

LiveVideoStackCon

聚音视 研修不止于形

2017年10月20日-21日

北京.丽亭华苑酒店

LiveVideoStackCon

剖析WebRTC

音视频传输技术

郑鹏 海康威视 嵌入式工程专家

▶ WebRTC音频视传输技术目录

LiveVideoStackCon



引言

实践经验谈



实时性优化



参考文献



适应变化的带宽



抗丢包



Q&A



平滑网络抖动



- 流媒体基本问题

- 实时性带来的挑战

- TCP



• 带宽

- 发送端 / 接收端驱动的带宽自适应

• 时延抖动

- 去抖动缓冲

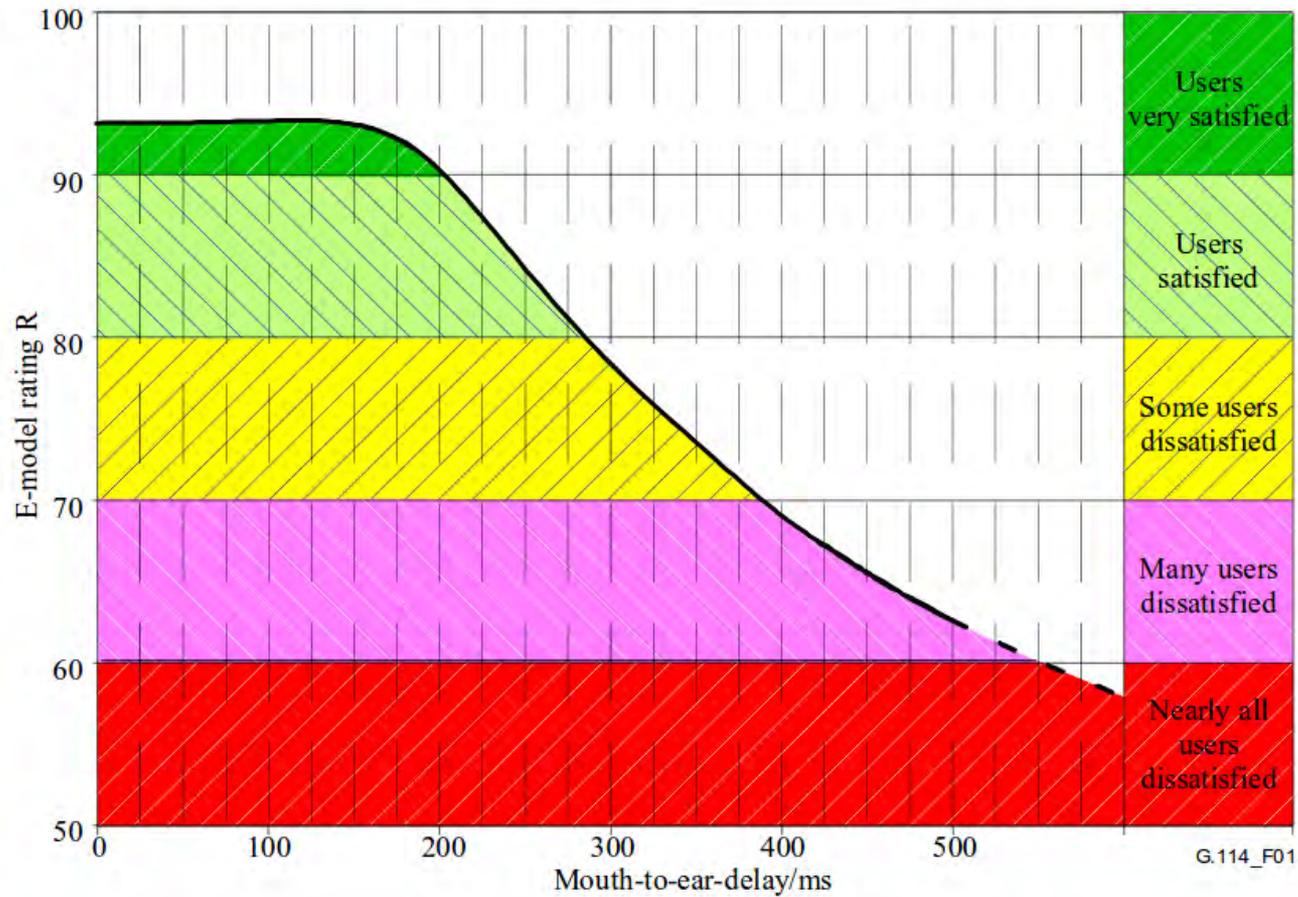
• 丢包



交互式应用

非交互式应用







- 重传的时延开销不可控

- 丢包环境下的低吞吐量

- TCP BBR



- Google Congestion Control

- Pacing/Padding

- 更多拥塞控制算法
<https://datatracker.ietf.org/wg/rmcat>



- Delay Based BWE

- Loss Based BWE

- 算法收敛带宽约为可用带宽50%



- 输入RTP包到达间隔

- 判断带宽利用状态

- 输出带宽预估值

Signal \ State	Hold	Increase	Decrease
Over-use	Decrease	Decrease	
Normal	Increase		Hold
Under-use		Hold	Hold



- AimdRateControl

- 发送端

- DelayBasedBwe
- Transport-wide Sequence Number
- Transport-wide RTCP Feedback
- 1s周期性更新RTT



- AimdRateControl

- 接收端

- RemoteBitrateEstimatorAbsSendTime
- Absolute Send Time extension
- RTCP REMB



• 输入

- Delay Based BWE估值
- RTT 丢包率P – RTCP RR报文
- 25ms周期性运行

• 带宽估计 As_{hat}

- 2-10% 不变
- $> 10\%$ $As_{hat}(i) = As_{hat}(i-1)(1-0.5P)$
- $P < 2\%$ $As_{hat}(i) = 1.05(As_{hat}(i-1))$

• SendSideBandwidthEstimation



● Pacing

- 5ms内发送数据 $< 2.5 * \text{估计带宽} * 5\text{ms}$
- 5ms周期性运行
- PacedSender, IntervalBudget

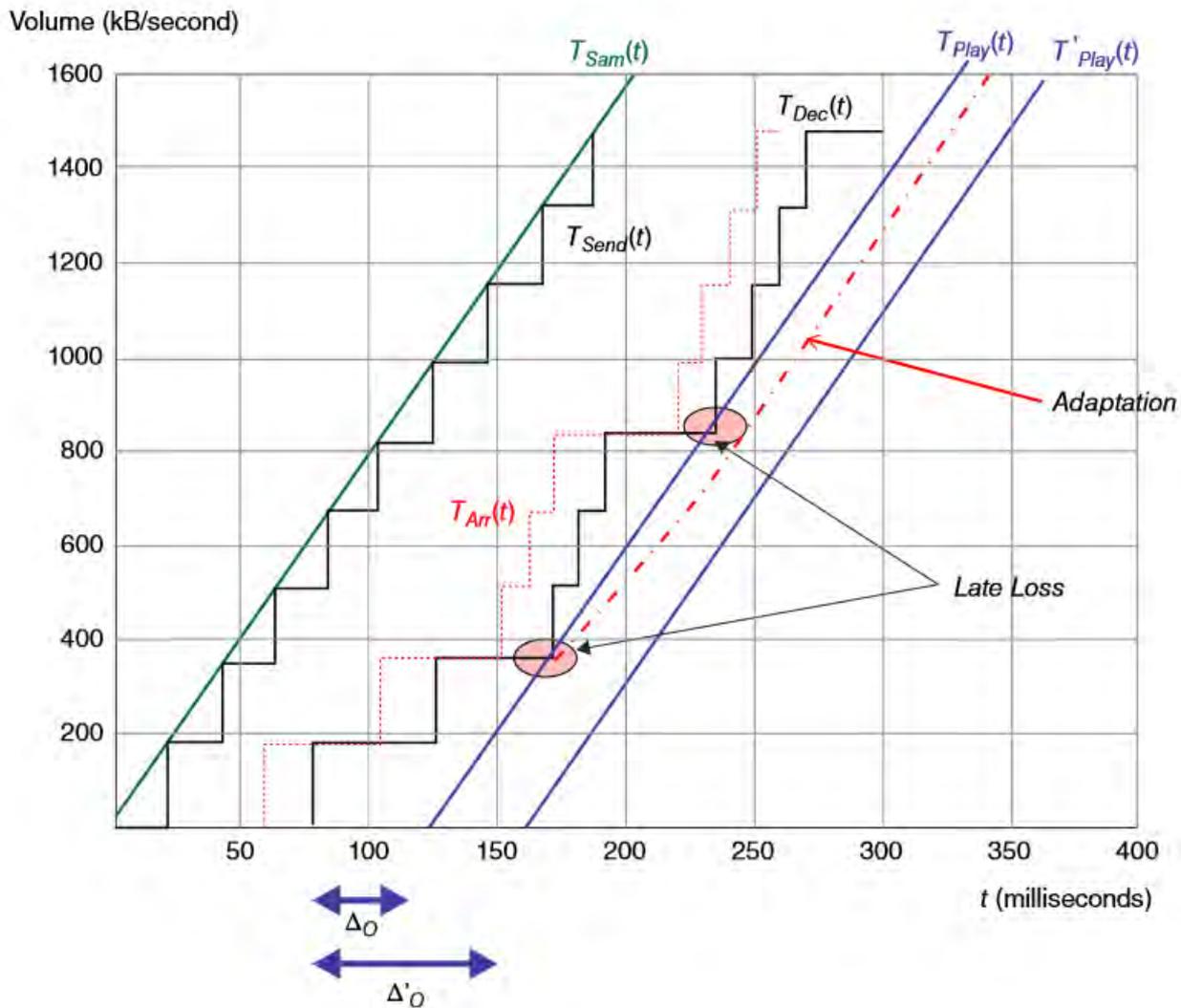
● Padding

- 实际带宽使用 $<$ 估计带宽
- 使用已发RTP包进行填充, 使两者相等





去抖动缓冲算法

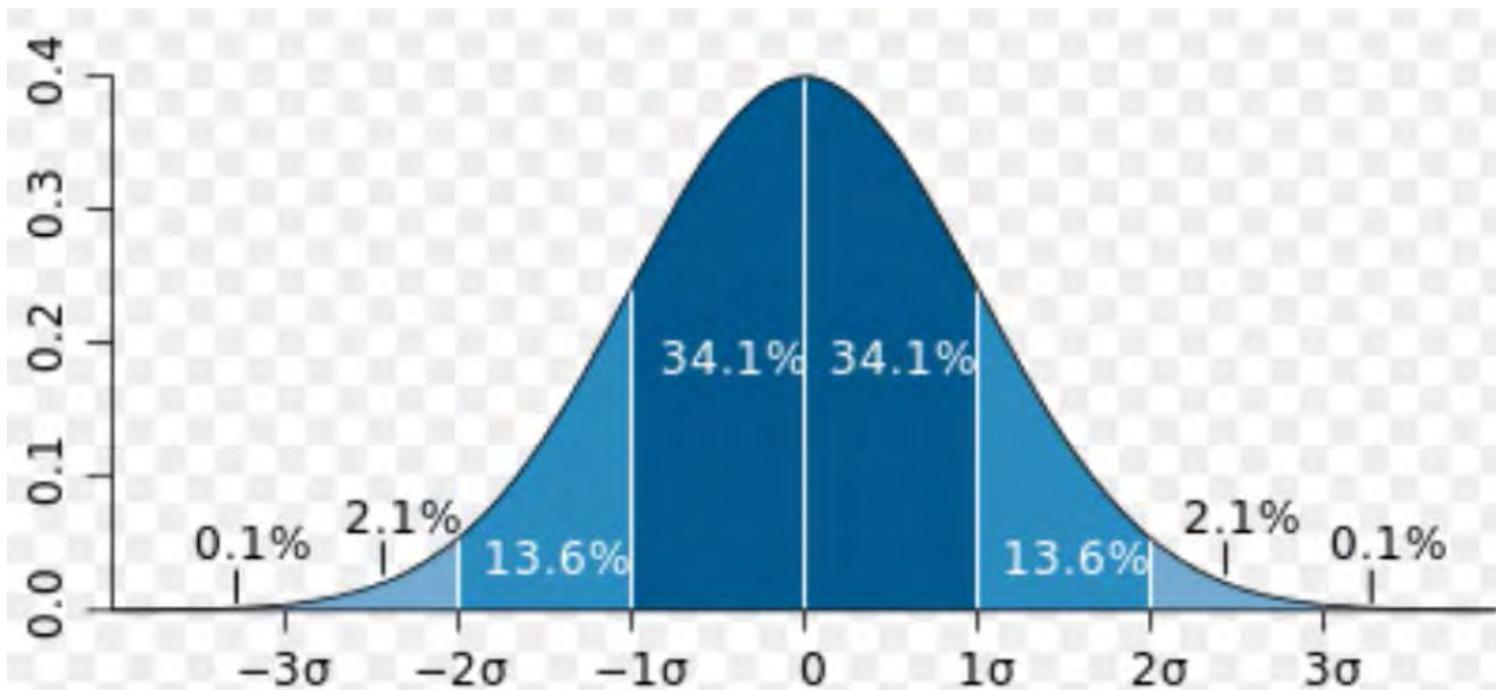


去抖动缓冲算法

- 如何确定缓冲大小

- RTCP RR Jitter近似标准差

- Buffer = 3*jitter “理论”上去除99%抖动



- 统一管理去抖动缓冲和PCM缓冲

- 插采样点 - 减速、PLC

- 丢采样点 - 加速

- 输入：音频RTP包

- 输出

- 由音频硬件驱动取用10ms音频数据
- RTCP RR统计数据
- 根据RTT决策是否重传修复丢包

复合FEC

RED

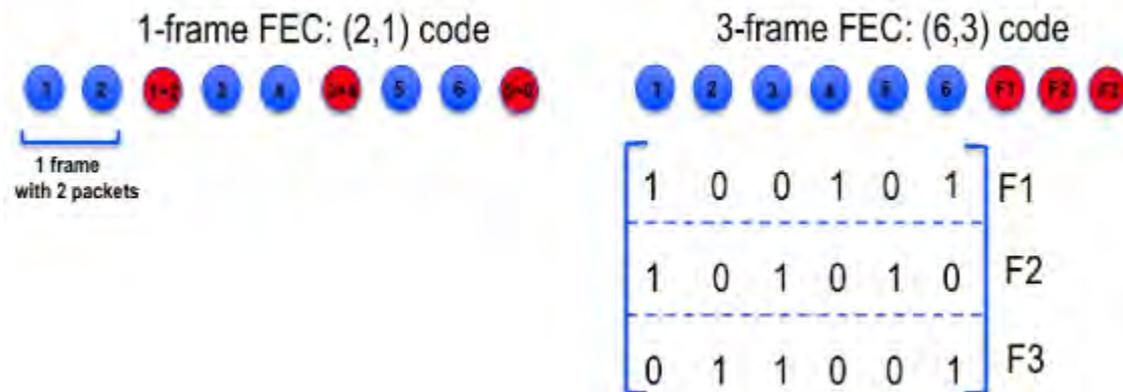
PLC

容错编码



- FEC (ForwardErrorCorrection)

- XOR (RFC 5109/Flex FEC)
- 分组越大，效率越高
- 关键数据重点保护，丢包越多保护越强



- 重传
- FEC修复失败
- 重传数据能够及时抵达

- RTT小 重传 RTT大 FEC

- ProtectionBitrateCalculator

- fec_rate_table.h



- 音频数据量小

- FEC分组引入延时大

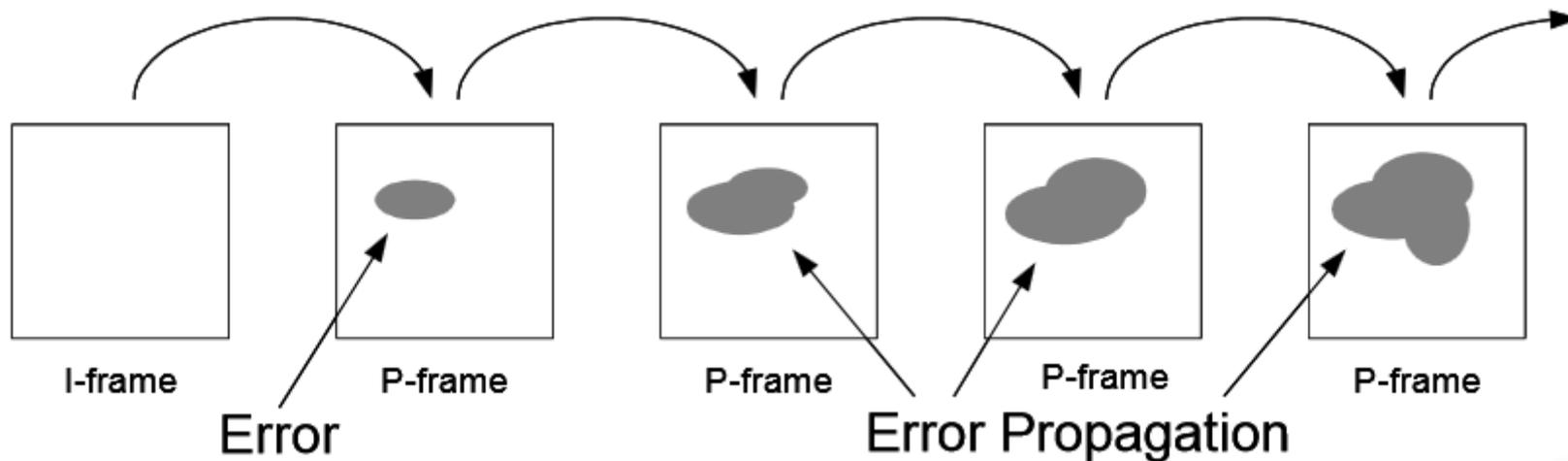
- RFC 2198 音频冗余

- WebRTC将上一帧和当前帧一起发送
- 也可将低码率音频流作为冗余



• 视频

- 多Slice编码 $0.95^{10} = 59.8\%$
- 响应RTCP PLI/SLI报文



- 视频

- 解码器内置

- 音频 NetEq

- 以10ms音频数据为单位
- 语音数据可抗20%随机丢包
- 结合RED可抗50%随机丢包





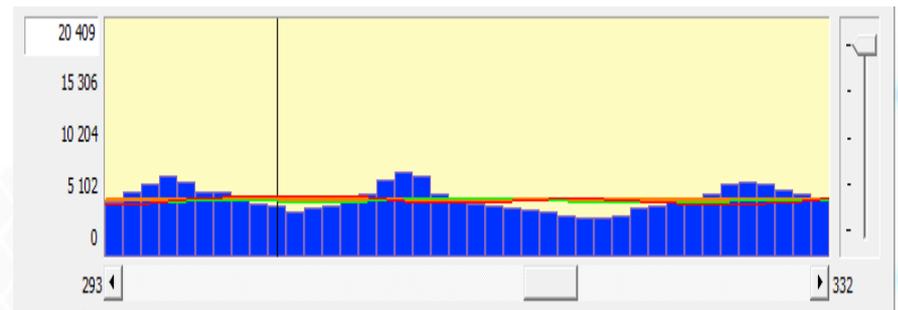
- 4G关键帧传输200-300ms

- 解决方法

- Infinite GOP + PLI
- Periodic Intra Refresh



▶ Periodic Intra Refresh



- 帧长过大

- 增加延时

- 降低PLC效率

- AAC-LC: 1024 sample/frame

- G.711: 无限制

- Opus: 最低5ms



编解码适配

非对称传输

适配现有系统



H.264支持 - OpenH264
仅Baseline

H.265不支持

其他G系列音频
不支持

AAC不支持



单向传输

上行数据量 > 下行数据量



- SIP协议 相对容易

- RTSP 协议

- 缺乏NAT穿透
- SRTP MIKEY
- RTSP 2.0?



- Protocols And Algorithms for Adaptive Multimedia Systems
- Video Streaming: Concepts, Algorithms, And Systems
- A Google Congestion Control Algorithm for Real-Time Communication
- HANDLING PACKET LOSS IN WEBRTC
- WebRTC 语音引擎中 NETEQ 技术的研究



TODO



Thank You



LiveVideoStackCon

聚音视 研修不止于形



关注LiveVideoStack公众号

回复 **郑鹏** 为讲师评分