HO CHI MINH CITY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, VNU-HCM
FACULTY OF COMPUTER SCIENCE & ENGINEERNG

COMPUTER NETWORK

Assignment

Video Streaming with RTSP and RTP

Tutor: Bùi Xuân Giang
Class: L05
Student members: Huỳnh Phạm Phước Linh - 1710165
Trương Ngọc Trung Anh - 2020004
Lê Văn Phong - 1712607

Ho Chi Minh, 11/2020

Mục lục

1 Giới thiệu

Trong bài tập lớn 1, chúng sẽ triển khai một video streaming Server và Client giao tiếp bằng Real-Time Streaming Protocol (RTSP) và gửi dữ liệu bằng Real-time Transport Protocol (RTP). Nhiệm vụ của chúng ta là triển khai giao thức RTSP trong Client và triển khai tạo nhịp RTP trong Server. Chúng ta sẽ cung cấp mã triển khai giao thức RTSP trong Server, khử nhịp độ RTP trong Client và đảm nhận việc hiển thị video đã truyền.

Bài tập lớn gồm 5 files:
Client.py
ClientLauncher.py
RtpPacket.py
Server.py
ServerWorker.py

2 Hướng dẫn chạy chương trình

2.1 Server.py

Chạy Server.py:
python Server.py server_port
or
python3 Server.py server_port

Trong đó:
server_port là cổng mà Server của bạn lắng nghe các kết nối RTSP đến.

a. Chúng ta có thể cho nó giá trị là 1025

b. Cổng RTSP tiêu chuẩn là 554

c. Giá trị được đặt cho server_port phải lớn hơn 1024

2.2 ClientLauncher.py

Chạy ClientLauncher.py:
python ClientLauncher.py server_host server_port RTP_port name_video_file
or
python3 ClientLauncher.py server_host server_port RTP_port name_video_file

Trong đó:

- **server_host** là địa chỉ IP của máy cục bộ. (VD:"127.0.0.1")
- **server_port** là cổng mà Server đang lắng nghe. (Vd: 1025)
- **RTP_port** là cổng mà các gói RTP được nhận. (Vd: 8005)
- **name_video_file** là tên của video muốn xem (Vd: video.Mjpeg)

2.3 Sử dụng

Sử dụng 2 terminal (1 - Server, 1 - Client):

Trong terminal thứ nhất, ta chạy dòng lệnh sau:

```
python Server.py 1025
```

Trong terminal thứ hai, ta chạy dòng lệnh sau:

```
python ClientLauncher.py 127.0.0.1 1025 8005 video.Mjpeg
```

SETUP để nhận video stream.
PLAY để phát video.
PAUSE để dừng video đang phát.
TEARDOWN để đóng Client terminal.

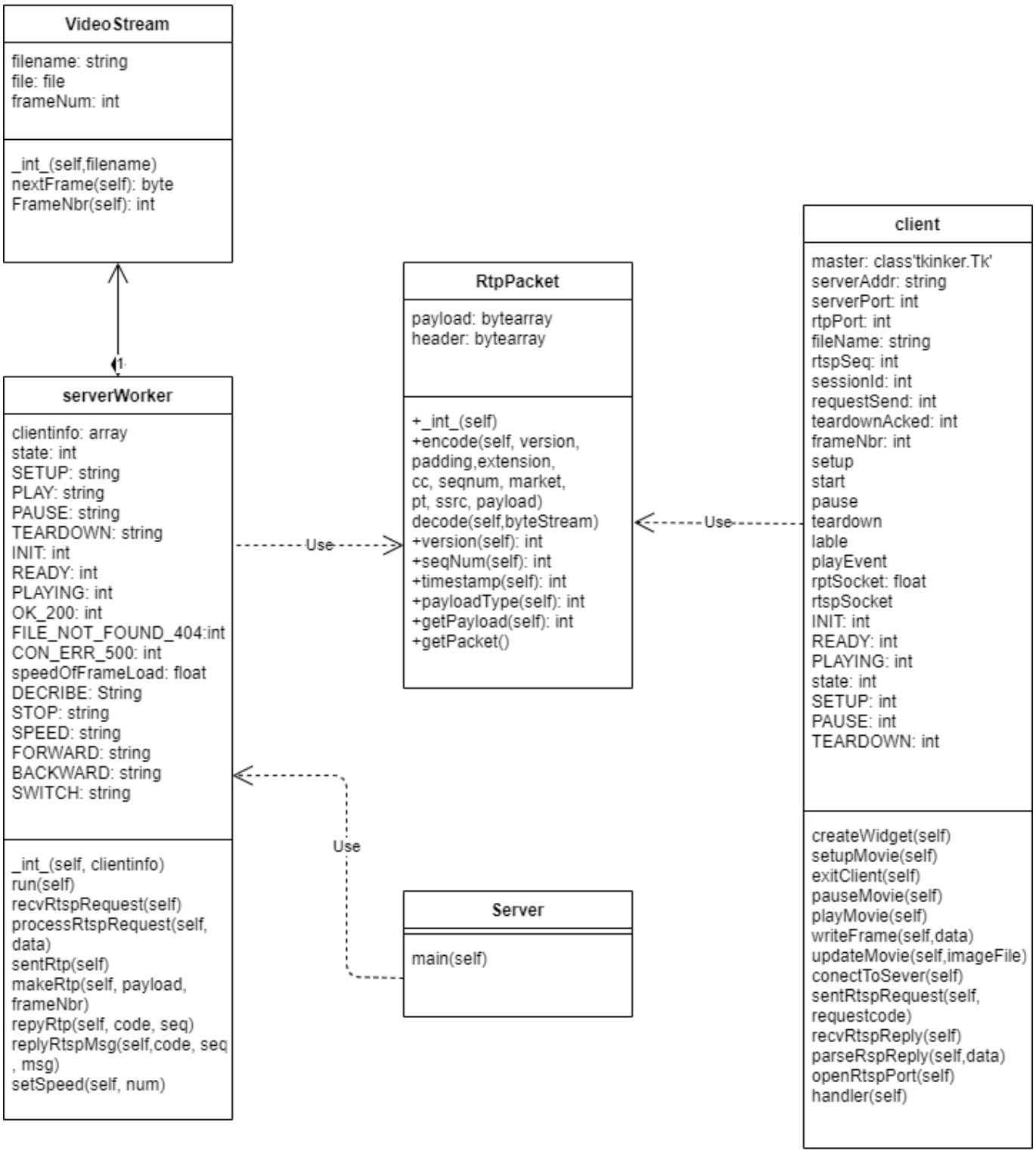
3 Real-Time Streaming Protocol (RTSP)

- Real Time Streaming Protocol RTSP có nghĩa là Giao thức truyền phát thời gian thực.
- Đây là một giao thức cung cấp khung để truyền dữ liệu phương tiện theo thời gian thực ở cấp ứng dụng. Nó truyền dữ liệu thời gian thực từ đa phương tiện sang thiết bị đầu cuối bằng cách giao tiếp trực tiếp với máy chủ truyền dữ liệu.
- Giao thức tập trung vào việc kết nối và kiểm soát các phiên phân phối dữ liệu trên các dòng đồng bộ hóa thời gian cho phương tiện liên tục như video và âm thanh. Tóm lại, giao thức truyền phát thời gian thực hoạt động như một điều khiển từ xa mạng cho các tệp phương tiện thời gian thực và máy chủ đa phương tiện.

4 Real-time Transport Protocol (RTP)

- Real-time Transport Protocol (RTP) là giao thức thực hiện vận chuyển các ứng dụng dữ liệu thời gian thực như thoại và hội nghị truyền hình. Các ứng dụng này thường mang các định dạng của âm thanh (PCM, GSM và MP3 và các định dạng độc quyền khác) và định dạng của video (MPEG, H.263 và các định dạng video độc quyền khác). RTP được định nghĩa trong RFC 1889, RFC 3550.
- RTP được sử dụng kết hợp với RTCP (Realtime Transport Control Protocol). Trong khi RTP được dùng để truyền dòng dữ liệu đa phương tiện truyền thông (âm thanh và video) thì RTCP được dùng để giám sát QoS và thu thập các thông tin về những người tham gia phiên truyền RTP đang thực hiện.
- Giao thức RTP chạy trên nền UDP để sử dụng các chức năng ghép kênh và checksum. Cả hai giao thức RTP và UDP tạo nên một phần chức năng của lớp giao vận. Tuy nhiên RTP cũng có thể được sử dụng với những giao thức khác của lớp mạng và lớp giao vận bên dưới miễn là các giao thức này cung cấp được các dịch vụ mà RTP đòi hỏi. Một điều cần lưu ý là bản thân giao thức RTP không cung cấp một cơ chế nào đảm bảo việc phân phát kịp thời dữ liệu tới các trạm, mà nó dựa trên các dịch vụ của lớp thấp hơn để thực hiện điều này. RTP cũng không đảm bảo việc truyền các gói theo đúng thứ tự. Tuy nhiên số thứ tự trong header cho phép bên thu điều chỉnh lại thứ tự dòng gói tin của bên phát gử i đến.

5 Class Diagram



6 Python code

```
class ServerWorker:
    SETUP = 'SETUP'
    PLAY = 'PLAY'
    PAUSE = 'PAUSE'
    TEARDOWN = 'TEARDOWN'

    INIT = 0
    READY = 1
    PLAYING = 2
    state = INIT

        OK_200 = 0
    FILE_NOT_FOUND_404 = 1
    CON_ERR_500 = 2
```

```
class Client:
    INIT = 0
    READY = 1
    PLAYING = 2
    state = INIT

    SETUP = 0
    PLAY = 1
    PAUSE = 2
    TEARDOWN = 3
```

Client sẽ gửi đến Server thông qua Giao thức RTSP là các lệnh như:

- SETUP
- PLAY
- PAUSE
- TEARDOWN

Các lệnh này sẽ cho phía Server biết hành động tiếp theo mà nó sẽ hoàn thành. Server sẽ trả lời Client thông qua Giao thức RTSP là các giá trị như:

- OK_200
- FILE_NOT_FOUND_404
- CON_ERR_500

6.1 SETUP Command

Nếu lệnh SETUP được gửi từ Client đến Server.

```
def sendRtspRequest(self, requestCode):
    if requestCode == self.SETUP and self.state == self.INIT:
        threading.Thread(target=self.recvRtspReply).start()

        self.rtspSeq = 1

        request = "SETUP " + str(self.fileName) + "\n" + str(self.rtspSeq) + "\n" + " RTSP/1.0
            RTP/UDP " + str(self.rtpPort)

        self.rtspSocket.send(request.encode('utf-8'))

        self.requestSent = self.SETUP
```

Gói "SETUP" RTSP sẽ bao gồm:

- Lệnh SETUP
- Tên video

- RTSP Packet Sequence Number bắt đầu 1
- Protocol type: RTSP/1.0 RTP
- Transmission Protocol: UDP
- Cổng RTP để truyền luồng 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[0])

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

Khi Server nhận được lệnh SETUP:

- Gán cho Client một Specific Session Number ngẫu nhiên
- Nếu lệnh hoặc trạng thái Server lỗi, trả gói ERROR lại cho Client
- Nếu không có lỗi:

```
class VideoStream:
    def __init__(self, filename):
        self.filename = filename
        try:
            self.file = open(filename, 'rb')
        except:
            raise IOError
        self.frameNum = 0
```

Server sẽ mở tệp video được chỉ định trong gói SETUP và khởi tạo số khung hình video của nó bằng 0. Trả về OK_200 cho Client và gán state = READY.

Client sẽ liên tục nhận Server's RTSP Reply

```
def recvRtspReply(self):
    while True:
        reply = self.rtspSocket.recv(1024)
        if reply:
            self.parseRtspReply(reply.decode("utf-8"))
        if self.requestSent == self.TEARDOWN:
            self.rtspSocket.shutdown(socket.SHUT_RDWR)
            self.rtspSocket.close()
            break
```

Sau đó phân tích cú pháp của gói RTSP Reply, nhận Session Number

```
def parseRtspReply(self, data):
    lines = data.split('\n')
    seqNum = int(lines[1].split(' ')[1])
    if seqNum == self.rtspSeq:
        session = int(lines[2].split(' ')[1])
        if self.sessionId == 0:
            self.sessionId = session
```

Nếu như gói Reply được phản hồi là lệnh SETUP thì Client sẽ đặt giá trị state = READY.

```
# 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:
            print ("Updating RTSP state...")
            self.state = self.READY
            print ("Setting Up RtpPort for Video Stream")
            self.openRtpPort()
        elif self.requestSent == self.PLAY:
            self.state = self.PLAYING
            print ('-'*60 + "\nClient is PLAYING...\n" + '-'*60)
        elif self.requestSent == self.PAUSE:
            self.state = self.READY
            self.playEvent.set()
        elif self.requestSent == self.TEARDOWN:
            self.teardownAcked = 1
```

Sau đó, mở cổng RTP để nhận video stream.

```
def openRtpPort(self):
    self.rtpSocket.settimeout(0.5)
        try:
            self.rtpSocket.bind((self.serverAddr,self.rtpPort))
            print ("Bind RtpPort Success")
        except:
            tkinter.messagebox.showwarning('Unable to Bind', 'Unable to bind PORT=%d' %self.
                rtpPort)
```

6.2 PLAY Command

Nếu lệnh PLAY được gửi từ Client đến Server

```
elif requestCode == self.PLAY and self.state == self.READY:
    self.rtspSeq = self.rtspSeq + 1
    request = "PLAY " + "\n" + str(self.rtspSeq)
    self.rtspSocket.send(request.encode("utf-8"))
    print ('-'*60 + "\nPLAY request sent to Server...\n" + '-'*60)
    self.requestSent = self.PLAY
```

Server sẽ tạo một Socket truyền từ RTP qua UDP và bắt đầu gửi gói video stream

```
elif requestType == self.PLAY:
    if self.state == self.READY:
    print("processing PLAY\n")
    self.state = self.PLAYING
    self.clientInfo["rtpSocket"] = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_DGRAM)
    self.replyRtsp(self.OK_200, seq[0])
    self.clientInfo['event'] = threading.Event()
    self.clientInfo['worker']= threading.Thread(target=self.sendRtp)
    self.clientInfo['worker'].start()
```

VideoStream.py sẽ giúp cắt tệp video thành từng frame riêng biệt và đưa từng frame vào gói dữ liệu RTP

```
def nextFrame(self):
    data = self.file.read(5)
    if data:
        framelength = int(data)
        data = self.file.read(framelength)
        self.frameNum += 1
    return data
```

Mỗi gói dữ liệu cũng sẽ được mã hóa với một header, header sẽ bao gồm: RTP-version filed, Padding, extension, Contributing source, Marker, Type Field, Sequence Number, Timestamp, SSRC, Payload).

```
class RtpPacket:
    header = bytearray(HEADER_SIZE)
    def __init__(self):
        pass
```

RTP Packet Header							
Bit Offset	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+32xCC	Profile-specific extension header ID						Extension header length
128+32xCC	Extension header ...						

```
    def encode(self, version, padding, extension, cc, seqnum, marker, pt, ssrc, payload):
        timestamp = int(time())
        header = bytearray(HEADER_SIZE)
        header[0] = header[0] | version << 6 # 2 bit
        header[0] = header[0] | padding << 5 # 1 bit
        header[0] = header[0] | extension << 4 # 1 bit
        header[0] = header[0] | cc << 3 # 4 bit

        header[1] = header[1] | marker << 7 # 1 bit
        header[1] = header[1] | pt #  7 bit
        header[2] = (seqnum >> 8) & 0xFF # 16 bit, first 8
        header[3] = seqnum & 0xFF # second 8

        header[4] = (timestamp >> 24) & 0xFF # 32 bit timestamp
        header[5] = (timestamp >> 16) & 0xFF
        header[6] = (timestamp >> 8) & 0xFF
        header[7] = (timestamp >> 0) & 0xFF

        header[8] = (ssrc >> 24) & 0xFF # 32 bit ssrc
        header[9] = (ssrc >> 16) & 0xFF
        header[10] = (ssrc >> 8) & 0xFF
        header[11] = (ssrc >> 0) & 0xFF

        self.header = header
        self.payload = payload
```

Một RTP Packet sẽ bao gồm header và video frame sẽ được gửi đến RTP Port của Client.

```
def sendRtp(self):
    while True:
        self.clientInfo['event'].wait(0.05)
        if self.clientInfo['event'].isSet():
            break
        data = self.clientInfo['videoStream'].nextFrame()
        if data:
            frameNumber = self.clientInfo['videoStream'].frameNbr()
            try:
                address = self.clientInfo['rtspSocket'][1][0]
                port = int(self.clientInfo['rtpPort'])
                #========== Here ==========#
                self.clientInfo['rtpSocket'].sendto(self.makeRtp(data, frameNumber),(address,
                    port))
            except:
                print("Connection Error")
```

Client sẽ decode RTP Packet để lấy header và video frame, tổ chức lại các frame và hiển thị trên giao diện người dùng (User Interface).

```
def decode(self, byteStream):
    self.header = bytearray(byteStream[:HEADER_SIZE])
    self.payload = byteStream[HEADER_SIZE:]
```

6.3 PAUSE Command

Nếu lệnh PAUSE được gửi từ Client đến Server, nó sẽ dừng gửi các video frame từ Server đến Client.

```
elif requestCode == self.PAUSE and self.state == self.PLAYING:
    self.rtspSeq = self.rtspSeq + 1
```

```
    request = "PAUSE " + "\n" + str(self.rtspSeq)
    self.rtspSocket.send(request.encode("utf-8"))
    print ('-'*60 + "\nPAUSE request sent to Server...\n" + '-'*60)
    self.requestSent = self.PAUSE
```

Nếu như gói Reply nhận lệnh PAUSE thì Client sẽ đặt giá trị state = READY.

```
elif self.requestSent == self.PAUSE:
    self.state = self.READY
```

6.4 TEARDOWN Command

Nếu lệnh TEARDOWN được gửi từ Client đến Server, nó sẽ ngăn Server gửi các video frame đến Client và đóng tất cả Client terminal.

```
elif requestCode == self.TEARDOWN and not self.state == self.INIT:
    self.rtspSeq = self.rtspSeq + 1
    request = "TEARDOWN " + "\n" + str(self.rtspSeq)
    self.rtspSocket.send(request.encode("utf-8"))
    print ('-'*60 + "\nTEARDOWN request sent to Server...\n" + '-'*60)
    self.requestSent = self.TEARDOWN
```

```
elif self.requestSent == self.TEARDOWN:
    self.teardownAcked = 1
```