

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^ο επίπεδο εφαρμογής (application). 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^{ου} επιπέδου (Data Link) στο οποίο ενθυλακώνεται ένα πακέτο (packet) του πρωτοκόλλου του 3^{ου} επιπέδου (Network). Το δεύτερο εμφανίζεται στην αμέσως επόμενη γραμμή (τρίτη), και με την σειρά του ενθυλακώνει ένα τμήμα (segment) του πρωτοκόλλου του 4^{ου} 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:

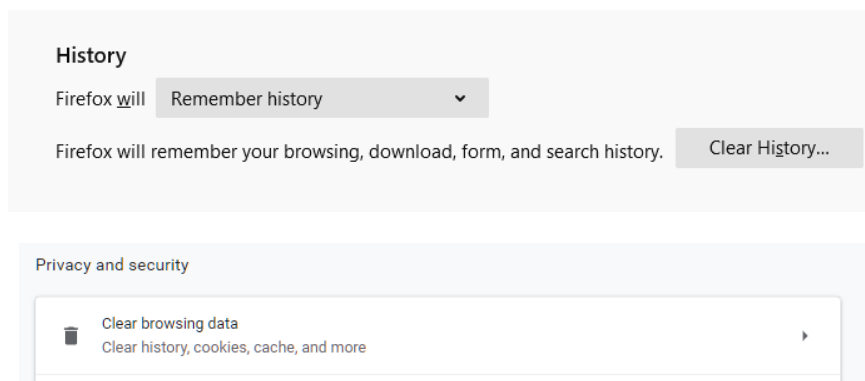
Εργαστείτε πάνω στην καταγραφή ώστε να είστε σε θέση να απαντήσετε τα παρακάτω ερωτήματα. Μπορείτε να αναπτύξετε την κάθε γραμμή στο δεύτερο (μεσαίο) panel και να δείτε δομημένη πληροφορία για ένα PDU που είναι γνωστό στο Wireshark.

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 {ένας δεκαεξαδικός αριθμός} ...”**. Εμφανίστε και καταγράψτε τα πεδία του δεύτερου DNS query.
2. Στην συγκεκριμένη γραμμή καταγραφής και 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 4) 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 {ένας δεκαεξαδικός αριθμός} ...”**. 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).

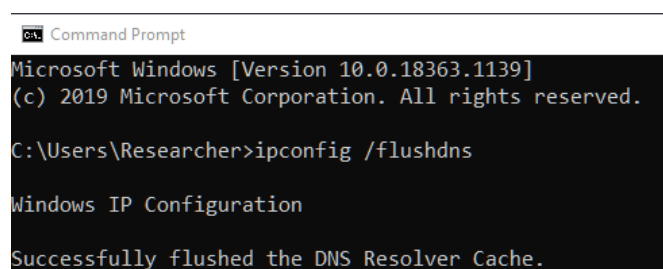
Μπορούμε να αναλύσουμε ερωτήματα DNS που λαμβάνουν χώρα στο παρασκήνιο από τις διαδικτυακές εφαρμογές που χρησιμοποιούμε. Παρακάτω θα δούμε το αρχικό στάδιο για το κατέβασμα μια ιστοσελίδας κατά το οποίο πρέπει να βρεθεί η διεύθυνση IPv4. Σε επόμενα βήματα σε συνδυασμό με την αντίστοιχη θύρα, το απομακρυσμένο 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.

UDP Datagram Header Format								
Bit #	0	7	8	15	16	23	24	31
0	Source Port				Destination Port			
32	Length				Header and Data Checksum			

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 προηγούμενης άσκησης 3.3 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

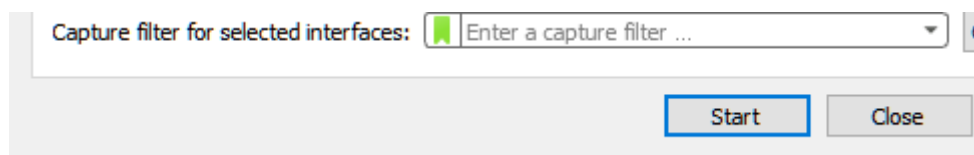
Capture Filter

Για να περιορίσουμε την καταγραφή μας μπορούμε να 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 ports¹.

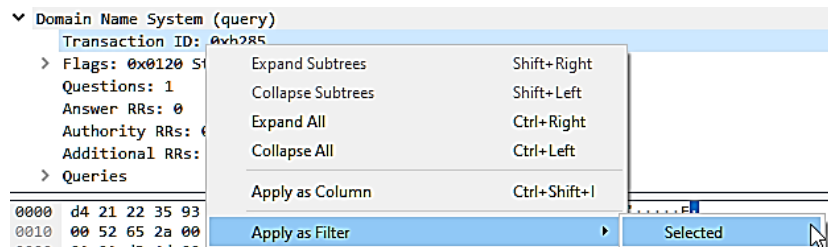


Εικόνα 3.7: Πεδίο Capture Filter από το παράθυρο Wireshark – Capture Interfaces

¹ 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

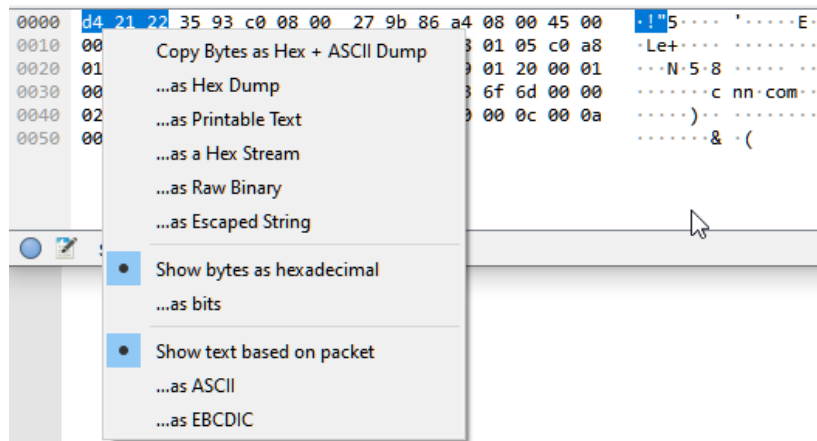
Με αριστερό κλικ πάνω στην κεφαλίδα της στήλης ταξινομείται είτε σε φθίνουσα ή αύξουσα σειρά η οποία γίνεται αντιληπτή από ένα βέλος που δείχνει προς την μικρότερη τιμή

No. ^	No. v
1	76
2	75

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

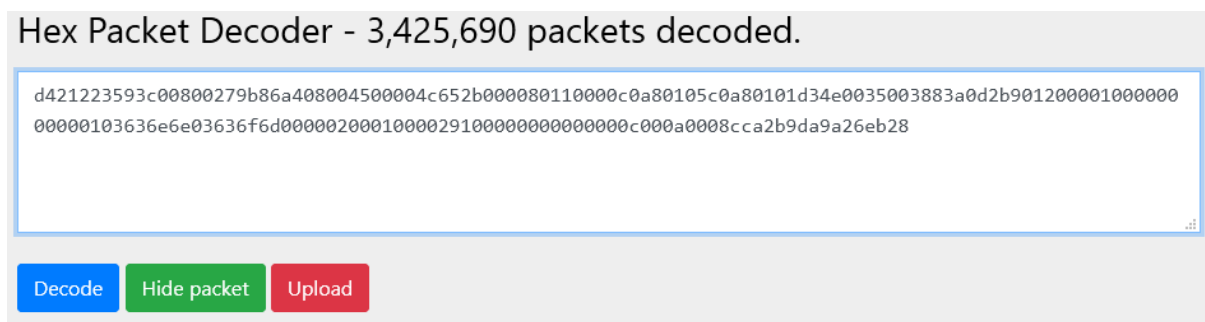
3.1.4 Ανάλυση ενός πλαισίου (frame).

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.

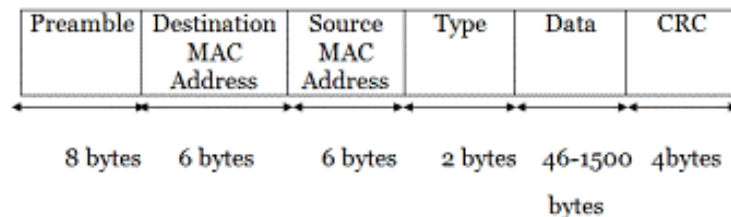


Εικόνα 1.12: Χρωματισμός που επιδεικνύει τον εγκιβωτισμό των PDUs στο Εφαρμογής (κίτρινο), Μεταφοράς (πράσινο), Δικτύου (μπλε) και Ζεύξης (πορτοκαλί).

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;

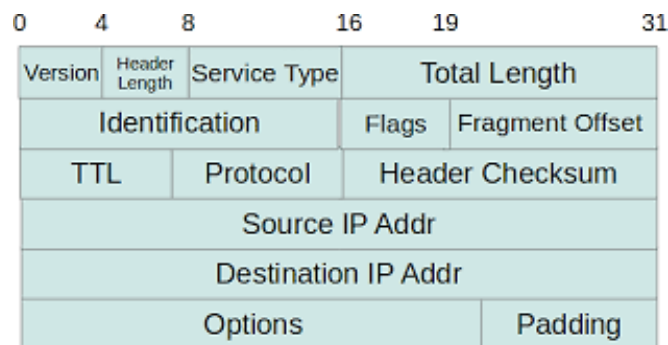
Frame Header



Εικόνα 3.13: Bytes σε κάθε πεδίο για πλαίσιο Ethernet.

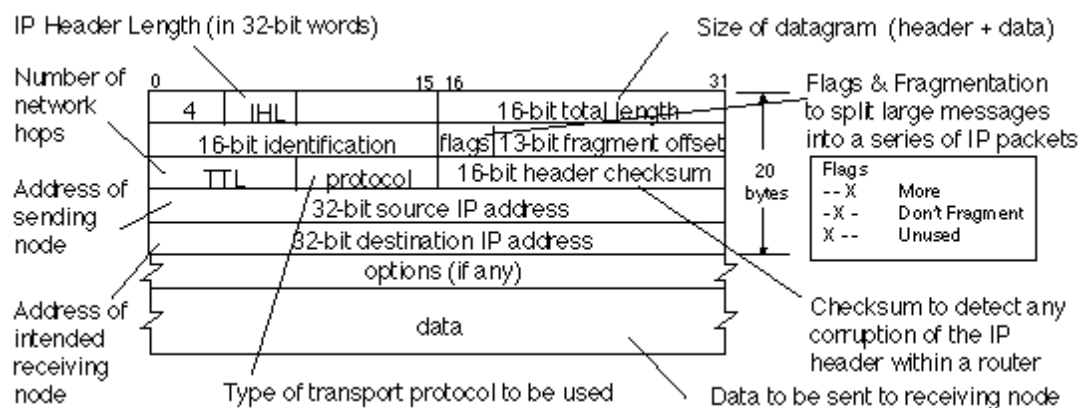
Σημειώνεται ότι στα δεδομένα που διέρχονται από ένα NIC και καταγράφονται με χρήση λογισμικού δεν υπάρχει το Preamble και το CRC.

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).

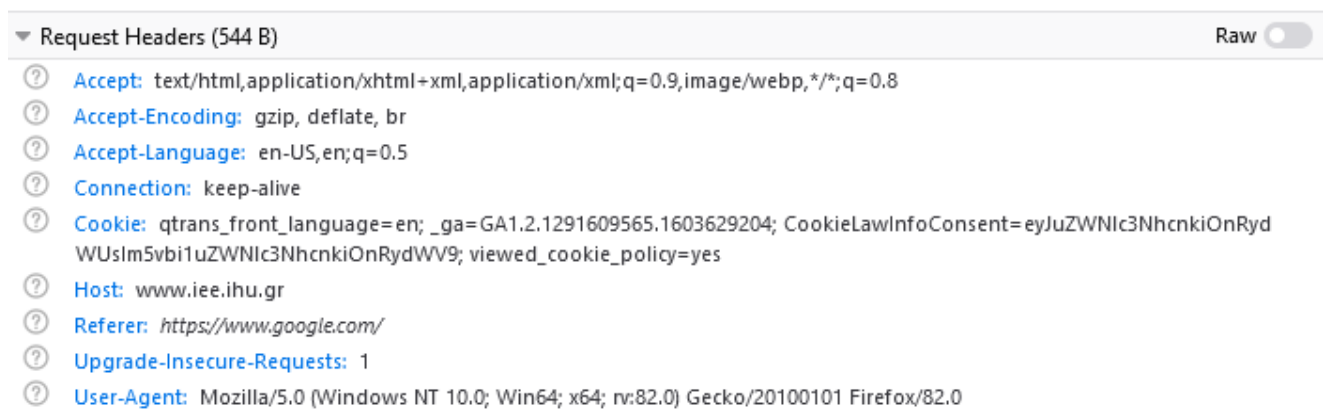
4. ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΜΕ TCP ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ HTTP.

4.1 Τα επίπεδα της στοίβας TCP/IP στον παγκόσμιο ιστό (world wide web)

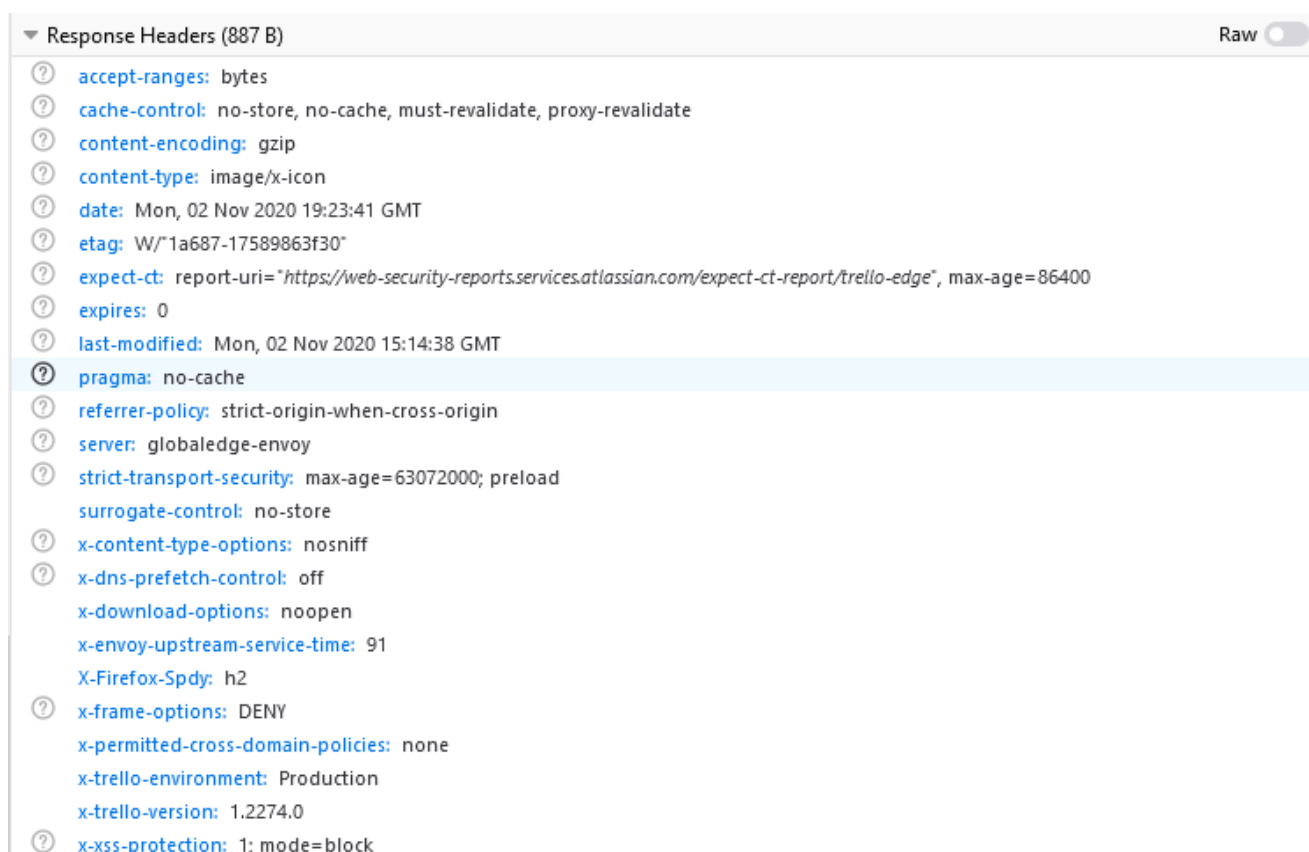
4.1.1 Το επίπεδο εφαρμογής

Μία διεργασία, που υλοποιεί κάποιο πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής (presentation - L5) διακινεί δεδομένα μέσω του δικτύου, έχοντας ως αποδέκτη μια άλλη διεργασία που υλοποιεί το ίδιο πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής. Οι σχέση των δύο διεργασιών ως προς την μεταξύ τους επικοινωνία περιγράφεται από το μοντέλο **πελάτη-εξυπηρετητή (client-server)**, μια κατανεμημένη αρχιτεκτονική εφαρμογών κατά την οποία ο server προσφέρει υπηρεσίες που εξυπηρετούν τον client.

Η μονάδα πληροφορίας πρωτοκόλλου (protocol data unit - PDU) στο επίπεδο εφαρμογής είναι τα δεδομένα (data) που ανταλλάσσονται μεταξύ client και server. Τα δεδομένα αυτά μπορεί να είναι δυαδικά (binary), π.χ. εικόνες JPEG/PNG, απλό κείμενο (text), κείμενο κάποιας δομημένης μορφής, π.χ. HTML, κομμάτι ροής πολυμέσων, π.χ. video frames, κ.α. Τα PDU σε κάθε επίπεδο, επισυνάπτουν κεφαλίδες (headers) με πληροφορίες οργανωμένες σε πεδία, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του διαλόγου μεταξύ των διεργασιών. Στην περίπτωση του πρωτοκόλλου HTTP το οποίο χρησιμοποιείται στον παγκόσμιο ιστό για κατέβαση ιστοσελίδων από τον server (έναν ιστότοπο) σε έναν client (έναν browser) έχουμε προκαθορισμένα πεδία στα αιτήματα και στις αποκρίσεις, αλλά και προσαρμοσμένα πεδία που προσθέτουν οι εφαρμογές web.



Εικόνα 4.1: HTTP request headers όταν ανοίγουμε την ιστοσελίδα του τμήματος από τα αποτελέσματα αναζήτησης στο Google. Το πεδίο referrer δείχνει σε ποιο URL υπήρχε ο σύνδεσμος που ακολουθήσαμε ώστε να δημιουργηθεί το αίτημα προς τον ιστότοπο που καθορίζεται στο πεδίο Host.



Εικόνα 4.2: HTTP response headers για το εικονίδιο της web εφαρμογής Trello. Στο πεδίο content-type καθορίζεται ότι τα δεδομένα που κατεβαίνουν στον browser είναι εικόνας (δυναμικά) και τύπου .ico. Παρατηρούμε ότι η εφαρμογή προσθέτει τα προσαρμοσμένα πεδία x-trello-environment και x-trello-version.

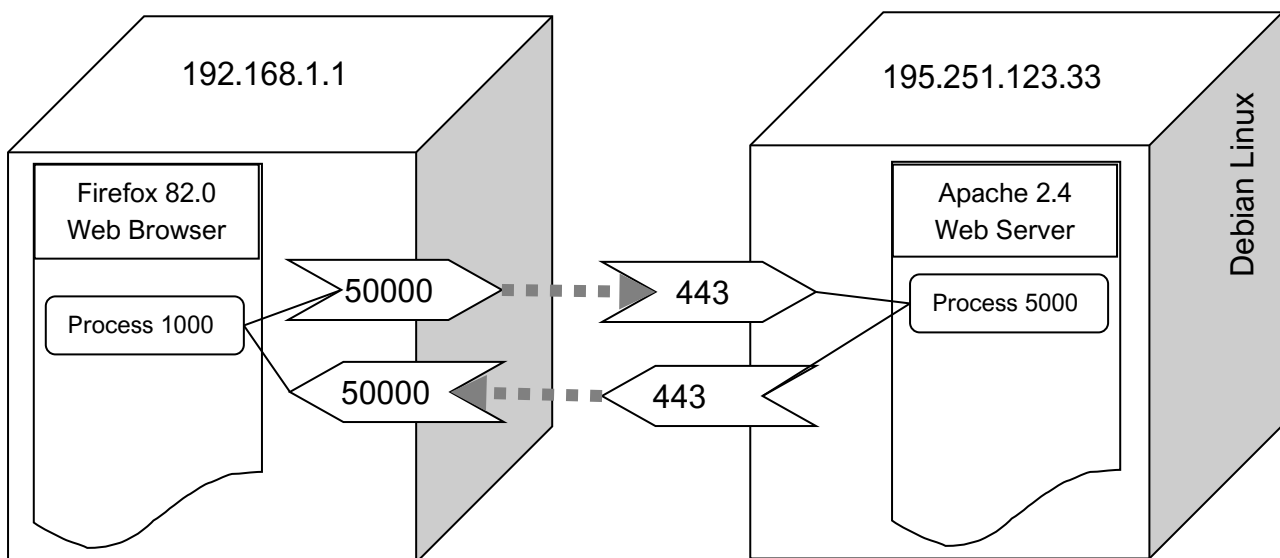
Σε ένα αίτημα HTTP (HTTP request) προς μια διεργασία web server το πεδίο κεφαλίδας User-Agent γνωστοποιεί τον τύπο της διεργασίας client, δηλαδή ποιον web browser χρησιμοποιεί ο χρήστης που ζητάει την ιστοσελίδα. Στην εικόνα 4.1 φαίνεται ότι το αίτημα προέρχεται από Firefox v82.0. Αυτό μπορεί στην συνέχεια να χρησιμοποιηθεί από την πλευρά του server ώστε να στείλει διαφορετική απόκριση (HTTL response) ανάλογα με το αν έχουμε έναν web browser για desktop ή για mobile.

Στην κεφαλίδα του HTTP response στο πεδίο Server υπάρχει το είδος και η έκδοση του web server που εξυπηρετεί το αίτημα. Από την σκοπιά του τομέα της Ασφάλειας Ιστού (Web Security) μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποιον για να ελέγξει αν ένας web server είναι πλήρως ενημερωμένος στην τελευταία έκδοση. Στην εικόνα 4.2 παρατηρούμε ότι δεν βλέπουμε τον τύπο του πραγματικού web server (Apache/IIS/Nginx) αλλά globaledge-envoy το οποίο είναι ένα proxy που αναλαμβάνει να στείλει την απάντηση αποκρύπτοντας τον πραγματικό serve.

Γενικά οι κεφαλίδες υποδεικνύουν αν το μήνυμα είναι μία ερώτηση, απάντηση, αλλά και την μορφή των δεδομένων που ανταλλάσσουν οι δύο διεργασίες. Οποιοδήποτε πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής ορίζει ρητά το/τα πρωτόκολλο(-α) που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των δεδομένων μέσω του επιπέδου μεταφοράς.

4.1.2 Το επίπεδο μεταφοράς

Τα πρωτόκολλα επιπέδου μεταφοράς (transport - L4) εξυπηρετούν την μεταφορά δεδομένων που ζητείται από τα πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής. Τα PDU του L4 επισυνάπτουν πάνω στα δεδομένα του L5 πληροφορίες. Οι υπηρεσίες του L4 είναι υλοποιημένες ως τμήμα του λειτουργικού συστήματος (operating system - OS). Καλώντας αυτές από ανώτερου επιπέδου (higher level) γλώσσες προγραμματισμού τα δεδομένα μεταφέρονται από την διεργασία που τρέχει στον τοπικού υπολογιστή, προς μια διεργασία που τρέχει στον απομακρυσμένο υπολογιστή. Μια εφαρμογή έχει πολλές διεργασίες για επιτυγχάνει πολυεπεξεργασία, έχοντας μια όταν υλοποιεί γραφική διεπαφή χρήστη (graphical user interface – GUI) και τουλάχιστον μια όταν παράλληλα υλοποιεί και την διαδικτυακή επικοινωνία.



Εικόνα 4.3: Σχηματική απεικόνιση μεταφοράς δεδομένων μεταξύ δύο διεργασιών. Στα αριστερά μια διεργασία του Firefox σε λειτουργικό Windows 10 και στα δεξιά μια διεργασία του server του ιστότοπου της σχολής. Οι αριθμοί πάνω στα βέλη αντιστοιχούν σε τοπικές και απομακρυσμένες θύρες (ports).

Ενώ στο επίπεδο δικτύου γίνεται προσπάθεια για μεταφορά πακέτων (packets) μεταξύ δύο hosts, στο επίπεδο μεταφοράς γίνεται μεταφορά τμημάτων (segments) μεταξύ διεργασιών που τρέχουν μέσα στους hosts. Αυτή η επέκταση λέγεται **πολύπλεξη (multiplexing)** και **αποπολύπλεξη επιπέδου μεταφοράς (transport-layer demultiplexing)**. Για την αναγνώριση των διεργασιών που ανταλλάσσουν segments στο επίπεδο μεταφοράς υπάρχουν τα sockets. Σύμφωνα με το αρχικό πρότυπο RFC 147 προβλέπεται ένας 32bit αριθμός αναγνώρισης, αλλά θεωρούνται επίσης στην βιβλιογραφία ως συνδυασμός IP/Port, ο οποίος χρησιμοποιείται στην ανάπτυξη εφαρμογών TCP/IP.

Το επίπεδο δικτύου δεν εγγυάται την ακεραιότητα των πληροφοριών που μεταφέρονται, ούτε την μεταφορά των πακέτων με την σωστή σειρά. Υλοποιεί δηλαδή μια **υπηρεσία καλύτερης προσπάθειας (best-effort delivery service)**. Αυτά υλοποιούνται στο επίπεδο μεταφοράς με τα πρωτόκολλα TCP και UDP.

Επίπεδο Μεταφοράς (L4)

	TCP	UDP
Παράδοση από διεργασία σε διεργασία.	NAI	NAI
Έλεγχος σφαλμάτων.	NAI	NAI
Εγγύηση για την σωστή παραλαβή των δεδομένων του επιπέδου εφαρμογής (L5).	NAI	OXI
Εγγύηση για την σωστή σειρά λήψης των τμημάτων (L3).	NAI	OXI
Έλεγχος συμφόρησης.	NAI	OXI

Επίπεδο Δικτύου (L3)

	IP
Παράδοση από σύστημα σε σύστημα.	NAI
Έλεγχος σφαλμάτων.	Προαιρετικός
Εγγύηση για την σωστή παραλαβή των τμημάτων του επιπέδου μεταφοράς (L4)	OXI
Εγγύηση για την σωστή σειρά λήψης των πακέτων (L3).	OXI
Έλεγχος συμφόρησης.	OXI

Εικόνα 4.4: Σύγκριση χαρακτηριστικών των πρωτοκόλλων TCP, UDP και IP

Επιπρόσθετα το πρωτόκολλο TCP μπορεί να κατατμήσει τα δεδομένα σε πολλά τμήματα (segments) τα οποία εν δυνάμει μεταφέρονται χωρίς να κρατούν την σωστή σειρά. Στον παραλήπτη διασφαλίζεται από το TCP ότι τα δεδομένα του 5^{ου} επιπέδου θα επανασυναρμολογηθούν από τα διάφορα τμήματα τους.

4.2 Ανάλυση επικοινωνίας HTTP με Wireshark

Άσκηση 4.1: Ανάλυση καταγεγραμμένης επικοινωνίας HTTP.

4.2.1 Εργασία με αποθηκευμένο αρχείο καταγραφής

Κατεβάστε το αρχείο **http_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. Εντοπίστε τις γραμμές που περιέχουν στην στήλη protocol το HTTP με χρήση του κατάλληλου φίλτρου. Επιλέξτε την γραμμή που στην στήλη πληροφορίες (Info) υπάρχει το μήνυμα **"GET / HTTP/1.1"**.

Εστιάστε στο μεσαίο panel του Wireshark. Η πρώτη γραμμή ξεκινάει με την λέξη Frame. Στην δεύτερη εμφανίζεται το πλαίσιο του πρωτοκόλλου Ethernet II του 2ου επιπέδου, στο οποίο ενθυλακώνεται ένα πακέτο του πρωτοκόλλου IPv4 του 3ου επιπέδου (τρίτη γραμμή). Σε αυτό ενθυλακώνεται ένα segment του πρωτοκόλλου TCP του 4ου επιπέδου (τέταρτη γραμμή), στο οποίο περιέχεται ένα αίτημα του πρωτοκόλλου HTTP του 5ου επιπέδου (πέμπτη γραμμή). Σε συγκεκριμένες καταστάσεις ο αριθμός του επιπέδου (π.χ. 4^ο) μπορεί να μην συμπίπτει με την θέση στο μεσαίο πάνελ.

Αναπτύξτε την αντίστοιχη γραμμή για να πάρετε τις πληροφορίες που ζητούνται από το πρωτόκολλο εφαρμογής. Την επικοινωνία τύπου client-server την ξεκινά το πρόγραμμα πελάτη. Το HTTP χρησιμοποιεί TCP για την μεταφορά και ο client εκκινεί αρχικά μια σύνδεση TCP με τον εξυπηρετητή. Αφού γίνει η σύνδεση οι διεργασίες του πελάτη και του εξυπηρετητή έχουν προσπέλαση στο TCP μέσω των διεπαφών που έχουν τα socket τους. Έτσι ο πελάτης στέλνει μηνύματα αιτήσεων (requests) HTTP στη διεπαφή socket και λαμβάνει μηνύματα απόκρισης (response) HTTP από τη διεπαφή socket.

4.2.2 Ανάλυση μηνύματος αίτησης HTTP (HTTP request)

Τα μηνύματα αιτήσεων HTTP έχουν τη γενική μορφή (εικόνα 2.8 στη σελίδα 105 του βιβλίου της θεωρίας):

- Γραμμή αίτησης (πρώτη γραμμή)
- Γραμμές κεφαλίδας (πολλαπλές γραμμές)
- Κενή γραμμή
- Σώμα οντότητας (αν υπάρχει, εξαρτάται από τη μέθοδο στη γραμμή αίτησης)

Η μέθοδος (Request Method) ως πεδίο μπορεί να έχει τις τιμές (ανάλογα με την έκδοση):

GET: Ο πελάτης ζητά ένα αντικείμενο από τον εξυπηρετητή.

POST: Ο πελάτης ζητά πάλι ένα αντικείμενο αλλά τα περιεχόμενα της ιστοσελίδας του εξυπηρετητή εξαρτώνται από τα πεδία μιας φόρμας που έχει συμπληρώσει και αποστέλλει.

HEAD: Ο εξυπηρετητής θα αποκριθεί αλλά χωρίς να στείλει το αντικείμενο. Χρησιμοποιείται συνήθως για αποσφαλμάτωση.

PUT: Ο πελάτης φορτώνει ένα αντικείμενο στον εξυπηρετητή, εφόσον ο δεύτερος το επιτρέπει.

DELETE: Ο πελάτης διαγράφει ένα αντικείμενο στον εξυπηρετητή, εφόσον ο δεύτερος το επιτρέπει.

Οι σημαντικότερες γραμμές κεφαλίδας αιτήματος που εμφανίζονται όταν γίνεται επέκταση του Hypertext Transfer Protocol στο Wireshark είναι:

- **Host:** Μας δείχνει την ονομασία του εξυπηρετητή στον οποίο αποστέλλεται το αίτημα (web server)
- **User-Agent:** Μας δείχνει το πρόγραμμα πελάτη (web browser)
- **Connection:** μας δείχνει αν έχουμε παραμένουσα ή μη παραμένουσα σύνδεση.

Οι γραμμές που αρχίζουν με `Accept` μας δείχνουν τι είναι αποδεκτό από την πλευρά του πελάτη.

4.1.2 Ανάλυση μηνύματος απόκρισης (HTTP response)

Τα μηνύματα αποκρίσεων HTTP έχουν τη γενική μορφή (εικόνα 2.9 στη σελίδα 107 του βιβλίου της θεωρίας):

- Γραμμή κατάστασης (έκδοση, κωδικός κατάστασης, μήνυμα κατάστασης)
- Γραμμές κεφαλίδας (πολλαπλές γραμμές)
- Κενή γραμμή
- Σώμα οντότητας (είναι το ουσιαστικό περιεχόμενο του μηνύματος)

Οι κωδικοί κατάστασης (status code) ως πεδίο, μπορεί να είναι:

- 1xx: Πληροφοριακά μηνύματα
- 2xx: Μηνύματα επιτυχίας
- 3xx: Μηνύματα αλλαγής της διαδρομής του αντικειμένου
- 4xx: Μηνύματα σφάλματος που σχετίζονται με τον πελάτη
- 5xx: Μηνύματα σφάλματος που σχετίζονται με τον εξυπηρετητή

Μια πλήρη λίστα με τους κωδικούς κατάστασης HTTP υπάρχει στο <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Status>

Οι σημαντικότερες γραμμές κεφαλίδας απόκρισης που εμφανίζονται όταν γίνεται επέκταση του Hypertext Transfer Protocol στο Wireshark είναι:

- **Date:** δηλώνει την ημερομηνία και ώρα της απόκρισης από τον εξυπηρετητή.
- **Server:** το πρόγραμμα εξυπηρετητή.
- **Content-Location:** μας δείχνει τη διαδρομή και το αντικείμενο της απόκρισης.
- **Content-Encoding:** δηλώνει το είδος της κωδικοποίησης του αντικειμένου.
- **Content-Length:** το μέγεθος του αντικειμένου σε bytes.
- **Content-Type:** το είδος του αντικειμένου.
- **Content-Language:** η γλώσσα του αντικειμένου.

Οι γραμμές που αρχίζουν με `Accept` μας δείχνουν τι είναι αποδεκτό από την πλευρά του εξυπηρετητή.

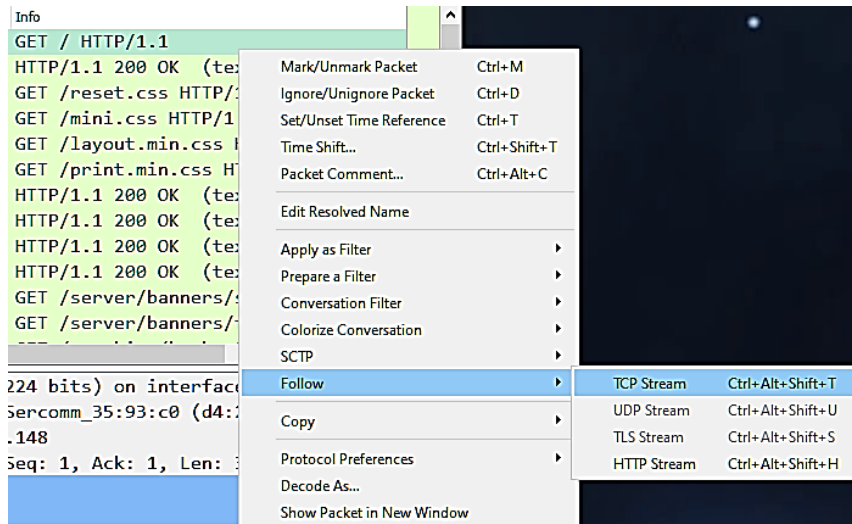
ΑΣΚΗΣΗ 4.1: Ανάλυση αιτήματος HTTP.

Έχετε ήδη ανοικτό το αρχείο **http_capture.pcapng** και έχετε εντοπίσει την γραμμή για το αίτημα **"GET / HTTP/1.1"**, σύμφωνα με τις οδηγίες που υπάρχουν στην παράγραφο 4.2.1

1. Καταγράψτε την source και την destination IP διεύθυνση της επικοινωνίας.
2. Καταγράψτε το source και το destination port που χρησιμοποιήθηκαν.
3. Καταγράψτε το socket από το οποίο στέλνει ο web browser το αίτημα προς τον web server και το socket του δεύτερου που το παραλαμβάνει.
4. Παρατηρώντας και άλλες γραμμές αιτημάτων GET, ποιο είναι το σταθερό (γνωστό) port στο οποίο αναμένει αιτήματα ένας web server;
5. Ποιο είναι το πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής HTTP;
6. Βρείτε την γραμμή HTTP request που κάνει ο browser για να κατεβάσει το αρχείο `/reset.css` από τον server. Παρατηρήστε τους HTTP headers και βρείτε σε ποιον HTTP host έγινε το αίτημα.
7. Συνδυάζοντας τον host και το αρχείο προσπαθήστε να βρείτε το URL με το οποίο μπορούμε να το κατεβάσουμε στο browser. Χρησιμοποιήστε το στον browser σας και δείτε τα περιεχόμενα.

4.2.2 Χρήσιμες τεχνικές για την αποδοτικότερη χρήση του Wireshark

Follow TCP Stream: Για να δούμε όλη την επικοινωνία μαζί με τα τμήματα TCP και την σύνδεση/αποσύνδεση μπορούμε σε κάποιο αίτημα/απόκριση HTTP να κάνουμε την επιλογή από το context menu της γραμμής που εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.5: Λειτουργία Follow TCP Stream από γραμμή αιτήματος HTTP.

Κλείνοντας το παράθυρο που εμφανίζει το stream, έχει εφαρμοστεί ένα φίλτρο το οποίο δείχνει αφενός την γραμμή HTTP με βέλος στην στήλη No και αφετέρου όλα τα τμήματα TCP αυτής.

Previous Packet in History: Όταν πηγαίνουμε σε μια διαφορετική γραμμή στο επάνω panel μπορούμε να επιστρέψουμε στην προηγούμενη με Go -> Previous Packet in History ή πατώντας την συντόμευση Alt + Left Arrow.

ΑΣΚΗΣΗ 4.2: Ανάλυση απόκρισης HTTP και κατάτμησης TCP.

Συνεχίζοντας την ανάλυση από την άσκηση 4.1:

1. Εντοπίστε την απάντηση του HTTP server για το αίτημα GET που ζητάει τον ριζικό κατάλογο του ιστότοπου. (Υπάρχει ένα οπτικό βοήθημα στην στήλη No του Wireshark.)
2. Για κάθε επίπεδο του μοντέλου πρωτοκόλλων του TCP/IP αναγνωρίστε τα πρωτόκολλα που πήραν μέρος στην επικοινωνία σας με τον server. Τι παρατηρείτε σε σχέση με τις γραμμές του μεσαίου panel.
3. Καταγράψετε τα source και destination sockets.
4. Εκτός της αντιστροφής μεταξύ source και destination τι άλλο παρατηρείτε όταν συγκρίνετε τα socket του αιτήματος με τα socket της αντίστοιχης απάντησης;
5. Η απόκριση επανασυναρμολογείται στον παραλήπτη από πολλά τμήματα TCP που μεταφέρονται από τον web server. Πόσα είναι αυτά; (Το Wireshark τα ομαδοποιεί σε μια εμβόλιμη γραμμή μεταξύ των γραμμών που αντιστοιχούν στο 4^ο και 5^ο επίπεδο).

6. Παρατηρήστε τα bytes από τα οποία αποτελείται το καθένα. Ποιο είναι το μέγιστο μέγεθος του τμήματος σε bytes.
7. Ποιο είναι το συνολικό μέγεθος (Length) σε bytes της επανασυναρμογής των τμημάτων TCP;
8. Αν το συνολικό μέγεθος ήταν 28080 bytes πόσα τμήματα θα είχαμε και πόσα bytes θα ήταν στο τελευταίο τμήμα;

ΑΣΚΗΣΗ 4.3: Αλληλουχία TCP segments.

Συνεχίζοντας την ανάλυση από την άσκηση 4.2 και με χρήση των χρήσιμων τεχνικών της παραγράφου 4.2.2: Καταγράψτε τον αριθμό γραμμής (No) για την απάντηση. Ακυρώστε τα φίλτρα εμφάνισης βάζοντας κενό και πατώντας Enter ή κάντε Follow TCP Stream πάνω σε αυτήν την γραμμή. Εντοπίστε το πρώτο τμήμα (για τα bytes 0-1393) από την λίστα των Reassembled TCP Segments και κάντε διπλό κλικ πάνω στον σύνδεσμο.

1. Τι είδους PDU μας εμφανίζει η γραμμή στην οποία μας πήγε το Wireshark και σε ποιο επίπεδο ανήκει;
2. Στην γραμμή που βρεθήκαμε στο ερώτημα 1 καταγράψτε το δεκαεξαδικό άθροισμα ελέγχου (Checksum).
3. Επιστρέψτε στον αριθμό γραμμής της απάντησης (Go -> Previous Packet in History ή Alt-Left Arrow) και κρατείστε τους αριθμούς γραμμής του τέταρτου και πέμπτου TCP segment κατά σειρά. Μετακινηθείτε στην γραμμή του τέταρτου segment και καταγράψτε το Next sequence number. Κατόπιν μετακινηθείτε στην γραμμή του πέμπτου segment και δείτε το Sequence number. Τι συμπέρασμα βγαίνει έχοντας κατά νου ότι τα δύο segment είναι διαδοχικά.
4. Από την γραμμή του πέμπτου segment που είσαστε στο 3, καταγράψτε το Next sequence number. Κινηθείτε στις επόμενες γραμμές της λίστας και βρείτε ποιο είναι το έκτο και το έβδομο segment της συναρμογής των δεδομένων HTTP.
5. Από την κατανόηση που αποκτήσατε για τα TCP segments στις ερωτήσεις 3 και 4, ποια δομή δεδομένων υλοποιείται μεταξύ των διαδοχικών TCP segments;

4.2.3 Καταγραφή επικοινωνίας HTTP και HTTPS με Wireshark

ΑΣΚΗΣΗ 4.4: Καταγραφή επικοινωνίας HTTP

Κλείστε όλες τις καρτέλες στον browser που χρησιμοποιείτε ή ανοίξτε ένα νέο ιδιωτικό παράθυρο και γράψτε στην γραμμή URL www.altoromutual.com/bank/login.aspx. Αν δεν εμφανιστούν γραμμές HTTP μετά την εφαρμογή του φίλτρου, είναι επειδή βρέθηκε στην web cache (παράγραφος 3.1.2). Στο πεδίο Username πληκτρολογήστε **Admin** και στο Password **12345**, και μετά κάντε κλικ στο Login. Αφού εμφανιστεί η σελίδα σταματήστε την καταγραφή του Wireshark και εφαρμόστε το κατάλληλο φίλτρο για να βλέπετε μόνο τις γραμμές HTTP.

1. Στο επάνω panel επιλέξτε την γραμμή με το αίτημα τύπου POST /doLogin και στο μεσαίο πάνελ κάντε κλικ στην γραμμή του πρωτοκόλλου HTTP. Διαβάστε το αναγνώσιμο κείμενο στο κάτω panel. Τι παρατηρείτε σε σχέση με τα διαπιστευτήρια που χρησιμοποιήσατε;
2. Μετά την γραμμή του 5^{ου} επιπέδου υπάρχει μια επιπρόσθετη που εμφανίζει τα πεδία της φόρμας που έγινε POST. Εντοπίστε την θέση του στοιχείου “btnSubmit” στο κάτω panel.

ΑΣΚΗΣΗ 4.5: Καταγραφή επικοινωνίας HTTPS

Ξεκινήστε μια καταγραφή στο Wireshark και ανοίξτε τη σελίδα <https://login.it.teithe.gr/> όπου θα κάνετε είσοδο με τα στοιχεία σας. Εφαρμόστε το κατάλληλο φίλτρο για να βλέπετε μόνο την καταγραφή HTTPS. Σε αυτήν την περίπτωση η σύνταξη του φίλτρου θα είναι της μορφής `tcp.port=={αριθμός port για HTTPS}`. Η port που αντιστοιχεί μπορεί να βρεθεί ανάμεσα στις 14 κυριότερες: <https://opensource.com/article/18/10/common-network-ports>. Τέλος επιλέξτε κάποια γραμμή με Application Data και αναπτύξτε το Transport Layer Security (TLS) στο μεσαίο Panel.

1. Ποια είναι η έκδοση του πρωτοκόλλου TLS; Ποια είναι η τελευταία έκδοση αυτού του πρωτοκόλλου (αναζητήστε την online);
2. Κάντε κλικ στο Encrypted Application Data. Τι παρατηρείτε σε σχέση με την αναγνωσιμότητα των δεδομένων του HTTPS σε σχέση με αυτά που είδαμε σε μια καταγραφή HTTP;
3. Σε ποιο επίπεδο της στοίβας πρωτοκόλλων TCP/IP ανήκει το TLS;
4. Σύμφωνα με την κρίση σας ποια είναι η σημασία της χρήσης ενός πιο ενημερωμένου πρωτοκόλλου για Transport Layer Security; Μπορείτε να ψάξετε περισσότερα online για τις παρωχημένες εκδόσεις ώστε να οδηγηθείτε στην απάντηση.