

XAMU – Xarxes Multimèdia - EPSEVG-UPC

Sessió de laboratori Unitat 1, Primavera 2024

# QoS en serveis audiovisuals sobre xarxes IP



Estudiants: Nawal Bouallala Safyoun

Jia Le Chen

Mariona Farré Tapias

Cristina Sanchez-Mora Gassol

## **Contingut**

1 Estudis previs	3
Exercici 1 – Anàlisi de fitxers amb MediaInfo i BitRateViewer	3
Exercici 2 – netem	9
Exercici 3 – ping	10
Exercici 4 – iperf	12
Exercici 5 – Wireshark	16
Exercici 6 – Àudio sobre RTP	19
Exercici 7 – Planificació de la sessió de laboratori	21
2 Sessió de laboratori	22
Exercici 1: Proves bàsiques (20 minuts)	22
Exercici 2: Comparació de polítiques d'enviament (20 minuts)	29
Exercici 3: Àudio amb problemes de QoS (30 minuts)	32
Exercici 4: Vídeo amb problemes de QoS (40 minuts)	43
3 Després de la sessió de laboratori	47
<b>CONCLUSIONS GLOBALS:</b>	<b>47</b>

## 1 Estudis previs

### Exercici 1 – Anàlisi de fitxers amb MediaInfo i BitRateViewer

Instal·leu MediaInfo i BitRateViewer al vostre ordinador. Per al cas de MediaInfo utilitzeu el mode "text", que ofereix la informació més completa.

- a) Analitzeu el fitxer d'àudio a.wav amb MediaInfo: codec, i paràmetres rellevants de la codificació – els necessaris per calcular el bitrate (bits/s). A partir dels paràmetres, calculeu el bitrate i compareu-lo amb el que reporta MediaInfo

```

General
Complete name          : C:\Users\nawal\Downloads\a.wav
Format                 : Wave
File size              : 8.17 MiB
Duration               : 48 s 570 ms
Overall bit rate mode : Constant
Overall bit rate       : 1 411 kb/s
Album                  : One Love
Track name             : David Guetta feat Estelle / One Love
Performer              : David Guetta
Director               : David Guetta
Genre                   : Unknown
Track_Position         : 11
OriginalSourceForm_Name: One Love
ITRK                   : 11
Length                 : 241026

Audio
Format                 : PCM
Format settings        : Little
Codec ID                : 1
Duration               : 48 s 570 ms
Bit rate mode          : Constant
Bit rate                : 1 411.2 kb/s
Channel(s)              : 2 channels
Sampling rate           : 44.1 kHz
Bit depth                : 16 bits
Stream size             : 8.17 MiB (100%)

```

Sabem que el codec id es 1, que és PCM,

Podem observar que el codec té una “capacitat” de 44.1kHz, que seria la quantitat de bits per segon, és a dir la velocitat, també sabem que la profunditat de bit es de 16 bits i que hi han 2 canals. Amb aquesta informació podem calcular la tasa de bits.

$$16 \frac{\text{bits}}{\text{mostra}} * 44100 \frac{\text{mostra}}{\text{segons}} * 2 \text{ canals} = 1.411.200 \frac{\text{bits}}{\text{s}} \simeq 1411 \text{kb*s}$$

Per tant podem afirmar que la tasa de bits total coincideix amb la que hem calculat

- b) Analitzeu els fitxers de vídeo a.mpg i tron.mpg amb els dos analitzadors, i comenteu les característiques de bitrate: CBR o VBR, i valors mínim / màxim / mitjà. Compareu i comenteu els resultats dels dos analitzadors. Per què són lleugerament diferents?

A:

**Resultats MediaInfo:**

```

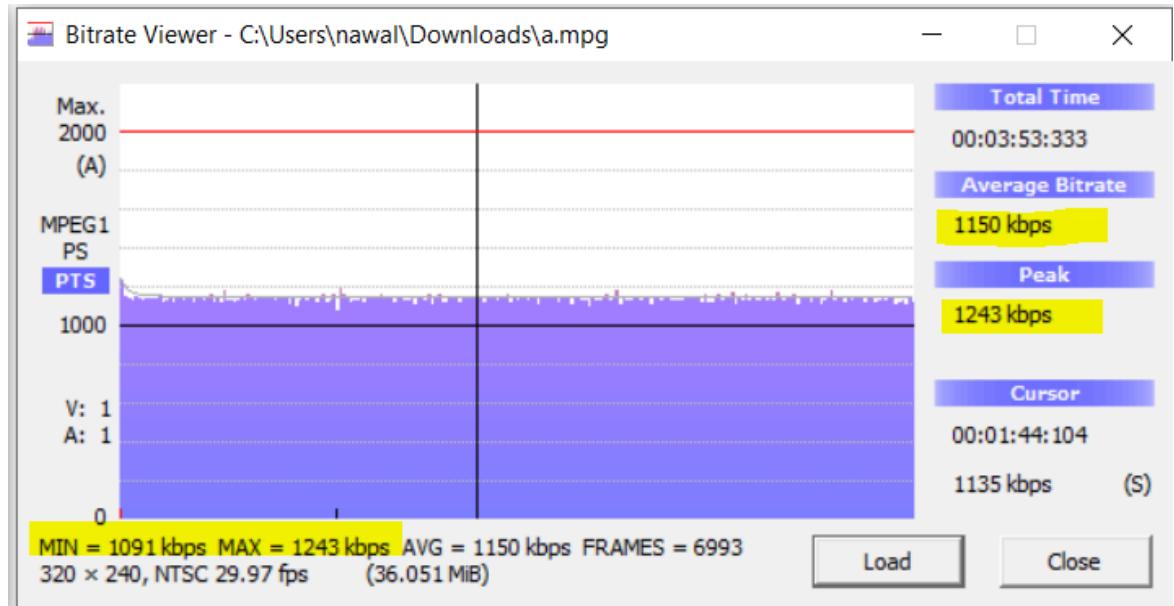
Complete name          : C:\Users\nawal\Downloads\a.mpg
Format                : MPEG-PS
File size              : 36.1 MiB
Duration              : 3 min 53 s
Overall bit rate mode : Variable
Overall bit rate      : 1 296 kb/s

Video
ID                   : 224
Format               : MPEG Video
Format version       : Version 1
Format settings, BVOP : Yes
Format settings, Matrix : Custom
Format settings, GOP  : M=3, N=15
Duration             : 3 min 53 s
Bit rate mode        : Variable
Bit rate              : 1 150 kb/s
Width                : 320 pixels
Height               : 240 pixels
Display aspect ratio : 1.422
Frame rate            : 29.970 FPS
Color space           : YUV
Chroma subsampling   : 4:2:0
Bit depth             : 8 bits
Scan type             : Progressive
Compression mode     : Lossy
Bits/(Pixel*Frame)   : 0.500
Time code of first frame : 00:00:00:00
Time code source      : Group of pictures header
GOP, Open/Closed      : Open
GOP, Open/Closed of first : Closed
Stream size           : 31.8 MiB (88%)

Audio
ID                   : 192
Format               : MPEG Audio
Format version       : Version 1
Format profile        : Layer 2
Duration             : 3 min 53 s
Bit rate mode        : Constant
Bit rate              : 128 kb/s
Channel(s)            : 2 channels
Sampling rate         : 44.1 kHz
Frame rate            : 38.281 FPS (1152 SPF)
Compression mode     : Lossy
Stream size           : 3.56 MiB (10%)

```

**Bitrate:**



Com podem observar, en els resultats que ens dona MediaInfo la tasa de bits es variable, per tant es VBR.

En MediaInfo no tenim la tasa mínima, mentre que en bitrate es 1091kbps. En quan la tasa de bits màxima tampoc tenim informació en MediaInfo pero en Bitrate és 1243Kbps. La tasa de bits mitjana en MediaInfo es 1150kbps i en Bitrate també és 1150 kb/s

Amb els resultats obtinguts, com que en MediaInfo només ens dona la tasa de bits mitjana, podem conoure que per aquest cas no hi ha diferències ja que tant els dos analitzadors donen el mateix resultat.

Pel que fa a les diferències, MediaInfo es limita a parsejar les capçaleres, mentre que BitRateViewer entra a analitzar el fitxer

Tron:

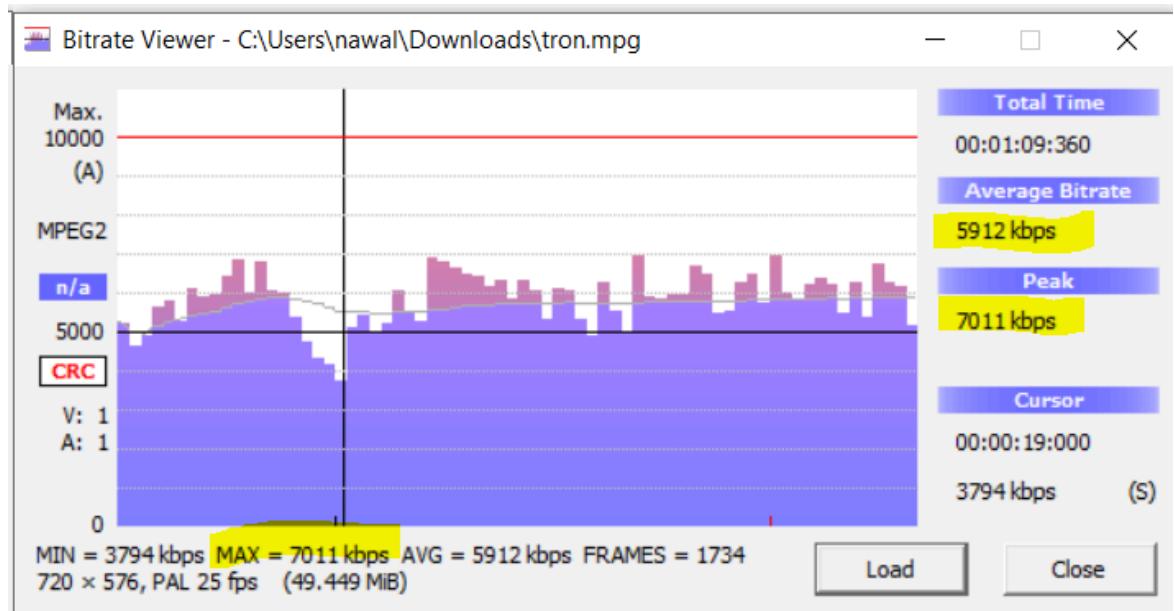
Resultats MediaInfo:

```
video
ID : 224
Format : MPEG Video
Format version : Version 2
Format profile : Main
Format level : Main
Format settings, BVOP : Yes
Format settings, Matrix : Custom
Format settings, GOP : M=3, N=12
Format settings, picture : Frame
Duration : 1 min 9 s
Bit rate mode : Variable
Bit rate : 5 793 kb/s
Maximum bit rate : 7 000 kb/s
Width : 720 pixels
Height : 576 pixels
Display aspect ratio : 16:9
Frame rate : 25.000 FPS
Standard : PAL
Color space : YUV
Chroma subsampling : 4:2:0
Bit depth : 8 bits
Scan type : Interlaced
Scan order : Top Field First
Compression mode : Lossy
Bits/(Pixel*Frame) : 0.559
Time code of first frame : 01:40:40:06
Time code source : Group of pictures header
GOP, Open/Closed : Open
GOP, Open/Closed of first : Closed
Stream size : 47.9 MiB (97%)

Audio
ID : 192
Format : MPEG Audio
Format version : Version 2.5
Format profile : Layer 3
Duration : 1 min 9 s
Bit rate mode : Constant
Bit rate : 64.0 kb/s
Channel(s) : 2 channels
Sampling rate : 8 000 Hz
Frame rate : 13.889 FPS (576 SPF)
Compression mode : Lossy
Delay relative to video : 50 ms
Stream size : 542 KiB (1%)
Writing library : LAME3.99.5
```

---

Bitrate:



Com podem observar, en els resultats que ens dona MediaInfo la tasa de bits es variable, per tant es VBR.

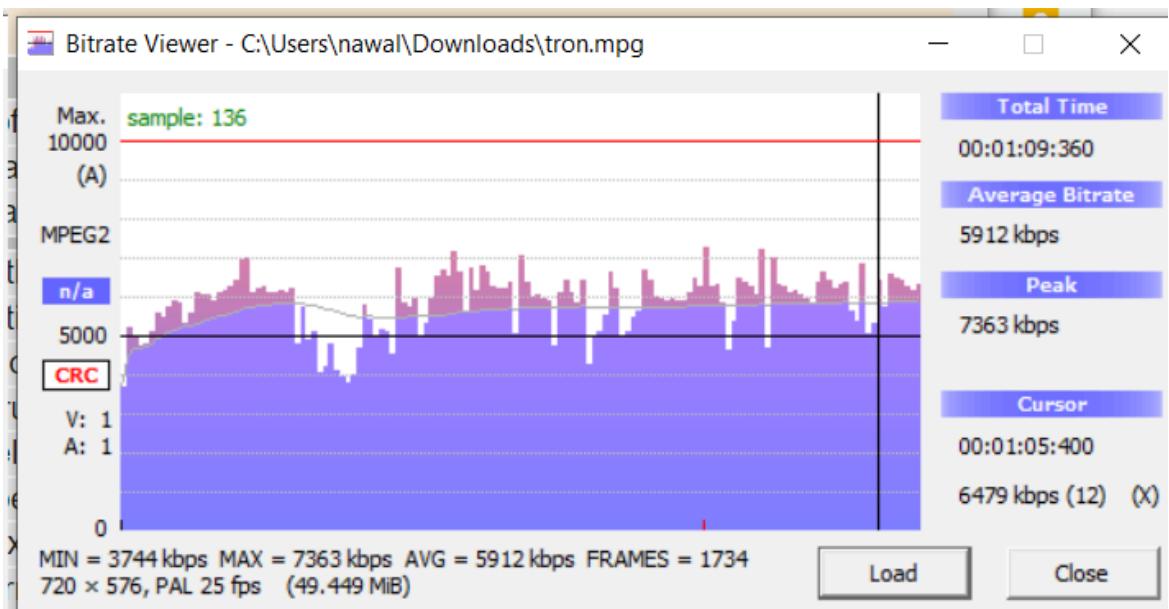
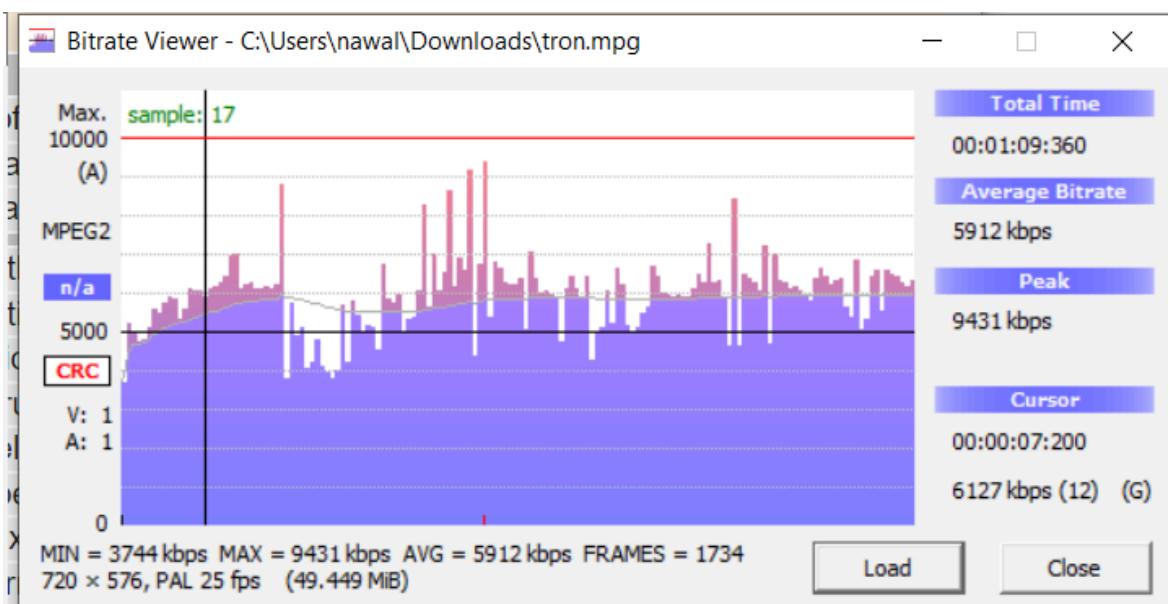
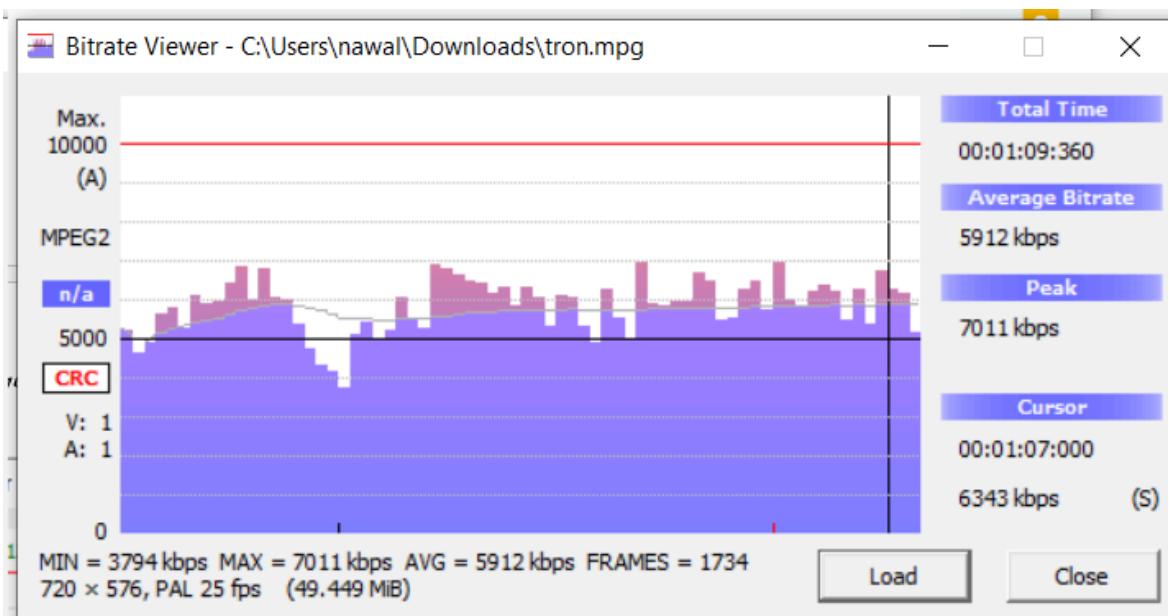
En MediaInfo no tenim la tasa mínima, mentre que en bitrate es 3794kbps. En quan la tasa de bits màxima en MediaInfo 7000kpbs i en Bitrate és 7011Kbps. La tasa de bits mitjana en MediaInfo es 5793kbps i en Bitrate es 5912kbps

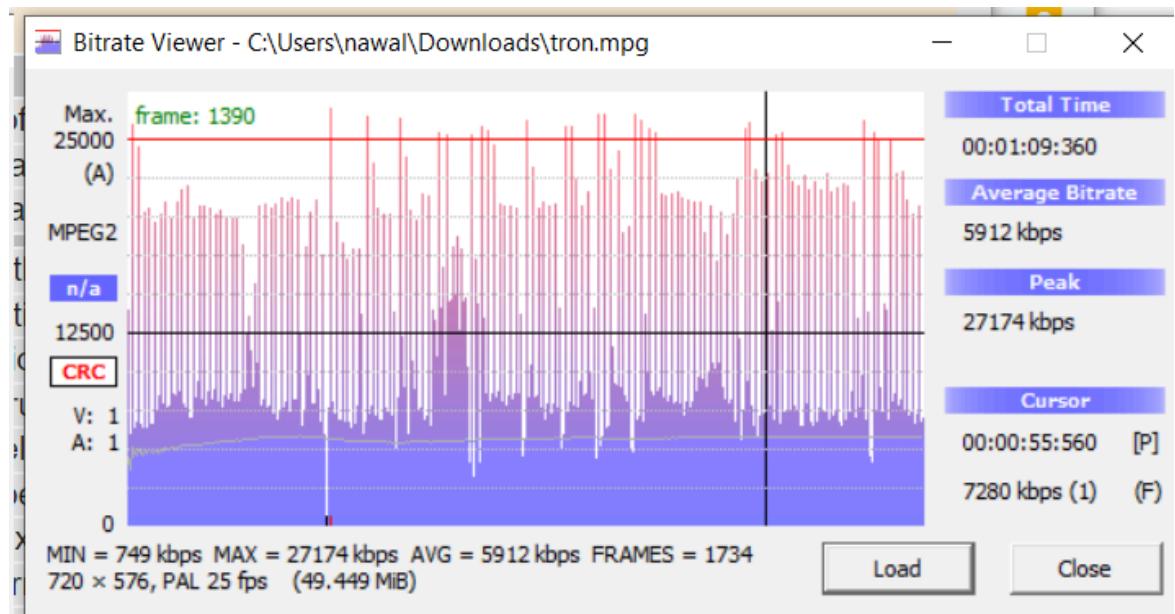
Amb els resultats obtinguts podem veure que hi ha una lleugera diferència, pensem que això és degut a que MediaInfo es limita a parsejar les capçaleres, mentre que BitRateViewer entra a analitzar el fitxer.

- c) Per a BitrateViewer, proveu amb els diferents mètodes de càlcul del bitrate esmentats a la pàgina d'ajuda Command (podeu accedir-hi mitjançant F1). Per què són tan diferents els resultats?

- none -	LeftClick	Switch to seconds based <b>bitrate</b> calculation mode	Click on the calculation method indicator with a valid file loaded and displayed on screen
- none -	RightClick	Switch to single frame based <b>bitrate</b> calculation mode	s.a.
Ctrl	LeftClick	Switch to enhanced GOP <b>bitrate</b> calculation mode	s.a.
Ctrl	RightClick	Switch to standard GOP based <b>bitrate</b> calculation mode	s.a.
Alt	LeftClick	Select next <b>bitrate</b> calculation mode (rotate CW: S, G, X, F)	s.a.
Alt	RightClick	Select previous <b>bitrate</b> calculation mode (rotate CCW: F, X, G, S)	s.a.

Ctrl-S	Select second based <b>bitrate</b> calculation method
Ctrl-G	Select standard GOP based <b>bitrate</b> calculation method
Ctrl-X	Select enhanced GOP based <b>bitrate</b> calculation method
Ctrl-F	Select single frame based <b>bitrate</b> calculation method





Com podeu veure la opció amb més diferència es la F, que es la que calcula la tasa de cada frame, això és degut al contingut de cada frame, hi han alguns que contenen poca informació i d'altre que en tenen de molta informació. Per tant donen resultats diferents ja que cada mètode utilitza una escala diferents, on la mitjana és diferent ja que es calcula en intervals diferents. En altres paraules, el que està passant és que estem comparant estimacions que utilitzen diferents escales temporals per fer la mitja (1s, 1 GoP – que ve a ser aprox 0.5s -, 1 imatge – que seran uns 40ms o 30 ms-, etc) i per tant el càlcul de pic o de mínim dona resultats diferents, perquè la mitja es calcula sobre intervals diferents.

## Exercici 2 – netem

Llegiu la descripció de netem i prepareu la llista d'ordres per emular:

- Retard fix, i jitter.

En el cas de Retard fix, la comanda seria:

```
# tc qdisc add dev eth0 root netem delay 100ms
```

En el cas de jitter, la comanda seria:

```
# tc qdisc change dev eth0 root netem delay 100ms 75ms
```

- Pèrdua de paquets (aïllades) i pèrdues correlades. Expliqueu què són les pèrdues correlades, i en quina situació real succeeixen (pista: com es produeixen les pèrdues a ràfegues a les cues dels routers IP i commutadors Ethernet?).

Pèrdua de paquets (aïllades):

```
# tc qdisc change dev eth0 root netem loss 0.1%
```

pàrdues correlades:

```
# tc qdisc change dev eth0 root netem loss 0.3% 25%
```

Les pàrdues correlades són quan les pàrdues de paquets estan relacionades entre si, ja que quan un paquet es perd perquè la cua està plena, és altament probable que el següent paquet també es perdi, ja que és probable que l'estat de la cua no hagi canviat massa

- c) Limitacions d'amplada de banda (“control de taxa” en netem). Comenteu què fa la següent instrucció:

```
tc qdisc add dev eth1 root handle 1: tbf rate 5000kbit burst 1600 limit 3000
```

**Limitacions d'amplada de banda:**

```
sudo tc qdisc add dev eth2 root tbf rate 256kbit burst 1600 limit 3000
```

rate: indica la velocitat .

burst: serveix per definir el tamany del buffer en el qual els tokens poden estar disponibles instantàneamente.

limit: estableix el tamany límit de la cua, és a dir la quantitat de bytes que estan esperant als tokens.

### Exercici 3 – ping

Descriu breument com funciona ping (sigueu específics, no us limiteu a copiar). Identifiqueu quins dels paràmetres de QoS (retard absolut, jitter, pàrdues, limitacions d'amplada de banda) es poden mesurar i quins no amb ping, justificant cada cas

El ping és una eina per el diagnòstic de les xarxes de computadors, provant l'accessibilitat d'un host en una xarxa de Protocol d'Internet (IP) comprovant si té els permisos necessaris per poder establir una connexió amb un host destí.

Funciona mitjançant el protocol de missatges de control d'internet ICMP, tenint un protocol establert a seguir. Primer enviant un ICMP echo request al host destí i esperant un ICMP echo reply d'aquest.

Ens pot informar d'errors en la comunicació, pàrdua de paquets i al final de la connexió, ens retorna un resum de les estadístiques si el protocol no ha patit cap error.

Des de wireshark es poden veure aquestes interaccions de paquets:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
116	5.983136	192.168.1.20	142.250.200.78	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=1/256, ttl=128 (reply in 118)
118	5.997233	142.250.200.78	192.168.1.20	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=1/256, ttl=115 (request in 116)
127	6.994347	192.168.1.20	142.250.200.78	ICMP	74	Echo (ping) request id=0x0001, seq=2/512, ttl=128 (reply in 128)
128	7.008615	142.250.200.78	192.168.1.20	ICMP	74	Echo (ping) reply id=0x0001, seq=2/512, ttl=115 (request in 127)

Des de on podem entrar a veure la informació de cada paquet, ja sigui request o reply:

```
> Frame 116: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface \Device\NPF_{776855B6
> Ethernet II, Src: WistronNeweb_0e:92:1e (40:1a:58:0e:92:1e), Dst: Arcadyan_f0:b4:b5 (60:8d:26:f0:b4:b5)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.20, Dst: 142.250.200.78
< Internet Control Message Protocol
  Type: 8 (Echo (ping) request)
  Code: 0
  Checksum: 0x4d5a [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Identifier (BE): 1 (0x0001)
  Identifier (LE): 256 (0x0100)
  Sequence Number (BE): 1 (0x0001)
  Sequence Number (LE): 256 (0x0100)
  [Response frame: 118]
> Data (32 bytes)

> Frame 118: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface \Device\NPF_{776855B6
> Ethernet II, Src: Arcadyan_f0:b4:b5 (60:8d:26:f0:b4:b5), Dst: WistronNeweb_0e:92:1e (40:1a:58:0e:92:1e)
> Internet Protocol Version 4, Src: 142.250.200.78, Dst: 192.168.1.20
< Internet Control Message Protocol
  Type: 0 (Echo (ping) reply)
  Code: 0
  Checksum: 0x555a [correct]
  [Checksum Status: Good]
  Identifier (BE): 1 (0x0001)
  Identifier (LE): 256 (0x0100)
  Sequence Number (BE): 1 (0x0001)
  Sequence Number (LE): 256 (0x0100)
  [Request frame: 116]
  [Response time: 14,097 ms]
> Data (32 bytes)
```

Des de la terminal també es pot veure l'execució del ping, però sense tenir l'accés a la informació dels paquets:

```
PS C:\Users\mft19> ping google.com

Haciendo ping a google.com [142.250.200.78] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 142.250.200.78: bytes=32 tiempo=14ms TTL=115
Respuesta desde 142.250.200.78: bytes=32 tiempo=14ms TTL=115
Respuesta desde 142.250.200.78: bytes=32 tiempo=15ms TTL=115
Respuesta desde 142.250.200.78: bytes=32 tiempo=15ms TTL=115

Estadísticas de ping para 142.250.200.78:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 14ms, Máximo = 15ms, Media = 14ms
```

Amb aquest protocol depenen dels paràmetres de QoS que es vulguin mesurar, es podrà aconseguir amb aquesta eina, o sinó amb l'ajuda d'una eina exterior :

- Retard absolut : Si es pot mesurar amb un ping, ja que aquest registra el temps que triga en arribar i tornar d'un host al destí, el temps mesurat serà el retard que ha patit aquest paquet en aquella xarxa.
- Jitter: Si es pot fer una estimació amb un ping, com que el jitter és un retard creat per diferents conseqüències en la xarxa, el podem calcular amb la diferència dels diferents temps de resposta dels paquets, en aquest exemple el jitter entre el segon i quart paquet seria de: 15ms-14ms=1 ms de jitter.

- Pèrdua de paquets: Si es pot detectar amb el ping, al ser un paquet ICMP registra els possibles errors que el protocol IP, com podria ser la pèrdua de paquets, ja sigui per culpa d'un error en la xarxa o quan no es rebi cap mena de resposta, acceptant que el paquet reply s'ha perdut en la xarxa.
- Limitacions d'amplada de banda: No es pot mesurar directament amb un ping, aquesta eina no pot avaluar la capacitat màxima de l'amplada de banda d'una xarxa, ja que no rep ni solicita aquest tipus d'informació al ser utilitzada. Dins de la Qualitat de Servei el protocol ping pot mesurar el retard absolut i la pèrdua de paquets sense cap eina externa, l'únic que es pot observar és el tamany total dels paquets.

## Exercici 4 – iperf

- a) Descriu breument com funciona iperf (sigueu específics, no us limiteu a copiar). Identifiqueu quins dels paràmetres de QoS es poden mesurar amb iperf i quins no, justificant cada cas.

Iperf és una eina per a mesurar activament l'ample de banda màxim que es pot aconseguir en una xarxa IP. Iperf funciona en mode client o servidor normalment el client envia dades al servidor. Aquestes dades que envia són fluxos de paquets TCP o UDP, calculant el temps desde la sortida en el client fins l'arribada en el servidor, la mida del paquet...

En termes de paràmetres de Qualitat de Servei (QoS):

- Retard absolut: Iperf no pot mesurar el retard d'extrem a extrem. Ja que no ofereix una manera de mesurar el temps que triga cada paquet en recorrer la xarxa.
  - Jitter: Tampoc és un bon estimador del jitter, ja que, al no tenir una eina per a mesurar el retard dels paquets, no pot calcular el temps que ha trigat en sortir un paquet del client fins arribar al servidor.
  - Ample de banda: Iperf pot mesurar l'ample de banda de la xarxa, ja que si carreguem els fluxos de iperf amb un ample de banda molt alt (superior al de la xarxa) podrem veure com el servidor, com a màxim, reportarà el valor d'ample de banda de la xarxa, encara que el client estigui tractant d'enviar més informació.
  - Pèrdua de paquets: Com que iperf envia un fluxe constant de dades, és capaç de detectar molt bé les pèrdues de paquets, ja que el servidor sap quines dades esperar en tot moment i si no rep alguna, ho pot detectar. Iperf coneix els paquets que s'envien i els que l'hi arriben, per tant, la diferència d'aquests dades és el número de paquets perduts.
- b) Busqueu a la documentació d'iperf la manera com es pot utilitzar per mesurar les característiques de QoS d'un camí entre dos terminals. Identifiqueu quins paràmetres es mesuren. Expliqueu el següent escenari:

S'aplica l'ordre netem mostrada a l'Exercici 2:

```
tc qdisc add dev eth1 root handle 1: tbf rate 5000kbit burst 1600 limit 3000
```

Al servidor iperf executem:

```
iperf -s -u (servidor en mode UDP)
```

Al client iperf executem:

```
root@ubuntu-333-desktop :~# iperf -c 147.83.115.76 -u -i 1 -b 20M -t 10000
-----
Client connecting to 147.83.115.76, UDP port 5001 Sending 1470 byte
datagrams
UDP buffer size: 224 KByte (default)
-----
[ 3] local 147.83.115.75 port 38695 connected with 147.83.115.76 port 5001 [ ID] Interval Transfer
Bandwidth
[ 3] 0.0- 1.0 sec 2.38 MBytes 20.0 Mbits/sec
[ 3] 1.0- 2.0 sec 2.38 MBytes 20.0 Mbits/sec
[ 3] 2.0- 3.0 sec 2.38 MBytes 20.0 Mbits/sec
...

```

El servidor reporta els resultats següents: 4,84 Mbit/s, jitter de 15.7 ms, pèrdues del 76% dels paquets. Sense la limitació de netem, el servidor informa de 20.0 Mbit/s, 0,1 ms jitter, pèrdua del 0%.

Justifiqueu numèricament els resultats obtinguts i relacioneu-los amb la instrucció netem. Específicament, expliqueu 1) bitrate, 2) pèrdues, i 3) per què s'incrementa tant el jitter, si no està directament relacionat amb la limitació executada?

El servidor reporta 4,84Mbit/s d'ample de banda, això és perquè, en fer la comanda de netem, hem limitat el rate (ample de banda) a 5000kbit (5Mbps), és a dir. D'altre banda, el client està intentant enviar dades amb un bitrate molt més superior, 20Mbps, per això es generen les pèrdues.

Amb aquestes dades podem estimar el % de pèrdues:

$20Mbps - 5Mbps = 15Mbps$  d'ampla de banda que no entren a la xarxa, és a dir, són pèrdues. Això vol dir que només arribarà el 25% de paquets, i 75% d'ells es perderan. L'altre 1% que tenim reportat probablement ve derivat d'altres paquets que s'han perdut per motius diferents com ara la congestió de la xarxa (que és elevada ja que el client està tractat d'enviar molts paquets i aquesta es troba al límit), els búfers del servidor plens, interferències...

- 1) bitrate: amb la limitació de netem establim un màxim de 5000 kbit/s < 20,0Mbit/s que el client intenta enviar. Quan el servidor informa d'un bitrate de 4,84 Mbit/s és la quantitat de dades que rep amb la limitació ( $4,84Mbit/s = 4380kbit/s < 5000 \text{ kbit/s}$ ). Quan la limitació es treu, el bitrate que rep el servidor augmenta a la quantitat de bits que envia el client 20.0Mbit/s, ja que ara el servidor té la capacitat de rebre aquesta quantitat de dades, perquè el seu ample de banda es  $\geq 20.0Mbit/s$
- 2) pèrdues: El servidor informa al principi d'una pèrdua del 76% dels paquets, això està relacionat amb la limitació del bitrate, ja que el client intenta enviar més dades de les que pot per segon i per això, el servidor no té la capacitat de gestionarles totes. Quan es treu la limitació, com el servidor si té la capacitat de gestionar el bitrate de

enviament de dades del client, els paquets no es perden i per això tenim un 0% de pèrdua de paquets.

- 3) perquè s'incrementa tant el jitter, si no està directament relacionat amb la limitació executada? Podem veure com en la xarxa limitada tenim un jitter significativament més alt que en la xarxa sense limitació. Això és perquè, encara que el jitter no està directament relacionat amb la limitació de l'amplada de banda, una xarxa més congestionada pot provocar una major variació en els temps d'arribada dels paquets, augmentant així el jitter, i també crear pèrdua de paquets. Aquesta pèrdua també afecta al jitter, ja que quan falta un paquet, la distància entre l'anterior i el posterior és més gran de lo normal.

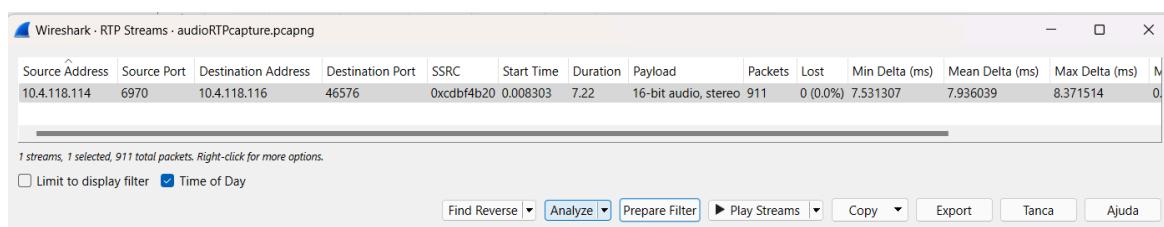
## Exercici 5 – Wireshark

Reviseu les característiques avançades d'estadístiques RTP i anàlisi a Wireshark: [http://wiki.wireshark.org/RTP\\_statistics](http://wiki.wireshark.org/RTP_statistics) → comenceu a “RTP Stream Analysis”. Específicament, resposeu:

- a) Quins dels paràmetres de qualitat de servei (pèrdues, retard, jitter, ample de banda) es mesuren?

Des de Wireshark es poden obrir els paquets de .pcapng, un arxiu que capture els paquets de RTP en format PCAP per ser tractats d'una forma més senzilla des de qualsevol aplicació de l'anàlisi de paquets.

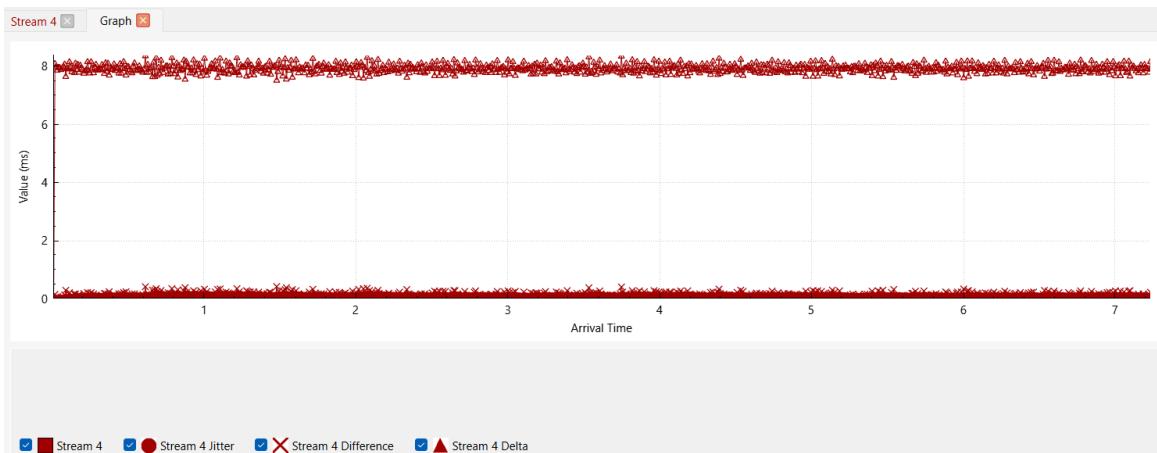
Amb aquest tipus de fitxer obert, podem veure els diferents streams que pot llegir:



Des de aquest menú es pot Analitzar el RTP, on s'ens obra el següent menú:

Stream 4								
Stream	Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	Bandwidth	Marker	Status
10.4.118.114:6970 → 10.4.118.116:46576	12	35791	0.000000	0.000000	0.000000	11.52	✓	
SSRC 0xcdcbf4b20	13	35792	8.106047	0.009469	-0.151502	23.04	✓	
Max Delta 8.371514 ms @ 88	14	35793	7.977319	0.010300	-0.174275	34.56	✓	
Max Jitter 0.161871 ms	15	35794	7.879885	0.014323	-0.099615	46.08	✓	
Mean Jitter 0.110033 ms	16	35795	7.975575	0.014742	-0.120644	57.60	✓	
Max Skew 16.610339 ms	17	35796	7.965023	0.014476	-0.131122	69.12	✓	
RTP Packets 911	18	35797	7.901277	0.016900	-0.077853	80.64	✓	
Expected 911	19	35798	7.938985	0.016816	-0.062293	92.16	✓	
Lost 0 (0.00 %)	20	35799	8.005929	0.018977	-0.113676	103.68	✓	
Seq Errs 0	21	35800	8.085586	0.025981	-0.244717	115.20	✓	
Start at 0.008303 s @ 12	22	35801	7.661454	0.042675	0.048375	126.72	✓	
Duration 7.22 s	23	35802	7.948954	0.040357	0.053966	138.24	✓	
Clock Drift 17 ms	24	35803	7.920182	0.039983	0.088329	149.76	✓	
Freq Drift 44305 Hz (0.23 %)	25	35804	8.168281	0.050842	-0.125406	161.28	✓	
	26	35805	7.986329	0.049651	-0.157190	172.80	✓	
	27	35806	7.828420	0.054431	-0.031064	184.32	✓	
	28	35807	7.926668	0.052771	-0.003187	195.84	✓	
	29	35808	7.792893	0.059576	0.158466	207.36	✓	
	30	35809	8.119262	0.066148	-0.006251	218.88	✓	
	31	35810	7.900577	0.065386	0.047718	230.40	✓	
	32	35811	8.073181	0.068714	-0.070918	241.92	✓	
	33	35812	7.808163	0.073569	0.075465	253.44	✓	
	34	35813	8.046796	0.074736	-0.016786	264.96	✓	
	35	35814	7.941938	0.070853	-0.004179	276.48	✓	
	36	35815	7.897890	0.069966	0.052477	288.00	✓	
	37	35816	7.772486	0.076972	0.234536	299.52	✓	
	38	35817	7.850449	0.078667	0.338633	311.04	✓	

Amb el seu gràfic a la següent pantalla:



El que podem mesurar des de Wireshark és:

- Pèrdues de paquet: Si ens proporciona el nombre total de paquets RTP enviats, els que s'espera a que arribin, i la diferència d'aquests si algun paquet s'ha perdut.

RTP Packets 911	
<b>Expected</b>	911
<b>Lost</b>	0 (0.00 %)

- Retard: No ens proporciona el retard directe dels paquets RTP, el que podem trobar-nos més semblant és la desviació temporal provocat pel jitter.
- El jitter: Si ens el proporciona, ja que fa un anàlisi de temps de transmissió dels paquets RTP i directament pot calcular aquest temps de desviació. Podem trobar el jitter més alt trobat (Max Jitter) i la mitjana d'aquests (Mean Jitter)

<b>Max Jitter</b>	0.161871 ms
<b>Mean Jitter</b>	0.110033 ms

- Amplada de banda: Si ens el proporciona, però no hi ha cap anàlisi d'aquests nombres, simplement ens retorna les dades per cada paquet i la seva amplada:

Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	Bandwidth	Marker	Status
16	35795	7.975575	0.014742	-0.120644	57.60	✓	
17	35796	7.965023	0.014476	-0.131122	69.12	✓	
18	35797	7.901277	0.016900	-0.077853	80.64	✓	

- b) Com es defineix la mida del jitter i l'amplada de banda? Compareu amb el que heu vist a les sessions de teoria.

Des de dins d'un paquet RTP, podem veure la informació del jitter d'aquest paquet, que seria els diferents temps marcats, entre el timestamp del primer paquet, i temps passat fins el anterior paquet:

```

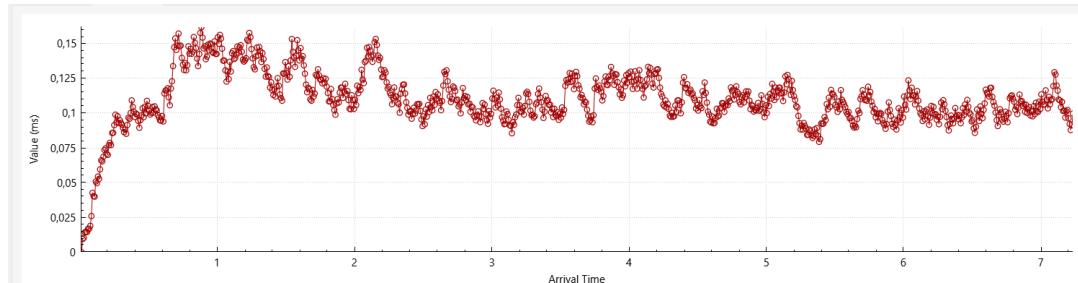
    ✓ User Datagram Protocol, Src Port: 6970, Dst Port: 46576
        Source Port: 6970
        Destination Port: 46576
        Length: 1420
        Checksum: 0x1f2a [unverified]
        [Checksum Status: Unverified]
        [Stream index: 0]
    ✓ [Timestamps]
        [Time since first frame: 5.722470828 seconds]
        [Time since previous frame: 0.007858182 seconds]
        UDP payload (1412 bytes)
    ✓ Real-Time Transport Protocol
        ✓ [Stream setup by RTSP (frame 6)]
            [Setup frame: 6]
            [Setup Method: RTSP]
            10... .... = Version: RFC 1889 Version (2)
            ..0. .... = Padding: False
            ...0 .... = Extension: False
            .... 0000 = Contributing source identifiers count: 0
            0... .... = Marker: False
            Payload type: 16-bit uncompressed audio, stereo (10)
            Sequence number: 36512
            [Extended sequence number: 36512]
            Timestamp: 1398218527
            Synchronization Source identifier: 0xcdbf4b20 (3451865888)

```

Wireshark calcula el jitter utilitzant els timestamps dels paquets capturats, calculant la diferència del temps d'arribada del paquet anterior amb el temps d'arribada del paquet actual, la diferència entre aquests dos valors serà el jitter del paquet que acaba d'arribar.

Això ho va calculant per cada parell consecutiu de paquets, fent que pugi calcular també la mitjana i el màxim jitter de la retransmissió.

Amb aquesta informació es pot crear el gràfic del jitter de tots els paquets:



I com es pot veure, i comparar amb la teoria donada, estan de mitjana de 10ms com a màxim 15 ms, certament alt per possibles aplicacions a temps real i interactives, però al ser un àudio, aquests paràmetres són acceptats , igualment que sempre és important millorar el jitter.

La amplada de banda, ens la podem trobar en el menú de RTP Stream

Analysis, on la sisena columna ens dona l'amplada de cada paquet:

Packet	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	$\widehat{\text{Bandwidth}}$	Marker	Status
12	35791	0.000000	0.000000	0.000000	11.52	✓	
13	35792	8.106047	0.009469	-0.151502	23.04	✓	
14	35793	7.977319	0.010300	-0.174275	34.56	✓	
15	35794	7.879885	0.014323	-0.099615	46.08	✓	
139	35918	7.703968	0.156303	2.233006	1463.04	✓	
140	35919	7.839277	0.153738	2.348275	1463.04	✓	
141	35920	7.917537	0.146443	2.385283	1463.04	✓	

On podem observar que si és dinàmica i variable, perquè des de la llista de paquets hi ha un rang entre 11.52 a 1463.04 d'amplada de banda, justificant que aquesta es va dimensionant i modificant segons les característiques de cada paquet.

## Exercici 6 – Àudio sobre RTP

Analitzeu amb Wireshark el fitxer audioRTP.cap:

- a) calculeu, a partir de la diferència de timestamps RTP, el temps d'àudio que transporta cada paquet RTP (la base de temps del rellotge és de 44100 Hz)

La diferència de timestamps entre dos paquets RTP es de 350. Per calcular el temps d'àudio que transporta cada paquet RTP s'ha de fer una simple divisió.

$$\text{temps d'àudio} = 350 / 44100 = 0.00794 \text{ segons} = 7,94 \text{ ms}$$

Per tant, cada paquet transporta aproximadament 7,94 ms d'àudio.

- b) calculeu el bitrate del còdec d'àudio, i a partir d'ell justifiqueu numèricament la mida de les trames Ethernet,

La mida d'un paquet RTP es de 1454 bytes i en la trama Ethernet son 54 bytes de capçalera(Ethernet14+IP20+UDP8+RTP12).

Per calcular el bitrate s'ha de fer la següent operació.

$$\text{bitrate} = 44100 \text{ mostres/s} \times 16 \text{ bits/mostra} \times 2 \text{ canals} = 1411200 \text{ bits/s} = 1411,2 \text{ Kbit/s}$$

$$\text{mida de les trames} = 1411,2 \text{ Kbit/s} \times 7,94 \text{ ms} = 11.204,928 \text{ bits} \simeq 1400 \text{ bytes}$$

$$\text{mida d'un paquet RTP} = 1400 \text{ bytes} + 54 \text{ bytes} = 1454 \text{ bytes}$$

- c) analitzeu el jitter i la QoS de la transmissió (mòdul anàlisi RTP a Telephony/RTP)

Per analitzar el jitter s'ha d'anar a telefonía -> RTP -> RTP Stream Analysis.

Observem que el jitter màxim és de 0.161871 ms i la mitjana és de 0.110033 ms. El temps màxim delta es de 8,3715 ms i el valor de l'ample de banda comença en 11,52 i creix fins estabilizarse en els valors 1451,52 i 1463,04. I no hi ha pèrdues de paquets.

El valor del jitter és baix en comparació al valor del delta.

Stream 0		Gràfica							
Stream		Paquete	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	Ancho de banda	Marker	Estado
10.4.118.114:6970 →		12	35791	0.000000	0.000000	0.000000	11.52	✓	
10.4.118.116:46576		13	35792	8.106047	0.009469	-0.151502	23.04	✓	
<b>SSRC</b>	0xcd6bf4b20	14	35793	7.977319	0.010300	-0.174275	34.56	✓	
<b>Max Delta</b>	8.371514 ms @ 88	15	35794	7.879885	0.014323	-0.099615	46.08	✓	
<b>Max Jitter</b>	0.161871 ms	16	35795	7.975575	0.014742	-0.120644	57.60	✓	
<b>Mean Jitter</b>	0.110033 ms	17	35796	7.965023	0.014476	-0.131122	69.12	✓	
<b>Max Skew</b>	16.610339 ms	18	35797	7.901277	0.016900	-0.077853	80.64	✓	
<b>RTP Packets</b>	911	19	35798	7.938985	0.016816	-0.062293	92.16	✓	
<b>Expected</b>	911	20	35799	8.005929	0.018977	-0.113676	103.68	✓	
<b>Lost</b>	0 (0.00 %)	21	35800	8.085586	0.025981	-0.244717	115.20	✓	
<b>Seq Errs</b>	0	22	35801	7.661454	0.042675	0.048375	126.72	✓	
<b>Start at</b>	0.008303 s @ 12	23	35802	7.948954	0.040357	0.053966	138.24	✓	
<b>Duration</b>	7.22 s	24	35803	7.920182	0.039983	0.088329	149.76	✓	
<b>Clock Drift</b>	17 ms	25	35804	8.168281	0.050842	-0.125406	161.28	✓	
<b>Freq Drift</b>	44305 Hz (0.23 %)								
917	36692	7.957472	0.101623	16.446822		1463.04	✓		
918	36693	8.059339	0.101821	16.342029		1463.04	✓		
919	36694	7.932063	0.096862	16.364511		1463.04	✓		
920	36695	7.785465	0.101376	16.533591		1463.04	✓		
921	36696	8.071663	0.102360	16.416474		1451.52	✓		
922	36697	7.960004	0.096303	16.411015		1463.04	✓		
923	36698	7.922933	0.092260	16.442628		1463.04	✓		
924	36699	7.931982	0.087904	16.465191		1463.04	✓		
925	36700	7.809398	0.091482	16.610339		1463.04	✓		
926	36701	8.178853	0.099783	16.386031		1463.04	✓		

- d) calculeu teòricament el bitrate a nivell Ethernet i IP compareu-ho amb què calcula Wireshark.

A nivell de Ethernet la mida inclou les capçaleras Ethernet(14 bytes), IP(20 bytes), UDP(8 bytes), RTP(12 bytes) i les dades d'àudio(1400 bytes).

$$\text{Bitrate a nivell Ethernet} = 1454 \text{ bytes} / 0.00793651 \text{ s} = 183203,952 \times 8 = 1465631,62 \text{ bits/s} = 1465,63 \text{ kbits/s}$$

A nivell de IP la mida inclou les capçaleras IP(20 bytes), UDP(8 bytes), RTP(12 bytes) i les dades d'àudio calculades anteriorment.

$$\text{Bitrate a nivell IP} = 1454 \text{ bytes} - 14 \text{ bytes} / 0.00793651 \text{ s} = 181439,953 \times 8 = 1451519,62 \text{ bits/s} = 1451,52 \text{ kbits/s}$$

Si comparem amb wireshark podem observar que el valor del bitrate a nivell IP coincideix amb l'ample de banda del wireshark.

921	36696	8.071663	0.102360	16.416474	1451.52	✓
-----	-------	----------	----------	-----------	---------	---

## **Exercici 7 – Planificació de la sessió de laboratori**

Llegiu **els exercicis i els annexos** i planifiqueu tots els detalls, per aprofitar al màxim el temps de laboratori: quants ordinadors es necessiten per a cada activitat, quin software utilitzareu, quina configuració (xarxa, software, etc) es necessitarà.

Dividirem el grup en dues parelles, que facin el mateix per poder comparar resultats.

Els softwares que utilizarem serán el wireshark, netem, VideoLan, live555 i MedialInfo.

- Exercici 1: Utilitzarem en un dels 2 ordinadors el netem per limitar el QoS i comprovar amb iperf i ping els resultats entre el ús del netem i sense.
- Exercici 2: Utilitzarem els softwares Live555 i VideoLan, cada software en un ordenador diferent.
- Exercici 3: Utilitzarem els softwares Live555 i VLC, cada software en un ordenador diferent i a més utilitzarem el wireshark per capturar paquets RTP i veure estadístiques. I el netem per limitar.
- Exercici 4: Utilitzarem els softwares Live555 i VLC, cada software en un ordenador diferent. S'utilitzara el VideoLAN en els dos ordinadors, un com emissor i altre com receptor. Finalment utilitzarem els softwares wireshark, MedialInfo i Bitrateviewer

## 2 Sessió de laboratori

### Exercici 1: Proves bàsiques (20 minuts)

Sense introduir encara cap efecte de limitació de QoS, caracteritzeu amb ping i iperf l'estat ideal de la xarxa (retard mig, jitter i bitrate màxim entre dues màquines). Important: si treballieu amb màquines Windows, deshabiliteu el Firewall.

Ara passeu a executar netem en un dels PCs, experimenteu amb diferents limitacions de qualitat de servei, i comproveu amb ping i iperf els efectes obtinguts. Consell: proveu cada efecte per separat, i després, si hi ha temps, proveu alguna combinació. Tingueu en compte que (penseu per què i justifiqueu-ho!):

- Els efectes de retard i pèrdues es poden veure amb ping
- Els efectes de limitació de bitrate i pèrdues es poden veure amb iperf.

Realitzeu captures de les estadístiques de ping i iperf, i comenteu els resultats. Extraieu conclusions.

Introducció:

Començarem per fer un anàlisis de la xarxa sense cap limitació, un estat de xarxa “ideal”. Comprovarem amb dues màquines linux el retard mig, jitter y bitrate màxim, utilitzant les eines ping i iperf.

- La máquina 1, serà el client, té la IP: 191.168.60.81
- La máquina 2, el servidor, té la IP: 191.168.61.169

**Aquí podem observar la primera prova sense limitacions de netem:**

<b>Prova</b>	Ping desde el client al servidor
<b>Captura</b>	<pre>f4853755@AUL-1963:~\$ ping 192.168.61.169 PING 192.168.61.169 (192.168.61.169) 56(84) bytes of data. 64 bytes from 192.168.61.169: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.873 ms 64 bytes from 192.168.61.169: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.866 ms ^C --- 192.168.61.169 ping statistics --- 2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1001ms rtt min/avg/max/mdev = 0.866/0.869/0.873/0.003 ms</pre>
<b>Comentaris</b>	<p>El retard s'observa en la dada time, el temps que triga un paquet d'anar del client al servidor.</p> <p>S'observa un 0% de packet loss que significa que no hi ha paquets perduts i també s'observa un rtt baix de 0.869 ms que significa que no hi ha retard.</p>

<b>Prova</b>	Crear una connexió a partir del protocol iperf
<b>Captura</b>	<p><b>Client iperf:</b></p> <pre>f4853755@AUL-1963:~\$ iperf -c 192.168.61.169 -u -i 1 -b 100G -t 10000 ----- Client connecting to 192.168.61.169, UDP port 5001 Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 0.11 us (kalman adjust) UDP buffer size: 208 KByte (default)  [  3] local 192.168.60.81 port 46620 connected with 192.168.61.169 port 5001 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth [  3]  0.0- 1.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  1.0- 2.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  2.0- 3.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  3.0- 4.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  4.0- 5.0 sec   114 MBytes   953 Mbits/sec [  3]  5.0- 6.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  6.0- 7.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  7.0- 8.0 sec   114 MBytes   953 Mbits/sec [  3]  8.0- 9.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec [  3]  9.0-10.0 sec   114 MBytes   953 Mbits/sec [  3] 10.0-11.0 sec   114 MBytes   954 Mbits/sec ^C[  3]  0.0-11.3 sec  1.26 GBytes   954 Mbits/sec [  3] Sent 920078 datagrams [  3] Server Report: [  3]  0.0-11.3 sec  1.24 GBytes   938 Mbits/sec   0.060 ms 15467/920078 (1.7%)</pre> <p><b>Servidor iperf:</b></p> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ iperf -s -u ----- Server listening on UDP port 5001 Receiving 1470 byte datagrams UDP buffer size: 208 KByte (default)  [  3] local 192.168.61.169 port 5001 connected with 192.168.60.81 port 46620 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams [  3]  0.0-11.3 sec  1.24 GBytes   938 Mbits/sec   0.061 ms 15467/920078 (1.7%)</pre>
<b>Comentaris</b>	<p>Podem veure com, encara de ser un escenari ideal, en tallar la connexió iperf el servidor reporta un 1,7% de pèrdua de paquets. Això no és una dada alarmant, ja que si la pèrdua es sitúa entre el 1-2,5% es un ràtio acceptable.<sup>1</sup> A més a més, podem veure que iperf és molt millor detector per a la pèrdua de paquets, ja que el ping, tenint les mateixes característiques de xarxa, no ha detectat cap percentatge.</p> <p>També podem veure que l'ample de banda té uns valors al voltant del 954 Mbits/s en el client. I el servidor, al final del test reporta una mitja de 938 Mbits/s. Aquesta variació als resultats, probablement es deu a algun petit retard en la xarxa que ha afectat al servidor i també és conseqüència de les pèrdues.</p>

Després d'aquestes proves podem determinar que les característiques de la nostra xarxa són:

<sup>1</sup> ["ICTP-SDU: About PingER"](#)

- Jitter: 0.061ms, extret amb l'eina Iperf, amb el report final del servidor
- Bitrate màx: 954 Mbits/s, extret amb l'eina Iperf amb la informació del client
- Retard mig: 0.869 ms, extret amb l'eina de Ping
- Pèrdua de paquets: 0%, si considerem l'eina de Ping, però un 1.7% amb l'eina d'iperf. Tal i com hem concluit en l'última prova, iperf és més encertat a l'hora de deduir la tasa de pèrdua de paquets, per tant considerarem 1.7% com la tasa de pèrdua de la nostra xarxa.

### Amb limitacions de netem:

Una vegada comprovats els resultats que s'obtenen en un escenari de xarxa ideal, ara farem proves limitant la xarxa, utilitzant l'eina netem a la màquina client.

<b>Prova</b>	Prova ping amb la modificació del retard fix de 100ms
<b>Captura</b>	<p>Client de ping:</p> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ sudo tc qdisc add dev eno1 root netem delay 100ms f3866904@AUL-1962:~\$ ping 192.168.60.81 PING 192.168.60.81 (192.168.60.81) 56(84) bytes of data. 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=1 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=2 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=3 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=4 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=5 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=6 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=7 ttl=64 time=101 ms 64 bytes from 192.168.60.81: icmp_seq=8 ttl=64 time=101 ms ^C --- 192.168.60.81 ping statistics --- 8 packets transmitted, 8 received, 0% packet loss, time 7010ms rtt min/avg/max/mdev = 100.553/100.846/101.041/0.164 ms</pre>
<b>Comentaris</b>	<p>Comparat amb el ping de la xarxa ideal, en aquesta prova es pot observar que el temps enviat per cada paquet és de 101 ms quan abans era al voltant de 0,8 ms.</p> <p>També no perd cap paquet mantenint el 0% de paquet loss que l'original.</p> <p>El rtt també es veu afectat tenint una mitjana de 100.846 ms quan abans era de 0,869 ms.</p> <p>Això és perquè al fixar un temps de retard fix, els paquets s'hauran desperar a que passi aquell temps especificat per ser enviat, per això es triga 100 especificat en la comanda + 1 de transmissió del paquet.</p>

<b>Prova</b>	Prova del servei iperf amb la modificació del jitter del 100ms 75 ms
<b>Captura</b>	<p>Client iperf:</p> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ sudo tc qdisc add dev eno1 root netem delay 100ms 75ms</pre> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ iperf -c 192.168.60.81 -u -i 1 -b 20M -t 5 Client connecting to 192.168.60.81, UDP port 5001 Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 560.76 us (kalman adjust) UDP buffer size: 208 KByte (default)  [ 3] local 192.168.61.169 port 55885 connected with 192.168.60.81 port 5001 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth [ 3]  0.0- 1.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [ 3]  1.0- 2.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [ 3]  2.0- 3.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [ 3]  3.0- 4.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [ 3]  0.0- 5.0 sec   12.5 MBytes   21.0 Mbits/sec [ 3] Sent 8917 datagrams [ 3] Server Report: [ 3]  0.0- 5.0 sec   12.4 MBytes   20.7 Mbits/sec  42.566 ms   61/ 8917 (0.68%) [ 3] 0.0000-5.0428 sec  8151 datagrams received out-of-order</pre> <p>Servidor iperf :</p> <pre>^Cf4853755@AUL-1963:~\$ iperf -s -u Server listening on UDP port 5001 Receiving 1470 byte datagrams UDP buffer size: 208 KByte (default)  [ 3] local 192.168.60.81 port 5001 connected with 192.168.61.169 port 55885 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth     Jitter    Lost/Total Datagrams [ 3]  0.0- 5.0 sec   12.4 MBytes   20.7 Mbits/sec  42.567 ms   61/ 8917 (0.68%) [ 3] 0.0000-5.0428 sec  8151 datagrams received out-of-order [ 3] WARNING: ack of last datagram failed after 10 tries. [ 4] local 192.168.60.81 port 5001 connected with 192.168.61.169 port 55885</pre>
<b>Comentaris</b>	<p>Aplicant un delay d'entre 100 ms i 75 ms</p> <p>En aquest cas al utilitzar iperf, veiem que hi ha unes pèrdues del 0.68%, per tant com que és menor del 1%, es un bon indicí que no tenim tantes pèrdues.</p>

Prova	Bitrate
Captura	<p>Client iperf:</p> <pre>tc qdisc add dev eth1 root handle 1: tbf rate 5000kbit burst 1600 limit 3000</pre> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ iperf -c 192.168.60.81 -u -i 1 -b 20M -t 15 ----- Client connecting to 192.168.60.81, UDP port 5001 Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 560.76 us (kalman adjust) UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.61.169 port 37161 connected with 192.168.60.81 port 5001 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth [  3]  0.0- 1.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  1.0- 2.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  2.0- 3.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  3.0- 4.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  4.0- 5.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  5.0- 6.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  6.0- 7.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  7.0- 8.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  8.0- 9.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  9.0-10.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 10.0-11.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 11.0-12.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 12.0-13.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 13.0-14.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  0.0-15.0 sec  37.5 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] Sent 26750 datagrams [  3] Server_Report: [  3]  0.0-15.2 sec  8.68 MBytes  4.78 Mbits/sec  15.966 ms 20556/26751 (77%)</pre> <p>Servidor iperf:</p> <pre>^Cf4853755@AUL-1963:~\$ iperf -s -u ----- Server listening on UDP port 5001 Receiving 1470 byte datagrams UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.60.81 port 5001 connected with 192.168.61.169 port 37161 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter      Lost/Total Datagrams [  3]  0.0-15.2 sec  8.68 MBytes  4.78 Mbits/sec  15.967 ms 20556/26751 (77%)</pre>
Comentaris	Com podem veure, la pèrdua de paquets es al 77%, per tant si que es una dada alarmant, ja que supera el rang acceptable de pèrdues (1-2,5%)

<b>Prova</b>	Pèrdua de paquets 0.1%
<b>Captura</b>	<p>Client iperf:</p> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ sudo tc qdisc add dev eno1 root netem loss 0.1% f3866904@AUL-1962:~\$ iperf -c 192.168.60.81 -u -i 1 -b 20M -t 15 ----- Client connecting to 192.168.60.81, UDP port 5001 Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 560.76 us (kalman adjust) UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.61.169 port 51072 connected with 192.168.60.81 port 5001 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth [  3]  0.0- 1.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  1.0- 2.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  2.0- 3.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  3.0- 4.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  4.0- 5.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  5.0- 6.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  6.0- 7.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  7.0- 8.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  8.0- 9.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  9.0-10.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3] 10.0-11.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3] 11.0-12.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3] 12.0-13.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3] 13.0-14.0 sec   2.50 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3]  0.0-15.0 sec  37.5 MBytes   21.0 Mbits/sec [  3] Sent 26750 datagrams [  3] Server Report: [  3]  0.0-15.0 sec  37.4 MBytes   20.9 Mbits/sec   0.142 ms   37/26750 (0.14%)</pre> <p>Servidor iperf:</p> <pre>^Cf4853755@AUL-1963:~\$ iperf -s -u ----- Server listening on UDP port 5001 Receiving 1470 byte datagrams UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.60.81 port 5001 connected with 192.168.61.169 port 51072 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams [  3]  0.0-15.0 sec   37.4 MBytes   20.9 Mbits/sec   0.143 ms   37/26750 (0.14%)</pre>
<b>Comentaris</b>	Podem veure que efectivament el percentatge de paquets perduts(0.14%) és aproximadament el mateix que el valor que hem indicat amb netem(0.1%).

<b>Prova</b>	Pèrdues correlades
<b>Captura</b>	<p>Client iperf:</p> <pre>f3866904@AUL-1962:~\$ sudo tc qdisc add dev eno1 root netem loss 0.3% 25% f3866904@AUL-1962:~\$ iperf -c 192.168.60.81 -u -i 1 -b 20M -t 15 ----- Client connecting to 192.168.60.81, UDP port 5001 Sending 1470 byte datagrams, IPG target: 560.76 us (kalman adjust) UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.61.169 port 42101 connected with 192.168.60.81 port 5001 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth [  3]  0.0- 1.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  1.0- 2.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  2.0- 3.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  3.0- 4.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  4.0- 5.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  5.0- 6.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  6.0- 7.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  7.0- 8.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  8.0- 9.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3]  9.0-10.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 10.0-11.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 11.0-12.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 12.0-13.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 13.0-14.0 sec  2.50 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] 0.0-15.0 sec  37.5 MBytes  21.0 Mbits/sec [  3] Sent 26750 datagrams [  3] Server Report: [  3]  0.0-15.0 sec  37.5 MBytes  21.0 Mbits/sec   0.108 ms   0/26750 (0%)</pre> <p>Servidor iperf:</p> <pre>^Cf4853755@AUL-1963:~\$ iperf -s -u ----- Server listening on UDP port 5001 Receiving 1470 byte datagrams UDP buffer size: 208 KByte (default) ----- [  3] local 192.168.60.81 port 5001 connected with 192.168.61.169 port 42101 [ ID] Interval      Transfer     Bandwidth      Jitter    Lost/Total Datagrams [  3]  0.0-15.0 sec  37.5 MBytes  21.0 Mbits/sec  0.109 ms   0/26750 (0%)</pre>
<b>Comentaris</b>	En aquest cas no hi han pèrdues, això és degut a que l'ampla de banda no supera el límit establert

Com un comentari extra, podem concloure que iperf és més precís que ping.

## Exercici 2: Comparació de polítiques d'enviament (20 minuts)

Ara compararem les polítiques d'enviament de paquets seguides per dos servidors: Live555 (que utilitza l'escenari *pull*: el terminal demana el contingut al servidor) i VideoLAN actuant com a transmissor (un bon exemple de l'escenari *push*: el transmissor envia el contingut directament al receptor, que només ha d'obrir el port i començar a rebre els paquets). Consulteu els annexos 1 i 2 per saber com utilitzar els dos servidors.

- Configureu un escenari amb Live555MediaServer com a servidor i VideoLAN com a client (escenari *pull*). Realitzeu una transmissió del fitxer a.wav sense deterioraments de QoS, captureu els paquets RTP i comproveu els mateixos càlculs que vau fer a l'exercici previ 6: calculeu el temps d'àudio transportat en cada paquet i avalueu-ne el jitter.  
- No s'ha pogut fer sense Live555 -
- Repetiu a) però amb VideoLAN actuant com a transmissor i receptor (mode *push*). De nou, analitzeu amb Wireshark els temps delta i la fluctuació d'ambdós fluxos.

<b>Prova</b>	VideoLan com a emissor i receptor de paquets amb un estat de xarxa ideal
<b>Captures</b>	

Wireshark: RTP Stream Analysis							
Forward Direction		Reversed Direction					
Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	IP BW(kbps)	Marker	Status
1106	39946	0.02	12.45	1150.57	1460.26	[ok]	
1107	39947	49.97	14.62	1103.40	1444.58	[ok]	
1108	39948	0.02	14.19	1111.26	1433.15	[ok]	
1109	39949	0.02	13.80	1119.13	1433.15	[ok]	
1110	39950	0.02	13.43	1127.01	1433.15	[ok]	
1111	39951	0.02	13.08	1134.87	1440.32	[ok]	
1112	39952	0.02	12.76	1142.74	1451.74	[ok]	
1113	39953	0.02	12.45	1150.61	1456.00	[ok]	
1114	39954	49.88	14.61	1103.53	1467.42	[ok]	
1115	39955	0.02	14.19	1111.39	1467.42	[ok]	
1116	39956	0.02	13.80	1119.26	1467.42	[ok]	
1117	39957	0.02	13.43	1127.13	1467.42	[ok]	
1118	39958	0.02	13.08	1135.00	1467.42	[ok]	
1119	39959	0.02	12.75	1142.87	1467.42	[ok]	
1120	39960	0.02	12.45	1150.74	1460.26	[ok]	
1121	39961	49.89	14.61	1103.64	1467.42	[ok]	
1122	39962	0.02	14.19	1111.50	1467.42	[ok]	
1123	39963	0.02	13.80	1119.38	1467.42	[ok]	
1124	39964	0.02	13.43	1127.24	1467.42	[ok]	
1125	39965	0.02	13.08	1135.11	1467.42	[ok]	
1126	39966	0.02	12.75	1142.99	1467.42	[ok]	
1127	39967	0.02	12.45	1150.85	1460.26	[ok]	
Max delta = 50,23 ms at packet no. 492 Max jitter = 14,65 ms. Mean jitter = 13,28 ms. Max skew = 1219,16 ms. Total RTP packets = 5061 (expected 5061) Lost RTP packets = 1 (0,02%) Sequence errors = 1 Duration 35,01 s (159 ms clock drift, corresponding to 44300 Hz (+0,45%))							

286	39248	0.000000	7.059912	1058.586727	1551.65	✓
287	39249	0.001000	7.111503	1066.472091	1563.07	✓
288	39250	0.016000	7.158932	1074.342455	1574.50	✓
289	39252	0.001000	7.697232	1090.114182	1585.92	Wrong sequence number
290	39253	0.000000	7.709052	1098.000545	1590.18	✓
291	39254	8.416000	7.578521	1092.380000	1601.60	✓

**Comentaris** Podem veure que els valors del delta, van en 6 paquets de 0.02 ms seguits per un paquet sol del voltant del 49ms, això es perque l'àudio s'envia en buffers de 6 paquets seguits i després necessita uns 50 ms més per esperar els següents 6 paquets creant així aquestes ràfegues i canvis en el valor del delta. Després tot el jitter és reparteix homogèniament com es pot veure en el filter jitter que tots els paquets tenen entre 12 i 14 ms. Podem observar també que tots els paquets tenen l'estat de OK, menys un al inici de la retransmissió que ens diu que és un paquet que ha arribat en un ordre incorrecte, justificant així el percentatge de 0.02 de paquets perduts.

- c) Quines són les vostres conclusions sobre la manera com els dos servidors programen les transmissions de paquets? Hi ha algun jitter induït per algun dels dos emissors? Per què?

<b>Comentaris</b>	Per poder enviar entre dos ordinadors un àudio, hem trobat molt interessant la manera de conectar a través de la ip i sobretot l'especificació dels ports per poder llegir correctament els paquets en VLC per àudio. I sobre el Wireshark ha sigut interessant veure la gran retransmissió de tots els paquets en directe, poder aplicar un filtratge
-------------------	--

en aquests i veure les seves estadístiques.

En aquest cas no hem pogut detectar cap tipus d'error en la transmissió de l'àudio des del client, VLC escoltant la cançó clara i quasi alhora que el servidor VLC, també hem vist que hem pogut parar la cançó des del servidor i parant la del client quasi al mateix instant.

Si que existeix un jitter induït per VLC emissor, com hem observat hi ha un jitter molt alt cada 6 paquets, ja que el seu funcionament és enviar 6 paquets seguits i després hi ha un paquet que té un jitter molt gran esperant la següent tanda.

### Exercici 3: Àudio amb problemes de QoS (30 minuts)

Torneu a l'escenari amb Live555 com servidor i VLC com client (mode pull) accedint al fitxer d'àudio a.wav. Proveu els diferents efectes per separat, i si hi ha temps, alguna combinació. Per a cadascun dels casos, avalueu qualitativament els efectes sobre l'àudio i analitzeu quantitativament els efectes sobre les estadístiques RTP de Wireshark.

- 1) **Limitació d'amplada de banda (bitrate):** al 120%, 100% i 90% del bitrate a nivell IP. Detecteu pèrdues quan es limita al 100%? Per què?

$$44100 \text{ mostre/s} * 16 \text{ bits/mostre} * 2 \text{ canals} = 1411200 \text{ bps} = 1411,2 \text{ kbps}$$

$$1442 - 54 = 1388;$$

- a) Limitació 120%:

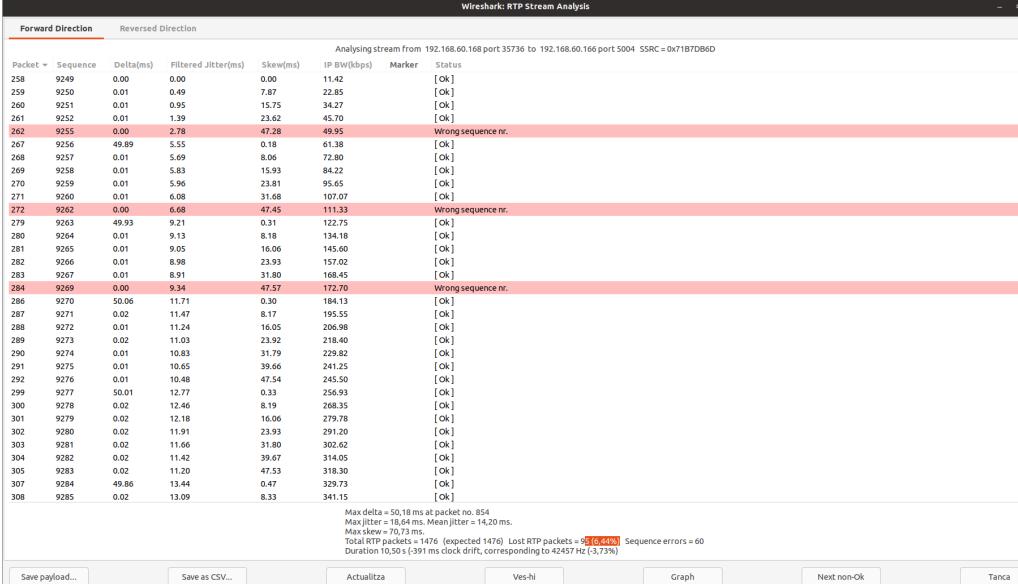
<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'àudio mitjançant VLC amb limitació de l'ampla de banda del 120%
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc add dev eno1 root tbf rate 1.2gbit burst 1600 limit 3000</code>
<b>Captura</b>	<p>Max delta = 50,16 ms at packet no. 3215      Max jitter = 16,50 ms. Mean jitter = 13,76 ms.      Max skew = 92,90 ms.      Total RTP packets = 2835 (expected 2835) Lost RTP packets = 214 (7,55%) Sequence errors = 164      Duration 20,20 s (-650 ms clock drift, corresponding to 42681 Hz (-3,22%))</p>
<b>Comentaris</b>	<p>Hem pogut escoltar l'àudio prou bé, sense gaires interrupcions i molt poques vegades hem pogut detectar una pèrdua d'àudio.</p> <p>En les estadístiques podem veure que el nombre de paquets perduts: 7,55% , però una millor manera de saber el nombre de paquets perduts seria quants paquets s'han perdut durant el temps de reproducció que seria:</p>

	<p><math>20.20/164=0,123170732</math> s/paquet_perdit</p> <p>Un valor prou baix, dient-nos que cada 0.123 segons es perd un paquet.</p>
--	---

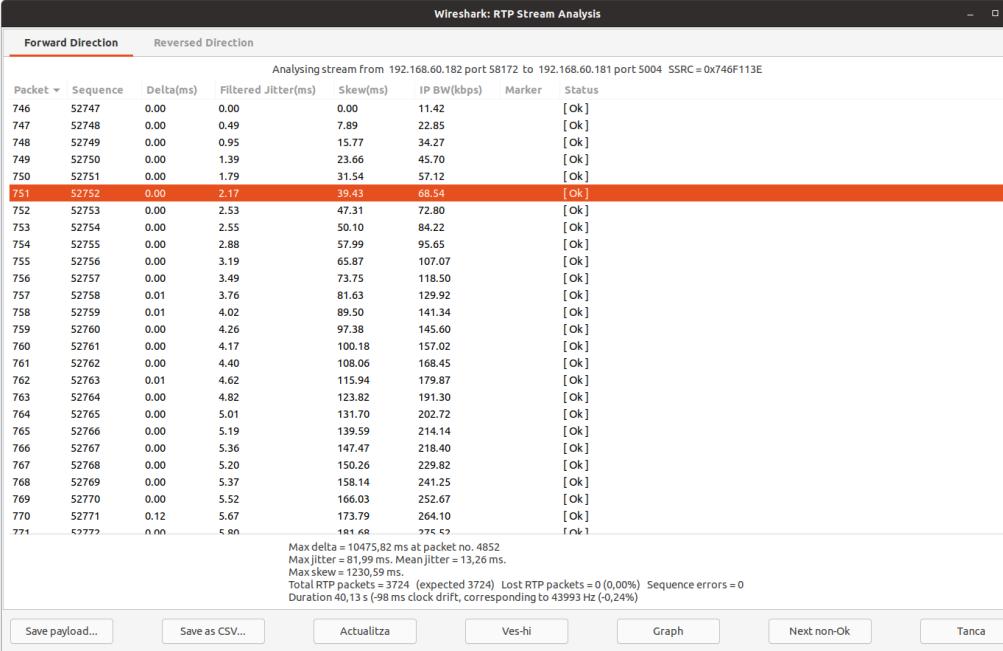
b) Limitació 100%:

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació de l'ampla de banda del 100%
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc add dev eno1 root tbf rate 1gbit burst 1600 limit 3000</code>
<b>Captura</b>	<p>Max delta = 50,12 ms at packet no. 482      Max jitter = 17,23 ms. Mean jitter = 13,86 ms.      Max skew = 76,12 ms.      Total RTP packets = 1819 (expected 1819) Lost RTP packets = 115 (6,32%) Sequence errors = 105      Duration 12,95 s (-385 ms clock drift, corresponding to 42789 Hz (-2,97%))</p>
<b>Comentaris</b>	<p>En aquesta prova, l'àudio s'escoltava prou bé però es podria detectar cada cert temps una pèrdua d'àudio i de qualitat d'aquest.</p> <p>En les estadístiques podem veure que el nombre de paquets perduts: 6.32 %</p> <p>I en el ratio anterior ens dona <math>12,95 \text{ s} / 105 = 0,123333333</math> s/paquet_perdit</p> <p>Ens dóna un valor més alt que en la limitació de 120%.</p> <p>Ens dóna pèrdues, encara que hi hagi una capacitat de 100% , sempre hi ha certs paquets que tenen un jitter més alt que el límit teòric del 100%, fent que aquest sobrepassi l'amplada de banda i que es produueix pèrdues.</p>

c) Limitació 90%:

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació de l'ampla de banda del 90%
<b>Comanda</b>	sudo tc qdisc del dev eno1 root tbf rate 900mbit burst 1600 limit 3000
<b>Captura</b>	 <p>Max delta = 50,18 ms at packet no. 854      Max jitter = 18,64 ms. Mean jitter = 14,20 ms.      Max skew = 70,73 ms.      Total RTP packets = 1476 (expected 1476) Lost RTP packets = 95 (6,44%) Sequence errors = 60      Duration 10,50 s (-391 ms clock drift, corresponding to 42457 Hz (-3,73%))</p>
<b>Comentaris</b>	<p>En comparació amb l'apartat a i b, es noten més les pèrdudes i s'escolta estil com la ràdio</p> <p>En les estadístiques podem veure que el nombre de paquets perduts : 6,44%</p> <p>I en el ratio anterior ens dona <math>10.50/60=0,175\text{s/paquet_perduto}</math></p> <p>Un valor molt més alt que els dos anteriors degut al canvi de limitació de 90%, fent que no es pugui transmetre totalment l'àudio i hi hagi una baixada de qualitat en aquest.</p>

- 2) **Retard absolut.** Proveu 0.5s, 1s. Es poden mesurar amb Wireshark? Per què?

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació del retard absolut en 0.5s
<b>Comanda</b>	sudo tc qdisc add dev eno1 root netem delay 500ms
<b>Captura</b>	 <p>Max delta = 10475,82 ms at packet no. 4852      Max jitter = 81,99 ms. Mean jitter = 13,26 ms.      Max skew = 1230,59 ms.      Total RTP packets = 3724 (expected 3724) Lost RTP packets = 0 (0,00%) Sequence errors = 0      Duration 40,13 s (-98 ms clock drift, corresponding to 43993 Hz (-0,24%))</p>
<b>Comentaris</b>	Des de wireshark no podem provar que hi ha un retard, ja que no hi ha cap dada que ens ho faci saber, nosaltres podem saber d'aquest retard perquè al parar o iniciar la retransmissió de l'àudio des del servidor VLC, triga un cert temps en parar o iniciar en el client VLC, comprovant així que si que s'ha aplicat un cert delay i afectant en la qualitat de la interactivitat entre la connexió.

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació del retard absolut en 1s
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc add dev eno1 root netem delay 1000ms</code>
<b>Captura</b>	<p>Max delta = 50,30 ms at packet no. 3754      Max jitter = 14,65 ms. Mean jitter = 13,07 ms.      Max skew = 767,31 ms.      Total RTP packets = 1681 (expected 1681) Lost RTP packets = 0 (0,00%) Sequence errors = 0      Duration 11,26 s (-2152 ms clock drift, corresponding to 35673 Hz (-19,11%))</p>
<b>Comentaris</b>	<p>Com hem comentat abans des del Wireshark no es pot veure el retard, simplement ho podem saber que ha estat aplicat perquè al iniciar o parar la transmissió del servidor VLC, l'àudio del client VLC trigava certs milisegons per parar o iniciar la seva retransmissió.</p> <p>En aquesta prova hem pogut observar que el retard de més +1000ms comparat amb l'anterior, el temps la reproducció en el client tenia molt més retard.</p>

Com a comentari extra:

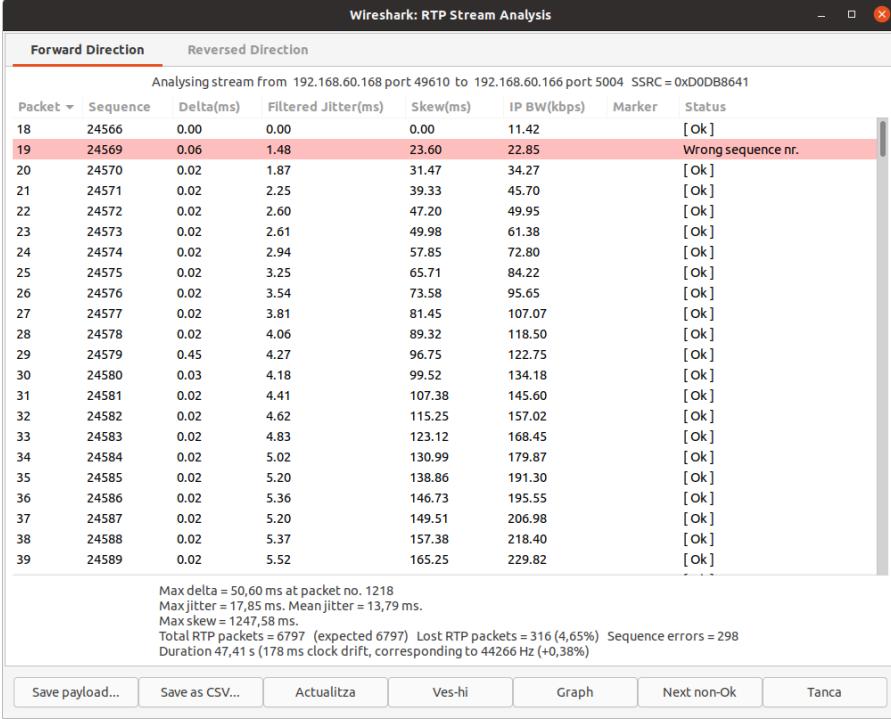
Suposem que Wireshark no detecta el retard absolut, ja que tant els dos ordinadors (emisor i receptor) no estan sincronitzats al 100% i perquè tampoc es marca el temps de sortida i d'arribada dels paquets

3) **Pèrdues.** Per exemple 1%, 5%, 10% (valors superiors probablement corrompen completament la transmissió).

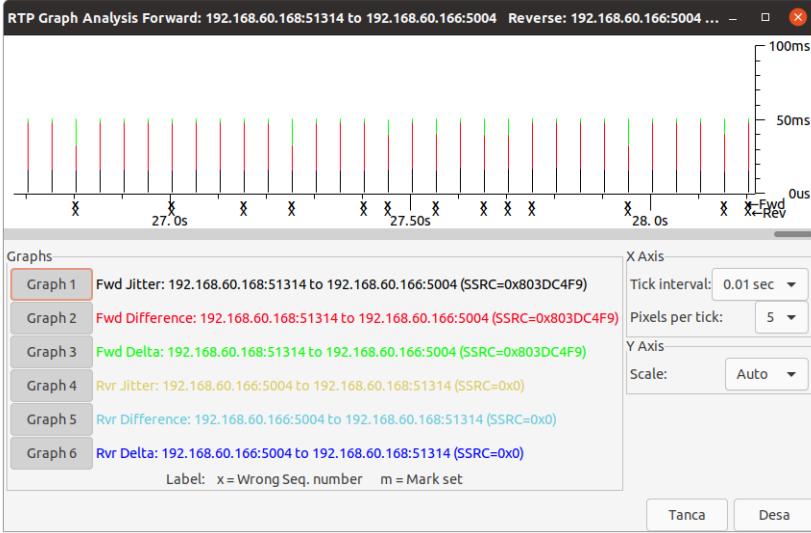
a) Pèrdues 1%:

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació de les pèrdues al 1%																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Comanda</b>	sudo tc qdisc change dev eno1 root netem loss 1%																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Captura</b>	 <table border="1" data-bbox="362 1134 1237 1785"> <thead> <tr> <th colspan="8">Analysing stream from 192.168.60.181 port 38509 to 192.168.60.170 port 5004 SSRC=0x2AC6CF59</th> </tr> <tr> <th>Packet</th> <th>Sequence</th> <th>Delta(ms)</th> <th>Filtered Jitter(ms)</th> <th>Skew(ms)</th> <th>[IP BW(kbps)]</th> <th>Marker</th> <th>Status</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1032</td><td>24001</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>197.30</td><td>291.40</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1653</td><td>24078</td><td>0.00</td><td>5.86</td><td>200.29</td><td>302.62</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1654</td><td>24079</td><td>0.00</td><td>5.98</td><td>208.17</td><td>314.05</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1655</td><td>24080</td><td>0.00</td><td>6.10</td><td>216.06</td><td>325.47</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1656</td><td>24081</td><td>0.00</td><td>6.21</td><td>223.94</td><td>336.90</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1657</td><td>24082</td><td>0.00</td><td>6.32</td><td>231.82</td><td>348.32</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1658</td><td>24083</td><td>0.00</td><td>6.41</td><td>239.70</td><td>359.74</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1659</td><td>24084</td><td>0.00</td><td>6.51</td><td>247.59</td><td>364.00</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1660</td><td>24085</td><td>0.01</td><td>6.27</td><td>250.37</td><td>375.42</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1661</td><td>24086</td><td>0.10</td><td>6.37</td><td>258.16</td><td>386.85</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1662</td><td>24087</td><td>0.06</td><td>6.46</td><td>265.98</td><td>398.27</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr style="background-color: #ffcccc;"><td>1663</td><td>24089</td><td>0.00</td><td>7.04</td><td>281.76</td><td>409.70</td><td>Wrong sequence nr.</td><td></td></tr> <tr><td>1664</td><td>24090</td><td>0.00</td><td>7.09</td><td>289.64</td><td>421.12</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1665</td><td>24091</td><td>0.00</td><td>7.14</td><td>297.53</td><td>425.38</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1666</td><td>24092</td><td>0.00</td><td>6.87</td><td>300.32</td><td>436.80</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1667</td><td>24093</td><td>0.05</td><td>6.93</td><td>308.16</td><td>448.22</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1668</td><td>24094</td><td>0.00</td><td>6.99</td><td>316.05</td><td>459.65</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1669</td><td>24095</td><td>0.00</td><td>7.05</td><td>323.93</td><td>471.07</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1670</td><td>24096</td><td>0.00</td><td>7.10</td><td>331.82</td><td>482.50</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1671</td><td>24097</td><td>0.00</td><td>7.15</td><td>339.70</td><td>493.92</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1672</td><td>24098</td><td>0.00</td><td>7.20</td><td>347.59</td><td>498.18</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1673</td><td>24099</td><td>0.00</td><td>6.92</td><td>350.39</td><td>509.60</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1674</td><td>24100</td><td>0.00</td><td>6.98</td><td>358.27</td><td>521.02</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1675</td><td>24101</td><td>0.05</td><td>7.03</td><td>366.11</td><td>532.45</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1676</td><td>24102</td><td>0.00</td><td>7.09</td><td>374.00</td><td>543.87</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1677</td><td>24103</td><td>0.00</td><td>7.14</td><td>381.88</td><td>555.30</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1678</td><td>24104</td><td>0.00</td><td>7.18</td><td>389.77</td><td>566.72</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1679</td><td>24105</td><td>0.05</td><td>7.22</td><td>397.60</td><td>570.98</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1680</td><td>24106</td><td>0.00</td><td>6.95</td><td>400.40</td><td>582.40</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1681</td><td>24107</td><td>0.00</td><td>7.01</td><td>408.28</td><td>593.82</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> <tr><td>1682</td><td>24108</td><td>0.00</td><td>7.06</td><td>416.17</td><td>605.25</td><td>[Ok]</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Maxdelta = 50.26 ms at packet no. 3754      Maxjitter = 15.94 ms Meanjitter = 13.40 ms.      Maxskew = 1247.14 ms.      Total RTP packets = 6797 (expected 6797) Lost RTP packets = 64 (0.94%) Sequence errors = 64</p> <p><a href="#">Save payload...</a> <a href="#">Save as CSV...</a> <a href="#">Actualiza</a> <a href="#">Ves-hi</a> <a href="#">Graph</a></p>	Analysing stream from 192.168.60.181 port 38509 to 192.168.60.170 port 5004 SSRC=0x2AC6CF59								Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	[IP BW(kbps)]	Marker	Status	1032	24001	0.00	0.00	197.30	291.40	[Ok]		1653	24078	0.00	5.86	200.29	302.62	[Ok]		1654	24079	0.00	5.98	208.17	314.05	[Ok]		1655	24080	0.00	6.10	216.06	325.47	[Ok]		1656	24081	0.00	6.21	223.94	336.90	[Ok]		1657	24082	0.00	6.32	231.82	348.32	[Ok]		1658	24083	0.00	6.41	239.70	359.74	[Ok]		1659	24084	0.00	6.51	247.59	364.00	[Ok]		1660	24085	0.01	6.27	250.37	375.42	[Ok]		1661	24086	0.10	6.37	258.16	386.85	[Ok]		1662	24087	0.06	6.46	265.98	398.27	[Ok]		1663	24089	0.00	7.04	281.76	409.70	Wrong sequence nr.		1664	24090	0.00	7.09	289.64	421.12	[Ok]		1665	24091	0.00	7.14	297.53	425.38	[Ok]		1666	24092	0.00	6.87	300.32	436.80	[Ok]		1667	24093	0.05	6.93	308.16	448.22	[Ok]		1668	24094	0.00	6.99	316.05	459.65	[Ok]		1669	24095	0.00	7.05	323.93	471.07	[Ok]		1670	24096	0.00	7.10	331.82	482.50	[Ok]		1671	24097	0.00	7.15	339.70	493.92	[Ok]		1672	24098	0.00	7.20	347.59	498.18	[Ok]		1673	24099	0.00	6.92	350.39	509.60	[Ok]		1674	24100	0.00	6.98	358.27	521.02	[Ok]		1675	24101	0.05	7.03	366.11	532.45	[Ok]		1676	24102	0.00	7.09	374.00	543.87	[Ok]		1677	24103	0.00	7.14	381.88	555.30	[Ok]		1678	24104	0.00	7.18	389.77	566.72	[Ok]		1679	24105	0.05	7.22	397.60	570.98	[Ok]		1680	24106	0.00	6.95	400.40	582.40	[Ok]		1681	24107	0.00	7.01	408.28	593.82	[Ok]		1682	24108	0.00	7.06	416.17	605.25	[Ok]	
Analysing stream from 192.168.60.181 port 38509 to 192.168.60.170 port 5004 SSRC=0x2AC6CF59																																																																																																																																																																																																																																																																									
Packet	Sequence	Delta(ms)	Filtered Jitter(ms)	Skew(ms)	[IP BW(kbps)]	Marker	Status																																																																																																																																																																																																																																																																		
1032	24001	0.00	0.00	197.30	291.40	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1653	24078	0.00	5.86	200.29	302.62	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1654	24079	0.00	5.98	208.17	314.05	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1655	24080	0.00	6.10	216.06	325.47	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1656	24081	0.00	6.21	223.94	336.90	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1657	24082	0.00	6.32	231.82	348.32	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1658	24083	0.00	6.41	239.70	359.74	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1659	24084	0.00	6.51	247.59	364.00	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1660	24085	0.01	6.27	250.37	375.42	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1661	24086	0.10	6.37	258.16	386.85	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1662	24087	0.06	6.46	265.98	398.27	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1663	24089	0.00	7.04	281.76	409.70	Wrong sequence nr.																																																																																																																																																																																																																																																																			
1664	24090	0.00	7.09	289.64	421.12	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1665	24091	0.00	7.14	297.53	425.38	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1666	24092	0.00	6.87	300.32	436.80	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1667	24093	0.05	6.93	308.16	448.22	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1668	24094	0.00	6.99	316.05	459.65	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1669	24095	0.00	7.05	323.93	471.07	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1670	24096	0.00	7.10	331.82	482.50	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1671	24097	0.00	7.15	339.70	493.92	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1672	24098	0.00	7.20	347.59	498.18	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1673	24099	0.00	6.92	350.39	509.60	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1674	24100	0.00	6.98	358.27	521.02	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1675	24101	0.05	7.03	366.11	532.45	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1676	24102	0.00	7.09	374.00	543.87	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1677	24103	0.00	7.14	381.88	555.30	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1678	24104	0.00	7.18	389.77	566.72	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1679	24105	0.05	7.22	397.60	570.98	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1680	24106	0.00	6.95	400.40	582.40	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1681	24107	0.00	7.01	408.28	593.82	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
1682	24108	0.00	7.06	416.17	605.25	[Ok]																																																																																																																																																																																																																																																																			
<b>Comentaris</b>	<p>Com podem observar en les estadístiques del Wireshark, podem veure que hi ha un 0.94% de pèrdues, verificant que s'ha aplicat correctament la pèrdua de 1% en la transmissió.</p> <p>S'escolta una mica d'estàtica, però la qualitat està bé, la cançó es reconeix i s'aprecia perfectament</p>																																																																																																																																																																																																																																																																								

b) Pèrdues 5%:

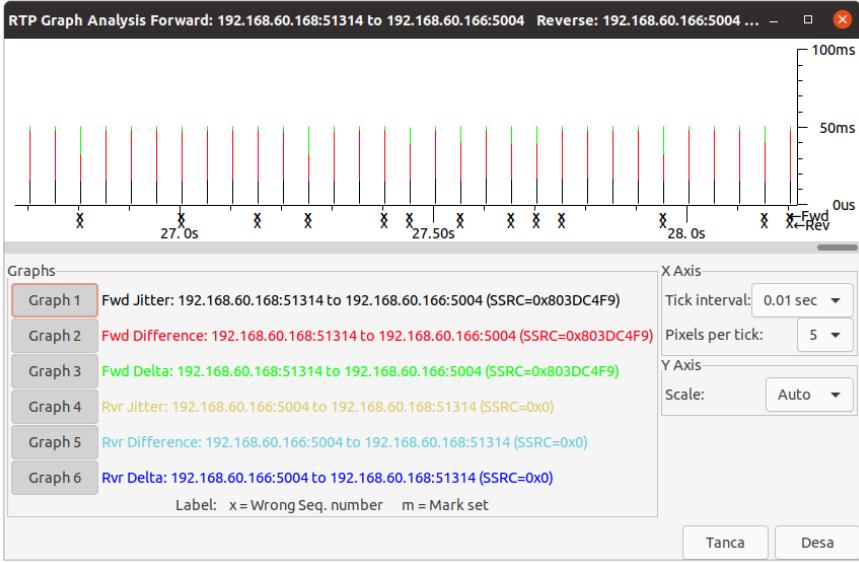
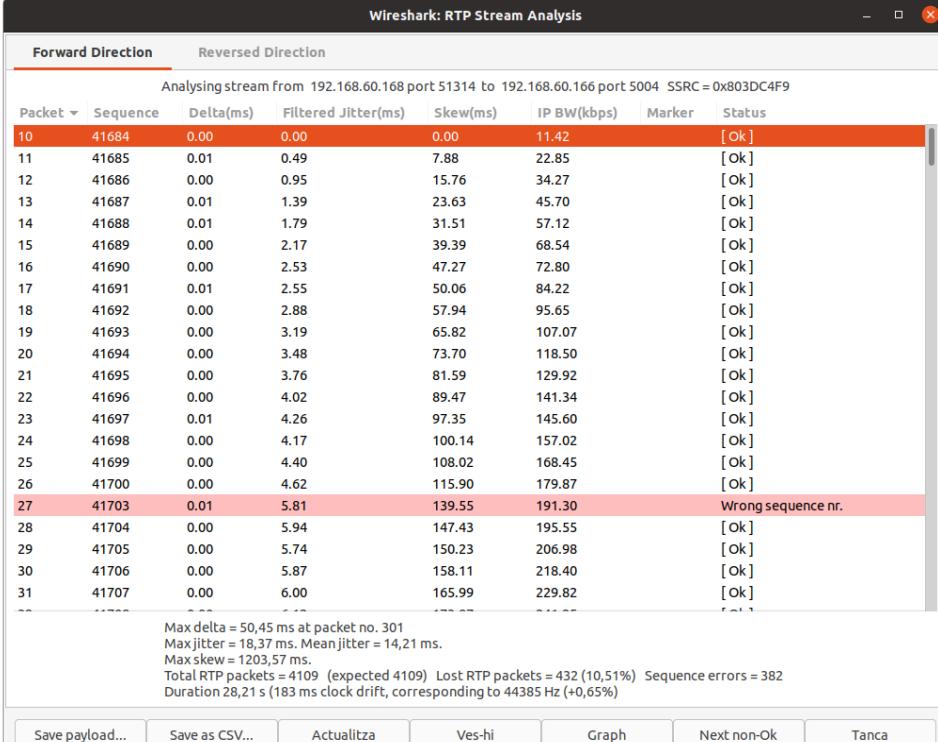
<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació de les pèrdues al 5%
<b>Comanda</b>	sudo tc qdisc change dev eno1 root netem loss 5%
<b>Captura</b>	 
<b>Comentaris</b>	<p>Podem observar que hi ha un 4,65% de pèrdues, verificant que s'ha aplicat correctament la pèrdua de 5%, en la transmissió.</p> <p>La cançó encara es reconeix, però s'escolta amb tallades d'àudio de ms que afecten a la qualitat.</p>

c) Pèrdues 10%:

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació de les pèrdues al 5%
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc change dev eno1 root netem loss 10%</code>
<b>Captura</b>	 <p>RTP Graph Analysis Forward: 192.168.60.168:51314 to 192.168.60.166:5004 Reverse: 192.168.60.166:5004 ...</p> <p>Graphs</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Graph 1 Fwd Jitter: 192.168.60.168:51314 to 192.168.60.166:5004 (SSRC=0x803DC4F9)</li> <li>Graph 2 Fwd Difference: 192.168.60.168:51314 to 192.168.60.166:5004 (SSRC=0x803DC4F9)</li> <li>Graph 3 Fwd Delta: 192.168.60.168:51314 to 192.168.60.166:5004 (SSRC=0x803DC4F9)</li> <li>Graph 4 Rvr Jitter: 192.168.60.166:5004 to 192.168.60.168:51314 (SSRC=0x0)</li> <li>Graph 5 Rvr Difference: 192.168.60.166:5004 to 192.168.60.168:51314 (SSRC=0x0)</li> <li>Graph 6 Rvr Delta: 192.168.60.166:5004 to 192.168.60.168:51314 (SSRC=0x0)</li> </ul> <p>X Axis Tick interval: 0.01 sec Pixels per tick: 5 Y Axis Scale: Auto</p> <p>Label: x = Wrong Seq. number m = Mark set</p> <p>Tanca Desa</p>
<b>Comentaris</b>	<p>Podem observar que hi ha un 10.51% de pèrdues, verificant que s'ha aplicat correctament la pèrdua de 10%, en la transmissió.</p> <p>Les parades són més llargues, però la cançó segueix sent reconeixible.</p>

- 4) **Jitter (variació del retard).** Proveu a)  $100 \pm 3$  ms, b)  $100$  ms  $\pm 10$  ms i c)  $100$  ms  $\pm 50$  ms (jitter petit, mitjà i alt comparat amb la separació teòrica entre paquets).

a)  $100 \pm 3$  ms,

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació del jitter a $100 \pm 3$ ms
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc change dev eno1 root netem delay 100ms 3ms</code>
<b>Captura</b>	 

<b>Comentaris</b>	Gairebé no s'escolta pèrdua de qualitat.
-------------------	--

b)  $100 \text{ ms} \pm 10 \text{ ms}$

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació del jitter a $100 \pm 10 \text{ ms}$
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc change dev eno1 root netem delay 100ms 10ms</code>
<b>Captura</b>	No hem pogut fer captures.
<b>Comentaris</b>	S'escolta perfecte. Hi ha una mica de retard a l'hora de fer pausa.

c)  $100 \text{ ms} \pm 50 \text{ ms}$

<b>Prova</b>	Enviament de paquets rtp d'audio mitjançant VLC amb limitació del jitter a $100 \pm 50 \text{ ms}$
<b>Comanda</b>	<code>sudo tc qdisc change dev eno1 root netem delay 100ms 50ms</code>
<b>Captura</b>	No hem pogut fer captures.
<b>Comentari</b>	S'escolta be. Pero hi ha més retard que abans - Wireshark creu que hi ha un gran percentatge de paquets perduts però és a causa de la reordenació de paquets, no perquè s'hagin perdut

Podeu veure reordenació de paquets? Com ho interpreta el mòdul d'anàlisi RTP de Wireshark? Si veieu pèrdues, són reals? Que està passant?

Si teniu temps, intenteu trobar la màxima capacitat de correcció de jitter que té el buffer del receptor, començant amb un jitter baix i augmentant fins que percebeu efectes a l'àudio.

<b>Comentari</b>	Desde wireshark no veiem reordenació de paquets, i per tant, quan un paquet arriba en l'ordre inesperat, el wireshark ho interpreta com a una pèrdua.  Realment no tot són pèrdues, ja que el paquet arriba (normalment, és clar, quan fem la limitació per exemple de % de pèrdues, els paquets realment s'han perdut). Algunes d'aquestes suposades pèrdues en realitat són paquets que han arribat en l'ordre incorrecte. VLC, al
------------------	--

	contrari de Wireshark, reordena els paquets i per tant podrem escoltar l'àudio perfectament.
--	--

## Exercici 4: Vídeo amb problemes de QoS (40 minuts)

De nou, començarem comparant de nou les polítiques d'enviament de paquets.

- Feu una transmissió amb Live555 com a servidor i VLC com a client (mode pull), amb el fitxer de vídeo a.mpg, utilitzant el perfil de vídeo RTP/AVP, sense afectacions de QoS. Analitzeu, només per als fluxos de vídeo i àudio, els temps delta i el jitter. -
  - No s'ha pogut fer sense Live555 -
- Repetiu a) amb dos VideoLANs, un com emissor i l'altre com receptor (mode push). En aquest cas, al receptor li haureu de dir que hi haurà un segon flux RTP que ha de sincronitzar amb el primer. De nou, analitzeu amb Wireshark els temps delta i la fluctuació dels fluxos d'àudio i vídeo.

<b>Prova</b>	VideoLan com a emissor i receptor de paquets amb un estat de xarxa ideal
<b>Captura</b>	<p>Captura wireshark:</p> <pre> 11717 147.695439 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11718 147.704881 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54719, Time=1120034614, Mark 11719 147.704623 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11720 147.712772 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 705 MPEG-1 message 11721 147.720885 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11722 147.726652 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54720, Time=1120036965, Mark 11723 147.727742 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11724 147.734874 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11725 147.749961 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11726 147.747124 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 184 MPEG-1 message 11727 147.754975 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54721, Time=1120039316, Mark 11728 147.755874 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11729 147.765273 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11730 147.777257 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1222 MPEG-1 message 11731 147.779299 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54722, Time=1120041667, Mark 11732 147.788014 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11733 147.795280 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11734 147.804680 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11735 147.805727 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54723, Time=1120044018, Mark 11736 147.813731 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 700 MPEG-1 message 11737 147.821880 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11738 147.830782 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11739 147.832819 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54724, Time=1120046370, Mark 11740 147.838768 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11741 147.847685 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 705 MPEG-1 message 11742 147.855693 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11743 147.858683 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54725, Time=1120048721, Mark 11744 147.862854 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11745 147.872763 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11746 147.889765 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 701 MPEG-1 message 11747 147.884697 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54726, Time=1120051072, Mark </pre> <p>Captura video:</p>
<b>Prova</b>	VideoLan com a emissor i receptor de paquets amb un estat de xarxa ideal
<b>Captura</b>	<p>Captura wireshark:</p> <pre> 11717 147.695439 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11718 147.704881 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54719, Time=1120034614, Mark 11719 147.704623 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11720 147.712772 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 705 MPEG-1 message 11721 147.720885 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11722 147.726652 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54720, Time=1120036965, Mark 11723 147.727742 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11724 147.734874 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11725 147.749961 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11726 147.747124 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 184 MPEG-1 message 11727 147.754975 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54721, Time=1120039316, Mark 11728 147.755874 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11729 147.765273 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11730 147.777257 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1222 MPEG-1 message 11731 147.779299 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54722, Time=1120041667, Mark 11732 147.788014 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11733 147.795280 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11734 147.804680 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11735 147.805727 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54723, Time=1120044018, Mark 11736 147.813731 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 700 MPEG-1 message 11737 147.821880 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11738 147.830782 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11739 147.832819 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54724, Time=1120046370, Mark 11740 147.838768 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11741 147.847685 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 705 MPEG-1 message 11742 147.855693 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11743 147.858683 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54725, Time=1120048721, Mark 11744 147.862854 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11745 147.872763 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 1442 MPEG-1 message 11746 147.889765 192.168.1.137 192.168.1.56 MPEG-1 701 MPEG-1 message 11747 147.884697 192.168.1.137 192.168.1.56 RTP 476 PT=MPEG-1/II Audio, SSRC=0x6C1299B1, Seq=54726, Time=1120051072, Mark </pre> <p>Captura video:</p>

Stream 0									Gráfica	
Stream	Paquete	Sequence	Delta (ms)	Jitter (ms)	Skew	Ancho de banda	Marker	Estado		
192.168.1.137:58354 → 192.168.1.56:5004	2639	29793	0.000000	0.000000	0.000000	11.42	✓			
	2640	29794	5.072000	0.317000	-5.072000	22.85	✓			
SSRC 0xd5caa43b	2641	29795	2.981000	0.483500	-8.053000	34.27	✓			
Max Delta 34.138000 ms @ 5801	2642	29796	4.825000	0.754844	-12.878000	45.70	✓			
Max Jitter 32.837186 ms	2643	29797	5.095000	1.026104	-17.973000	57.12	✓			
Mean Jitter 23.285934 ms	2644	29798	4.998000	1.274347	-22.971000	68.54	✓			
Max Skew 69.290000 ms	2645	29799	4.194000	1.456825	-27.165000	76.48	• ✓			
RTP Packets 6652	2646	29800	4.899000	7.315836	68.036000	87.90	✓			
Expected 6652	2648	29801	9.131000	7.429284	58.905000	99.33	✓			
Lost 0 (0.00 %)	2649	29802	8.091000	7.470641	50.814000	110.75	✓			
Seq Errs 0	2650	29803	8.079000	7.508664	42.735000	116.26	• ✓			
Start at 94.536133 s @ 2639	2652	29804	8.152000	11.719706	-32.150333	127.69	✓			
Duration 55.28 s	2653	29805	8.858000	11.540849	-41.008333	139.11	✓			
Clock Drift 4 ms	2654	29806	8.103000	11.325983	-49.111333	150.54	✓			
Freq Drift 90014 Hz (0.01 %)	2656	29807	8.264000	11.134609	-57.375333	156.04	• ✓			
	2657	29808	9.070000	11.956544	-33.089778	167.46	✓			
	2658	29809	8.001000	11.709322	-41.090778	178.89	✓			
	2660	29810	8.150000	11.486864	-49.240778	190.31	✓			
	2661	29811	7.984000	11.267935	-57.224778	195.82	• ✓			
	2662	29812	7.217000	18.454988	69.036000	207.24	✓			
	2664	29813	9.992000	17.926051	59.044000	218.66	✓			
	2665	29814	7.219000	17.256861	51.825000	230.09	✓			
	2666	29815	8.880000	16.733307	-42.945000	235.62	• ✓			
	2668	29816	8.157000	20.368121	-31.945333	247.04	✓			
	2669	29817	8.164000	19.605363	-40.109333	258.46	✓			
	2670	29818	8.222000	18.893903	-48.331333	269.89	✓			
	2672	29819	8.894000	18.268909	-57.225333	275.38	• ✓			
	2673	29820	8.167000	18.701387	-32.036778	286.81	✓			
	2674	29821	7.944000	18.029050	-39.980778	298.23	✓			
	2676	29822	9.049000	17.467797	-49.029778	309.66	✓			
	2680	29823	8.081000	16.881122	-57.110778	315.15	• ✓			
	2681	29824	8.082000	23.663288	68.285000	326.58	✓			
	2682	29825	3.933000	22.430145	64.352000	338.00	✓			
	2684	29826	4.113000	21.285324	60.239000	349.42	✓			
	2685	29827	3.312000	20.161991	56.927000	360.85	✓			
	2686	29828	3.167000	19.099804	53.760000	372.27	✓			
	2687	29829	4.866000	18.210191	48.894000	383.70	✓			
	2688	29830	3.733000	17.305367	45.161000	395.12	✓			
	2689	29831	2.992000	16.410781	42.169000	406.54	✓			
	2690	29832	3.494000	15.602858	38.695000	407.04	• ✓			

Wiresnark - RTP Stream Analysis - captura 4 video.jpcapng

Stream 0 Gráfica

Value (ms)

Arrival Time

Stream 0 Stream 0 Jitter Stream 0 Difference Stream 0 Delta

Activar Windows Ve a Configuración para...

Preparar Filtro | Play Streams Exportar Cerrar Ayuda

Captura audio:

<b>Comentar i</b>	<p>En aquesta prova s'han enviat paquets tant de audio com de video de manera intercalada.</p> <p><b>Captura video:</b></p> <p>El valor del jitter ronda els 20 i 30 ms, es bastant alt comparat amb el valor del delta.</p> <p>No hi ha pèrdues de paquets.</p> <p>Es veuen ràfegues de paquets seguits i després una separació per el fet de que el video son moltes imatges que es separen en fragments que son transportats en diversos paquets.</p> <p><b>Captura audio:</b></p> <p>Els valors del QoS son tots de 0 ms.</p>

- c) Compareu els resultats obtinguts en a) i b), i amb els que heu obtingut a l'Ex 2, i comenteu les vostres conclusions.

<b>Comentar i</b>	Respecte al jitter observem que en l'exercici 2 hi ha molt menys jitter que l'exercici 4. En canvi el max delta en l'exercici 4 es menor que del 2, això té a veure amb que a l'exercici 2 els paquets s'envien a ràfegues y en el video es bastant constant el valor del delta.
-------------------	--

	Sobre les pèrdues de paquets, en els dos exercicis son quasi nuls.
--	--

- d) Ara ens centrem en els efectes del deteriorament de la QoS. Mantingueu l'escenari push (transmissió directa entre VideoLAN) i introduïu els problemes de QoS. Proveu l'efecte de les següents deficiències de QoS una per una i, si us queda temps, proveu alguna combinació. Per a cadascun dels casos, avalueu qualitativament els efectes sobre l'àudio i analitzeu quantitativament els efectes sobre les estadístiques RTP de Wireshark. A banda de les captures de Wireshark, preneu també captures de pantalla. Obtingueu i justifiqueu les vostres conclusions.
- 1) **Limitació d'amplada de banda (bitrate):** al 120%, 100% i 80% bitrate del vídeo. Podeu veure pèrdues inesperades? Relacioneu els efectes amb la informació sobre bitrate mig i de pic que us ha donat MediaInfo i BitRateViewer.
  - 2) **Pèrdues.** Per exemple 0,1%, 1%, 5%.

- 3) **Jitter (variació del retard).** Comenceu amb un valor baix i aneu pujant fins que supereu la capacitat del buffer del reproductor per a compensar el jitter.

Preneu captures de pantalla dels efectes sobre la qualitat de vídeo, juntament amb les captures de Wireshark, i analitzeu les estadístiques RTP de Wireshark. Compareu els resultats amb els paràmetres que heu utilitzat en netem. Extraieu conclusions.

- e) Si teniu temps, repetiu d) amb tron.mpg. Compareu els resultats amb els obtinguts amb l'altre fitxer, i comenteu les vostres conclusions.

### **3 Després de la sessió de laboratori**

#### **CONCLUSIONS GLOBALS:**

En general, després de les diferents proves, es pot concloure que les limitacions de QoS afecten significativament en el rendiment de la xarxa, especialment la pèrdua de paquets, que augmenta notablement amb les restriccions de bitrate i jitter i també augmenta el retard. I que, encara que aparentment podem pensar que cada paràmetre de QoS és independent, la deficiència d'un o més d'ells, pot resultar en la amplificació dels altres. Això vol dir que una xarxa en la que tinguem, per exemple, una ample de banda molt alt, un jitter i un percentatge de pèrdues baix, si el retard d'extrem a extrem és molt alt, la xarxa no serà òptima., Podem deduir que iperf és més efectiu que ping a l'hora d'avaluar les pèrdues de paquets,

Hem vist que VLC com a emissor presenta un jitter alt cada 6 paquetes (com un bloc). Per tant cada 6 paquets es notava un jitter significatiu.

Finalment podem afegir que les limitacions de QoS (pèrdua de paquets, jitter, retard i ample de banda) afecten a la qualitat de la transmissió d'àudio.