

Hulu基于DASH构建的高清直播系统架构及实践

李彬

Hulu 首席软件开发主管



CNUTCon 2017

全球运维技术大会

上海·光大会展中心大酒店 | 2017.9.10-11

智能时代的新运维

大数据运维
安全
SRE
DevOps
Kubernetes
Serverless
游戏运维
AI Ops
智能化运维
基础架构
监控
互联网金融





斯达克学院

实践驱动的IT教育



斯达克学院(StuQ)，极客邦旗下实践驱动的IT教育平台。通过线下和线上多种形式的综合学习解决方案，帮助IT从业者和研发团队提升技能水平。



10大职业技术领域课程

<http://www.stuq.org>

SPEAKER INTRODUCE

李彬 Hulu 首席软件开发主管

- 2014年加入Hulu北京研发中心，目前任研发中心首席开发主管。主导Hulu核心视频技术的研发。从清华大学攻读博士学位开始就一直从事互联网视频相关领域的研究和开发。有丰富的音视频直播，点播系统的实战经验。

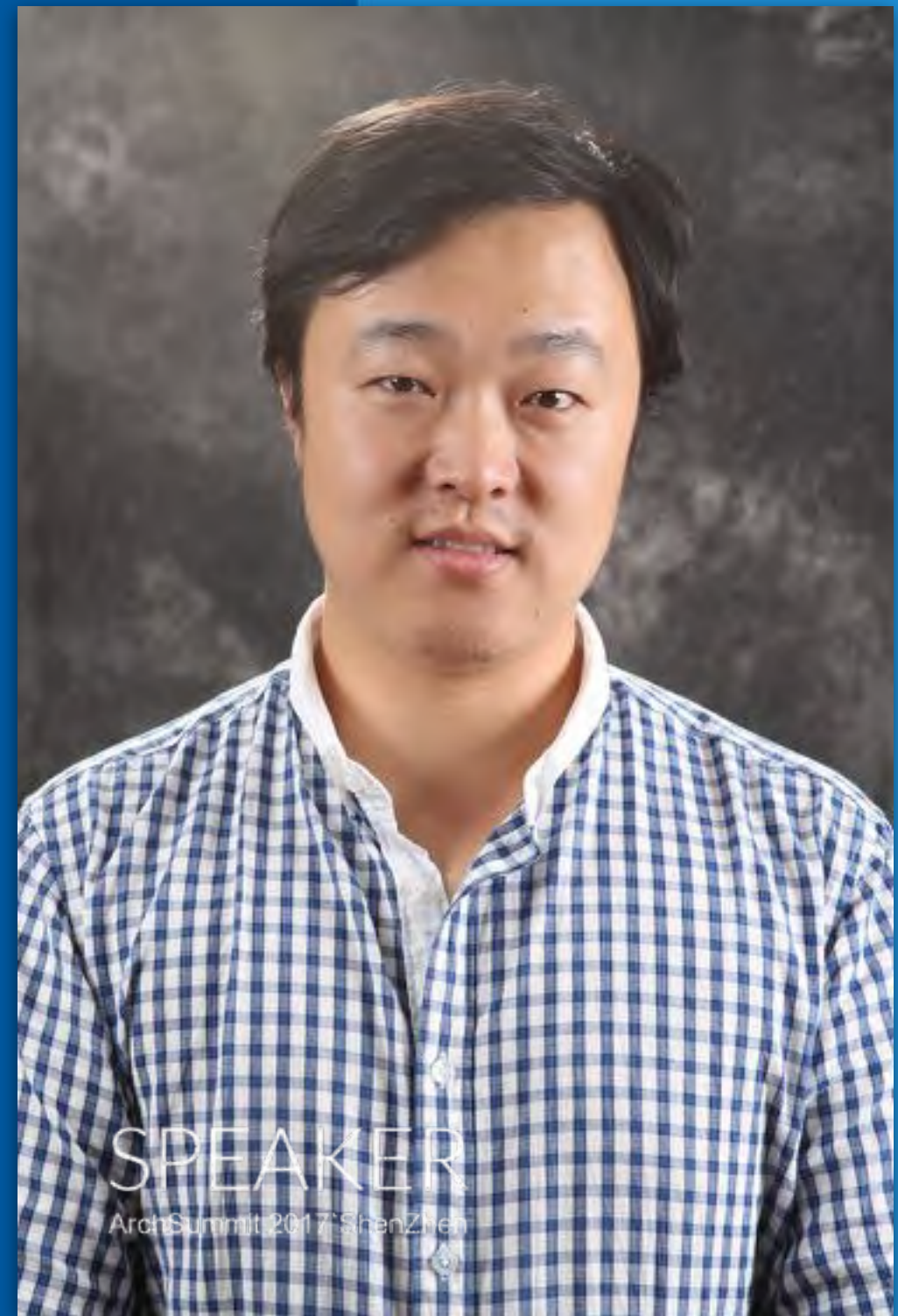


TABLE OF
CONTENTS 大纲

- **Hulu直播产品简介**
- 基于DASH的直播核心系统的架构
- 直播体验优化
- 下一步的展望

Hulu 简介

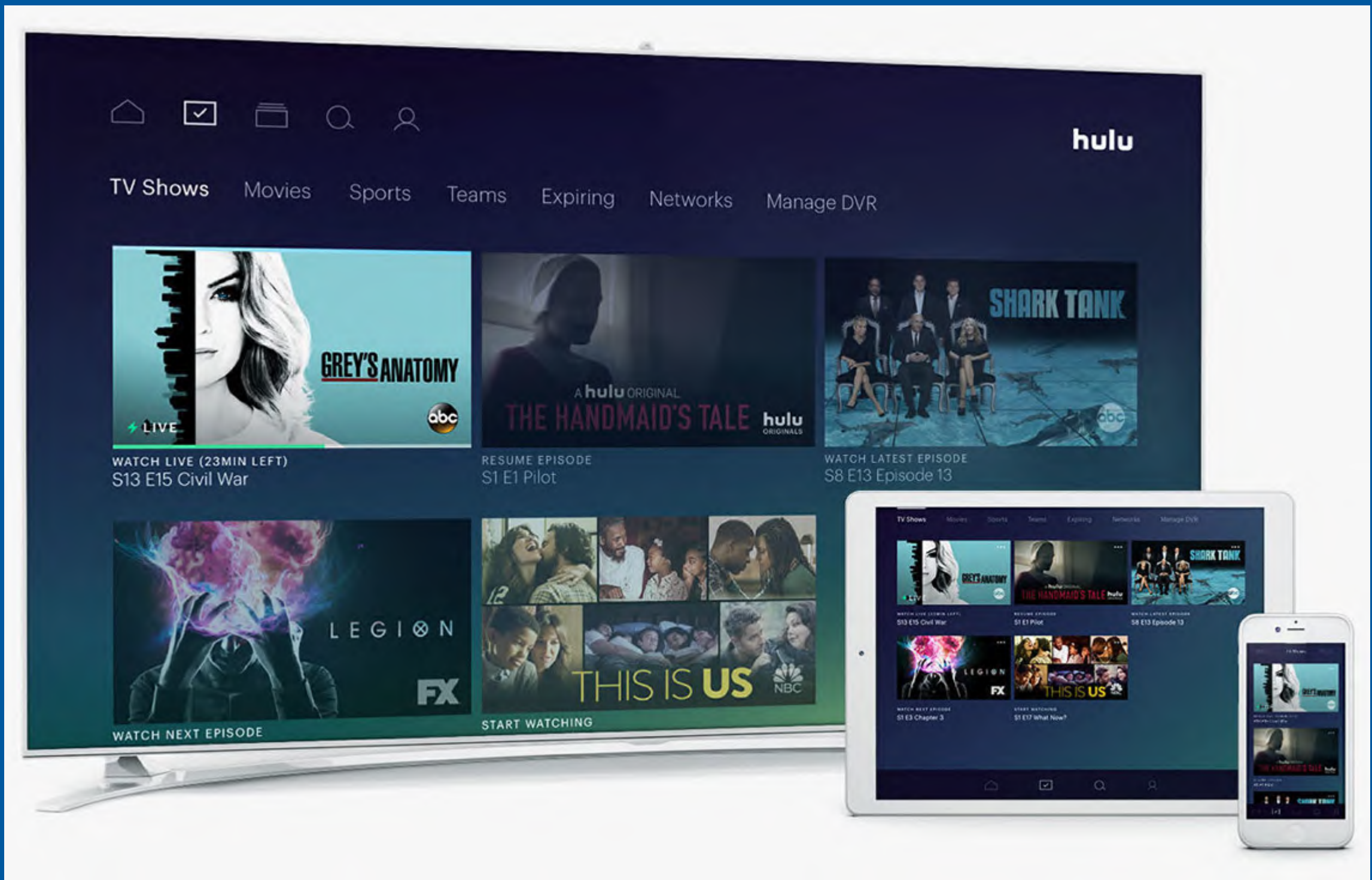
- 成立于2007年
- 美国三大在线视频提供商之一
- 提供电影、电视节目为主的专业视频点播服务
- 主要的收入来源是广告和注册会员费
- 现独立用户数达到4700万
- 2017年5月发布电视直播服务

ALL YOUR TV IN ONE PLACE

Get full access to the entire Hulu streaming library along with your favorite live sports, breaking news, can't-miss events, and current shows.



浏览界面



直播界面

hulu



新Hulu体验

- 直播节目与点播内容混排
- 内容根据用户的观看习惯、节目播放日程、地域分布及时间推荐给用户
- 直播节目可预约并在云端录制回看
- 点播式的直播体验，可随时暂停，后退及快进

直播体验的关键指标

hulu

- 快速频道启动及切换
- 高清(720P~1080P) 高帧率(30fps~60fps)直播质量
- 流畅无卡顿直播视频播放
- 接近有线电视的低延迟

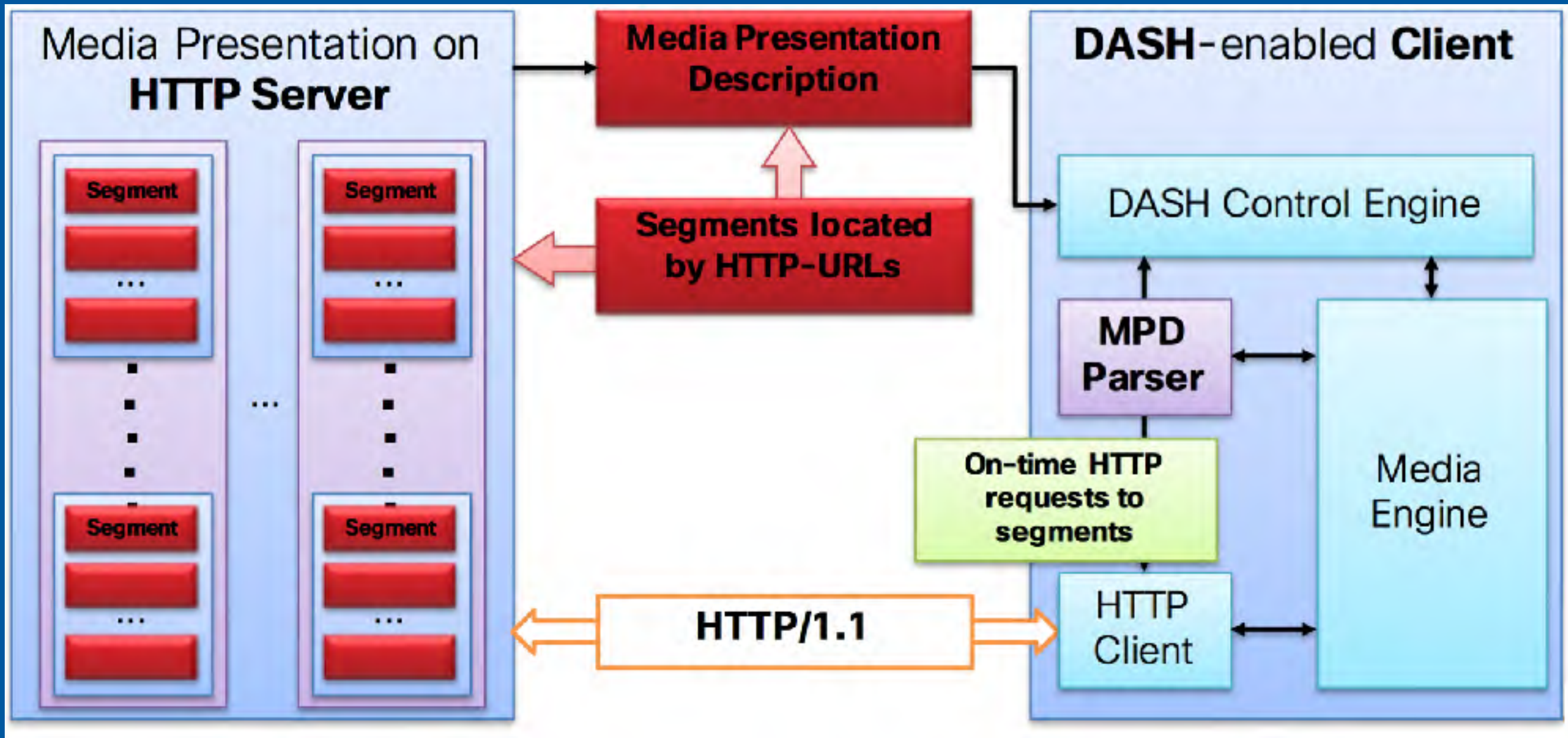
TABLE OF **CONTENTS** 大纲

- Hulu直播产品简介
- 基于DASH的直播核心系统的架构
- 直播体验优化
- 下一步的展望

什么是DASH?

- DASH – **D**ynamic **A**daptive **S**treaming over **H**TTP (ISO/IEC 23009)
- 一种基于HTTP的动态自适应流媒体格式
- 类似HLS (**H**TTP **L**ive **S**treaming)
 - HLS: m3u8 + TS (fMP4)
 - DASH: MPD + fMP4

DASH系统结构



为什么选择DASH?

- 国际标准，提供较好的向前（CMAF）及向后（SmoothStreaming）兼容性
- fMP4封装效率高（没有TS封装带来的overhead）
- 可实现不同码率音视频无缝切换，且只需要一个解码器
- 一组音视频文件支持多种DRM（基于DASH CENC (Common Encryption)）
- MPD语法强大，可轻松支持各种高级音视频应用（播放授权管理，CDN动态切换，动态广告插入等等）

为什么在直播中选用DASH?

- 广泛的客户端支持（除Apple设备，基本全支持DASH，DASH播放量占~69%）
- 在Hulu现有点播业务应用广泛，有完善的音视频处理，后台及CDN支持
- 全面支持直播即时回看，广告标记及倒计时，播放权限管理等高级功能
- 可借鉴相关标准（ISO/IEC 23009，DASH-IF-IOP）

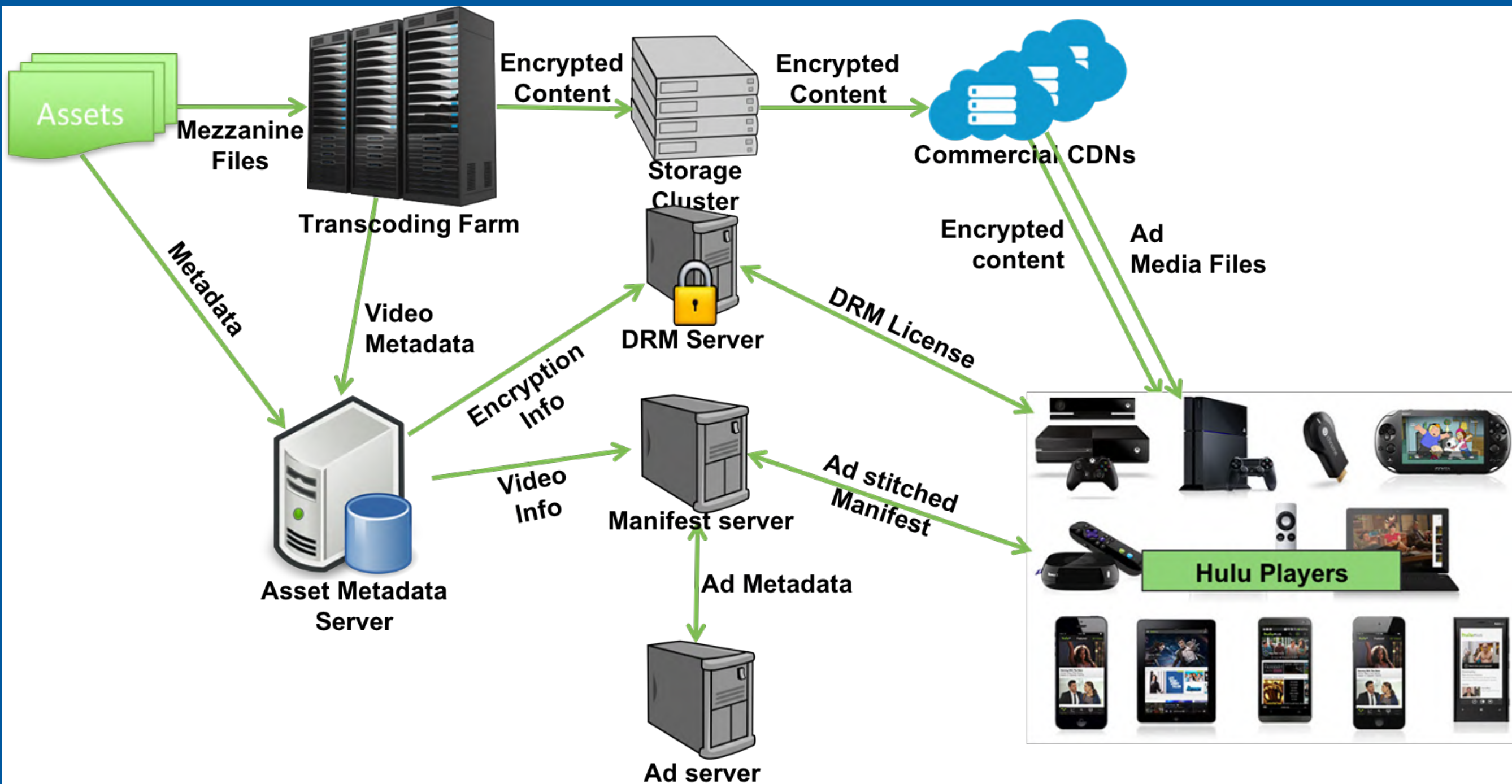
为什么不选择DASH？

hulu

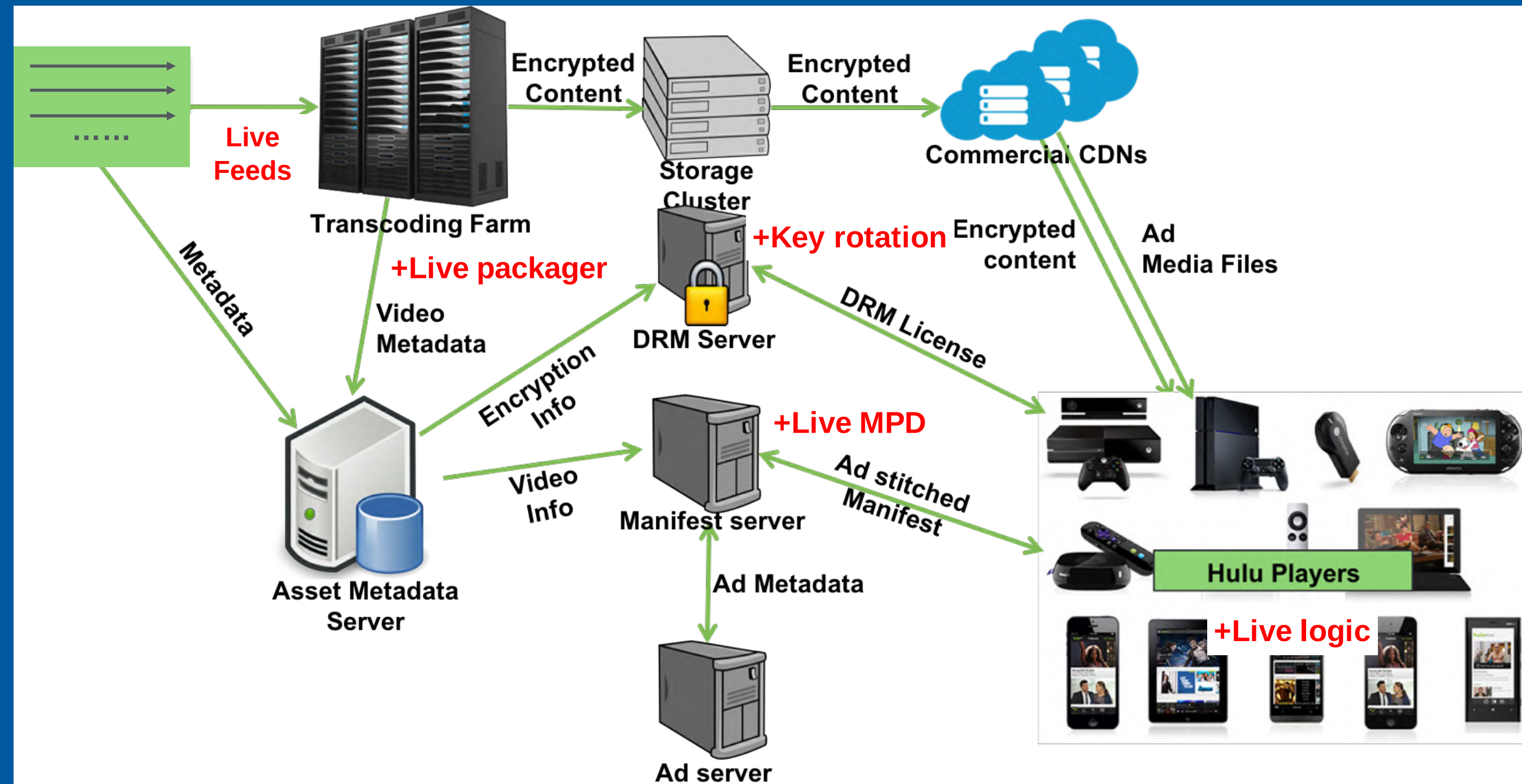
- 希望有更低的延迟 —— 低延迟DASH (后面会提到)
- 从成本考虑，没有多码率动态切换的需求 —— 即使单码率，DASH封装的效率也高于HLS
- 没有合适的播放器及工具
 - 开源播放器：dash.js, shaka-player, ExoPlayer, etc.
 - 开源处理工具：ffmpeg, gpac, Bento4, etc.
- 没有回看，动态广告插入, DRM等需求

DASH点播系统架构

hulu



直播系统架构变动



直播流接入

- 直播流来自美国各大电视网（FOX, ABC, NBC 等等）
- 采用TS over RTP push方式接入Hulu系统

直播流处理

- 并行、同步多码率实时转码
- 4S分段,并根据上游SCTE35标记调整分段边界（一个分段中不能同时存在广告和节目内容）
- DASH MP4独立封装及加密
- 分段实时PUSH至多CDN

Live MPD

- 频道ID + 节目开始时间获取对应MPD
- MPD 采用Multi-period DASH格式，每个Period对应一段节目或者一段广告
- 采用UTC time做为绝对时间戳
- Period内采用SegmentTemplate + SegmentTimeline格式
- 播放器周期扫描MPD，获取更新

Live 播放器

- 在现有VOD播放器上，增加Live MPD支持
- 调整播放器接口，采用UTC time，支持即时直播回看
- 调整播放器QoS设置，优化启动速度，切换速度，直播延迟等关键指标（初始缓存量，动态码率调节算法等等）

TABLE OF **CONTENTS** 大纲

- Hulu直播产品简介
- 基于DASH的直播核心系统的架构
- **直播体验优化**
- 下一步的展望

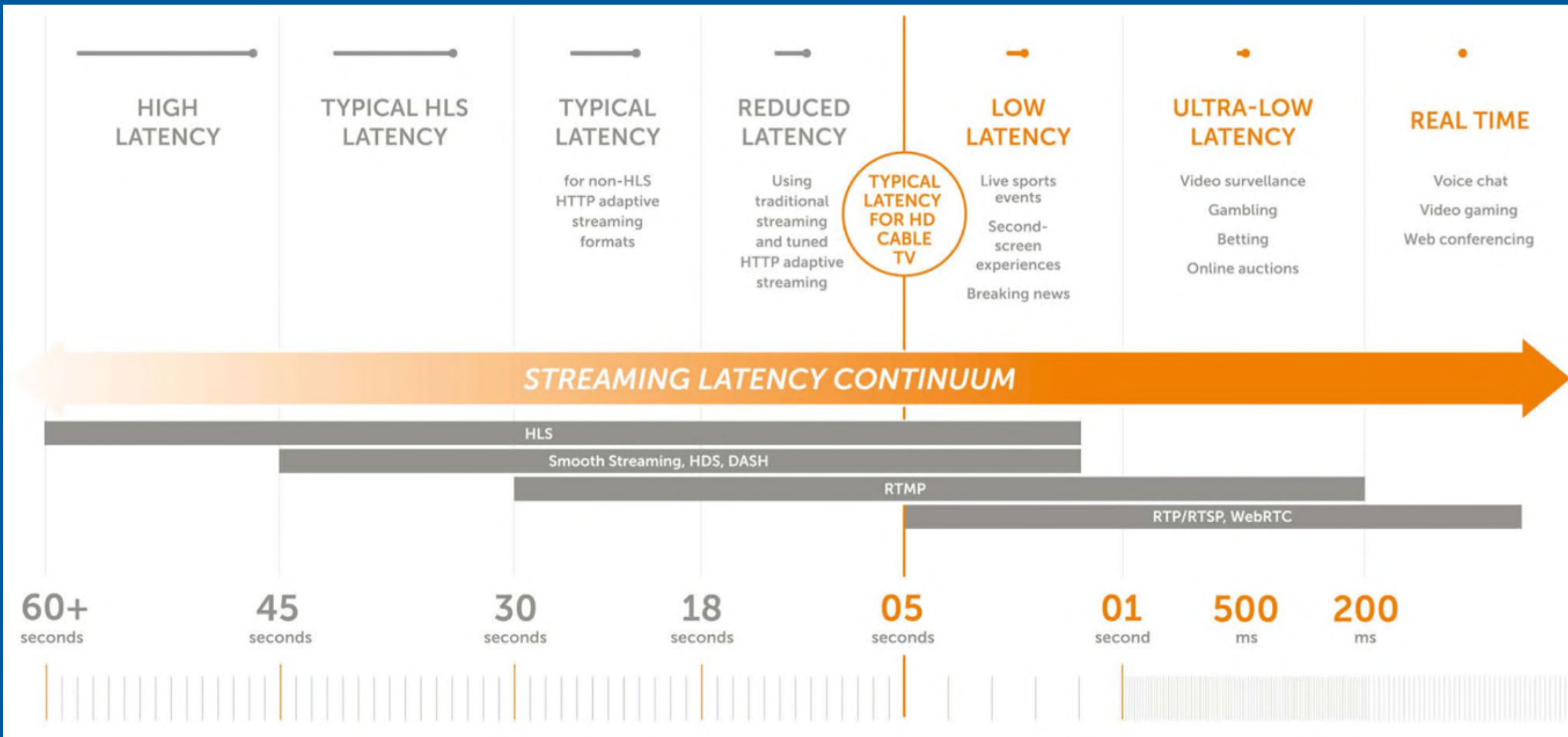
电视直播体验关键指标 hulu

- 与点播相同：
 - 启动速度
 - 平均码率
 - 卡顿频率
- 与点播不同：
 - 直播延迟

什么是直播延迟?

- 用户播放时间点与节目播出时间点之间的差
- 用户不希望从邻居那里先听到进球的欢呼
- 直播延迟 $\neq$ 启动速度
 - 比如：播放器1S启动，但是直播延迟是10S

常见直播延迟值



直播延迟的来源

- 系统上游带来的延迟 → 不可控
- 转码，封装造成的延迟 → 主要在转码，相对较小，可牺牲编码质量以加快编码速度（采用live mode）
- CDN传输延迟 → 不可控
- 播放器缓存延迟 → 延迟主要来源

缩短分段以减少延迟

hulu



Encoding
delay

$\text{Min}(1xD, 5)$



First-mile
upload

$0.25xD$



CDN propagation

$1xD$



Last mile
delivery

$0.25xD$



Player
buffer

$3xD$

Total

$5.5xD$

10s

5

2.5

10

2.5

30

50s

2s

2

0.5

2

0.5

6

11s

D = Segment duration

©2017 AKAMAI | FASTER FORWARD™

播放器延迟控制

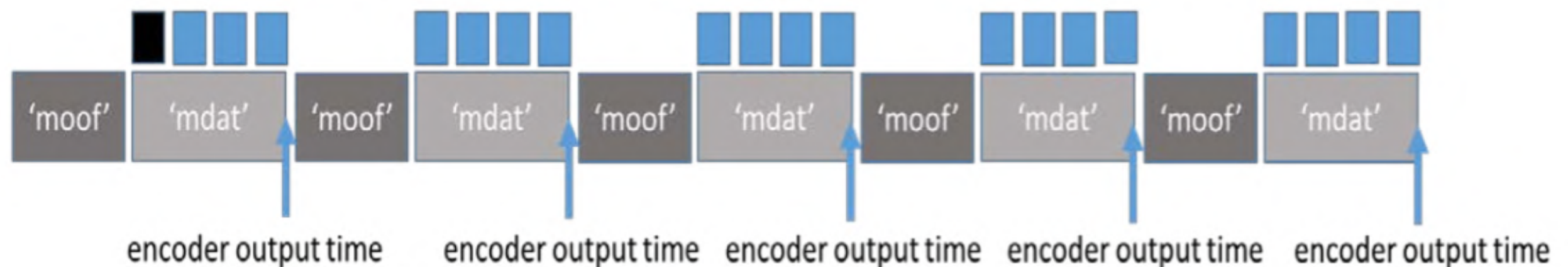
- 减少播放器初始缓存量，尽量贴近live edge播放
 - 主要问题：缓存减少更容易出现播放卡顿
 - 解决方法：调节动态码率切换算法，网络波动时更主动切换至更低码率

采用低延迟分块

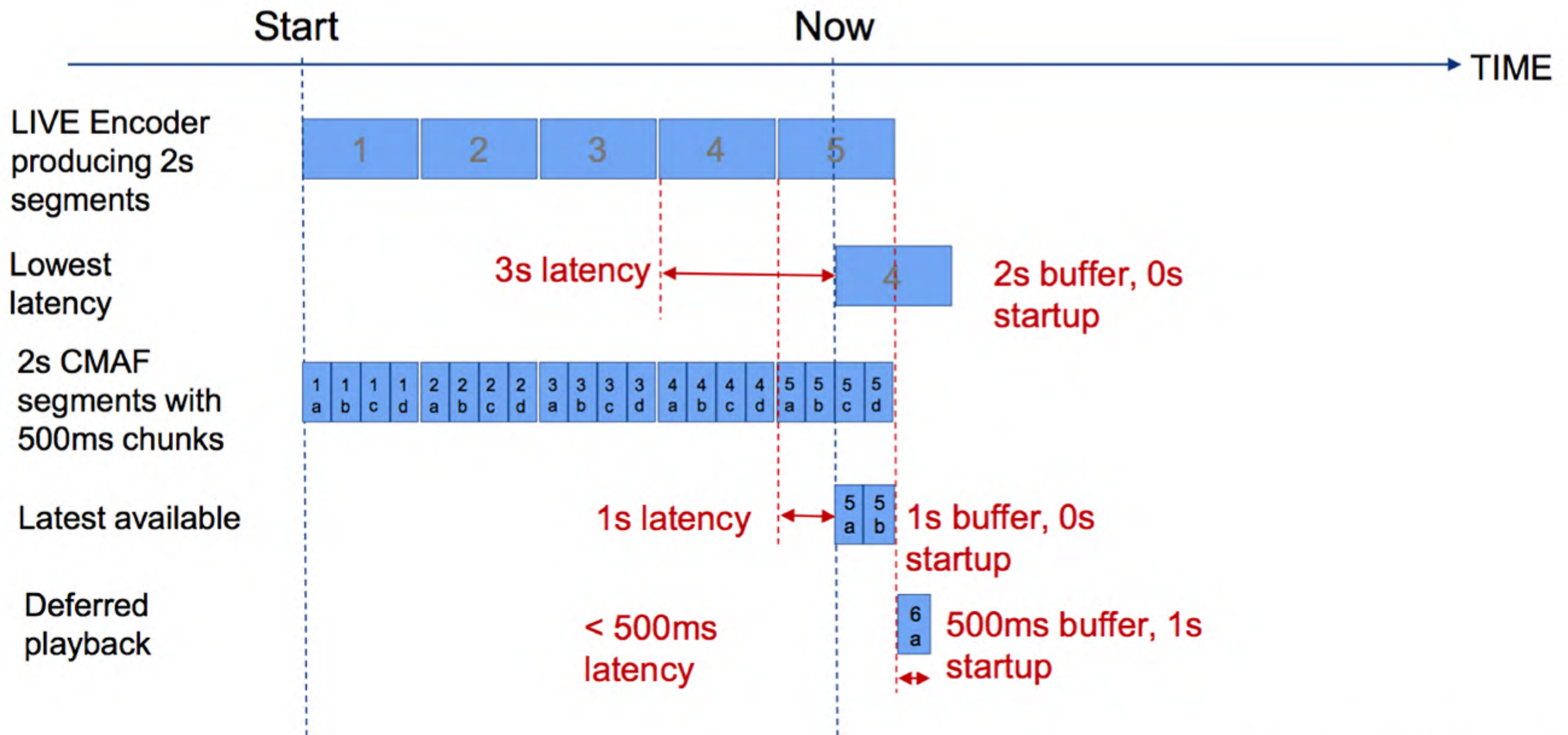
Example: CMAF Fragment containing a Coded Video Sequence of 20 samples



Same media samples packaged in CMAF Chunks for low latency encode and transfer



低延迟分块原理

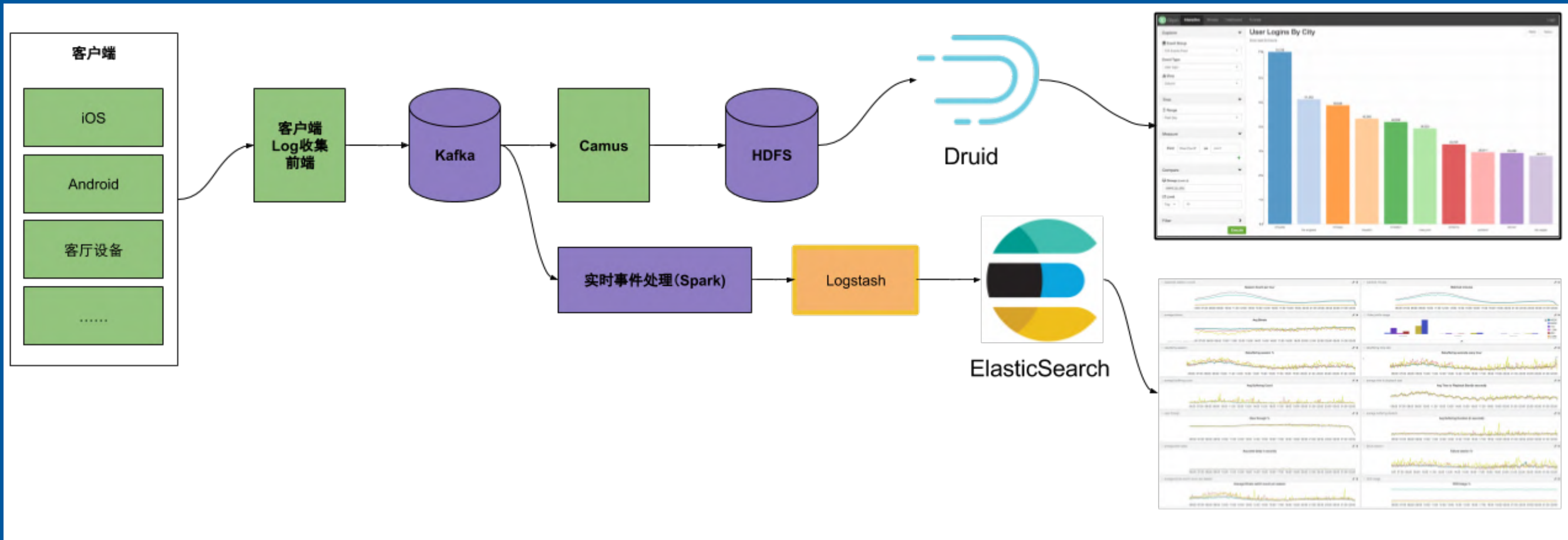


©2017 AKAMAI | FASTER FORWARD™

跟踪终端播放质量

- 实时视频质量监控系统跟踪关键QoS指标
 - 缓冲率，平均码率，启动速度，客户端播放错误，直播延迟等

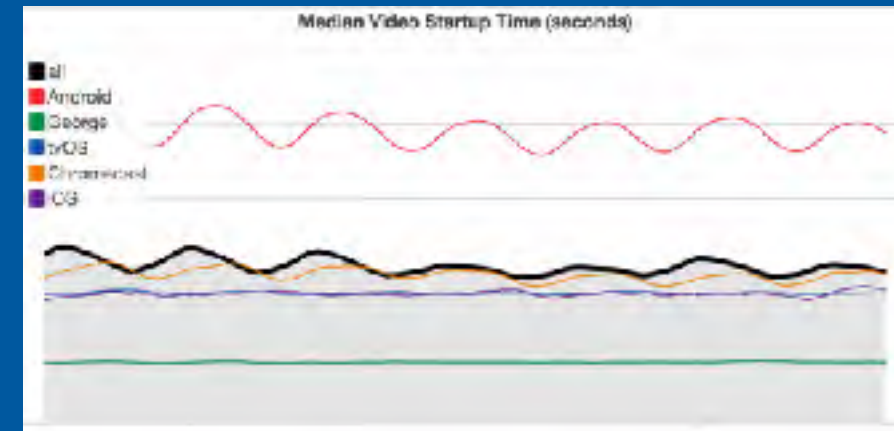
监控系统架构



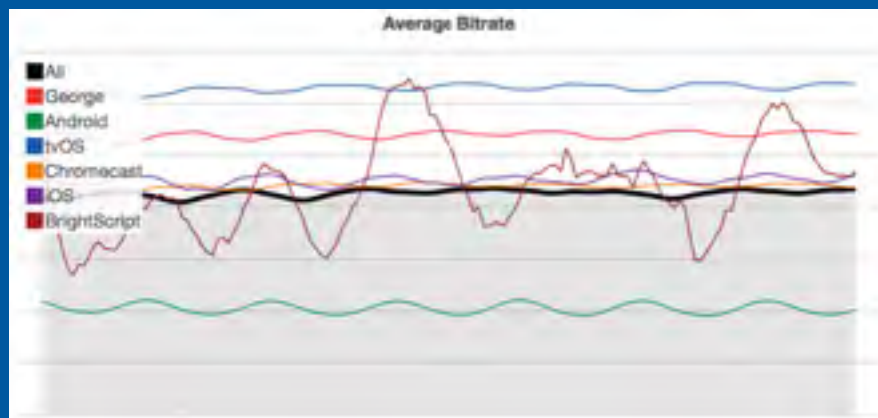
监控仪表板及实时报警 hulu



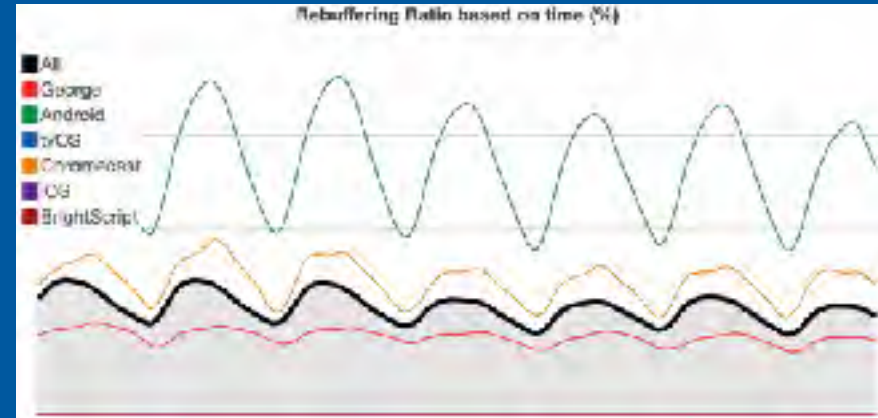
客户端错误



启动时间



平均码率



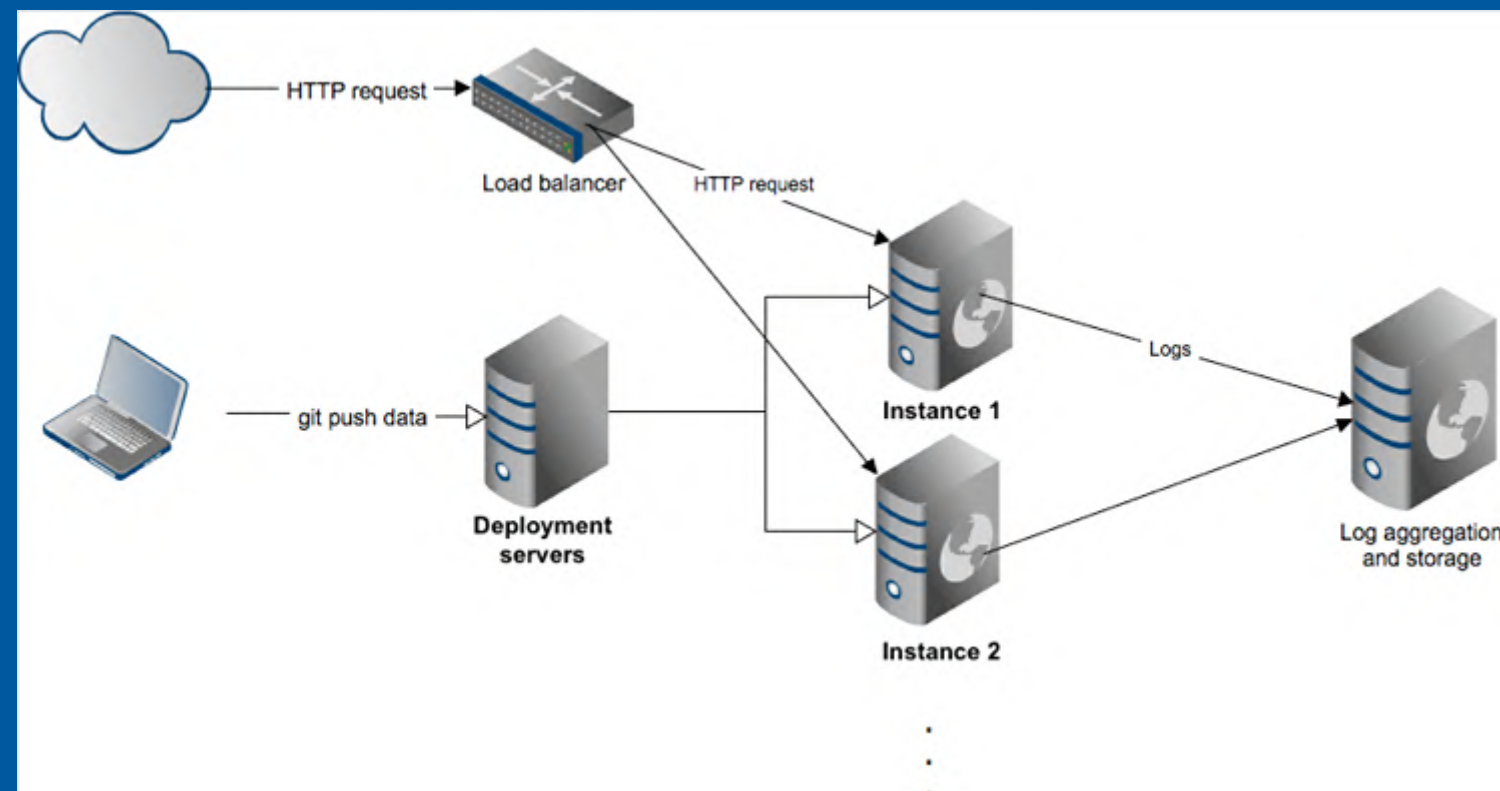
重缓冲率



直播延迟

提高直播系统稳定性及可扩展性

- 微服务架构
 - 多数据中心负载均衡
 - 基于Docker的可扩展微服务框架
 - 利用公有云抗负载
 - 全方位服务状况监控报警系统
- CDN
 - 多CDN自动流量分配
 - 人工规则
 - 失败fallback
 - 自动算法调节



各环节微服务SLA监控及自动报警

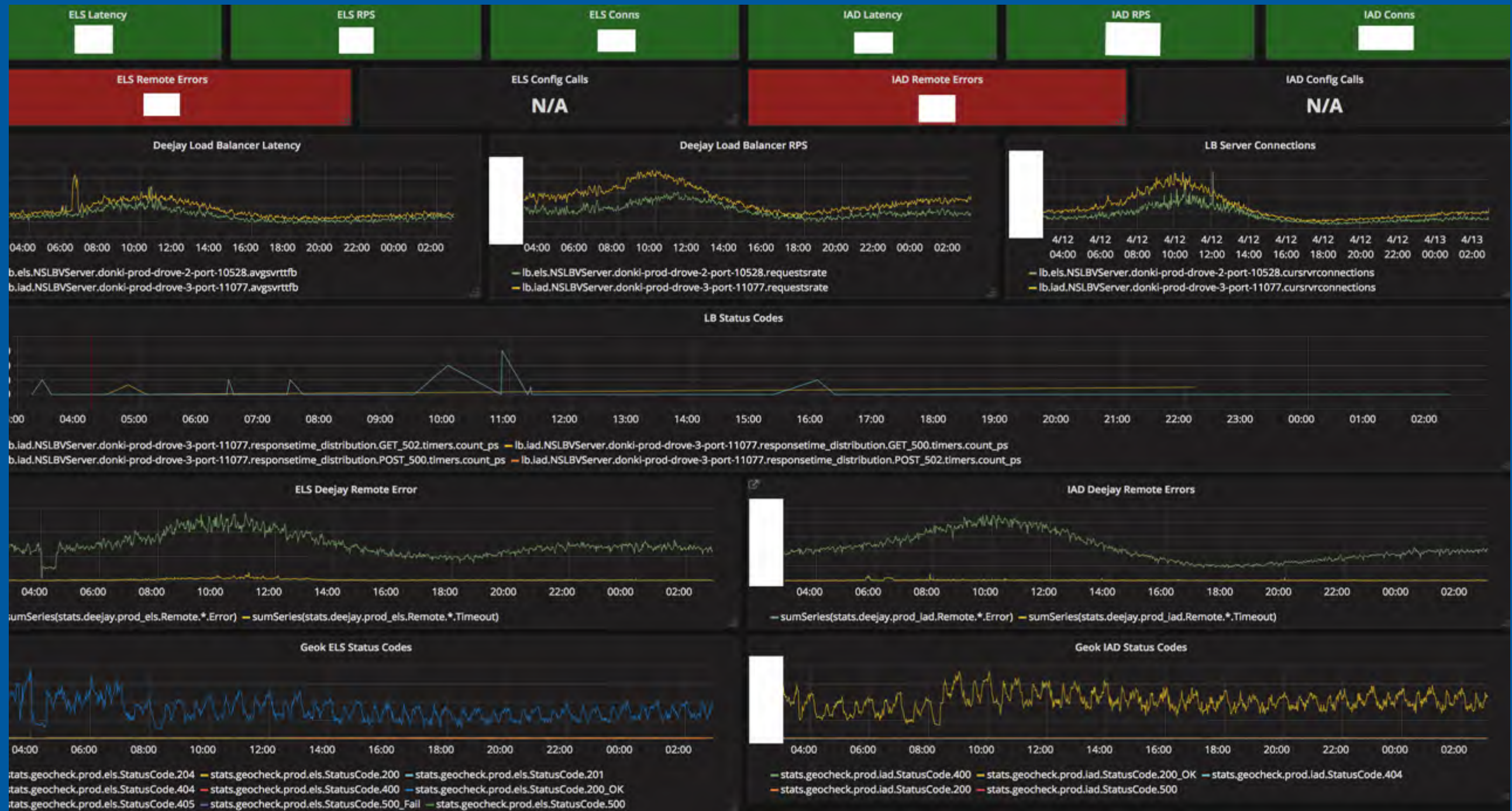


TABLE OF **CONTENTS** 大纲

- Hulu直播产品简介
- 基于DASH的直播核心系统的架构
- 直播体验优化
- 下一步的展望

下一步的展望

- 进一步改善关键QoS指标
 - 扩展至更多平台：FireTV、Roku、Site等
- 新应用场景：
 - 事件直播：体育比赛，突发事件等
- 新功能：
 - 直播节目预览，离线播放等
- 新变现能力：
 - 直播广告动态插入等

THANKS!

让创新技术推动社会进步

HELP TO BUILD A BETTER SOCIETY WITH
INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Geekbang>

极客邦科技

InfoQ

专注中高端技术人员的技术媒体



EGO EXTRA GEEKS' ORGANIZATION
NETWORKS

高端技术人员学习型社交平台



StuQ
斯达克学院

实践驱动的 IT 教育平台

