UNIVERZITET U BEOGRADU

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

APLIKACIJA ZA PRIKAZ REZULTATA ANALIZE MREŽNOG SAOBRAĆAJA

Master rad

Mentor:
doc. dr Zoran Čiča

Kandidat:
Marija Milojković 2013/3040

Beograd, Septembar 2016.

SADRŽAJ

1. UVOD

Analiza mrežnog saobraćaja predstavlja bitnu stavku prilikom održavanja bilo koje mreže.Jedini način da mrežni administratori obezbede raspoloživost, brzinu i efikasnost u mreži ogleda se u neprekidnom praćenju ponašanja mreže i mrežnog saobraćaja.Ukoliko primete nepravilnosti u radu mreže, sporiji saobraćaj, bilo kakvo sumnjivo ponašanje, kroz analizu snimljenog saobraćaja može da se otkrije uzrok problema.

Svi problemi koji mogu nastati u jednoj mreži polaze od nivoa paketa, gde i aplikacije koje najbolje izgledaju na oko mogu otkriti loše implementacije i gde se naizgled pouzdani protokoli mogu pokazati kao zlonamerni. Kako bismo bolje razumeli probleme do kojih može doći u jednoj mreži, ići ćemo na nivo paketa. Na nivou paketa nema pravih tajni, osim onih enkriptovanih. Što više možemo da uradimo na nivou paketa, to više možemo da kontrolišemo mrežu i rešimo probleme.

U ovom radu korišćen je programski alat Wireshark koji pruža dosta mogućnosti kada je reč o snimanju paketa i analiziranju snimljenih paketa.U poglavlju 2. opisane su osnove analiziranja paketa i navedene mrežne osnove neophodne za razumevanje saobraćaja, paketa i rezultata samog snimanja saobraćaja.U poglavlju 3. je objašnjen sam proces snimanja i prikupljanja paketa u različitim okruženjima.U poglavlju 4. dat je pregled protokola nižih slojeva OSI modela, dok je u poglavlju 5. dat pregled protokola viših slojeva OSI modela, uz najbitnije karakteristike i izgled zaglavlja svakog od njih.Kratak opis Wireshark programskog alata uz osnovne i napredne opcije koje mogu da se koriste prilikom snimanja i analiziranja saobraćaja dati su u poglavlju 6.U poglavlju 7. dat je prikaz rezultata snimanja saobraćaja, uz analizu samih rezultata i grafički prikaz. Poglavlje 8. rezimira rad, dok su u prilozima dati kompletni kodovi skripti koje predstavljaju glavni doprinos ovog rada.

2. ANALIZIRANJE PAKETA I MREŽNE OSNOVE

Postoji hiljade različitih problema koji se svakodnevno mogu desiti u računarskoj mreži – od jednostavne *spyware* infekcije do kompleksne konfiguracione greške na ruteru, a ponekad je nemoguće rešiti sve te probleme istog trenutka kada se oni dese. Najbolje što možemo da uradimo jeste da se u potpunosti pripremimo za rešavanje problema, u smislu pribavljanja odgovarajućeg znanja i alata.

Svi problemi koji mogu nastati u jednoj mreži polaze od nivoa paketa, gde i aplikacije koje najbolje izgledaju na oko mogu otkriti loše implementacije i gde se naizgled pouzdani protokoli mogu pokazati kao zlonamerni. Kako bismo bolje razumeli probleme do kojih može doći u jednoj mreži, ići ćemo na nivo paketa. Na nivou paketa nema pravih tajni, osim onih enkriptovanih. Što više možemo da uradimo na nivou paketa, to više možemo da kontrolišemo mrežu i rešimo probleme.

2.1. Analiza paketa

Analiza paketa, često nazivana i *packet sniffing* ili analiza protokola opisuje proces snimanja i interpretacije živih podataka koji se razmenjuju kroz mrežu kako bismo što bolje razumeli šta se zaista događa u mreži. Analiza paketa se radi uz pomoć alata za snimanje i analizu, koji prikupljaju pakete podataka koji prolaze kroz mrežu.

Analiziranje paketa pomaže u sledećem:

- Razumevanju mrežnih karakteristika
- Proveri ko je sve na mreži
- Utvrđivanje ko ili šta koristi dostupni protok
- Identifikovanje pikova kada se mreža najviše koristi
- Identifikovanje mogućih napada ili zlonamernih aktivnosti
- Pronalaženje nesigurnih aplikacija

Postoji više tipova programa koji se koriste za analizu paketa, bilo besplatnih, bilo komercijalnih. Par popularnih programa za analizu paketa su *tcpdump*, *OmniPeek* i *Wireshark*. *Tcpdump* je program komandne linije. *OmniPeek* i *Wireshark* imaju GUI (*Graphical User Interfaces*).

2.2. Procena programa za snimanje i analizu paketa

Prilikom odabira programa za analizu paketa potrebno je uzeti u obzir sledeće faktore:

- **Podržani protokoli** – svi programi za analizu paketa mogu da interpretiraju više različitih protokola. Većina njih mogu da interpretiraju najčešće mrežne protokole (kao što su IPv4 i ICMP), transportne protokole (kao što su TCP i UDP), kao i aplikacione protokole (kao što su DNS i HTTP). Međutim, postoji mogućnost da ne podržavaju netradicionalne ili novije protokole kao što su IPv6, SMBv2 i SIP. Prilikom odabira

programa za analizu paketa potrebno je proveriti da li podržavaju sve protokole od interesa.

- **User-friendliness** – Potrebno je uzeti u obzir izgled samog programa, da li je lak za upotrebu i instalaciju i generalni tok standardnih operacija. Program bi trebalo da odgovara nivou stučnosti lica koje će ga koristiti. Za one sa manje iskustva sa analiziranjem paketa, poželjnije je da se ne koriste napredniji*command-line* alat kao što je tcpdump. Sa druge strane, iskusni korisnici će verovatno želeti da koriste napredniji program. Ponekad je korisno kombinovanje više programa za analizu paketa za pouzdanije i preciznije podatke, ali za to je ipak neophodno iskustvo.
- **Cena** – Velika prednost mnogih besplatnih programa za analizu paketa je u tome što mogu da stanu rame uz rame sa komercijalnim proizvodima. Najprimetnija razlika između komercijalnih proizvoda i njihovih besplatnih alternativa je u načinu na koji prikazuju rezultate analize. Komercijalni programi tipično nude modernije module koji nedostaju ili nisu konzistentni u besplatnim aplikacijama.
- **Programska podrška** – Bez obzira na stručnost i ekspertizu osobe koja radi analiziranje paketa, povremeno se javlja potreba za podrškom u rešavanju novih problema. Dostupna podrška se ogleda u dokumentaciji developera, javnih foruma i mejling lista. Iako možda ne postoji podrška samih developera za Wireshark, ljudi koji koriste ovu aplikaciju najčešće mogu da nadomeste taj nedostatak. Korisnici programa Wireshark pružaju podršku kroz diskusione panele, wiki dokumentaciju i blogove.
- **Podrška za operativne sisteme** – Nažalost, svi programi za analizu paketa ne podržavaju sve operativne sisteme. Potrebno je da izaberete onaj program koji će raditi na svim operativnim sistemima koje koristite. Pored toga, potrebno je da imate na umu da ćete ponekad snimati (prikupljati) pakete na jednoj mašini, a pregledati te pakete na drugoj. Ponekad će se desiti da ćete morati da koristite različite aplikacije na svakom uređaju, upravo zbog razlika u operativnim sistemima.

2.3. Kako rade programi za snimanje i analizu paketa

Svaki program za snimanje i analizu paketa integriše u sebi kooperativnost između softvera i hardvera. Sam proces rada programa se može podeliti na tri koraka:

1) **Prikupljanje paketa** – u prvom koraku, program prikuplja binarne podatke sa mreže. To se tipično radi tako što se odabrani mrežni interfejs prebaci u *promiscuous mode*. Pomenuti način rada omogućava mrežnoj kartici da prisluškuje sav saobraćaj u tom delu mreže, a ne samo saobraćaj koji je direktno adresiran na nju.
2) **Konverzija** – u ovom koraku prikupljeni binarni podaci se konvertuju u čitljiviju formu. Na ovom koraku se najčešće završava rad najnaprednijih programa komandne linije. Mrežni podaci mogu da se interpetiraju na najosnovnijem nivou, prepuštajući veći deo analize krajnjem korisniku.
3) **Analiza** – treći i poslednji korak uključuje i samu analizu prikupljenih i konvertovanih podataka. Na osnovu informacija koje preuzima iz samog paketa, program verifikuje protokol koji se koristi i počinje analizu specifičnih karakteristika određenih protokola.

2.4. Princip komunikacije između računara

Kako bismo u potpunosti razumeli analizu paketa, prvo moramo razumeti kako računari komuniciraju među sobom. U ovom odeljku ćemo obraditi osnove mrežnih protokola, OSI (*Open*

Systems Interconnection) model, okvire (*frames*) mrežnih podataka i hardverske komponente koji sve to podržavaju.

2.4.1. Protokoli

Moderne mreže se sastoje od više različitih sistema koji rade na različitim platformama. Kako bi komunikacija bila olakšana, koriste se protokoli. Protokoli predstavljaju skup pravila po kojim se vrši razmena informacija između entiteta u komunikacionim sistemima. Najčešći protokoli su: TCP (*Transmission Control Protocol*), IP (*Internet Protocol*), ARP (*Address Resolution Protocol*), DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)...

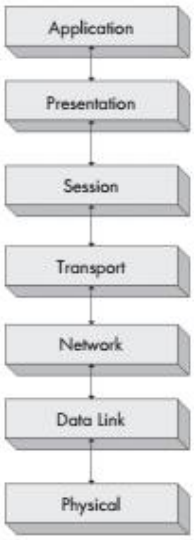
Protokol može da bude ekstremno jednostavan ili veoma kompleksan, u zavisnosti od funkcija koje nudi. Iako se većina protokola drastično razlikuje, mnogi protokoli daju odgovore na sledeća pitanja:

- **Inicijacija uspostave veze** – da li klijent ili server iniciraju uspostavu veze, kojeinformacije moraju da se razmene pre same komunikacije...
- **Pregovaranje o karakteristikama veze –** da li je komunikacija šifrovana, kako se razmenjuju ključevi za šifrovanje između hostova koji komuniciraju...
- **Formatiranje podataka –** na koji način su podaci sadržani u paketu, kojim redosledom se obrađuju podaci od strane uređaja koji ih prima...
- **Detekcija i otklanjanje grešaka –** šta se događa ako je paketu potrebno previše vremena da stigne do svoje destinacije, kako se klijent oporavlja ako ne može da uspostavi komunikaciju sa serverom u kratkom vremenskom periodu...
- **Prekid veze –**kako jedan host obaveštava drugog hosta sa kojim se uspostavio vezu da je došlo do kraja komunikacije, koje informacije moraju da se razmene kako bi se prekinula komunikacija tako da obe strane to znaju...

2.4.2. OSI referentni model

OSI referentni model je definisala ISO (*International Organization for Standardization*) 1983. godine. OSI model deli proces mrežne komunikacije na sedam različitih slojeva, kao što je prikazano na slici2.4.1.

Aplikacioni sloj na vrhu OSI modela predstavlja same programe koji se koriste za pristup mrežnim resursima. Fizički sloj na dnu OSI modela je sloj kroz koji putuje stvarni saobraćaj. Protokoli svakog sloja rade zajedno kako bi osigurali da se pravilno rukuje podacima od strane protokola iznad i ispod.



Slika 2.4.1. OSI referentni model [1]

Svaki OSI sloj ima specifične funkcije:

- **Aplikacioni sloj (*Application Layer / Layer 7*)** – Najviši sloj OSI modela pruža mogućnost korisnicama da zaista pristupe mrežnim resursima. To je jedini sloj koji krajnji korisnici mogu da vide tako što pruža interfejs kao bazu svih mrežnih aktivnosti.
- **Sloj prezentacije (*Presentation Layer / Layer 6*)** – Ovaj sloj transformiše podatke koje dobije u format koji može da pročita aplikacioni sloj. Kodiranje i dekodiranje podataka zavisi od protokola aplikacionog sloja koji prima ili šalje podatke. Sloj prezentacije je zadužen za enkripciju i dekripciju koje se koriste kako bi se osigurali podaci koji se prenose.
- **Sloj sesije (*Session Layer/ Layer 5*)** – Ovaj sloj je zadužen za dijalog, odnosno sesiju između dva računara. On uspostavlja, rukovodi i raskida vezu između uređaja koji međusobno komuniciraju. Sloj sesije je takođe odgovoran za utvrđivanje da li je veza pun dupleks ili poludupleks, kao i za komunikaciju između hostova u situacijama kada se veza raskida uz potvrdu obe strane koje komuniciraju.
- **Transportni sloj (*Transport Layer/ Layer 4*)** – Glavna uloga transportnog sloja je pružanje pouzdanog prenosa podataka za slojeve iznad njega u OSI modelu. Kroz kontrolu protoka, segmentaciju/desegmentaciju i kontrolu grešaka, transportni sloj osigurava da podaci stignu od jednog do drugoghosta bez grešaka. Transportni sloj koristi i protokole koji uspostavljaju vezu, kao i protokole koji ne uspostavljaju vezu pre prenosa podataka.
- **Mrežni sloj (*Network Layer/ Layer 3*)** – Ovaj sloj je odgovoran za rutiranje podataka između fizičkih mreža i jedan je od najkompleksnijih u OSI modelu. Zadužen je za logičko adresiranje mrežnih hostova (npr. kroz IP adresiranje), kao i za fragmentaciju paketa i u nekim slučajevima za detekciju greške. Ruteri (*routers*) su uređaji mrežnog sloja.
- **Sloj linka za podatke (*Data Link Layer/ Layer 2*)** – Ovaj sloj omogućava sredstva za transportovanje podataka preko fizičke mreže. Osnovna uloga sloja linka za podatke je pružanje šeme adresiranja koja se koristi za identifikaciju fizičkih uređaja (npr. MAC adrese). Mostovi (*bridges*) i svičevi (*switches*)su uređaji drugog sloja.
- **Fizički sloj (*Physical Layer/ Layer 1*)** – sloj na dnu OSI modela predstavlja fizički medijum kroz koji se prenose mrežni podaci. Fizički sloj definiše fizičku i električnu prirodu celokupnog hardvera koji se koristi, uključujući hubove, mrežne adaptere,

ripitere, kao i specifikaciju kablova. Ovaj sloj uspostavlja i raskida veze, pruža sredstva za deljenje komunikacionih resursa i vrši konverziju signala iz digitalnog u analogni i obrnuto.

U tabeli 2.4.1. dat je pregled najčešćih protokola koji se koriste za svaki pojedinačni sloj OSI modela.

Tabela 2.4.1. Pregled najčešće korišćenih protokola po OSI slojevima

SLOJ	PROTOKOLI
Aplikacioni sloj	HTTP, SMTP, FTP, Telnet, DNS
Sloj prezentacije	ASCI, MPEG, JPEG, MIDI
Sloj sesije	NetBIOS, SAP, SDP, NWLink
Transpotni sloj	TCP, UDP, SPX, RTP
Mrežni sloj	IP, IPX, ICMP, RIP, OSPF, BGP
Sloj linka za podatke	Ethernet, Token Ring, FDDI, ARP

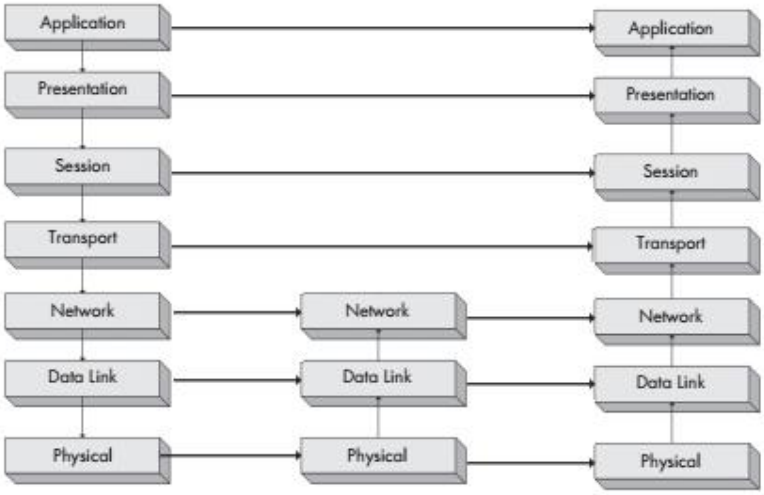
Kako se podaci prenose kroz OSI model? Inicijalni prenos podataka u mreži započinje na aplikacionom sloju sistema koji šalje podatke. Podaci se prenose kroz svih sedam slojeva OSI modela sve dok ne stignu do fizičkog sloja na dnu OSI modela. Fizički sloj transmisionog sistema šalje podatke do prijemnog sistema. Prijemni sistem preuzima podatke sa svog fizičkog sloja i prosleđuje podatke kroz preostale slojeve prijemnog sistema sve dok podaci ne stignu do aplikacionog sloja na vrhu.

Servisi koje pružaju različiti protokoli bilo kog sloja OSI modela nisu redundantni. Na primer, ako protokol određenog sloja pruža određene servise, onda ni jedan drugi protokol bilo kog drugog sloja ne pruža iste servise. Protokoli koji pripadaju različitim slojevima možda imaju karakteristike sa sličnim ciljevima, ali se njihove funkcije u suštini razlikuju.

Protokoli odgovarajućih slojeva računara koji međusobno komuniciraju su komplementarni. Na primer, ako je protokol aplikacionog sloja računara koji šalje podatke zadužen za enkripciju podataka koji se prenose, od odgovarajućeg protokola aplikacionog sloja mašine koja prima podatke se očekuje da dekriptuje podatke koje primi.

Na slici 2.4.2. je ilustrovana komunikacija dva klijenta kroz OSI model. Podaci se prenose sa vrha do dna OSI modela jednog klijenta, a onda u obrnutom smeru od dna do vrha kada stigne do drugog klijenta.

Svaki sloj OSI modela može da komunicira samo sa slojevima koji se nalaze direktno ispod i iznad njega. Na primer, sloj 2 može da šalje i prima podatke samo od slojeva 1 i 3.



Slika 2.4.2.Protokoli rade na istom sloju OSI modela i kod predajnog i kod prijemnog sistema [1]

2.4.3. Enkapsulacija podataka

Protokoli različitih slojeva OSI modela komuniciraju uz pomoć enkapsulacije podataka. Svaki sloj u steku je odgovoran za dodavanje zaglavlja (*header*) i začelja (*footer*) – dodatnih bitova sa informacijama koje omogućavaju slojevima da komuniciraju i razmenjuju podatke. Na primer, kada transportni sloj primi podatke od sloja sesije, on dodaje svoje zaglavlje i začelje sa informacijama na podatke pre nego što ih prosledi sledećem sloju.

Proces enkapsulacije kreira jedinicu podataka - PDU (*Protocol Data Unit*), koja u sebi uključuje podatke koji se prenose i sva zaglavlja sa informacijama koja su dodata podacima. Dok se podaci prenose kroz OSI model, jedinica podataka se menja i raste kako se dodaju zaglavlja sa informacijama od strane različitih protokola. Jedinica podataka ima konačnu formu u trenutku kada stigne do fizičkog sloja, a odatle se šalje ka odredištu. Prijemni računar sklanja zaglavlja sa jedinice podataka dok se podaci prenose kroz OSI slojeve. U trenutku kada stigne do najvišeg sloja OSI modela, samo originalni podaci koji su i poslati ostaju u paketu.

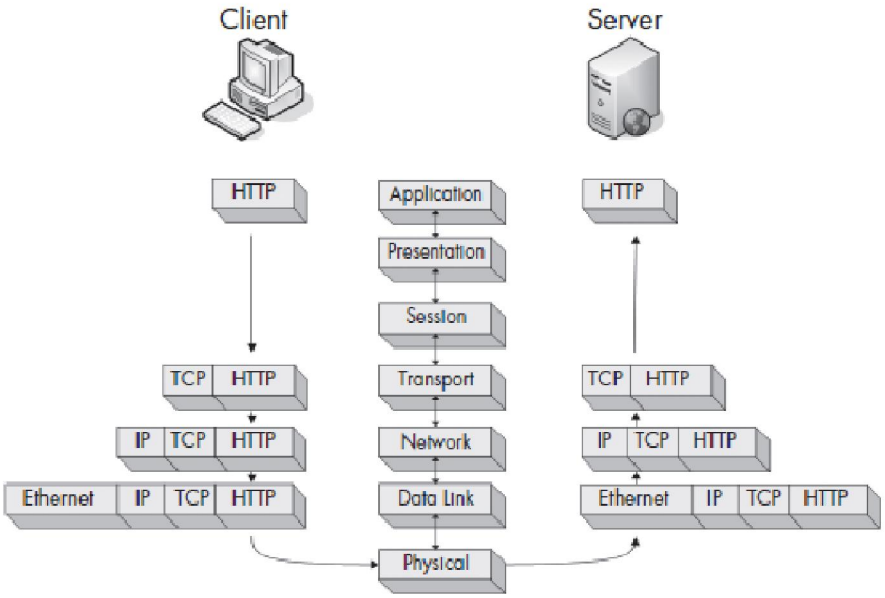
Termin paket se odnosi na kompletnu jedinicu podataka PDU koja uključuje i zaglavlja sa informacijama od svih slojeva OSI modela.

Na slici 2.4.3. je ilustrovan primer kako enkapsulacija podataka izgleda u praksi, prilikom pokušaja otvaranja http://www.google.com/ stranice. U ovom slučaju, moramo da generišemo paket sa zahtevom koji se prenosi od našeg računara sve do odredišnog servera. Ovaj scenario podrazumeva da je već uspostavljena TCP/IP komunikaciona sesija.

Sve kreće od aplikacionog sloja računara koji koristimo. Pokušavamo da pristupimo vebsajtu preko HTTP aplikacionog protokola. Podaci u našem paketu se prenose dole niz stek sve do transportnog sloja. TCP transportni protokol je zadužen za pouzdan prenos paketa i dodaje TCP zaglavlje. Nakon toga, TCP prosleđuje paket do mrežnog sloja. IP mrežni protokol kreira zaglavlje koje sadrži informacije o logičkom adresiranju i prosleđuje paket do Etherneta na sloju linka za podatke. Ethernet zaglavlje sadrži fizičke Ethernet adrese. Paket je sada u potpunosti sklopljen i može da se prosledi do fizičkog sloja, na kojem se prenosi kao niz 0 i 1 kroz mrežu.

Kompletiran paket prolazi kroz mrežni sistem kabliranja i na kraju dolazi do *Google* veb servera. Veb server započinje čitanje paketa od sloja linka za podatke. Nakon što je ta informacija obrađena, zaglavlje sloja linka za podatke se uklanja i prelazi se na procesiranje informacija

mrežnog sloja. Informacije o IP adresiranju su pročitane iz odgovarajućeg zaglavlja i nakon toga se zaglavlje uklanja i prelazi na transportni sloj. TCP informacije su pročitane kako bi se osiguralo da je paket stigao u nizu. Nakon toga se uklanja zaglavlje transportnog sloja, dok u paketu ostaju samo podaci aplikacionog sloja. Ti podaci se prosleđuju aplikaciji veb servera na kojem se hostuje veb sajt. Kao odgovor na paket koji je poslao klijent, server bi trebalo da pošalje TCP paket klijentu koji potvrđuje da je njegov zahtev primljen uz otvaranje odgovarajućeg *html* fajla.



Slika 2.4.3.Grafički prikaz enkapsulacije podataka između klijenta i servera [1]

Treba uzeti u obzir da nije svaki paket koji putuje mrežom generisan od strane protokola aplikacionog sloja, tako da se može naići na paktete koji sadrže samo informacije protokola koji pripadaju drugom, trećem ili četvrtom sloju.

2.4.4. Mrežni uređaji

Najčešće korišćeni mrežni uređaji su:

- **Hub –** Hub predstavlja uređaj sa više RJ-45 portova. Broj portova zavisi od kapaciteta mreže u kojoj hub radi. Hub je uređaj koji radi na fizičkom sloju OSI modela. Uzima pakete koji su stigli sa jednog porta i prenosi (ponavlja) ih ka svakom portu na uređaju. Klijenti povezani na portove huba koji su primili odgovarajuće pakete proveravaju da li je paket namenjen njima na osnovu MAC (*Media Access Control*) adrese i primaju paket ako je namenjen njima. Svi ostali klijenti povezani na ostale portove odbacuju pakete koji nisu namenjeni njima. Hubovi se retko koriste u modernim ili gustim mrežama zato što generišu dosta nepotrebnog mrežnog saobraćaja i mogu da rade samo u poludupleksmodu (ne mogu istovremeno da šalju i da primaju podatke).
- **Svič –** Kao i hub, svič je dizajniran tako da ponavlja pakete, ali za razliku od huba, ne šalje podatke ka svakom portu, nego samo ka onom portu kojem su podaci i namenjeni. Svič izgleda kao i hub, s tim što se sa većim svičevima upravlja putem specijalizovanog softvera ili veb interfejsa. Takav tip svičeva pruža više funkcija koje mogu biti korisne prilikom upravljanja mrežom (mogućnost da se određeni portovi otvore ili zatvore za mrežni saobraćaj, da se vide specifičnosti porta, da se promeni konfiguracija ili da se

odradi daljinski *reboot*). Svičevi čuvaju MAC adrese svih povezanih uređaja u CAM tabeli. Kada stigne paket, svič čita informacije zaglavlja drugog sloja i na osnovu CAM tabele određuje na koji port treba da pošalje paket. Svičevi šalju pakete samo ka određenim portovima i na taj način značajno smanjuje mrežni saobraćaj u odnosu na hub.

- **Ruter –**Ruter je napredan mrežni uređaj sa mnogo više funkcionalnosti u odnosu na svič ili hub. Ruteri rade na mrežnom sloju OSI modela i zaduženi su za prosleđivanje paketa između dve ili više mreža. Proces koji koriste ruteri prilikom usmeravanja saobraćaja između mreža naziva se rutiranje. Nekoliko tipova protokola rutiranja određuju kako se različiti tipovi paketa rutiraju ka drugim mrežama. Ruteri obično koriste IP adrese kako bi na jedinstven način identifikovali uređaje u mreži. Veličina i broj rutera u jednoj mreži zavisi od veličine i funkcije same mreže.

2.4.5. Klasifikacija saobraćaja

Mrežni saobraćaj se može podeliti u tri veće klase: brodkast,multikast i unikast. Svaka klasa ima različite karakteristike koje određuju kako mrežni uređaji rukuju sa paketima u toj klasi.

- **Brodkastsaobraćaj –**Brodkast paket se šalje ka svim portovima u mrežnom segmentu. Postoji brodkast saobraćaj i na sloju 2 i na sloju 3 OSI modela. Postoje rezervisane brodkast adrese i bilo koji saobraćaj koji se šalje ka tim adresama, šalje se ka svim portovima koji pripadaju tom mrežnom segmentu.
- **Multikast saobraćaj –**Multikast paket se simultano prenosi sa jednog izvora do više odredišnih tačaka u istom trenutku. Glavni cilj multikasta je korišćenje što manjeg protoka usled simultanog prenosa (uz što manji broj duplih paketa). Primarni metod implementacije multikasta je kroz šemu adresiranja koja grupiše prijemnike paketa u multikast grupu. Na taj način se sprečava da paket stigne do računara kojem nije namenjen.
- **Unikastsaobraćaj –** Unikast paket se prenosi direktno od jednog do drugog računara. Detalji prenosa zavise od protokola koji se koristi.

3. PRIKUPLJANJE PAKETA

Ključna odluka kako bi analiziranje paketa bilo efikasno je gde treba pozicionirati aplikaciju za prikupljanje paketa. Ponekad je teže pravilno pozicionirati aplikaciju za prikupljanje paketa od samog analiziranja prikupljenih paketa.

3.1. *Promiscuous* mod

Pre nego što započnemo sam proces prikupljanja paketa, potrebna nam je mrežna kartica NIC (*Network Interface Card*) koja podržava *promiscuous* mod. *Promiscuous* mod dozvoljava mrežnoj kartici da vidi sve pakete koji se kreću kroz mrežu.

Uz brodkast mrežni saobraćaj, podrazumeva se da klijent dobije pakete koji nisu namenjeni direktno njemu. ARP protokol se koristi za određivanje MAC adrese koja odgovara određenoj IP adresi. Kako bi pronašao odgovarajuću MAC adresu, ARP protokol šalje brodkast paket ka svim uređajima u brodkast domenu u nadi da će odgovarajući klijent odogovoriti.

Brodkast domen (mrežni segment u kome računari mogu razmenjivati podatke direktno, bez korišćenja rutera) može da sadrži više računara, ali bi samo jedan klijent trebalo da bude zainteresovan za ARP brodkast paket. Bilo bi krajnje neefikasno kada bi svaki računar u mreži zaista procesirao ARP paket. Umesto toga, mrežne kartice uređaja koji se nalaze u datoj mreži analiziraju paket i odbacuju ga ako odrede da nije za njih. Na taj način, paket ne dolazi do procesora.

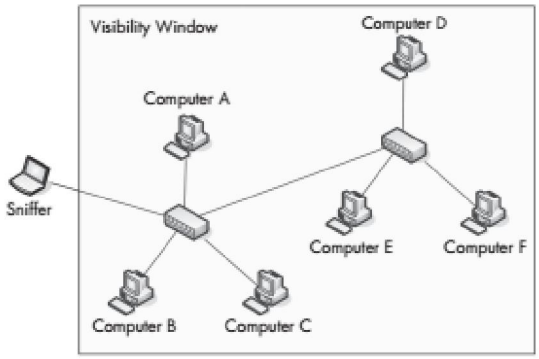
Odbacivanje paketa koji nisu namenjeni datom hostu poboljšava efikasnost samog procesa, ali nije dobro u smislu analiziranja paketa. Kao neko ko analizira pakete, obično želimo da vidimo sve pakete koji prolaze kroz mrežu, kako ne bismo bili u situaciji da izgubimo neku ključnu informaciju.

Prilikom rada u *promiscuous* modu, mrežna kartica prosleđuje svaki paket koji vidi procesoru, bez obzira na adresiranje. Kada paket stigne do procesora, aplikacija može da ga pokupi.

3.2. Prikupljanje paketa u hub okruženju

Prikupljanje paketa u mreži koja ima hub uređaje je idealno rešenje. Kao što znamo, hub prosleđuje sav saobraćaj na sve portove koji su povezani na njega. Samim tim, jedino što je potrebno za analiziranje saobraćaja računara koji je povezan na hub je povezivanje na bilo koji prazan port na tom hubu. Na taj način je moguće pratiti svu komunikaciju od/do određenog računara, kao i komunikaciju između bilo kojih uređaja koji su povezani na dati hub.

Na slici 3.2.1. je ilustrovan vidljivi prozor (*visibility window*) koji je neograničen u smislu mreže koja se zasniva na hub uređaju. Vidljivi prozor predstavlja skup uređaja jedne mreže čiji je saobraćaj vidljiv aplikaciji za prikupljanje i analizu paketa.



Slika 3.2.1. Vidljivi prozor mreže u hub okruženju [1]

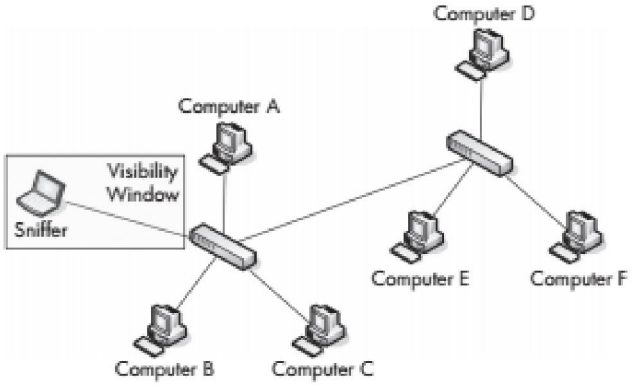
Mreže koje se zasnivaju na hub uređaju su veoma retke u današnje vreme zbog nedostataka i loših strana koje nose sa sobom. Samo jedan uređaj može da šalje ili prima podatke u datom trenutku, uređaji koji su povezani na hub moraju da se takmiče međusobno kako bi koristili protok u mreži. Kada dva ili više uređaja komunicira u isto vreme, dolazi do kolizije paketa. Rezultat kolizije može biti gubitak paketa, a uređaj koji je slao pakete pokušava ponovo da ih pošalje čime se samo povećava mrežno zagušenje i učestanost kolizija. Zbog svega toga imamo znatno više mreža koje koriste svičeve.

3.3. Prikupljanje paketa u svič okruženju

Svičevi omogućavaju efikasan način za prenos podataka kroz brodkast, multikast i unikast saobraćaj. Kao dodatak, svičevi dozvoljavaju pun dupleks komunikaciju, što znači da uređaji istovremeno mogu i da primaju i da šalju podatke.

U smislu analiziranja paketa, svičevi dodaju novi nivo kompleksnosti. Ako priključimo aplikaciju za prikupljanje paketa na port sviča, možemo samo da vidimo brodkast saobraćaj i saobraćaj koji prima i šalje sam uređaj koji je povezan na port.

Na slici 3.3.1. je ilustrovan vidljivi prozor (*visibility window*) mreže u svič okruženju.



Slika 3.3.1. Vidljivi prozor mreže u svič okruženju[1]

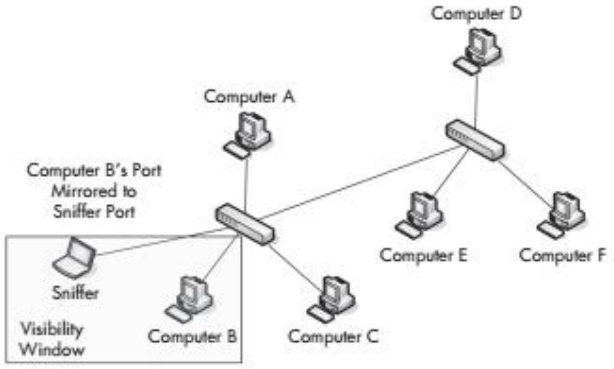
Postoje četiri načina za snimanje saobraćaja u svič okruženju: *port mirroring*, *hubbing out*, *using a tap* i ARP *cache poisoning*.

3.3.1. Port Mirroring

Port Mirroring je verovatno najlakši način za prikupljanje saobraćaja u svič okruženju. U ovom slučaju morate imati pristup komandnoj liniji ili interfejsu upravljanja mrežom sviča na koji je povezan računar čiji saobraćaj želimo da snimimo. Pored toga, svič mora da da ima podršku za *port mirroring*, kao i prazan port na koji možete da se priključite.

Kako bismo omogućili *port mirroring*, moramo uneti komande na osnovu kojih svič kopira sav saobraćaj sa jednog na drugi port. Na primer, ako želimo da snimimo saobraćaj sa porta 3 određenog sviča, potrebno je da se poveže aplikacija za analizu na port 4, odraditi port mirroring ta dva porta i na taj način možete videti sav saobraćaj koji šalje ili prima uređaj koji je povezan na portu 3.

Na slici 3.3.2. je ilustrovan proširen vidljivi prozor (*visibility window*) mreže u svič okruženju, uz korišćenje *port mirroring* tehnike.



Slika 3.3.2. Vidljivi prozor mreže u svič okruženju – tehnika *port mirroring*[1]

Način na koji podešavamo*port mirroring* zavisi od proizvođača sviča koji će se koristiti. Za većinu svičeva potrebno je logovanje na interfejs komandne linije i unošenje odgovarajućih komandi. Nekoliko najčešće korišćenih komandi je prikazano u tabeli 3.3.1.

Tabela 3.3.1. Komande za *port mirroring*

PROIZVOĐAČ	KOMANDA
Cisco	set span <source port><destination port>
Enterasys	set port mirroring create <source port><destination port>
Nortel	port-mirroring mode mirror-port <source port> monitor-port <destination port>

Prilikom korišćenja ove tehnike, potrebno je obratiti pažnjuna protok portova koji se koriste za ovu analizu. Neki proizvođači svičeva dozvoljavaju „preslikavanje“ više portova u jednom portu, što može biti korisno prilikom analiziranja komunikacije između dva ili više uređaja povezana na jedan svič. Za svič sa 24 porta i primenite *port mirroring* 23 pun dupleks 100Mb/s porta u jedan port, do tog porta potencijalno može doći 4600Mb/s. To je znatno iznad fizičkog praga jednog porta, što može dovesti do gubitka paketa i usporavanja same mreže kada mrežni saobraćaj dostigne određeni nivo. U ovim situacijama, svičevi mogu odbaciti višak paketa ili čak i da pauiziraju interni prenos što dovodi po onemogućavanja celokupne komunikacije.

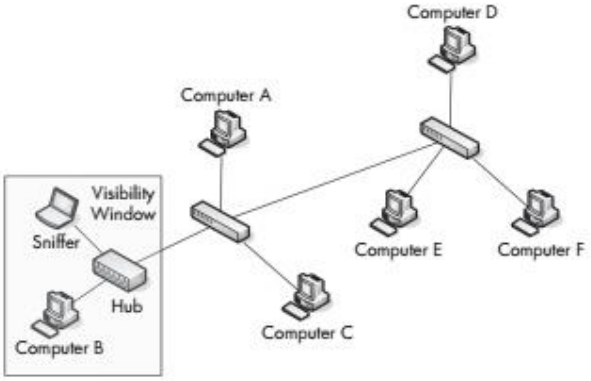
3.3.2. Hubbing Out

Drugatehnikakoja može prikupiti saobraćaj u svič okruženju je *hubbing out*. Ova tehnika podrazumeva povezivanje uređaja koji želi da se analizira i samog sistema za analizu direktno na hub uređaj. Mnogi ljudi vide ovu tehniku kao neki vid varanja, ali ona zaista predstavlja odlično rešenje u situaciji kada *port mirroring* nije izvodljiv, ali i dalje imamo fizički pristup sviču na koji je povezan uređaj čiji saobraćaj želimo da analiziramo.

Sve što nam je potrebno za *hubbing out* je hub i nekoliko mrežnih kablova. Povezivanje se ostvaruje kroz niz sledećih koraka:

1) Potrebno je da se ciljniuređaj čiji saobraćaj želimo da analiziramo diskonektuje sa sviča
2) Nakon toga se ciljni uređaj povezuje mrežnim kablom na hub
3) Analizator saobraćaja takođe se povezuje drugim mrežnim kablom na hub
4) Hub se povezuje na mrežu tako što se postavi treći mrežni kabl od huba do mrežnog sviča

Ovom tehnikom ciljni uređaj i analizator saobraćaja se nalaze u istom brodkast domenu i sav saobraćaj sa ciljnog uređaja će biti prenet na sve portove. Na taj način će saobraćaj sa ciljnog uređaja doći i do analizatora koji može da prikupi sve pakete, kao što je ilustrovano na slici 3.3.3.



Slika 3.3.3. Vidljivi prozor mreže u svič okruženju – tehnika *hubbing out*[1]

U većini situacija, tehnika *hubbing out* će redukovati dupleksciljnog uređaja sa punog dupleksa na poludupleks. Iako ova tehnika nije najbolji način za analiziranje saobraćaja, ponekad je to jedina opcija u situaciji kada svič ne podržava *port mirroring*. Bitno je napomenuti da hub zahteva i priključak za napajanje, koji se ponekad teško može pronaći.

Još jedan problem na koji možemo naići, ako želimo da koristimo ovu tehniku, je u tome što se hubovi više ne proizvode u tolikoj meri i izuzetno je teško naći hub u nekoj prodavnici tehničke opreme.

3.3.3. Using a tap

Mrežni *tap* je hardverski uređaj koji možete da postavite između dve tačke u sistemu kabliranja, kako biste prikupili pakete koji se razmenjuju između te dve tačke.

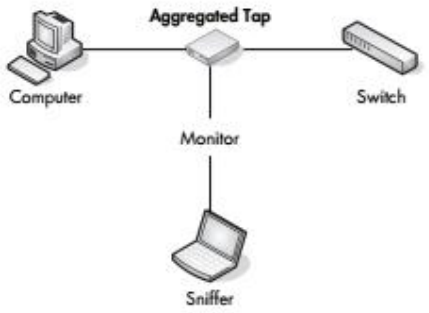
Primarno postoje dve vrste mrežnih *tap* uređaja: agregacioni (*aggregated*) i neagregacioni (*nonaggregated*). Glavna razlika između ova dva tipa je u broju portova. Agregacioni *tap* ima 3 porta, dok neagregacioni *tap* ima 4 porta.

Tap uređaji takođe zahtevaju priključak za napajanje, a neki u sebi sadrže i baterije za vremenski kratko prikupljanje paketa, bez potrebe priključenja na električnu utičnicu.

Agregacioni *tap* je najlakši za korišćenje. Ima samo jedan fizički port za snimanje bidirekcionog saobraćaja. Kako bi se prikupio sav saobraćaj od i do pojedinačnog računara koji je povezan na svič, potrebno je pratiti sledeće korake:

1) Diskonektovati računar sa sviča
2) Staviti jedan kraj mrežnog kabla u računar, a drugi kraj na *in* port na *tap* uređaju
3) Staviti jedan kraj drugog mrežnog kabla na *out* port na *tap* uređaju, a drugi kraj na mrežni svič
4) Staviti jedan kraj trećeg mrežnog kabla u *monitor* port na *tap* uređaju, a drugi kraj u računar na kojem se nalazi aplikacija za prikupljanje saobraćaja

Agregacioni *tap* uređaj bi trebalo da bude povezan kao što je prikazano na slici 3.3.4 U tom slučaju, aplikacija bi trebalo da prikuplja sav saobraćaj koji dolazi i odlazi od ciljnog računara koji je povezan na *tap* uređaj.



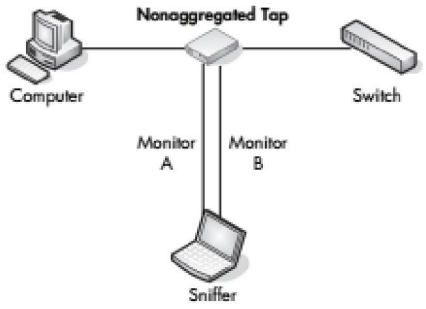
Slika 3.3.4.Korišćenje agregacionog *tap* uređaja za presretanje mrežnog saobraćaja [1]

Neagragacioni *tap* uređaj je nešto kompleksniji u odnosu na agregacioni uređaj, ali dozvoljava i više fleksibilnosti prilikom prikupljanja saobraćaja. Umesto samo jednog *monitor* porta koji može da se koristi za snimanje bidirekcione komunikacije, neagregacioni *tap* uređaj ima dva porta za monitoring. Jedan port se koristi za snimanje saobraćaja u jednom smeru (od računara koji je konektovan na *tap* uređaj), a drugi port se koristi za snimanje saobraćaja u drugom smeru (do računara koji je konektovan na *tap* uređaj).

Kako bi se prikupio sav saobraćaj od i do pojedinačnog računara koji je povezan na svič, potrebno je pratiti sledeće korake:

1) Diskonektovati računar sa sviča
2) Staviti jedan kraj mrežnog kabla u računar, a drugi kraj na *in* port na *tap* uređaju
3) Staviti jedan kraj drugog mrežnog kabla na *out* port na *tap* uređaju, a drugi kraj na mrežni svič
4) Staviti jedan kraj trećeg mrežnog kabla u *monitor A* port na *tap* uređaju, a drugi kraj u jednu mrežnu karticu računara na kojem se nalazi aplikacija za prikupljanje saobraćaja
5) Staviti jedan kraj četvrtog mrežnog kabla u *monitor B* port na *tap* uređaju, a drugi kraj u drugu mrežnu karticu računara na kojem se nalazi aplikacija za prikupljanje saobraćaja

Neagregacioni *tap* uređaj bi trebalo da bude povezan kao što je prikazano na slici 3.3.5.



Slika 3.3.5.Korišćenje neagregacionog *tap* uređaja za presretanje mrežnog saobraćaja [1]

Ako uporedimo obe vrste *tap* uređaja, agregacioni uređaji su prioritetniji zato što zahtevaju manje kabliranja i nisu potrebne dve mrežne kartice na računaru koji se koristi za presretanje saobraćaja. Ipak, u situacijama kada se snima veliki obim saobraćaja ili ako je od interesa samo saobraćaj koji se odigrava u jednom smeru, više se koriste neagragacioni uređaji.

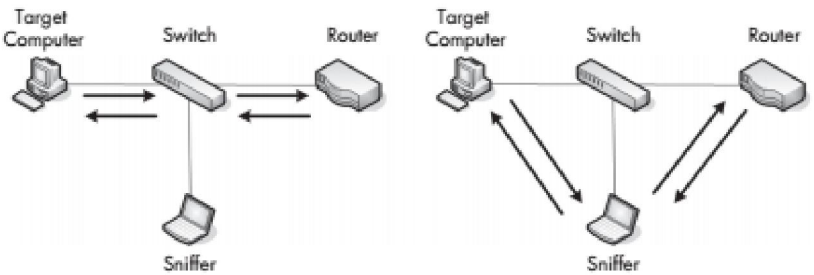
3.3.4. ARP cache poisoning

Svi uređaji u mreži komuniciraju međusobno preko IP adresa trećeg sloja OSI modela. Kako svičevi rade na drugom sloju OSI modela sa MAC adresama. Ako MAC adresa nije poznata, koristi se ARP protokol koji prevodi poznatu IP adresu u odgovarajuću MAC adresu.

Za računare povezane na Ethernet mrežu, ARP proces započinje kada jedan računarželi da komunicira sa drugim računarom. Računar koji šalje podatke prvo proverava u ARP keš memoriji da li već ima informaciju koja MAC adresa je povezana sa IP adresom računara kojem želi da šalje podatke. Ako nema pomenutu informaciju, šalje se ARP zahtev kroz brodkast paket koji stiže do svakog računara u Ethernet mreži. Kroz zahtev se postavlja pitanje koja MAC adresa odgovara IP adresi odredišnog računara.

Uređaji koji nemaju IP adresu koja se nalazi u ARP zahtevu, jednostavno odbacuju ARP zahtev. Odredišni računar šalje ARP odgovor u kojem se nalazi njegova MAC adresa. Izvorišni računar u tom trenutku dobija informaciju o MAC adresi koja mu je potrebna za dalju komunikaciju, a tu informaciju stavlja u svoju keš memoriju.

ARP *cache poisoning* je proces slanja ARP poruka Ethernet sviču ili ruteru sa lažnom MAC adresom kako bi se presreo saobraćaj drugog računara. Na slici 3.3.6. je ilustrovan ovaj proces. Napadač snima saobraćaj u svič okruženju. Nakon što presretne MAC adresu uređaja čiji saobraćaj želi da presretne, napadač šalje ARP pakete u kojima obaveštava uređaje u mreži da on ima tu MAC adresu i na taj način se menja sadržaj keš memorije, a svi paketi koji su bili namenjeni toj MAC adresi, završavaju kod napadača.



Slika 3.3.6.Korišćenje ARP cache poisoning tehnike za presretanje mrežnog saobraćaja [1]

ARP *cache poisoning* je napredna forma presretanja mrežnog saobraćaja u svič okruženju. Najčešće se koristi za napade u smislu slanja lažno adresiranih paketa ili kako bi se izazvao DoS (*Denial-of-Service*) napad. Ipak, ova tehnika predstavlja legitiman način za snimanje saobraćaja ciljnog uređaja. Za primenu ove tehnike može se koristiti popularna sigurnosna alatka *Cain & Abel*, kojoj je to samo jedna od funkcionalnosti koje nudi.

Prilikom korišćenja ove tehnike treba biti obazriv kako se ne bi koristila za presretanje saobraćaja na uređaju koji ima veći kapacitet link od linka sistema koji će vršiti analizu.

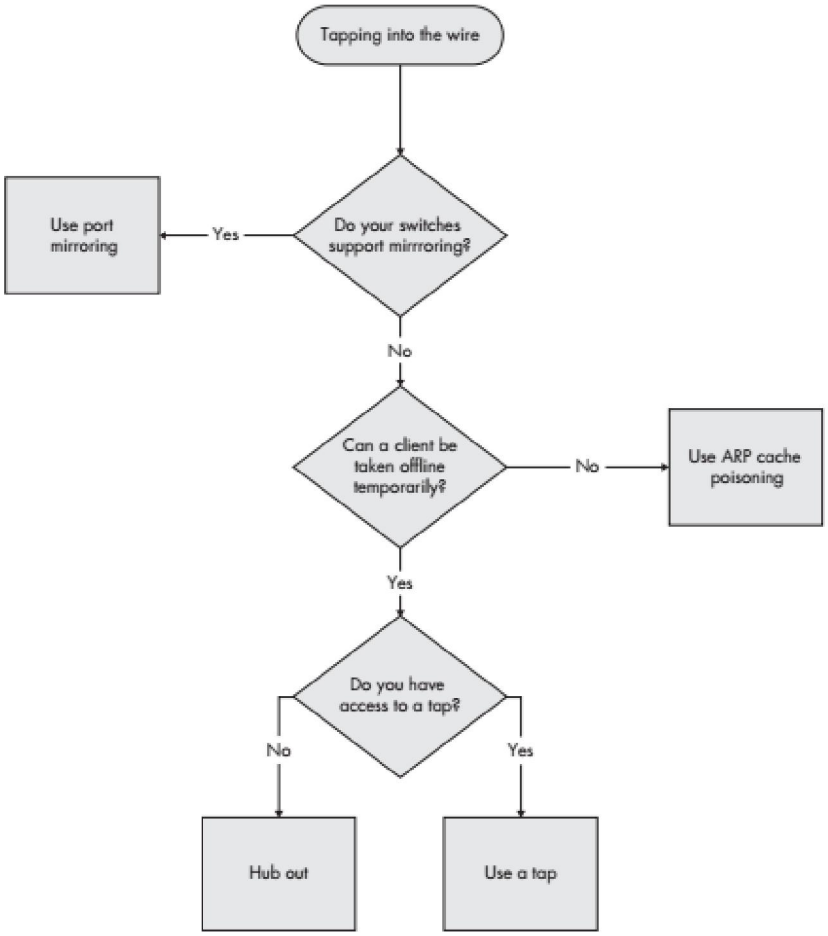
3.4. Pozicioniranje analizatora u svič okruženju

Do sada smo se susreli sa četiri različita načina za snimanje mrežnog saobraćaja u svič okruženju. Možemo dodati još jedan metod, ako uzmemo u obzir jednostavno instaliranje aplikacije na uređaju čiji saobraćaj želimo da snimimo – *direct install method*. U tabeli 3.4.1. je napravljen uporedni prikaz tehnika uz smernice kada bi trebalo koristiti svaku od njih.

Tabela 3.4.1.Analiza tehnika za snimanje saobraćaja koje se koriste u svič okruženju

TEHNIKA	SMERNICE
Port mirroring	• Obično se koristi zato što ne ostavlja nikakve tragove u mreži i ne generiše dodatne pakete • Može da se konfiguriše tako da klijent i dalje bude online, što je korisno kada se tehnika primenjuje na ruteru ili portovima servera
Hubbing out	• Idealna u situacijama kada nije problem da host bude privremeno offline • Neefikasna u situacijama kada je potrebno snimiti saobraćaj sa više hostova zato što će trenutno doći do kolizije i gubitka paketa • Može doći do gubitka paketa modernih 100/1000Mb/s hostova zato što je većina hubova 10Mb/s
Using a tap	• Idealna u situacijama kada nije problem da host bude privremeno offline • Jedina opcija za snimanje saobraćaja u optičkim mrežama • Tap uređaji mogu da pariraju modernim mrežnim brzinama zbog čega su superiorniji od tehnike koja koristi hub • Nije preporučljiva ako je budžet ograničen
ARP cache poisoning	• Posmatra se kao "prljava" tehnika zato što uključuje slanje paketa u mreži kako bi se saobraćaj prerutirao kroz analizator saobraćaja • Može da bude efikasna tehnika kada je potrebno brzo snimanje saobraćaja uređaja dok radi online i kada port mirroring nije opcija
Direct install	• Obično se ne preporučuje zato što bilo koji problem sa hostom može dovesti do odbacivanja paketa ili manipulacije na takav način da se paketi ne prikazuju tačno • Mrežna kartica hosta ne mora da radi u promiscuous modu • Najbolja je za testno okruženje, ispitivanje osnovnih performansi i analiziranje prikupljenog saobraćaja na neki drugi način

Na slici 3.4.1. prikazan je dijagram koji može pomoći prilikom izbora tehnike snimanja saobraćaja.



Slika 3.4.1.Dijagram koji treba pratiti prilikom izbora tehnike snimanja saobraćaja [1]

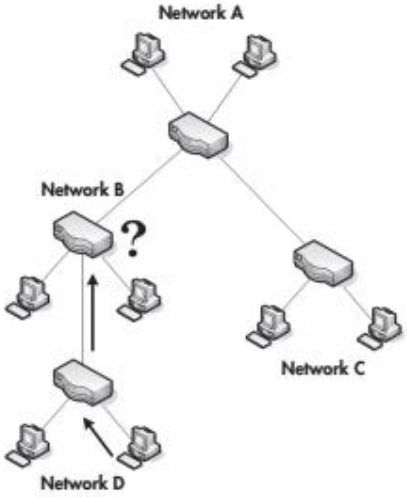
Prilikom snimanja mrežnog saobraćaja trebalo bi da budemo što je više moguće nevidljivi. U savršenom svetu bi trebalo da skupljamo podatke koji su nam potrebni, a da ne ostavimo dokaze da smo bilo šta radili.

3.5. Prikupljanje paketa u ruter okruženju

Sve tehnike prikupljanja paketa koje se koriste u svič okruženju, dostupne su i u ruter okruženju. Potrebno je obratiti pažnju na važnost pozicioniranja alata za snimanje saobraćaja prilikom analize problema koji obuhvata više mrežnih segmenata.

U situacijama kada podaci prolaze kroz više rutera, važno je analizirati saobraćaj sa svih strana rutera. Ako kao primer uzmemo problem u komunikaciji između uređaja koji pripadaju mrežama D i A (ilustrovano na slici 3.5.1.). Ukoliko pratite saobraćaj uređaja u mreži D koji ima problem u komunikaciji sa uređajem u drugoj mreži, možete jasno videti podatke koji se prenose do drugog segmenta, ali ne možete videti podatke koje taj drugi segment dobija kao odgovor. U takvim slučajevima, potrebno je pomeriti analizator (mreža B) kako biste dobili potpunu sliku saobraćaja koji se prenosi između različitih segmenata. Tek tada se može otkriti razlog zbog kojeg dolazi do

prekida saobraćaja – da li su podaci odbačeni ili nisu pravilno rutirani od strane rutera koji pripada mreži B. Ponekad je potrebno analizirati saobraćaj na više uređaja u različitim mrežnim segmentima kako bi se otkrio problem.



Slika 3.5.1.Otkrivanje problema u komunikaciji između uređaja u različitim mrežama u ruter okruženju [1]

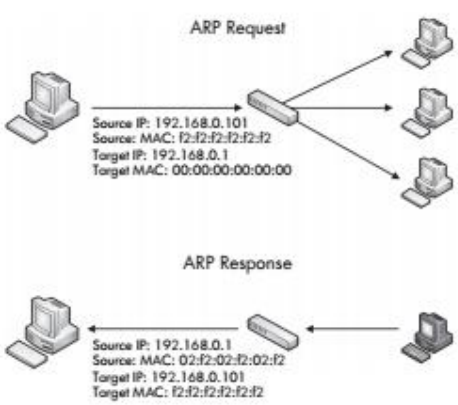
4. PROTOKOLI NIŽIH SLOJEVA OSI MODELA

4.1. ARP (*Address Resolution Protocol*)

Za komunikaciju u nekoj mreži koriste se i logičke i fizičke adrese. Korišćenje logičkih adresa omogućava komunikaciju između više mreža i indirektno povezanih uređaja. Korišćenje fizičkih adresa olakšava komunikaciju na mrežnom segmentu uređajima koji su direktno povezani preko sviča. U većini slučajeva, da bi došlo do komunikacije neophodno je da se koriste oba tipa adresiranja u isto vreme.

Svič koji povezuje uređaje u mreži koristi CAM (*Content Addressable Memory*) tabelu u kojoj se nalaze MAC adrese svih uređaja koji su povezani na svaki port tog sviča. Kada svič primi saobraćaj namenjen određenoj MAC adresi, na osnovu CAM tabele se vrši provera na koji port treba da se prosledi primljeni saobraćaj. Ako odredišna MAC adresa nije poznata, prenosni uređaj će prvo proveriti da li se MAC adresa nalazi u njegovoj keš memoriji. Ako ne pronađe MAC adresu ni na taj način, onda je neophodna dodatna komunikacija u samoj mreži.

U TCP/IP mrežama (sa IPv4) koristi se ARP protokol za preslikavanje IP adresa u odgovarajuće MAC adrese. ARP protokol je definisan u okviru RFC 826. Prilikom ARP procesa koriste se samo dva paketa – ARP zahtev (*request*) i ARP odgovor (*response*), kao što je ilustrovano na slici 4.1.1.



Slika 4.1.1.Ilustracija ARP procesa [1]

Brodkast paket sa ARP zahtevom (u kojem se pita za MAC adresu uređaja koji ima poznatu IP adresu) se šalje svakom uređaju na mrežnom segmentu. Svaki uređaj koji nema IP adresu navedenu u paketu sa ARP zahtevom jednostavno odbacuje paket. Uređaj koji ima odgovarajuću IP adresu šalje paket sa ARP odgovorom koji sadrži njegovu MAC adresu.

Na kraju ARP procesa, prenosni uređaj ažurira svoju keš memoriju i nakon toga može započeti prenos podataka.

Na slici 4.1.2. je prikazano ARP zaglavlje sa odgovarajućim poljima:

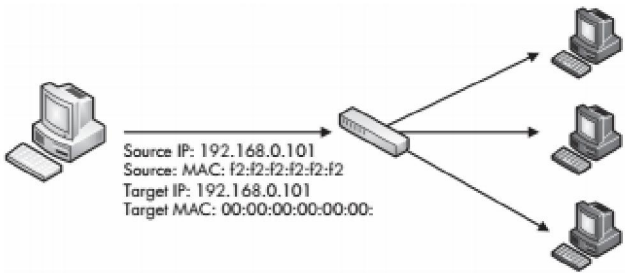
Address Resolution Protocol		
Bit Offset	0–7	8–15
0	Hardware Type	
16	Protocol Type	
32	Hardware Address Length	Protocol Address Length
48	Operation	
64	Sender Hardware Address (1st 16 Bits)	
80	Sender Hardware Address (2nd 16 Bits)	
96	Sender Hardware Address (3rd 16 Bits)	
112	Sender Protocol Address (1st 16 Bits)	
128	Sender Protocol Address (2nd 16 Bits)	
144	Target Hardware Address (1st 16 Bits)	
160	Target Hardware Address (2nd 16 Bits)	
176	Target Hardware Address (3rd 16 Bits)	
192	Target Protocol Address (1st 16 Bits)	
208	Target Protocol Address (2nd 16 Bits)	

Slika 4.1.2.Prikaz ARP zaglavlja [1]

Polja ARP zaglavlja su:

- **Hardware Type–**tip drugog sloja koji se koristi (u većini slučajeva Ethernet – tip 1)
- **Protocol Type –** protokol višeg sloja zbog koga se traži ARP zahtev
- **Hardware Address Length –** dužina hardverske adrese koja se koristi u bajtovima (6 za Ethernet)
- **Protocol Address Length –** dužina logičke adrese određenog protokola u bajtovima
- **Operation–**funkcija ARP paketa: 1 za zahtev ili 2 za odgovor
- **Sender Hardware Address –** hardverska adresa pošiljaoca
- **Sender Protocol Address –** adresa koja se koristi u protokolima višeg sloja pošiljaoca
- **Target Hardware Address –** hardverska adresa ciljnog uređaja (predstavljena nulama u ARP zahtevu)
- **Target Protocol Address -** adresa koja se koristi u protokolima višeg sloja ciljnog uređaja

U mnogim slučajevima može doći do promene IP adrese samog uređaja. U tim situacijama mapiranje IP-MAC adresa koje se nalazi u keš memoriji hosta može biti pogrešno. Kako zbog toga ne bi došlo do grešaka prilikom komunikacije, šalje se *gratuitous*ARP paket kroz mrežu sa novim mapiranjem IP-MAC adresa, kao što se vidi na slici 4.1.3.



Slika 4.1.3.*Gratuitous* ARP proces [1]

ARP zaglavlje je isto kao prilikom slanja ARP zahteva, s tom razlikom da su IP adresa pošiljaoca i primaoca iste. Kada uređaji u mreži prime *gratuitous* ARP paket, ažurira se ARP tabela

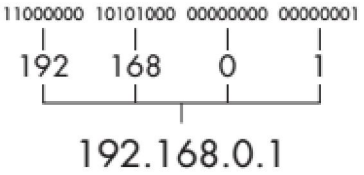
svakog od njih sa novim mapiranjem IP-MAC adresa. Obično se šalje *gratuitous* ARP paket prilikom promene IP adrese uređaja. Takođe, neki operativni sistemi šalju ARP paket prilikom samog startovanja.

4.2. IP (*Internet Protocol*)

Glavna namena protokola trećeg sloja OSI modela je omogućavanje komunikacije između mreža. MAC adrese se koriste za komunikaciju u samoj mreži na drugom sloju OSI modela. Na isti način, mrežni sloj je odgovoran za adrese koje se koriste u međumrežnoj komunikaciji. Nekoliko protokola je zaduženo za to, ali se najčešće koristi IP protokol. Verzija 4 IP protokola (IPv4) je definisana u RFC 791.

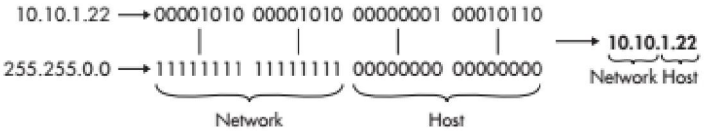
IPv4 protokol je zadužen za prenos podataka između uređaja, bez obzira na to gde se nalaze krajnje tačke komunikacije. Jednostavna mreža u kojoj su svi uređaji povezani preko huba ili sviča predstavlja LAN (*Local Area Network*) mrežu. Veza između dve LAN mreže može se uspostaviti preko rutera. Hiljadu LAN mreža povezanih preko hiljadu rutera čine kompleksnu mrežu. Internet sam po sebi predstavlja kolekciju ogromnog broja LAN mreža i rutera.

IPv4 adrese su 32-bitne adrese koje se koriste za jedinstvenu identifikaciju uređaja koji su povezani na mrežu. Zbog lakšeg pamćenja, IP adrese se predstavljaju u *dotted-quad* notaciji. Svaki set bita 1 i 0 koji čine jednu IP adresu se konvertuje u broj između 0 i 255 u formatu A.B.C.D, kao što je ilustrovano na slici 4.2.1.



Slika 4.2.1.*Dotted-quad* notacija IPv4 adrese [1]

IP adresa se sastoji iz dva dela: mrežne adrese i adrese hosta. Mrežna adresa identifikuje LAN mrežu na koju je povezan uređaj, dok adresa hosta identifikuje sam uređaj u toj mreži. Za indikaciju podele IP adrese na adresu mreže (podmreže) i adresu hosta koristi se tzv. maska (*network mask* ili *subnet mask*), u kojoj su biti koji predstavljaju adresu mreže postavljeni na vrednost „1“, dok su biti koji označavaju adresu hosta postavljeni na vrednost „0“ (videti sliku 4.2.2.).



Slika 4.2.2.Mrežna maska određuje mrežnu adresu i adresu hosta [1]

IP adrese i mrežne maske najčešće se ispisuju u CIDR (*Classless Inter-Domain Routing*) zapisu. Na ovaj način, IP adresa se zapisuje u punom formatu, a posle kose crte (/) sledi broj bita koji predstavlja mrežni deo IP adrese. Npr. IP adresa 10.10.1.22 i mrežna maska 255.255.0.0 u CIDR formatu bi bile zapisane na sledeći način 10.10.1.22/16.

4.2.1. Format IPv4 datagrama

Izvorišna i odredišna IP adresa predstavljaju ključne komponente IPv4 datagrama, ali to je samo deo informacija koje možete naći u IPv4 datagramu. IPv4 datagram se sastoji od zaglavlja i korisnog segmenta. U zaglavlju se prenose informacije relevantne za funkcionisanje IPv4 protokola, a sastoji se od obaveznog dela dužine 20bajtova i opcionog dela, koji može imati dužinu 4-40 bajtova. Na slici 4.2.3. prikazana je struktura IPv4 paketa.

Internet Protocol					
Bit Offset	0–3	4–7	8–15	16–18	19–31
0	Version	HDR Length	Type of Service	Total Length	
32	Identification			Flags	Fragment Offset
64	Time to Live		Protocol	Header Checksum	
96	Source IP Address				
128	Destination IP Address				
160	Options				
160 or 192+	Data				

Slika 4.2.3.Struktura IPv4 paketa [1]

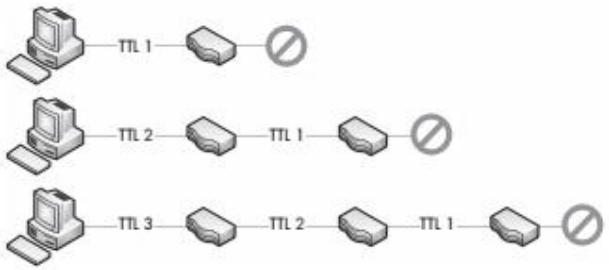
Polja IP zaglavlja su:

- **Version –** definiše verziju protokola (npr. 4 za IPv4)
- **Header Length –** dužina IP zaglavlja izražena u 32-bitnim rečima
- **Type of Service –** uloga u kvalitetu servisa
- **Total Length –** ukupna dužina datagrama (zaglavlje + podaci) izražena u oktetima (max 65535)
- **Identification –** jedinstveni identifikacioni broj koji dodeljuje predajnik – pomoć pri rekonstrukcijioriginalnog datagrama iz fragmenata
- **Flags –** kontroliše fragmentiranje, koristi se za identifikovanje da li je paket deo sekvence fragmentiranih paketa
- **Fragment Offset –** pokazuje mesto fragmenta u datagramu
- **Time to Live –** vreme života – definiše maksimalan dozvoljeni broj hopova datagrama kroz mrežu
- **Protocol –** identifikuje protokol višeg sloja
- **Header Checksum –** 16-bitni kontrolni zbir (samo za zaglavlje) koji se koristi za proveru da li je sadržaj IP zaglavlja oštećen
- **Source IP Address**–32-bitna adresa kojom se identifikuje predajnik paketa
- **Destination IP Address -** 32-bitna adresa kojom se identifikuje prijemnik paketa
- **Options –** opcione informacije o kontroli mreže, debagovanju, rutiranju i merenjima
- **Data –** stvarni podaci koji se prenose

4.2.2. TTL (Time to Live)

TTL vrednost definiše maksimalan vremenski period ili maksimalan broj hopova (kroz rutere) paketa kroz mrežu pre nego što se paket odbaci. TTL se definiše prilikom kreiranja samog paketa i u principu se broj hopova dekrementira za 1 svaki put kada se paket prosledi od strane rutera. Npr. ako paket ima TTL vrednost 2, prvi ruter do koga stiže paket smanjiće TTL na 1 i

prosleditи ka drugom ruteru. Taj drugi ruter će smanjiti vrednost TTL na 0 i ako se kranje odredište paketa ne nalazi u datoj mreži rutera, paket će biti odbačen (videti sliku 4.2.4.).



Slika 4.2.4.TTL vrednost paketa se smanjuje za 1 svaki put kada ruter prosledi paket dalje [1]

TTL vrednost je veoma bitna stavka zaglavlja IP datagrama. Naravno da nam je bitno vreme koje je potrebno da paket stigne od predajnika do prijemnika. Međutim, ako uzmemo u obzir da paket mora da prođe kroz više rutera na putu do svog odredišta. U nekom trenutku na toj putanji, paket može doći do pogrešno konfigurisanog rutera i izgubiti putanju do krajnjeg odredišta. U takvim slučajevima može doći do prosleđivanja paketa okolo u mreži u beskonačnoj petlji.

Beskonačna petlja u kojoj paket luta kroz mrežu može izazvati dosta problema, uključujući smanjenje protoka i na kraju DoS (*Denial of Service*). Kako bi se taj problem izbegao, stvoreno je TTL polje u IP zaglavlju.

4.2.3. IP fragmentacija

Fragmentacija paketa je funkcija koja omogućava pouzdan prenos podataka kroz različite tipove mreža, na taj način što se paketi dele na manje fragmente.

Fragmentacija paketa se zasniva na MTU (*Maximum Transmission Unit*) veličini protokola drugog sloja koji se koristi i konfiguraciji uređaja koji koriste protokole drugog sloja OSI modela. U većini slučajeva, protokol drugog sloja koji se koristi je Ethernet. Ethernet ima *default* vrednost MTU 1500, što znači da je maksimalna veličina paketa koji može da se pošalje kroz Ethernet mrežu 1500 bajtova (ne uključujući u tu vrednost 14-bajtno Ethernet zaglavlje). Iako postoje standardna MTU podešavanja na uređajima, postoji mogućnost ručnog rekonfigurisanja MTU veličine u većini slučajeva, na Windows ili Linux sistemima, kao i interfejsima samih rutera.

Kada se uređaj priprema za slanje IP paketa, potrebno je da proveri da li mora da fragmentira paket, tako što se veličina paketa poredi sa MTU veličinom mrežnog interfejsa sa kog će paket biti poslat. Ako je veličina paketa veća od MTU, paket će biti podeljen na fragmente, kroz sledeće korake:

1) Uređaj deli podatke na broj paketa koji je potreban kako bi se podaci uspešno preneli
2) Polje *Total Length* svakog IP zaglavlja se setuje na veličinu segmenta svakog fragmenta
3) Polje *More Fragments flag* je setovano na 1 za sve pakete podataka koji se prenose, osim kod poslednjeg paketa
4) Polje *Fragment Offset* je setovano u IP zaglavlju fragmenata
5) Može da započne prenos paketa

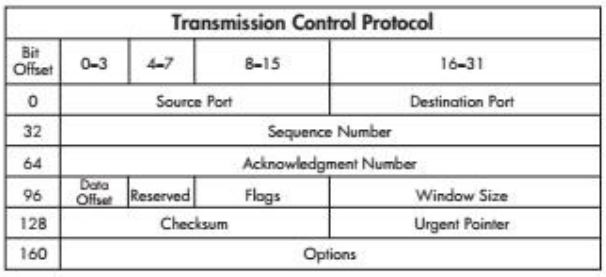
4.3. TCP (*Transmission Control Protocol*)

TCP je konektivno orijentisan protokol, namenjen da obezbedi pouzdanu komunikaciju između parova procesa u hostovima koji se mogu nalaziti u različitim, ali međusobno povezanim

mrežama. TCP, koji je definisan u RFC 793, radi na četvrtom sloju OSI modela. Zadatak TCP protokola je da ispravi greške nastale u prenosu kroz mrežu, koje se mogu reflektovati gubitkom, oštećenjem, dupliranjem ili pogrešnim redosledom paketa. Dosta protokola aplikacionog sloja oslanja se na TCP i IP kako bi paketi stigli do kranjeg odredišta.

4.3.1. TCP zaglavlje

TCP pruža veliki broj funkcionalnosti koje se ogledaju u kompleksnosti TCP zaglavlja. Format TCP zaglavlja je prikazan na slici 4.3.1.



Slika 4.3.1.TCP zaglavlje [1]

Polja TCP zaglavlja su:

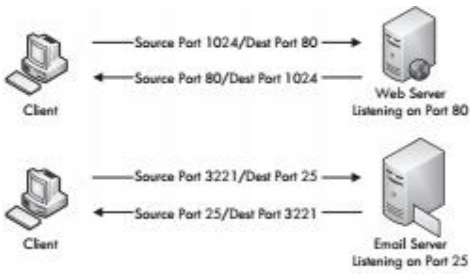
- **Source Port**–broj izvornog porta koji šalje paket
- **Destination Port**–broj odredišnog porta koji prima paket
- **Sequence Number**–broj prvog „data“ bajta u segmentu koji se koristi za identifikaciju TCP segmenta kako bi se osiguralo da nijedan deo podataka ne fali
- **Acknowledgment Number**–ako je setovan kontrolni bit ACK, ovo polje sadrži vrednost sledećeg rednog broja čiji se prijem očekuje
- **Data Offset** – broj 32-bitnih reči u TCP zaglavlju (ukazuje gde počinju podaci, sa kojim ofsetom)
- **Reserved** – rezervisano za buduću upotrebu, mora imati vrednost 0
- **Flags**–kontrolni biti: U(URG) – ako je setovan, polje *Urgent Pointer* je od značaja; A(ACK) – ako je setovan, polje „*Acknowledgment Numb*er“ je od značaja; P(PSH) – funkcija *push*; R(RST) – reset veze; S(SYN) – sinhronizacija rednih brojeva; F(FIN) – nema više podataka za slanje
- **Window Size**–označava veličinu prijemnog prozora
- **Checksum**– kontrolna suma koja osigurava da je kompletan sadržaj TCP zaglavlja i podataka stigao na odredište
- **Urgent Pointer**–ako je setovan kontrolni bit URG, pokazuje redni broj okteta iza koga slede hitni podaci
- **Options** –multipli od 8 bita; npr. najveća veličina segmenta i dr.

4.3.2. TCP portovi

Celokupna TCP komunikacija se odigrava korišćenjem izvorišnog i odredišnog porta koji se mogu naći u svakom TCP zaglavlju.

Kako bi se podaci preneli određenoj aplikaciji na udaljenom serveru ili uređaju, TCP paket mora da zna port koji „osluškuje“ udaljeni servis. Ako pokušate da pristupite aplikaciji preko porta koji nije konfigurisan za korišćenje, komunikacija će biti neuspešna.

Izvorišni port nije toliko bitan i može se odabrati nasumično. Udaljeni server će odrediti sa kojim portom treba da komunicira na osnovu originalnog paketa koji mu je poslat (videti sliku 4.3.2.).



Slika 4.3.2.TCP koristi portove za prenos podataka [1]

Postoji 65535 portova koji mogu da se koriste prilikom komunikacije preko TCP protokola. Za dodeljivanje brojeva portova ovlašćena je organizacija IANA (*Internet Assigned Numbers Authority*). Brojevi portova grupisani su u tri opsega:

- **Dobro poznati portovi** – opseg od 0 do 1023, uz ignorisanje porta 0 koji je rezervisan
- **Registrovani portovi** – opseg od 1024 do 49151
- **Dinamički, privatni ili efemerni portovi** – opseg od 49152 do 65535

Dobro poznate brojeve portova koriste sistemski procesi koji pružaju široko rasprostranjene tipove mrežnih servisa. Na primer, FTP koristi port 20, SMTP koristi port 25, HTTP koristi port 80, BGP koristi port 179...

Registrovane brojeve portova dodeljuje IANA za specifične servise, pri čemu na većini sistema obični korisnici mogu da koriste brojeve portova iz ovog opsega.

Za dinamičke brojeve portova nije potrebna registracija: ovi brojevi se koriste za poseben privatne namene, privremeno ili za automatsko dodeljivanje efemernih (kratkoročnih) portova.

Povezivanjem broja porta sa adresom mrežnog sloja (IP) formira se tzv. *socket*. *Socket* predstavlja kranju tačku transportne veze i označava se uređenim parom IP_adresa:port.

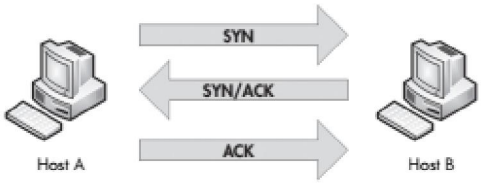
Par *socket*-a jednoznačno identifikuje TCP konekciju. To znači da se isti par ne može koristiti za identifikaciju više od jedne TCP konekcije, kao i da se konekcija može identifikovati samo pomoću jednog para *socket*-a. Jedan *socket* se može istovremeno koristiti u različitim konekcijama.

4.3.3. TCP procedura „trostrukog rukovanja“

Nakon definisanja para *socket*-a koji predstavljaju kranje tačke TCP veze, u proceduri za uspostavu veze, TCP entiteti razmenjuju redne brojeve (polje *Sequence Number* u zaglavlju), da bi obezbedili ispravno potvrđivanje prijema podataka. Taj proces se naziva uspostavljanjem sinhronizacije, a izvršava se u tri koraka, zbog čega se procedura uspostave TCP veze naziva i procedurom „trostrukog rukovanja“.

U prvom koraku, uređaj koji želi da komunicira (host A) šalje TCP paket ka uređaju sa kojim želi da komunicira (host B). Inicijalni paket ne sadrži podatke, a u TCP zaglavlju je setovan

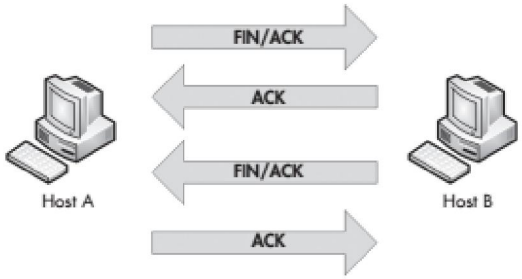
SYN kontrolni bit, uključujući podatke o broju sekvence i MSS (*Maximum Segment Size*) veličini koji će da se koriste u procesu komunikacije. Host B odgovara na dobijeni TCP paket slanjem sličnog paketa sa setovanim SYN i ACK kontrolnim bitima, uz svoj inicijalni broj sekvence. Na kraju, host A šalje poslednji paket hostu B u kojem je samo setovan ACK kontrolni bit. Sam proces je ilustrovan na slici 4.3.3.



Slika 4.3.3.TCP procedura „trostrukog rukovanja“ [1]

Nakon što se završi TCP procedura „trostrukog rukovanja“, oba uređaja bi trebalo da imaju sve informacije koje su im potrebne kako bi uspešno razmenili podatke.

U nekim slučajevima, može se koristiti i TCP *teardown* koji podrazumeva slanje i četvrtog paketa u kojem je setovan FIN kontrolni bit kako bi se naznačio kraj veze (vidi sliku 4.3.4.).



Slika 4.3.4.TCP *teardown* procedura [1]

U idealnom svetu, svaka veza bi trebalo da se završi uz razmenu informacija o samom prekidu, uz TCP *teardown*proceduru. U stvarnosti, veze se često prekidaju iznenada. U tim slučajevima, koristi se TCP paket u kojem je setovan RST kontrolni bit. RST kontrolni bit se koristi kao indikator da je veza iznenada prekinuta ili kao odbijanje da se veza uopšte uspostavi.

Danas se od svih TCP implementacija zahteva da koriste algoritme kontrole zagušenja kao što su: spori početak, izbegavanje zagušenja, brza retransmisija i brzi oporavak.

4.4. UDP (*User Datagram Protocol*)

UDP je još jedan protokol četvrtog sloja OSI modela koji se obično koristi u modernim mrežama. Dok je TCP dizajniran za pouzdan prenos podataka sa kontrolom grešaka, namena UDP protokola je da pruži brzu razmenu podataka. UDP je protokol bez uspostave veze, bez formalnog uspostavljanja i raskidanja veze između dva hosta. UDP je definisan u RFC 768.

Protokoli koji se oslanjaju na UDP, kao aplikacioni protokoli DNS i DHCP kod kojih je veoma bitno da se paketi brzo šalju kroz mrežu, imaju sopstvenu kontrolu grešaka prilikom prenosa.

4.4.1. UDP zaglavlje

UDP zaglavlje je znatno manje i jednostavnije u poređenju sa TCP zaglavljem, kao što se može primetiti na slici 4.4.1.

User Datagram Protocol		
Bit Offset	0–15	16–31
0	Source Port	Destination Port
32	Packet Length	Checksum

Slika 4.4.1.UDP zaglavlje [1]

Polja UDP zaglavlja su:

- **Source Port –** broj izvornog porta koji šalje paket
- **Destination Port** – broj odredišnog porta koji prima paket
- **Packet Length**–dužina paketa izražena u bajtovima
- **Checksum**–opciona kontrolnasuma koja se koristi za detekciju greške na kompletnom UDP datagramu

UDP protokol je generalno namenjen za situacije u kojima je brzina isporuke podataka bitnija od integriteta, uz pretpostavku da će aplikacioni proces inicirati ponavljanje operacije u slučaju greške u prenosu.

4.5. ICMP (*Internet Control Message Protocol*)

ICMP je prateći kontrolni protokol IPv4, koji registruje greške detektovane u zaglavlju IPv4 datagrama, a koristi se i u dijagnostičke svrhe i za pomoćne procedure u procesu rutiranja. ICMP detektuje neregularnosti povezane sa formatom i/ili prosleđivanjem određenog IP datagrama i o tome obaveštava izvor datagrama (na osnovu adrese u zaglavlju).

4.5.1. ICMP zaglavlje

ICMP je deo IP protokola i oslanja se da će IP proslediti njegove poruke. ICMP ima relativno malo zaglavlje koje se menja u zavisnosti od svrhe samog zaglavlja. ICMP zaglavlje je prikazano na slici 4.5.1.

Internet Control Message Protocol			
Bit Offset	0–15		16–31
0	Type	Code	Checksum
32	Variable		

Slika 4.5.1.ICMP zaglavlje [1]

Polja ICMP zaglavlja su:

- **Type –** tip ili klasifikacija ICMP poruke, na osnovu RFC specifikacije
- **Code** – podklasifikacija ICMP poruke, na osnovu RFC specifikacije
- **Checksum**–kontrolni zbir koji osigurava da je sadržaj ICMP zaglavlja i podataka stigao nepromenjen do svog odredišta
- **Variable** – zavisi od polja *Type* i *Code*

U tabeli 4.5.1. dat je opis funkcija karakterističnih poruka ICMP protokola. Svaka poruka sadrži zaglavlje dužine 8 bajtova i telo (podatke) promenljive dužine. Poruke se direktno enkapsuliraju u IP datagrame, što znači da zaglavlje ICMP započinje odmah pre zaglavlja IPv4.

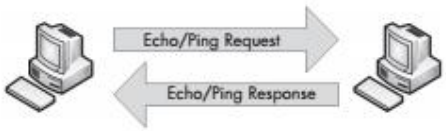
Tabela 4.5.1.Tipovi ICMP poruka

TIP ICMP PORUKE	OPIS
Destination unreachable	Paket nije mogao da bude isporučen
Time exceeded	Vrednost TTL je 0
Parameter problem	Neispravno zaglavlje
Source quench	Indikacija zagušenja
Redirect	Preusmeri paket
Echo request	Testiranje rutera
Echo reply	Odziv na echo request

Jedna od korisnih funkcija koje pruža ICMP protokol je tzv. „pingovanje“. Pingovanje se koristi za testiranje veze između uređaja. Kako bi se koristila funkcija ping, potrebno je u komandnoj liniji uneti komandu ping <ip adresa>, u kojoj se unosi IP adresa uređaja koji se nalazi u mreži. Ako je ciljni uređaj u funkciji, ako izvorišni računar ima rutu do ciljnog uređaja i ako ne postoji *firewall* koji bi blokirao komunikaciju, trebalo bi da se vide odgovori na pingovanje.

Ukoliko je uspostavljena komunikacija, trebalo bi da se prikažu četiri uspešna odgovora koji prikazuju njihovu veličinu, RTT i TTL. Windows daje i informacije o ukupnom broju paketa koji je poslat, primljen i izgubljen. Ako je komunikacija neuspešna, u poruci se mogu videti razlozi neuspeha.

U suštini ping komanda šalje jedan paket u trenutku i osluškuje odgovor kako bi ustanovio da li je moguća komunikacija sa uređajem koji se pinguje (videti sliku 4.5.2.).



Slika 4.5.2.Ping komanda obuhvata dva koraka [1]

5. PROTOKOLI VIŠIH SLOJEVA OSI MODELA

5.1. DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)

DHCP je protokol aplikacionog sloja OSI modela, koji omogućuje automatsko dodeljivanje IP adrese hostovima. DHCP server upravlja skupom IP adresa i parametrima konfiguracije klijenata, kao što su ime domena, serveri imena i drugi serveri.

Postoje tri metode dodeljivanja IP adresa:

- **Dinamičko dodeljivanje IP adresa** – Administrator mreže dodeljuje opseg IP adresa DHCP serveru. Svaki klijent u LAN mreži konfigurisan je tako da traži IP adresu od servera, u fazi inicijalizacije. Taj proces „zahtev-odobrenje" funkcionipe po principu dodeljivanja adresa na određeno vreme. Posle isteka tog vremena, vrši se obnavljanje, kada klijent zadržava adresu za sledeći grant period ili mu se dodeljuje druga IP adresa.
- **Automatsko dodeljivanje IP adresa** – Postupak je sličan dinamičkom dodeljivanju adresa, s tom razlikom što DHCP server održava tabelu dodeljenih IP adresa. Kada istekne grant period, prvi izbor DHCP servera je da klijentu ponovo dodeli istu IP adresu.
- **Statičkododeljivanje IP adresa –** DHCP održava tabelu sa parovima IP adresa/MAC adresa. Tu tabelu manuelno popunjava administrator mreže. IP adrese se dodeljuju samo registrovanim klijentima, odnosno samo klijentima čije se MAC adrese nalaze u pomenutoj tabeli.

5.1.1. Struktura DHCP paketa

DHCP paket može da prenese velik broj informacija klijentu. Struktura DHCP paketa je prikazana na slici 5.1.1.

Dynamic Host Configuration Protocol				
Bit Offset	0–15		16–31	
0	OpCode	Hardware Type	Hardware Length	Hops
32	Transaction ID			
64	Seconds Elapsed		Flags	
96	Client IP Address			
128	Your IP Address			
160	Server IP Address			
196	Gateway IP Address			
228+	Client Hardware Address (16 bytes)			
	Server Host Name (64 bytes)			
	Boot File (128 bytes)			
	Options			

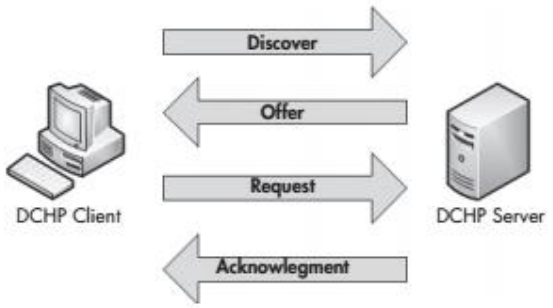
Slika 5.1.1.Struktura DHCP paketa [1]

Polja DHCP paketa su:

- **OpCode** – pokazuje da li je paket DHCP zahtev ili odgovor
- **Hardware Type** – tip hardverske adrese
- **Hardware Length** – dužina hardverske adrese
- **Hops** – koristi se za pronalaženje DHCP servera
- **Transaction ID** – nasumičan broj koji povezuje zahtev i odgovor
- **Seconds Elapsed** – sekunde od kada je klijent prvi put tražio adresu od DHCP servera
- **Flags**–tip saobraćaja koji DHCP klijent može da prihvati (unikast, brodkast)
- **Client IP Address** – IP adresa klijenta
- **Your IP Address** – IP adresa koju nudi DHCP server
- **Server IP Address** – IP adresa DHCP servera
- **Gateway IP Address** – IP adresa mrežnog *default gateway*-a
- **Client Hardware Address** – MAC adresa klijenta
- **Server Host Name** – host ime servera (opciono)
- **Boot File** – boot fajl koji koristi DHCP (opciono)
- **Options** – koristi se za dodatne funkcije DHCP paketa

5.1.2. DHCP proces obnavljanja

Primarni cilj DHCP protokola je dodeljivanje IP adrese klijentu u procesu obnavljanja. Proces obnavljanja se odigrava izmeu klijenta i DHCP servera, koristi četiri tipa DHCP paketa: *discover*, *offer*, *request* i *acknowledgment* (odatle i naziv DORA proces), kao što je ilustrovano na slici 5.1.2.



Slika 5.1.2.DHCP DORA (discover, offer, request i acknowledgment) proces [1]

U procesu inicijalizacije, klijent mora da locira raspoložive DHCP servere, uz slanje brodkast*discover*paket. DHCP server šalje *offer* paket kako bi ponudio svoje servise klijentu, tako što mu šalje informacije o samom servervu i adresiranju koje želi da pruži klijentu. Kada klijent primi *offer* paket od DHCP servera, on prihvata ponudu uz slanje *request* paketa. Na kraju, DHCP server šalje traženu IP adresu klijentu u okviru *acknowledgment* paketa i snima tu informaciju u svoju bazu podataka. Klijent nakon DORA procesa ima IP adresu i može da započne komunikaciju u mreži.

DHCP protokol se oslanja na UDP transportni protokol zato što je veoma bitno da klijent dobije što brže informaciju koju je tražio.

Kada DHCP server dodeli IP adresu uređaju, on je u stvari iznajmljuje na određeno vreme. Kada to vreme istekne, ponovo se odigrava DORA proces tokom koga se ponovo zahteva IP adresa od DHCP servera.

5.1.3. DHCP tipovi poruka

Jedina opcija koja mora biti prisutna u svim DHCP paketima je tip poruke koja se šalje. Postoji osam tipova poruka, koji su prikazani u tabeli 5.1.1.

Tabela 5.1.1. Tipovi DHCP poruka

TIP DHCP PORUKE	OPIS
Discover	Šalje klijent kako bi locirao dostupne DHCP servere
Offer	Šalje server klijentu kao odgovor na discover paket
Request	Šalje klijent kako bi tražio ponuđene parametre od servera
Decline	Šalje klijent serveru kako bi ukazao na nevažeće parametre u okviru paketa
ACK	Šalje server klijentu sa traženim konfiguracionim parametrima
NAK	Šalje klijent serveru kako bi odbio zahtev za konfiguracione parametre
Release	Šalje klijent serveru kako bi otkazao zakup konfiguracionih parametara
Inform	Šalje klijent serveru kako bi saznao konfiguracione parametre kada mu je već dodeljena IP adresa

5.2. DNS (*Domain Name System*)

ASCII imena hostova i servera u Internetu uvedena su sa ciljem razdvajanja naziva uređaja od mrežnih (IP) adresa. Numeričke adrese su komplikovane i teško se pamte, a ako bi se uređaji identifikovali samo mrežnim adresama dodatno bi se komplikovala bilo koja promena mašine. Kako mreža radi samo sa numeričkim adresama, neophodan je mehanizam koji preslikava ASCII imena u mrežne adrese.

Sistem imena domena ili DNS predstavlja hijerarhijski organizovan sistem distribuiranih baza podataka koji implementira šemu imena domena i vrši preslikavanje imena u IP adrese.

5.2.1. Struktura DNS paketa

Struktura DNS paketa je prikazan na slici 5.2.1.

Domain Name System																
Bit Offset	0–15								16–31							
0	DNS ID Number								QR	OpCode		AA	TC	RD	RA	Z	RCode
32	Question Count								Answer Count							
64	Name Server Count								Additional Records Count							
96	Questions Section								Answers Section							
128	Authority Section								Additional Information Section							

Slika 5.2.1.Struktura DNS paketa [1]

Polja DNS paketa su:

- **DNS ID Number** – broj koji povezuje DNS upit i DNS odgovor
- **Query/Response (QR)** – označava da li je paket DNS upit ili DNS odgovor
- **OpCode**– definiše tip upita koji se nalazi u poruci
- **Authoritative Answers (AA)** – ako je AA vrednost setovana u paketu sa odgovorom, to znači da je odgovor stigao od DNS servera koji ima autoritet u okviru domena
- **Truncation (TC)** – ukazuje da je odgovor nije potpun zato što je bio prevelik da stane u jedan paket
- **Recursion Desired (RD)** – ako je RD vrednost setovana u paketu sa upitom, to znači da DNS klijent zahteva rekurzivan upit ako ciljni DNS server ne sadrži traženu informaciju
- **Recursion Available (RA)** – ako je RA vrednost setovana u paketu sa odgovorom, to znači da DNS server podržava rekurzivne upite
- **Reserved (Z)**–rezervisano polje, u okviru RFC 1035 je definisano kao niz nula, ali se ponekad može koristiti kao ekstenzija Rcode polja
- **Response Code (RCode)** – koristi se u DNS odgovoru kako bi se označilo prisustvo bilo koje greške
- **Question Count** – broj ulaza u *question* delu
- **Answer Count** – broj ulaza u *answer* delu
- **Name Server Count** – broj zapisa o resursima DNS servera u okviru domena
- **Additional Records Count** – broj drugih zapisa o resursima u dodatnim delovima
- **Questions section** – polje promenljive veličine, sadrži jedan ili više upita koji će biti poslati DNS serveru
- **Answers section** – polje promenljive veličine, sadrži jedan ili više zapisa o resursima koji odgovaraju na upite
- **Authority section** – polje promenljive veličine koje sadrži zapise o resursima koji ukazuju na glavni DNS server koji može da se koristi u procesu rezolucije
- **Additional Information section** – polje promenljive veličine koje sadrži zapise o resursima sa dodatnim informacijama vezanim za upit

Sa aspekta aplikacije, osnovna komponenta DNS sistema je procedura koja se naziva *Resolver*. Korisnički program poziva proceduru iz odgovarajuće biblioteke i definiše ime domena kao ulazni parametar. Procedura *Resolver* zatim šalje UDP paket lokalnom DNS serveru. Kada DNS server pronađe ime, vraća pridruženu IP adresu.

Svaki domen održava skup zapisa o resursima (*Resource Record*, RR). Zapis o resursima sastoji se od sledećih pet binarno kodiranih parametara: ime domena, vreme života, klasa, tip i vrednost. Za svaki domen tipično postoji veći broj zapisa. Vreme života (TTL) pokazuje koliko je zapis stabilan. Pojedini tipovi zapisa i pridružene vrednosti prikazani su u tabeli 5.2.1.

Tabela 5.2.1. Tipovi DNS zapisa

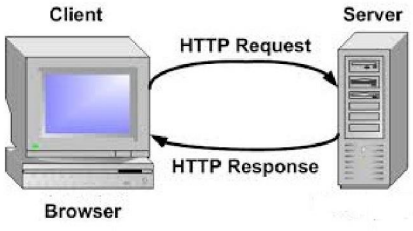
TIP DNS ZAPISA	OPIS
A	IPv4 adresa hosta
NS	Server za ovaj domen
CNAME	Ime domena
MX	Server za razmenu elektronske pošte
TXT	Proizvoljan ASCII tekst
AAAA	IPv6 adresa hosta
IXFR	Postepena zona transfera
AXFR	Puna zona transfera

Prostor sa imenima DNS-a podeljen je na zone između kojih nema preklapanja. Svaka zona obuhvata deo DNS stabla i DNS servere koji poseduju informacije o toj zoni. Jedan DNS server je primarni, a može postojati jedan ili više sekundarnih DNS servera. procedura *Resolver* uvek se obraća lokalnom DNS serveru, koji po potrebi kontaktira udaljeni server. U opštem slučaju, moguće je da se zahtev procedure *Resolver* prosleđuje u više koraka, odnosno kroz nekoliko DNS servera, kao što je ilustrovano na slici 5.2.2.

Slika 5.2.2.Rekurzivan DNS upit [1]

5.3. HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)

HTTP je protokol koji se koristi za pristup podacima na WWW (*World Wide Web*), odnosno za komunikaciju veb pretraživača i servera. Najrasprostranjenija je verzija 1.1 ovog protokola, koja je definisana u RFC 2616. HTTP je protokol tipa upit-odziv, koji pretpostavlja da klijent (veb pretraživač) generiše upite za veb server. Server, koji čuva određene podatke ili obezbeđuje resurse (kao što su HTML fajlovi) ili izvršava neke druge funkcije, vraća odziv klijentu.



Slika 5.3.1.Razmena HTTP upita i odziva

HTTP klijent aktivira zahtev tako što uspostavlja TCP vezu sa serverom (koji zatim čeka na portu 80). Kada primi zahtev od klijenta, HTTP server vraća odziv. HTTP sesija je niz transakcija tipa zahtev-odziv. Linija upita u zahtevu sadrži podatke o tipu upita, URL i verziji HTTP. Linija statusa u odzivu sadrži podatke o verziji HTTP i statusu (rezultatu izvršavanja zahteva).

HTTP definiše metode, koje identifikuju traženu akciju (tabela 5.3.1.).

Tabela 5.3.1. Metode HTTP

NAZIV METODA	OPIS
OPTIONS	Vraća listu HTTP metoda koje podržava server, za definisani URL
GET	Zahteva prezentaciju definisanog resursa (ne sme se preduzimati nijedna druga akcija osim pretraživanja)
HEAD	Slično metodi GET, ali odziv ne sadrži telo poruke. Ovaj metod je koristan za pretraživanje meta-informacija u zaglavljima
POST	Šalje podatke koje definisani resurs treba da procesira
PUT	Ažurira prezentaciju definisanog resursa
DELETE	Briše definisani resurs
TRACE	Eho primljenog zahteva, tako da klijent ima uvid u eventualne promene koje su izvršili tranzitni serveri
CONNECT	Konvertuje traženu vezu u transparentan TCP/IP tunel; najčešće za potrebe realizacije bezbednosnih mehanizama

HTTPS (*HTTP Secure*) je HTTP protokol dopunjen bezbednosnim mehanizmima, koji omogućavaju poverljivost podataka i identifikaciju web servera. U URL šemi se identifikuje nizom karaktera *https*, a koristi TCP servise na portu 443. Protokol se takođe koristi za autentifikaciju klijenta, sa ciljem da se pristup serveru dozvoli samo ovlašćenim korisnicima.

6. PROGRAMSKI ALAT WIRESHARK

Programski alat Wireshark ima veoma bogatu istoriju. Originalno ga je razvio Džerald Kombs, diplomirani inženjer Univerziteta Misuri u Kanzas Sitiju. Prva verzija aplikacije, pod nazivom *Ethereal*, puštena je na tržište 1998. godine, uz GPL (*GNU Public License*) licencu. Osam godina kasnije, Kombs je promenio posao, a bivši poslodavac je zadržao sva prava na *Ethereal* ime i zaštitni znak. Zbog nemogućnosti korišćenja originalnog imena aplikacije, Kombs i ostatak razvojnog tima su napravili rebrending projekta pod nazivom Wireshark sredinom 2006. godine.

Wireshark je postao izuzetno popularan alat i njegov razvojni tim se sastoji od preko 500 saradnika. Program koji je postojao pod nazivom *Ethereal* se više ne razvija.

Prednosti korišćenja Wireshark aplikacije:

- **Podržani protokoli**–Wireshark podržava veliku većinu protokola, preko 850 protokola, od najčešćih protokola kao što su IP i DHCP do drugih protokola kao što su AppleTalk i BitTorrent. Kako je Wireshark *open source* model, podrška za nove protokole se dodaje prilikom svake naprednije i novije verzije aplikacije.
- **User-friendliness**–Wireshark interfejs je jedan od najjednostavnijih za razumevanje u poređenju sa drugim aplikacijama tog tipa. Ima grafički korisnički interfejs sa veoma jasnim menijem i opcijama koje nudi. Pored toga, pruža i nekoliko funkcija koje poboljšavaju korišćenje same aplikacije, kao što su razdvajanje protokola na osnovu boja i detaljnu grafičku prezentaciju prikupljenih paketa. Wireshark mogu koristiti i početnici, pored naprednijih korisnika.
- **Cena** –Wireshark je *open source*, besplatni softver, pod GPL licencom. Možete skinuti instalaciju za Wireshark potpuno besplatno i koristiti aplikaciju bilo u privatne ili komercijalne svrhe.
- **Podrška internet zajednice**–Kada se radi o besplatno distribuiranim softverima kao što je Wireshark, možda ne postoji formalna podrška, zobg čega se najčešće oslanjamo na korisničku bazu u smislu podrške. Na sreću, Wireshark zajednica je jedna od najaktivnijih u oblasti *open source* projekata. Wireshark veb stranica ima direktne linkove koji vode do nekoliko različitih oblika podrške, kao što su onlajn dokumentacija, wiki (*support* i *development*), FAQ (Frequently Asked Questions) – najčešće postavljanja pitanja, mejling lista za dobijanje najnovijih informacija.
- **Podržani operativni sistemi**–Wireshark podržava većinu modernih operativnih sistema, uključujući Windows, Mac OS X i Linux platforme. Kompletna lista podržanih operativnih sistema može se naći na zvaničnoj veb stranici Wireshark aplikacije.

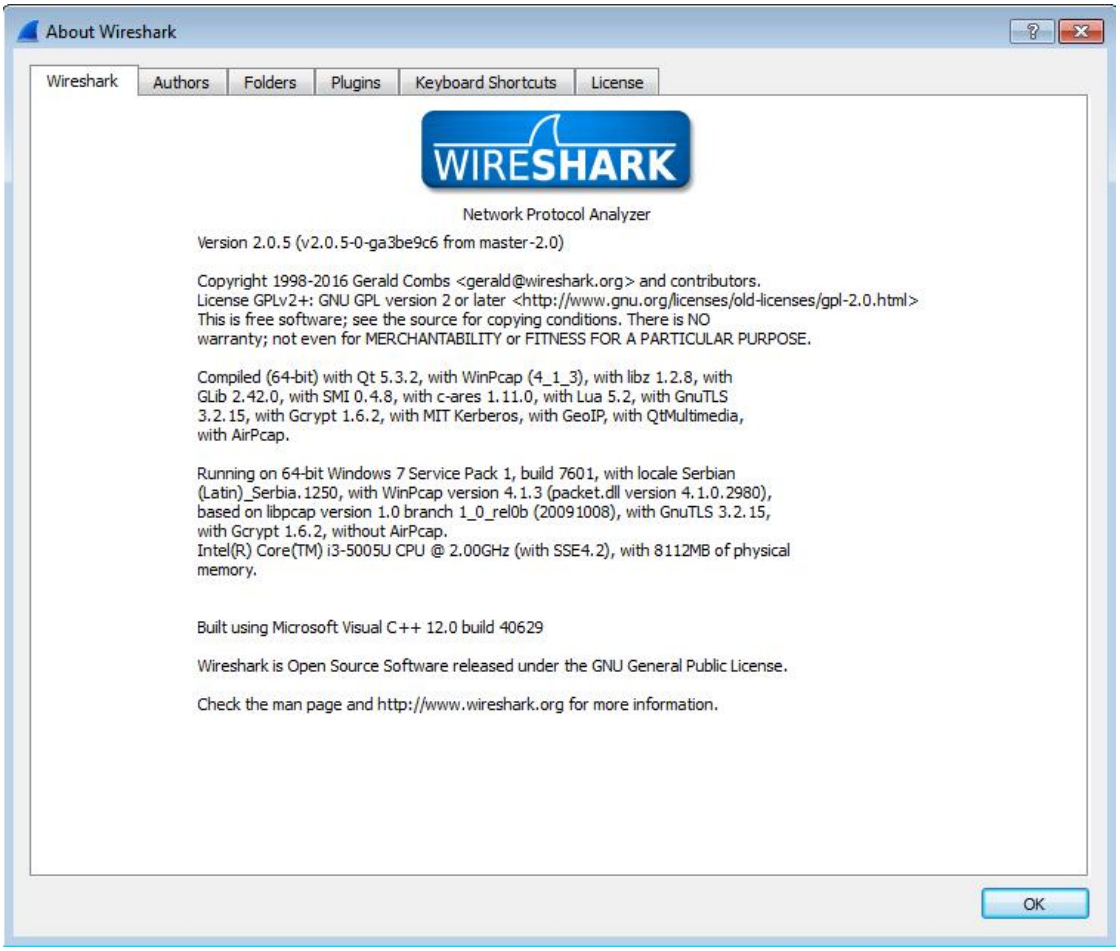
Sama instalacija Wireshark aplikacije je izuzetno jednostavna. Ipak, pre nego što krenemo sa samom instalacijom softvera, potrebno je proveriti da li sistem koji koristimo zadovoljava sledeće zahteve: 400MHz i brži procesori, 128MB RAM memorije, najmanje 75MB dostupnog prostora za samu instalaciju, NIC kartica koja podržava *promiscuous mode* i WinPcap drajver za prikupljanje paketa.

WinPcap drajver za prikupljanje paketa je Windows implementacija pcap aplikativnog programskog interfejsa (API, *Application Programming Interface*). Jednostavno rečeno, ovaj drajver u interakciji sa operativnim sistemom snima pakete podataka, prilagođava filtre i menja mod rada NIC kartice.

WinPcap možete instalirati i odvojeno, ali je preporučljivo da se instalira verzija koja dolazi uz Wireshark instalaciju zato što ste za nju sigurni da je testirana i da radi sa poslednjom verzijom aplikacije.

6.1. Osnovne opcije Wireshark programskog alata

Za analiziranje paketa i mrežnog saobraćaja korišćena je poslednja verzija Wireshark aplikacije 2.0.5. Osnovne informacije o samoj aplikaciji mogu se pronaći u padajućem meniju Help->About Wireshark (slika 6.1.1).

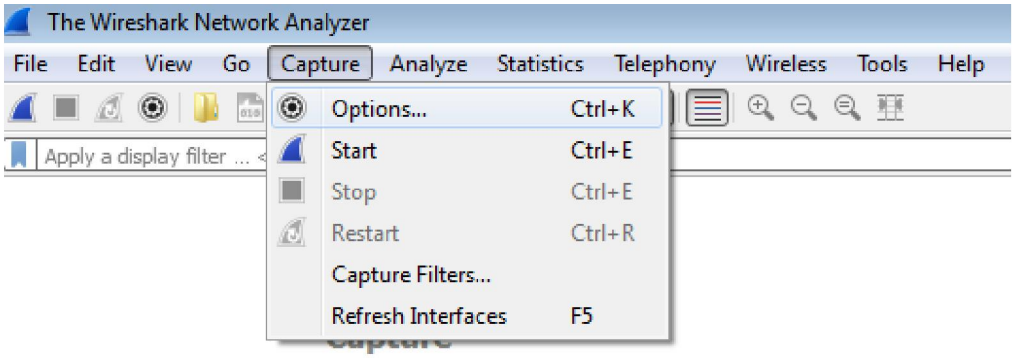


Slika 6.1.1.Osnovni podaci o Wireshark aplikaciji koja se koristi za analizu

Otvaranjem same aplikacije, nudi se opcija za izbor interfejsa na kojem želimo da snimamo pakete, kod *Capture* opcije koja se nalazi na samoj sredini prozora. Ponuda interfejsa koji mogu da se koriste za snimanje paketa, zavisi od uređaja koji koristimo, kao i mreža na koje je dati uređaj povezan. Možemo da analiziramo saobraćaj u LAN mreži, Wireless mreži, Bluetooth mreži itd. Pored opcije Capture, nude se još dve opcije: opcija Open – gde su izlistana poslednja tri pcap falja koja su otvarana i opcija Learn – ispod koje se može naći linkovi koji vode na sajtove:

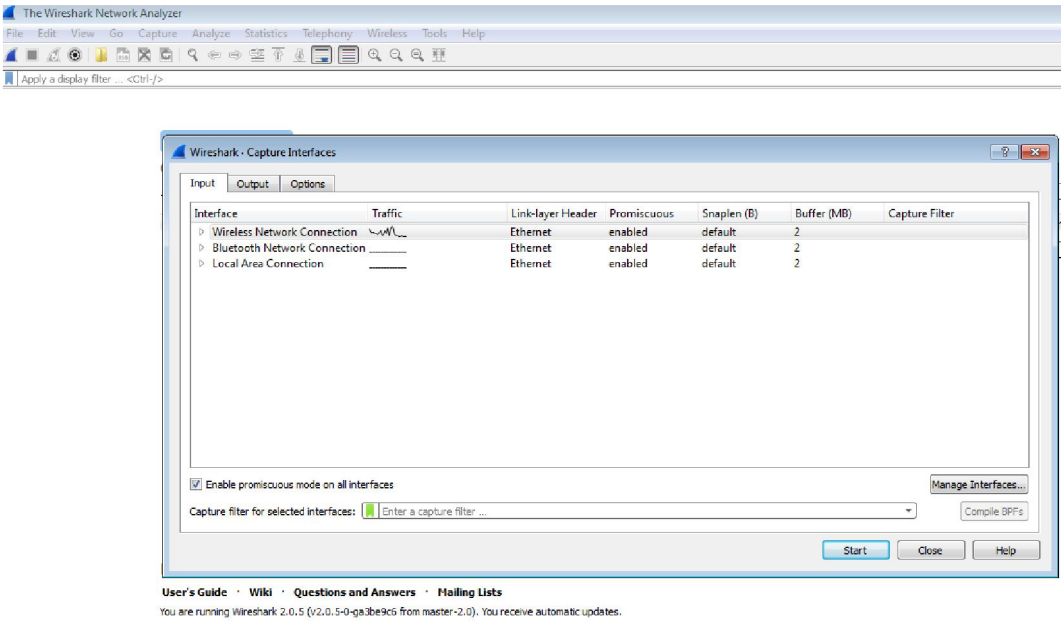
https://www.wireshark.org/docs za korisničko uputstvo, https://wiki.wireshark.org/ za wiki deo Wireshark sajta na kojem možemo naći korisne informacije, https://ask.wireshark.org/ za deo sa pitanjima i odgovorima u okviru samog sajta i https://www.wireshark.org/lists/ link koji vodi ka prijavi za mejling listu.

Snimanje samih paketa možemo pokrenuti iz menija ako kliknemo na Capture->Options (slika 6.1.2.).



Slika 6.1.2.Kartica Capture u meniju

Dobijamo prozor prikazan na slici 6.1.3.

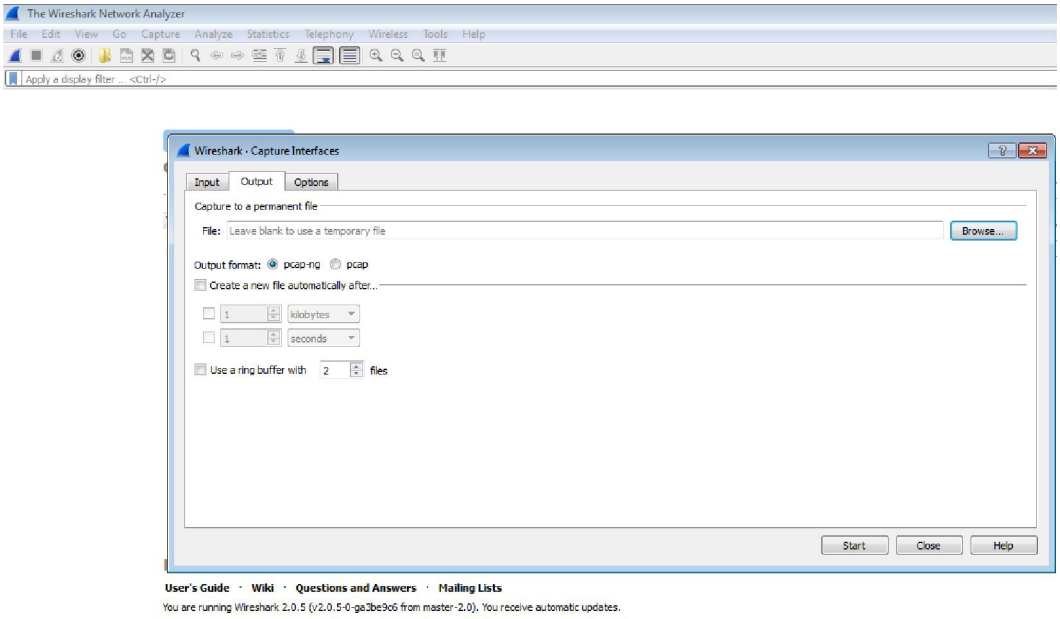


Slika 6.1.3.Kartica Input u okviru Capture Interface opcija

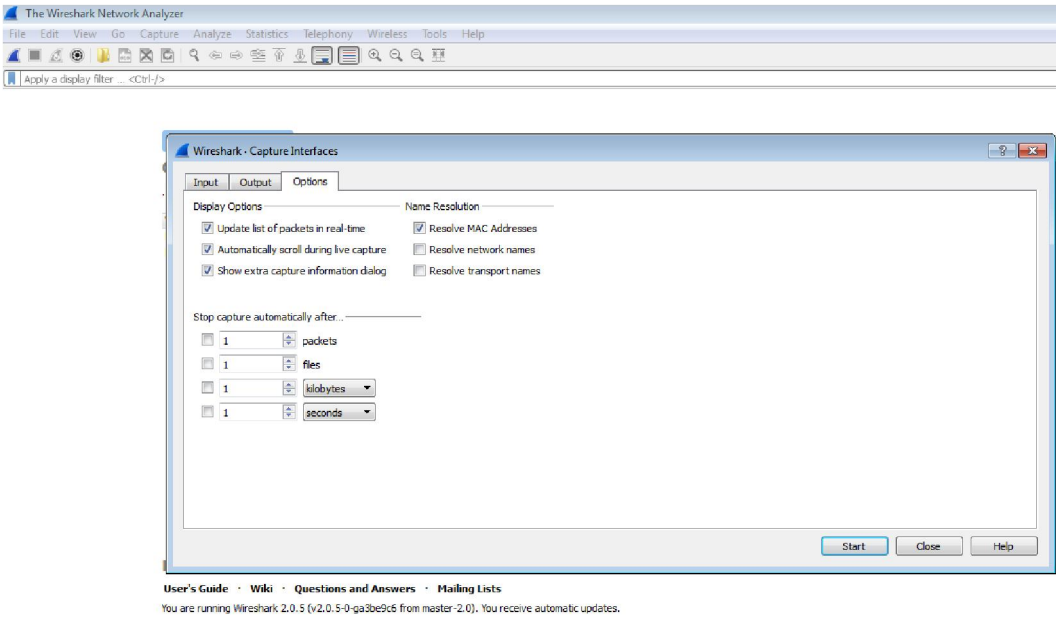
Kartica Input nam prikazuje informaciju o dostupnim interfejsima i da li je aktiviran *promiscuous* mod i na kojim interfejsima. U koloni Traffic možemo da vidimo i koji interfejs je trenutno aktivan (u primeru na slici 6.1.3 aktivan je interfejs bežične mreže – Wireless Network Connection).

Kartica Output nam nudi mogućnost izbora formata snimljenog saobraćaja (pcap-ng ili pcap), automatsko snimanje novog fajla nakon svakih xx kB ili xx sekundi (što može biti korisno ako želimo da ograničimo veličinu snimljenog fajla –npr. maksimalno 20MB kako bismo mogli da pošaljemo fajl mejlom). Kartica Output je prikazana na slici 6.1.4.

Karica Options nam pruža izbor displej opcija prilikom samog snimanja paketa: da li želimo da se lista paketa ažurira u realnom vremenu – dok traje snimanje, da li želimo da se lista paketa automatski skroluje tokom snimanja i da li želimo da se prikažu dodatne informacije prilikom snimanja. Postoji mogućnost izbora i za koje adrese želimo da se prikaže ime hosta ili uređaja. U ponudi je rezolucija MAC adresa, IP adresa i transportnih imena. Pored toga, u kartici Options možemo definisati kada želimo da zaustavimo sam proces snimanja paketa – npr. nakon određenog broja paketa/fajlova, kB ili sekundi. Kartica Options je prikazana na slici 6.1.5.

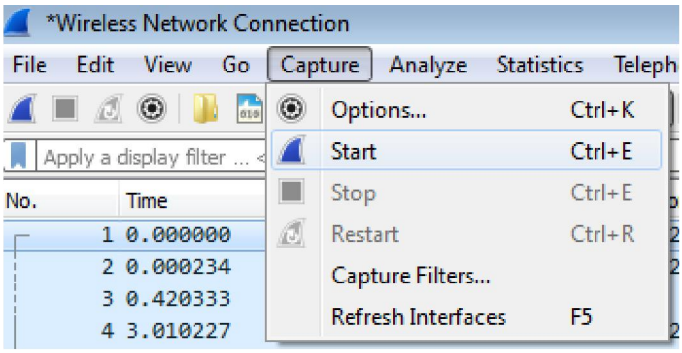


Slika 6.1.4.Kartica Output u okviru Capture Interface opcija



Slika 6.1.5.Kartica Options u okviru Capture Interface opcija

Nakon što izaberemo interfejs, način i vreme koje želimo da snimamo, možemo pokrenuti i samo snimanje paketa klikom na Capture->Start ili klikom na ikonicu za snimanje (start) odmah ispod File menija (slika 6.1.6.). Snimanje možemo pokrenuti i klikom na interfejs na kojem želimo da snimamo saobraćaj.

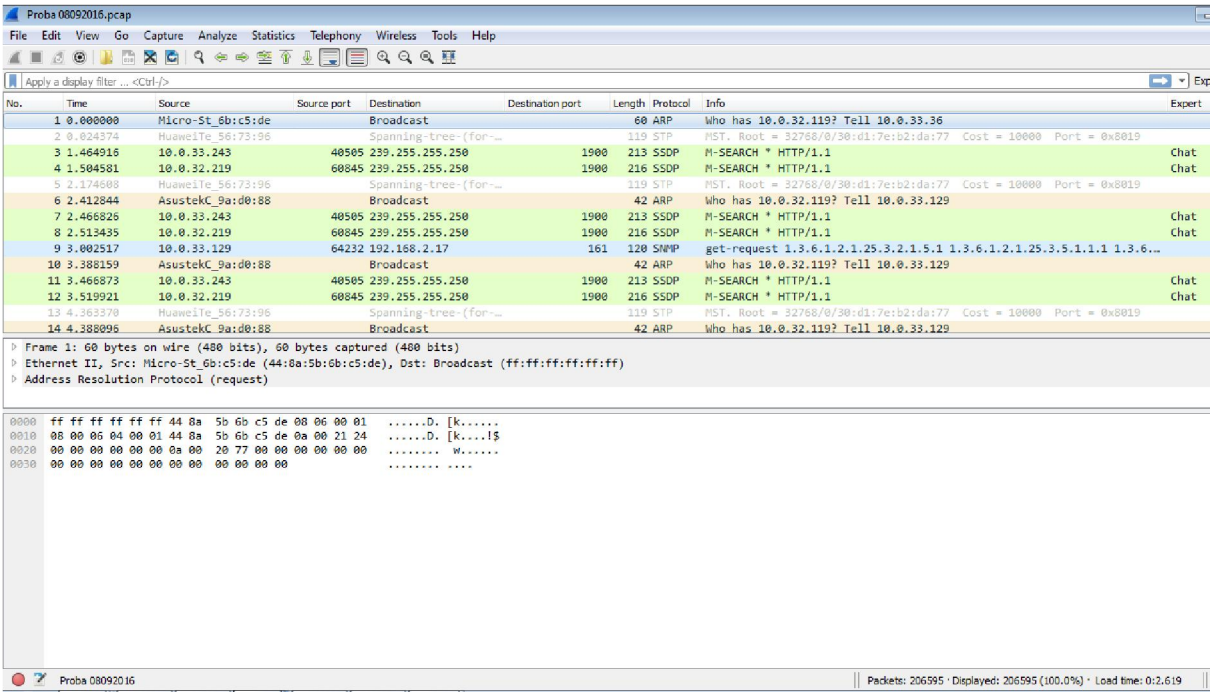


Slika 6.1.6.Pokretanje snimanja paketa u wireshark aplikaciji klikom na start ikonicu

Ako unapred nismo definisali trenutak u kojem će snimanje paketa da se zaustavi, onda možemo da zaustavimo snimanje u bilo kom trenutku klikom na ikonicu stop ili klikom na Capture->Stop.

Snimljene pakete možemo sačuvati u odgovarajućem formatu za dalju analizu. Takođe, možemo snimiti saobraćaj na jednom uređaju, a analizu snimljenih paketa raditi na drugom uređaju.

U glavnom prozoru Wireshark aplikacije možemo videti sve pakete koji su snimljeni, uz detalje o svakom od njih (slika 6.1.7.).



Slika 6.1.7.Izgled glavnog prozora uz prikaz snimljenih paketa

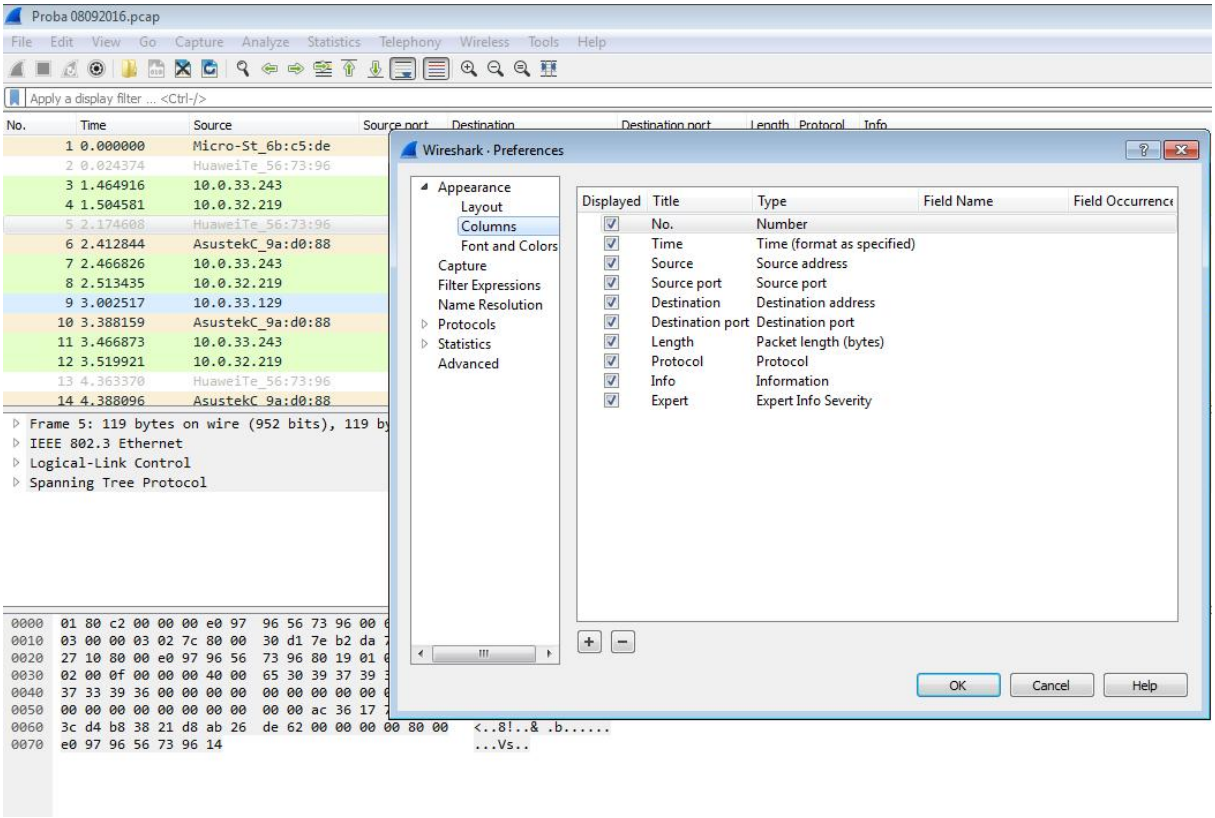
Tri podprozora (lista paketa, detalji o samom paketu i biti paketa) su međusobno povezana. Ako želimo da vidimo detalje i sadržaj paketa, potrebno je da kliknemo (obeležimo) paket u listi

paketa. Klikom na detalje paketa, Wireshark automatski obeležava i bite koji odgovaraju tom delu paketa.

Prvi (gornji) podprozor glavnog prozora prikazuje spisak svih paketa koji su snimljeni. Standardne kolone prikazane u listi paketa su:

- **No.**–broj snimljenog paketa
- **Time** –relativno vreme kada je paket snimljen
- **Source**–izvor snimljenog paketa
- **Destination**–odredište snimljenog paketa
- **Protocol**–protokol paketa
- **Info**–informacije koje se nalaze u samom paketu

Po potrebi, možemo dodati i nove kolone koje bi nam mogle biti od interesa za analizu. Klikom na Edit->Preferences..., otvara se prozor prikazan na slici 6.1.8.

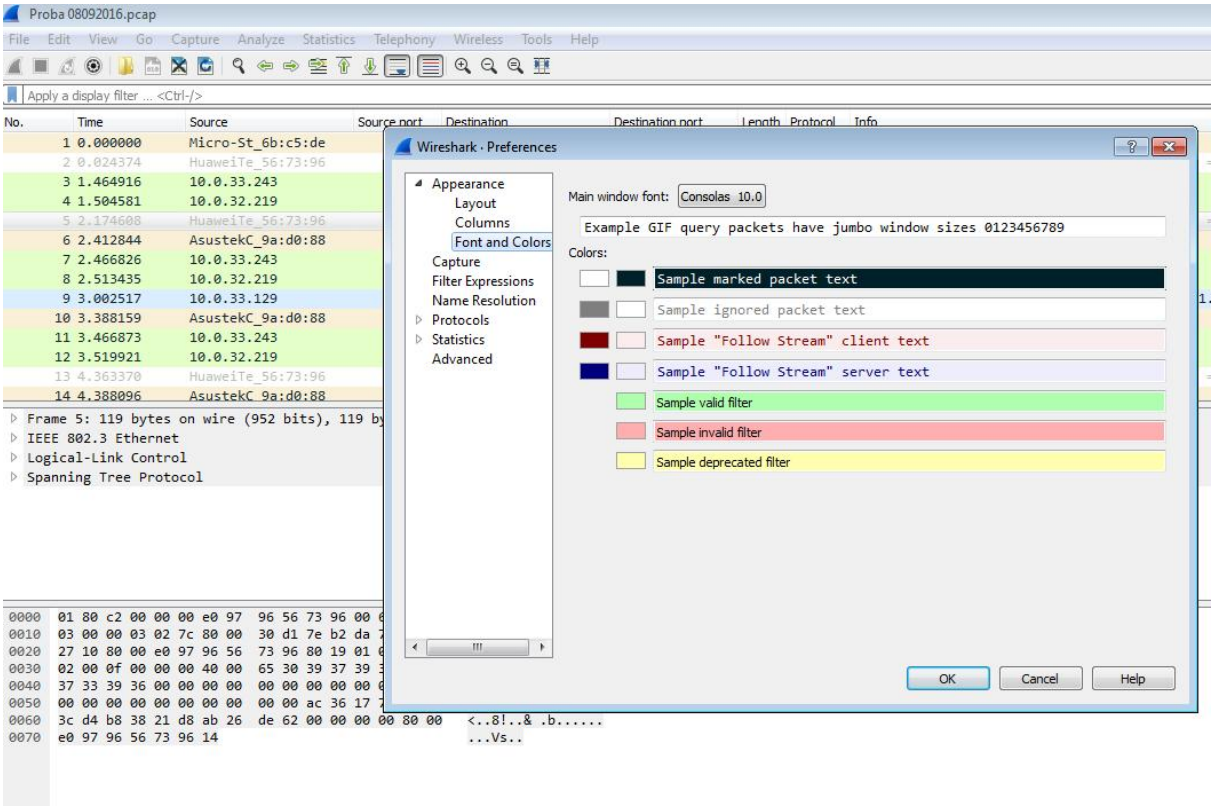


Slika 6.1.8. Dodavanje kolona u Preference kartici

Na kartici Preference, kada kliknemo na Columns, sa desne strane se prikazuju unapred definisane kolone sa imenom i tipom podataka koje prikazuju. Ako želimo da dodamo novu kolonu, potrebno je da kliknemo na dugme (+), na kraju liste pojaviće se nova kolona. U padajućem meniju kolone Type potrebno je da izaberemo šta želimo da prikažemo u novoj koloni i da na osnovu toga upišemo i ime nove kolone. Kada završimo dodavanje kolone, dovoljno je da kliknemo dugme ok i kolona će se pojaviti u listi paketa. Za potrebe analize, dodate su kolone koje prikazuju izvorišni i odredišni port, dužinu paketa, kao i expert info koji može da nas upozori na problematične pakete.

Redosled kolona možemo da menjamo kako nam odgovora. Ako želimo da izbrišemo neku kolonu, potrebno je da kliknemo na dugme (–) na kartici Preference ili desnim klikom na samu kolonu da izaberemo opciju *Remove This Column* iz padajućeg menija.

Ako kliknemo na opciju Font and Colors na kartici Preference, možemo da vidimo kojom bojom se obeležava tekst, kao i polje u kojem se kuca displej filter (slika 6.1.9.). Polje u kojem kucamo displej filtar će biti obojeno zelenom bojom ako je filtar pravilno ukucan, definisan ili ako uopšte postoji. Dok kucamo tekst samog filtra, polje će biti obojeno u crveno sve dok ne unesemo pun naziv filtra. Ako završimo kucanje filtra koji želimo da primenimo na listu snimljenih paketa, a polje je i dalje crveno, to znači da smo pogrešno uneli filtar ili da takav filtar nije definisan.

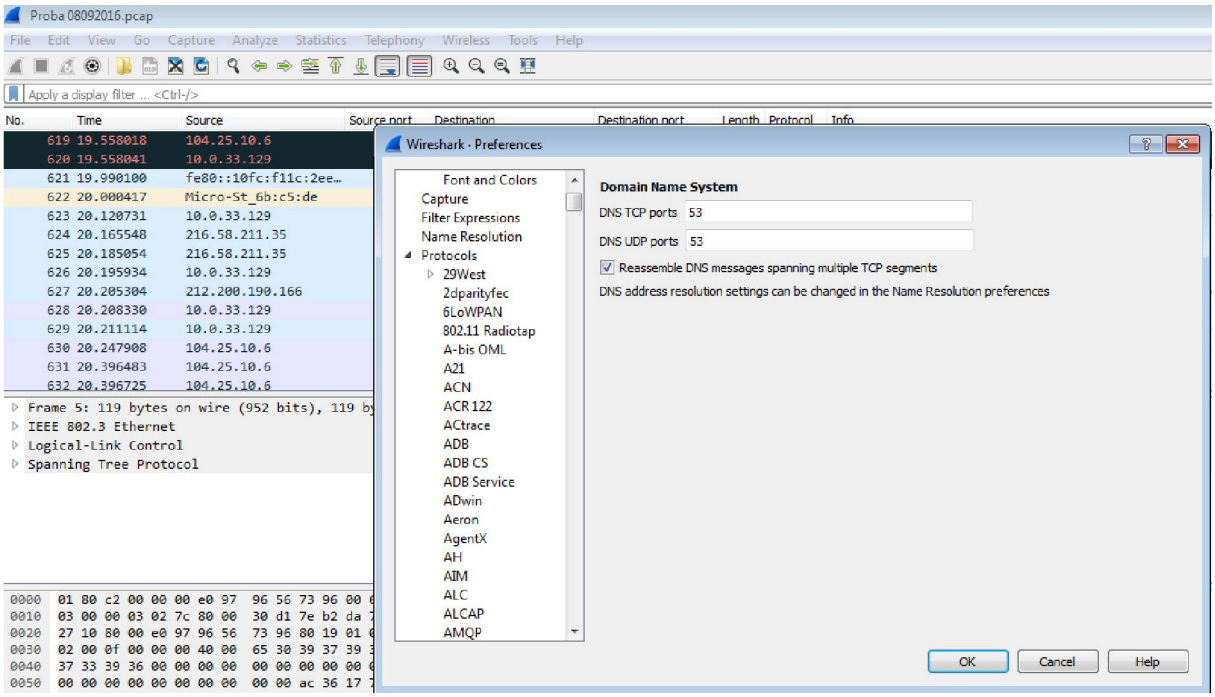


Slika 6.1.9.Legenda fonta i boje koji se koriste za odgovarajući tekst i polja

Name Resolution opcija nam omogućava izbor kako želimo da nam se prikazuju odgovarajuće adrese, da li kao brojevi ili u tekstualnom obliku, ako je poznato kome pripada odgovarajuća MAC ili IP adresa.

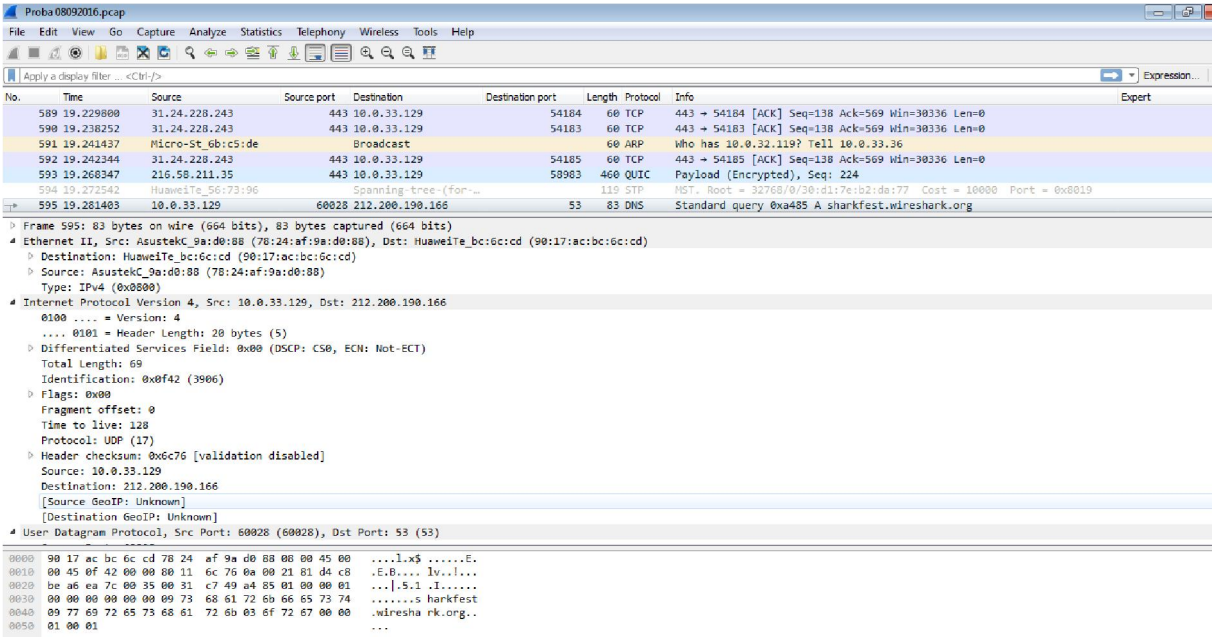
Capture opcija nam pruža mogućnost izbora kako želimo da se prikazuju snimljeni paketi i nudi iste opcije kao i Capture->Options opcija u meniju.

Preference kartica nam pruža mogućnost da vidimo i spisak protokola koje Wireshark podržava. Dovoljno je da kliknemo na strelicu pored polja Protocols i otvoriće se lista prikazana na slici 6.1.10. Klikom na protokol možemo videti kako je svaki od njih definisan, koji port je podešen kao vid prepoznavanja itd. Po potrebi, možemo i promeniti neke od opcija za pojedine protokole, ako to želimo.



Slika 6.1.10.Lista protokola koje Wireshark podržava prikazana u Preference kartici

Srednji podprozor glavnog prozora sadrži hijerarhijski prikaz informacija o pojedinačnom, selektovanom paketu. Prikaz se može razgranati na više nivoa, kako bismo videli sve informacije o datom paketu (videti sliku 6.1.11.).



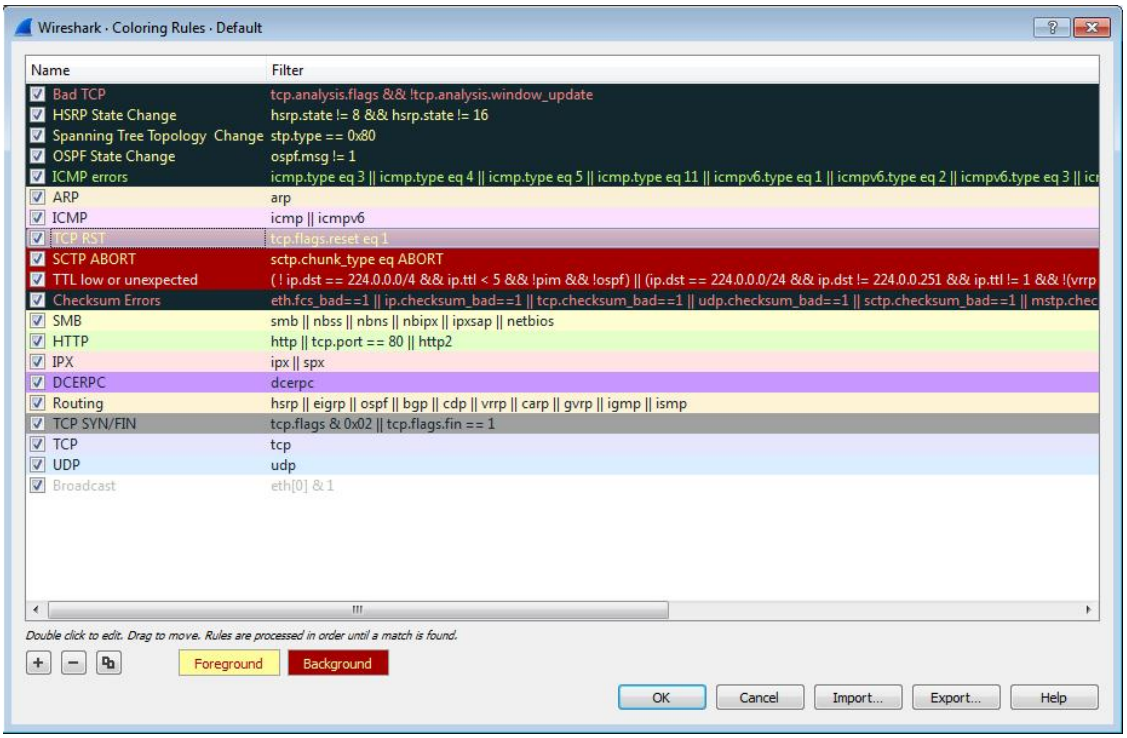
Slika 6.1.11.Hijerarhijski prikaz informacija o pojedinačnom paketu

Donji podprozor glavnog prozora prikazuje pakete kako oni zaista izgledaju dok putuju kroz mrežu, bez bilo kakvog obrađivanja.

Svaki paket je prikazan u određenoj boji, u skladu sa protokolom za koji se koristi. Obeležavanje u bojama omogućava znatno lakši pregled liste paketa koji su snimljeni, uz jasno

razlikovanje protokola, bez gledanja same kolone u kojoj je ispisan protokol. Ova opcija je dosta korisna ako treba da analiziramo fajl sa velikim brojem snimljenih paketa.

Ako kliknemo na View->Coloring Rules… opciju u meniju, otvara se prozor prikazan na slici 6.1.12.



Slika 6.1.12.Obeležavanje bojama odgovarajućih paketa

U ovom prozoru možemo definisati sopstvene boje za odgovarajuće filtre ili de modifikujemo postojeće obeležavanje. Klikom na polje (+) možemo dodati novu opciju za obeležavanje paketa na osnovu filtra koji nam odgovara za analizu. Klikom na polje (–) možemo izbrisati postojeće pravilo za obeležavanje paketa.

Klikom na npr. TCP RSTpri dnu kartice prikazano je trenutno podešeno obeležavanje slova i pozadine za navedeni filtar *tcp.flags.reset eq 1*.Bilo koja od ovih opcija i boja može se promeniti klikom na *Foreground* ili *Background* polje.

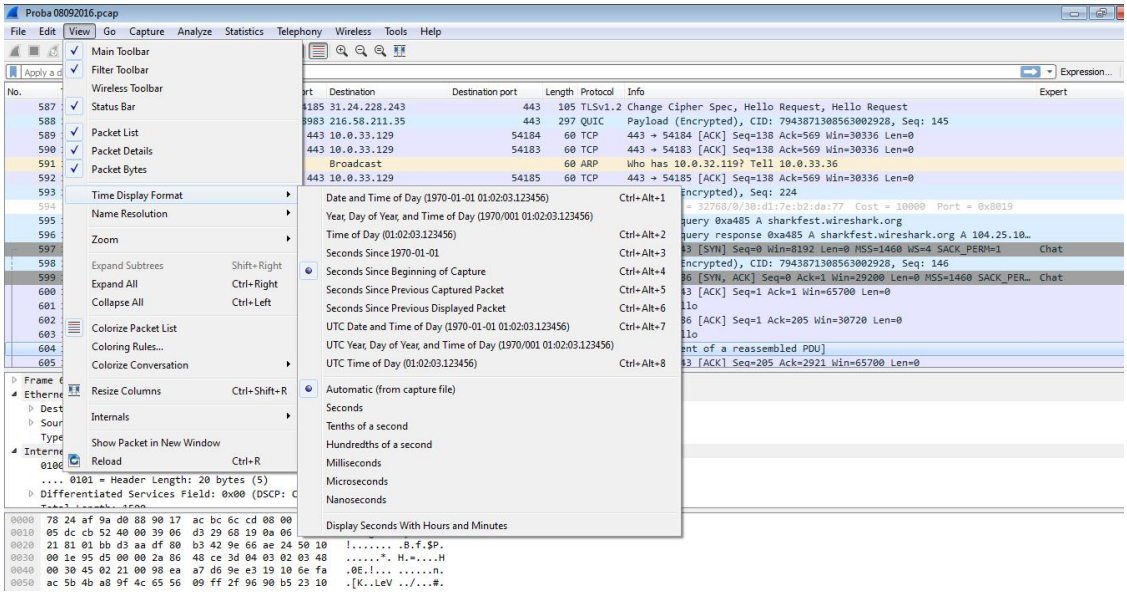
6.2. Rad sa snimljenim paketima u Wireshark programskom alatu

Wireshark dozvoljava rad sa snimljenim fajlovima i njihovu kasniju analizu. Fajl za analizu čak i ne mora da se snimi na uređaju na kojem će se raditi analiza. Postoji mogućnost i da se više snimljenih fajlova skupi (*merge*) u jedan veći fajl, uz korišćenje opcije File->Merge… u meniju.

Kako bismo sačuvali snimljene pakete, potrebno je selektovati opciju File->Save As u meniju. Tom prilikom možemo odabrati lokaciju (folder) na kojoj želimo da sačuvamo snimljene pakete i u kom formatu. Ako ne preciziramo u kom formatu želimo da sačuvamo fajl, Wireshark će sačuvati fajl u default .pcap formatu. Takođe, imamo opciju i da odaberemo da li ćemo sačuvati sve prikupljene pakete ili samo one koji odgovaraju filtru koji smo primenili.

Pored opcije čuvanja snimljenih paketa, možemo ih i eksportovati u nekoliko različitih formata za analizu u drugim programima. Potrebno je selektovati opciju File->Export Packet Dissections->(As Plain Text/As CSV/As “C” Arrays/As XML).

Vreme je od izuzetne važnosti, pogotovo u analizi paketa. Svaki paket koji Wireshark snimi ima svoj vremenski pečat koji je primenjen od strane operativnog sistema. Wireshark može da prikaže tačno vreme kada je paket snimljen, kao i vreme u odnosu na sam početak snimanja prvog ili poslednjeg paketa. Spisak opcija za prikazivanje vremena snimanja paketa dobijamo klikom na opciju File->Export u meniju i prikazan je na slici 6.2.1.



Slika 6.2.1.Izbor formata vremenskog prikaza

Ako želimo neki paket da koristimo kao referentni u vremenskom smislu, potrebno je da kliknemo na opciju Edit->Set/Unset Time Reference u meniju.

Podešavanje referentnog vremena paketa je korisno samo u situacijama kada je podešeno prikazivanje vremena u odnosu na sam početak snimanja paketa. Bilo koje drugo podešavanje vremenskog formata, uz odabir referentnog vremena, samo bi dovelo do rezultata koji nisu korisni za analizu, a mogu da unesu i dodatnu zabunu.

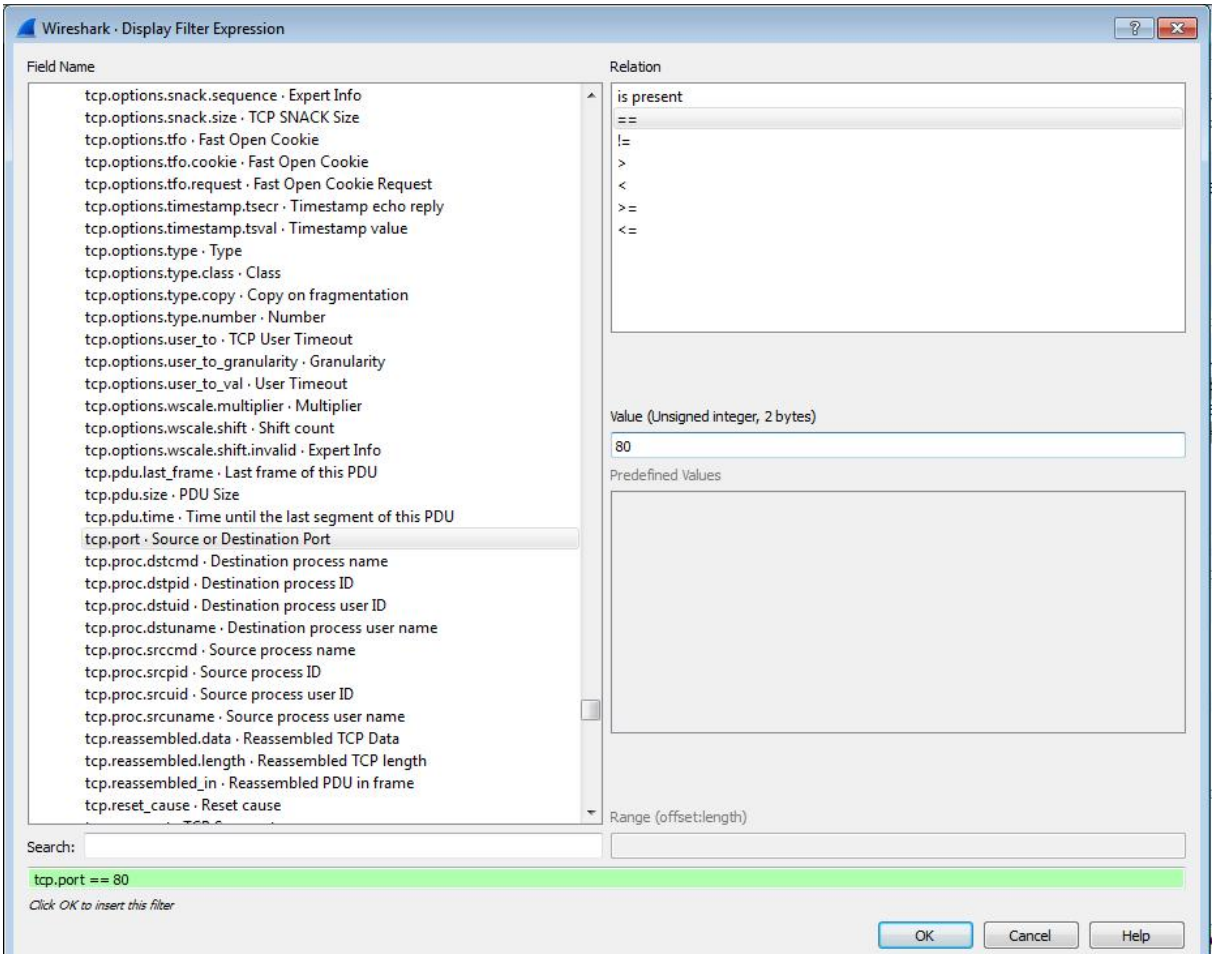
U Wireshark aplikaciji možemo koristiti i različite filtre kako bismo jasno definisali koje pakete želimo da vidimo i analiziramo. Filtri se mogu podeliti u dve glavne grupe:

1) *Capture* filtri – definišu se prilikom samog snimanja paketa i snimiće samo one pakete koji odgovaraju datom kriterijumu. Ako unapred znamo šta želimo da snimimo ili koji tip saobraćaja ili protokola nam nije od interesa za dalju analizu, možemo da smanjimo broj snimljenih paketa i tako povećamo efikasnost. Capture filtri koriste BPF (*Berkeley Packet Filter*) sintaksu. Složenije izraze možemo dobiti korišćenjem logičkih operatora: logičko i – AND (&&), logičko ili – OR (||) i logičko ne (!). Možemo filtrirati pakete na osnovu MAC adrese, IP adrese ili DNS hostname. Takođe, možemo filtrirati pakete koji dolaze sa određenog izvora (src) ili odredišta (dst). Filtriranje na osnovu porta koji se koristi može biti korisno ako želimo da filtriramo pakete na osnovu servisa ili aplikacije (npr. port 80 za snimanje HTTP paketa). Ako nismo sigurni koji port koriste protokoli, možemo da filtriramo na osnovu samog protokola – dovoljno je da unesemo ime

protokola u polje za filtriranje (npr. *icmp, tcp, udp* itd.). Pakete možemo filtrirati i na osnovu tipa polja koje se nalazi u zaglavlju paketa.

2) *Display* filtri – primenjuju se na već snimljene pakete kako bismo sakrili neželjene pakete ili posmatrali samo pakete koji odgovaraju datom kriterijumu. *Display* filtri se češće koriste zato što ne izostavljaju pakete koji ne odgovaraju datom kriterijumu u snimljenom fajlu. Na taj način, ako želimo da vidimo i druge pakete koji su snimljeni, dovoljno je da kliknemo na dugme Clear kako bismo se vratili na originalni fajl sa svim snimljenim paketima. U svakom slučaju, mnogo je bolje da filtriramo pakete privremeno, nego da ih obrišemo ili uopšte ne snimimo. Sintaksa za *display* filtre je potpuno ista kao i za *capture* filtre.

Izrazi koji se koriste za filtriranje mogu da se iskombinuju klikom na dugme Expression..., čime se otvara prozor prikazan na slici 6.2.2.

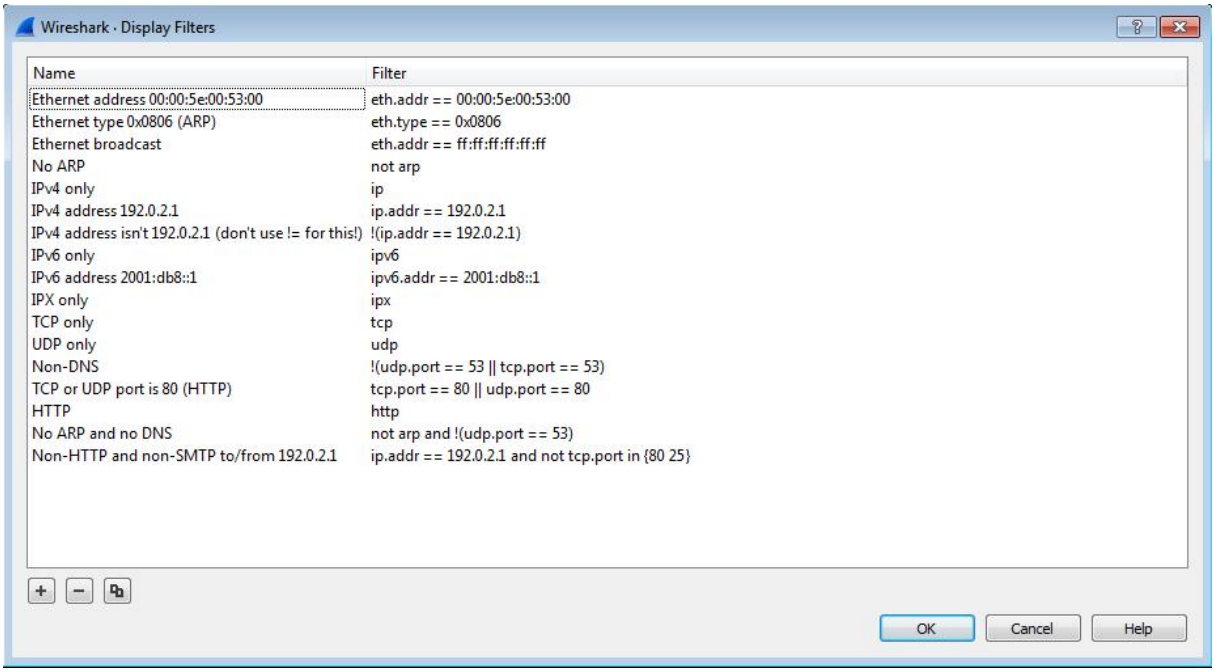


Slika 6.2.2.Kartica za pravljenje izraza za *display* filtre

U prvom delu kartice možemo da izaberemo protokol i u ponuđenoj listi kriterijum na osnovu koga želimo da filtriramo pakete. Nakon toga, biramo relaciju koja nam je potrebna (jednako je ==, nije jednako !=, veće je >, manje je <, itd.). Na kraju, unosimo brojnu vrednost u vidu IP adrese, broja porta i tome slično. Kako biramo odgovarajuće delove izraza koji će predstavljati filter, pri dnu prozora se ispisuje izraz koji time dobijamo (u ovom slučaju je ilustrovano kako se dobija filtar za tcp.port==80). Filter se definiše klikom na dugme OK.

Ako pojedine filtre koristimo često, možemo i da ih sačuvamo, kako ne bismo svaki put kucali isti izraz. Odmah pored dugmeta Expression..., nalazi se dugme (+) koje nam pruža mogućnost da kreiramo *display* filtar kao dugme. Kasnije taj filtar možemo pozvati jednostavnim klikom na dugme, bez kucanja celog izraza.

Sam Wireshark dolazi sa unapred ugrađenim filtrima koji se mogu pogledati klikom na opciju Analyze->Display Filters u meniju. Dobijamo prozor prikazan na slici 6.2.3., sa listom filtara koji su već definisani.



Slika 6.2.3.Predefinisani display filtri koji dolaze uz Wireshark

Ako želimo da dodamo novi filtar na listu, možemo da kliknemo na dugme (+) i unesemo odgovarajući izraz i ime samog filtra.

6.3. Napredne opcije Wireshark programskog alata

Za mrežnu komunikaciju potreban je protok podataka između najmanje dva uređaja. Krajnja tačka (*Endpoint*) je uređaj koji šalje ili prima podatke na mreži. U zavisnosti od sloja OSI modela na kojem se odigrava razmena paketa, krajnje tačke mogu biti definisane svojom MAC ili IP adresom.

Ako kliknemo na opciju Statistics->Endpoints u meniju, biće prikazane informacije o broju paketa razmenjenih između dve kranje tačke. Wireshark nudi pet različitih tabova u kojim se može ispratiti saobraćaj između kranjih tačaka, i to na osnovu protokola: Ethernet, IPv4 i IPv6, kao i TCP i UDP.

Izlistane vrednosti možemo sačuvati u CSV ili YAML formatu klikom na dugme Copy, za dalju analizu saobraćaja. Klikom na Endpoint Types dugme možemo dodati i druge tipove mrežnog saobraćaja koji bismo želeli da analiziramo između krajnjih tačaka.

Za dodatne informacije možemo da kliknemo na opciju Statistics->Conversations u meniju. Dobićemo prikaz IP adresa krajnjih tačaka, kao i broj paketa i bita koji je poslat sa oba krajnja

uređaja. Desnim klikom na bilo koje polje možemo kreirati filter baziran na tom polju (npr. filtriranje saobraćaja koji razmenjuju krajnje tačke, u zavisnosti od smera komunikacije).

Prilikom rada sa velikim fajlovima snimljenih paketa, ponekad je neophodno da se ustanovi koji procenat saobraćaja odlazi na koji protokol. Informacije o zastupljenosti pojedinačnih protokola u snimljenim paketima možemo dobiti klikom na opciju Statistics->Protocol Hierarchy. Svaki paket može sadržati više protokola koji pripadaju različitim slojevima. Ovaj prozor je najčešće prvi koji se gleda prilikom analize paketa.

Prilikom analize snimljenih paketa, možemo izabrati opciju da Wireshark prevede adrese za koje ima informacije (umesto MAC adrese prikazuje ime uređaja ili umesto IP adrese prikazuje veb adresu). Na ovaj način možemo olakšati samu analizu i lakše identifikovati saobraćaj koji potiče sa tih prevednih adresa koje su lakše za pamćenje.

*Dissector*protokola pruža mogućnost formatiranja paketa koji se prenose preko mreže u vidu protokola. *Dissector* možemo da gledamo kao neku vrstu prevodioca između podataka koji se šalju reko mreže i samog programskog alata Wireshark. Kako bi protokol bio podržan od strane Wireshark aplikacije, mora da ima ugrađen *dissector* u okviru same aplikacije. Moguće je napisati i odgovarajući *dissector* za neki novi ili nedefinisani protokol u odgovarajućoj skripti.

Postoji mogućnost i da se unapred ugrađeni *dissector* modifikuje kako će Wireshark da interpretira pojedine pakete. To je ponekad neophodno kod protokola koji koriste neki drugi port pored onog koji je definisan u *dissector* okviru. Wireshark u tim situacijama neće prepoznati protokol kao takav ili će prikazati kao da se radi o nekom drugom protokolu.

Dovoljno je da desnim klikom izaberemo paket čiji sadržaj nije pravilno interpretiran i kliknuti na opciju *Decode As* u padajućem meniju. Na osnovu broja porta možemo promeniti kojoj aplikaciji pripada dati paket i na taj način ga pravilno interpretiramo.

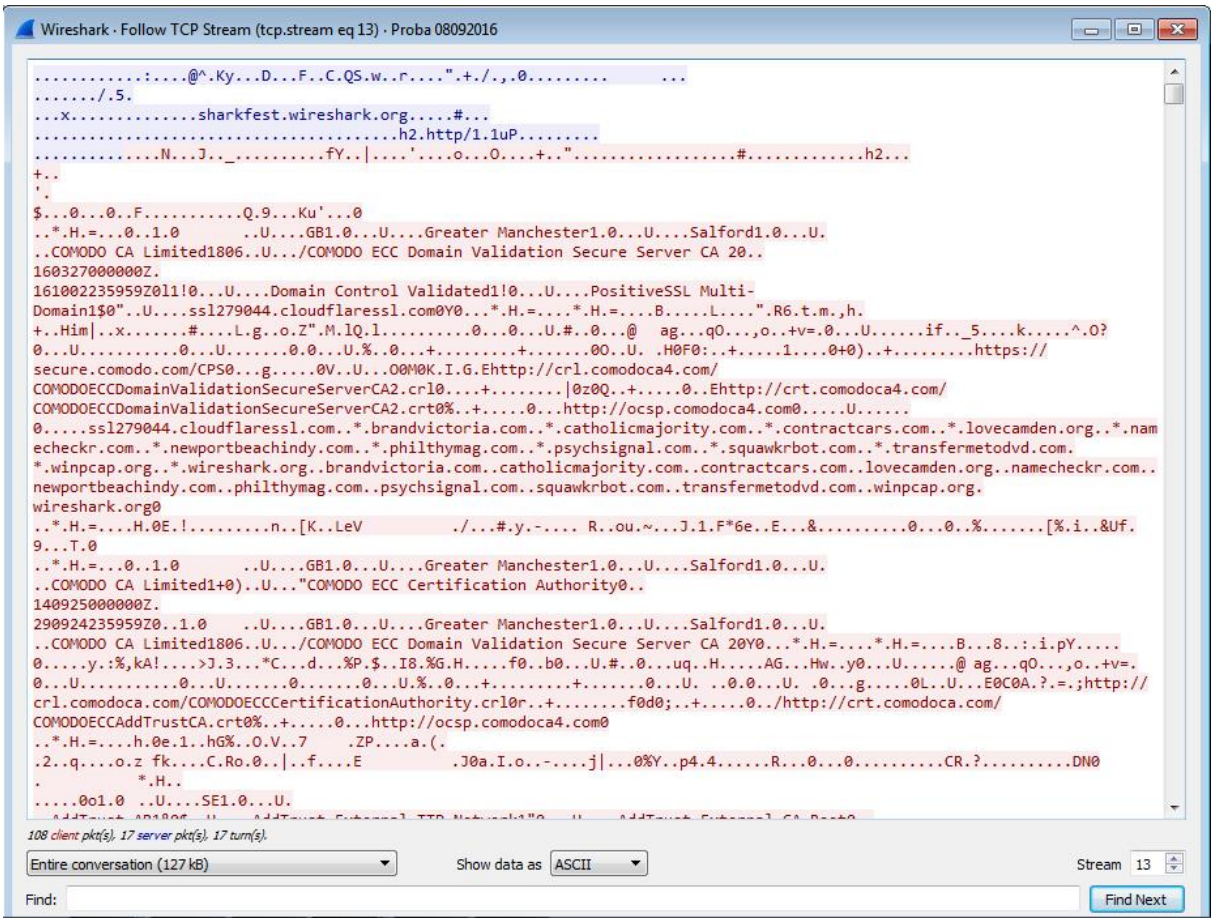
Bitno je napomenuti da Wireshark ne čuva forsirano dekodiranje nakon što se sačuva snimljeni fajl i zatvori sama aplikacija. Neophodno je da se kreira forsirani decoder svaki put kada se snimljeni fajl otvori.

Izvorni kod svakog *dissector*-a možemo naći na Internetu u folderu epan/dissectors. Svaki od njih je obeležen na sledeći način – *packets-protocolname.c*. Pregledanjem koda možemo otkriti na koji način Wireshark razlikuje protokole, kao i zbog čega dolazi do grešaka prilikom interpretacije.

Jedna od funckija koje nudi Wireshark je praćenje TCP streama u lako čitljivom formatu. Potrebno je desnim klikom da izaberemo paket čiji TCP stream želimo da pratimo i da kliknemo na opciju Follow->TCP Stream u padajućem meniju. TCP Stream se otvara u posebnom prozoru prikazanom na slici 6.3.1. Možemo da primetimo da je tekst prikazan u dve različite boje. Tekst u crvenoj boji označava saobraćaj od izvora do odredišta, dok tekst u plavoj boji predstavlja saobraćaj u obrnutom smeru, od odredišta do izvora. Bojom se obeležava koja strana je inicirala komunikaciju.

Veličina pojedinačnog paketa ili grupe paketa može nam reći dosta toga o samoj komunikaciji. U normalnim uslovima, maksimalna vrednost okvira (*frame*) u Ethernet mreži je 1518 bajtova. Kada oduzmemo Ethernet, IP i TCP zaglavlje, ostaje oko 1460 bajtova koji se mogu koristiti za prenos zaglavlja ili podataka aplikacionog sloja.

Klikom na opciju Statistics->Packet Lengths otvara se prozor koji nam prikazuje ukupan broj paketa, kao i procenat manjih i većih paketa. Manji paketi obično sadrže kontrolne sekvence protokola i najčešće ne prenose same podatke. Veći paketi obično sadrže veliki broj podataka koji se prenosi.



Slika 6.3.1.Prozor koji prikazuje TCP stream

Najbolji način za analizu snimljenih paketa dobijamo uz pomoć grafika. Wireshark sadrži nekoliko opcija za grafičku obradu snimljenih podataka.

IO Graphs nam pruža mogućnost grafičke obrade snimljenih paketa aplikacija ili protokola. Potrebno je obeležiti bar jedan paket pre nego što kliknemo na opciju Statistics->IO Graphs u meniju. Nakon toga otvara se prozor na kojem će biti iscrtani odgovarajući grafici. Postoji mogućnost da posmatramo više grafika istovremeno i na taj način poredimo različite protokole. Možemo da menjamo *display* filtar (uz odgovarajuću boju) za svaki grafik pojedinačno u zavisnosti od toga šta želimo da prikažemo na njemu. Pored toga, možemo birati šta će biti prikazano na X i Y osi grafika.

Round-Trip TimeGraphing nam ilustruje RTT (kao što samo ime kaže) za bilo koji snimljeni paket. RTT predstavlja vreme koje je potrebno da paket dođe do svog odredišta i da se pošalje potvrda da je paket stigao. Analiza RTT najčešće se primenjuje ako želimo da otkrijemo spore tačke ili zagušenja do kojih može doći u toku komunikacije. RTT grafik se otvara klikom na opciju Statistics->TCP Stream Graphs->Round Trip Time Graph. Svaka tačka na RTT grafiku predstavlja RTT pojedinačnog paketa. Klikom na pojedinačnu tačku na grafiku vodi nas direktno do pozicije paketa u listi paketa glavnog prozora.

Flow Graphing opcija je veoma korisna za vizuelizaciju konekcije i prikaz prenosa podataka u vremenu. Sastoji se od kolona koje predstavljaju hostove i strelica koje prikazuju u kom smeru se odvija komunikacija. Otvara se klikom na opciju Statistics->Flow Graphs.

Dissector svakog protokola u Wireshark aplikaciji definiše polje *expert info* koje se može koristiti za upozorenje određenih delova paketa koji koristi dati protokol. Informacije se dele u četiri kategorije:

- **Chat** – osnovne informacije o komunikaciji
- **Note** – neobični paketi koji mogu biti deo normalne komunikacije
- **Warning** – neobični paketi koji najčešće nisu deo normalne komunikacije
- **Error** – greška u paketu (na osnovu procene *dissector*-a)

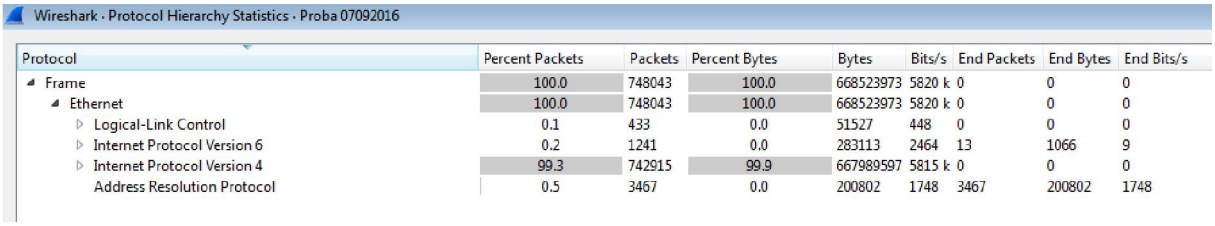
Poželjno je uneti novu kolonu u glavnom prozoru koja će sadržati informacije ovog tipa. Pored toga, klikom na opciju Analyze->Expert Information otvara se prozor koji izlistava sve greške ili sumnjive delove paketa.

7. REZULTATI ANALIZE SNIMLJENOG SAOBRAĆAJA

Paketi su snimljeni na personalnom računaru u radnom okruženju (međusobna veza između korisnika, pristup zajedničkom serveru, pristup eunet mejl serveru, onlajn pristup štampaču). Nakon instalacije programskog alata Wireshark, pokrenuto je snimanje paketa na računaru koji je povezan na postojeću LAN mrežu. Prilikom snimanja paketa urađen je ping IP adrese 8.8.8.8. koja priprada Gugl kompaniji. Pristupano je raznim stranicama na Internetu, ostvareno skidanje video sadržaja sa sajta https://www.youtube.com/?hl=sr&gl=RS, pristupano onlajn bazama podataka austrijskih mobilnih operatera i skidan sadržaj sa njih.

Svrha ovog poglavlja je analiza snimljenih paketa, uz grafičke ilustracije, kako bismo mogli da vidimo tip paketa koji se razmenjuje, njihov sadržaj, IP adrese, portove, protokole koji se koriste, ukupan i prosečan broj različitih paketa. Analiza je rađena na osnovu *.pcap fajla koji je sačuvan kao Proba 07092016.

Klikom na opciju Statistics->Protocol Hierarchy, otvara se prozor prikazan na slici 7.1.1.

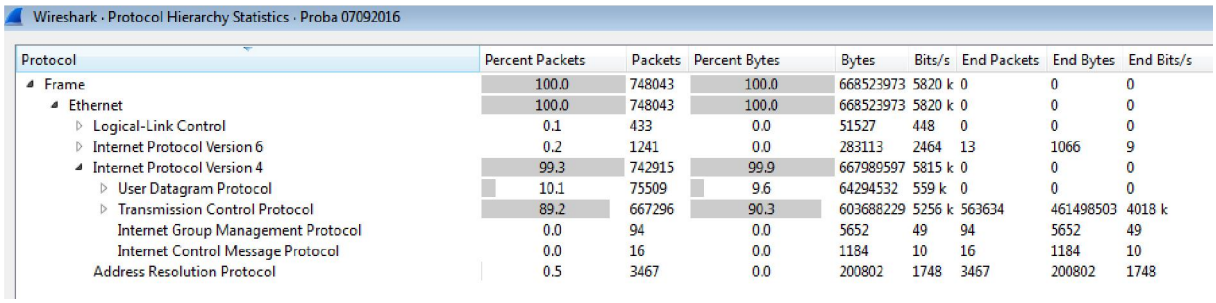


Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
Frame	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Ethernet	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Logical-Link Control	0.1	433	0.0	51527	448	0	0	0
Internet Protocol Version 6	0.2	1241	0.0	283113	2464	13	1066	9
Internet Protocol Version 4	99.3	742915	99.9	667989597	5815 k	0	0	0
Address Resolution Protocol	0.5	3467	0.0	200802	1748	3467	200802	1748

Slika 7.1.1. Hijerarhijski pregled protokola koji idu preko Ethernet protokola

U koloni protokol prikazani su protokoli koje je Wireshark uspeo da prepozna. U koloni paketi prikazan je ukupan broj paketa, kao i broj paketa po svakom protokolu. Na osnovu tih vrednosti, Wireshark računa procenat paketa po svakom protokolu u odnosu na ukupan broj paketa.

Ukupan broj snimljenih paketa je 748043. Svi paketi se prenose preko Ethernet protokola sloja 2. Možemo da primetimo da najveći broj paketa sloja 3 pripada mrežnom protokolu IPv4 – 99,3% (742915 paketa), a manji deo paketa pripada ARP protokolu – 0,5% (3467 paketa), IPv6 protokolu – 0,2% (1241 paketa) i LLC protokolu – 0,1% (433 paketa).



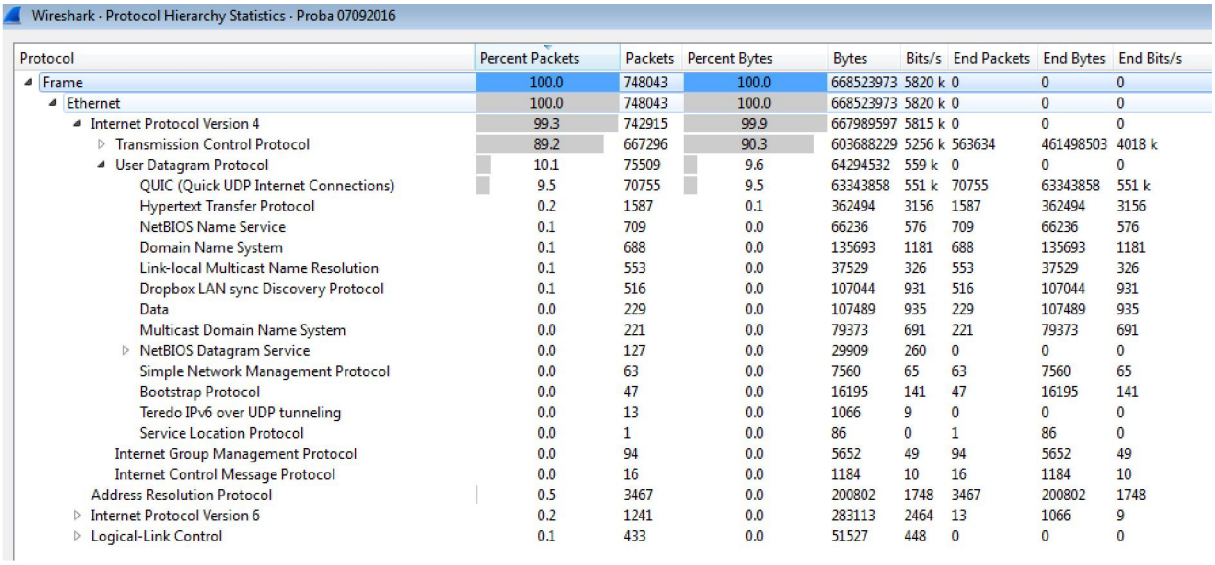
Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
Frame	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Ethernet	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Logical-Link Control	0.1	433	0.0	51527	448	0	0	0
Internet Protocol Version 6	0.2	1241	0.0	283113	2464	13	1066	9
Internet Protocol Version 4	99.3	742915	99.9	667989597	5815 k	0	0	0
User Datagram Protocol	10.1	75509	9.6	64294532	559 k	0	0	0
Transmission Control Protocol	89.2	667296	90.3	603688229	5256 k	563634	461498503	4018 k
Internet Group Management Protocol	0.0	94	0.0	5652	49	94	5652	49
Internet Control Message Protocol	0.0	16	0.0	1184	10	16	1184	10
Address Resolution Protocol	0.5	3467	0.0	200802	1748	3467	200802	1748

Slika 7.1.2. Hijerarhijski pregled protokola koji idu preko IPv4 protokola

Ako kliknemo na trougao pored IPv4 protokola, otvara se padajući meni koji nam pokazuje koji procenat paketa pripada pojedinačnim transportnim protokolima (slika 7.1.2.). TCP je u ovom

snimljenom fajlu dominantan transportni protokol sa 89,2% (667296 paketa), dok je broj UDP paketa znatno manji – 10,1% (75509 paketa). Pored TCP i UDP protokola, u padajućem meniju prikazani su i ICMP i IGMP protokoli koji imaju zanemarljiv udeo u saobraćaju (ICMP 16 paketa i IGMP 94 paketa).

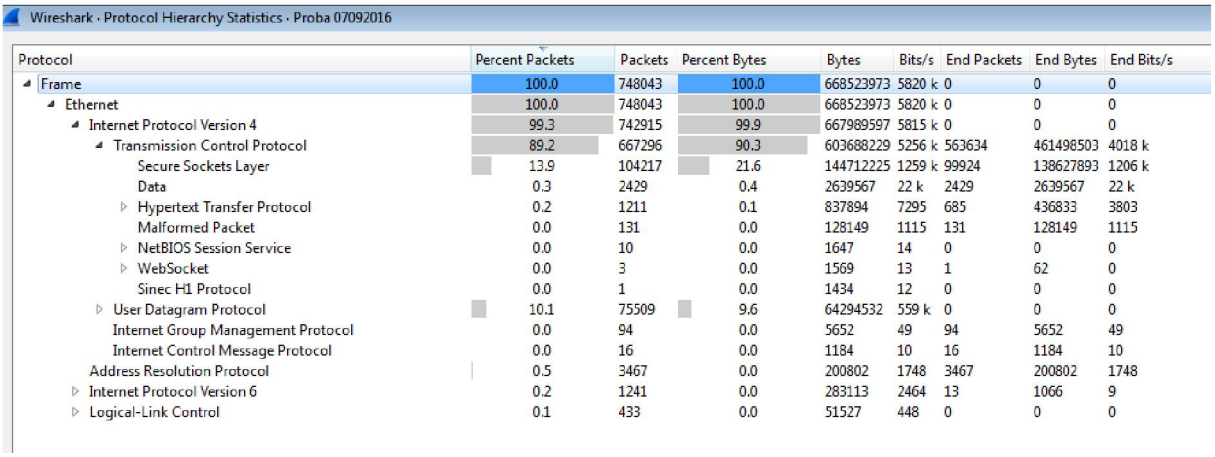
Ako kliknemo na trougao pored UDP protokola, otvara se padajući meni koji nam pokazuje koji procenat paketa pripada pojedinačnim protokolima viših slojeva (slika 7.1.3.). Najveći broj paketa pripada QUIC (*Quick UDP Internet Connections*) sa 9,5% (70755 paketa), slede HTTP sa 0,2% (1587 paketa), NetBIOS Name Service sa 0,1% (709 paketa), DNS sa 0,1% (688 paketa), Link-local Multikast Name Resolution sa 0,1% (553 paketa), dok ostali protokoli imaju manje od 0,1% udela u UDP paketima.


Wireshark · Protocol Hierarchy Statistics · Proba 07092016

Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
Frame	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Ethernet	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Internet Protocol Version 4	99.3	742915	99.9	667989597	5815 k	0	0	0
Transmission Control Protocol	89.2	667296	90.3	603688229	5256 k	563634	461498503	4018 k
User Datagram Protocol	10.1	75509	9.6	64294532	559 k	0	0	0
QUIC (Quick UDP Internet Connections)	9.5	70755	9.5	63343858	551 k	70755	63343858	551 k
Hypertext Transfer Protocol	0.2	1587	0.1	362494	3156	1587	362494	3156
NetBIOS Name Service	0.1	709	0.0	66236	576	709	66236	576
Domain Name System	0.1	688	0.0	135693	1181	688	135693	1181
Link-local Multicast Name Resolution	0.1	553	0.0	37529	326	553	37529	326
Dropbox LAN sync Discovery Protocol	0.1	516	0.0	107044	931	516	107044	931
Data	0.0	229	0.0	107489	935	229	107489	935
Multicast Domain Name System	0.0	221	0.0	79373	691	221	79373	691
NetBIOS Datagram Service	0.0	127	0.0	29909	260	0	0	0
Simple Network Management Protocol	0.0	63	0.0	7560	65	63	7560	65
Bootstrap Protocol	0.0	47	0.0	16195	141	47	16195	141
Teredo IPv6 over UDP tunneling	0.0	13	0.0	1066	9	0	0	0
Service Location Protocol	0.0	1	0.0	86	0	1	86	0
Internet Group Management Protocol	0.0	94	0.0	5652	49	94	5652	49
Internet Control Message Protocol	0.0	16	0.0	1184	10	16	1184	10
Address Resolution Protocol	0.5	3467	0.0	200802	1748	3467	200802	1748
Internet Protocol Version 6	0.2	1241	0.0	283113	2464	13	1066	9
Logical-Link Control	0.1	433	0.0	51527	448	0	0	0

Slika 7.1.3.Hijerarhijski pregled protokola koji idu preko UDP protokola

Ako kliknemo na trougao pored TCP protokola, otvara se padajući meni koji nam pokazuje koji procenat paketa pripada pojedinačnim protokolima viših slojeva (slika 7.1.4.). Najveći broj paketa pripada SSL (*Secure Sockets Layer*) ili HTTPS sa 13,9% (104217 paketa), slede nedefinisani paketi sa 0,3% (2429 paketa) i HTTP sa 0,2% (1211 paketa), dok ostali protokoli imaju manje od 0,1% udela u TCP paketima.

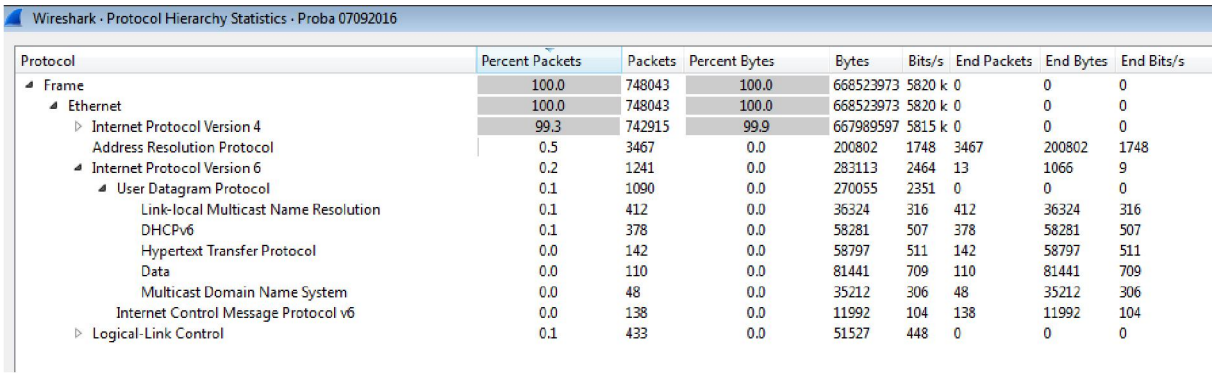

Wireshark · Protocol Hierarchy Statistics · Proba 07092016

Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
Frame	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Ethernet	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Internet Protocol Version 4	99.3	742915	99.9	667989597	5815 k	0	0	0
Transmission Control Protocol	89.2	667296	90.3	603688229	5256 k	563634	461498503	4018 k
Secure Sockets Layer	13.9	104217	21.6	144712225	1259 k	99924	138627893	1206 k
Data	0.3	2429	0.4	2639567	22 k	2429	2639567	22 k
Hypertext Transfer Protocol	0.2	1211	0.1	837894	7295	685	436833	3803
Malformed Packet	0.0	131	0.0	128149	1115	131	128149	1115
NetBIOS Session Service	0.0	10	0.0	1647	14	0	0	0
WebSocket	0.0	3	0.0	1569	13	1	62	0
Sinec H1 Protocol	0.0	1	0.0	1434	12	0	0	0
User Datagram Protocol	10.1	75509	9.6	64294532	559 k	0	0	0
Internet Group Management Protocol	0.0	94	0.0	5652	49	94	5652	49
Internet Control Message Protocol	0.0	16	0.0	1184	10	16	1184	10
Address Resolution Protocol	0.5	3467	0.0	200802	1748	3467	200802	1748
Internet Protocol Version 6	0.2	1241	0.0	283113	2464	13	1066	9
Logical-Link Control	0.1	433	0.0	51527	448	0	0	0

Slika 7.1.4.Hijerarhijski pregled protokola koji idu preko TCP protokola

Ako unesemo u polje *display* filtra sledeći izraz *data and tcp and ip and eth and frame*, Wireshark će nam prikazati nedefinisane pakete. Možemo da primetimo da su to uglavnom TCP ili HTTP poruke koje se razmenjuju na mreži preko portova koji nisu definisani unapred.

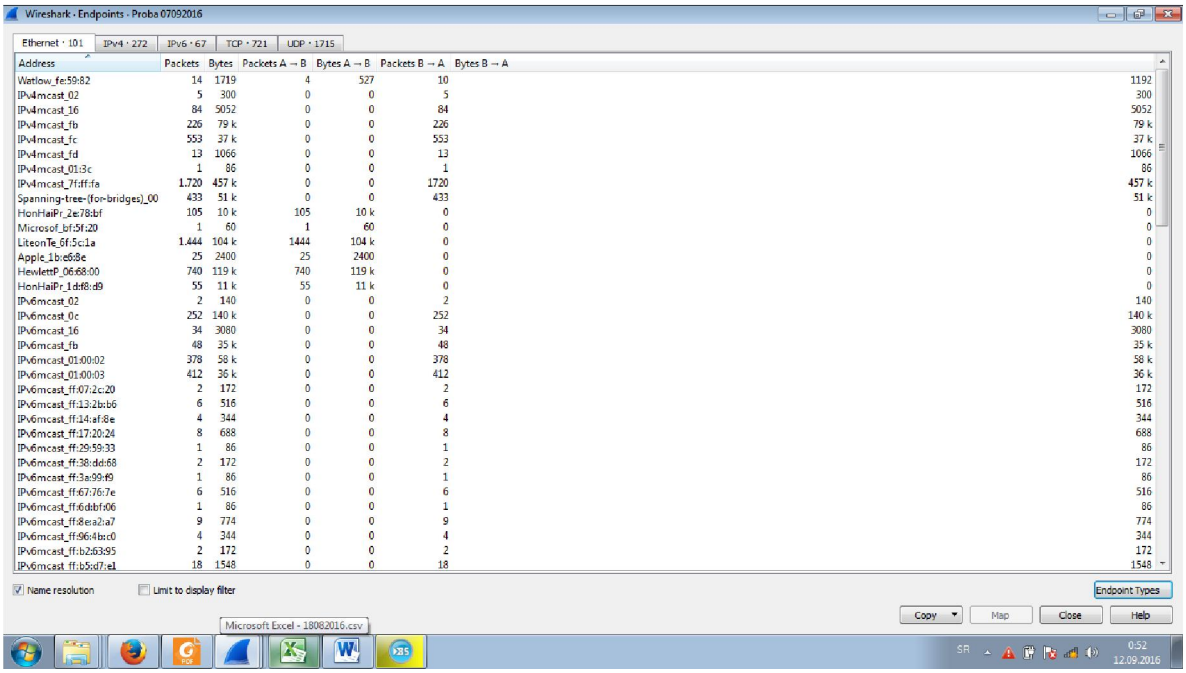
Ako kliknemo na trougao pored IPv6 protokola, otvara se padajući meni koji nam pokazuje koji procenat paketa pripada pojedinačnim transportnim protokolima (slika 7.1.5.). UDP je u ovom snimljenom fajlu jedini transportni protokol koji se koristi za IPv6 sa 0,1% (1090 paketa). Preko UDP protokola prenose se DHCPv6 i HTTP protokoli. Pored UDP protokola, u padajućem meniju prikazan je i ICMPv6 (138 paketa).



Protocol	Percent Packets	Packets	Percent Bytes	Bytes	Bits/s	End Packets	End Bytes	End Bits/s
Frame	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Ethernet	100.0	748043	100.0	668523973	5820 k	0	0	0
Internet Protocol Version 4	99.3	742915	99.9	667989597	5815 k	0	0	0
Address Resolution Protocol	0.5	3467	0.0	200802	1748	3467	200802	1748
Internet Protocol Version 6	0.2	1241	0.0	283113	2464	13	1066	9
User Datagram Protocol	0.1	1090	0.0	270055	2351	0	0	0
Link-local Multicast Name Resolution	0.1	412	0.0	36324	316	412	36324	316
DHCPv6	0.1	378	0.0	58281	507	378	58281	507
Hypertext Transfer Protocol	0.0	142	0.0	58797	511	142	58797	511
Data	0.0	110	0.0	81441	709	110	81441	709
Multicast Domain Name System	0.0	48	0.0	35212	306	48	35212	306
Internet Control Message Protocol v6	0.0	138	0.0	11992	104	138	11992	104
Logical-Link Control	0.1	433	0.0	51527	448	0	0	0

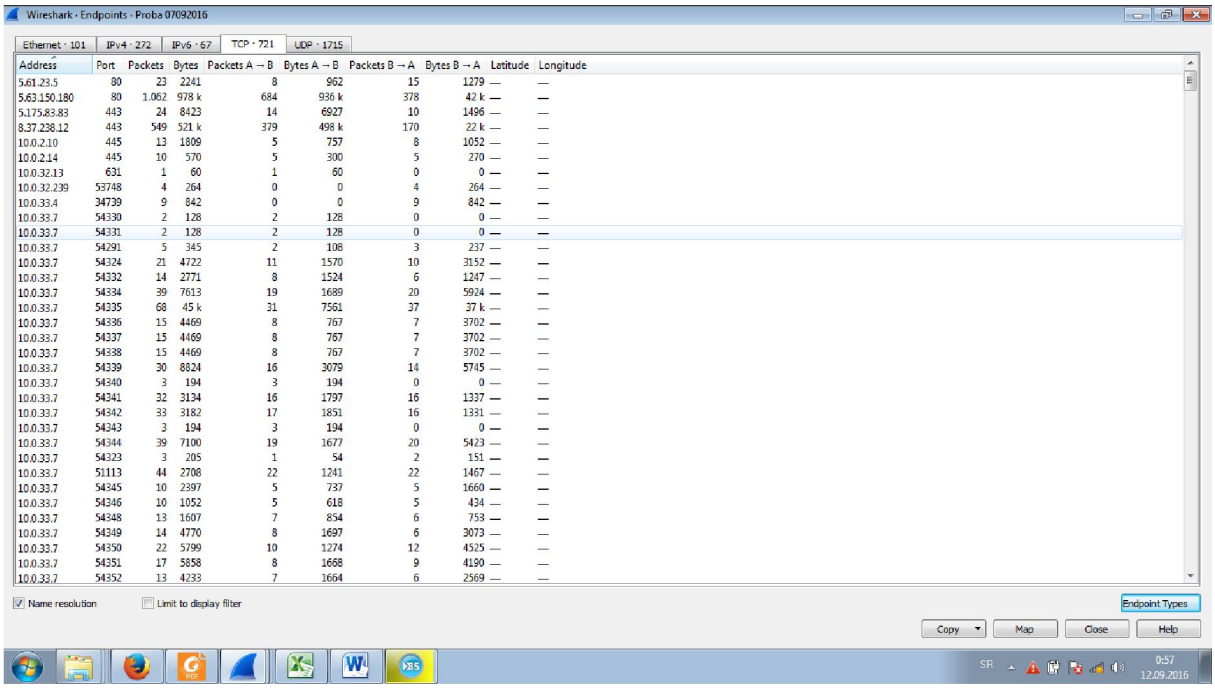
Slika 7.1.5.Hijerarhijski pregled protokola koji idu preko IPv6 protokola

Ako kliknemo na opciju Statistics->Endpoints, otvara se prozor prikazan na slici 7.1.6.



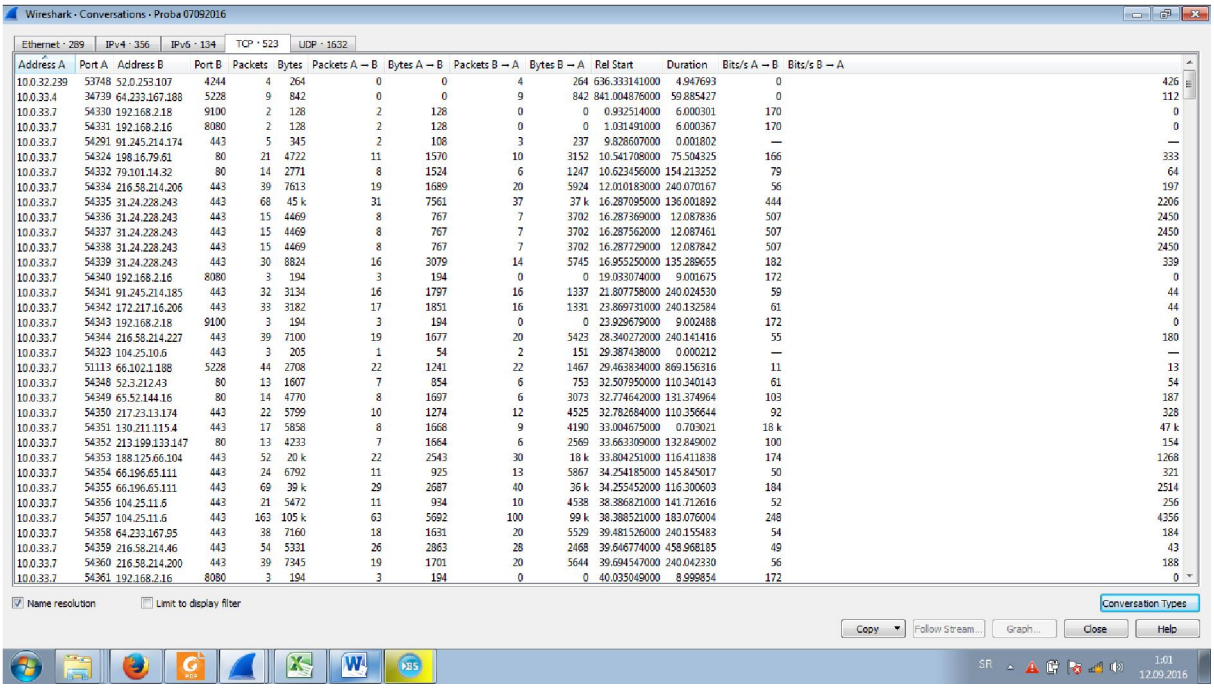
Slika 7.1.6. Krajnje tačke u komunikaciji

U njemu možemo da vidimo broj paketa koji se razmenjuje između tačke A i tačke B, uz informacije o adresi, bilo da je u pitanju MAC adrese (Ethernet kartica) ili IP adresa (kartice IPv4 i IPv6). Pored toga, možemo da pratimo saobraćaj između krajnjih tačaka za TCP i UDP protokole.



Slika 7.1.7.Krajnje tačke u komunikaciji TCP protokola

Klikom na opciju Statistics->Conversations, otvara se prozor prikazan na slici 7.1.8.



Slika 7.1.8.Prikaz komunikacije između dva uređaja kod TCP protokola

U njemu možemo da vidimo broj paketa koji se razmenjuje između dva uređaja, uz informacije o adresama oba uređaja, bilo da je u pitanju MAC adrese (Ethernet kartica) ili IP adresa (kartice IPv4 i IPv6). Ako kliknemo na karticu TCP možemo da vidimo IP adrese uređaja koji komuniciraju, portovi koji se koriste za komunikaciju, broj paketa koji je razmenjen u oba smera i u svakom pojedinačno, trajanje same komunikacije i broj bajtova koji je razmenjen.

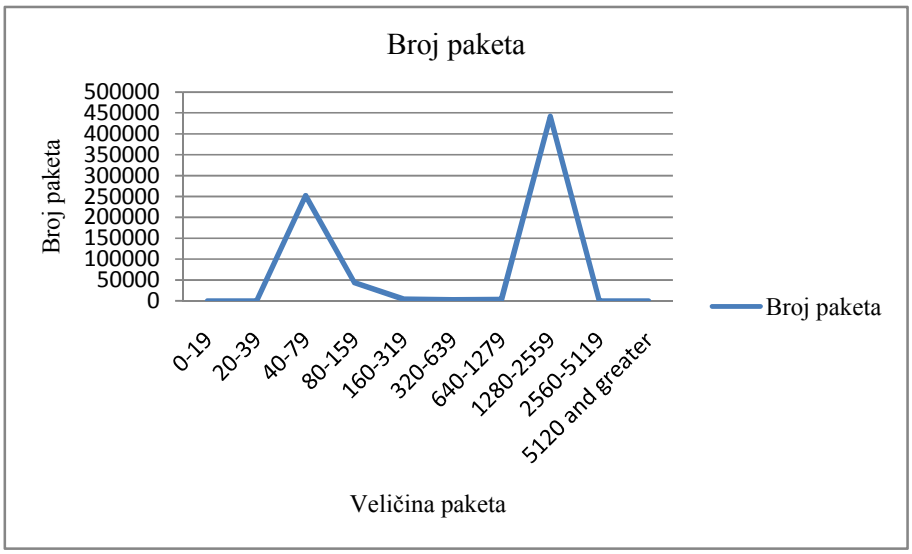
Ako kliknemo na opciju Statistics->Packet Lengths, otvara se prozor prikazan na slici 7.1.9.

Wireshark · Packet Lengths · Proba 07092016

Topic / Item	Count	Average	Min val	Max val	Rate (ms)	Percent	Burst rate	Burst start
Packet Lengths	748043	893.70	42	1514	0.8141	100%	7.0500	643.605
0-19	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
20-39	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
40-79	251996	59.97	42	79	0.2742	33.69%	3.3500	473.741
80-159	43660	87.34	80	159	0.0475	5.84%	3.2800	429.935
160-319	4262	220.84	160	319	0.0046	0.57%	0.2800	372.989
320-639	3176	488.21	320	639	0.0035	0.42%	0.4700	352.421
640-1279	3495	902.16	640	1279	0.0038	0.47%	0.3200	608.292
1280-2559	441454	1458.71	1280	1514	0.4804	59.01%	3.6800	846.965
2560-5119	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-
5120 and greater	0	-	-	-	0.0000	0.00%	-	-

Slika 7.1.9.Veličina snimljenih paketa

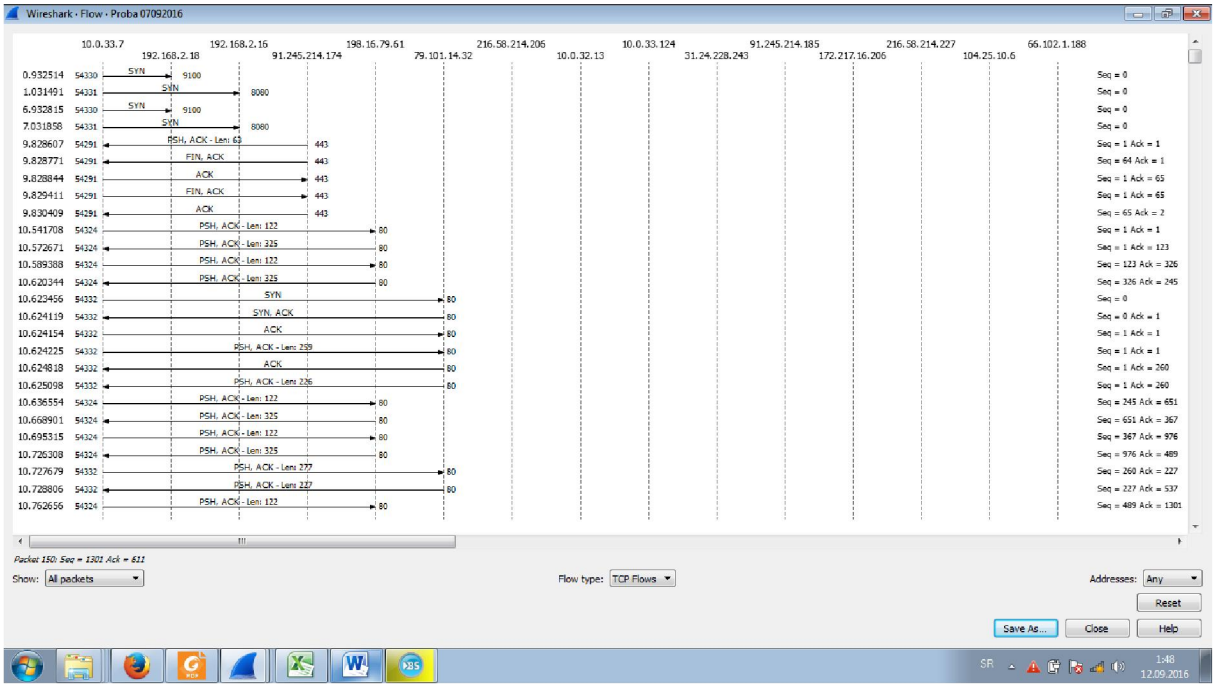
Ako sačuvamo sadržaj prozora kao *.csv fajl, otvorimo ga u programu Excel, grafički možemo ilustrovati broj paketa različitih dužina (slika 7.1.10.).



Slika 7.1.10.Broj paketa različitih dužina

Na osnovu grafika i tabele, možemo zaključiti da se najveći broj paketa nalazi u opsegu 40-79 i 1280-2559 bajtova.

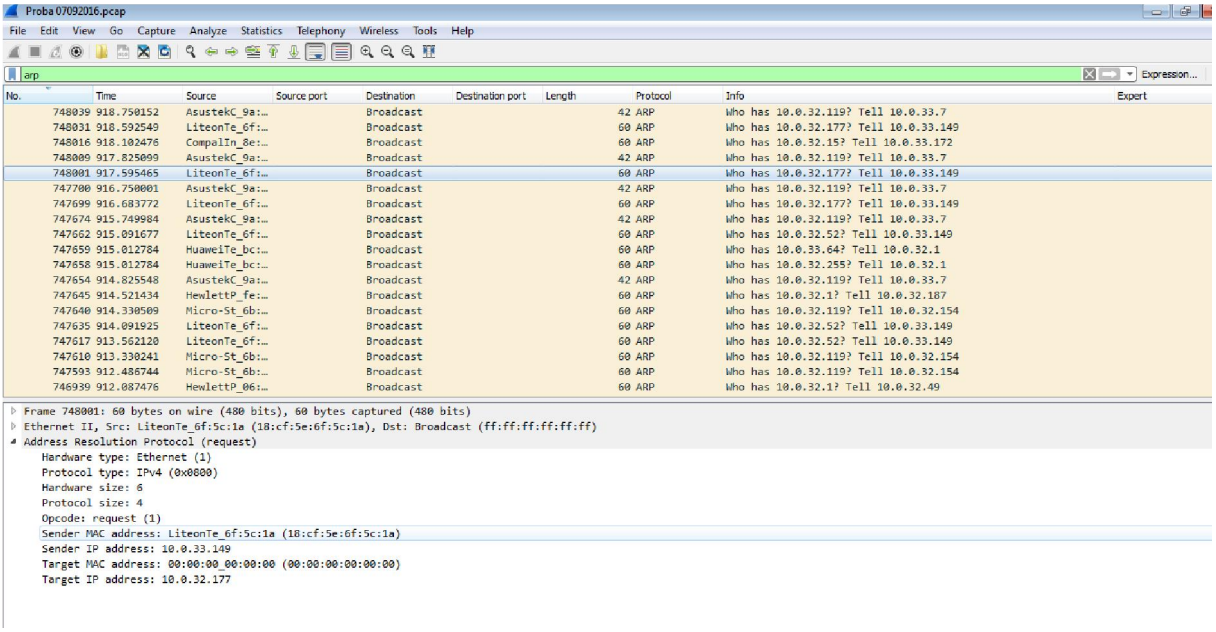
Klikom na opciju Statistics->Flow Graph, otvara se prozor prikazan na slici 7.1.11. U njemu možemo da pratimo razmenu paketa, smer komunikacije između odgovarajućih IP adresa, kao i tip poruke koja se šalje. Postoji mogućnost da izaberemo TCP flow, kako bismo videli razmenu poruka TCP protokola.



Slika 7.1.11.TCP Graph Flow

7.1. Analiza paketa ARP protokola

Ako u polju za *display* filtar ukucamo *arp*, Wireshark će nam prikazati samo pakete koji sadrže ARP protokol (slika 7.1.12.).



Slika 7.1.12.Paketi koji sadrže ARP protokol

Klikom na paket, možemo videti detaljan sadržaj ARP paketa u srednjem podprozoru glavnog prozora. U selektovanom paketu koristi se Ethernet protokol sloja 2 i IPv4 sloja 3 OSI modela. Veličina hardverske adrese je 6 bajtova, dok je veličina mrežne IP adrese 4 bajta. Polje

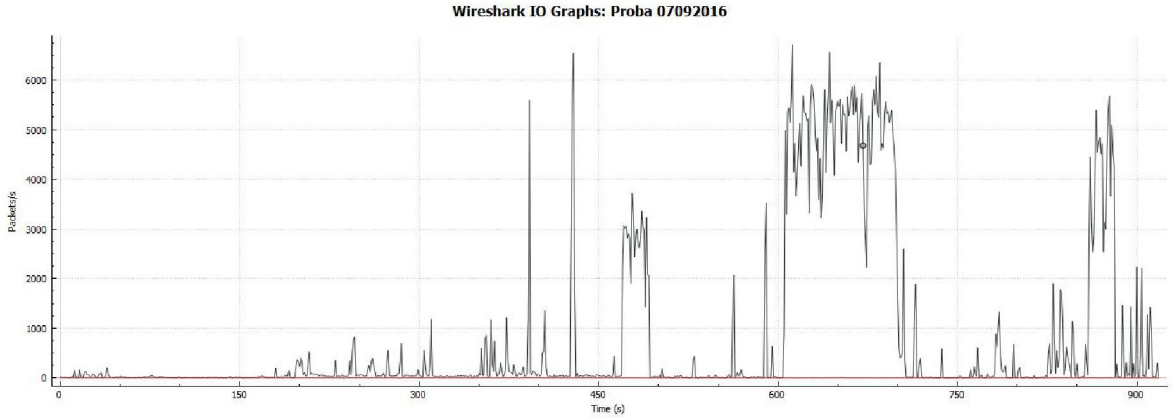
Opcode nam govori da se radi o ARP zahtevu. U ARP paketu šalju se MAC i IP adresa pošiljaoca i ciljana IP adresa. Polje ciljane MAC adrese je ispunjeno nulama (adresa nije poznata).

Desnim klikom na bilo koji ARP paket možemo kreirati filter (opcija *Apply as Filter*). Ako želimo da vidimo samo pakete koji predstavljaju ARP zahtev, klikom na liniju Opcode: request (1)->Apply as Filter prikazuju nam se rezultati filtriranja na osnovu izraza *arp.opcode==1*.

Ako želimo da nađemo paket koji predstavlja odgovor na ovaj zahtev, potrebno je da unesemo sledeći izraz u polje za *display* filtar – *arp.opcode==2* (čime se definiše da se radi o ARP odgovoru) i IP adresu ciljanog uređaja koja u ARP odgovoru predstavlja IP adresu pošiljaoca - *(arp.opcode == 2) && (arp.src.proto_ipv4 == 10.0.32.1)*.

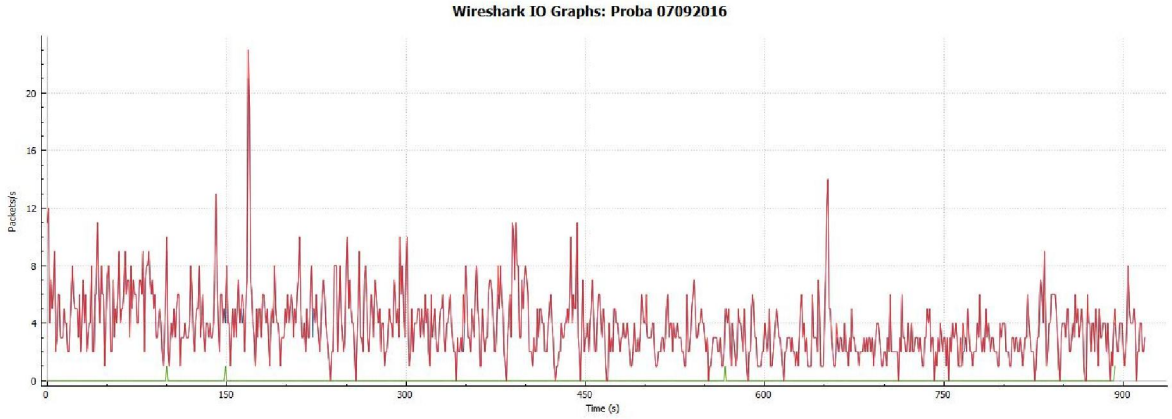
Ako kliknemo na opciju Statistics->IO Graph, otvara se grafički interfejs Wireshark aplikacije u kojoj možemo da prikažemo različite grafike, uz odgovarajuće filtre.

Na slici 7.1.13. prikazan je broj ARP paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.



Slika 7.1.13.Broj paketa koji sadrže ARP protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja)

Na slici 7.1.14. prikazan je ukupan broj ARP paketa u jedinici vremena (filtar *arp*), broj ARP zahteva (*filtar arp.opcode==1*) i broj ARP odgovora (*filtar arp.opcode==2*). U snimljenom fajlu, imamo znatno više ARP zahteva nego odgovora.



Slika 7.1.14.Broj paketa koji sadrže ARP zahteve (crvena boja) u odnosu na ARP odgovore

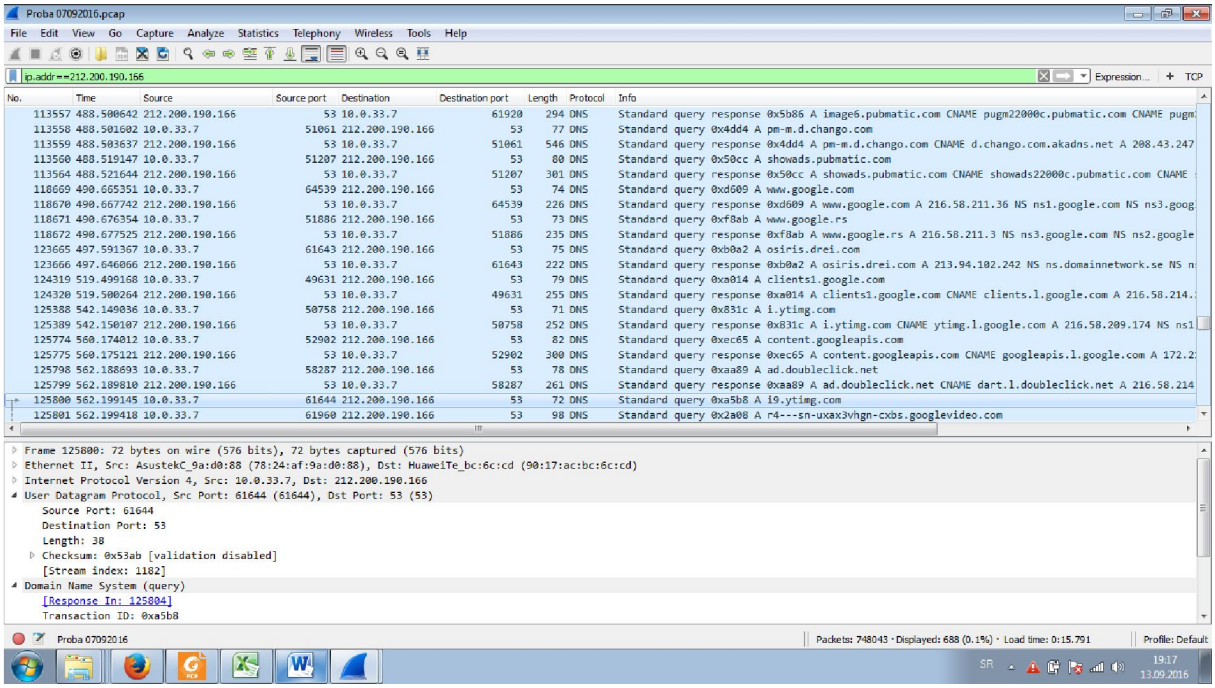
Kako prelazimo mišem preko pikova na grafiku, u glavnom prozoru se prikazuje paket koji odgovara toj poziciji i na taj način možemo da analiziramo paket od interesa.

Ako nam ARP paketi nisu od interesa za analizu, u polju *display* filtra možemo da unesemo sledeći izraz *!arp* i ARP paketi neće biti prikazani u glavnom prozoru.

7.2. Analiza paketa IP protokola

U polje *display* filtra možemo da unesemo razne kombinacije izraza koji filtriraju i prikazuju pakete na osnovu IP adrese.

Ako unesemo npr. *ip.addr==212.200.190.166*, Wireshark će nam prikazati sve pakete koji imaju datu IP adresu ili kao adresu pošiljaoca ili kao adresu primaoca (vidi sliku 7.2.1.).

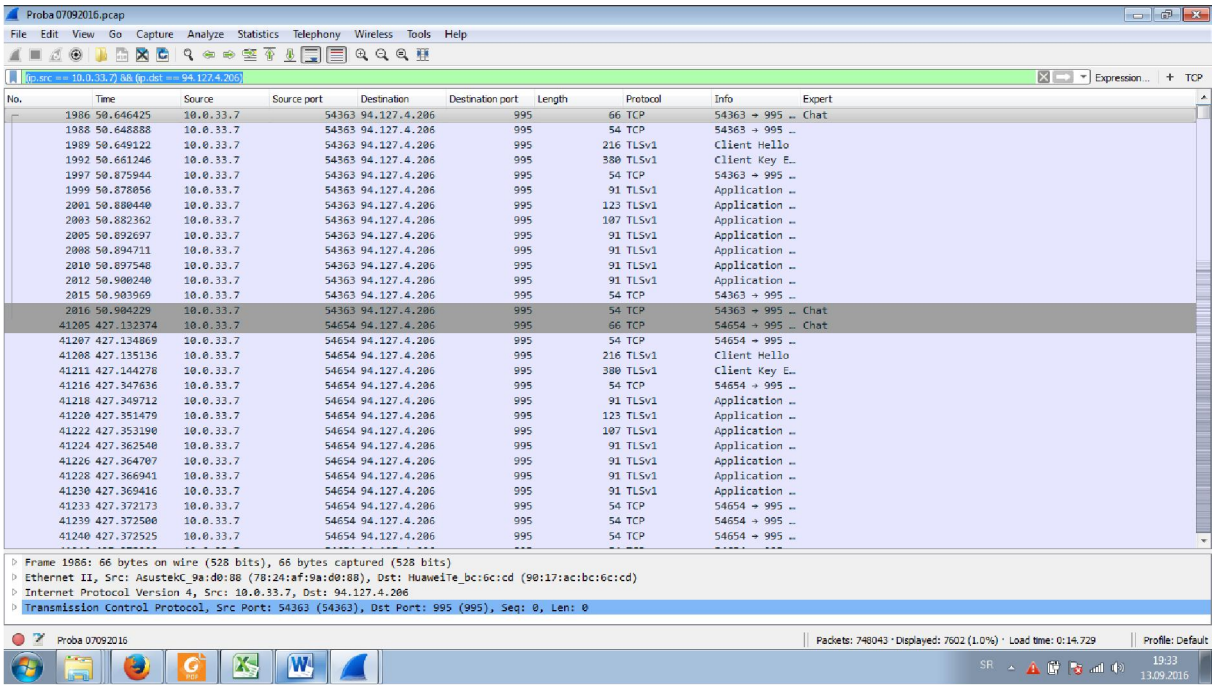


Slika 7.2.1.Paketi koji za adresu pošiljaoca ili primaoca imaju IP adresu 212.200.190.166

Ako želimo da pratimo samo pakete koji nam dolaze sa pomenute IP adrese, dovoljno je da unesemo sledeći izraz u polje *display* filtra – *ip.src==212.200.190.166*. Za pakete koji dolaze u suprotnom smeru, dovoljno je da unesemo *ip.dst==212.200.190.166* u polje *display* filtra.

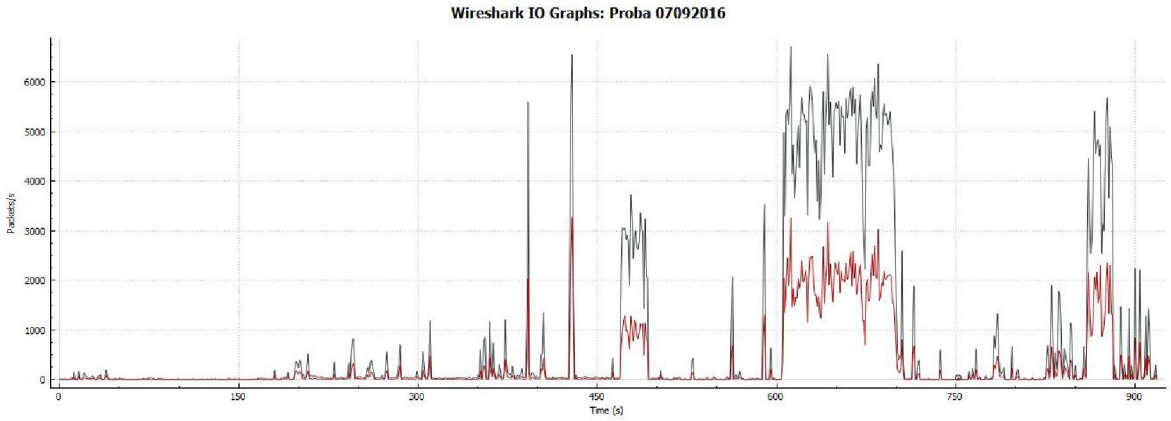
Filtar na osnovu IP adrese možemo podesiti i u meniju koji se pojavljuje nakon desnog klika na paket izborom opcije *Apply as Filtar*. Mogućnosti su zaista velike.

Ako želimo da vidimo pakete koji su razmenjeni između dve IP adrese, dovoljno je da unesemo izraz *(ip.src == 10.0.33.7) && (ip.dst == 94.127.4.206)* u polje *display* filtra. Rezultati filtriranja mogu se videti na slici 7.2.2.



Slika 7.2.2.Paketi koji su razmenjeni između dve IP adrese10.0.33.7 i 94.127.4.206

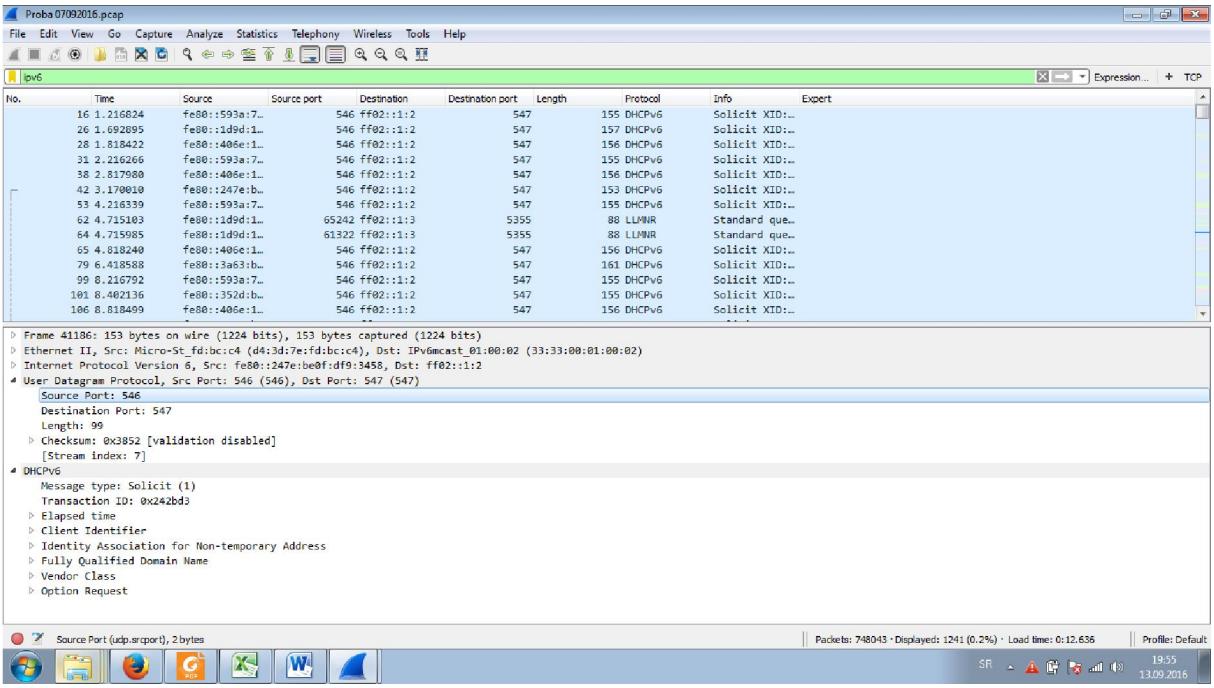
Ako želimo da uporedimo broj paketa u jedinici vremena koja je poslata sa IP adrese 10.0.33.7 (IP adresa računara na kojem je snimljen .pcap fajl) u odnosu na sve pakete koji su poslati u istom tom trenutku, dovoljno je da u IO graph polju za filtriranje drugog grafika unesemo izraz *ip.src ==10.0.33.7* i da prikažemo zajedno sa *default* filtrom. Dobićemo grafik sa dve linije prikazan na slici 7.2.3.



Slika 7.2.3.Udeo paketa koji su poslati sa IP adrese 10.0.33.7 u odnosu na sve poslate pakete u jedinici vremena

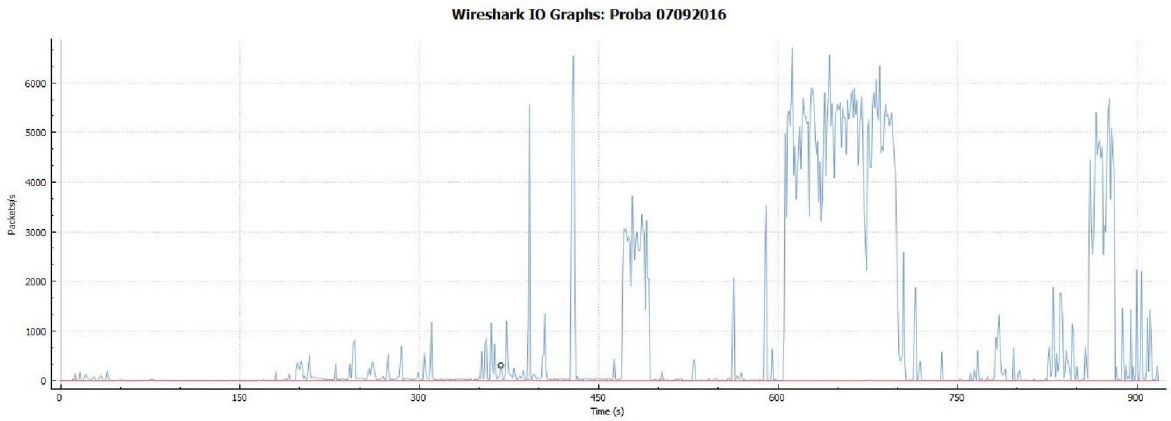
Svi paketi su prikazani crnom linijom, dok su paketi koji su poslati sa IP adrese 10.0.33.7 prikazani crvenom linijom. Na osnovu ovog grafika možemo da primetimo da paketi koji su poslati sa uređaja na kojem je snimljen saobraćaj čine malo više od trećineukupnog broja paketa u datoj jedinici vremena (38,4%).

Ako nas interesuju paketi koji u sebi sadrže IP adrese verzije 6, dovoljno je da u polju *display* filtra ukucamo *ipv6* i u glavnom prozoru možemo videti koji sve protokoli koriste IPv6, kao i sadržaj samih paketa (slika 7.2.4.).



Slika 7.2.4.Paketi koji sadrže IP adrese verzije 6

Možemo da uporedimo grafički prikaz paketa koji koriste IPv4 adrese (plava linija) i paketa koji koriste IPv6 adrese (crvena linija) na slici 7.2.5. Znatno veći broj paketa koristi IPv4 adrese, što je i bilo za očekivati.

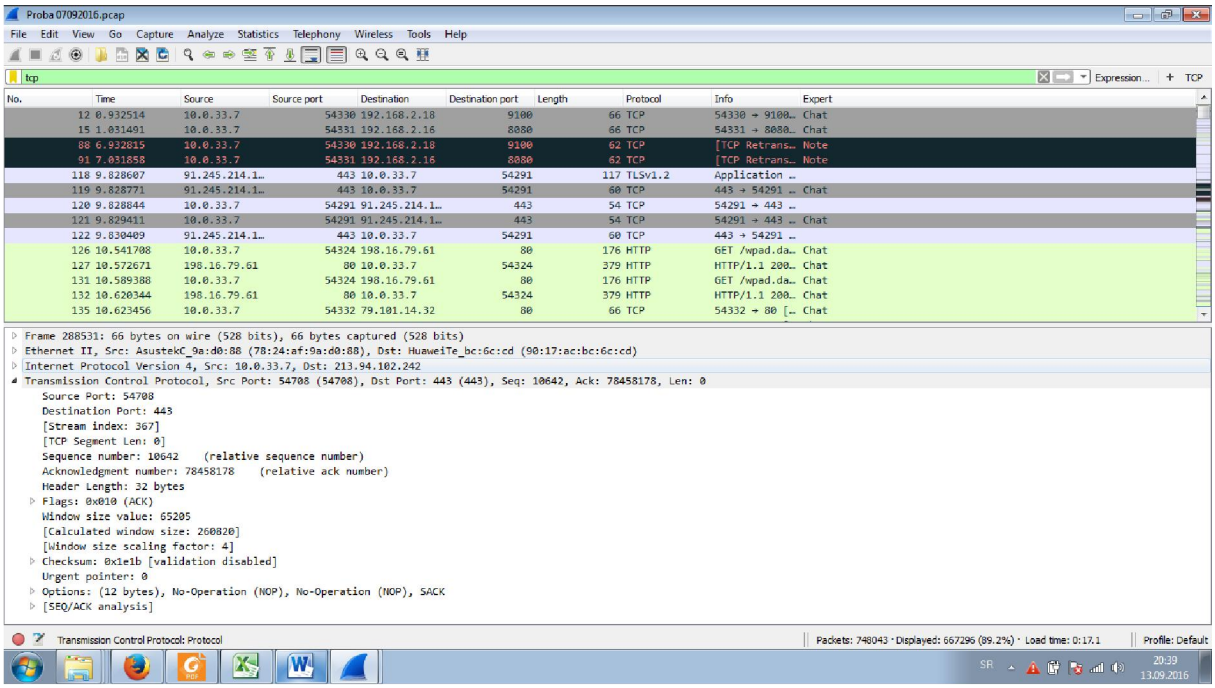


Slika 7.2.5.Paketi koji sadrže IP adrese verzije 6 (crvena linija) i paketi koji sadrže IP adrese verzije 4 (plava linija)

7.3. Analiza paketa TCP protokola

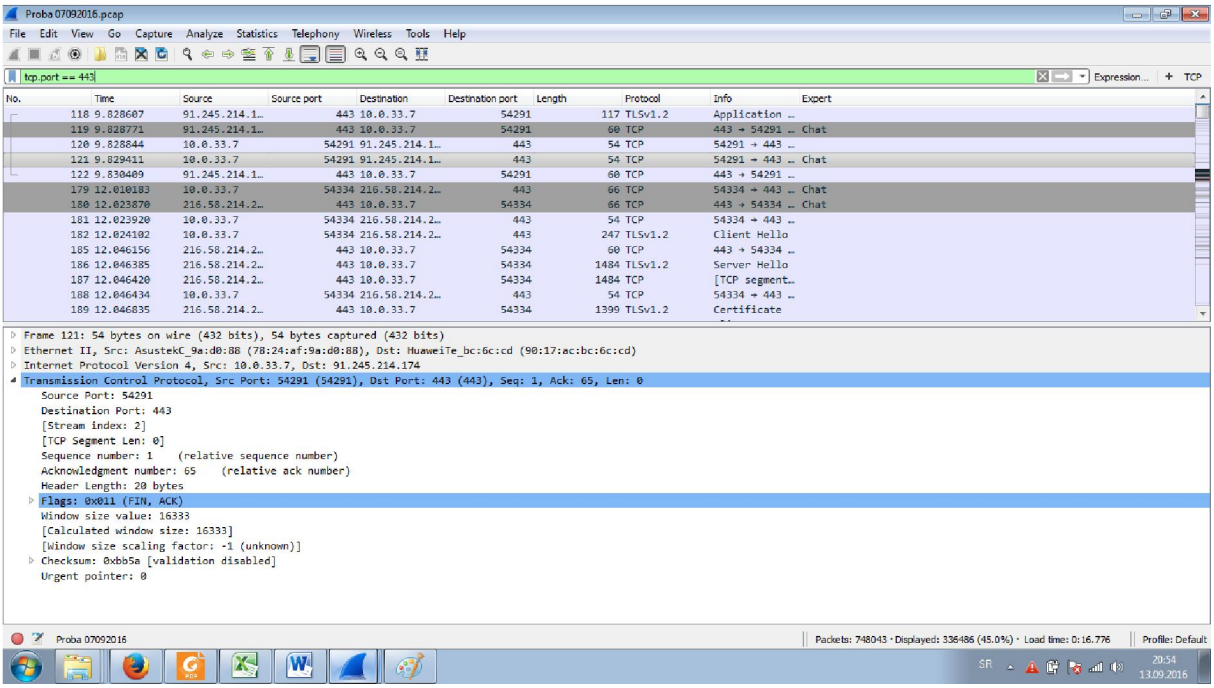
TCP protokol nam pruža velik broj mogućnosti za analizu paketa u Wireshark aplikaciji.

Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže TCP protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo *tcp* i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.3.1.



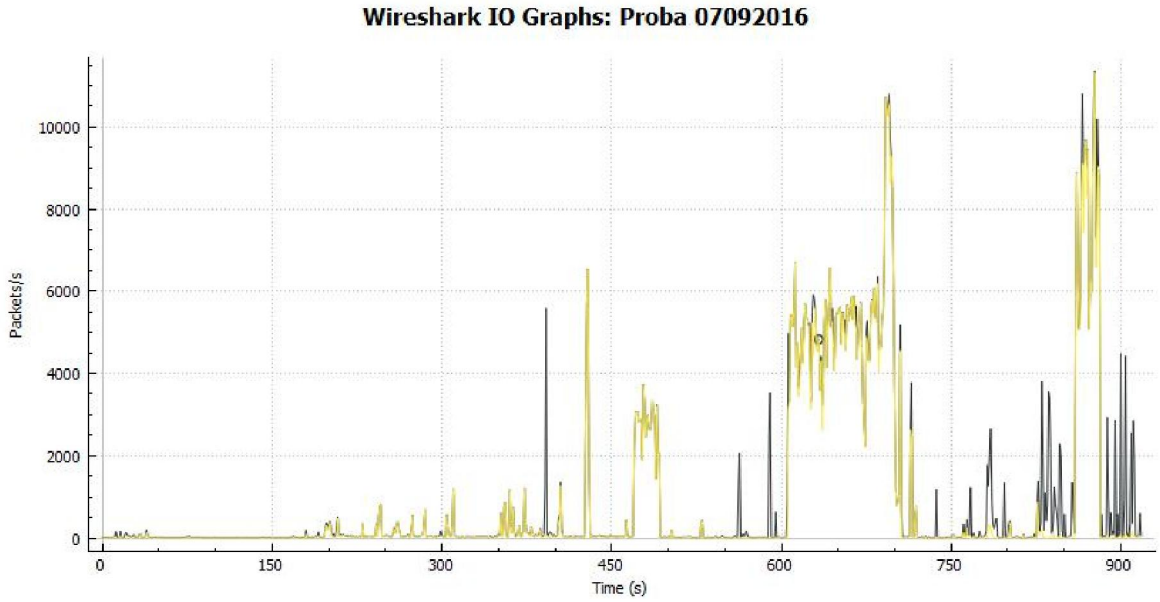
Slika 7.3.1. Paketi koji sadrže TCP zaglavlje

Pakete možemo da filtriramo u odnosu na port koji se koristi za prenos saobraćaja. Ako u polje *display* filtra unesemo *tcp.dstport == 443*, Wireshark će nam prikazati samo pakete čiji je odredišni port 443. Na isti način možemo da filtriramo i pakete čiji je izvorišni port 443, uz odgovarajući izraz *tcp.srcport == 443*. Ako želimo da vidimo pakete koji se razmenjuju preko porta 443 sa obe strane, dovoljno je da unesemo samo izraz *tcp.port == 443* (slika 7.3.2.).



Slika 7.3.2.TCP paketi koji se prenose preko porta 443

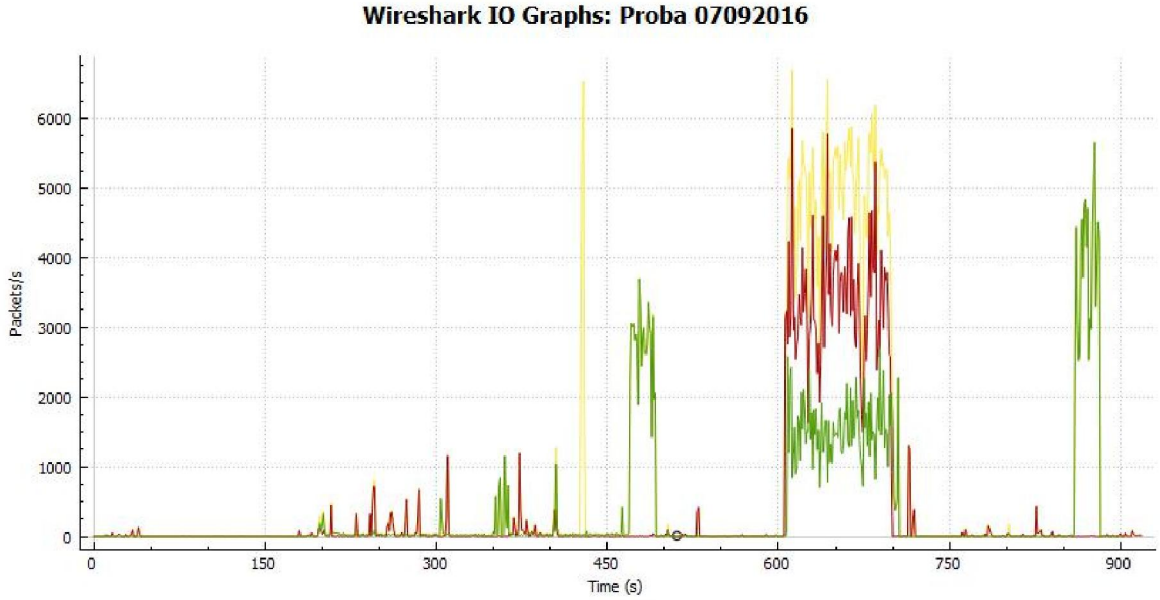
Na slici 7.3.3. je prikazan grafik na osnovu koga možemo da uporedimo broj TCP paketa u jedinici vremena u odnosu na sve pakete koji su razmenjeni u istom trenutku.



Slika 7.3.3.Broj paketa koji sadrže TCP protokol (žuta linija) u odnosu na ukupan broj paketa (crna linija) u jedinici vremena

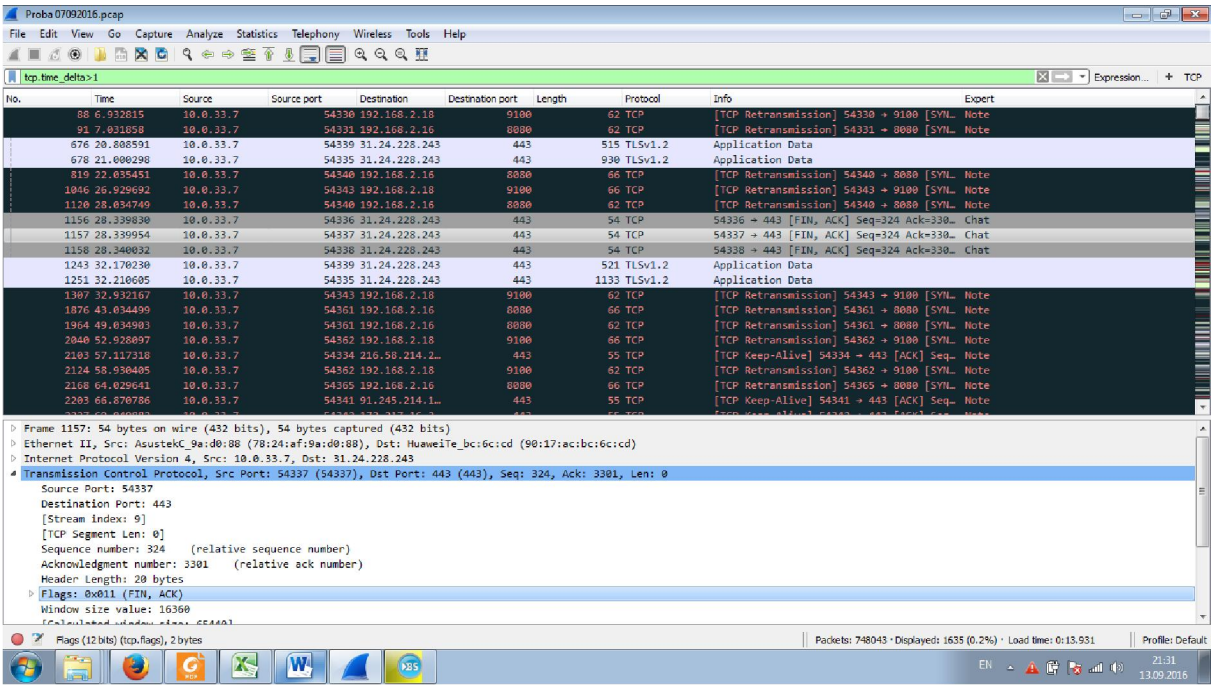
Kao što je bilo i za očekivati, TCP paketi čine veći deo ukupnog broja paketa koji se šalje u mreži.

Na slici 7.3.4. je prikazan grafik na kojem su prikazani svi TCP paketi (žuta linija), TCP paketi koji se prenose preko porta 443 (crvena linija) i TCP paketi koji se prenose preko porta 80 (zelena linija).



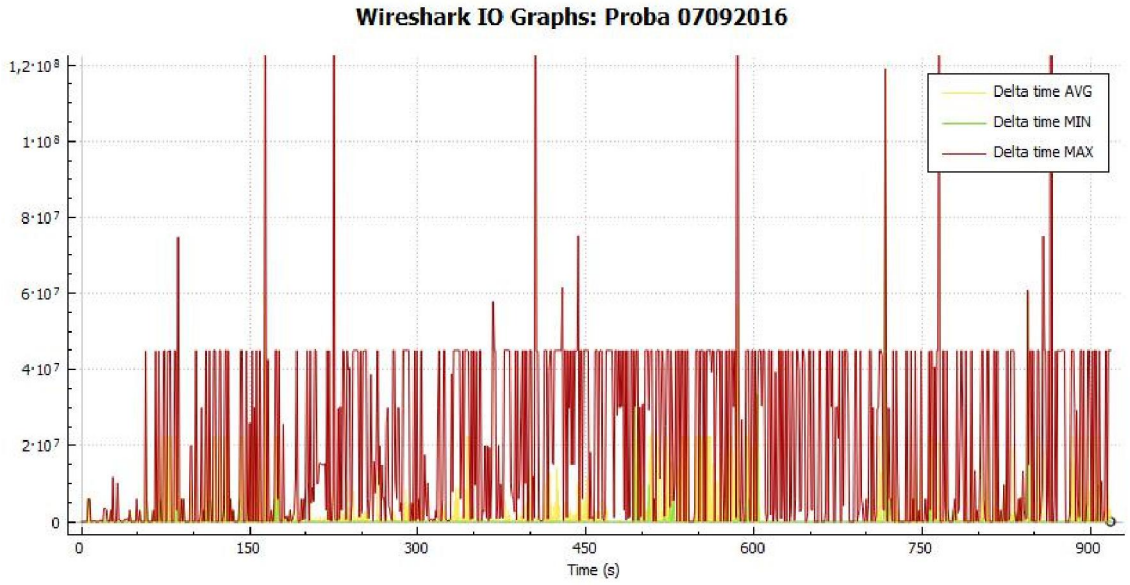
Slika 7.3.4.Poređenje TCP paketa koji se prenose preko porta 443 (crvena linija) i TCP paketa koji se prenose preko porta 80 (zelena linija) u odnosu na ukupan broj TCP paketa (žuta linija)

Desnim klikom na bilo koji TCP paket, otvara se meni u kojem je potrebno kliknuti na opciju Protocol Preferences->Calculate Conversation Timestamps kako bismo mogli da pratimo kašnjenje TCP paketa. U polju *display* filtra možemo uneti izraz *tcp.time_delta>1* i Wireshark će nam prikazati sve pakete kod kojih je kašnjenje veće od jedne sekunde, slika 7.3.5.



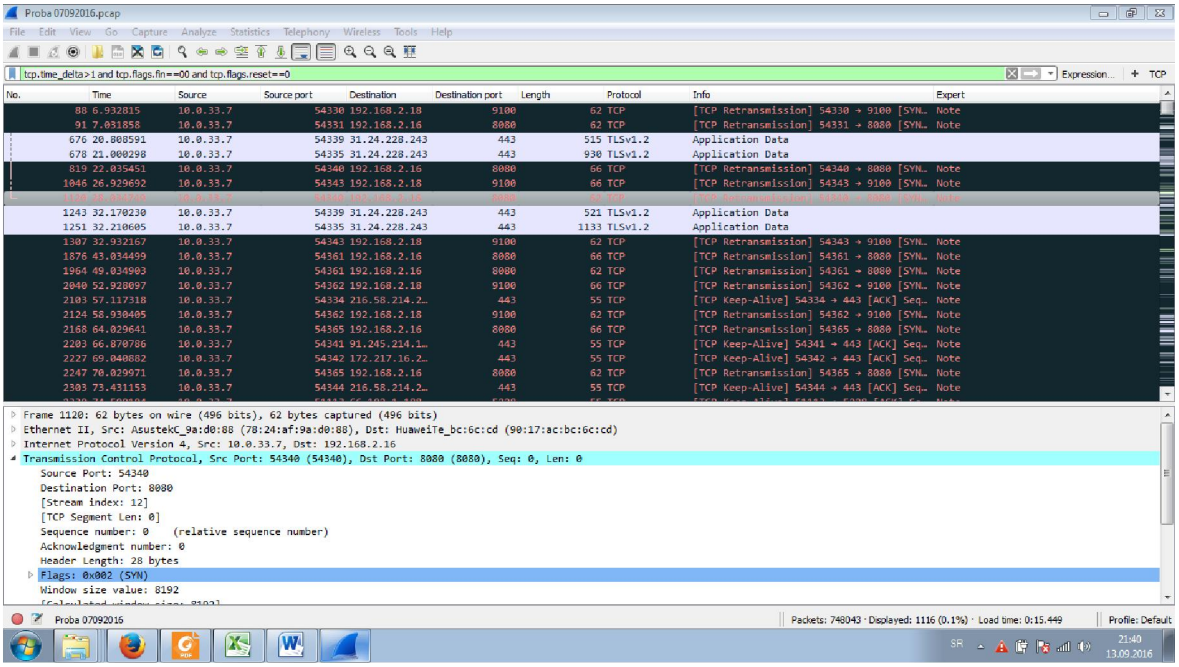
Slika 7.3.5.TCP paketi kod kojih je kašnjenje veće od jedne sekunde

Na slici 7.3.6. je prikazan grafik koji nam maksimalno, minimalno i prosečno kašnjenja paketa. Ovaj grafik smo dobili korišćenjem MAX (*), MIN (*) i AVG (*) funkcije za y-osu uz filtar *tcp.time_delta*.



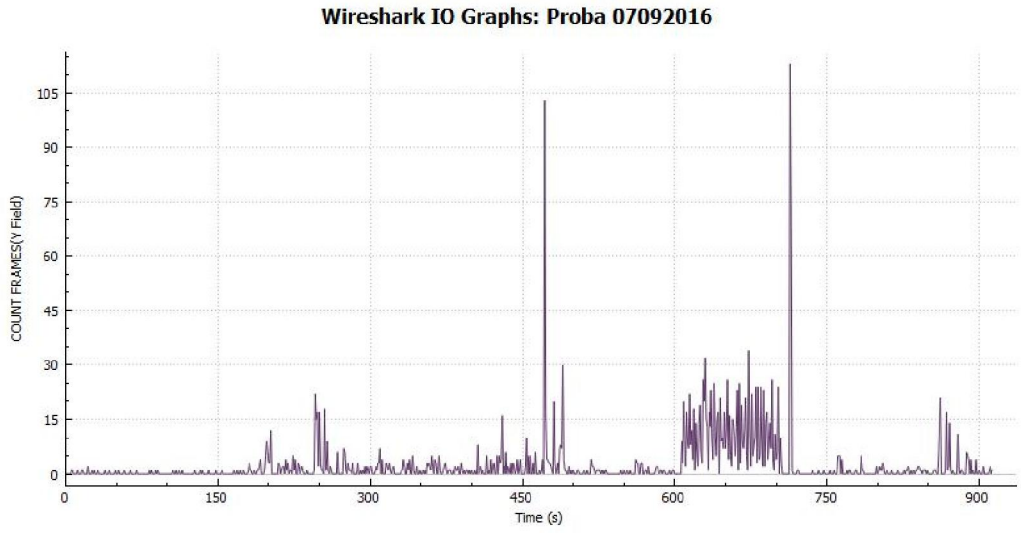
Slika 7.3.6.Kašnjenja pojedinih TCP paketa

Pošto nam TCP paketi koji prenose ACK potvrdu o resetu ili završetku TCP konekcije, nisu toliko od interesa, unećemo složeniji izraz tcp.time_delta>1 and tcp.flags.fin==00 and tcp.flags.reset==0 koji će nam prikazati pakete koji imaju veća kašnjenja, a mogu biti zanimljivi za analizu i otkrivanje problema u mreži (slika 7.3.7.).



Slika 7.3.7. TCP paketi kod kojih je kašnjenje veće od jedne sekunde a ne nose ACK potvrdu o resetu ili završetku TCP konekcije

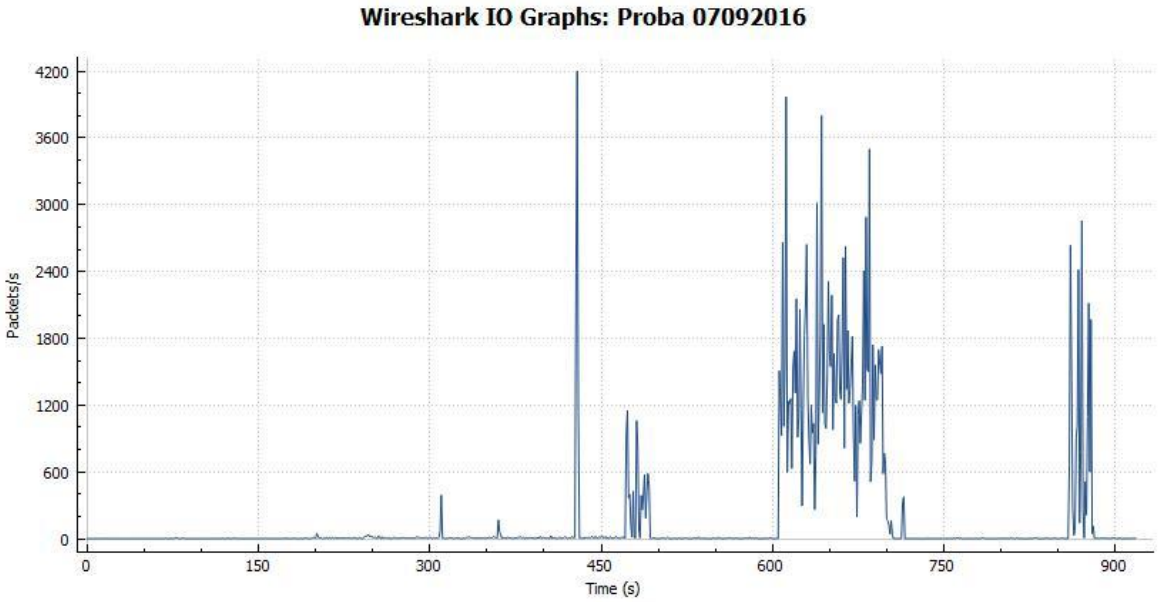
Paketi koje Wireshark prikazuje u glavnom prozoru nakon filtriranja na osnovu izraza *tcp.time_delta>1 and tcp.flags.fin==00 and tcp.flags.reset==0* uglavnom predstavljaju pakete koji se ponovo šalju (*retransmission*). Ako želimo da vidimo pakete koji su ponovo poslati, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo *tcp.analysis.retransmission*.



Slika 7.3.8. Broj frejmova koji se ponovo šalje kroz TCP protokol

Broj frejmova koji se ponovo šalju kroz TCP protokol može se dobiti i grafički, ako izaberemo funkciju COUNT FRAMES (*) za y-osu, a filtar *tcp.analysis.retransmission* (slika 7.3.8.).

Problematične TCP pakete možemo filtrirati i unošenjem izraza *tcp.analysis.flags && !tcp.analysis.window_update*. Grafik problematičnih TCP paketa se može videti na slici 7.3.9.



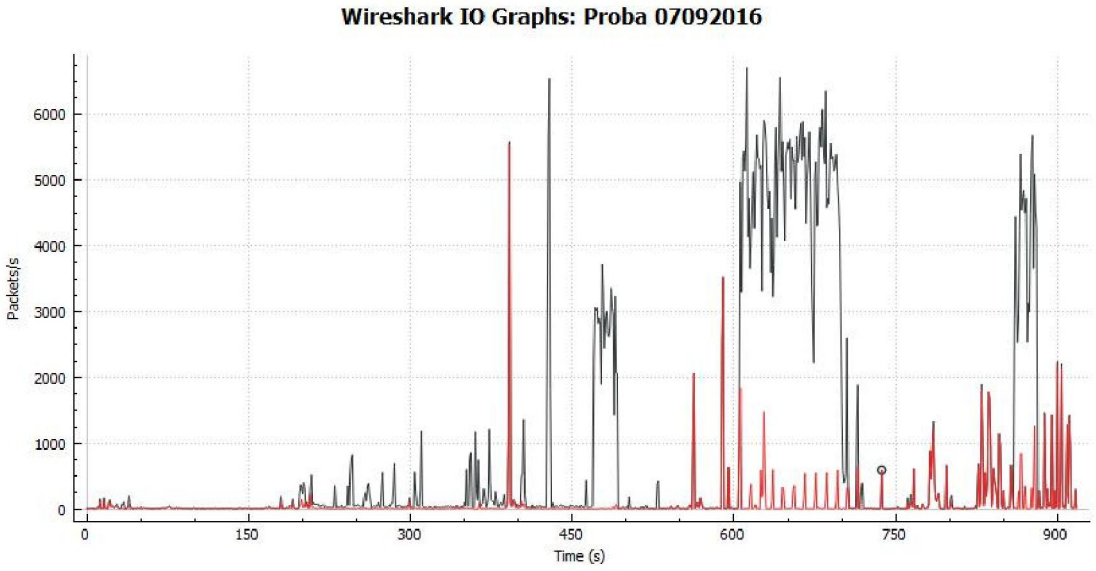
Slika 7.3.9. Problematični TCP paketi

TCP pakete možemo filtrirati i na osnovu sadržaja samog paketa korišćenjem izraza *tcp contains*.Ako želimo da vidimo koji TCP paketi imaju setovane kontrolne bite SYN, ACK, FIN, možemo da ih filtritramo na osnovu izraza *tcp.flags.syn*, *tcp.flags.ack* i *tcp.flags.fin*, respektivno.

7.4. Analiza paketa UDP protokola

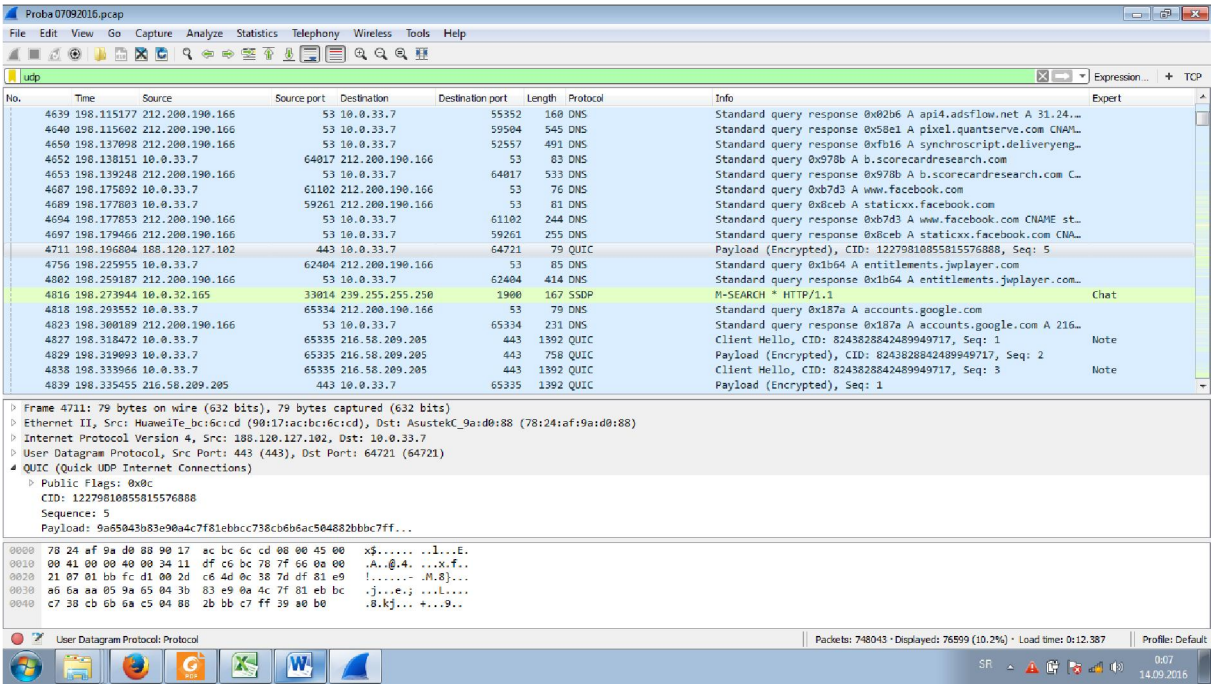
Za razliku od TCP protokola koji nam nudi različite mogućnosti za filtriranje, UDP protokol nam pruža manje opcija zbog jednostavnosti samog zaglavlja. UDP možemo filtrirati na osnovu porta koji se koristi za komunikaciju, bilo da je u pitanju izvorišni ili odredišni port. UDP pakete možemo filtrirati i na osnovu veličine paketa u vidu izraza *udp.length == 48*. Ako pogledamo prikazane pakete čija je veličina 48, primetićemo da su to samo paketi koji pripadaju protokolu QUIC (*Quick UDP Internet Connections*). UDP pakete možemo filtrirati i na osnovu kontrolne sume – izraz *udp.checksum_bad* prikazaće sve pakete kod kojih kontrolna suma ne pokazuje dobru vrednost.

Na slici 7.4.1. prikazan je broj UDP paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.



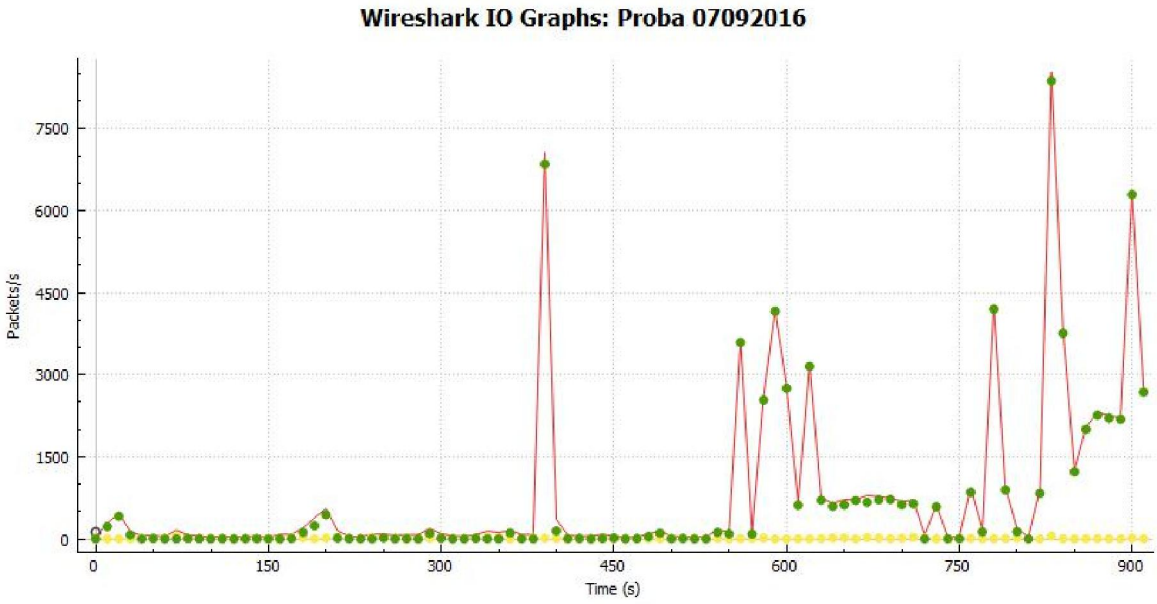
Slika 7.4.1.Broj paketa koji sadrže UDP protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja) u jedinici vremena

Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže UDP protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo *udp* i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.4.2.



Slika 7.4.2.Paketi koji sadrže UDP zaglavlje

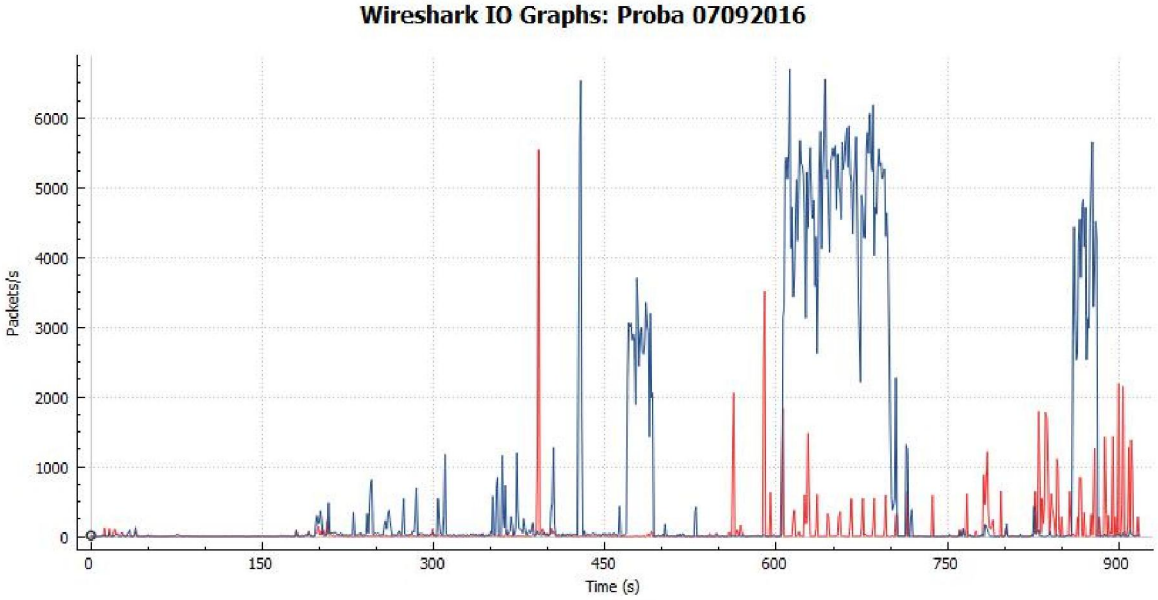
Korišćenjem I/O Graph opcije koju nudi Wireshark, možemo da uporedimo broj paketa u jedinici vremena za UDP pakete koji koriste port 137 i UDP pakete koji koriste port 443 (slika 7.4.3.).



Slika 7.4.3.Poređenje UDP paketa koji se prenose preko porta 443 (zelene tačkice) i UDP paketa koji se prenose preko porta 137 (žute tačkice) u odnosu na ukupan broj UDP paketa (crvena linija)

Grafici se dobijaju unošenjem odgovarajućih filtara u polja I/O Graph dela Wireshark aplikacije *udp.port== 443* i *udp.port==137*. Filtar možemo napisati za bilo koji port koji nam je od interesa za analizu ili za bilo koji port preko koga se prenosi najveći broj UDP paketa.

Zanimljivo za analizu bi moglo da bude poređenje paketa koji sadrže UDP protokol sa paketima koji sadrže TCP protokol.

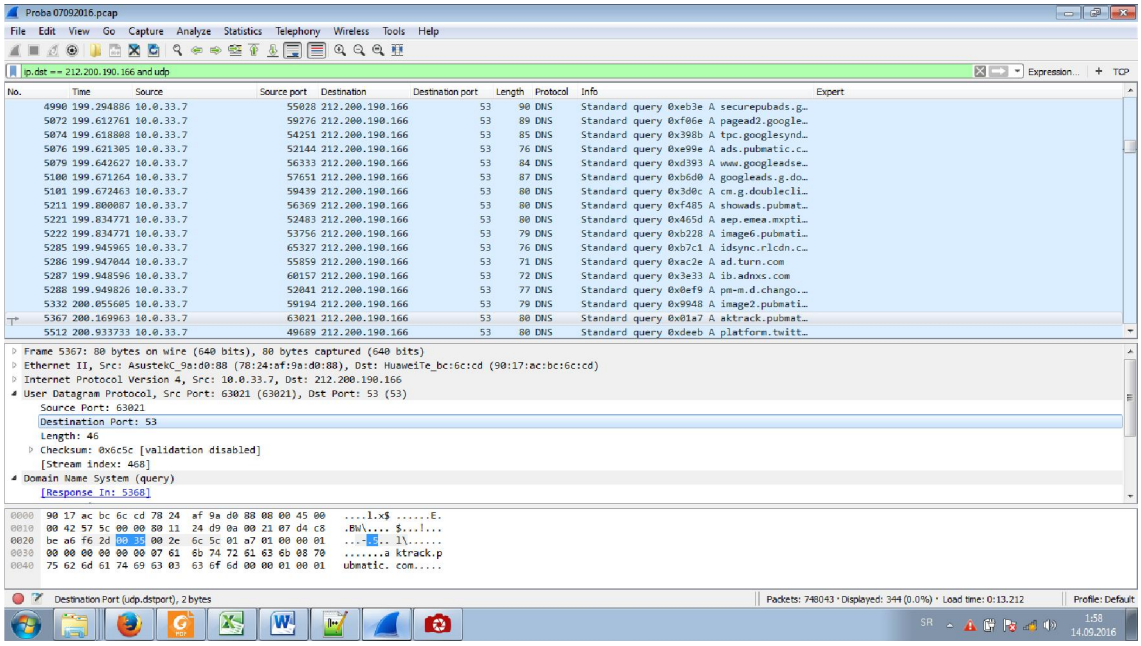


Slika 7.4.4.Poređenje UDP i TCP paketa u jedinici vremena

Na slici 7.4.4. je prikazan grafik na kojem možemo da vidimo da imamo znatno više TCP paketa (plava linija) u jedinici vremena nego što je to slučaj sa UDP paketima (crvena linija).

Ako želimo da vidimo UDP pakete koji se prenose preko porta 53, dovoljno je da u polju *display* filtra unesemo *udp.dstport == 53* i Wireshark će nam izlistati sve pakete koji se šalju DNS

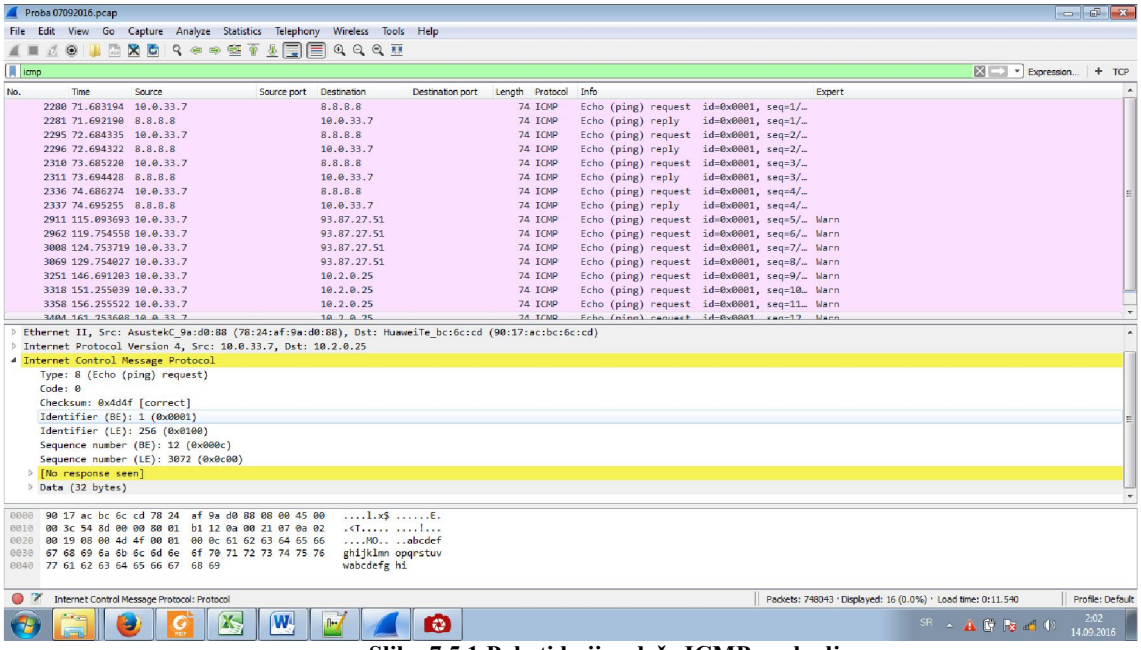
serveru. Iste te pakete možemo i da filtriramo na osnovu IP adrese DNS servera na sledeći način *ip.dst == 212.200.190.166 and udp*. Na slici 7.4.5. su prikazani paketi koji zadovoljavaju pomenuti filtar.



Slika 7.4.5. Pretraga UDP paketa koji imaju odredišnu adresu DNS servera

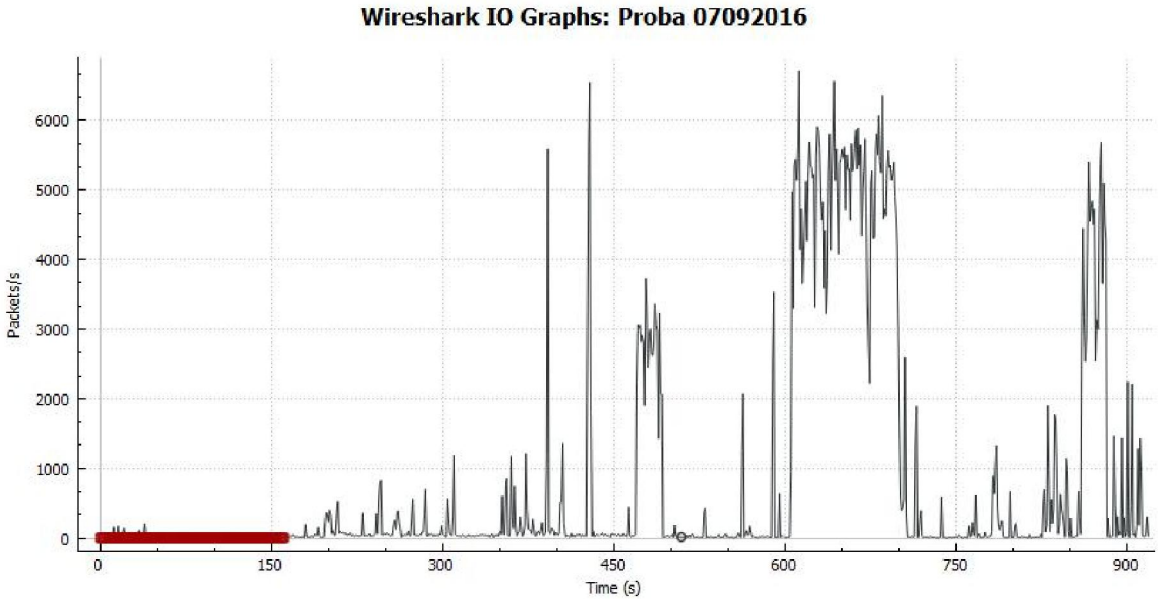
7.5. Analiza paketa ICMP protokola

Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže ICMP protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo *icmp* i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.5.1.



Slika 7.5.1.Paketi koji sadrže ICMP zaglavlje

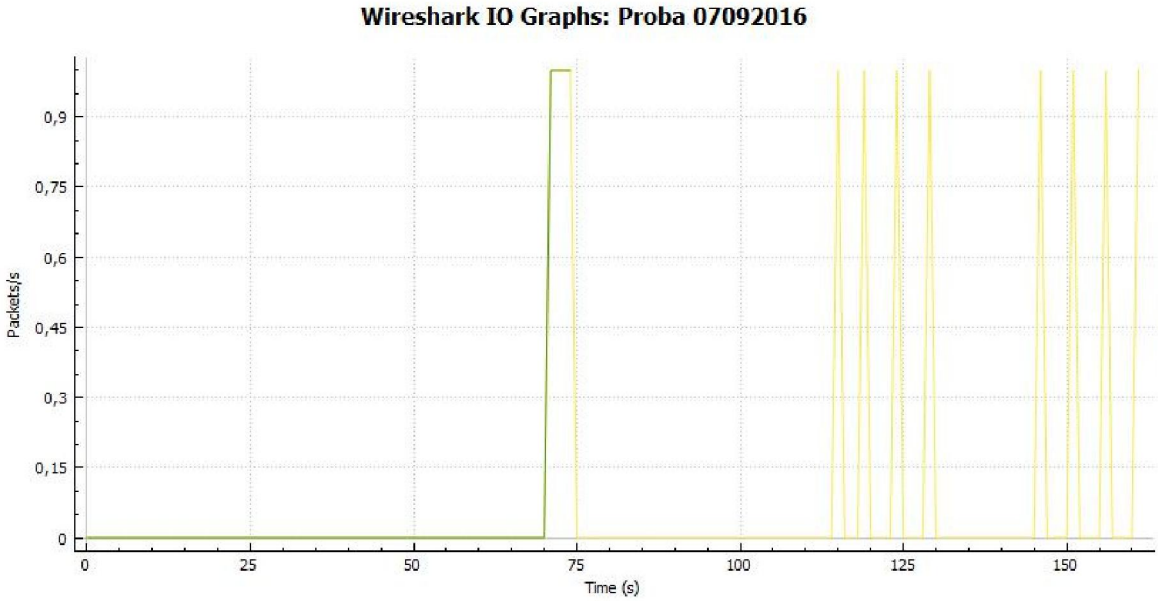
Na slici 7.5.2. prikazan je broj ICMP paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.



Slika 7.5.2.Broj paketa koji sadrže ICMP protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja)

Možemo primetiti da je broj ICMP paketa znatno manji u odnosu na sve pakete, a javljaju se na početku snimanja paketa.

Ako u polje *display* filtra unesemo *icmp.type == 8*, kao rezultat u glavnom prozoru videćemo samo ICMP pakete koji u sebi sadrže zahtev (*request*). Izraz *icmp.type == 0* kao rezultat prikazuje samo ICMP pakete koji u sebi sadrže odgovor (*reply*).



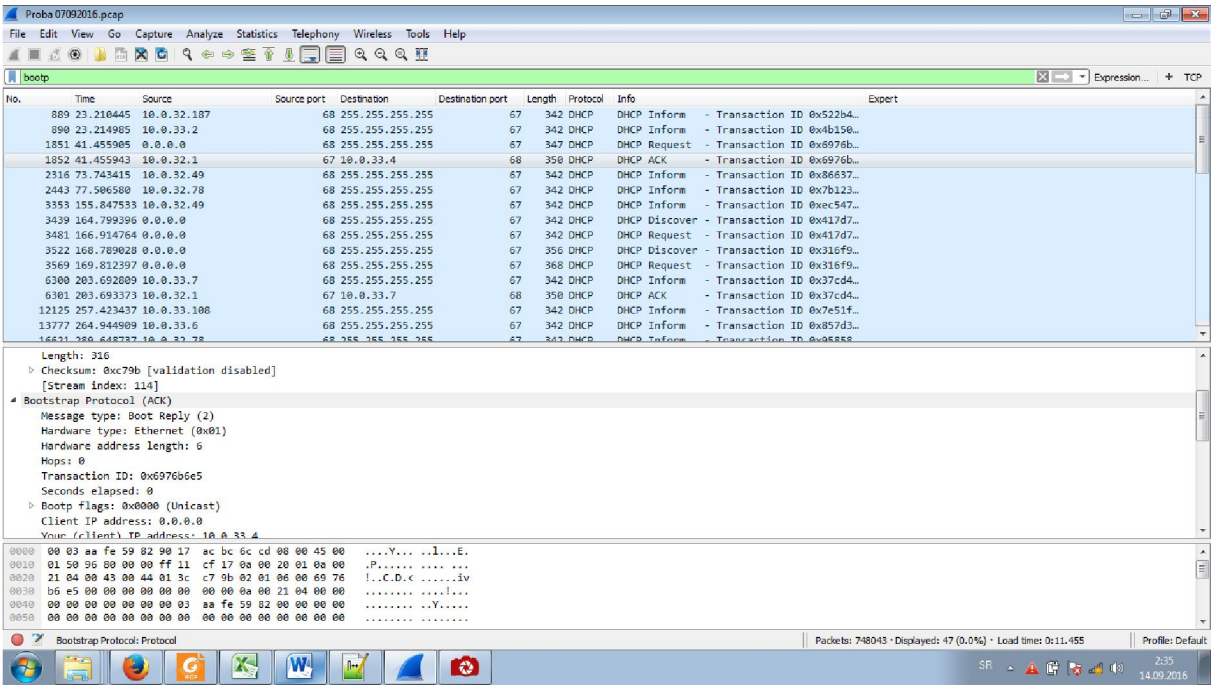
Slika 7.5.3.Broj paketa koji sadrže ICMP zahtev (žuta boja) i broj paketa koji sadrže ICMP odgovor (zelena boja) u jedinici vremena

Ako nas zanima da li je u toku snimanja bilo nedostupnih hostova, u polje display filtra unećemo*icmp.type == 3 && icmp.code == 3*.

ICMP pakete možemo filtrirati na osnovu različitih vrednosti polja *type* i *code* u ICMP paketu.

7.6. Analiza paketa DHCP protokola

Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže DHCP protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo *bootp* (ranija verzija protokola za dodeljivanje adresa koji odgovara današnjem DHCP protokolu) i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.6.1.



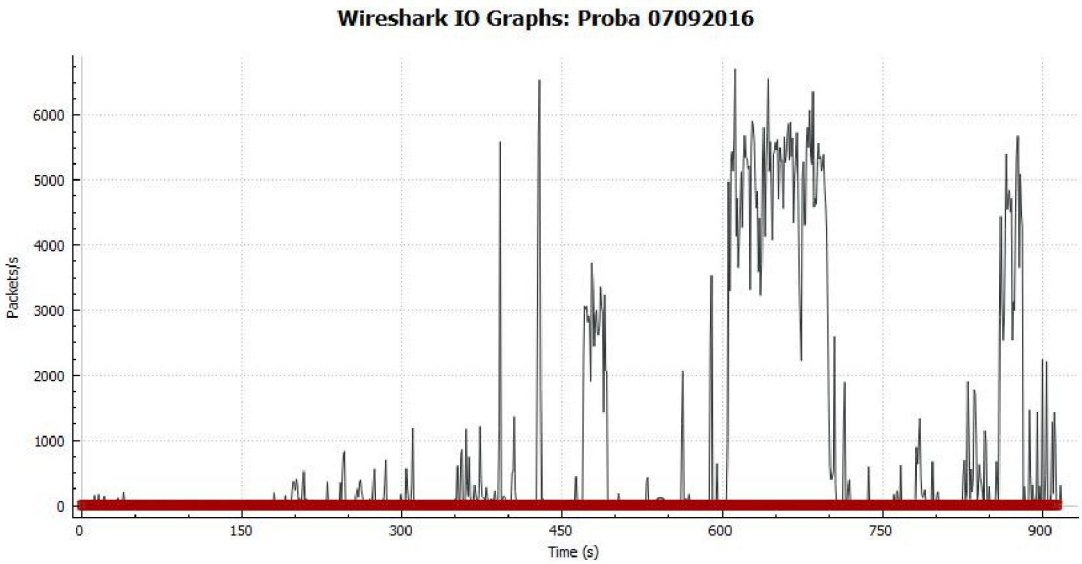
Slika 7.6.1.Paketi koji sadrže DHCP zaglavlje

Na slici 7.6.2. prikazan je broj DHCP paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.

Ako želimo da vidimo pakete koji sadrže DHCP protokol, razmenjeni između dve IP adrese (10.0.32.1. i 10.0.33.7), potrebno je da filtriramo pakete sledećim izrazom *(ip.addr == 10.0.32.1) && (ip.addr == 10.0.33.7) and bootp*.

Možemo napraviti *display* filtar na osnovu bilo kog polja DHCP zaglavlja, na osnovu MAC i IP adrese klijenta, tipa poruke, broja hopova, bilo kog sadržaja opcionog polja – dovoljno je da kliknemo desnim klikom na taj red DHCP zaglavlja prikazan u glavnom prozoru i izaberemo opciju *Apply as Filter*. Možemo i da kombinujemo izraz za *display* filtar, na osnovu vrednosti više polja DHCP paketa, tada koristimo opciju *Prepare a Filter*, tako da imamo mogućnost da proširimo izraz a da se filtriranje ne pokrene automatski kao kod opcije *Apply as Filter*.

Ako unesemo izraz *bootp.option.domain_name_server == 212.200.190.166* u polje za *display* filtar, Wireshark će nam prikazati samo pakete kod kojih je upisana odgovarajuća IP adresa DNS servera.

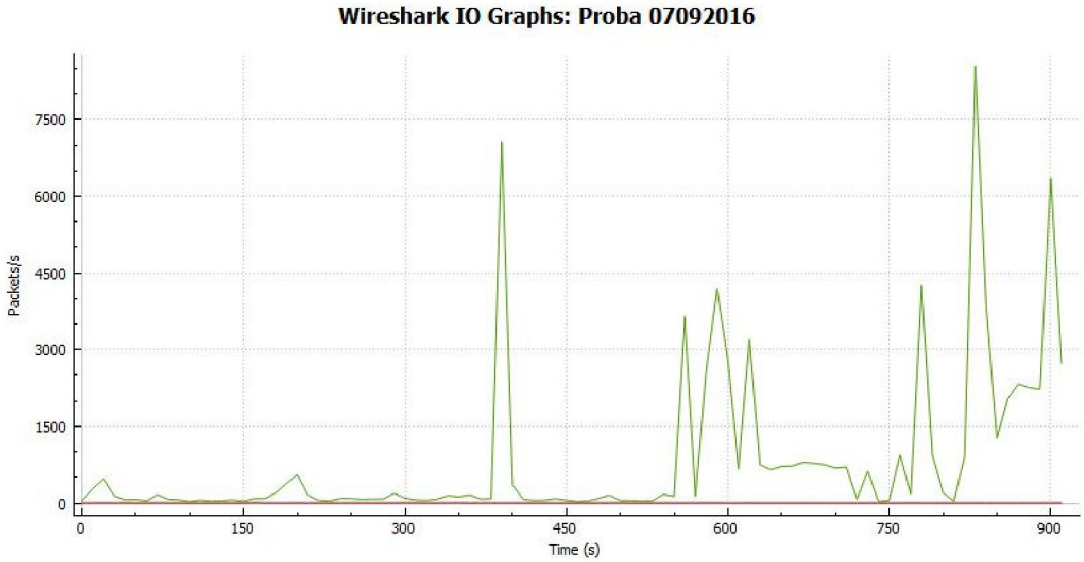


Slika 7.6.2.Broj paketa koji sadrže DHCP protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja)

Izraz *bootp.id == 0x037cd47a* će nam pokazati pakete koji imaju odgovarajući *transaction* ID i na taj način možemo pratiti kako teče komunikacija.

Možemo i da filtriramo sve DHCP *discover* pakete sledećim izrazom *bootp.option.dhcp == 1*. Dobijanje IP adrese odvija se kroz DORA proces (razmenu *Discover*, *Offer*, *Request* i *ACK*paketa).

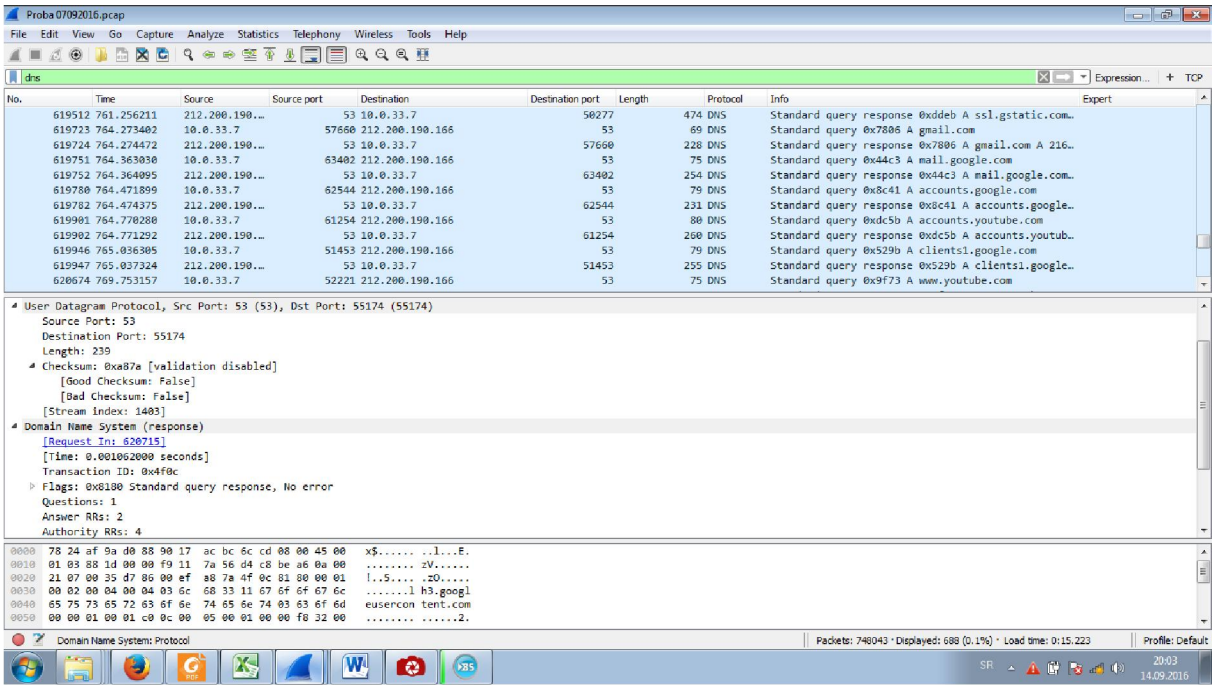
Moglo bi da bude zanimljivo da prikažemo koliko se paketa koji imaju DHCP zaglavlje prenosi UDP protokolom. Na slici 7.6.3. je prikazan grafik koji pokazuje broj paketa u jedinici vremena koji sadrže UDP zaglavlje (crvene tačke) i broj paketa u jedinici vremena koji sadrže DHCP zaglavlje (plave tačke). Možemo da primetimo da se većina DHCP paketa prenosi preko UDP protokola.



Slika 7.6.3.Broj paketa koji sadrže DHCP protokol (crvena linija) u odnosu na pakete koji sadrže UDP protokol (zelena linija)

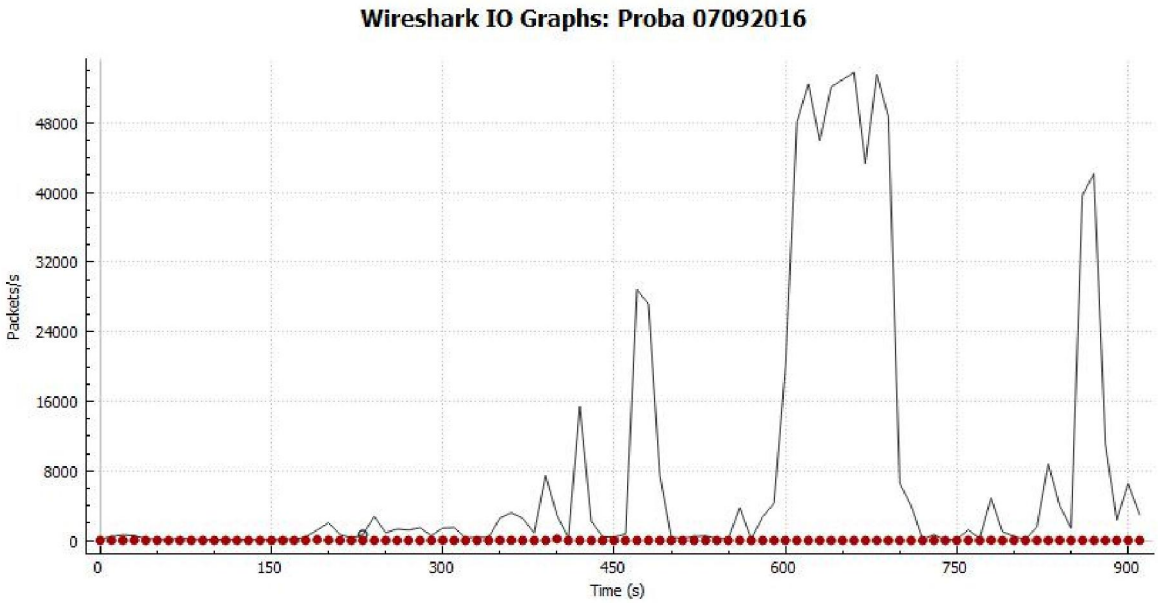
7.7. Analiza paketa DNS protokola

Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže DNS protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo*dns* i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.7.1.



Slika 7.7.1.Paketi koji sadrže DNS zaglavlje

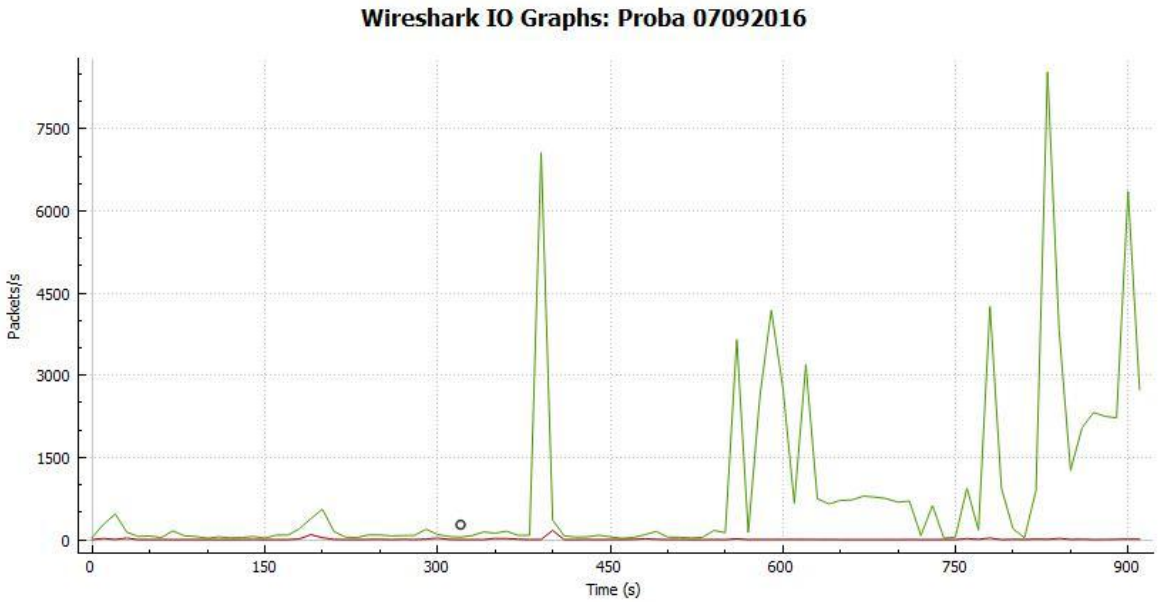
Na slici 7.7.2. prikazan je broj DNS paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.



Slika 7.7.2.Broj paketa koji sadrže DNS protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja)

Možemo napraviti *display* filtar na osnovu bilo kog polja DNS zaglavlja, kao što su *transaction* ID, različiti tipovi zastava (*flags*), na osnovu DNS upita i odgovora – dovoljno je da kliknemo desnim klikom na taj red DNS zaglavlja prikazan u glavnom prozoru i izaberemo opciju *Apply as Filter*.

Moglo bi da bude zanimljivo da prikažemo koliko se paketa koji imaju DNS zaglavlje prenosi UDP protokolom. Na slici 7.7.3. je prikazan grafik koji pokazuje broj paketa u jedinici vremena koji sadrže UDP zaglavlje (zelena linija) i broj paketa u jedinici vremena koji sadrže DNS zaglavlje (crvena linija).



Slika 7.7.3.Broj paketa koji sadrže DNS protokol (crvena linija) u odnosu na pakete koji sadrže UDP protokol (zelena linija)

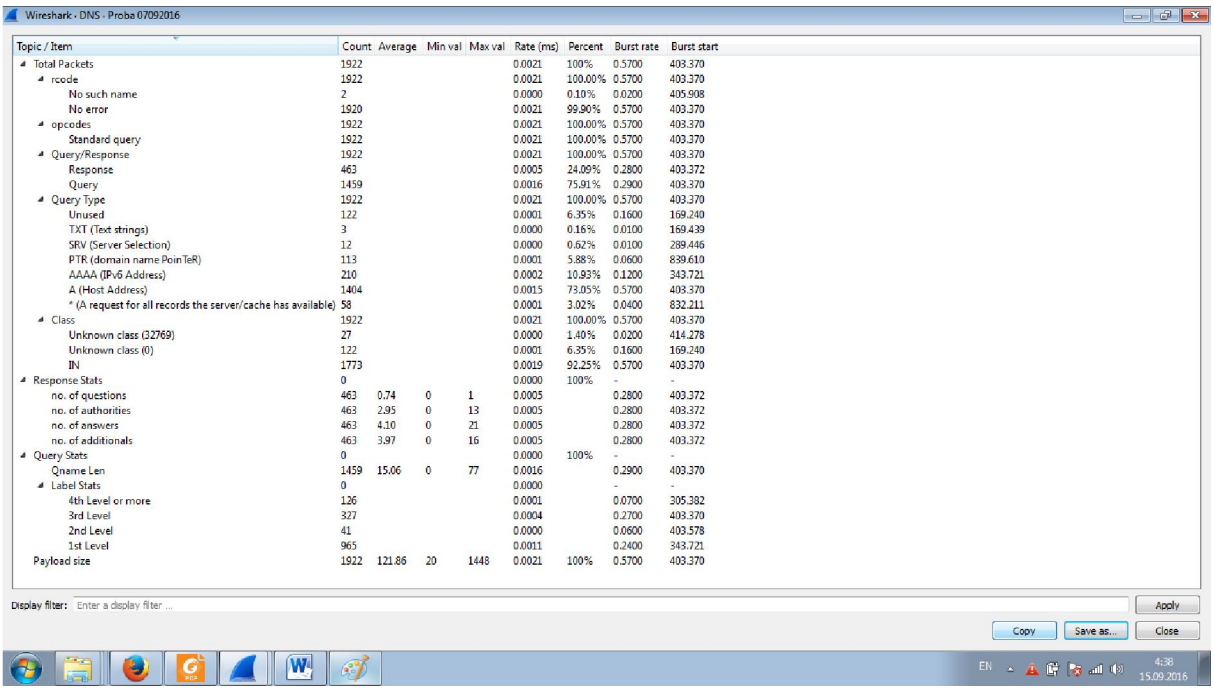
Ako u polje *display* filtra unesemo izraz *dns.flags.response == 0*, kao rezultat dobićemo listu paketa koji predstavljaju standardan DNS upit (*query*).

Izrazom *(ip.addr == 10.0.33.7) && (ip.addr == 212.200.190.166) and dns*filtiramo sve pakete koji su razmenjeni između nas i DNS servera.

Ako u polje *display* filtra unesemo izraz *dns.id == 0x8c41*, Wireshark će prikazati sve DNS pakete koji imaju pomenuti *transaction*ID. Na taj način možemo da pratimo kako teče komunikacija.

Ako kliknemo na opciju Statistics->DNS u meniju dobićemo prozor prikazan na slici 7.7.4.

Na osnovu vrednosti za broj paketa, možemo da zaključimo da je pet puta veći broj paketa za DNS upit u odnosu na DNS odgovor.

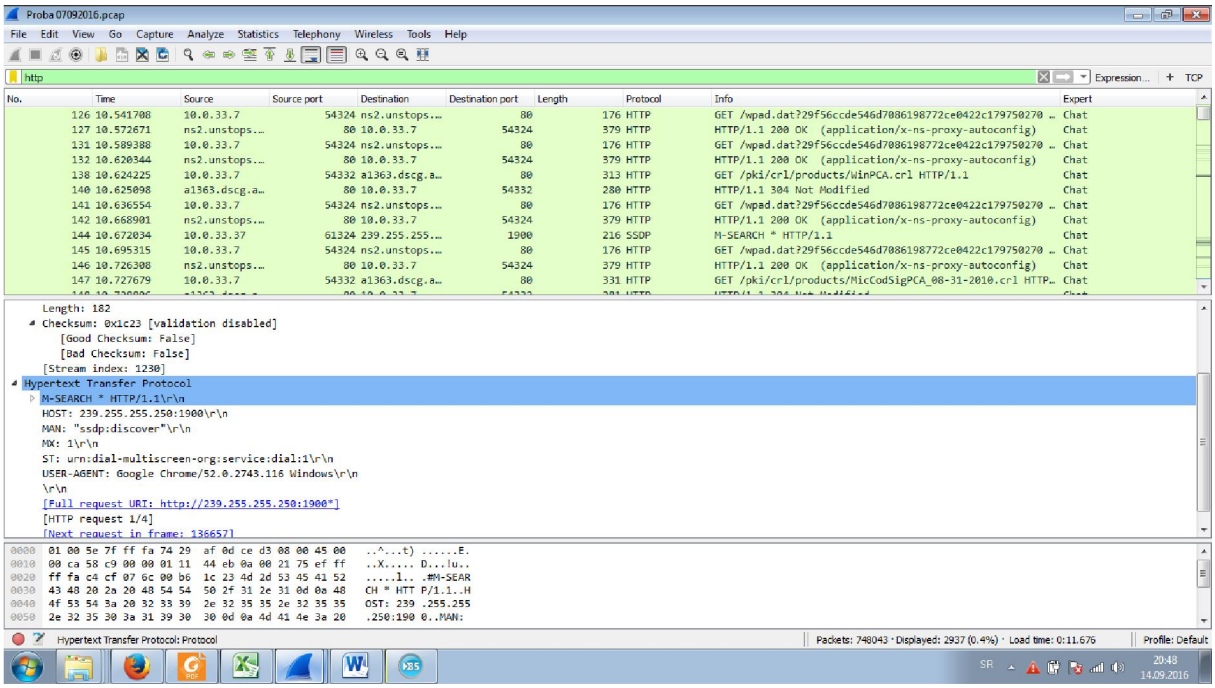


Slika 7.7.4. Ukupan broj DNS paketa, kao i broj DNS paketa sa različitim kodovima

7.8. Analiza paketa HTTP protokola

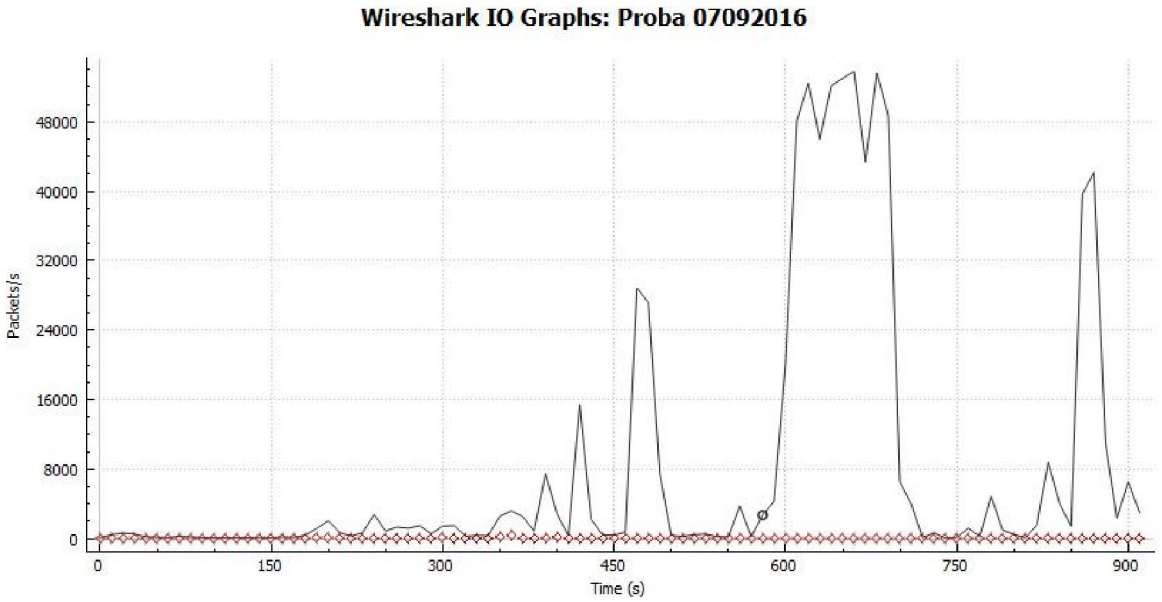
Ako želimo da vidimo samo pakete koji sadrže HTTP protokol, dovoljno je da u polje *display* filtra unesemo*http* i dobićemo ispis na glavnom prozoru kao na slici 7.8.1.

Možemo napraviti *display* filtar na osnovu bilo kog polja HTTP zaglavlja, dovoljno je da kliknemo desnim klikom na taj red HTTP zaglavlja prikazan u glavnom prozoru i izaberemo opciju *Apply as Filter*. Možemo i da kombinujemo izraz za *display* filtar, na osnovu vrednosti više polja HTTP paketa, tada koristimo opciju *Prepare a Filter*, tako da imamo mogućnost da proširimo izraz a da se filtriranje ne pokrene automatski kao kod opcije *Apply as Filter*.



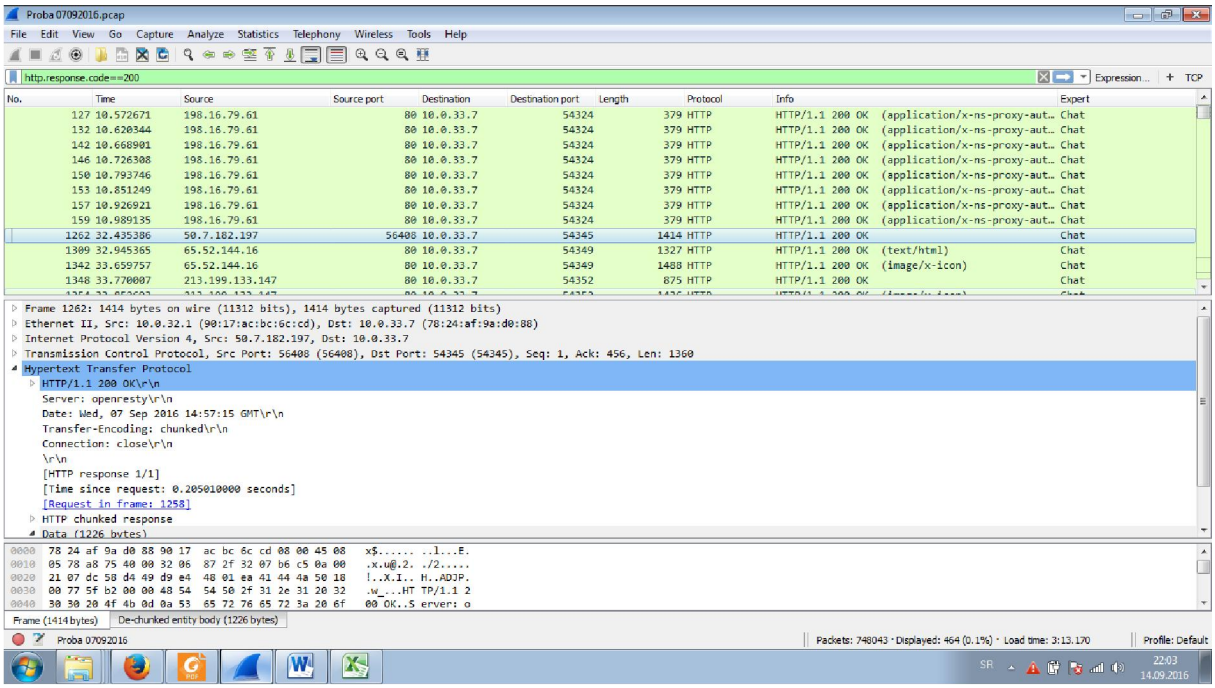
Slika 7.8.1.Paketi koji sadrže HTTP zaglavlje

Na slici 7.8.2. prikazan je broj HTTP paketa u jedinici vremena (crvenom bojom) u odnosu na ukupan broj paketa (crnom bojom) u snimljenom fajlu.



Slika 7.8.2.Broj paketa koji sadrže HTTP protokol (crvena boja) u odnosu na ukupan broj paketa (crna boja)

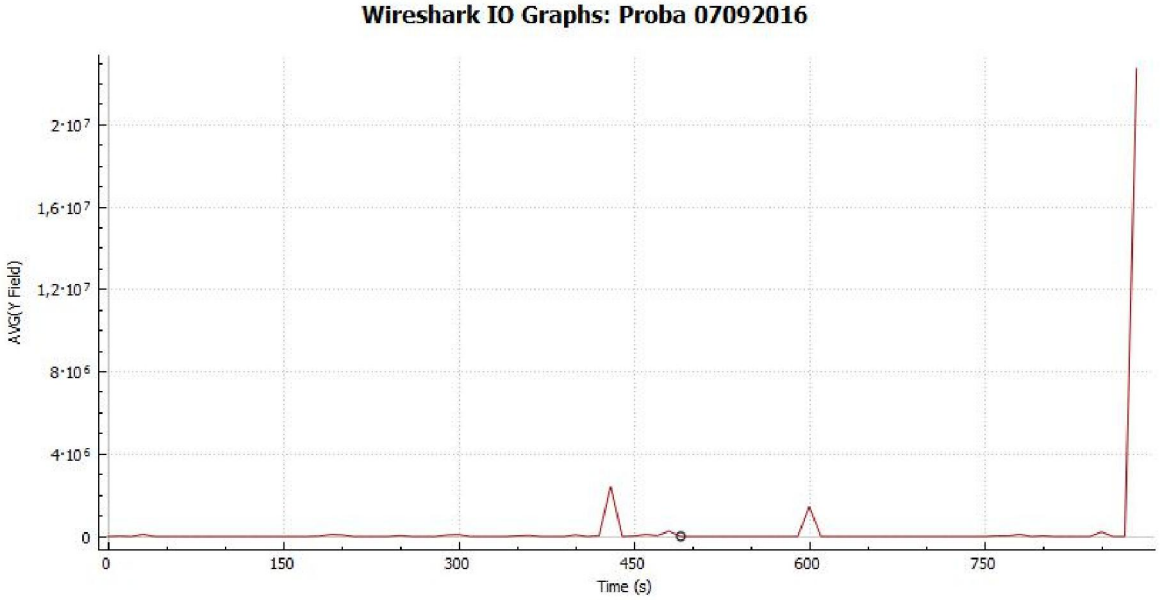
Pakete koji sadrže HTTP zaglavlje možemo filtrirati u glavnom prozoruna osnovu izraza *http.response.code==404*, a kao rezultat Wireshark će prikazati pakete koji nam govore da tražena stranica na Internetu nije pronađena. Za razliku od tog filtra, možemo da unesemo izraz *http.response.code==200* i Wireshark će nam izlistati sve pakete koji u sebi sadrže ok kao odgovor na HTTP zahtev (slika 7.8.3.).



Slika 7.8.3.Paketi koji sadrže HTTP zaglavlja sa odgovorom 200 - OK

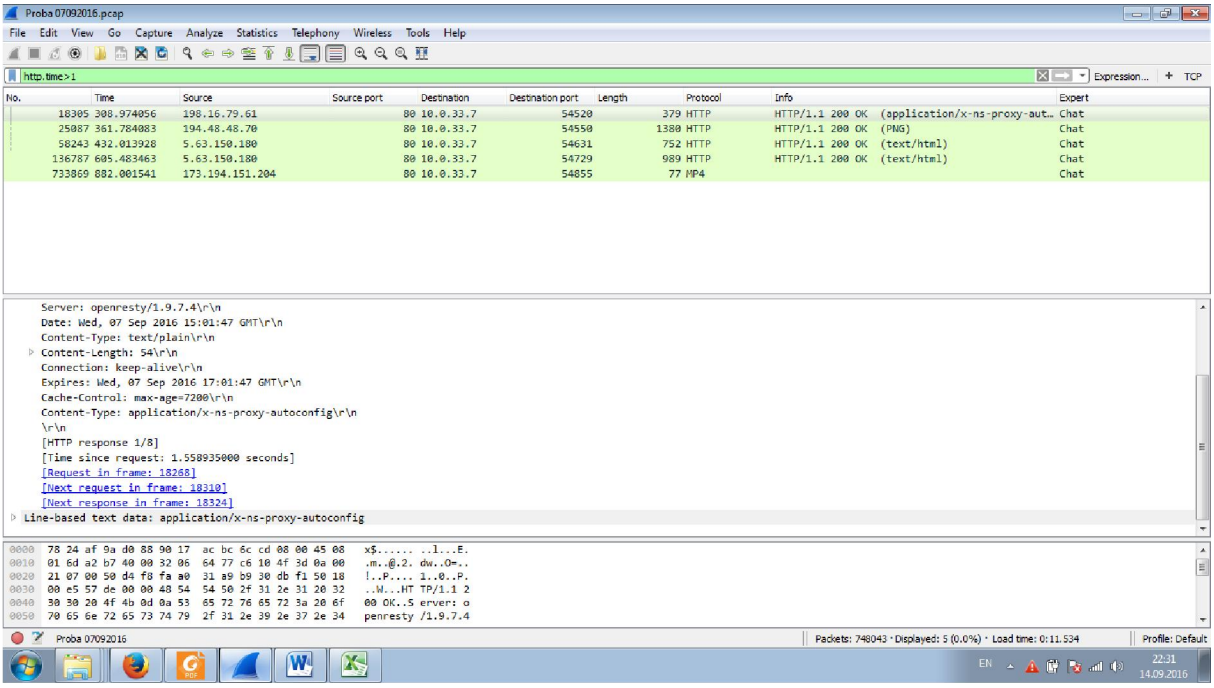
Ako u polje *display* filtra unesemo sledeći izraz *http.request.method=="GET"*, kao rezultat dobićemo pakete koji u sebi sadrže metodu GET. Ako želimo da vidimo pakete koji sadrže metodu POST, možemo koristiti izraz *http.request.method=="POST"*za filtriranje.

Izuzetno koristan filtar u Wireshark aplikaciji je *http.time* koji nam pokazuje vreme odziva HTTP protokola.Ako u I/O Graph polju za filtriranje unesemo *http.time* i funkcija AVG(*), dobićemo grafik koji prikazuje prosečno vreme odziva HTTP protokola (slika 7.8.4.).



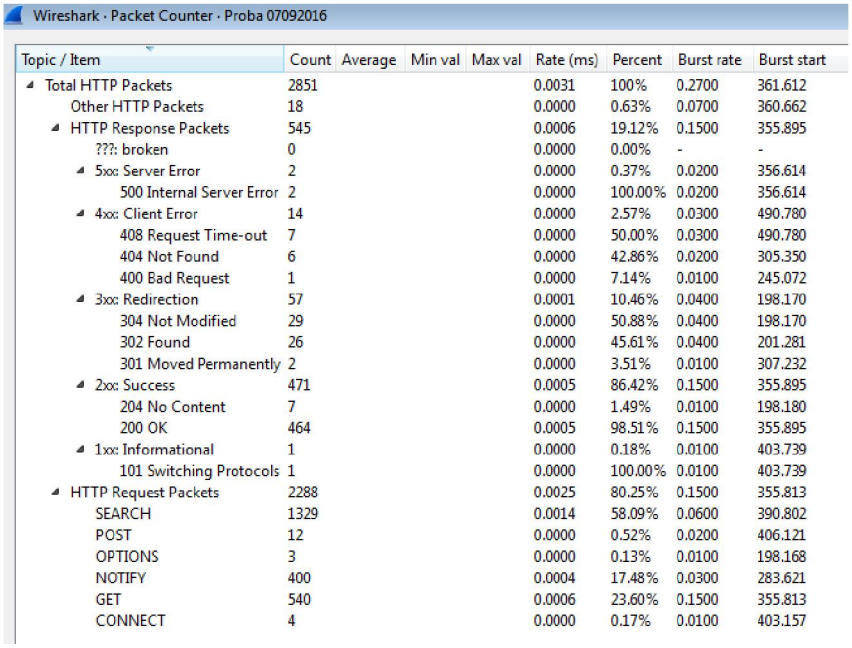
Slika 7.8.4.Srednje vreme odziva HTTP protokola

Ako u polju za *display* filtar unesemo izraz *http.time>1*, prikazaće nam se paketi kod kojih je vreme odziva veće od jedne sekunde (što bi moglo da predstavlja problem), slika 7.8.5.



Slika 7.8.5.HTTP paketi koji imaju vreme odziva veće od jedne sekunde

Ako želimo, možemo desnim klikom na polje [Time since request] da izaberemo opciju *Apply as Column* kako bi se vreme odziva HTTP protokola (*http.time*) prikazalo kao posebna kolona u glavnom prozoru.

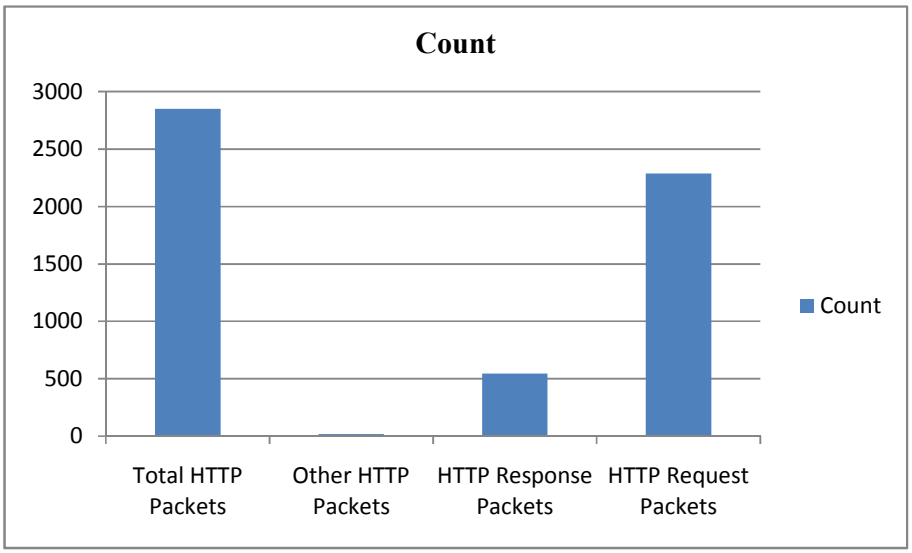


Topic / Item	Count	Average	Min val	Max val	Rate (ms)	Percent	Burst rate	Burst start
Total HTTP Packets	2851				0.0031	100%	0.2700	361.612
Other HTTP Packets	18				0.0000	0.63%	0.0700	360.662
HTTP Response Packets	545				0.0006	19.12%	0.1500	355.895
???: broken	0				0.0000	0.00%	-	-
5xx: Server Error	2				0.0000	0.37%	0.0200	356.614
500 Internal Server Error	2				0.0000	100.00%	0.0200	356.614
4xx: Client Error	14				0.0000	2.57%	0.0300	490.780
408 Request Time-out	7				0.0000	50.00%	0.0300	490.780
404 Not Found	6				0.0000	42.86%	0.0200	305.350
400 Bad Request	1				0.0000	7.14%	0.0100	245.072
3xx: Redirection	57				0.0001	10.46%	0.0400	198.170
304 Not Modified	29				0.0000	50.88%	0.0400	198.170
302 Found	26				0.0000	45.61%	0.0400	201.281
301 Moved Permanently	2				0.0000	3.51%	0.0100	307.232
2xx: Success	471				0.0005	86.42%	0.1500	355.895
204 No Content	7				0.0000	1.49%	0.0100	198.180
200 OK	464				0.0005	98.51%	0.1500	355.895
1xx: Informational	1				0.0000	0.18%	0.0100	403.739
101 Switching Protocols	1				0.0000	100.00%	0.0100	403.739
HTTP Request Packets	2288				0.0025	80.25%	0.1500	355.813
SEARCH	1329				0.0014	58.09%	0.0600	390.802
POST	12				0.0000	0.52%	0.0200	406.121
OPTIONS	3				0.0000	0.13%	0.0100	198.168
NOTIFY	400				0.0004	17.48%	0.0300	283.621
GET	540				0.0006	23.60%	0.1500	355.813
CONNECT	4				0.0000	0.17%	0.0100	403.157

Slika 7.8.6.Ukupan broj HTTP paketa, kao i broj HTTP paketa sa različitim kodovima

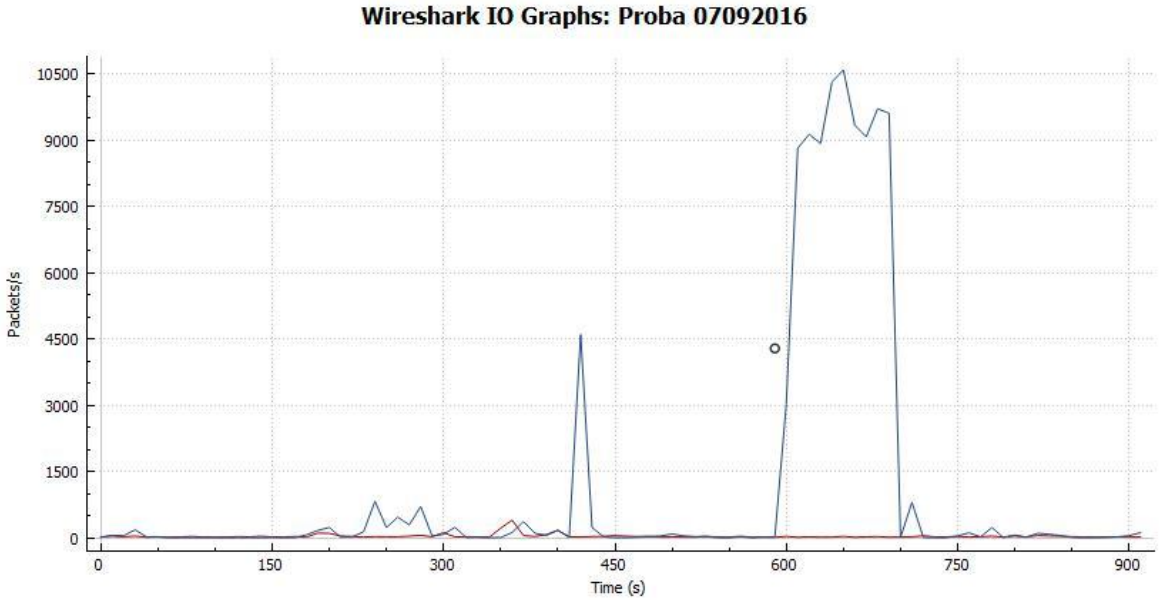
Ako kliknemo na opciju Statistics->HTTP->Packet Counter u meniju, otvoriće se prozor prikazan na slici 7.8.6.

Rezultat koji nam Wireshark prikazuje možemo da sačuvamo kao *.csv fajl klikom na Save As... dugme. Ako otvorimo *.csv fajl u programu Excel, možemo da prikažemo broj HTTP paketa grafički (slika 7.8.7.).



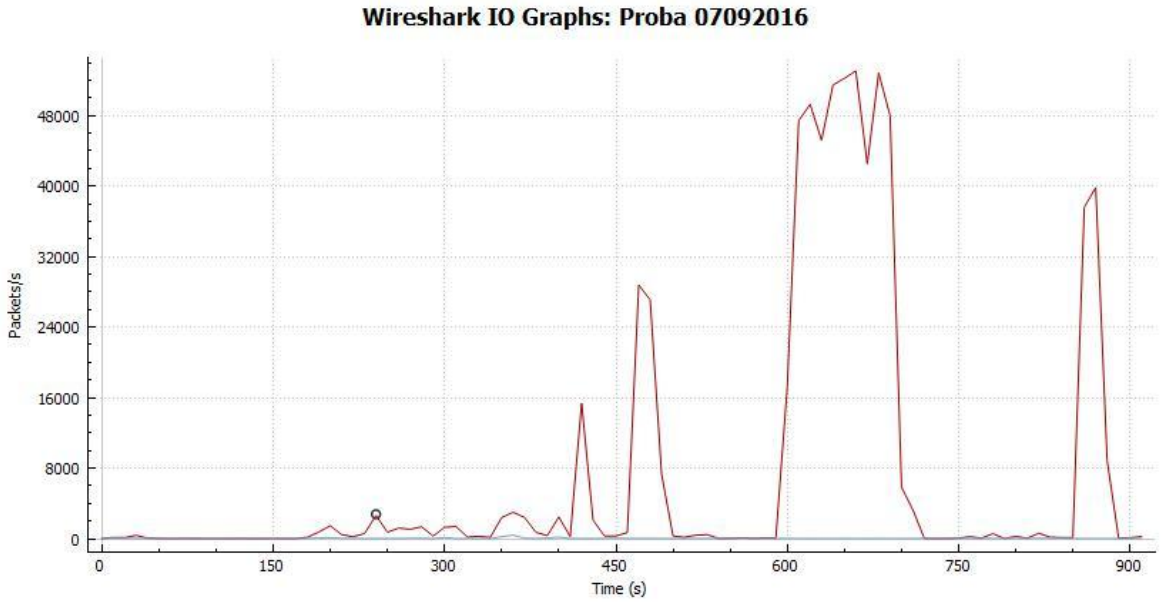
Slika 7.8.7.Pregled broja HTTP paketa

Zanimljivo je poređenje broja paketa koji sadrže HTTP zaglavlje u odnosu na broj paketa koji sadrže HTTPS (*HTTP Secure, SSL*) zaglavlje u jedinici vremena. U snimljenom fajlu se primećuje da imamo znatno više paketa koji se prenose na siguran način kroz mrežu, uz odgovarajuće šifrovanje poverljivih informacija (slika 7.8.8.).



Slika 7.8.8.Poređenje broja HTTP paketa (crvena linija) i SSL paketa (plava linija) u jedinici vremena

Na slici 7.8.9 prikazan je broj paketa koji sadrže HTTP zaglavlje u odnosu na broj paketa koji sadrže TCP zaglavlje u jedinici vremena.



Slika 7.8.8. Poređenje broja HTTP paketa (plava linija) i TCP paketa (crvena linija) u jedinici vremena

8. ZAKLJUČAK

Analiziranje paketa pomaže u razumevanju mrežnih karakteristika, proveri ko je sve na mreži, utvrđivanje ko ili šta koristi dostupni protok, identifikovanju pikova kada se mreža najviše koristi, identifikovanju mogućih napada ili zlonamernih aktivnosti i pronalaženju nesigurnih aplikacija.

Wireshark je jedan od najboljih besplatnih programskih alata za analizu mrežnog saobraćaja. Podržava sve važnije mrežne protokole i ima mogućnost nadogradnje za nove protokole.Kako je Wireshark open source model, podrška za nove protokole se dodaje prilikom svake naprednije i novije verzije aplikacije. Snimljeni saobraćaj može se naknadno analizirati, iz sačuvanog .pcap fajla.Wireshark ima grafički korisnički interfejs sa veoma jasnim menijem i opcijama koje nudi. Pored toga, pruža i nekoliko funkcija koje poboljšavaju korišćenje same aplikacije, kao što su razdvajanje protokola na osnovu boja i detaljnu grafičku prezentaciju prikupljenih paketa. Wireshark podržava većinu modernih operativnih sistema, uključujući Windows, Mac OS X i Linux platforme.

Wireshark nudi mogućnost filtriranja tokom samog snimanja paketa (*capture* filtri), kao i nakon što se samo snimanje završi (*display* filtri). Filtriranjem možemo suziti mrežni saobraćaj samo na one pakete koji nas interesuju i time olakšati samu analizu. Možemo filtrirati na osnovu različitih kriterijuma, kao što su MAC i IP adresa, port koji koriste protokoli za slanje i primanje paketa, sadržaj samih paketa, tip paketa, veličina paketa, protokoli čije se zaglavlje može naći u paketu.

Najlakši način da se vrši analiza snimljenog saobraćaja jeste korišćenjem grafičkih rešenja koje nudi Wireshark ili eksportovanjem različitih rezultata u format pogodan za dalju analizu.

Snimani su paketi na personalnom računaru u poslovnom okruženju. Navedeni filtri, analize i skripte u ovom radu mogu da se implementiraju kako u jednostavnim, tako i u složenijim mrežama. Prilikom analiziranja paketa, bitno je naći sve sumnjive pakete i korisnike, utvrditi da li ima mrežnih zagušenja i zbog čega nastaju kako bismo ih uspešno otklonili.

Wireshark dolazi uz ugrađeni Lua programski jezik. Lua je moćan, jednostavan i prenosiv skriptni jezik koji se može koristiti za nadogradnju Wireshark funkcija. Ako neki protokol nije definisan u okviru samog Wireshark programa, postoji mogućnost da se definiše kroz Lua skriptu i implementira kako bi Wireshark mogao da ga ispravno interpretira.Razlikujemo Lua *Listener Taps* koji se koriste za statistiku i analizui Lua *Dissectors* koji se koriste za nove protokole. Primeri Lua programskog koda dati su kao prilog uz ovaj rad.

Pre samog snimanja paketa, potrebno je proveriti da li imamo dozvolu za to. U rukama zlonamernih korisnika Wireshark program se može koristiti i za narušavanje bezbednosti i sigurnosti same mreže. Kako snimamo na nivou paketa, dostupan nam je sadržaj svih paketa koji se razmene. Ako postoje neki podaci kao što su šifre i korisnička imena koja nisu enkriptovana, može doći do zloupotreba pomenutih podataka.

Wireshark se ne može koristiti preventivno, u smislu sprečavanja problema do kojih može doći u mreži, već samo za naknadnu analizu, da li u realnom vremenu ili kasnije. Tek nakon analiziranja možemo primetiti neke nepravilnosti i probleme do kojih može doći.

Iako ima mane, zbog svega navedenog Wireshark predstavlja najbolji izbor za snimanje i analizu mrežnog saobraćaja.

LITERATURA

[1] C. Sanders, *Practical Packet Analysis*, *2nd Edition*, No Starch Press, 2011.

[2] L. Chappell, *Wireshark Network Analysis,2nd Edition*, Protocol Analysis Institute Inc, dba Chappell University, 2012.

[3] M. Stojanović, V. Aćimović-Raspopović, *Savremene IP mreže: Arhitekture, Tehnologije i Protokoli,*Akademska Misao, 2012.

[4] R. Ierusalimschy, *Programming in Lua, 3rd Edition*, Lua.Org, 2013.

[5] *Introduction to Wireshark 2.0 w/ Gerald Combs and Laura Chappell*[Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=rLfYuO6pdVA

[6] *SharkFest'15 - Hadriel Kaplan Class 11*[Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=HTtVHxIh6ww

[7] *Wireshark oficijelna stranica*[Online]. Available: https://www.wireshark.org/

[8] *Wireshark Wiki* [Online]. Available: https://wiki.wireshark.org/

[9] *Wireshark Wiki Lua*[Online]. Available: https://wiki.wireshark.org/Lua

A. PRILOZI

Lua predstavlja jednostavan, ali moćan skriptni programski jezik. Lua programski jezik se koristi u različite svrhe: za pisanje igrica (kao što je npr. popularna *World of Warcraft* - WoW), za pisanje proširenja za programe, za pisanje testova, za pisanje konfiguracija i opisivanje podataka. Kreiran je na *Pontifical Catholic* univerzitetu, u Brazilu.

Lua je jednostavan programski jezik zbog čega je pogodan i za početnike. Pored toga, Lua je kompaktan programski jezik koji poseduje jako malu standardnu biblioteku, a pogodan je za upotrebu na namenskim uređajima. Programski jezik Lua poseduje mehanizme za širok skup funkcionalnosti i lako se spreže sa drugim programskim jezicima.

Lua programski jezik odlikuje dinamičko tipiziranje, automatsko upravljanje memorijom, funkcije koje se tretiraju kao tipovi, mehanizimi za konkurentno izvršavanje programa, kao i mehanizmi za objektno, funkcionalno i proceduralno programiranje. Promenljive mogu biti lokalne i globalne, koriste se iteratori, moduli (biblioteke), tabele i metatabele. Tabele su osnovna struktura podataka u Lui. Ostale strukture, kao i objekti/klase, se predstavljaju tabelama.

Članove Lua zajednice možete pronaći na sledećem linku www.lua-users.org, odgovarajuću mailing listu na linku http://www.lua.org/lua-l.html, a Lua priručnik na sledećoj veb adresi http://www.lua.org/manual/5.3/.

Lua (zvanični kompajler) i LuaJIT (*Just In Time*) su najpoznatiji kompajleri za Luu. Postoji nekoliko verzija programskog jezika Lua – 5.1, 5.2 i 5.3 su najčešće implementirane.Programi pisani za različite verzije Lue su nekada nekompatibilni. Interpreter prevodi kod u toku izvršavanja i direktno izvršava operacije definisane u izvornom programu nad ulaznim podacima. Prednosti interpretera su u tome što koristi mnogo manje memorije i omogućava bolju dijagnostiku grešaka i interaktivno ispitivanje.Mane interpretera su zahtevanje više vremena za izvršavanje ulaznog programa i svako novo izvršavanje ponavlja kompletno prevođenje.

Identifikatori u Lua programskom jeziku mogu počinjati malim slovom, velikim slovom ili znakom_, a mogu sadržati i cifre pored navedenih znakova. Ime bi trebalo da oslikava upotrebu promenljive.Treba izbegavati identifikatore koji počinju sa donjom crtom i jednim ili više velikih slova iza nje, zato što su oni rezervisani.

Sledeće reči su rezervisane i ne mogu da se koriste kao identifikatori: *and, end, if, or, until, break, false, in, repeat, while, do, goto, local, return, else, for, nil, then, elseif, function, not, true*. Lua programski jezik pravi razliku između malih i velikih slova.

Komentare možemo postaviti bilo gde sa (--) koji važe sve do kraja linije. Lua dozvoljava i komentare u bloku koji počinju sa --[[i važe sve do sledećeg]].

Globalne promenljive ne moramo da definišemo, jednostavno ih koristimo bez definisanja.Nije greška ako pristupamo promenljivoj koja nije definisana, samo ćemo dobiti da joj je vrednost *nil*.Pored globalnih promenljivih, Lua podržava i lokalne promenljive, koje se kreiraju uz ključnu reč *local*. Za razliku od globalnih promenljivih, lokalne promenljive važe samo u bloku u kojem su definisane.

Postoji osam osnovnih tipova u Lua programskom jeziku: *nil, boolean, number, string, userdata, function, thread* i *table*. Promenljive nemaju predefinisane tipove, bilo koja promenljiva može sadržati vrednosti bilo kog tipa.

Tabele čineosnovnu strukturu podataka u Lua programskom jeziku. Tabele možemo da posmatramo kao dinamički alociran objekat, a program koristi pokazivače na te objekte. Konstruktori su izrazi koji kreiraju tabele u Lui. Najjednostavniji konstruktor je {}, koji kreira praznu tabelu. Kontruktori mogu da inicijalizuju listu koja se unosi u tabelu. Tabele koristimo kako bi predstavili nizove, zapise i ostale strukture podataka na jednostavan, uniforman i efikasan način.

Funkcije predstavljaju prvoklasne promenljive – programi mogu da čuvaju funkcije u okviru promenljivih, da koriste funkciju kao argument neke druge funkcije ili da vrate funkciju kao rezultat. Lua može da poziva funkcije koje su napisane u Lua programskom jeziku, kao i funckije napisane u C programskom jeziku. Sve standardne biblioteke u Lui su napisane u C programskom jeziku.

Lua podržava standardne aritmetičke operatore, kao što su + (plus), - (minus), * (množenje), / (deljenje), ^(eksponent), % (procenat) i _ (negacija). Svi aritmetički operatori rade sa realnim brojevima. Lua podržava sledeće relacione operatore: <, >, <=, >=, == i ~=. Svi relacioni operatori kao rezultat daju *boolean* vrednost (*true* ili *false*). Ako vrednosti imaju različite tipove, Lua smatra da nisu jednaki. U suprotnom, Lua ih poredi po tipovima. Lua podržava i logičke operatore *and*, *or* i *not*. Svi logički operatori posmatraju tipove *boolean* i *nil* kao *false*, a sve ostalo kao *true*. Operator *and* kao vrednost vraća prvi argument ako je on *false*, u suprotnom vraća drugi argument. Operator *or* vraća prvi argument ako nije *false*, u suprotnom vraća drugi argument. Operator *not* uvek vraća *boolean* vrednost.

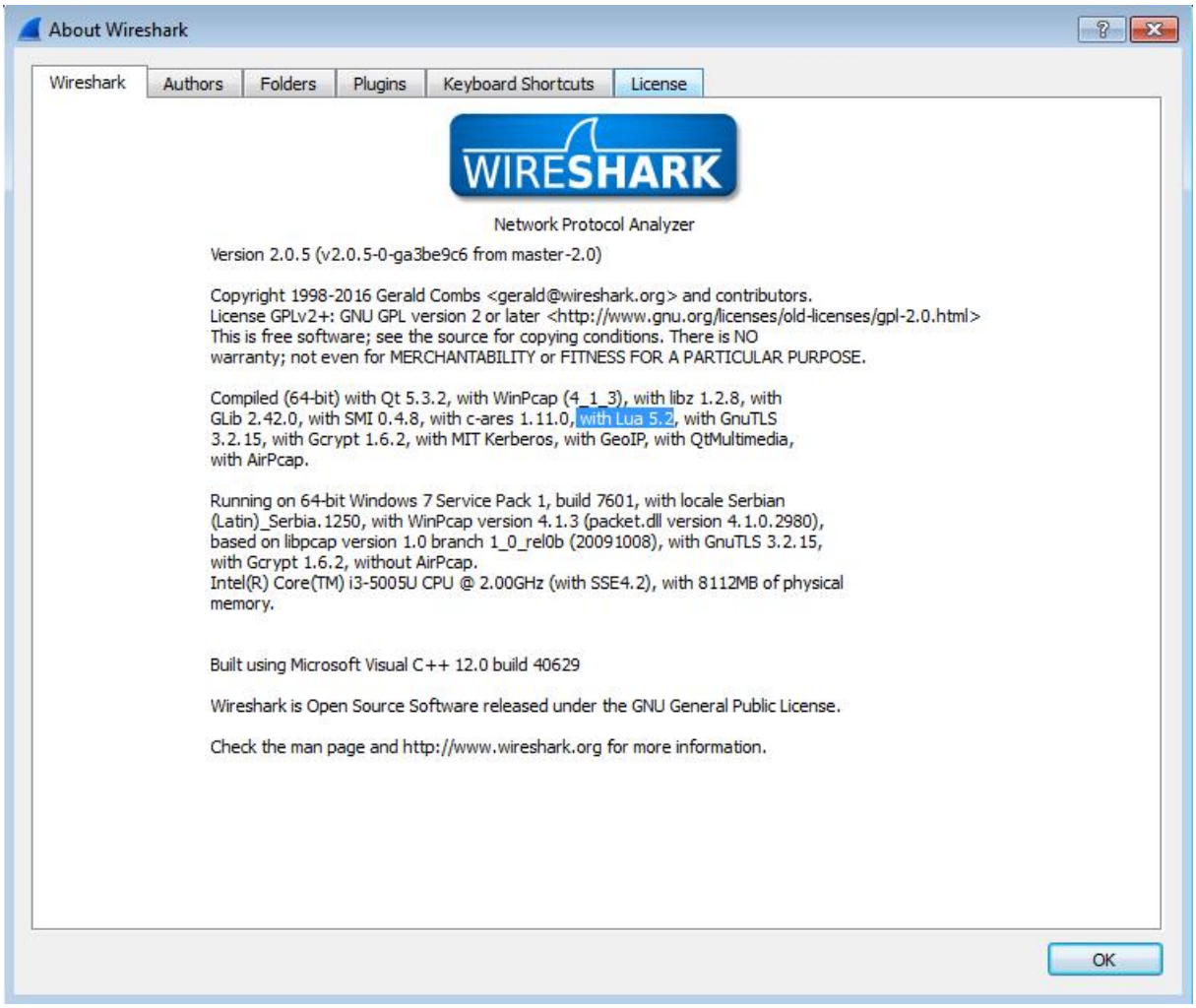
Lua podržava konvencionalni set izraza, sličnih onim u programskom jeziku C. Konvencionalni izrazi uključuju dodelu vrednosti, kontrolne strukture i proceduralne pozive. Dodela vrednosti predstavlja osnovni vid promene vrenosti promenljive ili polja tabele. Kontrolne strukture mogu biti tipa *if* za uslovno izvršavanje i *while*, *repeat* i *for* za *for* iteracije. Sve kontrolne strukture imaju eksplicitni terminator – *end* označava kraj *if*, *for* i *while* struktura, dok *until* označava kraj *repeat* struktura.

Lua programski jezik je ugrađen u samu Wireshark aplikaciju. Fajl init.lua u folderima*global configuration* i *personal configuration* se pokreće prilikom svakog otvaranja Wireshark programskog alata. Tom prilikom pokreću se i sve lua skripte sa *.lua ekstenzijom. Skriptu možemo pokrenuti iz komandne linije sledećom naredbom *–X lua_script:xxx.lua* (gde xxx predstavlja ime *.lua fajla u kojem je sačuvana skripta koju želimo da pozovemo).

Ako kliknemo na opciju About u meniju pojaviće nam se prozor kao na slici A.1.1. sa osnovnim informacijama o Wireshark programskom alatu.

Lua programski jezik se koristi u okviru Wireshark programa kao *dissector* – koristi se za dekodiranje paketa podataka, *post-dissector* – poziva se nakon što se pozovu svi ostali *dissector*-i, *listener* – koristi se za prikupljanje informacija nakon što je paket seciran.*Listener* u okviru Lua skripte koristimo za prikupljanje statistike i analizu, dok se za definisanje novih protokola koristi *dissector*.

Po potrebi, u init.lua fajlu možemo da nađemo sledeći red *disable_lua = false* i da setujemo vrednost na *true,* ako ne želimo da Wireshark pokreće Lua skripte.



Slika A.1.1. Na kartici About Wireshark možemo da vidimo koja verzija Lua skripte je integrisana u sam Wireshark (u našem slučaju Lua 5.2)

A.1. Lua skripta za registrovanje portova 4889-4893 za HTTP protokol

Wireshark ima unapred definisane karakteristike svih protokola koje podržava. Na osnovu tih karakteristika Wireshark prepoznaje protokole i obeležava pakete prilikom snimanja mrežnog saobraćaja.

Ako prilikom analiziranja snimljenog saobraćaja naiđemo na pakete koji imaju *source* ili *destination* port koji Wireshark ne prepoznaje kao port koji koristi HTTP protokol, možemo da napišemo Lua programski kod kojim te portove registrujemo kao portove koje koristi HTTP protokol. Nakon pokretanja koda, Wireshark prepoznaje sve pakete koji sadrže definisane portove kao pakete HTTP protokola, što može znatno da nam olakša sam prikaz snimljenog saobraćaja, kao i analizu snimljenih paketa.

Potrebno je da definišemo lokalnu promenljivu *tcp_port_table* u vidu tabele u koju se upisuju svi portovi koje koristi TCP protokol. Nakon toga, definišemo lokalnu promenljivu *http_dissector* koja nam govori da HTTP protokol koristi port 80 iz tabele sa TCP portovima za

prenos paketa. Napravimo petlju koja za određene portove (4890, 4891, 4892 i 4893) izvršava dodavanje datih portova u lokalnu promenljivu*http_dissector*, čime definišemo da se radi o HTTP protokolu koji se prenosi preko definisanih portova.

Možemo da koristimo različite portove za različite protokolepo istom principu, u zavisnosti od potrebe.

```
do
 local tcp_port_table = DissectorTable.get("tcp.port")
 local http_dissector = tcp_port_table:get_dissector(80)
 for i,port in ipairs{4890,4891,4892,4893} do
          tcp_port_table:add(port,http_dissector)
 end
end
```

A.2. Lua skripta za brojanje paketa koji dolaze od/do IP adrese 10.0.33.7

```
do
   packets = 0;
   local function init_listener()
      local tap = Listener.new("frame","ip.addr == 10.0.33.7")
      function tap.reset()
         packets = 0;
      end
      function tap.packet(pinfo,tvb,ip)
         packets = packets + 1
      end
      function tap.draw()
         print("Packets to/from 10.0.33.7",packets)
      end
   end
   init_listener()
end
```

A.3. Lua skripta za definisanje protokola DNS na portu 65333

```
local dns = Proto("mydns","MyDNS Protocol")
local pf_trasaction_id = ProtoField.new   ("Transaction ID", "mydns.trans_id", ftypes.UINT16)
local pf_flags= ProtoField.new   ("Flags", "mydns.flags", ftypes.UINT16, nil, base.HEX)
local pf_num_questions= ProtoField.uint16("mydns.num_questions", "Number of Questions")
local pf_num_answers = ProtoField.uint16("mydns.num_answers", "Number of Answer RRs")
local pf_num_authority_rr= ProtoField.uint16("mydns.num_authority_rr", "Number of Authority RRs")
local pf_num_additional_rr = ProtoField.uint16("mydns.num_additional_rr", "Number of Additional RRs")

dns.fields = {
pf_trasaction_id;
pf_flags;
pf_num_questions;
pf_num_answers;
pf_num_authority_rr;
pf_num_additional_rr;
}

function dns.dissector(tvbuf, pktinfo, root)
pkinfo.cols.protocol:set("MyDNS")
local pktlen = tvbuf:reported_length_remaining()
local tree = root:add(dns, tvbuf:range(0,pktlen))
tree:add(pf_trasaction_id, tvbuf:range(0,2))

local transid = tvbuf:range(0,2):uint()
pktinfo.cols.info:set("("..transid..")")

tree:add(pf_flags, tvbuf:range(2,2))
```

```
tree:add(pf_num_questions, tvbuf:range(4,2))
tree:add(pf_num_answers, tvbuf:range(6,2))
tree:add(pf_num_authority_rr, tvbuf(8,2))
tree:add(pf_num_additional_rr, tvbuf:range(10,2):range()())

return pktlen
end

DissectorTable.get("udp.port"):add(65333, dns)
```

A.4. Lua skripta za statističku analizu protokola

```
do
   ip_addr_extractor = Field.new("ip.addr")
   tcp_src_port_extractor = Field.new("tcp.srcport")
   tcp_dst_port_extractor = Field.new("tcp.dstport")
   udp_port_extractor = Field.new("udp.port")
   icmp_type_extractor = Field.new("icmp.type")
   icmp_code_extractor = Field.new("icmp.code")

   local function init_listener()
      local tap = Listener.new("frame")

-- tcp port counts
      local ipv4_tcp_src_cache = {}
      local ipv4_tcp_dst_cache = {}
      local ipv4_tcp_src_count = 0
      local ipv4_tcp_dst_count = 0
      function stats_ipv4_tcp_port_counts()
         local tcp_src_port
         local tcp_dst_port
         tcp_src_port = tcp_src_port_extractor()
         tcp_dst_port = tcp_dst_port_extractor()
```

```
        if ( tcp_src_port ) then
            if (not ipv4_tcp_src_cache[ tostring( tcp_src_port ) ] == true ) then
                ipv4_tcp_src_cache[ tostring(  tcp_src_port ) ] = true
                ipv4_tcp_src_count = ipv4_tcp_src_count + 1
            else
                -- print("tcp_src_port already recorded")
            end
        else
            -- print("no tcp_src_port")
        end
        if ( tcp_dst_port ) then
            if (not ipv4_tcp_dst_cache[ tostring( tcp_dst_port ) ] == true ) then
                ipv4_tcp_dst_cache[ tostring(  tcp_dst_port ) ] = true
                ipv4_tcp_dst_count = ipv4_tcp_dst_count + 1
                -- print("tcp_dst_port new: " .. tostring(tcp_dst_port) )
            else
                -- print("tcp_dst_port old: " .. tostring(tcp_dst_port) )
            end
        else
            -- print("tcp_dst_port none: " .. tostring(tcp_dst_port) )
        end

    end

-- udp port counts
    local ipv4_udp_src_cache = {}
    local ipv4_udp_dst_cache = {}
    local ipv4_udp_src_count = 0
    local ipv4_udp_dst_count = 0
    function stats_ipv4_udp_port_counts()
        local udp_src_port
        local udp_dst_port
        udp_src_port, udp_dst_port = udp_port_extractor()
        if ( udp_src_port ) then
```

```
            if (not ipv4_udp_src_cache[ tostring( udp_src_port ) ] == true ) then
               ipv4_udp_src_cache[ tostring(  udp_src_port ) ] = true
               ipv4_udp_src_count = ipv4_udp_src_count + 1
            else
               -- print("udp_src_port already recorded")
            end
         else
            -- print("no udp_src_port")
         end
         if ( udp_dst_port ) then
            if (not ipv4_udp_dst_cache[ tostring( udp_dst_port ) ] == true ) then
               ipv4_udp_dst_cache[ tostring(  udp_dst_port ) ] = true
               ipv4_udp_dst_count = ipv4_udp_dst_count + 1
               -- print("udp_dst_port new: " .. tostring(udp_dst_port) )
            else
               -- print("udp_dst_port old: " .. tostring(udp_dst_port) )
            end
         else
            -- print("udp_dst_port none: " .. tostring(udp_dst_port) )
         end
      end

   -- icmp type code counts
      local ipv4_icmp_type_cache = {}
      local ipv4_icmp_type_count = 0
      function stats_icmp_type_counts(pinfo,tvb)
         local icmp_type
         local icmp_code
         icmp_type = icmp_type_extractor()
         icmp_code = icmp_code_extractor()
         if( icmp_type and icmp_code ) then
            if(not ipv4_icmp_type_cache[ tostring( icmp_type ) .. '-' .. tostring( icmp_code ) ]
== true ) then
```

```
                ipv4_icmp_type_cache[ tostring( icmp_type ) .. '-' .. tostring( icmp_code ) ] =
true
                ipv4_icmp_type_count = ipv4_icmp_type_count + 1
              else
                -- print("icmp type and code already recorded")
              end
            else
              -- print("no icmp type and code")
            end
          end

        -- ipv4 counts
          local ipv4_src_cache = {}
          local ipv4_dst_cache = {}
          local ipv4_src_count = 0
          local ipv4_dst_count = 0
          function stats_ipv4_counts(pinfo,tvb)
            local ip_src
            local ip_dst
            ip_src, ip_dst = ip_addr_extractor()
            if ( ip_src ) then
              if (not ipv4_src_cache[ tostring(ip_src) ] == true ) then
                ipv4_src_cache[ tostring(ip_src) ] = true
                ipv4_src_count = ipv4_src_count + 1
              else
                -- print("src already recorded")
              end
              --- try counting tcp/udp and icmp once for every ipv4 pkt
              if    ( pinfo.ipproto == 1 ) then
                stats_icmp_type_counts(pinfo,tvb)
              elseif ( pinfo.ipproto == 6 ) then
                stats_ipv4_tcp_port_counts()
              elseif ( pinfo.ipproto == 17 ) then
                stats_ipv4_udp_port_counts()
```

```
            end
        else
            -- print("NO src")
        end
        if ( ip_dst ) then
            if (not ipv4_dst_cache[ tostring(ip_dst) ] == true ) then
                ipv4_dst_cache[ tostring(ip_dst) ] = true
                ipv4_dst_count = ipv4_dst_count + 1
            else
                -- print("dst already recorded")
            end
        else
            -- print("NO dst")
        end
    end

-- start/end times
    local start_time
    local end_time
    function stats_start_end_times(pinfo)
        if (not start_time) then
            start_time =  pinfo.abs_ts
            end_time  =  pinfo.abs_ts
        else
            if ( start_time > pinfo.abs_ts ) then start_time = pinfo.abs_ts end
            if ( end_time < pinfo.abs_ts  ) then end_time = pinfo.abs_ts end
        end
    end

    function tap.reset()
    end

    function tap.packet(pinfo,tvb,ip)
        stats_ipv4_counts(pinfo,tvb)
```

```
            stats_start_end_times(pinfo)
        end

        function tap.draw()
            print("=== extra stats
==================================================")
            print("start_time: " .. start_time )
            print("end_time: " .. end_time )
            print("ipv4_src_address_count: " .. ipv4_src_count )
            print("ipv4_dst_address_count: " .. ipv4_dst_count )
            print("ipv4_tcp_src_port_count: " .. ipv4_tcp_src_count )
            print("ipv4_tcp_dst_port_count: " .. ipv4_tcp_dst_count )
            print("ipv4_udp_src_port_count: " .. ipv4_udp_src_count )
            print("ipv4_udp_dst_port_count: " .. ipv4_udp_dst_count )
            print("ipv4_icmp_type_code_count: " .. ipv4_icmp_type_count )

print("==================================================
============")
        end
    end

    init_listener()
end
```