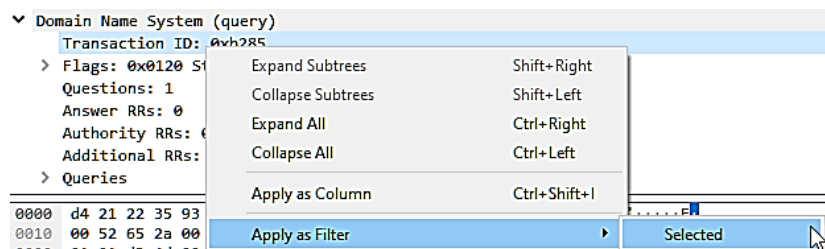


Εικόνα 3.7: Πεδίο Capture Filter από το παράθυρο Wireshark – Capture Interfaces

<sup>1</sup> [https://www.wikiwand.com/en/List\\_of\\_TCP\\_and\\_UDP\\_port\\_numbers](https://www.wikiwand.com/en/List_of_TCP_and_UDP_port_numbers)

## Apply as Filter

Για να βρούμε το response από τον DNS server πηγαίνουμε στο μεσαίο panel αφού έχουμε επιλέξει request και επεκτείνουμε τις πληροφορίες τους επιπέδου εφαρμογής. Βρίσκουμε το πεδίο **Transaction ID** και ενώ το έχουμε επιλεγμένο κάνουμε δεξί κλικ στο ποντίκι ώστε να εμφανιστεί το context menu και από τις επιλογές διαλέγουμε **Apply as Filter** και μετά **Selected**. Αυτός ο χειρισμός μπορεί να γίνει πάνω σε οποιοδήποτε πεδίο πληροφορίας για οποιοδήποτε πρωτόκολλο αναγνωρίζει το Wireshark.



**Εικόνα 3.8:** Το context menu που εμφανίζεται στα πεδία πληροφοριών πρωτοκόλλου και η εφαρμογή φίλτρου από πληροφορία που εμφανίζει το Wireshark.

Μπορούμε τώρα να απομονώσουμε τις αποκρίσεις επιλέγοντας από μια απόκριση το **Flags** και κατόπιν **Apply as Filter -> Selected**

## Apply as Column

Για να καταγράψουμε τους χρόνους απόκρισης στα ερωτήματα DNS μπορούμε να επιλέξουμε μια απόκριση και να βρούμε το χρόνο στο πεδίο [Response In: {χρόνος}]. Από το context menu των πεδίων πληροφορίας μπορούμε να επιλέξουμε **Apply as Column** και έτσι να δούμε το χρόνο απόκρισης σε όλες τις απαντήσεις των queries σε μια νέα στήλη στο πρώτο panel. Αφαιρώντας τα φίλτρα οι στήλες παραμένουν και έτσι μπορούμε να δούμε όλους τους χρόνους απόκρισης στα DNS queries.

## Edit Column

Μπορούμε επίσης να αλλάξουμε την εμφάνιση και τα περιεχόμενα μιας στήλης, π.χ. της Time σε ότι επιθυμούμε. Αφού τοποθετήσουμε τον δείκτη πάνω στην κεφαλίδα της στήλης και κάνουμε δεξί κλικ με το ποντίκι εμφανίζεται ένα context menu για τις στήλες όπου υπάρχει η επιλογή **Edit Column**. Εκεί στο πεδίο Title μπορείτε να δώσετε τον επιθυμητό τίτλο.

## Sort Column

Με αριστερό κλικ πάνω στην κεφαλίδα της στήλης ταξινομείται είτε σε φθίνουσα ή αύξουσα σειρά η οποία γίνεται αντιληπτή από ένα βέλος που δείχνει προς την μικρότερη τιμή

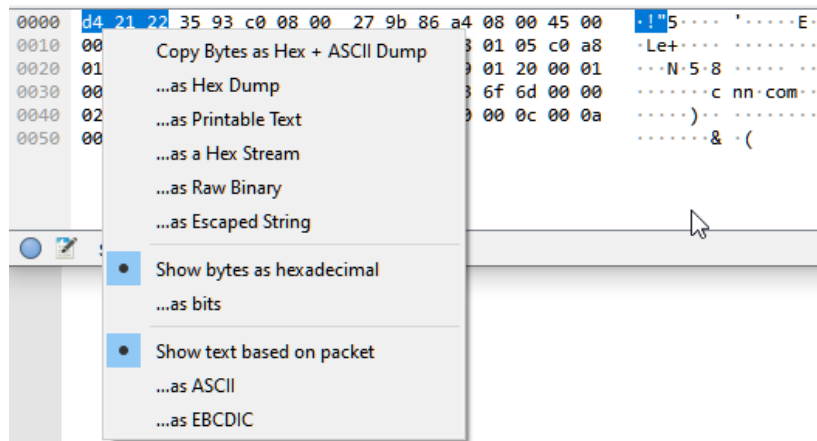
No. ^	No. v
1	76
2	75

**Εικόνα 3.9:** Αύξουσα και φθίνουσα ταξινόμηση στην στήλη με τον αύξων αριθμό του καταγεγραμμένου frame.



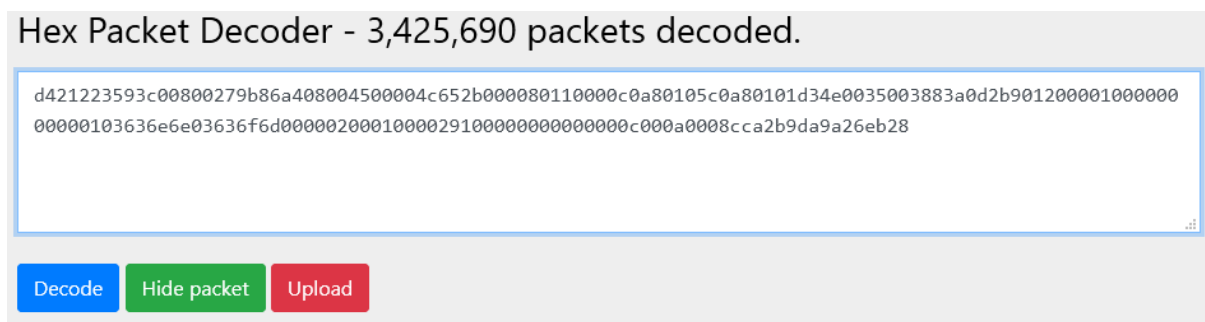
### 3.1.4 Ανάλυση ενός πλαισίου (frame).

Η κάθε γραμμή στο Wireshark αντιστοιχεί σε ένα πλαίσιο (frame) που διακινήθηκε από και προς το επιλεγμένο NIC στο οποίο έτρεξε η καταγραφή. Μπορούμε να αντιγράψουμε τα bytes ή octets του σε δεκαεξαδική μορφή τοποθετώντας τον δείκτη του ποντικιού πάνω στην δεκαεξαδική εμφάνιση τους στο τρίτο (κάτω) panel, δεξί κλικ για το context menu, επιλογή **(Copy) ... as Hex Stream**.



Εικόνα 3.10: Εξαγωγή καταγεγραμμένων bytes από το Wireshark.

Κατόπιν μπορούμε να επικολλήσουμε την δεκαεξαδική μορφή σε οποιοδήποτε επεξεργαστή κειμένου ώστε να την αποθηκεύσουμε σε αρχείο. Θα χρησιμοποιήσουμε το online εργαλείο ανάλυσης πλαισίου Hex Packet Decoder <https://hpd.gasmi.net/> στο οποίο μπορούμε να επικολλήσουμε απευθείας ένα οποιοδήποτε string που περιέχει hex bytes.



Εικόνα 3.11: Επικόλληση δεκαεξαδικής ροής στο εργαλείο ανάλυσης πακέτων HPD v3.1

Εφόσον το string αντιστοιχεί σε ένα έγκυρο πακέτο θα εμφανίσει τον εγκιβωτισμό των PDUs στα διαφορετικά επίπεδα, χρωματίζοντας τα bytes που προστίθενται από αυτά ξεκινώντας από τα δεδομένα του επιπέδου παρουσίασης (L5) προς το επίπεδο ζεύξης (L2). Θα εμφανιστεί ένα υπόμνημα όπως το παρακάτω.

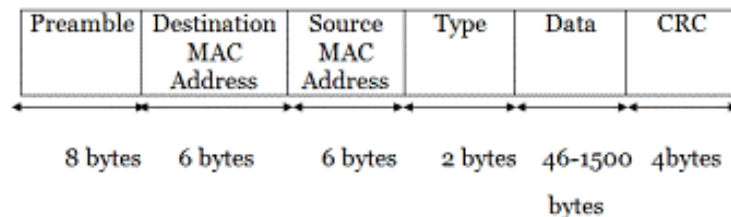


Εικόνα 1.12: Χρωματισμός που επιδεικνύει τον εγκιβωτισμό των PDUs στο Εφαρμογής (κίτρινο), Μεταφοράς (πράσινο), Δικτύου (μπλε) και Ζεύξης (πορτοκαλί).

### Άσκηση 3.5: Κατατόπιση στα πεδία των κεφαλίδων που υπάρχουν σε PDUs

Κατεβάστε το αρχείο **frame\_example.pdf** από τον ιστότοπο του μαθήματος αντιγράψτε τα bytes στο online εργαλείο HPD. Προσπαθήστε να βρείτε την θέση των πεδίων αντίστοιχα με τις περιγραφές των κεφαλίδων των PDUs που υπάρχουν στις εικόνες 3.13, 3.14, 3.15 και 3.5 (για UDP). Κινήστε το ποντίκι πάνω στα bytes. Ποιες πληροφορίες μπορείτε να πάρετε από αυτό το εργαλείο;

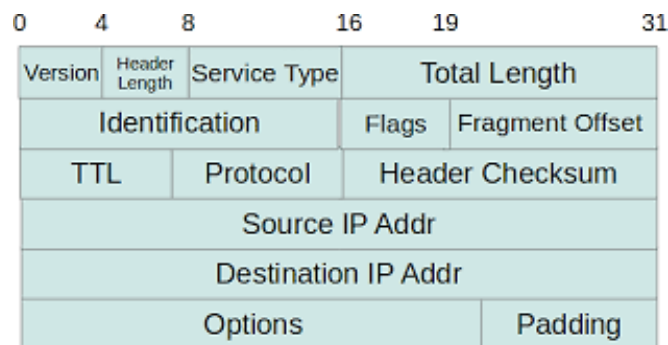
#### Frame Header



Εικόνα 3.13: Bytes σε κάθε πεδίο για πλαίσιο Ethernet.

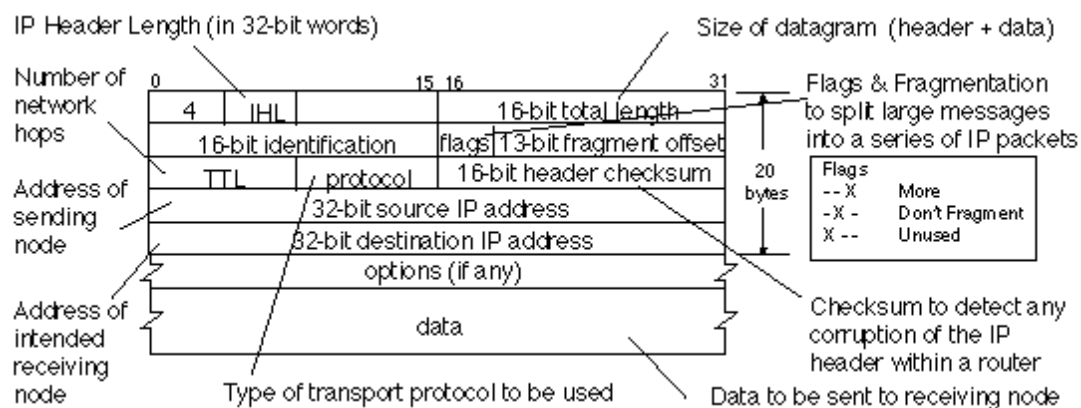
Σημειώνεται ότι στα δεδομένα που διέρχονται από ένα NIC και καταγράφονται με χρήση λογισμικού δεν υπάρχει το Preamble και το CRC.

#### IPv4 Header



Εικόνα 3.14: Bytes σε κάθε πεδίο για πακέτο IPv4, με κάθε γραμμή να αντιστοιχεί σε 32 bytes.

#### IPv4 Header με επεξηγήσεις



Εικόνα 3.15: Bytes σε κάθε πεδίο για πακέτο IPv4, με επεξηγήσεις.



1. Ποιο είναι το μέγεθος των δεδομένων του επιπέδου εφαρμογής; Από ποιο πεδίο μπορούμε να το βρούμε. Υπάρχει η δυνατότητα να συνδυάσουμε και άλλο πεδίο και να βρούμε την ίδια απάντηση;
2. Θυμηθείτε τις ρυθμίσεις δικτύου στο CPT που είδατε στο κεφάλαιο 2: Μπορούμε από τις πληροφορίες που διαβάζουμε να κρίνουμε ότι είμαστε στο ίδιο υποδίκτυο; Τι χρειαζόμαστε για να είμαστε σίγουροι;
3. Γνωρίζοντας την διεύθυνση IPv4 του αποστολέα και του παραλήπτη, μπορούμε να έχουμε την πληροφορία του default gateway από την πλευρά του αποστολέα ή του παραλήπτη συνδυάζοντας πληροφορίες από το πλαίσιο που εξετάζουμε;

### 3.1.5 Υπόμνημα: Πρωτόκολλο UDP

Το UDP ως πρωτόκολλο μεταφοράς παρέχει γρήγορη εγκαθίδρυση της συνόδου (session) μεταφοράς, γρήγορη απόκριση, ελάχιστη επιβάρυνση σε πλήθος bytes, δεν χρειάζεται επαναπροσπάθειες (επειδή θεωρούμε αισιόδοξα ότι θα μεταφερθεί χωρίς προβλήματα), δεν υπάρχει επανασυναρμολόγηση (επειδή δεν γίνεται κατακερματισμός) και δεν απαιτεί παραλαβή μιας επιβεβαίωσης λήψης (acknowledgement).

#### **4. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕ TCP ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ HTTP.**