浅析低延迟直播协议设计：RTP/RTCP

哪些场景延迟必须要低？

微信群视频

ME

为什么基于TCP的协议延迟不够低

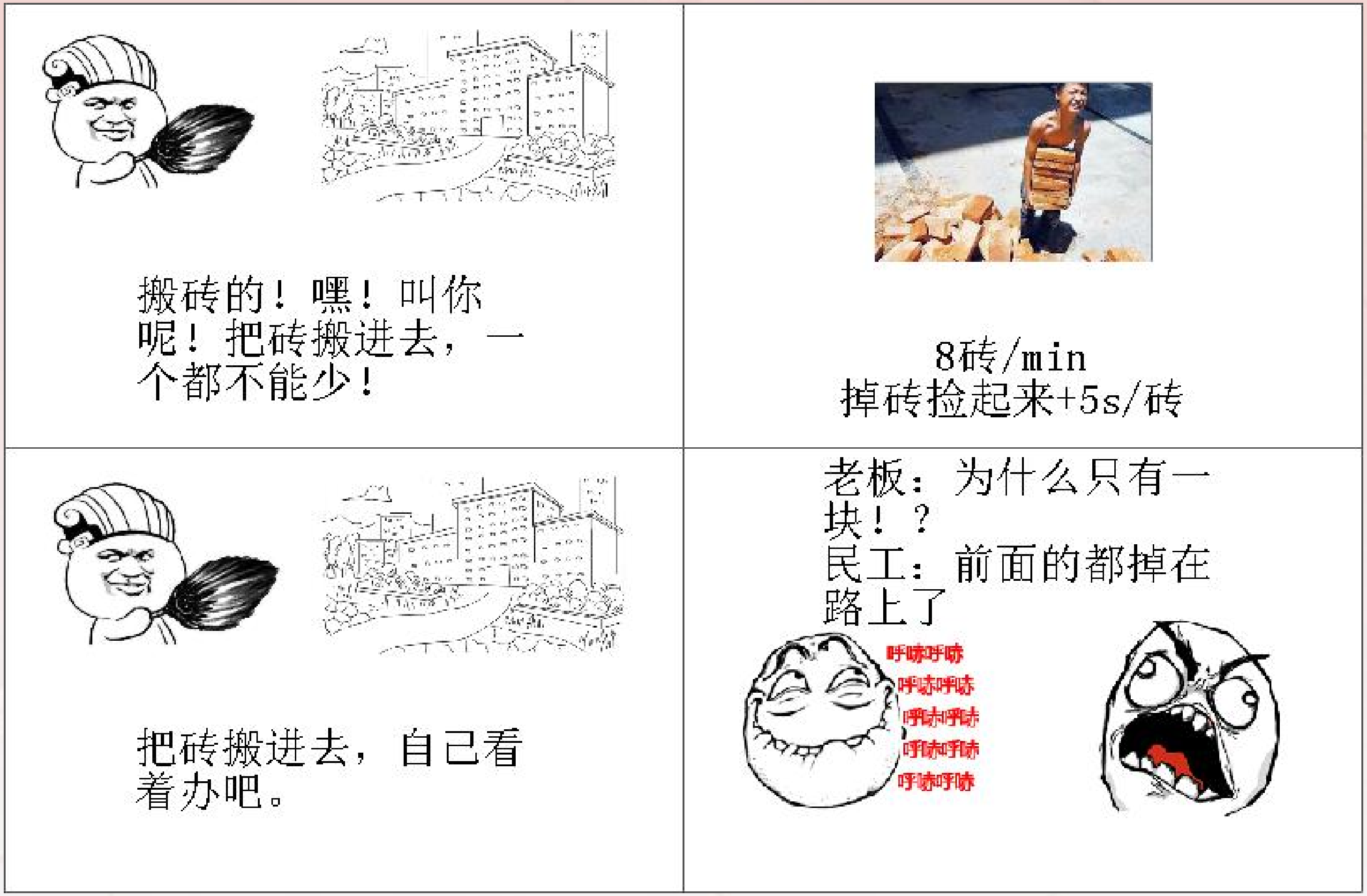
无丢包

- 数据队列1-10
- 每秒传输1个单位数据
- 第10个单位的数据在第9s开始传输

有丢包

- 数据队列1-10
- 每秒传输1个单位数据
- 中间丢失了第4个数据，重传
- 第10个单位的数据在第10s开始传输

对丢包的处理是核心区别



Catalog

- RTP
- RTCP
- FEC
  - XOR
  - Reed Solomon
- DCCP
- A Custom Demo
- References

RTP

include

- end-to-end delivery services for data with real-time characteristics
- payload type identification
- sequence numbering
- Timestamping and delivery monitoring

exclude

- ensure timely delivery or provide other quality-of-service guarantees
- delivery or prevent out-of-order delivery

RTP Fixed Header Fields

The RTP header has the following format:

```
 0                   1                   2                   3
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|V=2|P|X|  CC   |M|     PT      |       sequence number         |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                           timestamp                           |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|           synchronization source (SSRC) identifier            |
+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
|            contributing source (CSRC) identifiers             |
|                             ....                              |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Sample RTP network

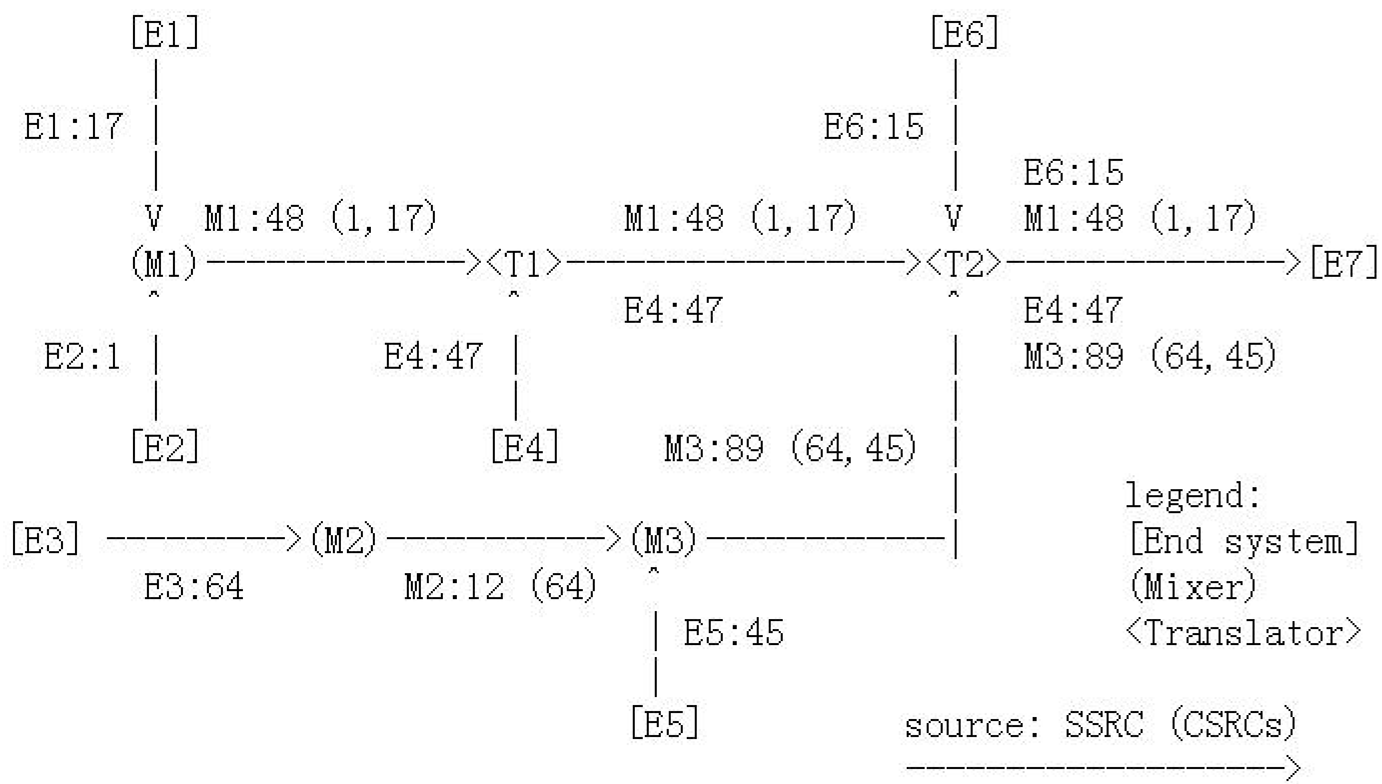


Figure 3: Sample RTP network with end systems, mixers and translators

RTCP

- Feedback on the quality of the data distribution
- Persistent transport-level identifier
- Controlled rate to scale up
- Convey minimal session control information

RTCP Sender Report

```
        0                   1                   2                   3
        0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
header |V=2|P|    RC   |   PT=SR=200   |             length            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         SSRC of sender                        |
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
sender |              NTP timestamp, most significant word             |
info   +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |             NTP timestamp, least significant word             |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         RTP timestamp                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     sender's packet count                     |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                      sender's octet count                     |
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
report |                 SSRC_1 (SSRC of first source)                 |
block  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  1    | fraction lost |       cumulative number of packets lost       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |           extended highest sequence number received           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                      interarrival jitter                      |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         last SR (LSR)                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   delay since last SR (DLSR)                  |
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
```

RTCP Receiver Report

```
        0                   1                   2                   3
        0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
header |V=2|P|    RC   |   PT=RR=201   |             length            |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                     SSRC of packet sender                     |
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
report |                 SSRC_1 (SSRC of first source)                 |
block  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  1    | fraction lost |       cumulative number of packets lost       |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |           extended highest sequence number received           |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                      interarrival jitter                      |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                         last SR (LSR)                         |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
       |                   delay since last SR (DLSR)                  |
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
report |                 SSRC_2 (SSRC of second source)                |
block  +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
  2    :                               ...                             :
       +=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+=+
       |                  profile-specific extensions                  |
       +-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Analyzing

Interarrival Jitter

```
If Si is the RTP timestamp from packet i, and Ri is the time of
arrival in RTP timestamp units for packet i, then for two packets
i and j, D may be expressed as

   D(i,j) = (Rj - Ri) - (Sj - Si) = (Rj - Sj) - (Ri - Si)

The interarrival jitter SHOULD be calculated continuously as each
data packet i is received from source SSRC_n, using this
difference D for that packet and the previous packet i-1 in order
of arrival (not necessarily in sequence), according to the formula

   J(i) = J(i-1) + (|D(i-1,i)| - J(i-1))/16

Whenever a reception report is issued, the current value of J is
sampled.
```

The interarrival jitter J is defined to be the mean deviation (smoothed absolute value) of the difference D in packet spacing at the receiver compared to the sender for a pair of packets.

Round-Trip Time

```
[10 Nov 1995 11:33:25.125 UTC]       [10 Nov 1995 11:33:36.5 UTC]
n                 SR(n)              A=b710:8000 (46864.500 s)
---------------------------------------------------------------->
                   v                 ^
ntp_sec =0xb44db705 v               ^ dlsr=0x0005:4000 (    5.250s)
ntp_frac=0x20000000  v             ^  lsr =0xb705:2000 (46853.125s)
  (3024992005.125 s)  v           ^
r                      v         ^ RR(n)
---------------------------------------------------------------->
                       |<-DLSR->|
                        (5.250 s)

A     0xb710:8000 (46864.500 s)
DLSR -0x0005:4000 (    5.250 s)
LSR  -0xb705:2000 (46853.125 s)
-------------------------------
delay 0x0006:2000 (    6.125 s)

        Figure 2: Example for round-trip time computation
```

Options for Repair of Streaming Media

- Retransmission
- Forward Error Correction
  - Media-Independent FEC
  - Media-Specific FEC
- Interleaving

Forward Error Correction

- FEC is one of the main methods used to protect against packet loss over packet-switched networks.

Unequal Level Protection

```
Packet A          #####################
                         :        :
Packet B          ###############  :
                         :        :
ULP FEC Packet #1 @@@@@@@@         :
                         :        :
Packet C          ###########      :
                         :        :
Packet D          ###################################
                         :        :
ULP FEC Packet #2 @@@@@@@@@@@@@@@@@
                  :      :        :
                  :<-L0->:<--L1-->:
```

Figure 1: Unequal Level Protection

FEC Packet

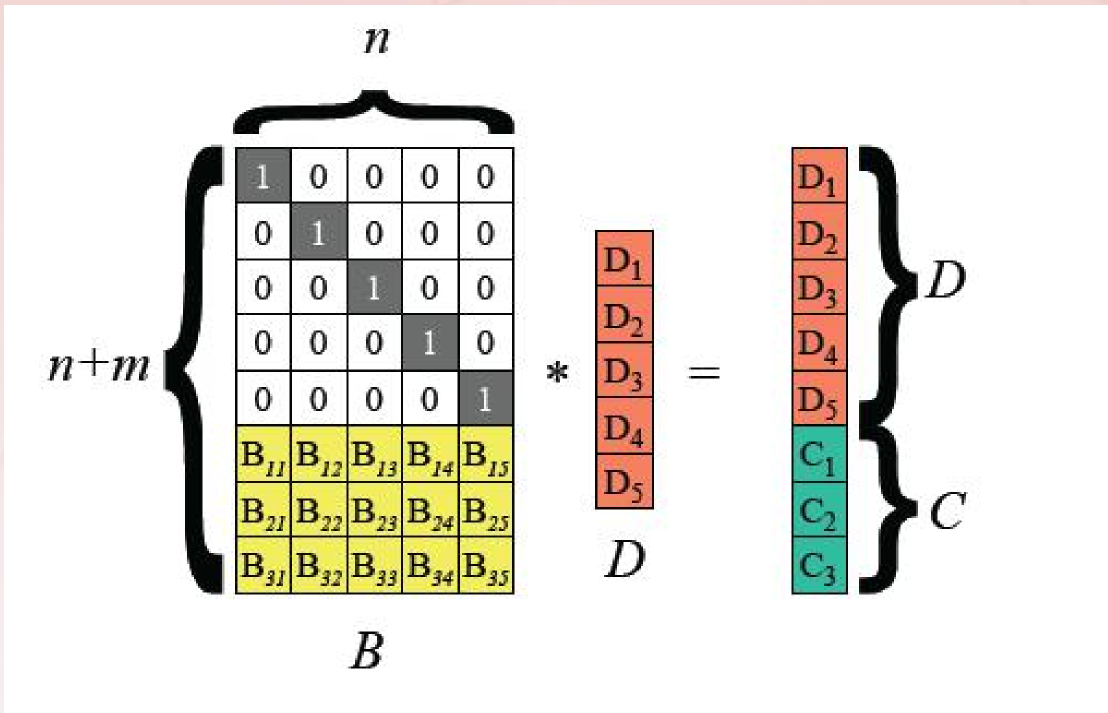
```
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|              RTP Header (12 octets or more)                   |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                    FEC Header (10 octets)                     |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                      FEC Level 0 Header                       |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                     FEC Level 0 Payload                       |
|                                                               |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                      FEC Level 1 Header                       |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                     FEC Level 1 Payload                       |
|                                                               |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
|                            Cont.                              |
|                                                               |
+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+-+
```

Figure 2: FEC Packet Structure

XOR

- Data a,b,c,d
- Let e = XOR(a,b,c,d)
- Then
  - a = XOR(b,c,d,e)
  - b = XOR(a,c,d,e)
  - c = XOR(a,b,d,e)
  - d = XOR(a,b,c,e)

Reed Solomon



Datagram Congestion Control Protocol

- The Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) is a transport protocol that provides bidirectional unicast connections of congestion-controlled unreliable datagrams. DCCP is suitable for applications that transfer fairly large amounts of data and that can benefit from control over the tradeoff between timeliness and reliability.

Brief demo:zoom

Thanks

红点
创作你的世界

References

- RFC3550
  - RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications
- RFC3551
  - RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control
- RFC5109
  - RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction
- RFC4340
  - Datagram Congestion Control Protocol (DCCP)
- RFC2354
  - Options for Repair of Streaming Media