



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

# 如何评测 8K VR 视频系统

How to Benchmark an 8K VR Video System

周昌印

Visbit Cofounder & CTO

2019.8.24

出品: LiveVideoStack  
音视频技术社区

CSDN



深圳  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

# LiveVideoStackCon 2019 深圳

2019.12.13-14



成为讲师: [speaker@livevideostack.com](mailto:speaker@livevideostack.com)

成为志愿者: [volunteer@livevideostack.com](mailto:volunteer@livevideostack.com)

赞助、商务合作: [kathy@livevideostack.com](mailto:kathy@livevideostack.com)

出品: **LiveVideoStack**  
—— 音视频技术社区 ——

# VR 360 视频行业现状



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

## 真实经历一

2018年4月，拉斯维加斯NAB大会，某著名VR方案商D展台：

*我：为什么你们的VR体验这么不清楚？*

*D：现在是VR早期，所以...*

## 事实：

他们的展示清晰度低于当时行业清晰度至少2倍。

消费者无判断力

从业者浑水摸鱼

## 真实经历二

2019年8月，深圳某影响力巨大的技术大会，一家VR内容商演讲：

*“  $5G = VR + 4K$  ”*

*4K分辨率是发展趋势，即3840x2160*

*属于超高清分辨率 ”*

行业发展太快

优秀工程师缺乏

## 基本常识错误：

1. 5G VR目标至少是8K；4K已经是过去式；将其归为超高清会误导VR用户；
2. VR 4K 一般来说是 3840 x 1920，或 3840 x 3840，不是 3840x2160。

## 真实经历三

2019年4月，北京，与XX电视台总工 L 对话：

*总工：VR视频所谓4K分辨率有水分...我看的4K VR视频比老电视都糊...*

*我：VR视频的所谓4K分辨率与平面视频4K分辨率不是一回事...*

缺乏基本的标准

缺乏直观的判定

## 事实：

1. VR视频分辨率是指360度，而不是眼前看到的部分；
2. 这位总工其实知道这个差别，但是不认同这样误导性的重用。



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

22 ppd

# 如何评测 8K VR 视频系统

How to Benchmark an 8K VR Video System

周昌印

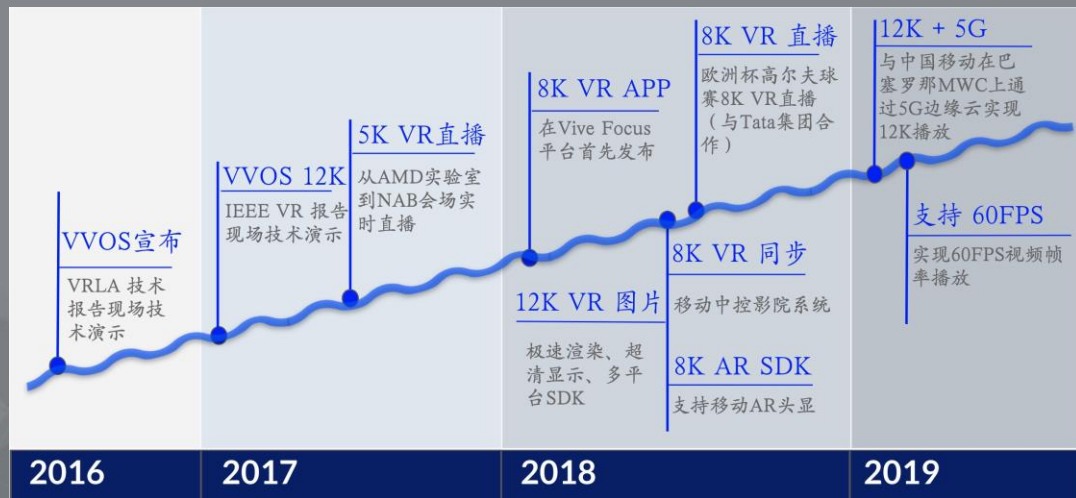
Visbit cofounder & CTO

2019.8.24

出品: LiveVideoStack  
音视频技术社区

CSDN

Visbit 用 VR/AI 连接世界! 致力于将科技想象力变为逼真的视觉体验, 让人们瞬间“穿越”到演唱会、体育比赛现场, 甚至星际旅行。



专注于 **超大型视觉数据**  
的 **采集、处理、理解、大**  
**规模分发、与渲染。**

# 个人学术背景: Changyin Zhou, PhD



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



Microsoft  
**Research**  
微软亚洲研究院



Google<sup>[x]</sup>



ISBIT

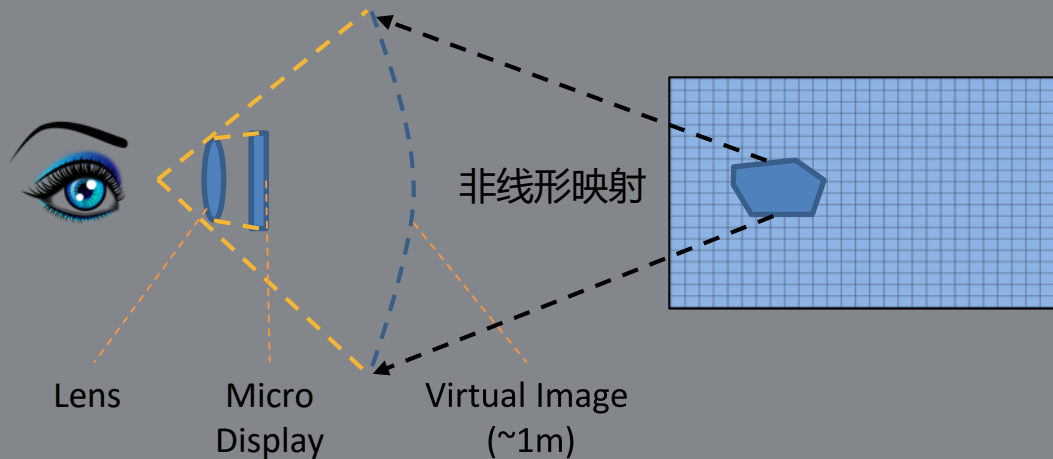


# VR 360 视频与普通2D视频差异的根源



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



## 视频像素 <-> 屏幕像素

1. 非线性映射
2. 非一一映射
3. 非静态映射 (~60次变化/秒)
4. 有几何形变 (边角拉伸)
5. 有RGB色差
6. 立体视觉
7. 相当于1m处的~1.5m大屏

VR 360 视频 **独特的渲染方式** 改变了整条流水线与关键指标



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

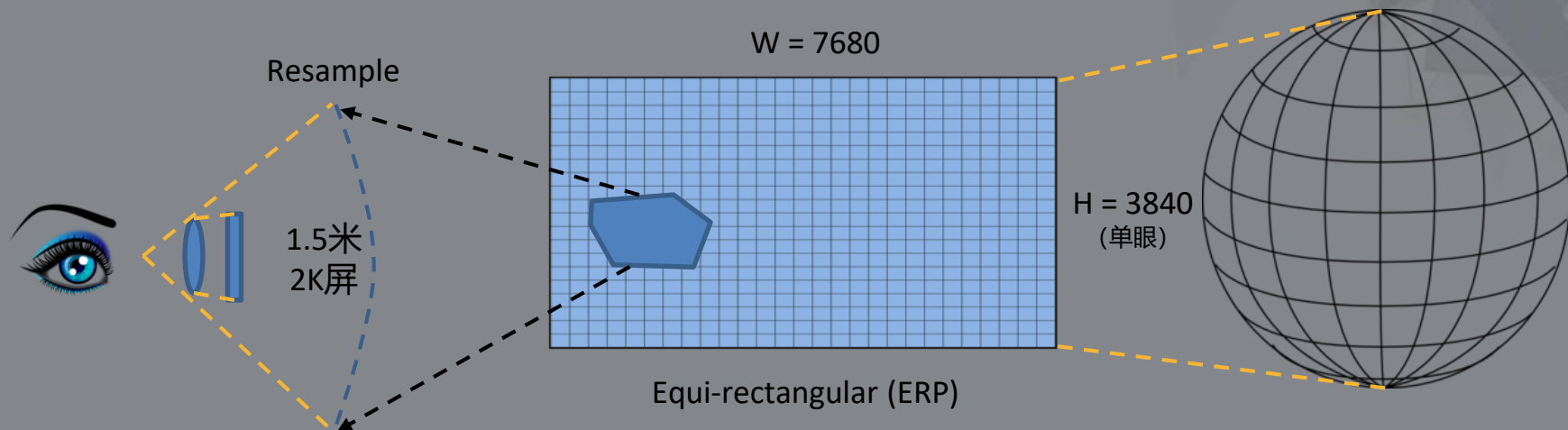
1. VR 360 视频的分辨率, 及评测
2. VR 360 视频系统的MTP, 及评测
3. VR 360 视频的几何表达, 及评测
4. VR 360 视频的FPS, 及评测
5. VR 360 视频的其他指标

# VR 360 视频的分辨率定义



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



VR 360 视频分辨率 不是 用户真正体验到的分辨率

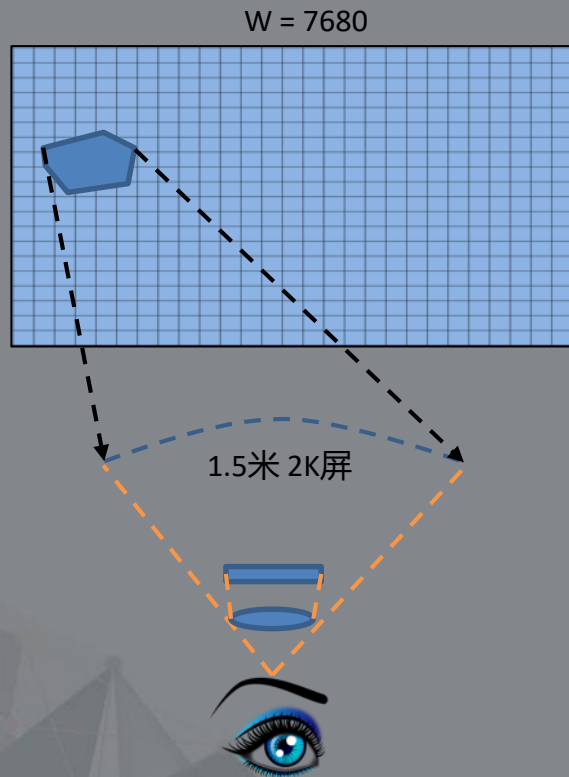
4K VR 视频分辨率  $\approx$  1米外 50寸720p屏幕

# VR 360 视频的分辨率定义



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



角分辨率：像素数/度 or PPD (pixel per degree)

VR 视频应该用 **角分辨率** 而不是普通分辨率

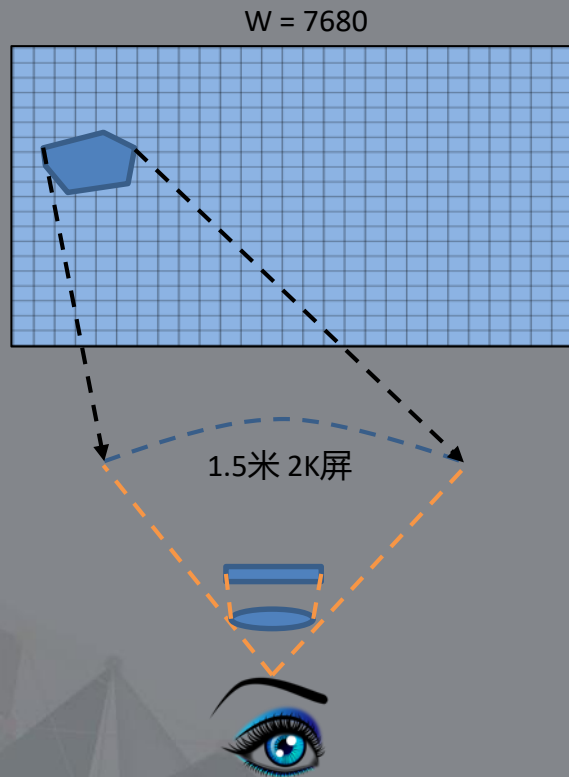
设备或内容	分辨率	角分辨率	相对
人眼	21.6 K	60	1.0
8K VR 360	< 7680*7680	< 22	0.37
4K VR 360	< 3840*3840	< 11	0.18
4K VR头显		< 22	~0.37
2K VR头显		< 11	0.18

# VR 360 视频的分辨率定义

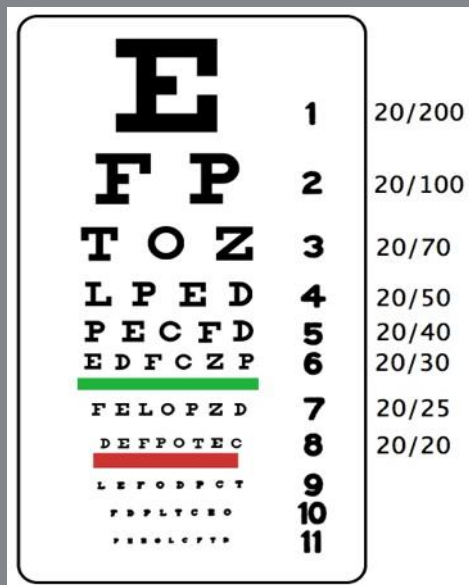


北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



VR 视频应该用 **角分辨率** 而不是普通分辨率



→ 11 ppd

→ 22 ppd

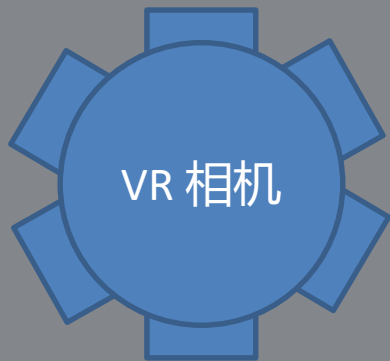
→ 60 ppd

# VR 360 视频的分辨率：一个小测验



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



1. 6个相机
2. 每个相机视角 (V) : 200度
3. 每个相机输出: 2160 (H) \* 3840 (V)
4. 假设完美拼接

问：该相机输出的理想VR视频分辨率是多少？

答：  $6 * 3840 = 24K?$

✗ 水平分辨率为2160

答：  $6 * 2160 = 12K?$

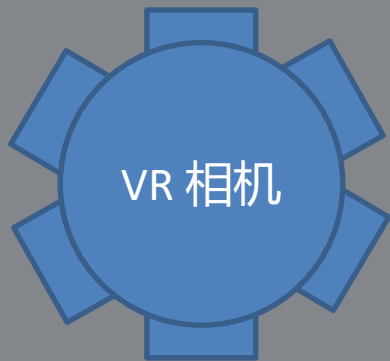
✗ 相机视角有大量重合

# VR 360 视频的分辨率：一个小测验



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



1. 6个相机
2. 每个相机视角 (V) : 200度
3. 每个相机输出: 2160 (H) \* 3840 (V)
4. 假设完美拼接

问：该相机输出的理想VR视频分辨率是多少？

先算角分辨率： $3840 / 200 = 19$  ppd

再算水平分辨率： $19 * 360 = 6840$  pix

约 6.8 K 分辨率！

# VR 360 视频系统的分辨率评测



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

木桶原理： 用户体验的清晰度从整条Pipeline综合决定





# VR 360 视频系统的分辨率评测

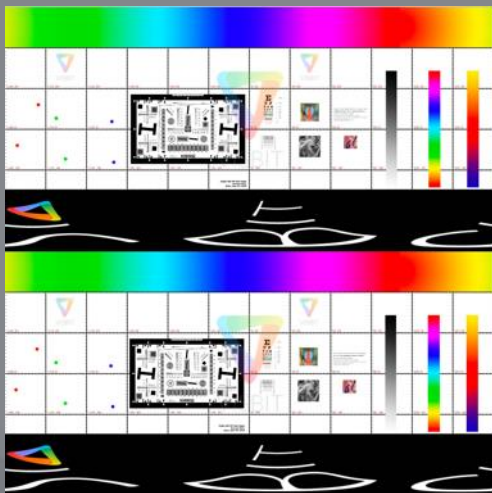


北京  
2019

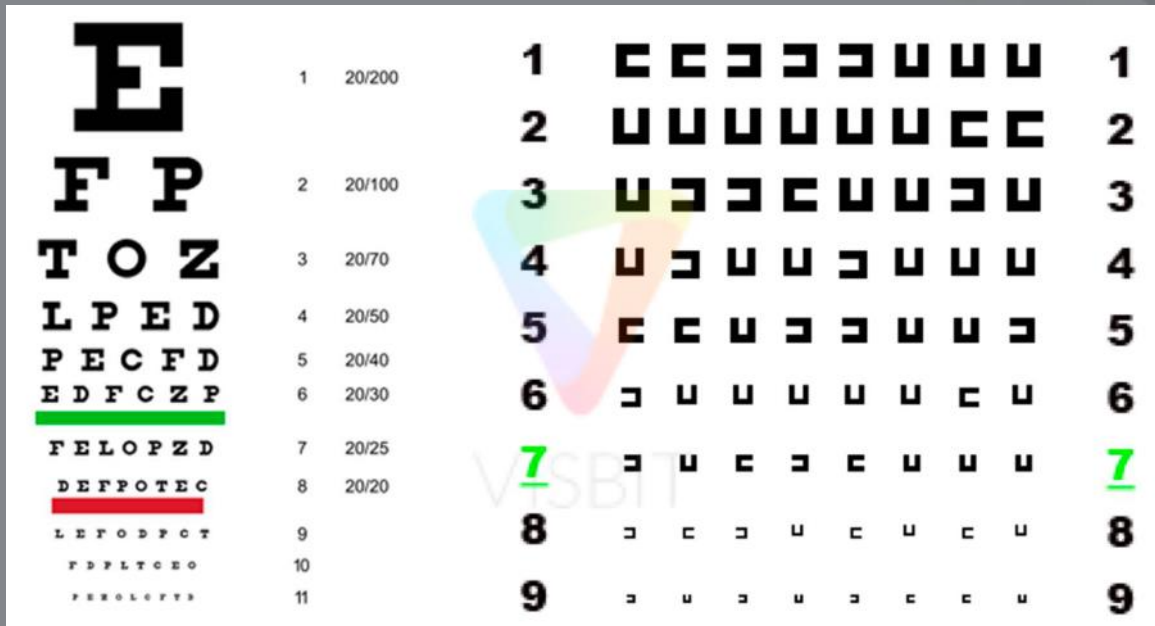
遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

建议方法：将测试视频导入整个Pipeline，通过VR头显直接“看见”清晰度

360 VR评测视频（全图）



分辨率评测相关区域（局部放大）





北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

1. VR 360 视频的分辨率, 及评测
2. VR 360 视频系统的MTP, 及评测
3. VR 360 视频的几何表达, 及评测
4. VR 360 视频的FPS, 及评测
5. VR 360 视频的其他指标

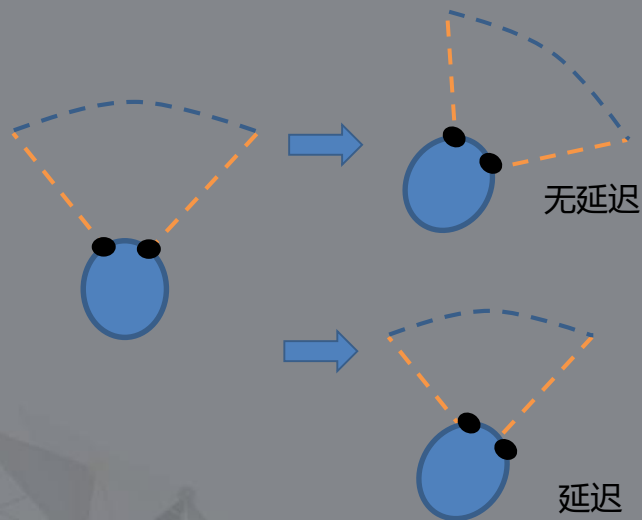
# VR 360 视频系统的 MTP (Motion-to-photon latency)



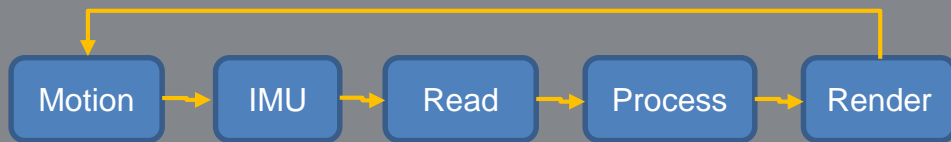
北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

MTP 是VR眩晕的最主要来源



MTP: 观测者动作到图像更新的延迟



VR视频播放MTP建议: **<20ms\***

\* 行业尚未有MTP最低标准, 20ms是 非官方共识。

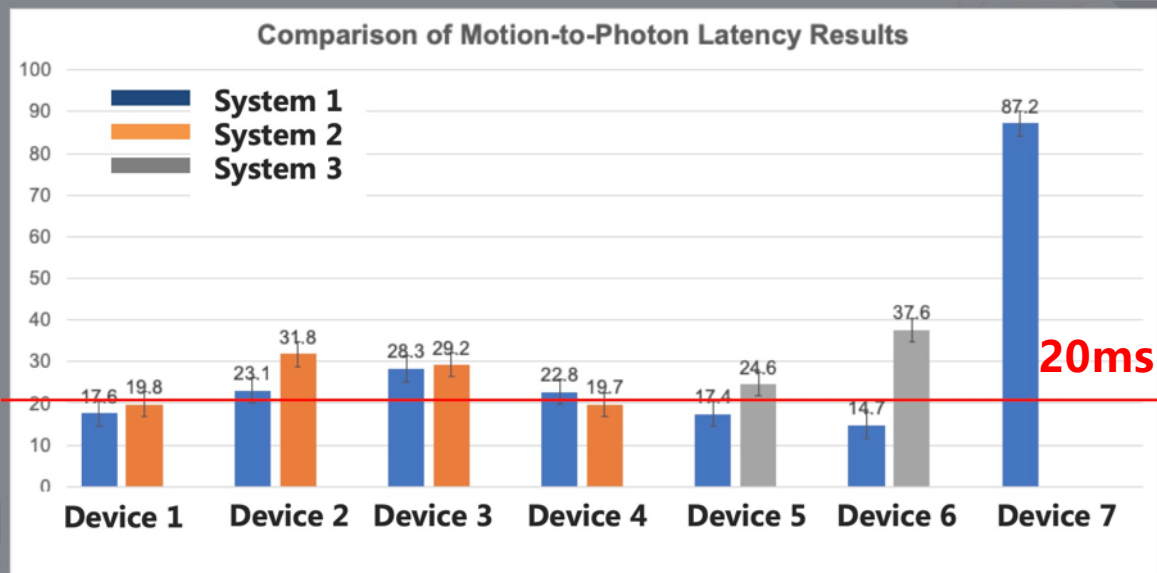
# VR 360 视频系统的 MTP (Motion-to-photon latency)



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

## 常见VR 360视频系统的 MTP延迟测试结果\*



MTP 决定于:

1. VR 硬件平台
2. VR 软件平台
3. VR视频系统  
(几何、编码、算法、实现)

\* Visbit MTP 测量仪 结果, 厂商名因敏感性隐去



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

1. VR 360 视频的分辨率，及评测
2. VR 360 视频系统的MTP，及评测
- 3. VR 360 视频的几何表达，及评测**
4. VR 360 视频的FPS，及评测
5. VR 360 视频的其他指标

# VR 360 视频的几何表达

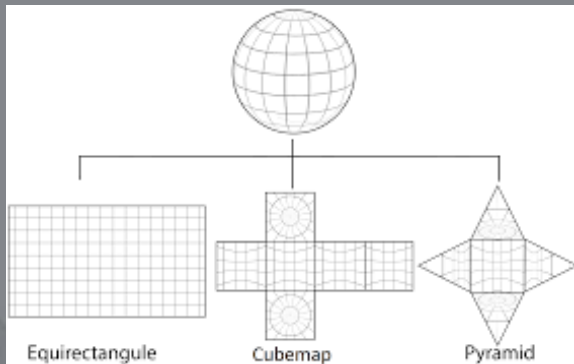


北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



ERP是最常见，但很糟糕的投影



还有许许多多不同的几何投影 ([Wiki](#))

## 几何投影方案的选择与评估因素

1. 分辨率的均匀程度
2. 是否矫正 Motion Vector
3. 最终像素数的增减
4. 表面的连续性
5. 重采样的效率与插值精度

最终质量建议还是用基准360视频评价



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

1. VR 360 视频的分辨率，及评测
2. VR 360 视频系统的MTP，及评测
3. VR 360 视频的几何表达，及评测
- 4. VR 360 视频的FPS，及评测**
5. VR 360 视频的其他指标

# VR 360 视频方案的FPS

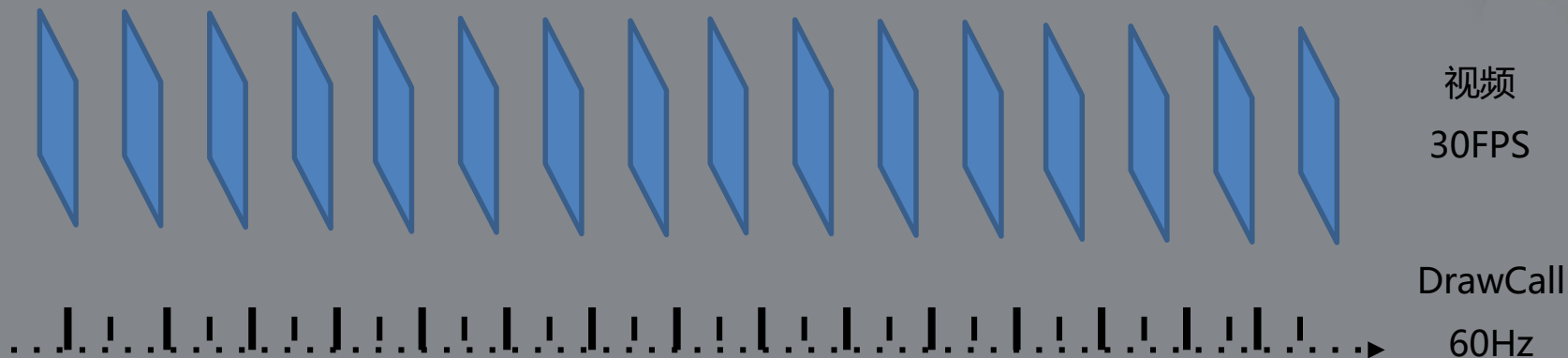


北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

假设一个VR头显屏幕刷新率是 72Hz，VR视频本身FPS为 30FPS。

问：应该如何渲染，用户体验刷新率是多少？



目前最好解法：屏幕降频到60Hz，以 60FPS 渲染视频，2倍插值



# VR 360 视频方案的FPS

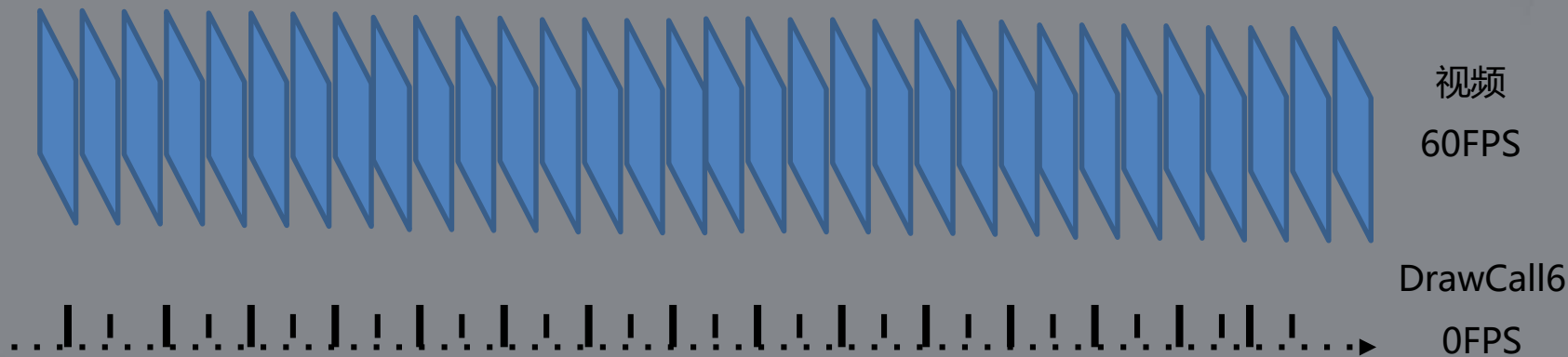


北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

假设一个VR头显屏幕刷新率是 60Hz

问：应该如何采集视频，如何渲染视频，达到最佳用户体验刷新率？



目前最好方案：6K@60FPS 视频 + 60Hz VR头显 + 60FPS播放器

# VR 360 视频方案FPS的评测



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

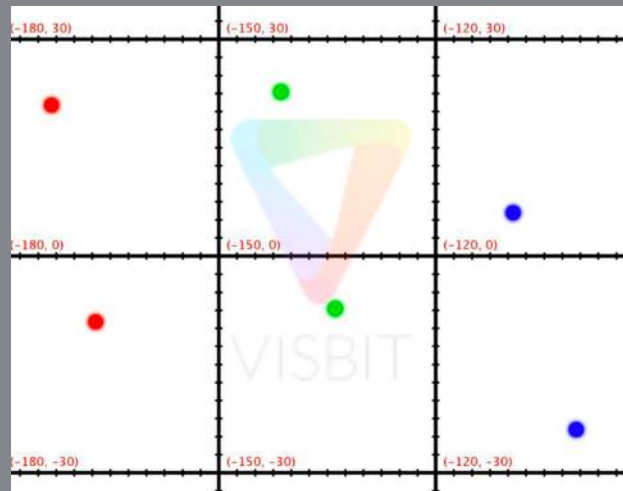
## 测试一：使用系统Profiler or log

I/VrApi (26422):

FPS=72, Prd=45ms, Tear=0, Early=73, Stale=0, VSnc=1, Lat=1, Fov=0, CPU4/GPU=2/4, 1651/670MHz, OC=FF, TA=0/E0/0, SP=N/F/N, Mem=1804MHz, Fre

## 测试二：使用Visbit基准视频

- 不同速度的运动小球
- 观察运动流畅度





北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

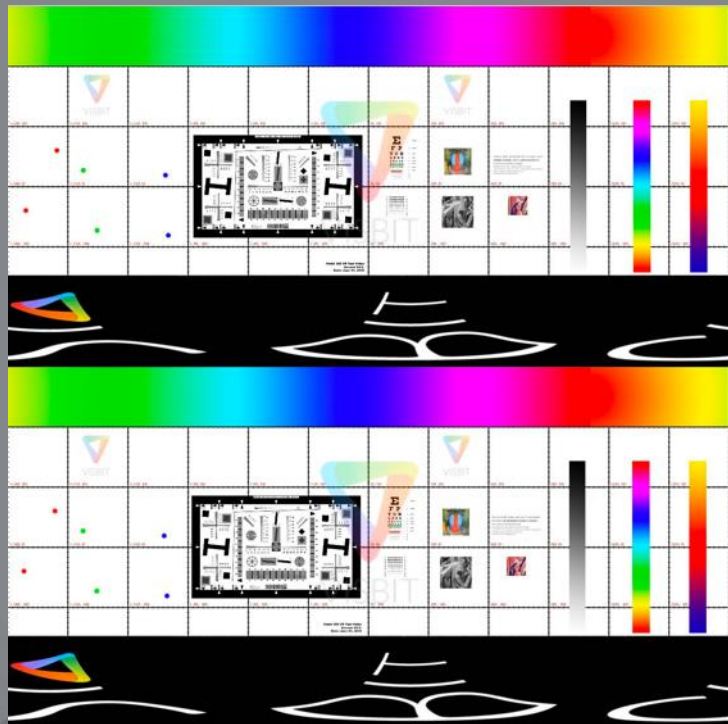
1. VR 360 视频的分辨率，及评测
2. VR 360 视频系统的MTP，及评测
3. VR 360 视频的几何表达，及评测
4. VR 360 视频的FPS，及评测
- 5. VR 360 视频的其他指标**

## VR 360 视频方案的其他指标



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



Visbit 360 VR基准视频

可以协助测量的其他指标:

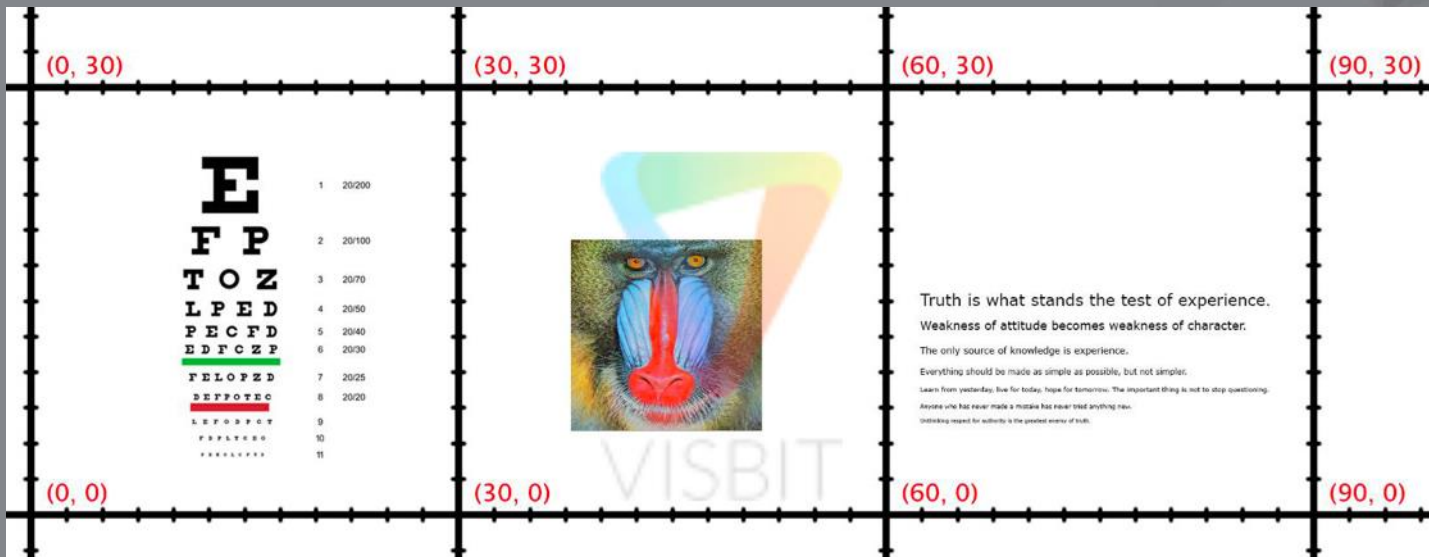
1. 头显视场角的测量
2. 几何形变的消除
3. RGB色差的消除
4. 摩尔纹 (Aliasing) 的消除
5. 文字的可读性
6. 色阶的评测

# VR 360 视频方案：可见视场角、几何形变、色差



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



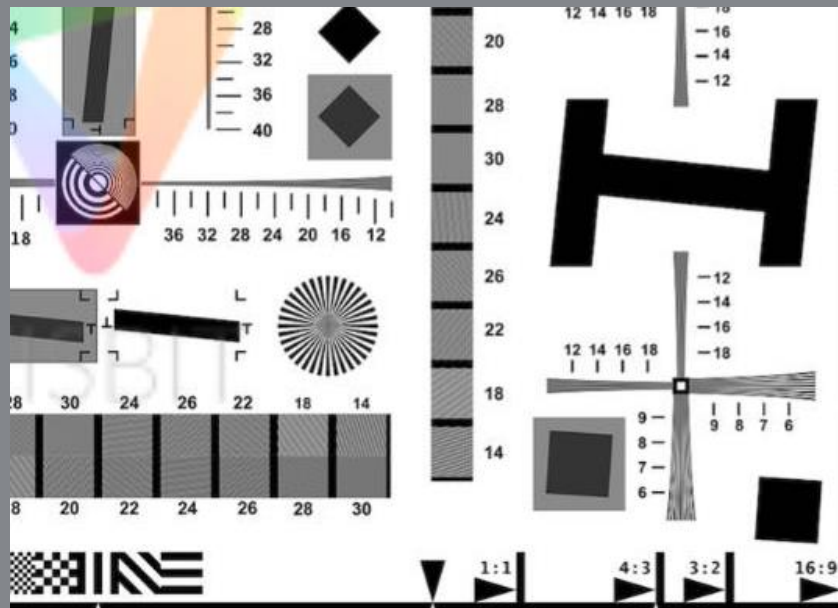
通过基准视频，从VR头显中直接读出 可见视场角 与 几何形变 与 色差

# VR 360 视频方案：摩尔纹 与 细节



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



Truth is what stands the test of experience.

Weakness of attitude becomes weakness of character.

The only source of knowledge is experience.

Everything should be made as simple as possible, but not simpler.

Learn from yesterday, live for today, hope for tomorrow. The important thing is not to stop questioning.

Anyone who has never made a mistake has never tried anything new.

Unthinking respect for authority is the greatest enemy of truth.

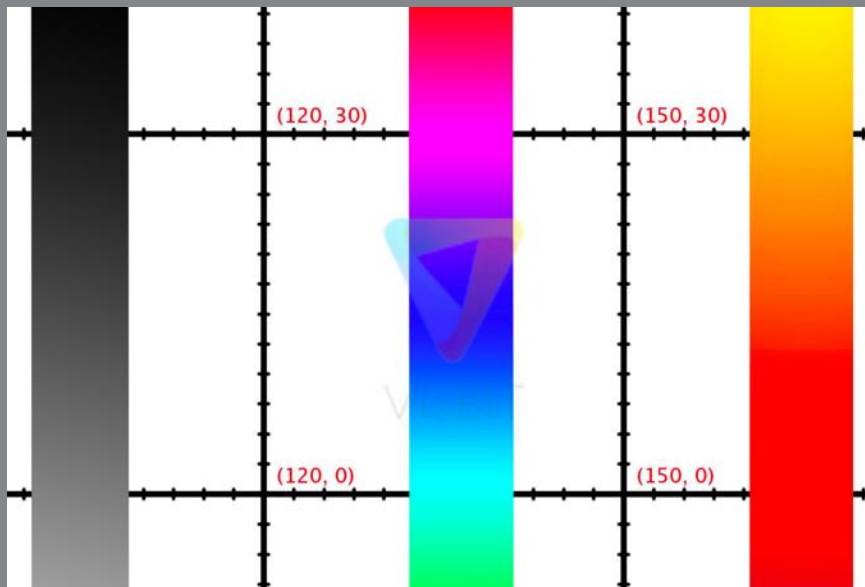
2. 通过基准视频，从VR头显中直接读出摩尔纹出现的频率

## VR 360 视频方案：色阶



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



通过基准视频，从VR头显中直接读出色阶的连续性

# 总结



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

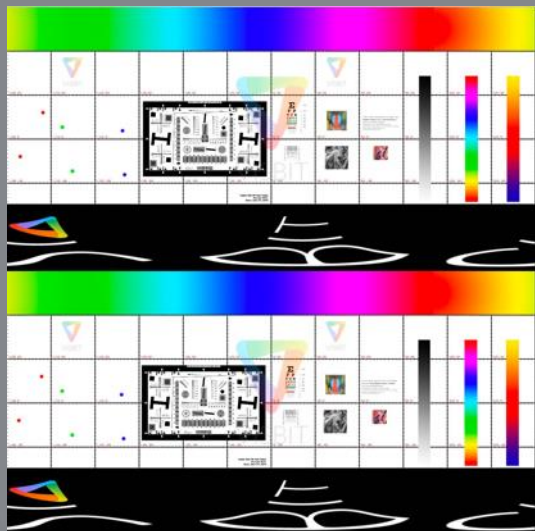
8K (22ppd) 关键指标	建议标准	后果	行业现状	权重
<b>MTP延迟</b>	<20ms	眩晕	<b>普遍不达标</b>	100
几何形变矫正	< 1%	眩晕	部分不达标	75
<b>分辨率</b>	≥7680 * 3840 (单眼)	低沉浸感	<b>普遍不达标</b>	75
Stereo	Yes	低沉浸感	<b>普遍不达标</b>	50
视频 FPS	30FPS, 运动场景60FPS	低运动流畅度	30 FPS或更低	50
色阶	10 bits	过曝、过暗	8 bits	50
摩尔纹的消除	不影响阅读	低沉浸感	部分不达标	25
RGB色差	全视角去色差	低保真色彩	部分不达标	10





北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want



Visbit VR 360 基准视频

YUV444P, 11520x11520 @ 30fps

YUV444P, 7680 x 7680 @ 30fps

YUV444P, 5760 x 5760 @ 60fps

YUV444P, 5760 x 5760 @ 30fps

YUV420P, 5760 x 5760 @ 30fps

YUV444P, 3840 x 3840 @ 60fps

YUV444P, 3840 x 3840 @ 30fps

YUV420P, 3840 x 3840 @ 30fps

YUV444P, 3840 x 1920 @ 60fps

YUV444P, 3840 x 1920 @ 30fps

YUV420P, 3840 x 1920 @ 30fps



资料下载

VR 视频 =

- + 图形学
- + 音视频处理
- + 计算成像
- + 计算机视觉
- + 编解码
- + 用户体验



北京  
2019

遨游“视”界 做你所想  
Explore World, Do What You Want

# Thank you



出品:  LiveVideoStack   
—— 音视频技术社区 ——