

LiveVideoStackCon

VR视频窄带高清技术探索

网宿科技股份有限公司

资深音视频专家 孙磊

目 录

PART 1

背景介绍

VR视频简介
现存难点

PART 2

技术详解

采集拼接
立方体投影
按需传输
H.265
P2P
延时优化
传输优化

PART 3

效果展示

带宽
延时

PART 1

背景介绍

- **VR视频简介**
- **现存难点**

VR视频简介



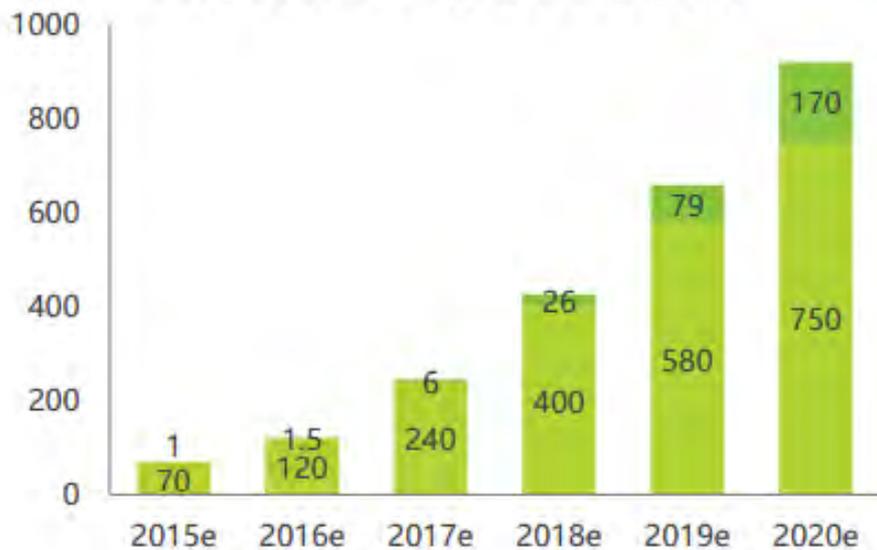
rollercoaster.mp4 @2880x1440, 25fps

8Mbps

- ▼ 也称全景、360视频。
- ▼ 包含水平360度、垂直180度的全包围信息。
- ▼ 配合观影设备可营造极佳沉浸感。



2015-2020年中国VR设备出货量预计



■ 中国PC VR及一体机出货量 (万台)
■ 中国Mobile VR出货量 (万台)

2015-2020年中国VR用户规模预计



■ 中国PC VR及一体机用户量 (万人)
■ 中国Mobile VR用户量 (万人)

摘自艾瑞咨询2016VR行业研究报告

2016年中国消费级VR产业链图谱



摘自艾瑞咨询2016VR营销趋势前瞻报告

现存难点

- ▼ 采集、观影设备价格高
- ▼ 清晰度、晕眩、效果差
- ▼ 为获得较好观影效果，所需码率高

} *Confidence in hardware !*



H.264/AVC → > 10Mbps → FOV 120°, 16:9 → 1440x810

30fps → 60fps

20Mbps

4K → 8K

40Mbps

2D → 3D

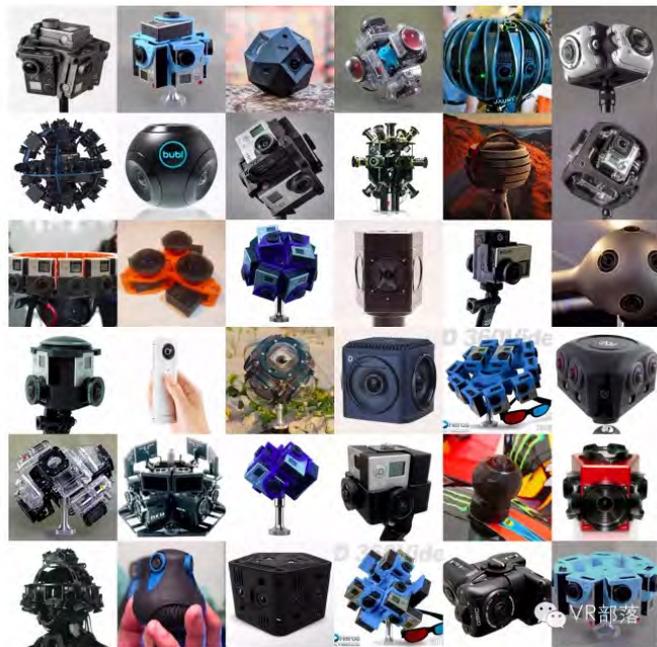
80Mbps !!!

PART 2

技术详解

采集拼接

采集和拼接



- **采集**：多摄像头覆盖360度全景
- **拼接**：多图像去重+组合保存至单张图片
 - ▼ **硬件**：集成在采集器中，效果一般不够好
 - ▼ **软件**：需额外专用PC(通常需要GPU)，业界常用的有Videostitch/Kolor等

PART 2

技术详解

立方体投影

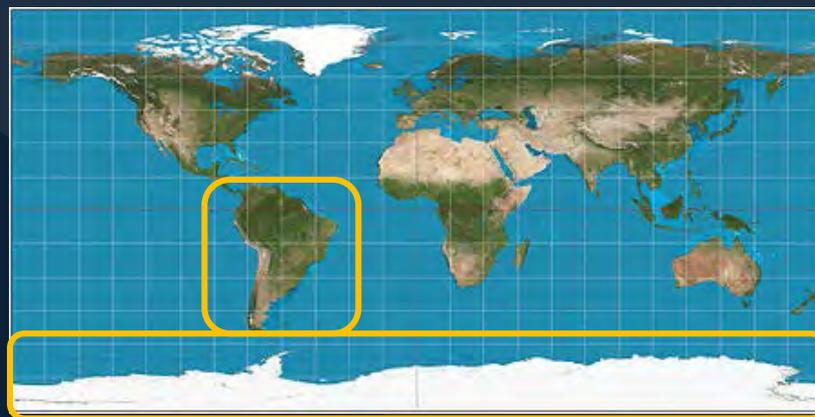
立方体投影

业界主流：球面投影(Equirectangular)

将球面经纬度直接按比例投影到长方形的坐标



$$x = \theta$$
$$y = \phi$$



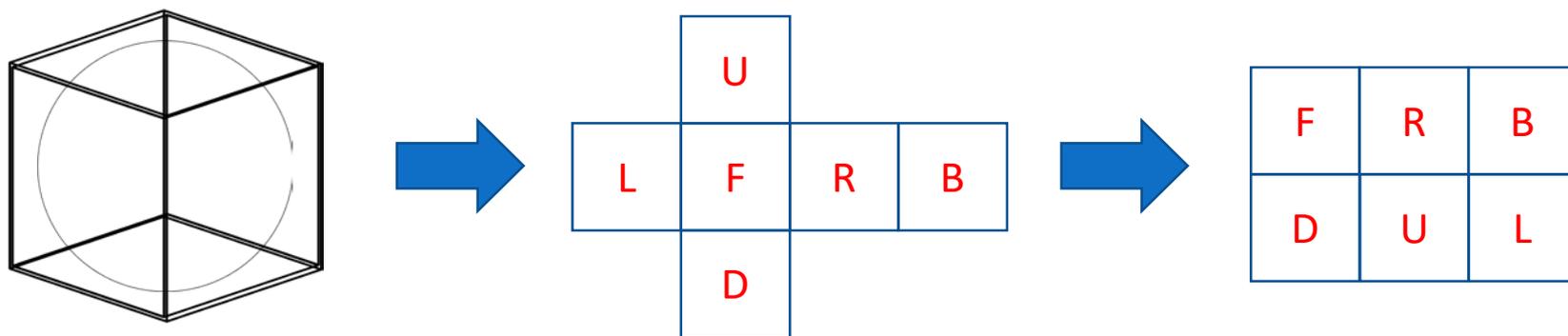
实际上南极洲面积是非洲的一半！

- ▼ 优点：直观、展开后可观全貌
- ▼ 缺点：变形、冗余（越接近两极越严重）

立方体投影

立方体投影(Cubemap)

▼ 将球面投影到立方体的6个面上



Notations : U→up, D→down, L→left, R→right, F→front, B→back

立方体投影

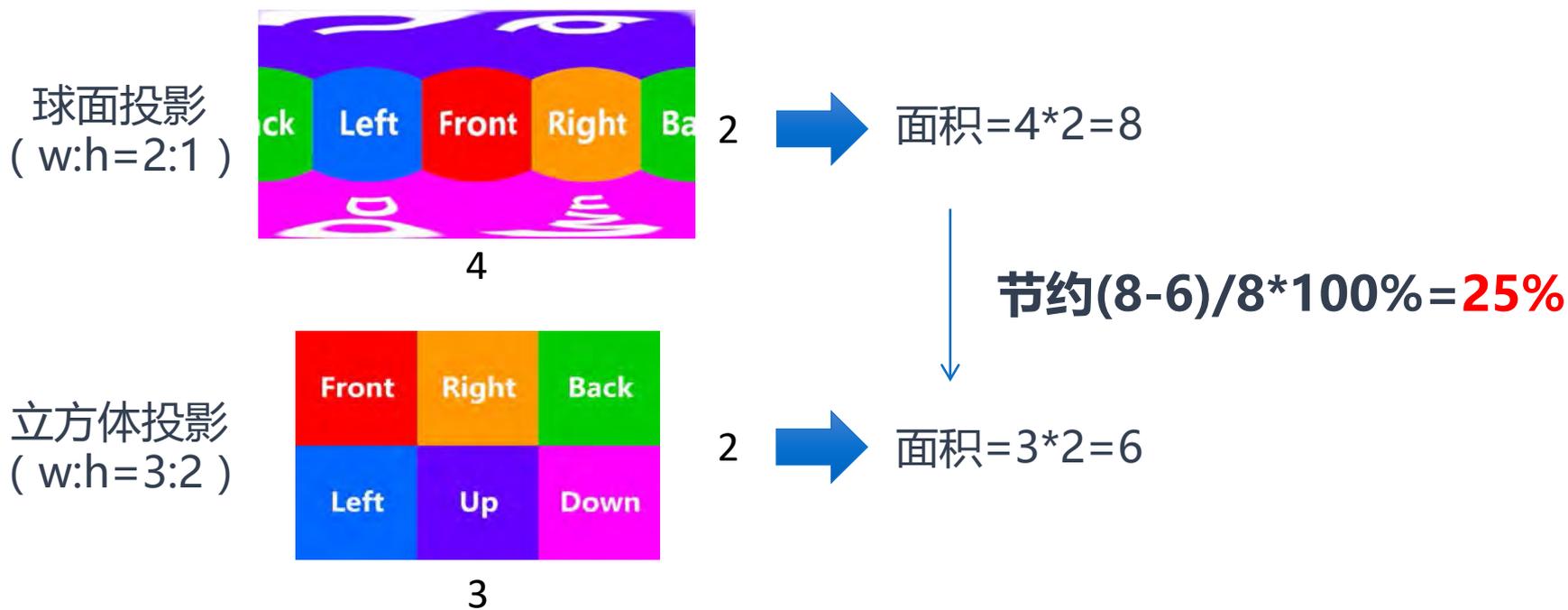
立方体投影(Cubemap)

将球面投影到立方体的6个面上



立方体投影

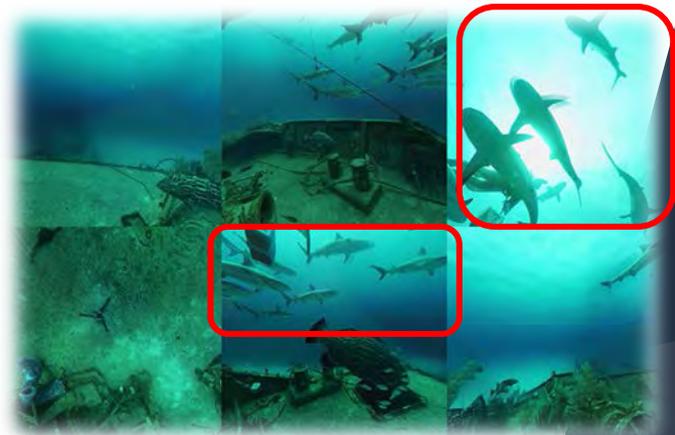
优点1:比球面投影减少25%像素点



立方体投影

优点2:无扭曲变形，易于压缩

▼ 主流的编解码标准均是基于“块”的（H.26x/VPx/etc.）



立方体投影

优点3:更简单的【视平面→像素坐标】转换

球面投影

https://en.wikipedia.org/wiki/Equiarectangular_projection



$$\left\{ \begin{array}{l} \theta = \arctan\left(\frac{x}{z}\right) \\ \phi = \arctan\left(\frac{y}{\sqrt{x^2 + z^2}}\right) \end{array} \right.$$

立方体投影

https://en.wikipedia.org/wiki/Cube_mapping



$$\left\{ \begin{array}{l} x' = x / \max(x, y, z) \\ y' = y / \max(x, y, z) \\ z' = z / \max(x, y, z) \end{array} \right.$$

立方体投影

缺点1:无标准

F	R	B
D	U	L

OR

D	U	L
F	R	B

OR

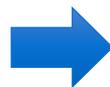
F	R
B	D
U	L

... ?

缺点2:支持度低，大部分视频源需做转换



$\arctan() \times 2$



Facebook 开源工具测试



<https://github.com/facebook/transform360>



CentOS 6.5 , 双核4线程 , 主频2.13GHz

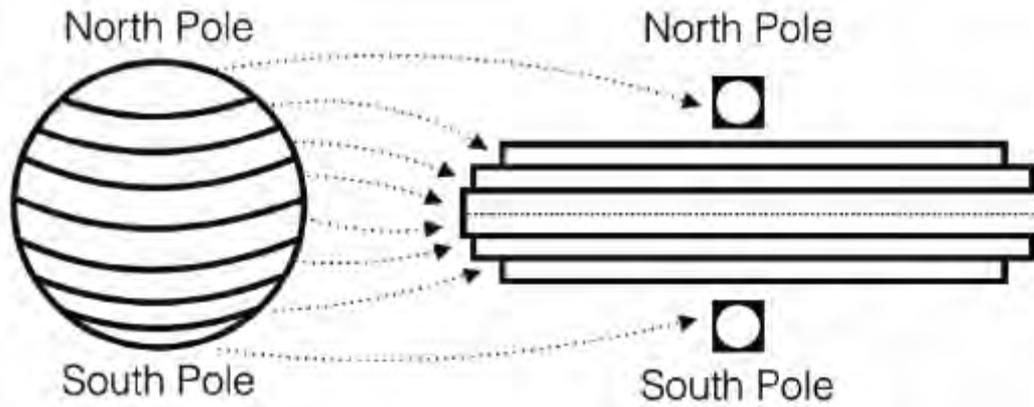


无转换 : 55 fps 【ffmpeg -i input.mp4 -vcodec libx264 -vb 600k -preset veryfast -an -y output.mp4】



有转换 : 13 fps 【ffmpeg -i input.mp4 -vf **transform=** 'input_stereo_format=MONO:w_s ubdivisions=4:h_subdivisions=4:max_cube_edge_length=512' -vcodec libx264 -vb 600k -preset veryfast -an -y output.mp4】

其它投影



Tile投影



RD-map投影

PART 2

技术详解

按需传输

按需传输

方法1：实时视平面传输（理论上带宽最小）



$t_0 @ (0^\circ, 0^\circ)$



$t_1 @ (30^\circ, 0^\circ)$



$t_2 @ (60^\circ, 0^\circ)$

t



延迟！

每个观众需要一路服务器转码！！

按需传输

方法2：分割视平面传输



clip_(0°,0°)



clip_(30°,0°)



clip_(60°,0°)

...



clip_(0°,0°)

$t_0@(0°,0°)$

(15°,0°) ?



clip_(30°,0°)

$t_1@(30°,0°)$

(45°,0°) ?



clip_(60°,0°)

$t_2@(60°,0°)$

t

按需传输

方法3：分割全景传输



clip_(0°,0°)



clip_(30°,0°)



clip_(60°,0°)

...



clip_(0°,0°)



clip_(30°,0°)



clip_(60°,0°)

$t_0@(0°,0°)$

$t_1@(30°,0°)$

$t_2@(60°,0°)$

t

按需传输

方法3：分割全景传输



clip_(0°,0°)



clip_(30°,0°)



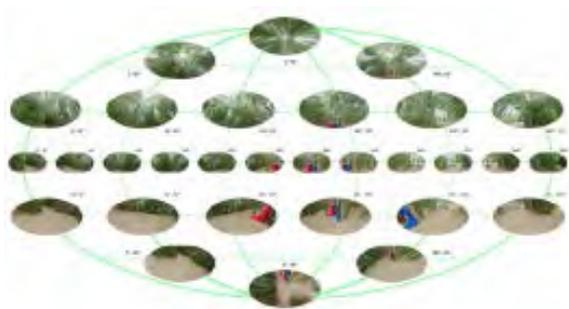
clip_(60°,0°)

...

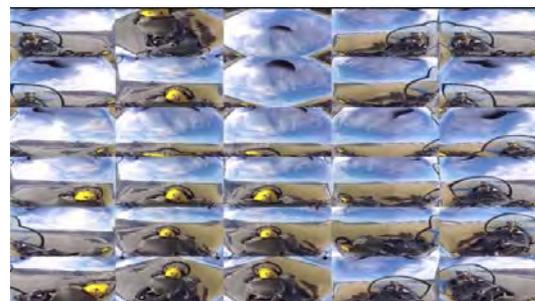
任意时刻 → 完整全景图！（主视角高清晰度/其余部分低清晰度）

按需传输

方法3：分割全景传输



Pixvana: FOVAS, 30个视角切片;



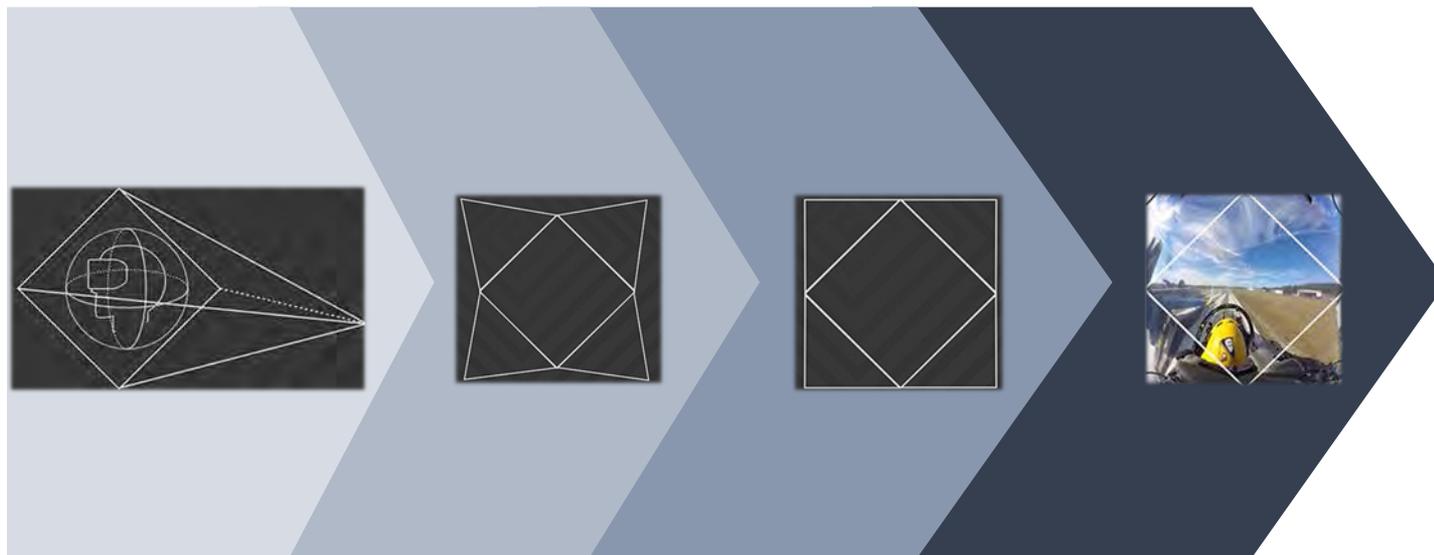
Facebook: 30个视角切片;



Tiledmedia: ClearVR, 基于tile ;

按需传输

分辨率分配

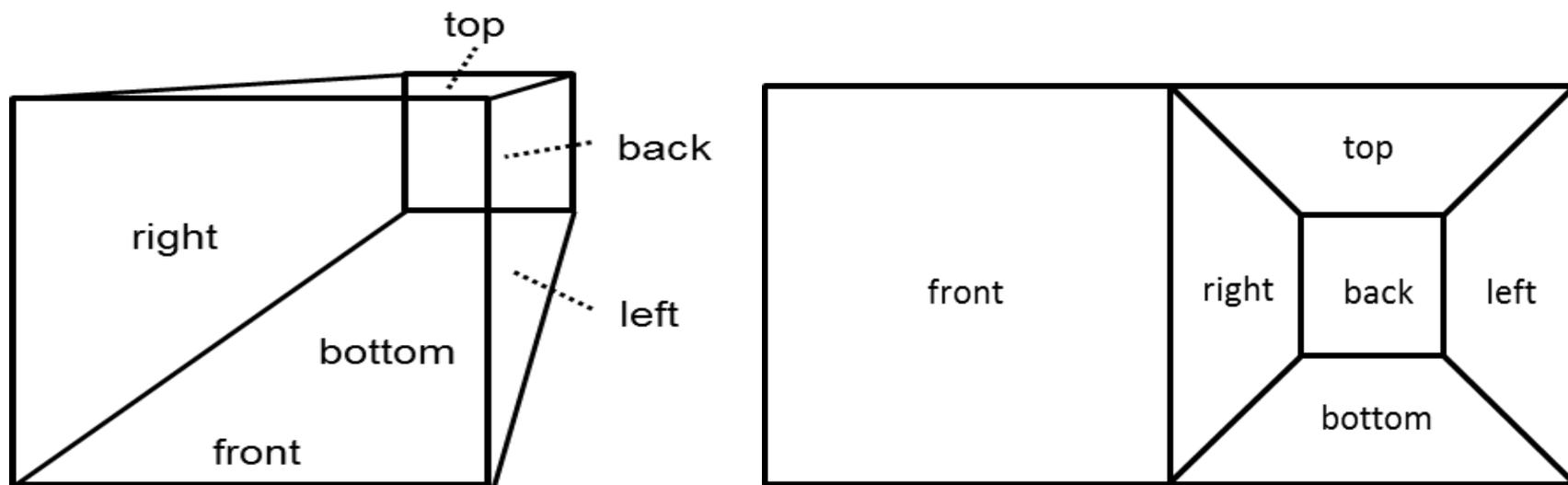


Pyramid投影

> 80%码率节省！

按需传输

分辨率分配



Truncated Pyramid投影

按需传输

码率分配



unit: bps

45% saving

6Mbps  total

3.3 Mbps

按需传输

码率分配的传输方式



需要播放端4K解码支持

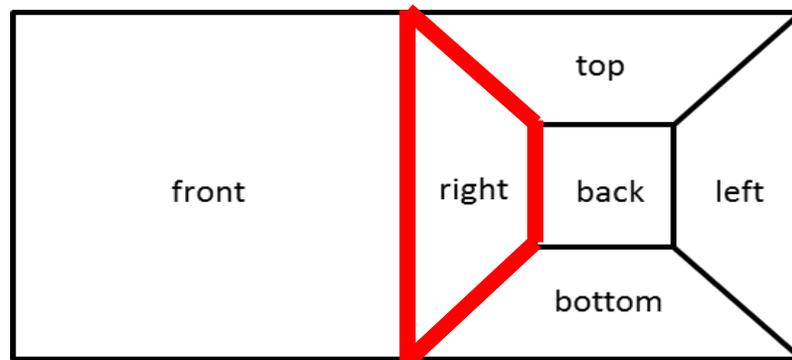
OR



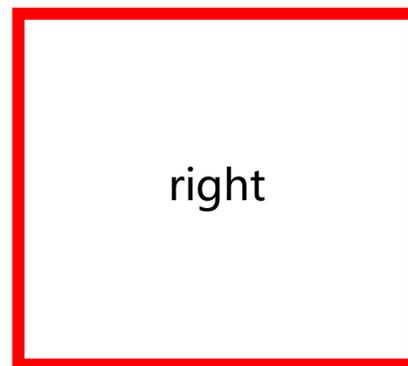
需要播放端多路解码支持

按需传输

基于机器学习的超分辨率



Upsampling



按需传输

基于机器学习的超分辨率



Bilinear插值



Google RAISR

#参见 《[RAISR: Rapid and Accurate Image Super Resolution](#)》

PART 2

技术详解

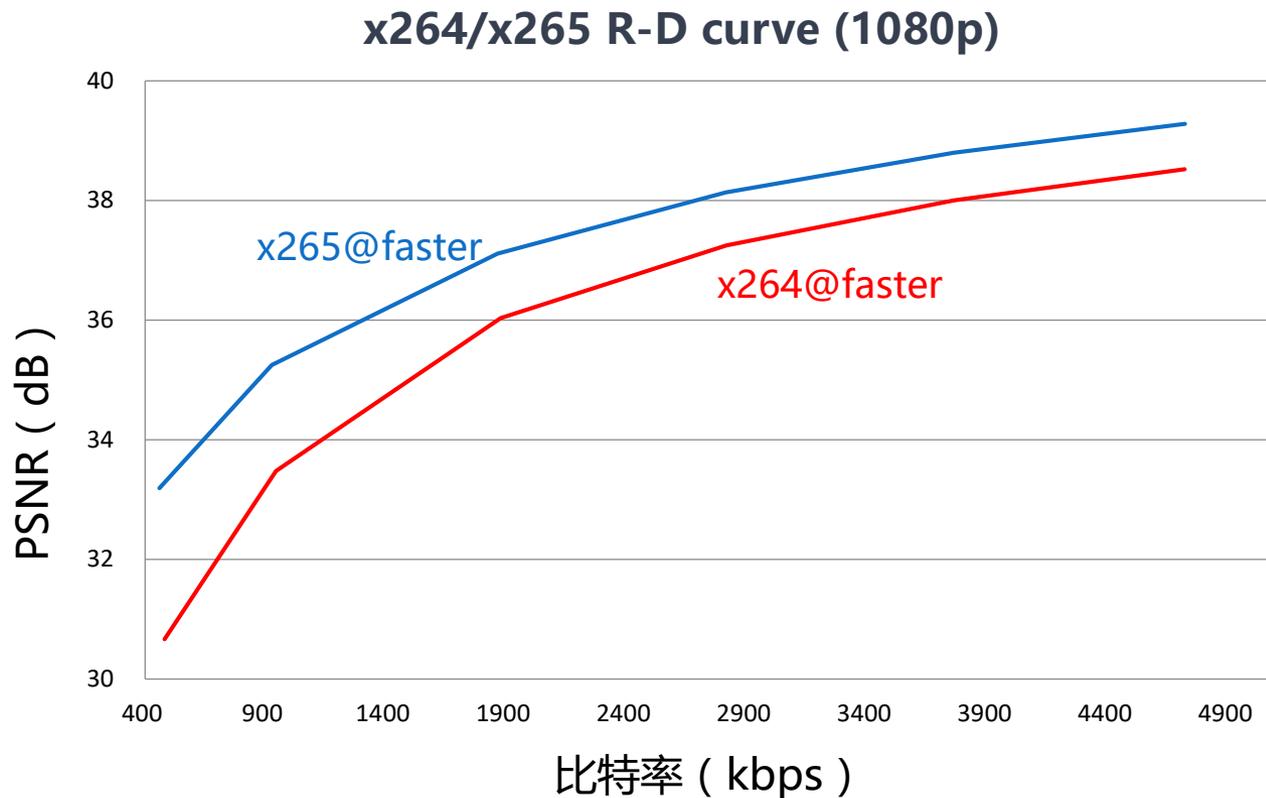
H.265

H.265

H.264的继任者

▼ 更大的分块、更多的预测模式、etc。

▼ 相比H.264可节30%-50%带宽。

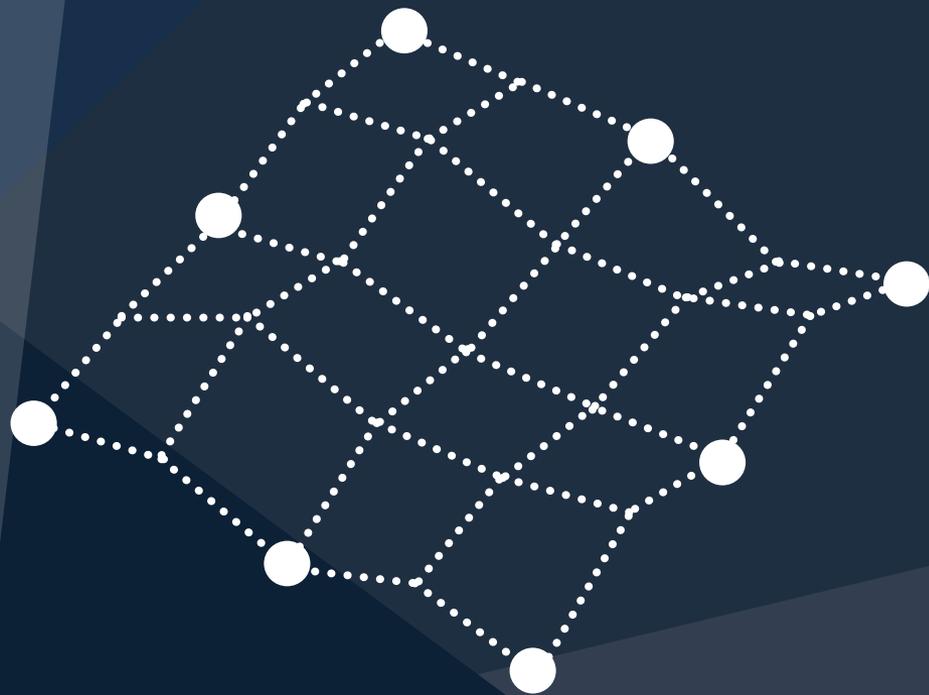


BDRATE : -38.7%

H.265

H.265使用涉及的点

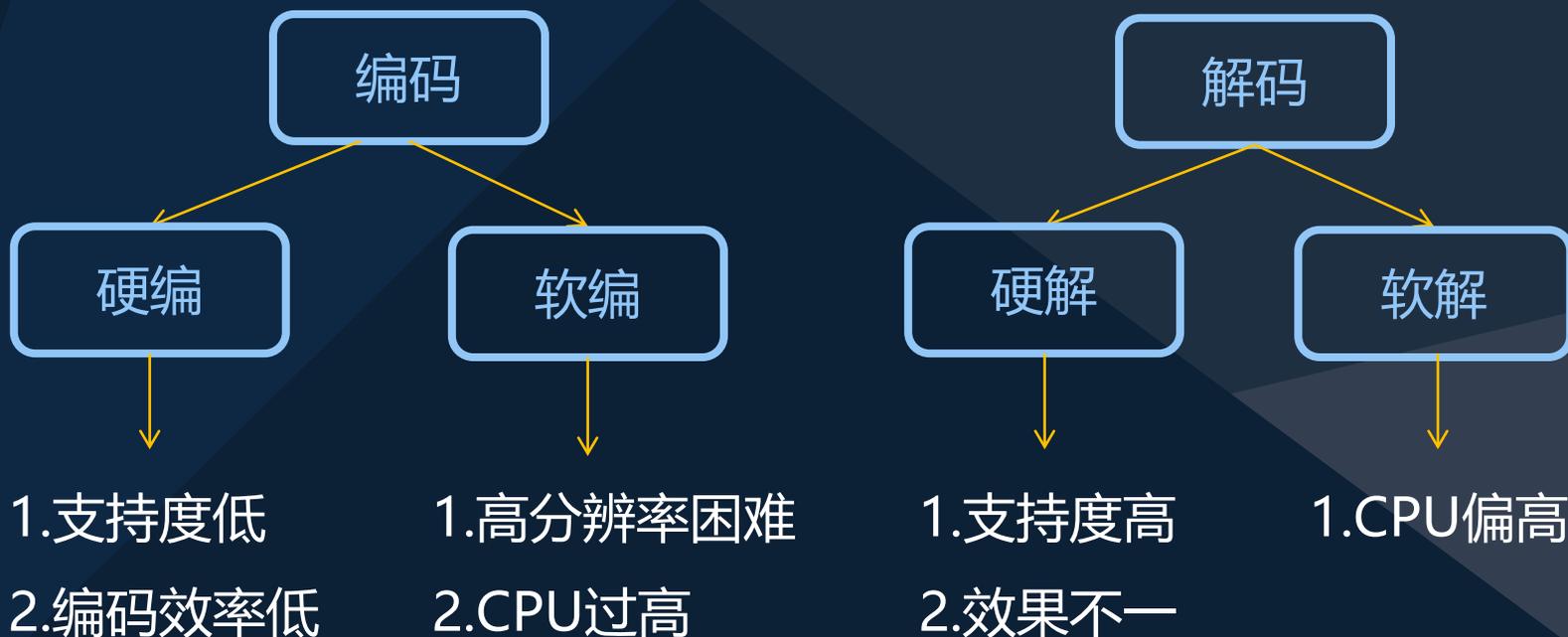
- ▼ 客户端编解码
- ▼ 服务器端转码
- ▼ rtmp/flv封装
- ▼ 专利问题



H.265

客户端编解码

- ▼ PC端：流量小，鲜有应用
- ▼ Web端：Flash核心无法修改，H5取决于浏览器实现
- ▼ Android/iOS



H.265

客户端编解码

- ▼ PC端：流量小，鲜有应用
- ▼ Web端：Flash核心无法修改，H5取决于浏览器实现
- ▼ Android/iOS

网宿硬解适配库



API查询

Y

H.265

N

H.264

网宿软解加速
(汇编优化)



CPU消耗比开源社区

减少1/3

H.265

服务器端转码

▼ 超高资源消耗：H.265是H.264的3-4倍！

	4K/4000k(264为8000k)	1080p/1000k(264为2000k)	720p/500k(264为1000k)	540p/300k(264为600k)
x264@faster	1	5	8	14
CNC265	1	4	7	12
x265@faster	NG(单路12fps)	NG (单路26fps)	2	4

相同条件下实时转码路数对比 (CNC265与x265@faster编码效率相同)

▼ 网宿拥有数千台专用转码机器集群，可承载**万级乃至10万级**并发转码，并能保障服务稳定性。

H.265

服务器端转码

视频名称	分辨率	视频时长(s)	网宿转码时长(s)	第三方转码时长(s)	倍数
s01	480x640	17.50	3.11	23.00	7.4
s02	720x960	17.67	4.19	33.00	7.9
s03	720x960	17.55	4.39	45.00	10.3
s04	640x360	93.00	7.40	66.00	8.9
s05	640x360	83.00	7.36	51.00	6.9
s06	640x360	49.95	5.83	30.00	5.1
s07	1280x720	331.00	49.05	419.00	8.5
s08	640x480	389.00	30.41	185.00	6.1
s09	854x480	424.00	66.01	332.00	5.0

H.265

rtmp/flv封装

- ▼ CodecID(in VideoTagHeader) : 12
- ▼ Sequec header(对应H.264的avcC) : hvcC in ISO/IEC 14496-15

```
class HEVCConfigurationBox extends Box('hvcC') {  
    HEVCDecoderConfigurationRecord() HEVCConfig;  
}
```

- ▼网宿参与CDN联盟积极推进H.265规范化

H.265规范提案：<https://github.com/CDN-Union/Document/tree/master/Draft>

对应开源代码：<https://github.com/CDN-Union/Code/tree/master/flv265-ChinaNetCenter>

专利问题

- MPEG-LA(<http://www.mpegla.com/>)
 - ▼ 针对Codec制造商收费
 - ▼ 内容提供商无需付费

- HEVC Advance (<http://www.hevcadvance.com/>)
 - ▼ 针对硬件设备及付费内容收费
 - ▼ 免费内容提供商无需付费

Content Distribution Categories	Examples	Main Profiles Royalty (Region 1/2)	Profile Extensions Any One (Region 1/2)	Profile Extensions All Three (Region 1/2)	Annual Category Cap
Free-to-End User	Public TV, 100% Ad-Funded Commercial Broadcast TV and Internet Content Distribution	Waived (Free)	Waived (Free)	Waived (Free)	N/A

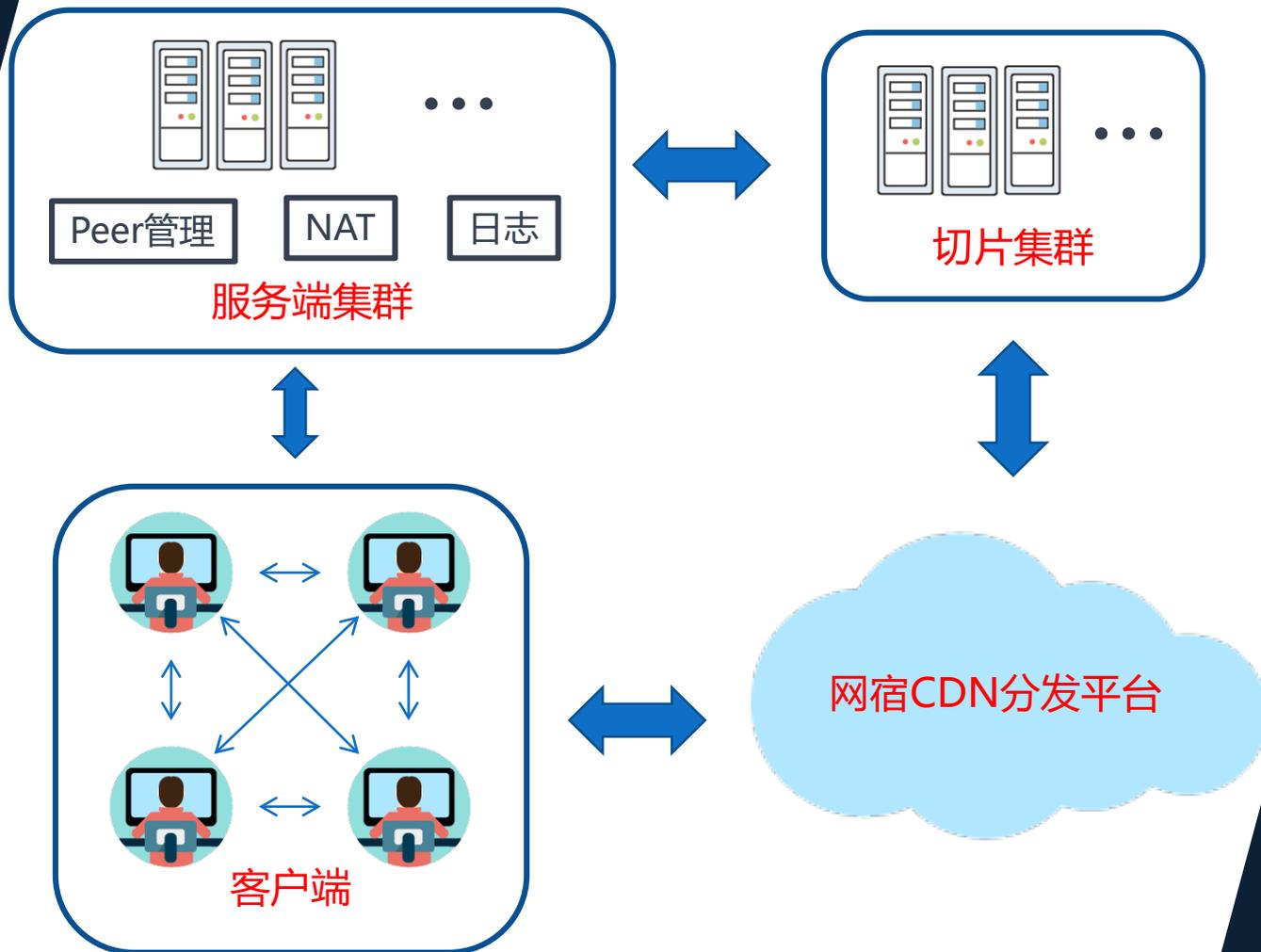
PART 2

技术详解

P2P

P2P

切片集群 + CDN分发 + P2P服务端 + 客户端SDK



P2P

性能

	日均服务质量		高峰时间段服务质量	
	分享率	卡顿比	分享率	卡顿比
3M直播流	47.34%	2.52%	49.29%	2.16%
2M直播流	50.88%	2.29%	52.86%	1.42%
900K直播流	53.13%	2.06%	54.19%	1.73%



分享率50%左右，卡顿率2%左右

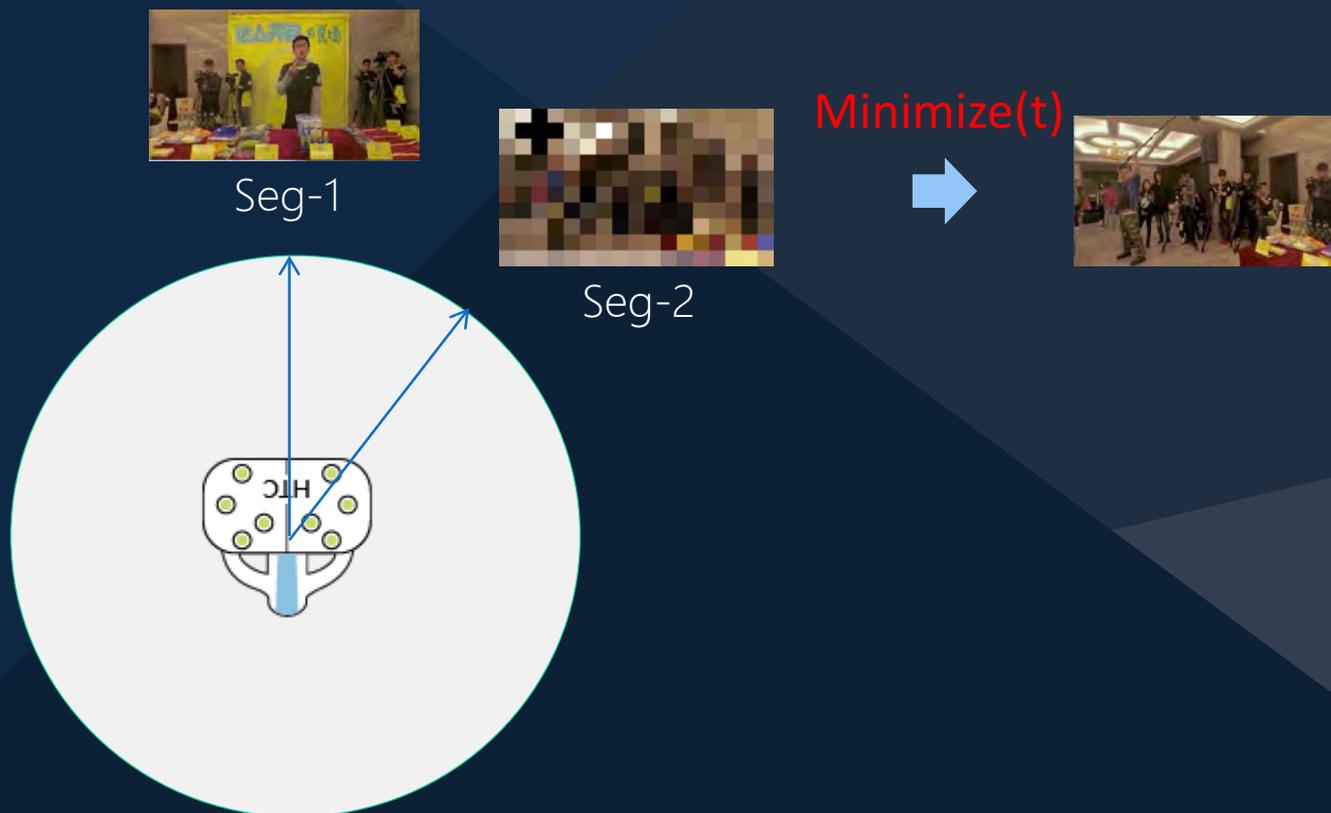
PART 2

技术详解

延时优化

延时优化

- ▼ 社交、教育等实时互动场景： $<400\text{ms}$
- ▼ 按需传输清晰度切换



延时优化

传统流媒体协议

- ▼ HLS : 10s
- ▼ RTMP : 1-3s

UDP

- ▼ 非连接 : ms级延时
- ▼ 抗丢包 : FEC、PLC、ARQ

编码器

- ▼ 关键帧间隔 (GOP) 要短 : 1s
- ▼ 清晰度切换时用户感知度低

PART 2

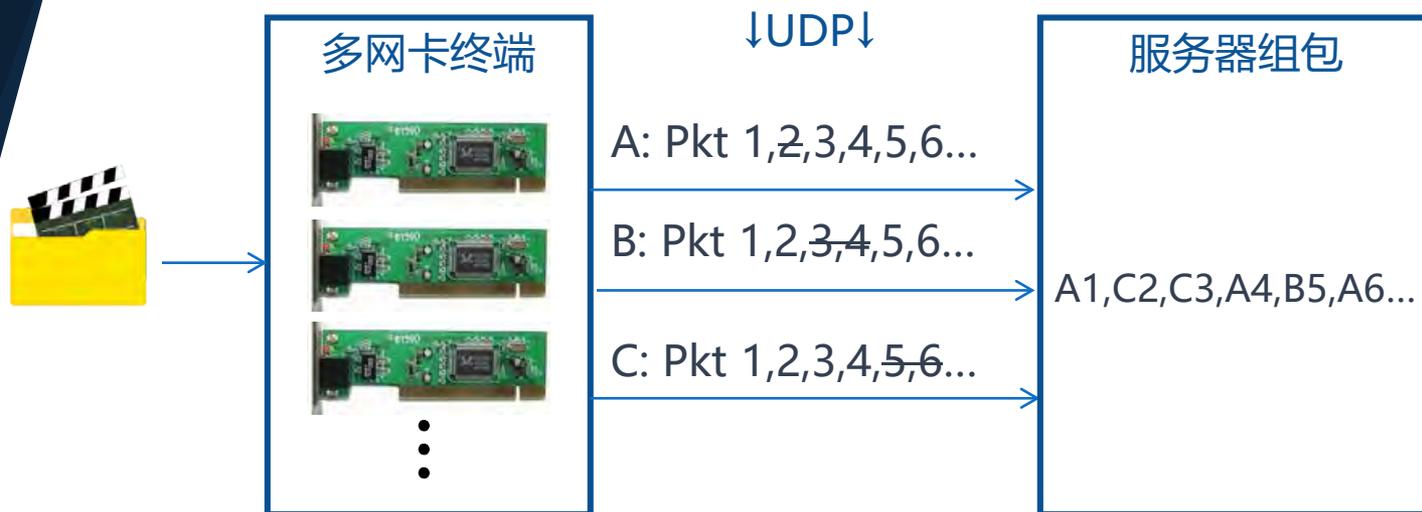
技术详解

传输优化

传输优化

多链路聚合

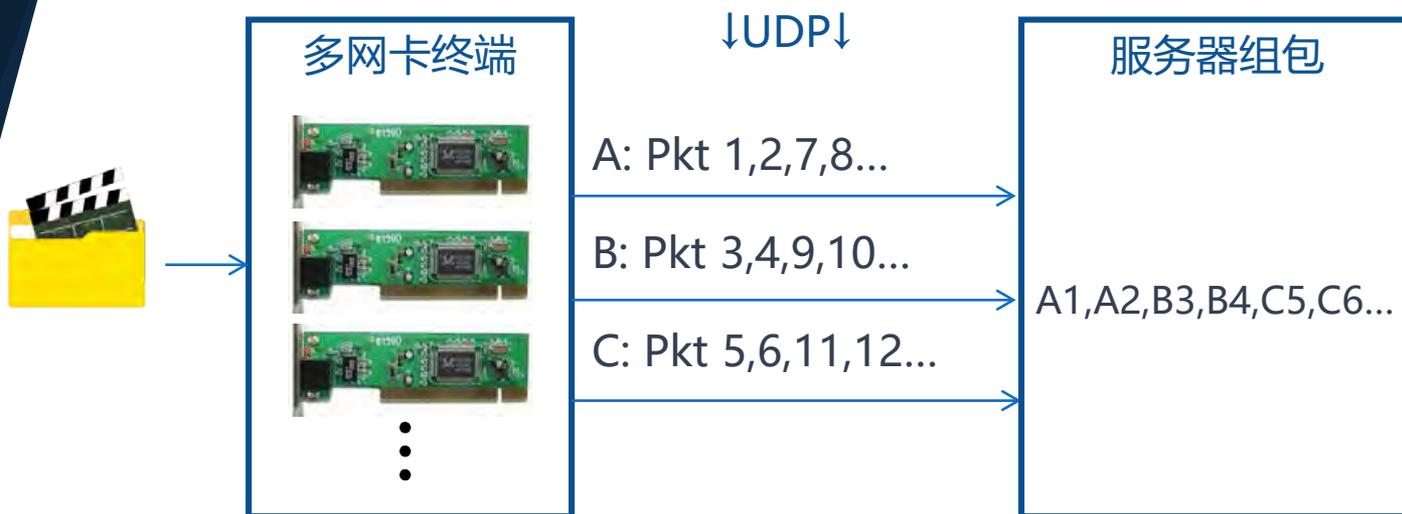
网络不稳(如户外VR)：多路同传（各路传输相同内容）



传输优化

多链路聚合

带宽不足（如高质量VR）：多路并传（各路传输不同内容）



PART 3

效果展示

- 带宽
- 延时

带宽

理想效果

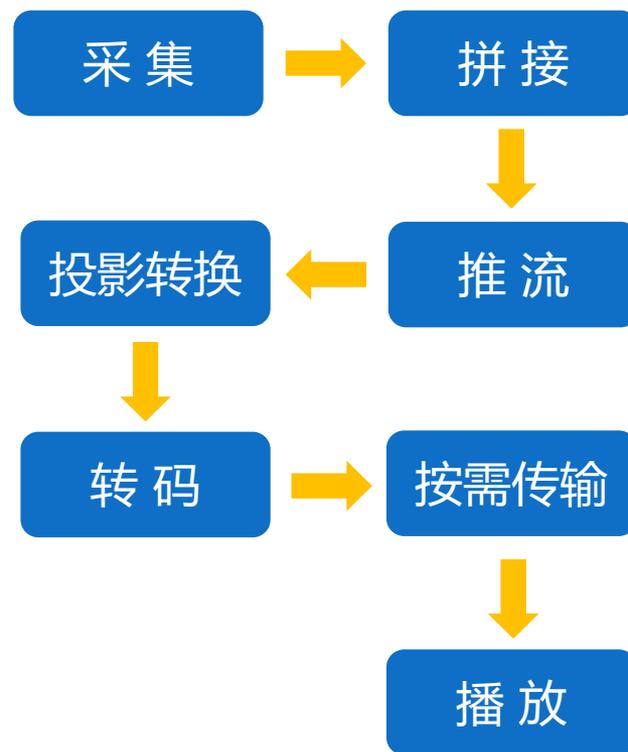


$$100\% * 75\% * 50\% * 60\% * 50\% = 11.25\% \approx 90\% \text{ saving !}$$

带宽

我司目前效果

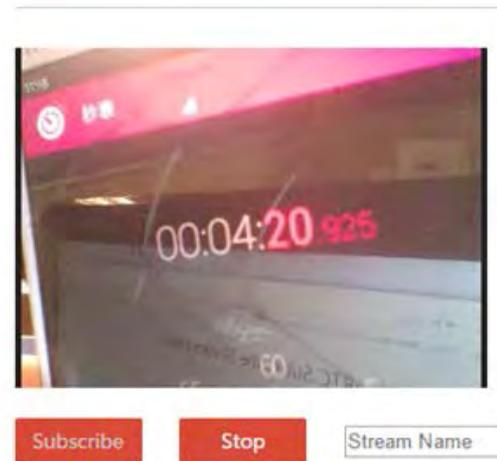
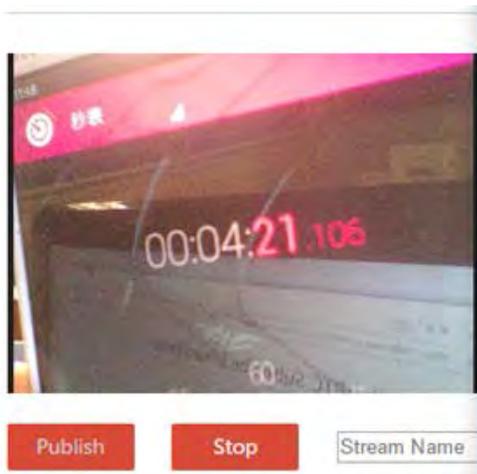
- ▼ 可提供端到端的全链路VR视频解决方案
- ▼ 2-5Mbps下可做到4K@10Mbps相当画质
- ▼ 持续开发优化中



延时

▼ 基于UDP的传输方案

服务器	客户端	码率(Kbps)	RTT(ms)	延时(ms)
福建	北京	2000	50-100	200ms 左右



Thank You

网宿科技--孙磊

sunl1@wangsu.com

LiveVideoStackCon

聚音视 研修不止于形



关注LiveVideoStack公众号

回复 **孙磊** 为讲师评分