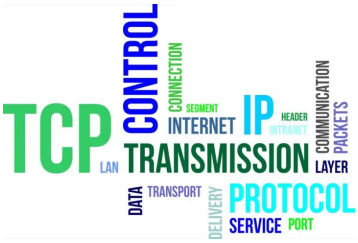
Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονικές δικτύων
Εργαστήριο 4

Τμήμα Πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Άρτα

2023-05-02



Περιεχόμενα

1 Tcp Segments

Το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) είναι ένα από τα βασικά πρωτόκολλα της σουίτας του πρωτοκόλλου Διαδικτύου (IP), υπεύθυνο για τη διασφάλιση της αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων μεταξύ εφαρμογών που εκτελούνται σε διαφορετικούς κεντρικούς υπολογιστές. Όταν δημιουργείται μια σύνδεση TCP μεταξύ δύο κεντρικών υπολογιστών, τα δεδομένα αναλύονται σε μικρότερα τμήματα, καθένα από τα οποία μεταδίδεται ξεχωριστά μέσω του δικτύου. Τα τμήματα αυτά είναι γνωστά ως τμήματα TCP.

Ακολουθούν τα βασικά χαρακτηριστικά των τμημάτων TCP(Εικόνα 1):

- **Header(Κεφαλίδα):** Κάθε τμήμα TCP αποτελείται από μια επικεφαλίδα που περιέχει πληροφορίες σχετικά με το τμήμα, συμπεριλαμβανομένων των αριθμών θύρας πηγής και προορισμού, του αριθμού ακολουθίας, του αριθμού επιβεβαίωσης, του μεγέθους παραθύρου και διαφόρων σημαιών ελέγχου.

- **Data(Δεδομένα):** Το τμήμα δεδομένων TCP περιέχει τα πραγματικά δεδομένα που μεταδίδονται, όπως ένα αρχείο, ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μια ιστοσελίδα. Το μέγεθος του τμήματος δεδομένων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής που χρησιμοποιείται.

- **Data(Δεδομένα):** Το τμήμα δεδομένων TCP περιέχει τα πραγματικά δεδομένα που μεταδίδονται, όπως ένα αρχείο, ένα μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή μια ιστοσελίδα. Το μέγεθος του τμήματος δεδομένων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με το πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής που χρησιμοποιείται.

- **Maximum segment size(Μέγιστο μέγεθος τμήματος):** Τα τμήματα TCP έχουν ένα μέγιστο όριο μεγέθους, το οποίο καθορίζεται από την τιμή του μέγιστου μεγέθους τμήματος (MSS) που διαπραγματεύεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας χειραψίας τριών κατευθύνσεων που εγκαθιστά τη σύνδεση TCP.

- **Sequence and acknowledgement numbers(Αριθμοί ακολουθίας και επιβεβαίωσης):** Τα τμήματα TCP χρησιμοποιούν αριθμούς ακολουθίας και επιβεβαίωσης για να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα μεταδίδονται αξιόπιστα και με τη σωστή σειρά. Ο αριθμός ακολουθίας αντιπροσωπεύει τη θέση byte του πρώτου byte δεδομένων στο τμήμα, ενώ ο αριθμός επιβεβαίωσης αντιπροσωπεύει την επόμενη αναμενόμενη θέση byte δεδομένων που περιμένει ο παραλήπτης.

- **Window Size (Μέγεθος παραθύρου):** Το πεδίο μέγεθος παραθύρου στην επικεφαλίδα TCP υποδεικνύει την ποσότητα δεδομένων που ο αποστολέας είναι διατεθειμένος να μεταδώσει πριν λάβει επιβεβαίωση από τον παραλήπτη.

- **Control Flags:** Τα τμήματα TCP χρησιμοποιούν διάφορες σημαίες ελέγχου για να σηματοδοτήσουν διάφορα γεγονότα και συνθήκες κατά τη διάρκεια της μετάδοσης. Αυτές οι σημαίες περιλαμβάνουν τις σημαίες SYN, ACK, FIN, RST, URG και PSH.

- **Checksum (άθροισμα ελέγχου):** Κάθε τμήμα TCP περιλαμβάνει ένα πεδίο αθροίσματος ελέγχου που χρησιμοποιείται για την επαλήθευση της ακεραιότητας του τμήματος κατά τη μετάδοση.

Τα τμήματα TCP διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων μεταξύ κεντρικών υπολογιστών στο Διαδίκτυο. Με τη διάσπαση των δεδομένων σε μικρότερα τμήματα και τη χρήση αριθμών ακολουθίας και επιβεβαίωσης για τη διασφάλιση της σωστής μετάδοσης και διάταξης, το TCP συμβάλλει στην εγγύηση ότι τα δεδομένα φθάνουν στον προορισμό τους άθικτα και με τη σωστή σειρά.

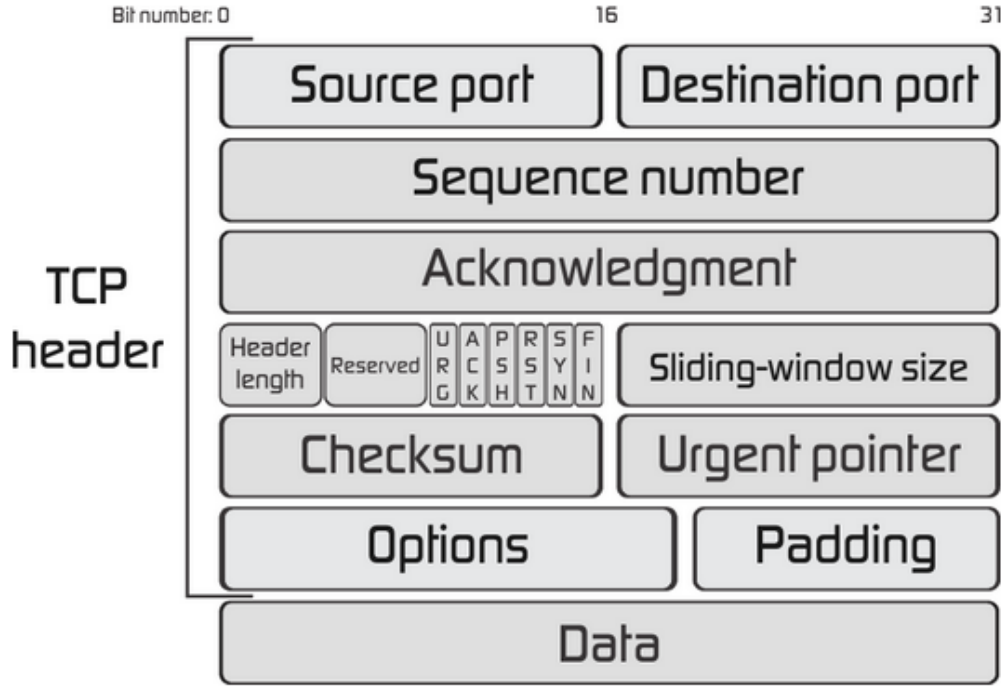


Figure 1: Tcp Segment

2 Η χρήση αριθμών ακολουθίας και επιβεβαίωσης από το TCP για αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων

Το TCP χρησιμοποιεί αριθμούς ακολουθίας και επιβεβαίωσης για να παρέχει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα μεταδίδονται σωστά και με τη σωστή σειρά. Ο τρόπος λειτουργίας είναι ο ακόλουθος:

- **Sequence numbers:** Όταν δημιουργείται μια σύνδεση TCP, οι δύο κεντρικοί υπολογιστές συμφωνούν σε έναν αρχικό αριθμό ακολουθίας. Κάθε τμήμα που αποστέλλεται από τον αποστολέα περιλαμβάνει έναν αριθμό ακολουθίας που προσδιορίζει τη θέση του πρώτου byte δεδομένων στο τμήμα. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί τον αριθμό ακολουθίας για να προσδιορίσει τη σειρά με την οποία στάλθηκαν τα τμήματα και να ανασυνθέσει σωστά τα δεδομένα.

- **Acknowledgement numbers:** Όταν ένας παραλήπτης λαμβάνει ένα τμήμα, στέλνει μια επιβεβαίωση πίσω στον αποστολέα υποδεικνύοντας τον επόμενο αριθμό ακολουθίας που αναμένει να λάβει. Αυτός ο αριθμός επιβεβαίωσης είναι το πεδίο acknowledgement number στην επικεφαλίδα TCP, το οποίο αντιπροσωπεύει το επόμενο byte δεδομένων που αναμένει ο παραλήπτης. Ο αποστολέας χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να διασφαλίσει ότι όλα τα τμήματα έχουν ληφθεί και με τη σωστή σειρά.

- **Retransmission:** Εάν ο αποστολέας δεν λάβει επιβεβαίωση για ένα τμήμα που έχει αποστείλει εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος, υποθέτει ότι το τμήμα χάθηκε ή καταστράφηκε και το επανεκπέμπει. Ο αριθμός ακολουθίας για το επαναμεταδιδόμενο τμήμα είναι ο ίδιος με το αρχικό τμήμα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρι ο αποστολέας να λάβει επιβεβαίωση από τον παραλήπτη ή να εγκαταλείψει μετά από ορισμένο αριθμό επαναμεταδόσεων.

- **Flow Control:** Το TCP χρησιμοποιεί επίσης τους αριθμούς ακολουθίας και επιβεβαίωσης για την υλοποίηση του ελέγχου ροής, δηλαδή της διαδικασίας ρύθμισης του ρυθμού με τον οποίο μεταδίδονται δεδομένα μεταξύ των κεντρικών υπολογιστών. Ο παραλήπτης χρησιμοποιεί τον αριθμό επιβεβαίωσης για να ενημερώσει τον αποστολέα σχετικά με το πόσα δεδομένα μπορεί να λάβει ανά πάσα στιγμή, γνωστό ως μέγεθος παραθύρου του παραλήπτη. Ο αποστολέας ρυθμίζει το ρυθμό

μετάδοσής του με βάση το μέγεθος του παραθύρου του παραλήπτη για να αποφύγει την υπερφόρτωση του παραλήπτη με πάρα πολλά δεδομένα.

Συνολικά, η χρήση των αριθμών ακολουθίας και επιβεβαίωσης από το TCP βοηθά να διασφαλιστεί ότι τα δεδομένα μεταδίδονται αξιόπιστα και με τη σωστή σειρά, ακόμη και με την παρουσία χαμένων ή κατεστραμμένων πακέτων και ποικίλων συνθηκών δικτύου. Αυτό καθιστά το TCP ένα αξιόπιστο πρωτόκολλο για τη μετάδοση δεδομένων μέσω του Διαδικτύου.

3 Αλγόριθμο ελέγχου συμφόρησης TCP

Ο έλεγχος συμφόρησης του TCP είναι ένας μηχανισμός που ρυθμίζει το ρυθμό με τον οποίο μεταδίδονται δεδομένα μεταξύ κεντρικών υπολογιστών στο Διαδίκτυο, προκειμένου να αποφευχθεί η συμφόρηση του δικτύου. Όταν παρατηρείται συμφόρηση, τα πακέτα δεδομένων μπορεί να χαθούν ή να καθυστερήσουν, οδηγώντας σε μειωμένη απόδοση του δικτύου και ενδεχομένως προκαλώντας κατάρρευση του δικτύου. Ο αλγόριθμος ελέγχου συμφόρησης του TCP αποσκοπεί στην αποτροπή αυτού του φαινομένου, ανιχνεύοντας και αντιδρώντας στη συμφόρηση του δικτύου.

Ο αλγόριθμος ελέγχου συμφόρησης TCP χρησιμοποιεί διάφορες τεχνικές για τη ρύθμιση του ρυθμού με τον οποίο μεταδίδονται τα δεδομένα, μεταξύ άλλων:

- **Αργή εκκίνηση:** Όταν εγκαθίσταται μια σύνδεση TCP, ο αποστολέας ρυθμίζει αρχικά χαμηλό ρυθμό μετάδοσης και τον αυξάνει σταδιακά μέχρι να ανιχνεύσει συμφόρηση. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως αργή εκκίνηση.
- **Αποφυγή συμφόρησης:** Μόλις εντοπιστεί συμφόρηση, το TCP μεταβαίνει σε λειτουργία αποφυγής συμφόρησης, κατά την οποία μειώνει το ρυθμό μετάδοσης για να αποτρέψει περαιτέρω συμφόρηση. Στη λειτουργία αποφυγής συμφόρησης, το TCP αυξάνει αργά το ρυθμό μετάδοσης για να αποφύγει την εκ νέου πρόκληση συμφόρησης.
- **Γρήγορη αποκατάσταση:** Εάν χαθεί ένα πακέτο, το TCP χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που ονομάζεται γρήγορη ανάκτηση για να ανακάμψει γρήγορα από την απώλεια και να συνεχίσει τη μετάδοση δεδομένων με μειωμένο ρυθμό.
- **Χρονικό όριο:** Εάν το TCP δεν λάβει επιβεβαίωση για ένα πακέτο εντός ορισμένου χρονικού διαστήματος, θεωρεί ότι το πακέτο έχει χαθεί και μειώνει τον ρυθμό μετάδοσης.
- **Ρητή ειδοποίηση συμφόρησης (ECN):** Το TCP μπορεί επίσης να λαμβάνει ανατροφοδότηση από το δίκτυο σχετικά με τη συμφόρηση μέσω μιας τεχνικής που ονομάζεται ρητή ειδοποίηση συμφόρησης (ECN), στην οποία οι συσκευές δικτύου μπορούν να σηματοδοτήσουν συμφόρηση στον αποστολέα θέτοντας ένα bit στην επικεφαλίδα IP.

Συνολικά, ο αλγόριθμος ελέγχου συμφόρησης του TCP έχει σχεδιαστεί για να διασφαλίζει ότι οι πόροι του δικτύου χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά και να αποτρέπει τη συμφόρηση του δικτύου από το να προκαλέσει μειωμένη απόδοση του δικτύου ή κατάρρευση του δικτύου. Με την προσαρμογή του ρυθμού μετάδοσης σε απόκριση στη συμφόρηση, το TCP συμβάλλει στη διατήρηση αξιόπιστης και αποδοτικής επικοινωνίας μεταξύ των κεντρικών υπολογιστών στο Διαδίκτυο.

4 Μηχανισμός ελέγχου ροής TCP

Το TCP (Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης) χρησιμοποιεί έναν μηχανισμό που ονομάζεται έλεγχος ροής για τη διαχείριση του όγκου των δεδομένων που μπορούν να σταλούν μεταξύ δύο συσκευών μέσω μιας σύνδεσης δικτύου. Η βασική ιδέα πίσω από τον έλεγχο ροής είναι ότι αποτρέπει τον αποστολέα από το να κατακλύσει τον παραλήπτη με πάρα πολλά δεδομένα πολύ γρήγορα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια πακέτων, συμφόρηση του δικτύου και κακή απόδοση.

Ένας από τους πρωταρχικούς μηχανισμούς ελέγχου της ροής του TCP ονομάζεται πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου (sliding window protocol). Το πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου επιτρέπει στον παραλήπτη να ενημερώνει τον αποστολέα για τη μέγιστη ποσότητα δεδομένων που μπορεί να λάβει

ανά πάσα στιγμή. Στη συνέχεια, ο αποστολέας στέλνει δεδομένα μέχρι το μέγιστο μέγεθος του παραθύρου, περιμένει μια επιβεβαίωση από τον παραλήπτη και στη συνέχεια στέλνει πρόσθετα δεδομένα με βάση το νέο μέγεθος του παραθύρου που παρέχεται από τον παραλήπτη.

Το πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου λειτουργεί ως εξής:

- Ο αποστολέας στέλνει ένα τμήμα δεδομένων στον παραλήπτη.
- Ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τη λήψη των δεδομένων και ενημερώνει τον αποστολέα για το μέγεθος του παραθύρου λήψης.
- Ο αποστολέας προσαρμόζει το μέγεθος του παραθύρου εκπομπής ώστε να ταιριάζει με το μέγεθος του παραθύρου λήψης.
- Ο αποστολέας στέλνει πρόσθετα δεδομένα μέχρι το μέγιστο μέγεθος του νέου παραθύρου.
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να μεταδοθούν όλα τα δεδομένα.

Εάν ο παραλήπτης δεν μπορεί να συμβαδίσει με τα δεδομένα που αποστέλλονται, μπορεί να μειώσει το μέγεθος του παραθύρου λήψης, γεγονός που θα αναγκάσει τον αποστολέα να επιβραδύνει το ρυθμό μετάδοσης. Ομοίως, εάν ο δέκτης έχει μεγαλύτερη χωρητικότητα, μπορεί να αυξήσει το μέγεθος του παραθύρου λήψης, γεγονός που θα επιτρέψει στον αποστολέα να αυξήσει το ρυθμό μετάδοσης.

Συνολικά, το πρωτόκολλο ολισθαίνοντος παραθύρου παρέχει έναν αποτελεσματικό τρόπο για τον έλεγχο της ροής του TCP και τη διασφάλιση ότι τα δεδομένα μεταδίδονται με βέλτιστο ρυθμό μέσω μιας σύνδεσης δικτύου.

5 Απόδοση σύνδεσης TCP ανάμεσα σε υπολογιστή και server

Η ρυθμαπόδοση και ο χρόνος διαδρομής γύρου είναι δύο σημαντικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση της απόδοσης του δικτύου. Ακολουθεί μια σύντομη εξήγηση της καθεμιάς:

- **Απόδοση:** Αυτή η μετρική μετρά την ποσότητα δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν μέσω ενός δικτύου σε δεδομένο χρονικό διάστημα. Εκφράζεται συνήθως σε bits ανά δευτερόλεπτο (bps) ή bytes ανά δευτερόλεπτο (bps). Η απόδοση μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, όπως το εύρος ζώνης του δικτύου, η καθυστέρηση και η συμφόρηση. Ο υψηλός ρυθμός μετάδοσης είναι γενικά επιθυμητός, καθώς επιτρέπει την ταχύτερη μεταφορά δεδομένων και την αποδοτικότερη χρήση των πόρων του δικτύου.
- **Χρόνος διαδρομής γύρου (RTT):** Αυτή η μετρική μετρά το χρόνο που χρειάζεται ένα πακέτο για να ταξιδέψει από την πηγή του στον προορισμό του και πάλι πίσω. Ο RTT μετράται συνήθως σε χιλιοστά του δευτερολέπτου (ms) και επηρεάζεται από παράγοντες όπως η καθυστέρηση του δικτύου, η απώλεια πακέτων και η συμφόρηση. Οι χαμηλότερες τιμές RTT είναι γενικά επιθυμητές, καθώς υποδηλώνουν ταχύτερη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών δικτύου.

Κατά την ανάλυση των επιδόσεων του δικτύου, τόσο η απόδοση όσο και η RTT είναι σημαντικές μετρήσεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η απόδοση παρέχει ένα συνολικό μέτρο της χωρητικότητας του δικτύου, ενώ το RTT παρέχει πληροφορίες σχετικά με την καθυστέρηση και την αξιοπιστία της επικοινωνίας του δικτύου. Παρακολουθώντας και βελτιστοποιώντας και τις δύο μετρικές, οι διαχειριστές δικτύου μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση του δικτύου και να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα μεταφέρονται γρήγορα και αξιόπιστα.

6 Σύλληψη μαζικής μεταφοράς TCP από τον υπολογιστή σας σε έναν απομακρυσμένο server

Σε αυτήν την ενότητα θα χρησιμοποιήσουμε το Wireshark για να αποκτήσουμε το trace των πακέτων μεταφοράς από το TCP ενός αρχείου από τον υπολογιστή σας σε έναν απομακρυσμένο server.

Ακολουθήστε τα ακόλουθα βήματα:

- Ξεκινήστε τον broswer σας. Ανακτήστε ένα αντίγραφο του αρχείου Alice in Wonderland από τον ακόλουθο σύνδεσμο:https://hcilab.dit.uoi.gr/Megatron/alice.txt.

- Στην συνέχεια πηγαίνετε στο ακόλουθο σύνδεσμο:http://gaia.cs.umass.edu/wireshark-labs/TCP-wireshark-file1.html. Θα πρέπει να εμφανιστεί μία σελίδα σαν την ακόλουθη

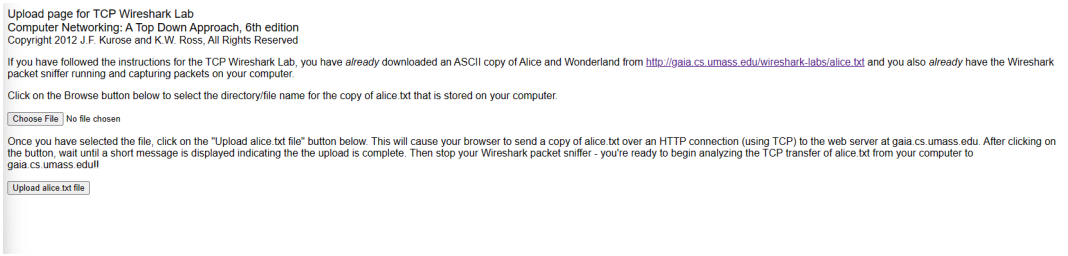


Figure 2: Gaia uploader

και επιλέξτε το αρχείο που έχετε αποθηκεύσει στον υπολογιστή σας ώστε να το ανεβάσετε. Μην πατήσετε το κουμπί **Upload alice.txt file**

- Ξεκινήστε τώρα το Wireshark
- Ξεκινήστε την λήψη των πακέτων επιλέγοντας *Capture* → *Options* και επιλέξτε τον προσαρμογέα δικτύου του υπολογιστή σας.

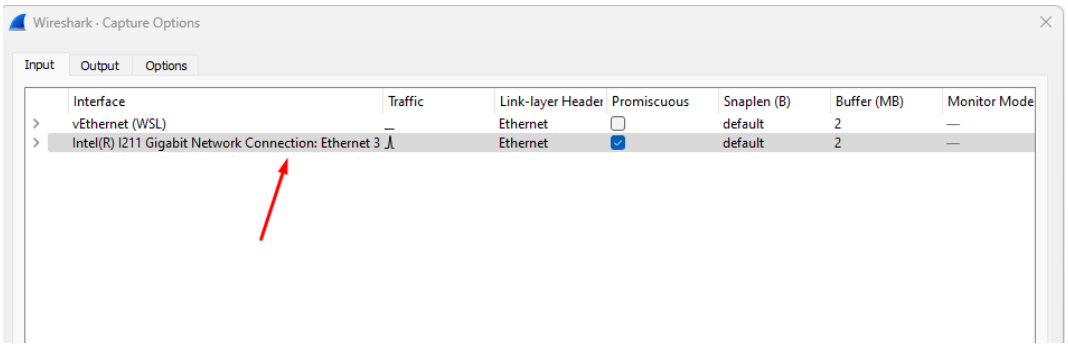
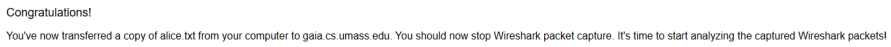
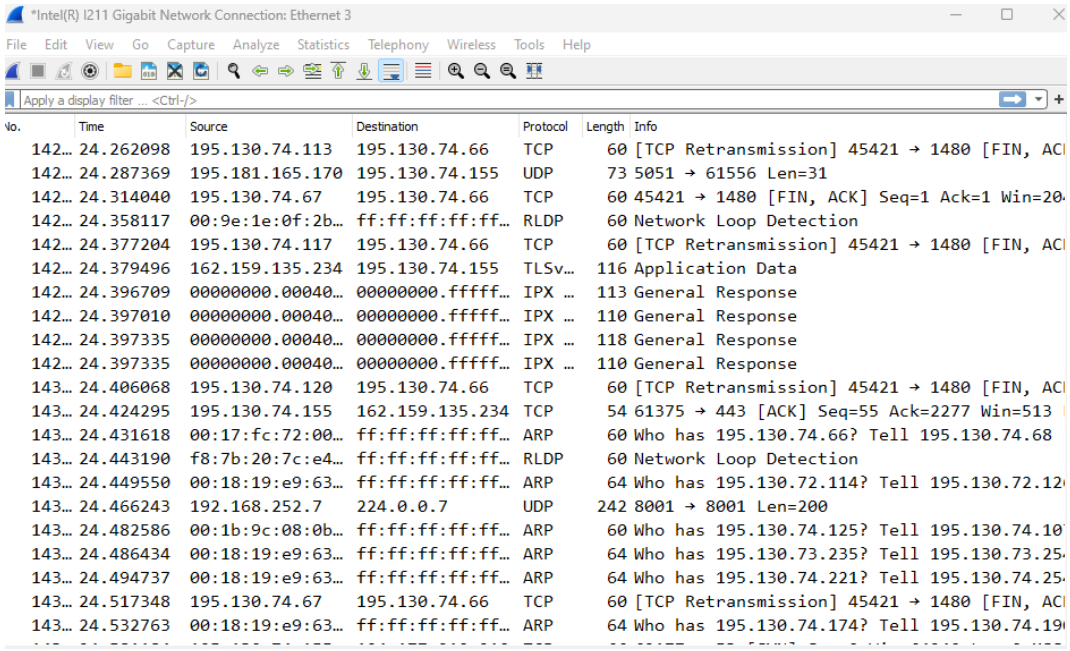


Figure 3: Network adapter

- Έπειτα επιλέξτε *Capture* → *Start*
- Στην συνέχεια επιστρέψε στον browser σας και πατήστε το κουμπί **Uploader alice.txt file** και θα σας εμφανιστεί ένα μύνημα σαν το ακόλουθο:



- Θα πρέπει να εμφανίζεται μία είκόνα σαν την την ακόλουθη στο Wireshark



6.1 Επισκόπιση του trace

Φιλτράρετε στο Wireshark τα πακέτα που συλλέξατε όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 4

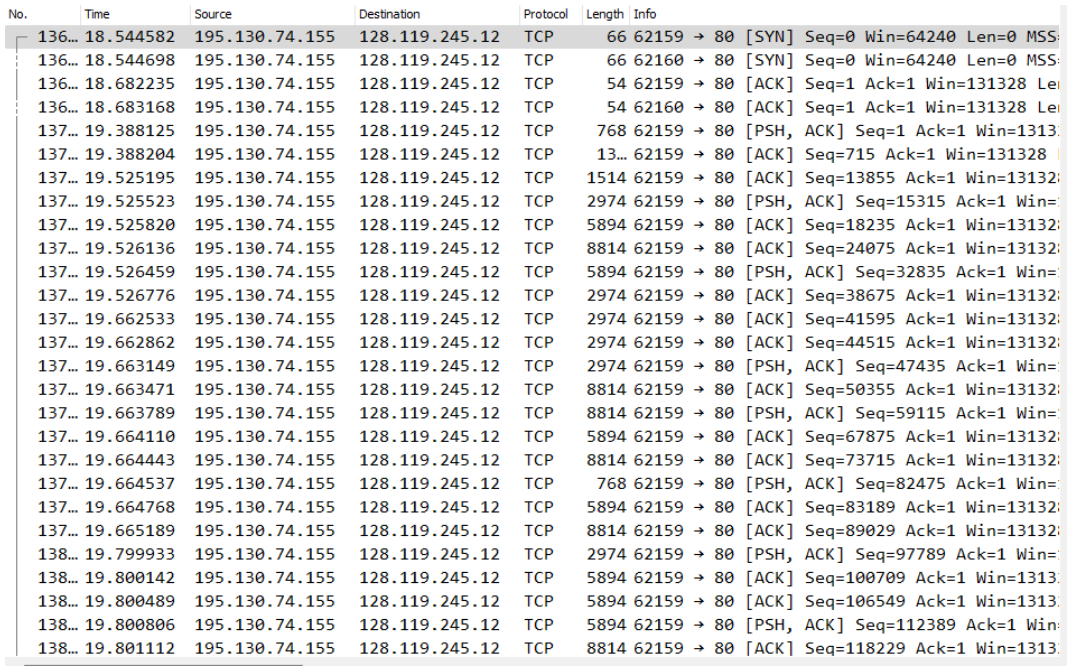


Figure 4: Wireshark Tcp Filter

Στο παράθυρο καταλόγου πακέτων θα πρέπει να δείτε μία σειρά από μηνύματα TCP και HTTP να ανταλλάσσονται μεταξύ του υπολογιστή σας και του server gaia.cs.umass.edu. Θα πρέπει να δείτε την αρχική χειραψία τριών βημάτων που περιέχει ένα μήνυμα SYN. Θα πρέπει να δείτε ένα μήνυμα HTTP POST και μία σειρά από μηνύματα "HTTP Continuation" να στέλνονται από τον υπολογιστή σας στο gaia.cs.umass.edu. Υπενθυμίζεται, από την συζήτηση στο προηγούμενο εργαστήριο Wireshark για το HTTP, ότι δεν υπάρχουν μηνύματα Continuation στο HTTP – το Wireshark χρησιμοποιεί αυτόν τον τρόπο για να υποδείξει ότι χρησιμοποιούνται πολλαπλά TCP segments για τη μεταφορά ενός μηνύμα-

τος HTTP. Θα πρέπει επίσης να δείτε TCP segments με επιβεβαιώσεις (ACK) να επιστρέφουν από το gaia.cs.umass.edu στον υπολογιστή σας.

Απαντήστε στα παρακάτω ερωτήματα:

- Ποια η διεύθυνση IP και ποιος ο αριθμός θύρας TCP που χρησιμοποιείται από τον client (πηγή) που μεταφέρει το αρχείο στο gaia.cs.umass.edu; Για να απαντήσετε στην ερώτηση αυτή είναι μάλλον ευκολότερο να επιλέξετε ένα μήνυμα HTTP και να εξετάσετε τις λεπτομέρειες του πακέτου TCP που χρησιμοποιήθηκε για να μεταφέρει αυτό το μήνυμα, χρησιμοποιώντας το παράθυρο με τις λεπτομέρειες επικεφαλίδας επιλεγμένου πακέτου
- Ποια η διεύθυνση IP του gaia.cs.umass.edu; Σε ποιο αριθμό θύρας στέλνει και λαμβάνει segments για αυτήν τη σύνδεση TCP;

6.2 Χαρακτηριστικά TCP

Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις για τα TCP segments:

- Ποια η διεύθυνση IP του gaia.cs.umass.edu; Σε ποιο αριθμό θύρας στέλνει και λαμβάνει segments για αυτήν τη σύνδεση TCP;
- Ποιος ο αριθμός ακολουθίας του segment SYNACK που στέλνεται από το gaia.cs.umass.edu στον client ως απόκριση στο segment SYN; Ποια η τιμή του πεδίου ACK στο segment SYNACK; Με ποιο τρόπο καθορίστηκε η τιμή αυτή από το gaia.cs.umass.edu; Ποιο στοιχείο του segment προσδιορίζει ότι πρόκειται για ένα SYNACK segment;
- Ποιος ο αριθμός ακολουθίας του TCP segment που περιέχει την εντολή HTTP POST; Σημειώνεται ότι για να εντοπίσετε την εντολή POST θα χρειαστεί να ψάξετε στο πεδίο περιεχομένων πακέτου που βρίσκεται στο κάτω μέρος του παραθύρου Wireshark αναζητώντας ένα segment που περιέχει τους χαρακτήρες "POST" στο πεδίο των δεδομένων του.
- Θεωρείστε το TCP segment που περιέχει την εντολή HTTP POST ως το πρώτο segment της σύνδεσης TCP.
  - Ποιοι οι αριθμοί ακολουθίας των πρώτων έξι segments της σύνδεσης TCP;
  - Ποιος ο χρόνος αποστολής του κάθε segment; Ποιος ο χρόνος λήψης της επιβεβαίωσης ACK για κάθε segment;
  - Δεδομένης της διαφοράς μεταξύ του χρόνου αποστολής ενός TCP segment και του χρόνου λήψης της επιβεβαίωσής του, ποια η τιμή του RTT για καθένα από τα έξι segments;
  - Ποια η τιμή της μεταβλητής EstimatedRTT μετά τη λήψη της κάθε επιβεβαίωσης ACK;
- Ποιο το μήκος καθενός από τα έξι πρώτα TCP segments;
- Ποιος ο ελάχιστος διαθέσιμος χώρος αποθήκευσης (buffer space) που ανακοινώνεται από τον παραλήπτη σε ολόκληρο το trace; Συμβαίνει ποτέ η έλλειψη χώρου αποθήκευσης στον παραλήπτη να περιορίζει το ρυθμό του αποστολέα;
- Υπάρχουν επαναμεταδιδόμενα segments στο αρχείο του trace; Σε τι είδους έλεγχο του trace βασίσατε την απάντησή σας στην ερώτηση αυτή;
- Πόσα bytes δεδομένων επιβεβαιώνει συνήθως ο παραλήπτης σε μία επιβεβαίωση;
- Ποιο το throughput (αριθμός μεταφερόμενων bytes ανά μονάδα χρόνου) της σύνδεσης TCP; Εξηγείστε τον τρόπο με τον οποίο υπολογίσατε την τιμή αυτή.

Σημείωση: Το Wireshark διαθέτει ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα που σας επιτρέπει να παραστήσετε γραφικά το χρόνο RTT για καθένα από τα απεσταλμένα TCP segments. Στο παράθυρο καταλόγου πακέτων επιλέξτε ένα TCP segment το οποίο στέλνεται από τον client στον server gaia.cs.umass.edu. Στη συνέχεια επιλέξτε *Statistics* → *TCPStreamGraph* → *RoundTripTime* → *Graph*.

6.3 Ο αλγόριθμος συμφόρησης του TCP

Ας εξετάσουμε τώρα τον όγκο των δεδομένων που στέλνονται ανά μονάδα χρόνου από τον client στον server. Αντί να υπολογίσουμε το μέγεθος αυτό από τα ανεπεξέργαστα δεδομένα του παραθύρου του Wireshark, θα χρησιμοποιήσουμε ένα από τα βοηθητικά γραφικά εργαλεία του Wireshark για το TCP - Time-Sequence-Graph(Stevens) - για να παραστήσουμε γραφικά τα δεδομένα.

Επιλέξτε ένα TCP segment στο παράθυρο καταλόγου πακέτων του Wireshark. Κατόπιν επιλέξτε το μενού Statistics → TCP Stream Graph → Time-Sequence-Graph(Stevens). κάθε κουκκίδα παριστάνει ένα απεσταλμένο TCP segment, δίνεται ο αριθμός ακολουθίας του segment και ο χρόνος αποστολής του. Παρατηρήστε ότι ένα σύνολο κουκκίδων, με τη μία κουκκίδα πάνω από την άλλη, αναπαριστά μία ακολουθία πακέτων που στάλθηκαν το ένα αμέσως μετά το άλλο (back-to-back).

Απαντήστε στις ακόλουθες ερωτήσεις:

- Χρησιμοποιείστε το γραφικό εργαλείο Time-Sequence-Graph(Stevens) για να λάβετε τη γραφική παράσταση του αριθμού ακολουθίας ως προς το χρόνο των segments που στέλνονται από τον client στον server gaia.cs.umass.edu. Μπορείτε να προσδιορίσετε πότε αρχίζει και τελειώνει η φάση αργής εκκίνησης (slow start) του TCP, και πότε γίνεται μετάβαση στη φάση αποφυγής συμφόρησης (congestion avoidance);

- Σχολιάστε τις μετρήσεις