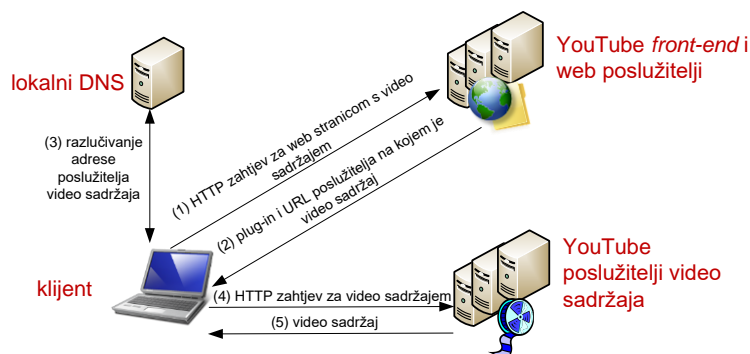


### 1. domaća zadaća: prijenos videa putem Interneta

Za izradu zadaće je potrebno instalirati analizator *Wireshark*. Budući da je potrebno analizirati promet koji se generira preko mreže, preporučljivo je prije izrade zadaće zatvoriti sve aplikacije/programe koji generiraju mrežni promet (Skype i ostali IM-klijenti, Dropbox, programi za elektroničku poštu, itd.). Da biste lakše analizirali pakete koji pripadaju određenom toku, možete koristiti opcije *Follow TCP stream* odnosno *Follow UDP stream*, koje se dobiju kada se određeni paket u alatu *Wireshark* odabere desnom tipkom miša.

- (1) Preuzmite datoteku sa snimljenim prometom nastalim prilikom pristupa usluzi YouTube i otvorite je u alatu Wireshark. Na sljedećoj slici je prikazan pojednostavljeni postupak pristupa video sadržaju putem usluge YouTube:



Odgovorite na sljedeća pitanja:

- (a) Pronađite *YouTube ID* video sadržaja koji je zatražen (*YouTube ID* je oznaka videa koja se sastoji od velikih i malih slova te znamenaka, a može se pročitati iz URI-a videa kao vrijednost parametra *v* koja slijedi nakon <http://www.youtube.com/watch?v=YcZ5w6e9t5s>)
- (b) Koja je IP-adresa *front-end* web poslužitelja na kojeg se korisnik inicijalno spojio? Priložite prikaz snimljenog prometa iz alata *Wireshark* gdje se vidi slanje inicijalnog zahtjeva.

**173.194.70.93**

- (c) Koja je IP-adresa poslužitelja na kojem se nalazi sam video sadržaj (faza gledanja prije promjene kvalitete)? Priložite prikaz snimljenog prometa (*screenshot*) gdje se vidi postupno preuzimanje sadržaja s navedenog poslužitelja.

**208.117.229.178**

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
930	12.775845	173.194.70.154	192.168.1.65	HTTP	512	HTTP/1.1 200 OK (JPEG JFIF image)
967	12.790126	192.168.1.65	173.194.70.101	HTTP	150	GET /s?vid=Qkxyx5G-Lzt0Y---pg8xMfS81iie3hVbC8asv=3&fmt=34&ns=yt&l=detailp
1005	12.841181	192.168.1.65	173.194.70.100	HTTP	891	GET /s?screenh=768&playerw=768&sdetail=fX3Ag-logoX2CpX3A2F&vq=auto&pd=1.96
1035	12.866048	173.194.70.101	192.168.1.65	HTTP	466	HTTP/1.1 204 No Content
1089	12.937617	173.194.70.100	192.168.1.65	HTTP	466	HTTP/1.1 204 No Content
2363	14.284896	192.168.1.65	208.117.229.178	HTTP	550	GET /videoplayback?itag=34&burst=40&expire=1336631128&key=yt1&ipbits=8&sour
4237	16.176669	208.117.229.178	192.168.1.65	HTTP	210	HTTP/1.1 200 OK (video/x-flv)
4239	16.202396	192.168.1.65	208.117.229.178	HTTP	550	GET /videoplayback?algorithm=throttle-factor&cp=U0hSS1ZOT19HUKNOM1905FNCOK1
6115	18.090794	208.117.229.178	192.168.1.65	HTTP	1234	HTTP/1.1 200 OK (video/x-flv)
6117	18.116900	192.168.1.65	208.117.229.178	HTTP	550	GET /videoplayback?algorithm=throttle-factor&cp=U0hSS1ZOT19HUKNOM1905FNCOK1
7967	19.994408	208.117.229.178	192.168.1.65	HTTP	210	HTTP/1.1 200 OK (video/x-flv)
7976	21.104474	192.168.1.65	208.117.229.172	HTTP	518	GET /videoplayback?upn=qM_sOI_ws&sparams=cp%2Cid%2Cip%2Cipbits%2Citag%2Cr
8626	22.054544	199.47.218.151	192.168.1.65	HTTP	233	HTTP/1.1 200 OK (text/plain)
8627	22.056039	192.168.1.65	199.47.218.151	HTTP	405	GET /subscribe?host_int=77210816&ns_map=108915554_5914278882146_54004291_85
9302	22.750870	192.168.1.65	173.194.70.100	HTTP	853	GET /s?screenh=768&playerw=768&nsivbblmax=1097339.000&playerh=468&nsiabblc=
9411	22.849691	173.194.70.100	192.168.1.65	HTTP	466	HTTP/1.1 204 No Content
11402	24.777731	192.168.1.65	173.194.70.157	HTTP	1010	GET /pagead/adview?ai=08gog6_2qT-Lhf80a_wa5ybGy8_bdk7AC3s-Kly7AjbcBkKEPEAEV
11406	24.778246	192.168.1.65	173.194.70.93	HTTP	332	GET /player_204?mt=10.0728&fat=Text&ad_event=3&at=2_1&sidx=0&cid=12114&event
11460	24.838667	173.194.70.157	192.168.1.65	HTTP	414	HTTP/1.1 200 OK
11516	24.906547	173.194.70.93	192.168.1.65	HTTP	299	HTTP/1.1 204 No Content
12161	25.563309	192.168.1.65	173.194.70.93	HTTP	230	GET /live_comments?action_get_comments=1&video_id=YcZ5w6e9t5s&lt=1336606156

```

> Ethernet II, Src: AskeyCom_Lc1c5e16 (4c:ed:de:1c:5e:16), Dst: PingComm_00:64:c6 (78:8c:54:00:64:c6)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.65, Dst: 208.117.229.178
> Transmission Control Protocol, Src Port: 64051, Dst Port: 80, Seq: 10240, Ack: 5347357, Len: 496
> [2 Reassembled TCP Segments (1948 bytes): #6116(1452), #6117(496)]
> Hypertext Transfer Protocol
  > [truncated]GET /videoplayback?algorithm=throttle-factor&cp=U0hSS1ZOT19HUKNOM1905FNCOK16SU9mU21N5ENF&sparams=algorithm%2Cburst%2Ccp%2Cfactor%2Cid%2Cip%2Cipbits%2Citag%2Csource=preferred.cix-zag3.v15.lscache7.c.youtube.com\r\n
    Host: o-o-preferred.cix-zag3.v15.lscache7.c.youtube.com\r\n
    User-Agent: Mozilla/5.0 (Windows NT 6.1; WOW64; rv:11.0) Gecko/20100101 Firefox/11.0\r\n
    Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,*/*;q=0.8\r\n
    Accept-Language: en-us,en;q=0.5\r\n
    Accept-Encoding: gzip, deflate\r\n
    Connection: keep-alive\r\n
    [Full request URI [truncated]: http://o-o-preferred.cix-zag3.v15.lscache7.c.youtube.com/videoplayback?algorithm=throttle-factor&cp=U0hSS1ZOT19HUKNOM1905FNCOK16SU9mU21N5ENF&
    [HTTP request 6/6]
    [Prev request in frame: 4239]
    [Response in frame: 7967]

```

(2) Pomoću alata *Wireshark* snimite mrežni promet prilikom korištenja usluge Twitch (<https://www.twitch.tv/>). Video odaberite proizvoljno te ga reproducirajte barem 30 sekundi. Potom zaustavite *Wireshark* i razlučite mrežne adrese (View → Name Resolution → Resolve Network Addresses). Odgovorite na sljedeća pitanja:

(a) Utvrdite koji se protokoli koriste (od transportnog sloja naviše). Može li se iz snimljenog prometa utvrditi format videa? Obrazložite svoj odgovor.

### TCP i TLS (u kojem je enkriptiran HTTP)

Iz snimljenog prometa se ne može utvrditi format videa, jer je cijeli stream enkriptiran. U *Wiresharku* sve što vidimo su TLS paketi unutar kojih je enkriptiran sadržaj viših slojeva.

(b) Priložite prikaz snimljenog prometa (*screenshot*) na kojem se vidi ime poslužitelja s kojeg se dostavlja sadržaj te korišteni protokoli.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
682	3.220503	10.4.252.231	192.108.239.254	TCP	54	1287 → 443 [ACK] Seq=1
683	3.221222	192.108.239.254	10.4.252.231	TCP	1514	443 → 1287 [ACK] Seq=2
684	3.221222	192.108.239.254	10.4.252.231	TCP	1514	443 → 1287 [ACK] Seq=4
685	3.221222	192.108.239.254	10.4.252.231	TCP	1514	443 → 1287 [ACK] Seq=5
686	3.221222	192.108.239.254	10.4.252.231	TCP	1514	443 → 1287 [ACK] Seq=7
687	3.221222	192.108.239.254	10.4.252.231	TLSv1.2	636	Application Data
688	3.221260	10.4.252.231	192.108.239.254	TCP	54	1287 → 443 [ACK] Seq=1
689	3.226805	10.4.252.231	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	TCP	66	1296 → 443 [SYN] Seq=0
690	3.234586	10.4.252.231	199.232.18.167	TLSv1.2	1125	Application Data
691	3.246377	199.232.18.167	10.4.252.231	TCP	56	443 → 1285 [ACK] Seq=3
692	3.263419	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	10.4.252.231	TCP	66	443 → 1296 [SYN, ACK] Seq=1
693	3.263517	10.4.252.231	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	TCP	54	1296 → 443 [ACK] Seq=1
694	3.263975	10.4.252.231	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	TLSv1.3	571	Client Hello
695	3.270519	Android-35.local	10.4.255.255	PDNS	92	Standard query 0x0000
696	3.276904	10.4.255.132	10.4.255.255	UDP	305	54015 → 54015 Len=263
697	3.277299	10.4.246.211	239.255.255.250	SSDP	210	M-SEARCH * HTTP/1.1
698	3.298713	10.4.252.231	199.232.18.167	TLSv1.2	1133	Application Data
699	3.303078	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	10.4.252.231	TLSv1.3	1514	Server Hello, Change C
700	3.303078	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	10.4.252.231	TCP	1514	443 → 1296 [ACK] Seq=1
701	3.303130	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	10.4.252.231	TCP	54	1296 → 443 [ACK] Seq=5
702	3.303443	video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net	10.4.252.231	TLSv1.3	685	Application Data, Appl

```

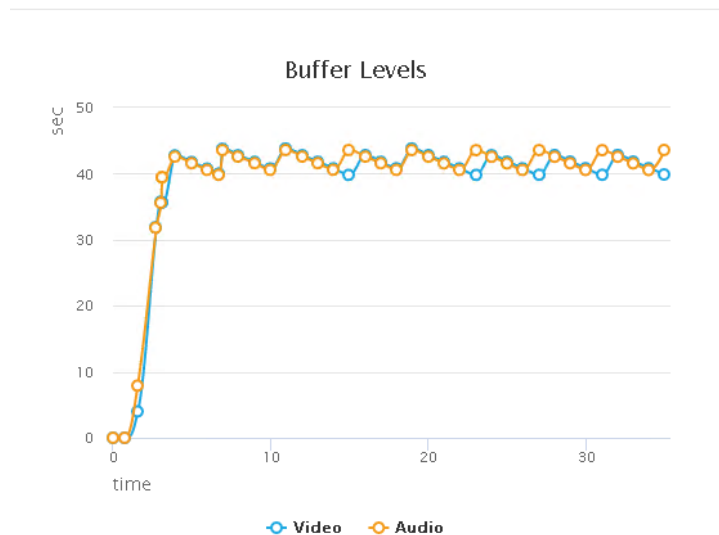
> Frame 693: 54 bytes on wire (432 bits), 54 bytes captured (432 bits) on interface \Device\NPF{15782092-7084-4E10-B8A1-83FEF0A7AA14}, id 0
> Ethernet II, Src: NonHsPr_ae:cl:a1 (48:e2:44:ae:cl:a1), Dst: IntelCor_2e:96:a4 (a0:36:9f:2e:96:a4)
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.4.252.231 (10.4.252.231), Dst: video-weaver.lhr03.hls.ttvnm.net (192.108.239.108)
> Transmission Control Protocol, Src Port: 1296, Dst Port: 443, Seq: 1, Ack: 1, Len: 0

```

(3) U Web-pregledniku otvorite poveznicu <https://bitmovin.com/demos/stream-test> na kojoj se nalazi primjer aplikacije prilagodljivog video strujanja putem protokola HTTP. Pokrenite demo koji se nalazi na stranici. Nakon

30 sekundi, pauzirajte video strujanje. Na istoj Web-stranici se tokom strujanja generiraju grafovi koji prikazuju količinu video sadržaja u klijentskom spremniku te brzinu kodiranja videa koji se reproducirao tokom zadanog scenarija.

- (a) Priložite prikaz grafa stanja spremnika i opišite ključne karakteristike ove vrste strujanja koje se daju uočiti iz grafa.



Ključne karakteristike ove vrste strujanja koje možemo i lako uočiti na prvom grafu jest početno punjenje spremnika, te kada se napuni nekih 40 sekundi videa, onda se video nastavlja periodično skidati kako se i reproducira (sa vjerojatno nekakvim podešenim low-water mark i high-water mark parametrima), tako da spremnik uvijek u sebi ima spremljeno cca tih 40 sekundi videa.

- (b) Na poveznici [https://bitmovin-a.akamaihd.net/content/MI201109210084\\_1/mpds/f08e80da-bf1d-4e3d-8899-f0f6155f6efa.mpd](https://bitmovin-a.akamaihd.net/content/MI201109210084_1/mpds/f08e80da-bf1d-4e3d-8899-f0f6155f6efa.mpd) se nalazi sadržaj *metafile*-a koji se preuzima prilikom učitavanja strujanja. Analizirajte *metafile* i odgovorite na pitanja

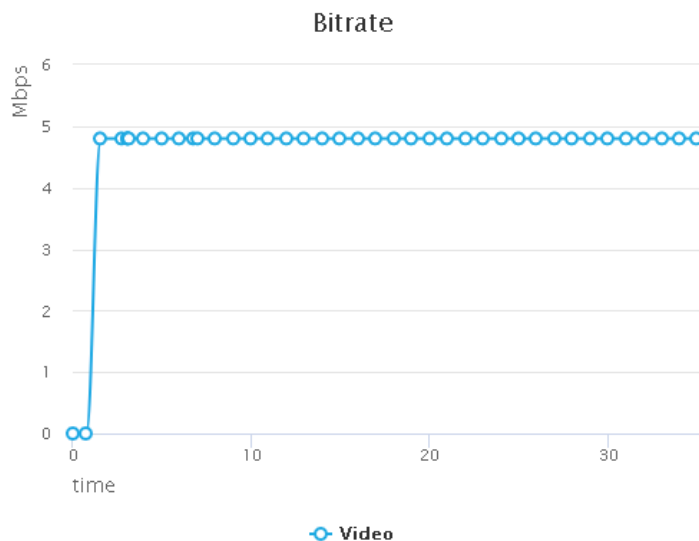
- i. Koje su podržane rezolucije i brzine (*bitrate*) videa?

**320x180 - 250kb/s, 480x270 - 400kb/s, 640x360 - 800kb/s, 960x540 - 1200kb/s, 1280x720 - 2400kb/s, 1920x1080 - 4800kb/s**

- ii. Koje su podržane brzine (*bitrate*) audia?

**128kb/s**

- (c) Priložite prikaz grafa brzina kodiranja reproduciranih segmenata videa i odgovorite na pitanja



- i. Koje su rezolucije reproducirane prilikom scenarija? (Napomena: koristite *metafile* dan u zadatku (b))

**Reproducirana je samo najveća rezolucija, tj. 1920x1080, jer je bitrate te rezolucije videa 4800kb/s**

- ii. Izmjerite dostupnu brzinu preuzimanja putem Web-aplikacije brzinainterneta.hr (<https://brzinainterneta.hr>). Prokomentirajte odnos izmjerene brzine i kvalitete videa reproduciranog tokom scenarija.



**Odnos izmjerene brzine i kvalitete videa govori da ima puno neiskorištene propusnosti u mreži, no baš zato jer postoji mogućnost se odabrala najviša kvaliteta videa od samog početka.**

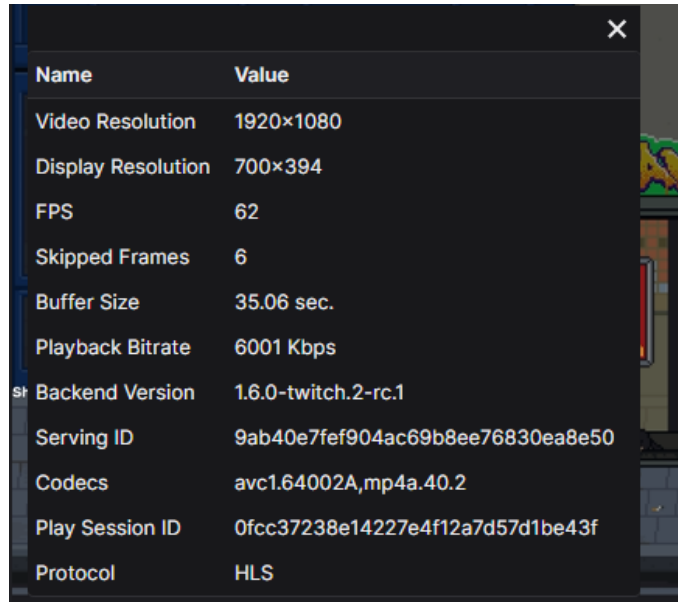
- (4) Analizirajte i usporedite strategije punjenja spremnika koje koristi Twitch prilikom reprodukcije videa na zahtjev, te prilikom strujanja uživo.

- (a) Proizvoljno odaberite Twitch video na zahtjev minimalnog trajanja od 3 minute (svaki Twitch kanal ima kategoriju video u koju sprema prijašnja strujanja uživo), pokrenite *Video stats* opciju (*Settings* na videu → *Advanced* → *Video stats*), te pratite promjene vrijednosti *Buffer size*, koja označava trenutnu količinu video sadržaja u spremniku.

- i. Koja je okvirna maksimalna vrijednost količine video sadržaja u spremniku? Navedite rezoluciju i FPS videa.

**Okvirna maksimalna vrijednost količine video sadržaja u spremniku je oko 38 sekundi. Radi se o source (1080p) rezoluciji i 60FPS.**

- ii. Priložite *screenshot* Twitch video statistike iz bilo kojeg trenutka reprodukcije.

A screenshot of a Twitch video player's statistics overlay. It is a dark-themed window with a close button (X) in the top right corner. The window contains a table with two columns: 'Name' and 'Value'. The data is as follows:

Name	Value
Video Resolution	1920×1080
Display Resolution	700×394
FPS	62
Skipped Frames	6
Buffer Size	35.06 sec.
Playback Bitrate	6001 Kbps
Backend Version	1.6.0-twitch.2-rc.1
Serving ID	9ab40e7fef904ac69b8ee76830ea8e50
Codecs	avc1.64002A,mp4a.40.2
Play Session ID	0fcc37238e14227e4f12a7d57d1be43f
Protocol	HLS

- (b) Proizvoljno odaberite Twitch video strujanje uživo, pokrenite *Video stats* opciju (*Settings* na videu → *Advanced* → *Video stats*), te pratite promjene vrijednosti *Buffer size*.

- i. U kojim vrijednostima se okvirno kreće količina video sadržaja u spremniku? Usporedite ove vrijednosti sa slučajem videa na zahtjev. Zašto se ove vrijednosti razlikuju za usluge videa na zahtjev, odnosno uživo?

**Količina video sadržaja u spremniku se okvirno kreće oko 2.60 sekundi (+0.04sec). To je mnogo manje nego u slučaju reprodukcije običnog videa iz razloga što se ovdje radi o prijenosu uživo, gdje je bitno da je što manja latencija između onoga što se uživo prenosi i reprodukcije tog video sadržaja krajnjem gledatelju, a buffer je ovdje isključivo zbog manjih promjena u mreži, da ne dolazi do zastajkivanja. Kod videa na zahtjev to nije slučaj, zato buffer može biti toliko veći.**

- ii. Priložite *screenshot* Twitch video statistike iz bilo kojeg trenutka reprodukcije.

Name		Value
Video Resolution		1920×1080
Display Resolution		700×394
FPS		57
Skipped Frames		16
Buffer Size		2.58 sec.
Latency To Broadcaster		2.83 sec.
Latency Mode		Low Latency
Playback Bitrate		6204 Kbps
Backend Version		1.6.0-twitch.2-rc.1
Serving ID		33ad954274fa43299db0dacbcf0362f6
Codecs		avc1.64002A,mp4a.40.2