TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP HCM
KHOA KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT MÁY TÍNH

- - - - - - - - - - - -

MẠNG MÁY TÍNH

Báo cáo

VIDEO STREAMING

Giáo viên hướng dẫn: Bùi Xuân Giang
Sinh viên: Trần Quang Huy - 1812427
Nguyên Văn Hữu - 1812516
Huỳnh Trung Nghĩa - 1813221

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 11/2020

Mục lục

1 Bảng phân công nội dung

Thành viên phụ trách	Nội dung	Phần trăm hoàn thành	Chú thích
Nguyễn Văn Hữu	Phần Basic + Extend 1	100	Nhóm trưởng
Trần Quang Huy	Phần Basic + Extend 2	100	
Huỳnh Trung Nghĩa	Phần Basic + Extend 3	100	

2 Phân tích yêu cầu

2.1 Functional

Chương trình gồm có 5 file:

- Client.py
- ClientLauncher.py
- RtpPacket.py
- Server.py
- ServerWorker.py

Hiện thực một ứng dụng truyền video trực tuyến giữa máy chủ và khách hàng sử dụng giao thức RTSP trong máy chủ và khử nhịp độ RTP trong máy khách hàng và quan tâm đến việc hiển thị video đã truyền.

- RTSP(Real Time Streaming Protocol): Thường được sử dụng trong các hệ thống giải trí và truyền thông để điều khiển các máy chủ đa phương tiện truyền trực tếp và kiểm soát các phiên truyền giữa các điểm cuối. RTSP chạy trên giao thức TCP.
- RTP(Real-time Transport Protocol) là giao thức dùng để chuyển tập tin video, âm thanh qua mạng IP, thường được sử dụng nhiều trong các hệ thông Streaming media. RTP chạy trên giao thức UDP.

2.2 Non-Functional

Một số yêu cầu phi chức năng như:

- Socket datagram để nhận dữ liệu RTP và thời gian chờ trên Socket tối da là 0.5 giây.
- Cần cài đặt port cho server trên 1024.
- Chỉ thực hiện 3 mã trả về 200 là đã thành công trong khi đó 404 và 500 đại diện cho file not found và looic kết nối.
- Khi gửi khung video cho máy khách thì một khung được gửi sau tối đa 50 mili giây.
- Video được phát thì được định dạng với dạng tệp MJPEG.

3 Mô tả chức năng

Khi máy khách khởi động thì đồng thời mở RTSP socket đến máy chủ. Khi người dùng nhấn các nút trên giao diện thì các chức năng sẽ được socket gửi máy chủ. Những chức năng chính gồm:

- SETUP
- PLAY
- PAUSE
- TEARDOWN

Các lệnh này sẽ cho máy chủ biết hành động tiếp theo mà nó sẽ hoàn thành. Những gì mà máy chủ gửi đến máy khách thông qua giao thức RTSP là các tham số để khách hàng biết phản hồi của máy chủ khi nhận các lệnh một cách chính xác:

- OK-200
- FILE-NOT-FOUND-404
- CON-ERR-500

3.1 Set up

Khi gửi yêu cầu SETUP đến máy chủ, chèn tiêu đề truyền tải mà mình chỉ định cổng cho Socket datagram RTP mà mình vừa tạo. Khách hàng sẽ nhận được phản hồi của máy chủ và nhận được ID của phiên RTSP.

```
# Process SETUP request
if requestType == self.SETUP:
    if self.state == self.INIT:
        # Update state
        print("processing SETUP\n")

        try:
            self.clientInfo['videoStream'] = VideoStream(filename)
            self.state = self.READY
        except IOError:
            self.replyRtsp(self.FILE_NOT_FOUND_404, seq[1])

        # Generate a randomized RTSP session ID
        self.clientInfo['session'] = randint(100000, 999999)

        # Send RTSP reply
        self.replyRtsp(self.OK_200, seq[1])

        # Get the RTP/UDP port from the last line
        self.clientInfo['rtpPort'] = request[2].split(' ')[3]
```

Gói RTSP SETUP sẽ bao gồm:

- Lệnh SETUP

- Tên của video sẽ phát
- số thứ tự của gói RTSP bắt đầu từ 1
- Loại giao thức : RTSP/1.0 RTP
- Giao thức truyền: UDP
- RTP port để truyền video

```
# Process SETUP request
if requestType == self.SETUP:
    if self.state == self.INIT:
        # Update state
        print("processing SETUP\n")

        try:
            self.clientInfo['videoStream'] = VideoStream(filename)
            self.state = self.READY
        except IOError:
            self.replyRtsp(self.FILE_NOT_FOUND_404, seq[1])

        # Generate a randomized RTSP session ID
        self.clientInfo['session'] = randint(100000, 999999)

        # Send RTSP reply
        self.replyRtsp(self.OK_200, seq[1])

        # Get the RTP/UDP port from the last line
        self.clientInfo['rtpPort'] = request[2].split(' ')[3]
```

Khi phía máy chủ nhận được lệnh "SETUP" thì sẽ thực hiện các các bước sau:

- Gán cho máy khách một sô phiên cụ thể một cách ngẫu nhiên.
- Nếu có vấn đề xảy ra với lệnh hoặc có lỗi trong máy chủ thì máy chủ sẽ trả ERROR về phía khách
- Nếu lệnh xử lí chính xác không lỗi thì nó sẽ trả lại OK-200 cho khách và đặt trạng thái READY. Máy chủ sẽ mở tệp video được chỉ định trong SETUP Packet và khởi tạo số frame thành 0.

Phía máy khách sẽ lặp lại để nhận RTSP Reply của máy chủ:

Nếu gói RTSP Packet được phản hồi cho lệnh SETUP thì máy khách sẽ đặt STATE của nó là READY:
Sau đó mở một RTP Port để nhận luồng video:

3.2 Play

Khi lệnh PLAY được gởi từ khách hàng tới máy chủ:
Máy chủ sẽ tạo ra một Socket để truyền RTP qua UDP và bắt đầu một bước gửi packet video:
Sau đó file VideoStream.py có chức năng cắt video thành từng khung riêng biệt và đưa từng khung vào packet data RTP:
Mỗi packet data sẽ được mã hóa với một header bao gồm:

```python
def recvRtspReply(self):
    """Receive RTSP reply from the server."""
    while True:
        reply = self.rtspSocket.recv(1024)

        if reply:
            self.parseRtspReply(reply.decode("utf-8"))

        # Close the RTSP socket upon requesting Teardown
        if self.requestSent == self.TEARDOWN:
            self.rtspSocket.shutdown(socket.SHUT_RDWR)
            self.rtspSocket.close()
            break
```

```python
        # Process only if the session ID is the same
        if self.sessionId == session:
            if int(lines[0].split(' ')[1]) == 200:
                if self.requestSent == self.SETUP:
                    # Update RTSP state.
                    self.state = self.READY
                    # Open RTP port.
                    self.openRtpPort()
```

```python
def openRtpPort(self):
    """Open RTP socket binded to a specified port."""
    # Create a new datagram socket to receive RTP packets from the server
    self.rtpSocket.settimeout(0.5)
    # Set the timeout value of the socket to 0.5sec
    try:
        # Bind the socket to the address using the RTP port given by the client user
        self.rtpSocket.bind((self.serverAddr,self.rtpPort))
    except:
        tkMessageBox.showwarning('Unable to Bind', 'Unable to bind PORT=%d' %self.rtpPort)
```

```python
# Play request
elif requestCode == self.PLAY and self.state == self.READY:
    # Update RTSP sequence number.
    self.rtspSeq = self.rtspSeq + 1

    # Write the RTSP request to be sent.
    request = "PLAY " + str(self.fileName) + " RTSP/1.0\nCSeq: " + str(self.rtspSeq) +"\nSession: " + str(self.sessionId)
    self.rtspSocket.send(request.encode("utf-8"))

    # Keep track of the sent request.

    self.requestSent = self.PLAY
```

```python
    # Process PLAY request
    elif requestType == self.PLAY:
        if self.state == self.READY:
            print("processing PLAY\n")
            self.state = self.PLAYING

            # Create a new socket for RTP/UDP
            self.clientInfo["rtpSocket"] = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)

            self.replyRtsp(self.OK_200, seq[1])

            # Create a new thread and start sending RTP packets
            self.clientInfo['event'] = threading.Event()
            self.clientInfo['worker']= threading.Thread(target=self.sendRtp)
            self.clientInfo['worker'].start()
```

```python
def nextFrame(self):
    """Get next frame."""
    data = self.file.read(5) # Get the framelength from the first 5 bits
    if data:
        framelength = int(data)

        # Read the current frame
        data = self.file.read(framelength)
        self.frameNum += 1
    return data
```

- RTP-version
- Padding
- Extension
- Contributing source
- Marker
- Type
- Sequence number
- Timestamp
- SSRC

RTP packet header

Bit offset[b]	0–1	2	3	4–7	8	9–15	16–31
0	Version	P	X	CC	M	PT	Sequence number
32	Timestamp						
64	SSRC identifier						
96	CSRC identifiers ...						
96+32×CC	Profile-specific extension header ID						Extension header length
128+32×CC	Extension header ...						

Hình 1: *RTP packet header*

Chúng sẽ được chèn vào RTP packet thông qua thao tác bitwise:

```
#header[0] = version + padding + extension + cc + seqnum + marker + pt + ssrc
self.header[0] = version << 6
self.header[0] = self.header[0] | padding << 5
self.header[0] = self.header[0] | extension << 4
self.header[0] = self.header[0] | cc
self.header[1] = marker << 7
self.header[1] = self.header[1] | pt

self.header[2] = seqnum >> 8
self.header[3] = seqnum

self.header[4] = (timestamp >> 24) & 0xFF
self.header[5] = (timestamp >> 16) & 0xFF
self.header[6] = (timestamp >> 8) & 0xFF
self.header[7] = timestamp & 0xFF

self.header[8] = ssrc >> 24
self.header[9] = ssrc >> 16
self.header[10] = ssrc >> 8
self.header[11] = ssrc
```

```
self.clientInfo['rtpSocket'].sendto(self.makeRtp(data, frameNumber),(address,port))
```

Sau đó RTP packet sẽ bao gồm một khung video và một header được gửi đến cổng RTP ở phía máy khách:
Sau đó máy khách sẽ giải mã RTP packet để lấy header và khung video, tổ chức lại các khung và hiển thị trên giao diện người dùng:

```
def decode(self, byteStream):
    """Decode the RTP packet."""

    #print byteStream[:HEADER_SIZE]
    self.header = bytearray(byteStream[:HEADER_SIZE])   #temporary solved

    self.payload = byteStream[HEADER_SIZE:]
```

3.3 Pause

Nếu một lệnh PAUSE được gửi từ máy khách đến máy chủ thì nó sẽ ngăn máy chủ không gửi các khung video đến máy khách nữa:

```
# Pause request
elif requestCode == self.PAUSE and self.state == self.PLAYING:
    # Update RTSP sequence number.

    self.rtspSeq = self.rtspSeq + 1

    # Write the RTSP request to be sent.

    request = "PAUSE " + str(self.fileName) + " RTSP/1.0\nCSeq: " + str(self.rtspSeq) + "\nSession: " + str(self.sessionId)
    self.rtspSocket.send(request.encode("utf-8"))
    # Keep track of the sent request.

    self.requestSent = self.PAUSE
```

Và máy khách sẽ được đặt lại STATE của nó là READ và đợi lệnh tiếp theo từ máy khách:

```
# Process PAUSE request
elif requestType == self.PAUSE:
    if self.state == self.PLAYING:
        print("processing PAUSE\n")
        self.state = self.READY

        self.clientInfo['event'].set()

        self.replyRtsp(self.OK_200, seq[1])
```

3.4 Teardown

Nếu một lệnh TEARDOWN được gửi đến từ máy khách đến máy chủ thì nó sẽ ngăn cản máy chủ gửi các khung hình video đến máy khách và đóng thiết bị đầu cuối của máy khách và lúc đó STATE của máy khách được chuyển về trạng thái INIT:

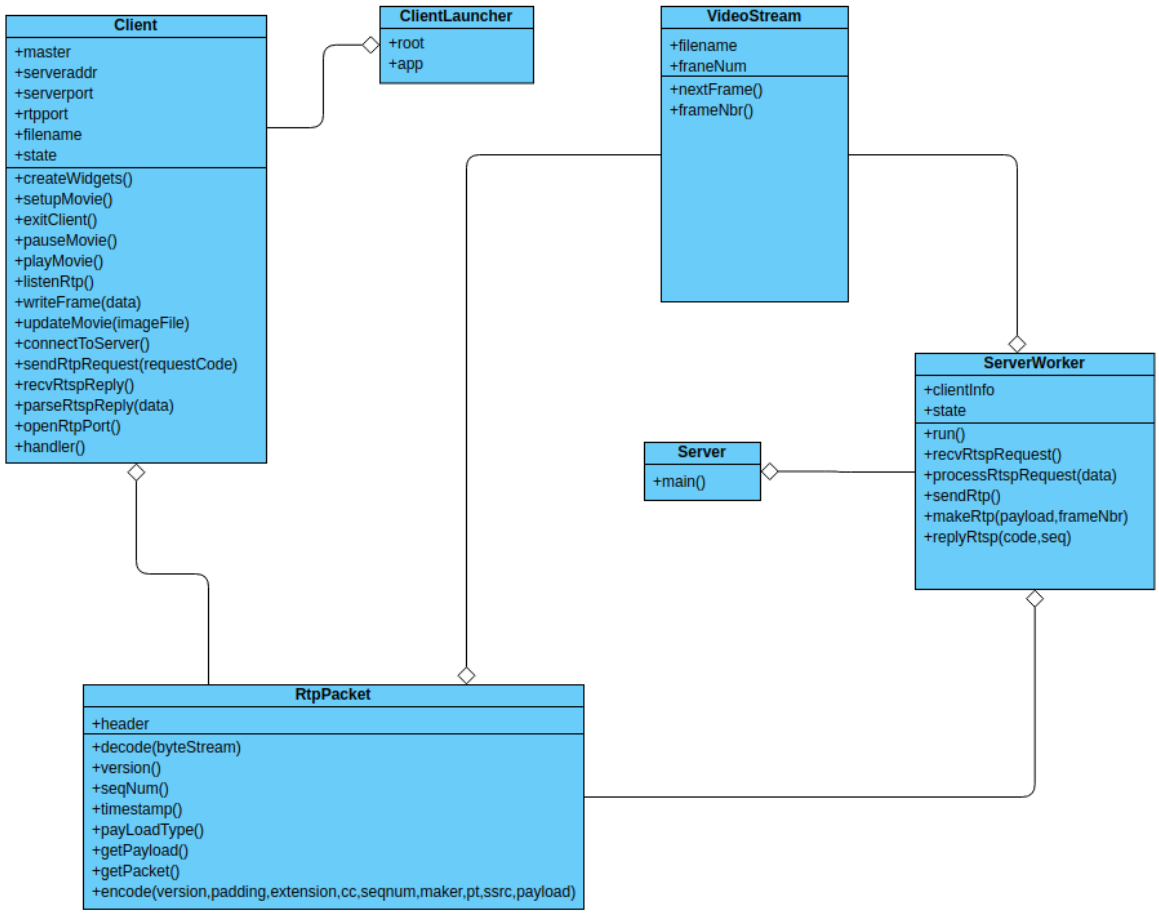
```
# Process TEARDOWN request
elif requestType == self.TEARDOWN:
    print("processing TEARDOWN\n")

    self.clientInfo['event'].set()

    self.replyRtsp(self.OK_200, seq[1])

    # Close the RTP socket
    self.clientInfo['rtpSocket'].close()
```

4 Class Diagram



Hình 2: *Class Diagram*

5 Đánh giá kết quả

Sau khi thực hiện xong các Class và chạy úng dụng thì kết quả thu được như sau:
Giao diện người dùng RTPClient khi nhấn SETUP và PLAY:

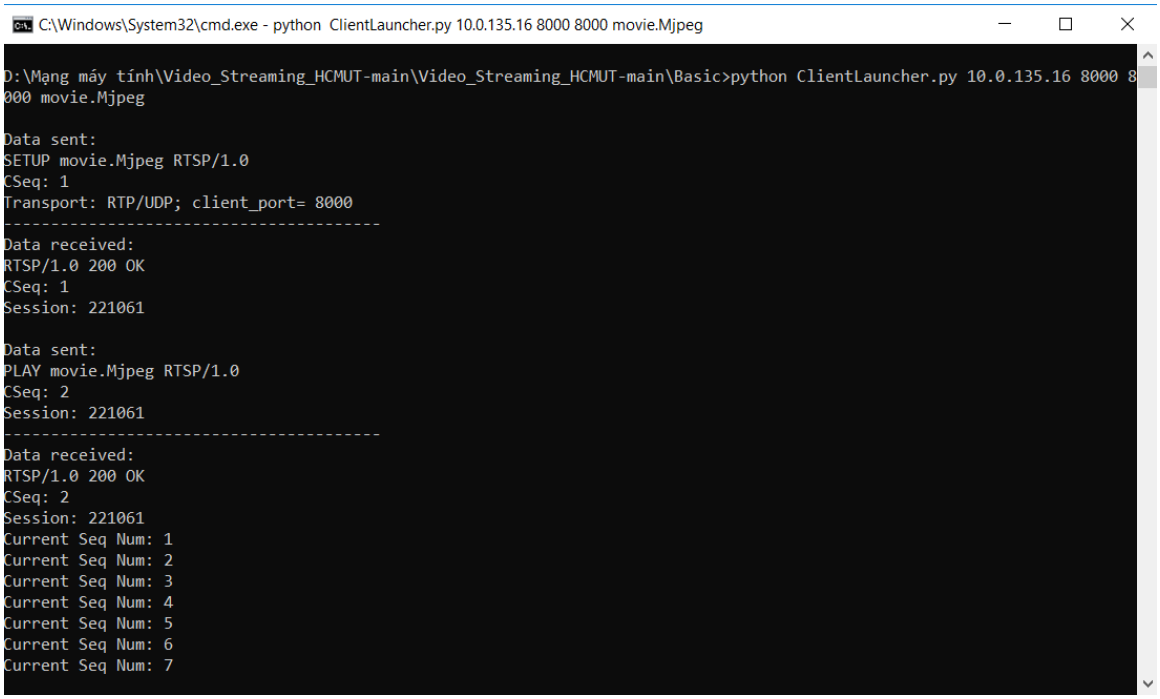
Các message request và reply được gửi từ máy khách và máy chủ được hiển thị bên máy khách khi nhấn SETUP và PLAY, máy chủ sẽ trả về RTSP/1.0 200 OK nếu yêu cầu thành công:

Và khi người dùng nhấn TEARDOWN thì phiên kết thúc, tắt cửa sổ giao diện trả message RTSP/1.0 200 OK về người dùng.

6 Hướng dẫn sử dụng

Đầu tiên mở thư mục chứa source code. Để chạy server, mở Command line với câu lệnh:

python Server.py <Server-port>



Trong đó server-port là cổng RTSP mà máy chủ nhận các kết nối RTSP đến. Cổng RTSP tiêu chuẩn là 554 nhưng cần phải chọn số cổng lớn hơn 1024.
Ví dụ: **python Server.py 8000**

Sau đó, khởi động máy khách bằng lệnh:

python ClientLauncher.py <Server-host> <Server-port> <RTP-port> <Video-file>

Trong đó:

- Server-host là tên của máy chủ đang chạy hoặc là ip của máy chủ.
- Server-port là cổng mà nơi máy chủ đang nhận các kết nối RTSP.
- RTP-port là cổng nơi nhận các RTP packet.
- Video-file là tên của tệp video bạn muốn yêu cầu phát.

Ví dụ: **python ClientLauncher.py 10.0.175.20 8000 8000 video.Mjpeg**
Máy chủ mở một kết nối với máy khách và bật lên một cửa sổ như sau:

Hình 3: *Cửa sổ Client*

Bạn có thể gửi lệnh RTSP đến máy chủ bằng cách nhấn các nút trên giao diện. Một tương tác RTSP bình thường được diễn ra như sau:
1. Máy khách gửi SETUP. Lệnh này được sử dụng để phát lập phiên và các tham số truyền tải.
2. Máy khách gửi PLAY. Lệnh này dùng để bắt đầu phát video.
3. Máy khách gửi PAUSE nếu muốn tạm dừng video.
4. Máy khách gửi TEARDOWN. Lệnh này có tác dụng kêt thúc phiên và đóng kết nối với máy chủ, đồng thời cửa sổ giao diện cũng đóng.

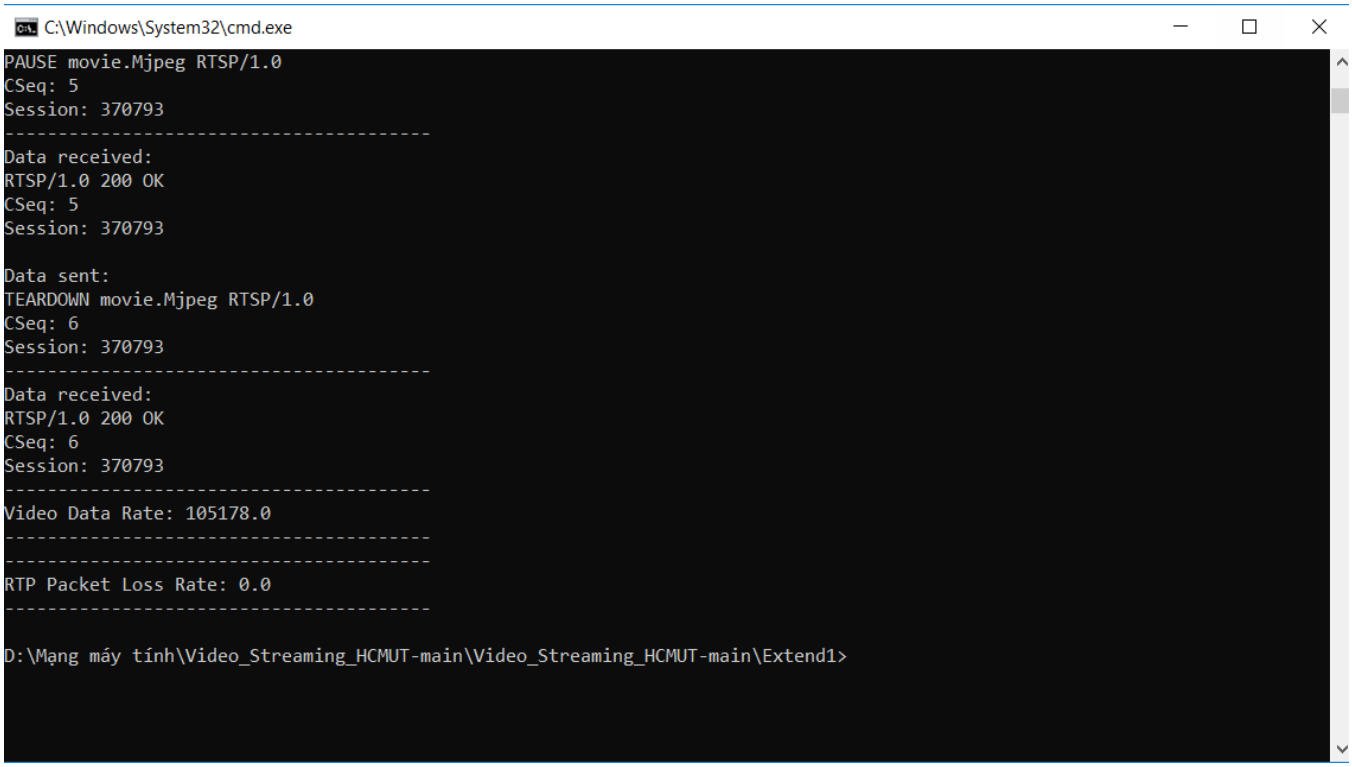
7 Phần mở rộng

7.1 Số liệu thống kê về phiên

Tính toán số liệu thống kê về phiên, thực hiện tính tỷ lệ mất RTP packet và tốc độ truyền dữ liệu của video(được tính theo byte trên giây).

```
if self.start != 0:
    self.sumOfTime += time.time() - self.start
    rateData = float(int(self.sumData)/int(self.sumOfTime))
    print('-'*40 + "\nVideo Data Rate: " + str(rateData) +"\n" + '-'*40)
    rateLoss = float(self.counter/self.frameNbr)
    print('-'*40 + "\nRTP Packet Loss Rate: " + str(rateLoss) +"\n" + '-'*40)
```

Kết quả tính toán được hiển thị sau khi kết thúc phiên và hiển thị trên máy khách:



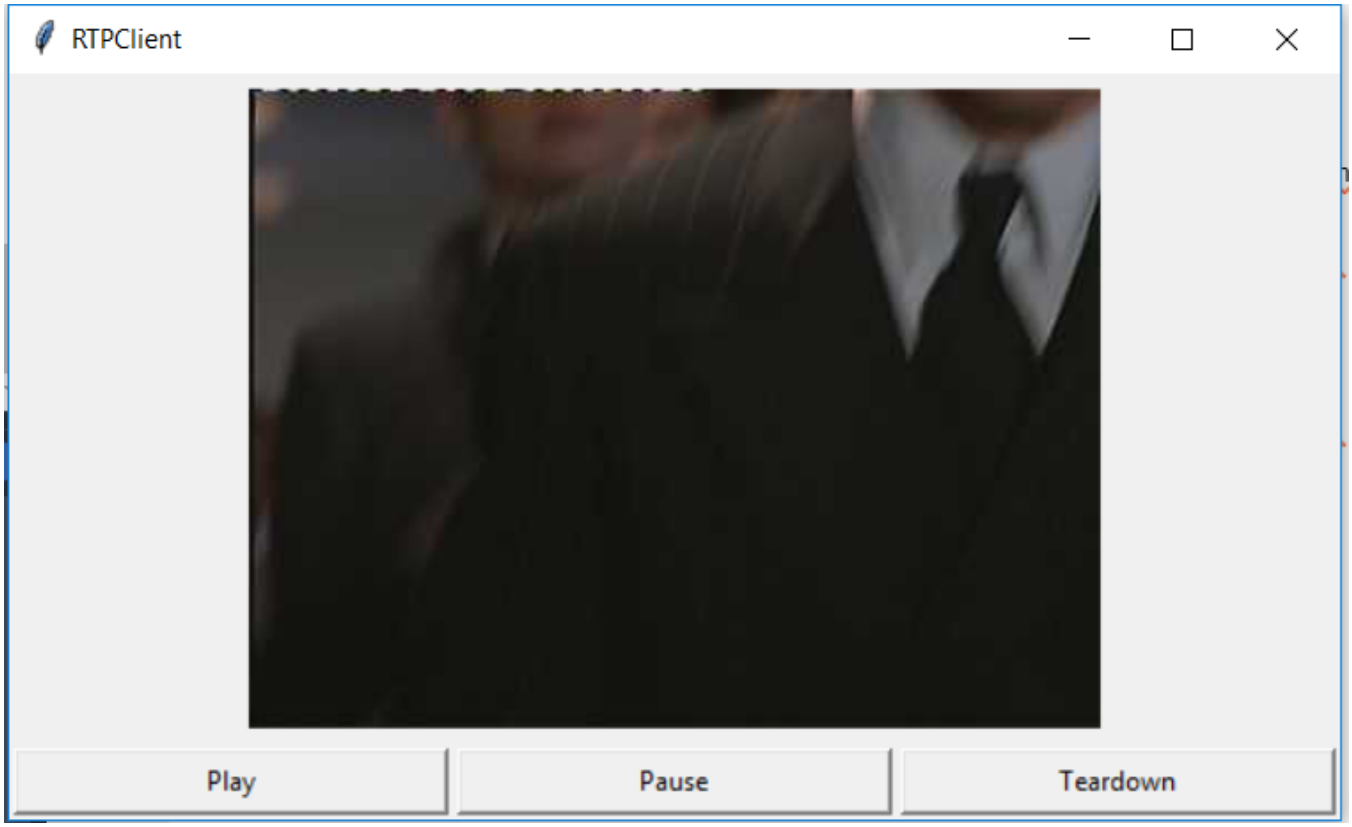
Hình 4: *Thống kê về session*

7.2 Media player

Giao diện người dùng trên RTPClient có 4 nút như đã thực hiện phía trên nhưng tiêu chuẩn của các media player chẳng hạn như RealPlayer hoặc Windows Media Player chỉ có 3 nút là: PLAY,PAUSE, và TEARDOWN, không có nút SETUP.
Nhiệm vụ của phần này là hiện thực giao diện RTPClient giống như media player.
Giải pháp đưa ra là khi người dung nhấn PLAY thực hiện liên tiếp hai chức năng SETUP và PLAY:
+ Chèn tiêu đề truyền tải mà mình chỉ định cổng cho Socket datagram RTP mà mình vừa tạo. Khách hàng sẽ nhận được phản hồi của máy chủ và nhận được ID của phiên RTSP.
+ Máy chủ sẽ tạo ra một Socket để truyền RTP qua UDP và bắt đầu một bước gửi packet video.
+ STATE của máy khách sẽ chuyển từ INIT qua READY qua PLAYING.

```
    def playMovie(self):
        """Play button handler."""
        if self.state == self.INIT:
            self.sendRtspRequest(self.SETUP)
            return
        if self.state == self.READY:
            # Create a new thread to listen for RTP packets
            threading.Thread(target=self.listenRtp).start()
            self.playEvent = threading.Event()
            self.playEvent.clear()
            self.start = time.time()
            self.sendRtspRequest(self.PLAY)
```

Kết quả thu được:



Hình 5: *Media player*

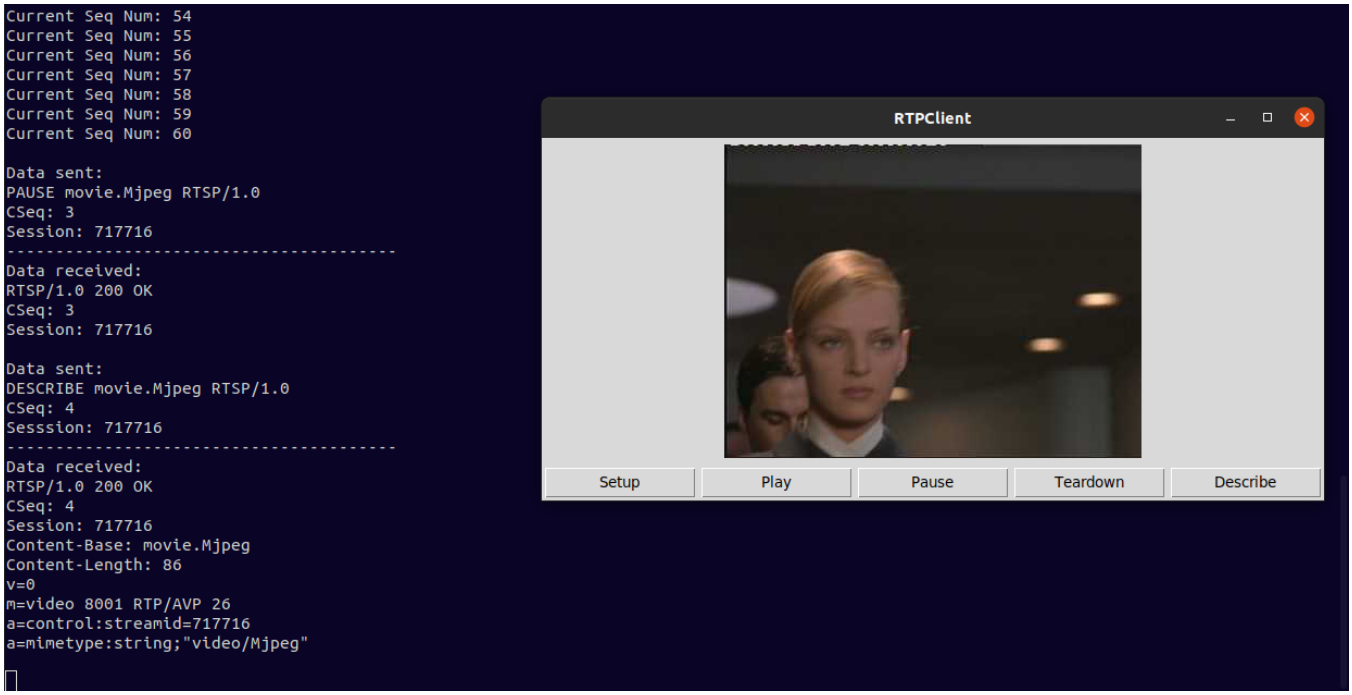
7.3 Thêm chức năng DESCRIBE

Ngoài những tương tác RTSP và PAUSE, DESCRIBE được sử dụng để truyền những thông tin về video stream. Khi server nhận được DESCRIBE request, nó sẽ gửi lại một file mô tả session - nói cho client loại stream trong session và encoding được sử dụng là gì.
Cụ thể, khi server gửi phản hồi cho client thì có những thống kê về:
- RTSP port của server
- Video encoding của video được truyền qua RTP
- RTSP ID của session đã được thiết lập

```
def describe(self):
    seq1 = "v=0\nm=video " + str(self.clientInfo['rtpPort']) + " RTP/AVP 26\na=control:streamid=" \
         + str(self.clientInfo['session']) +"\na=mimetype:string;\"video/Mjpeg\"\n"
    seq2 = "Content-Base: " + str(self.clientInfo['videoStream'].filename) + "\nContent-Length: " \
         + str(len(seq1)) + "\n"
    return seq2 + seq1

def replyDescibe(self,code,seq):
    des = self.describe()
    if code == self.OK_200:
        reply = "RTSP/1.0 200 OK\nCSeq: " + seq + "\nSession: " + str(self.clientInfo['session']) + "\n" + des
        connSocket = self.clientInfo['rtspSocket'][0]
        connSocket.send(reply.encode())
    elif code == self.FILE_NOT_FOUND_404:
        print("404 NOT FOUND")
    elif code == self.CON_ERR_500:
        print("500 CONNECTION ERROR")
```

Kết quả thu được:



Hình 6: *Chức năng Desribe*

8 Source code

Link souce code github: https://github.com/huunguyencs/Video_Streaming_HCMUT

9 Tài liệu tham khảo

Tài liệu

[1] Environment for video streaming - http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612016000200005 (Truy cập ngày 14/11/2020)

[2] RTSP Streaming with RTP/RTCP - https://pro.sony/s3/2020/02/20093012/SRG-360SHE_RTSP-Streaming-with-RTP-and-RTCP_V1.0.pdf (Truy cập ngày 14/11/2020)

[3] RTSP/RTP streaming server - https://www.medialan.de/usecase0001.html (Truy cập ngày 14/11/2020)

[4] Wikipedia - Session Description Protocol - https://en.wikipedia.org/wiki/Session_Description_Protocol (Truy cập ngày 14/11/2020)