



# 为什么SMPTE2059 ( PTP ) 对IP化制播系统如此重要？

赵魁

2016-05



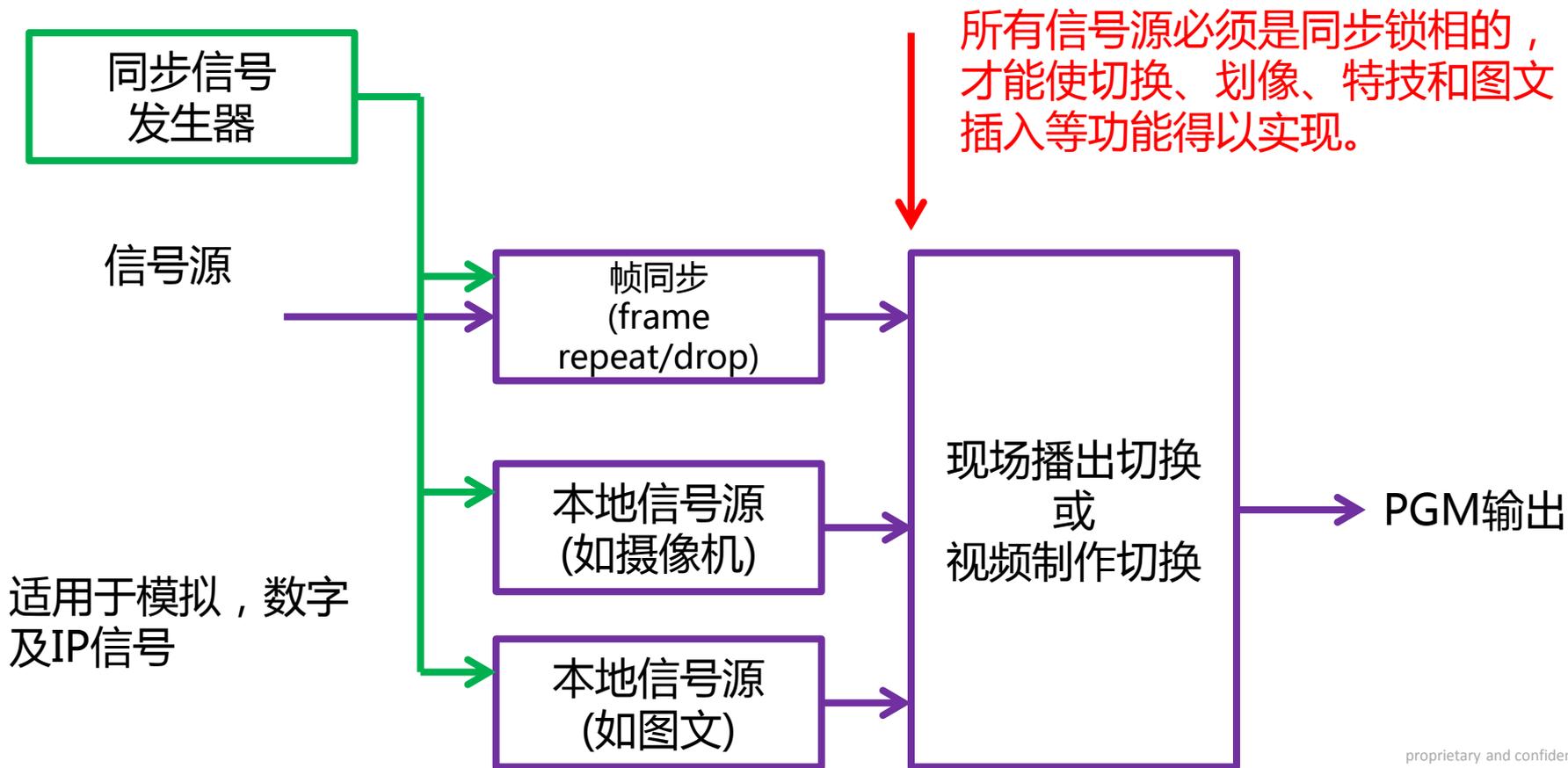
- 当今同步系统设计
- 未来网络化同步系统结构与设计
- 未来网络化同步系统核心技术
- 未来网络化同步系统的技术标准和应用指南

# 1. 当今同步系统设计



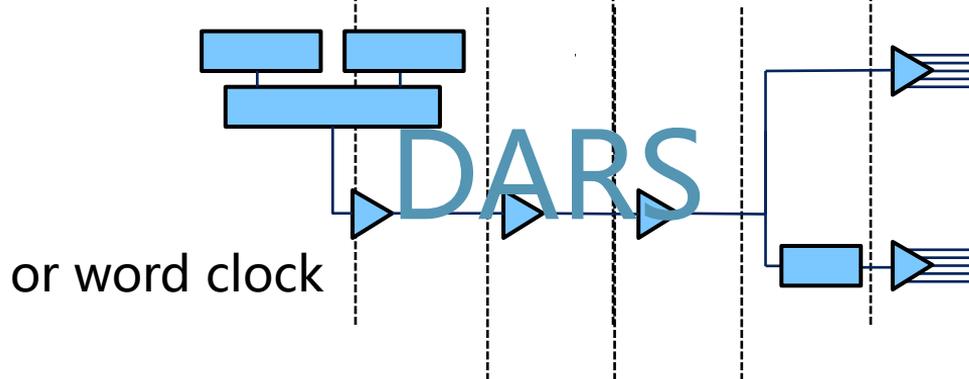
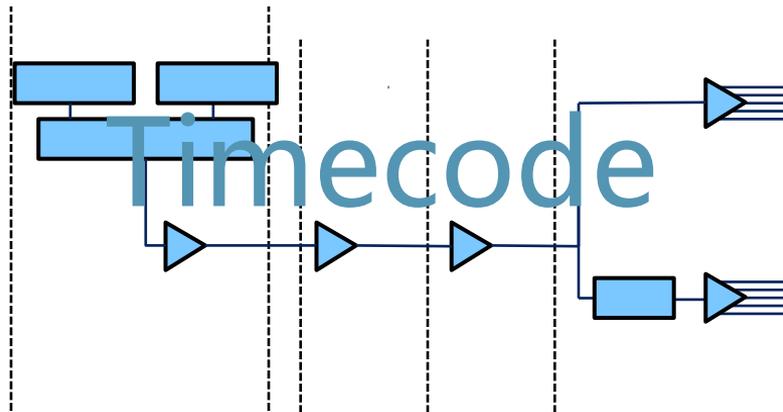
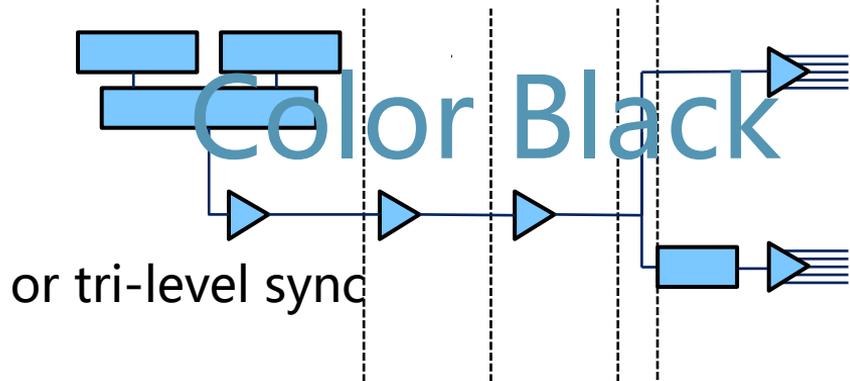
# 什么是同步系统？

- 一个让所有信号源都同步于一个共同基准的系统
- 从基准信号中可提取出供视频、音频及时码信号所使用的基准频率
- 使得相对独立的各个信号源的频率和相位都被锁定，从而可以无损地进行处理



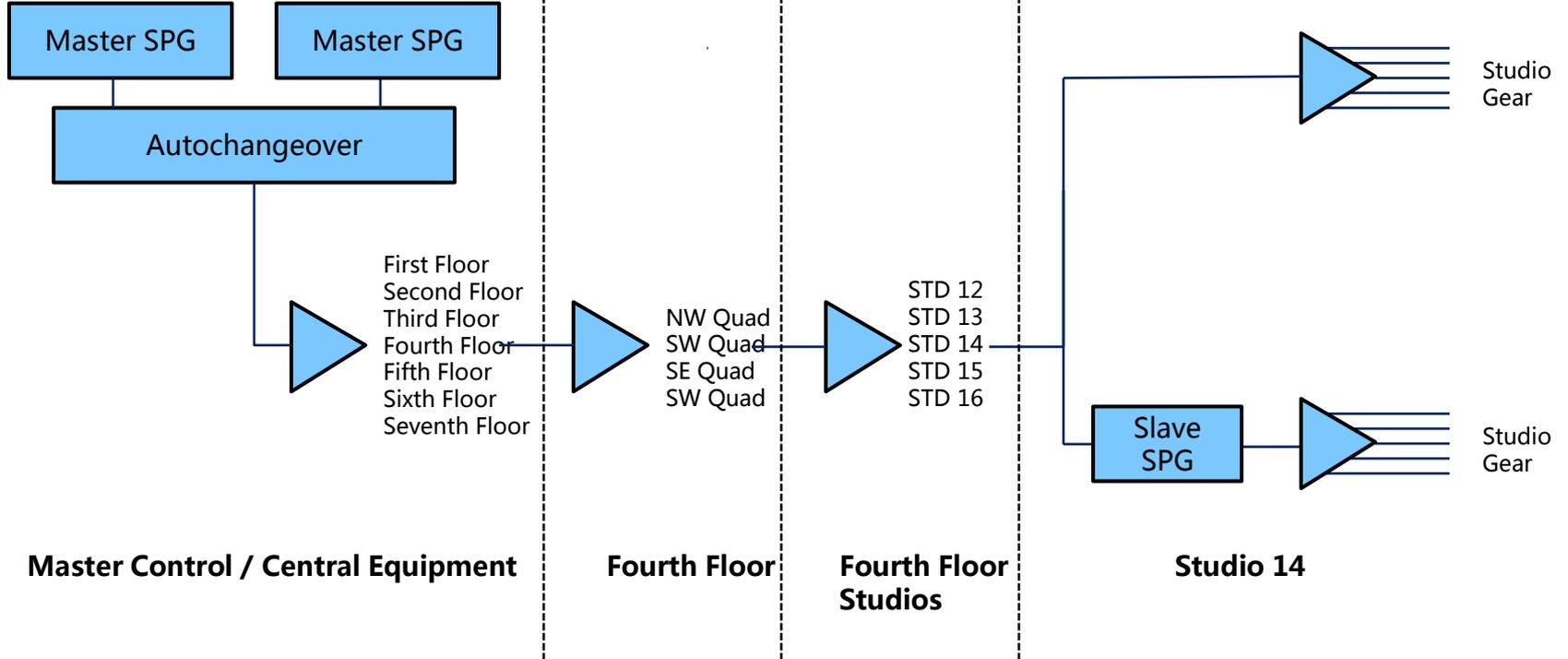
# 同步基准信号的形式

- 多种信号形式，平行结构



# 同步基准信号的逐级分发

10,000 ft. view  
of video genlock



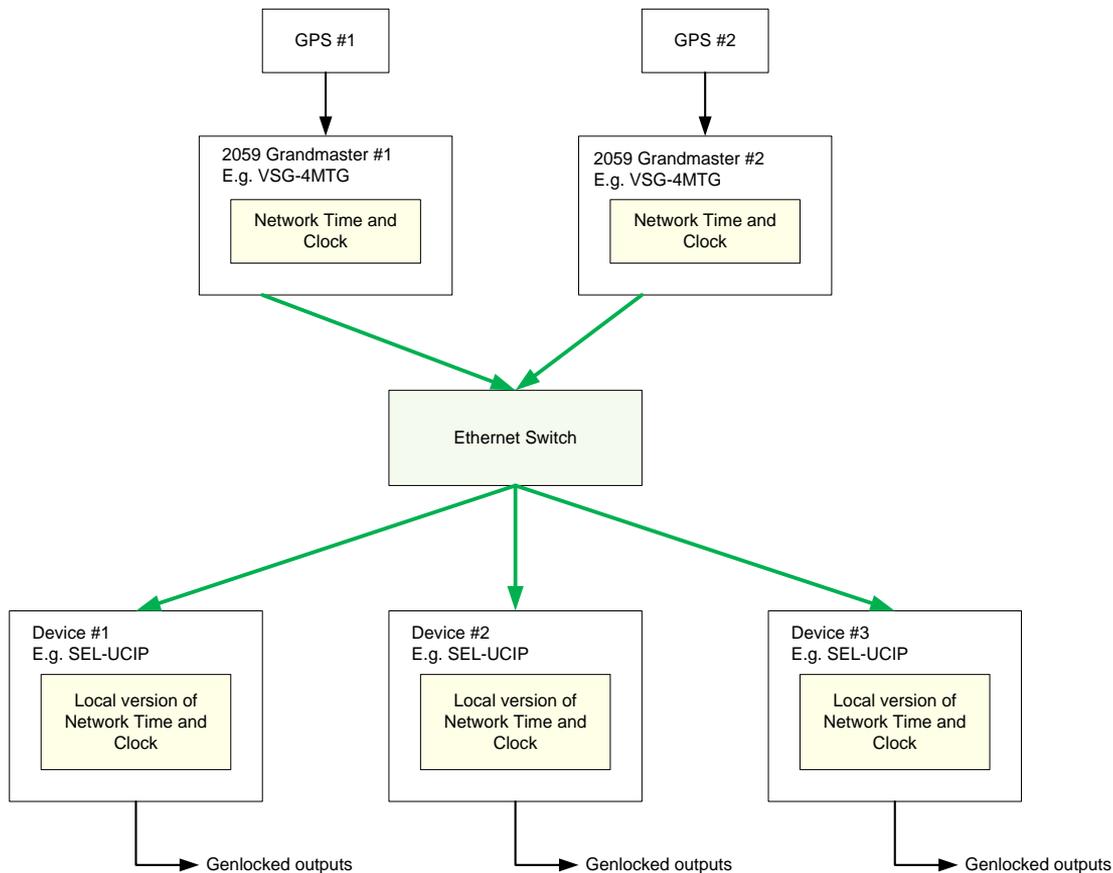
# 2.未来网络化同步系统 结构与amp;设计



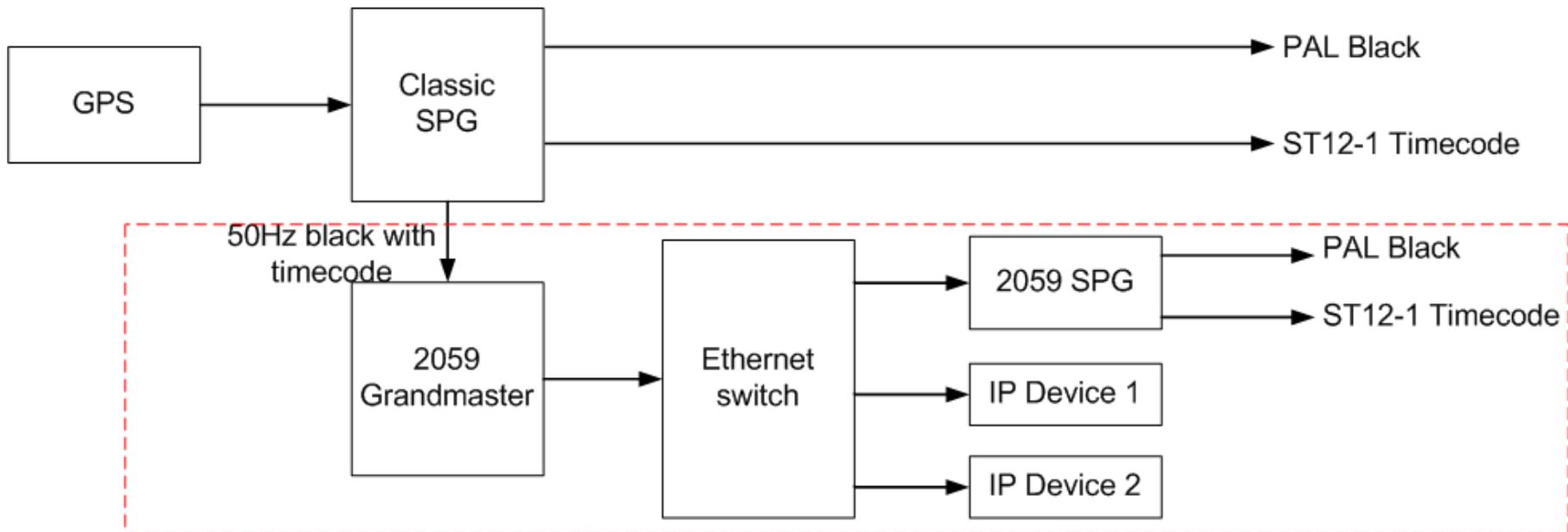
# 为什么要考虑新的同步系统？

- 成本和复杂度一直在增加
- 需要多个分发系统
  - 对视频而言(色同步/黑场/三电平)
  - 对音频而言(DARS/字时钟)
  - 对时码而言(LTC 和VITC等)
- 不灵活 – 每个信号都需要自己专门的线缆（同轴电缆、绞合电缆...）
- 许多崩溃点: 视频、音频（数字/模拟）分配器
- 模拟信号易受到噪音、信号劣化影响
- 从技术自身角度看 – 数十年的老旧技术亦需要更新，尤其是随着传输的网络化推进，可以在一根网络线上同时传输视频、音频以及同步基准信号

# 纯网络化同步系统结构



# 混合形式的同步系统结构



# 新旧同步系统的对比

	当今的同步系统	未来的同步系统
设备名称	主同步信号发生器 (Master Timing Generator)	最优主时钟 (Grandmaster Clock)
信号类型	视频: 黑场, 三电平 音频: DARS, Word Clock 时码: LTC, VITC	网络时间包PTP (Precision Time Protocol)
信号的生成	所有视频、音频以及时间码的基准信号都由主同步信号发生器产生 (或再生成于从设备)	从设备根据所需从网络时间包中提取视频、音频或者时间码的基准
分发	同轴电缆或绞合电缆分别传输某种同步信号给需要的设备	单一的信号形式经由网络分发
新功能	无	透明时钟, 边界时钟, 普通时钟 单步同步模式, 双步同步模式

# 3.未来网络化同步系统 核心技术

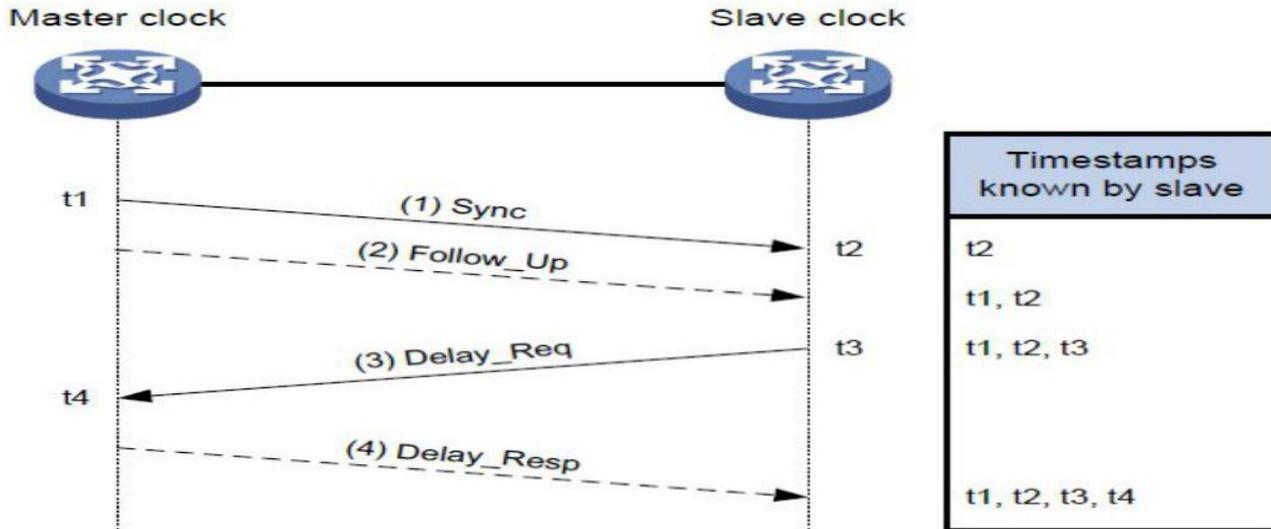


- 精准时间协议PTP
- 基于SMPTE 2059-1的相位基准的计算
- 网络化的主备同步系统的设计

- 需求
  - 从设备都可以获得精确的时间
  - 从设备可以通过时间信息恢复所需要的基准频率及相位
- NTP无法提供精确的时间（亚秒级），NTP协议中虽然考虑到计算网络中的传输延时，但是
  - 对于交换机端口间的转发延时没有约束
  - 产生、获得的时间戳精度偏低（基于软件设计）
  - 时间包间隔太大（8秒-10分钟发送一个包）
- 通过NTP无法恢复性能良好的频率和相位基准
  - 很大的抖动(jitter)
  - 很大的摆动（wander）

- PTP ( Precision Time Protocol, 精准时间协议 ) 于2001年为了满足以太网中的测量仪器和工业控制所需要的高精度而诞生。其标准协议为 IEEE 1588。2007年完成了目前最新的V2版本的修订工作。
- PTP时钟的主要工作模式有 ( 不仅限于以下所列 ) :
  - 主模式 ( Master )
  - 从模式 ( Slave )
- PTP时钟所发送的报文有 ( 不仅限于以下所列 ) :
  - 声明报文 - Announce message
  - 同步报文 - Sync message
  - 延时请求报文 - Delay request (由从时钟发出)
  - 延时响应报文 - Delay response
  - 跟随报文 - Follow up

- 主从时钟之间交互同步报文并记录报文的收发时间。
- 从时钟通过计算报文往返的时间差来计算链路上的延时（仅适用于对称网络，即两个方向的传输延时相同）。
- 从时钟依据得到的时间差和主时钟的时间信息，调整本地时间。

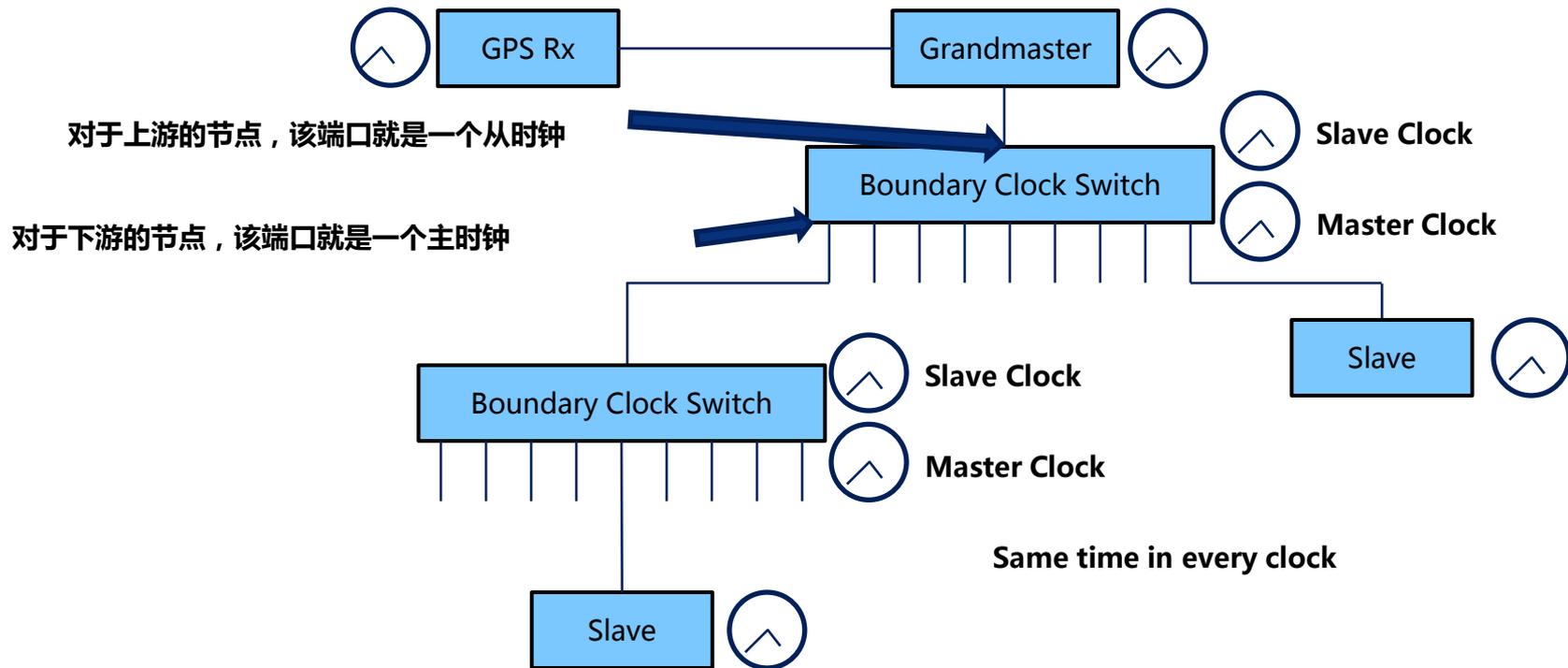


- 可以计算出主从时钟间的单向延时为（对称网络）：  
 $[(t_2-t_1) + (t_4-t_3)]/2$
- 而从时钟相对于主时钟的时间偏差为：  
 $(t_2-t_1) - [(t_2-t_1) + (t_4-t_3)]/2 = [(t_2-t_1) - (t_4-t_3)]/2$

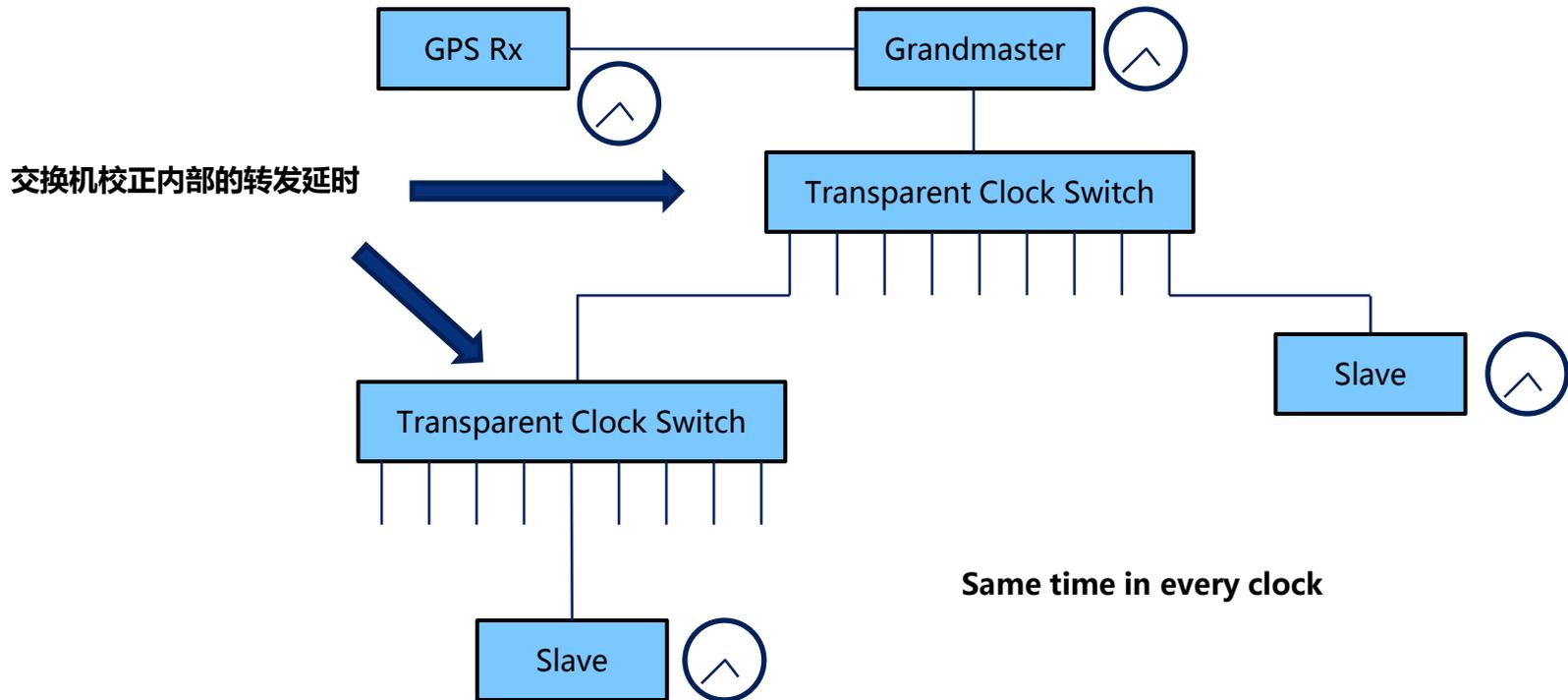
- 通过PTP，可以获得稳定的频率基准，这是基于
  - 可恢复出高精度的时间信息
  - 高密度的同步报文信息（最高可达每秒128个报文）。
- 不确定的链路延时会极大的影响基准频率的恢复（高抖动等），因此在网络连接中，一定要使用支持PTP的交换机（比如硬件支持的TC或BC）
  -

- 普通时钟 – OC ( Ordinary Clock )
  - 只有一个PTP端口参与时间同步，该端口可以是主模式或者从模式
- 边界时钟 – BC ( Boundary Clock )
  - 拥有多个PTP端口参与时间同步。典型应用场景如：通过其中的一个端口（从模式）从上游时钟节点同步时间，并通过其余端口（主模式）向下游时钟节点发布时间。如果该时钟节点的多个PTP端口均为主模式，我们同样称之为BC。
  - 边界时钟可以将PTP网络隔离，有效的降低上游主时钟的负荷。可以用其来担负当今系统中子时钟的角色。
- 透明时钟 – TC ( Transparent Clock )
  - 拥有多个PTP端口，但任何PTP端口不需要与其他时钟节点保持时间同步。在端口间转发PTP报文时，对其进行转发延时校正（在PTP报文中增加时间校正信息）。
  - 透明时钟可以用来担负当今系统中信号分配器的角色。

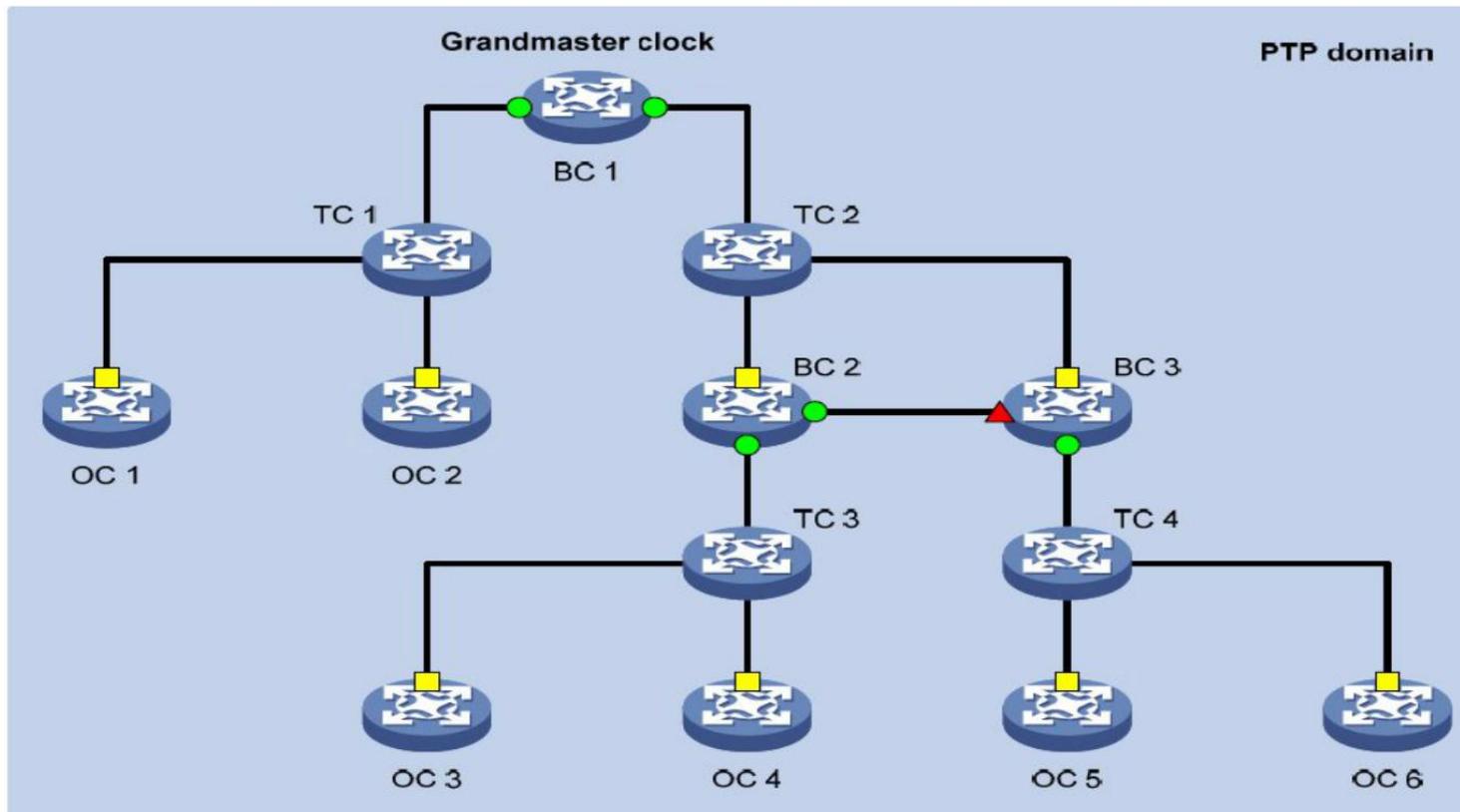
# PTP-时钟节点 BC



# PTP – 时钟节点 TC



# PTP - 全系统时钟节点示意图



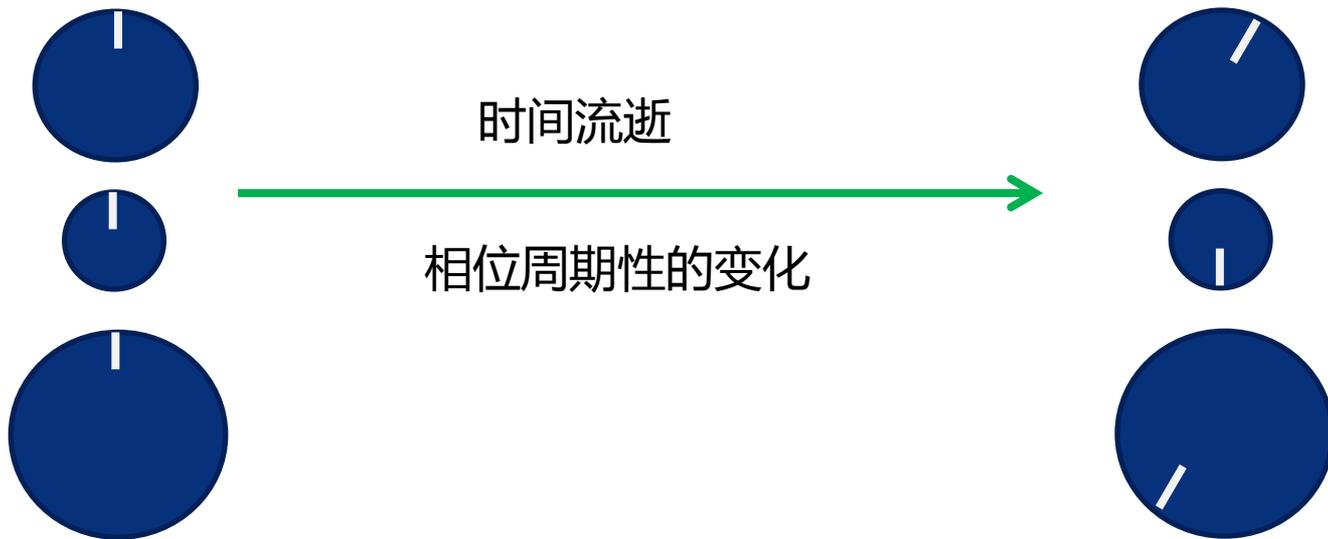
● Master port    ■ Slave port    ▲ Passive port

- 通过时间信息，来确定各种信号(BB、TLS、SDI、LTC、DARS/Word Clock)的相位信息。
- Epoch时间(SMPTE Epoch时间)：以1970-01-01 00:00:00作为基准时间的起始位置。各种信号在该时刻的相位都位于基准相位点（在 SMPTE 2059-1中定义）上。通过流逝的时间以及各信号的时钟频率，可以计算出任何时刻时，信号所对应的相位信息。
  - Epoch时间以原子时钟（TAI）来计算，不经过闰秒以及时区的调整。
  - PTP的报文中所携带的时间信息均为Epoch时间。

# SMPTE 2059-1 相位恢复

起始位置时，视频、音频与时码都处于相同的相位。但它们具备不同的频率（圆周长）。

如果已知当前时间，基于Epoch时间规则，便可以计算出精确的相位信息。



标准中，详细列举了各种信号的基准相位点以及从时间到相位的计算公式。

对于25/50系统，如果不考虑BB信号的“色场”的概念，那么计算量几乎为0。各种信号的基准相位点均应于时间秒的起始位置对齐。

Table 2 – Signal Generation – Digital Standard Definition Television

Television System	Frame Rate [Hz]	Reference Standard	Horizontal Alignment (Y Sample) P	Vertical Alignment Line L	Y samples per total line H	Y Samples per active line HA	Total Lines V	Sample Clock Frequency SR [Hz]
525 line Interlaced 13.5 MHz Sampling	30/1.001	SMPTE ST 125	736	4	858	720	525	13.5 x 10 <sup>6</sup>
625 line Interlaced 13.5 MHz Sampling	25	SMPTE ST 125	732	1	864	720	625	13.5 x 10 <sup>6</sup>
525 line Interlaced 18 MHz Sampling	30/1.001	SMPTE ST 125	981.5	4	1144	960	525	18 x 10 <sup>6</sup>
625 line Interlaced 18 MHz Sampling	25	SMPTE ST 125	976	1	1152	960	625	18 x 10 <sup>6</sup>
525 Line Progressive 27 MHz Sampling	60/1.001	SMPTE ST 293 ITU-R BT.1358-1	736	7	858	720	525	27 x 10 <sup>6</sup>
625 Line Progressive 27 MHz Sampling	50	ITU-R BT.1358-1	732	1	864	720	625	27 x 10 <sup>6</sup>

$$T = \frac{1}{SR}$$

$$NextAlignmentPoint = \left( \text{int} \left( \frac{t}{H \times V \times T} + 1 \right) \times (H \times V \times T) \right)$$

$$SampleWordNumber = \left( \text{int} \left( \frac{t}{T} \right) + P \right) \% H$$

$$LineNumber = \left( \left( \text{int} \left( \frac{\left( \frac{t}{T} + P - HA \right)}{H} \right) + (L - 1) \right) \% V \right) + 1$$

## 9.4.2 Generation of the SMPTE ST 12-1 Time Address value

The SMPTE ST 12-1 Time Address value payload shall be calculated using the following steps (or equivalents which produce the identical results) that are expanded in detail in the subsections below:

Step 1: (Startup) Calculate exact date, time, and Time Address value of the previous Daily Jam event.

Step 2: (Increment time) Determine time of next codeword (NextAlignmentPoint).

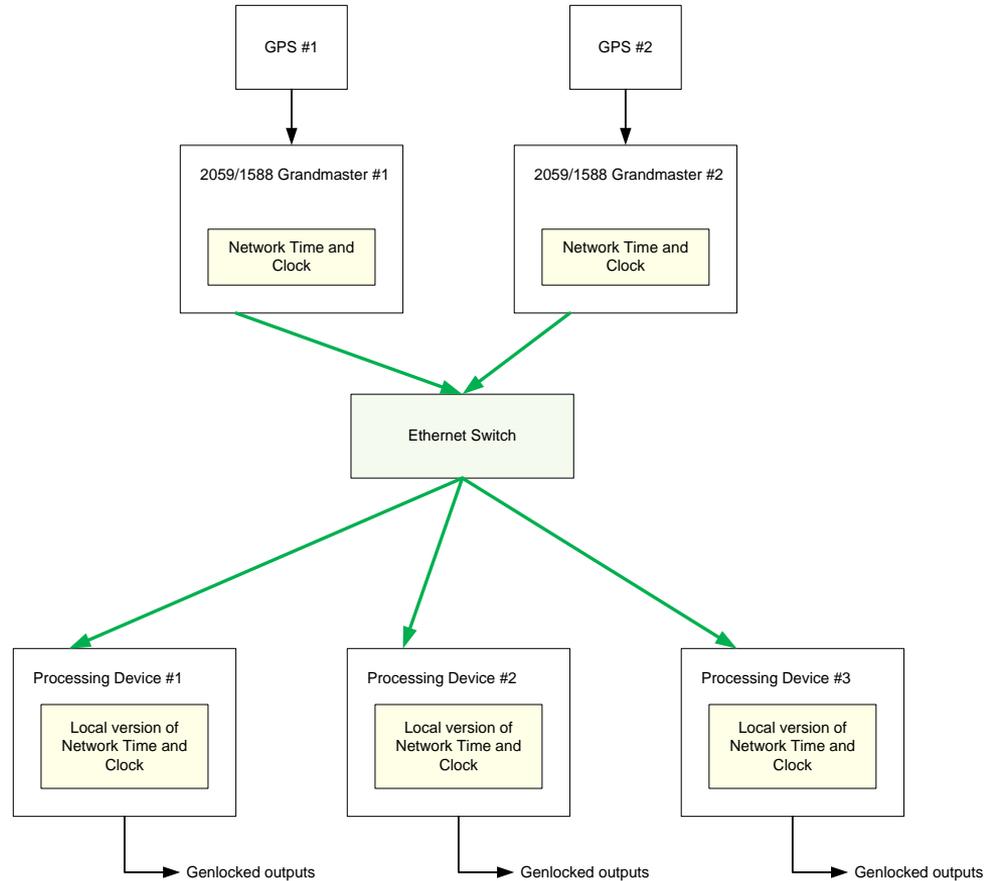
Step 3: (Test Daily Jam) Check if Daily Jam event has occurred.

Step 4: (Update Daily Jam Values) If Daily Jam event has occurred, calculate exact date, time, and Time Address value of the local Daily Jam event.

Step 5: (Output) Calculate the SMPTE ST 12-1 Time Address value and the SMPTE ST 309 date using exact date, time, and Time Address value of the previous Daily Jam event.

Step 6: (Continue) Go back to Step 2.

# 主备系统-系统设计



- 与传统的使用ACO设备不同，PTP自身就定义了最优主时钟BMC (Best Master Clock)算法，用于确定同一PTP网络域中的最优主时钟。
  - 同一个PTP网络域中，只能有一个最优主时钟 ( Grandmaster Clock )。
  - 其他设置在主时钟模式下的时钟，都会工作在被动模式下 ( Passive )。它们只会发送声明报文，不与从时钟有任何的报文交互。
- 主、从时钟节点都会依照BMC算法，确定系统中的最优主时钟源。

- BMC算法依据各个主时钟所发送的声明报文中所携带的信息来进行。主要包括以下信息（优先级由高到低）：
  - 优先级级别1（Priority 1): 用户自定义的优先级级别
  - 时钟精度(Clock Accuracy): 主时钟的时钟精度信息，纳秒级、毫秒级等。
  - 时钟方差（Variance）：主时钟的时钟方差精度。
  - 优先级级别2（Priority 2): 用户自定义的优先级级别
  - 设备标识符（Identifier）：每个设备所特有的标识符（通常为MAC地址）

- 最优主时钟的GPS丢失
  - 最优主时钟的参考源由GPS切换到其它，比如内部基准。
  - 最优主时钟仍然发送同步报文等，同时更新声明报文中的时钟信息。
  - 备路主模式时钟（工作于被动模式）发现主时钟的时钟信息低于自身，启动变为最优主时钟。同时，原来的最优主时钟发现相同的PTP域中有比自身更优的时钟源，从而进入被动模式。
  - 从时钟与新的最优主时钟进行同步。
- 最优主时钟丢失
  - 备路主模式时钟（工作于被动模式）发现最优主时钟丢失，随后自身转为主模式，成为网络的最优主时钟。
  - 从时钟与新的最优主时钟进行同步。

# 4.未来网络化同步系统的 技术标准和应用指南



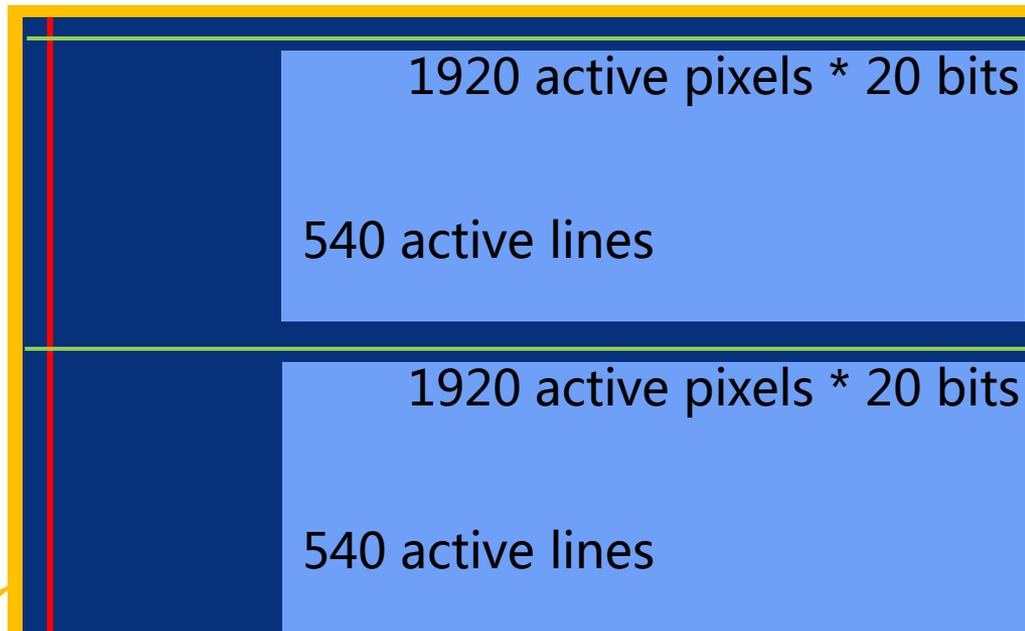
- IEEE1588 v2
  - 精准时间协议
- SMPTE 2059-1
  - 基于PTP时间的相位基准的计算
- SMPTE 2059-2
  - 基于IEEE1588标准，针对广播电视领域设计的范本
  - 某些推荐的参数配置要高于IEEE1588中的推荐值
  - 定义了视音频系统中网络管理报文的基本格式

- SMPTE 2022-6
  - 无压缩的视频以及嵌入音频的网络传输形式
  - 携带以PTP时间为基准的时间戳信息
- AES67
  - 数字音频的网络传输形式
  - 携带以PTP时间为基准的时间戳信息

# SMPTE 2022-6: SDI 封装入 RTP/UDP/IP

- 将SDI信号切块
- 每个块用 Media/RTP/UDP/IP 封包
- 通过网络传输
- 在SDI信号前有3.3%的额外开销 Adds 3.3%
- 很容易恢复为SDI信号

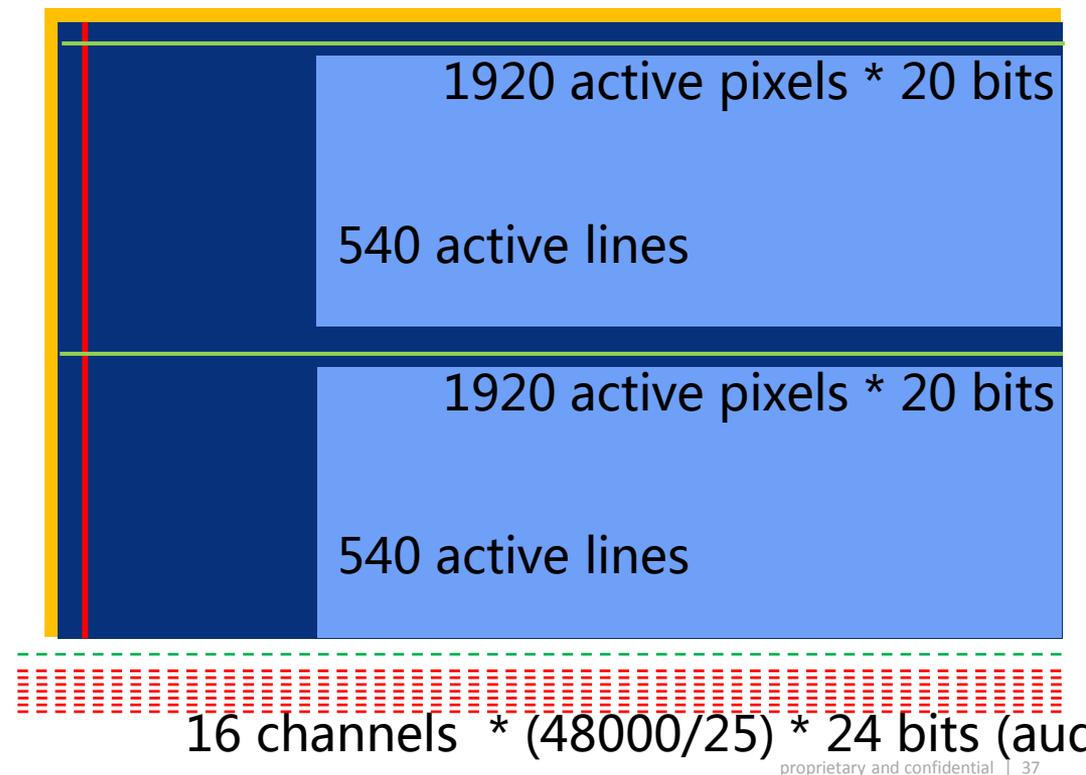
1080i/25Hz example:



SDI  
into  
RTP/IP

- 像刚才一样将SDI封装入IP
- 将音频封装为AES67信号流格式
  - 与音频制作的产业相兼容
  - 独立路由并可通过IP切换
  - 经过音频制作处理后可再次与视频结合
- 同样可以将VANC也独立封装

1080i/25Hz example:



# VSF TR-03: 去掉逆程/消隐区, 仅保留视频有效区

- 基于RFC4175发送有效视频部分
  - 总共增加3.79%开销
- 将音频独立封装入AES67信号流
  - 与音频制作的产业相兼容
  - 独立路由并可通过IP切换
  - 经过音频制作处理后可再次与视频结合
- 同样将VANC也独立封装

1080i/25Hz example:

pixels into  
RTP/IP

1920 active pixels \* 20 bits

540 active lines

1920 active pixels \* 20 bits

540 active lines

16 channels \* (48000/25) \* 24 bits (audio)

- PTP仅仅是采用开放性标准的一个代表
  - IEEE1588早已在其他行业广泛使用
- 建议广电IP化采用开放性的标准和协议
  - AIMS
  - VSF
- 最终实现采用COTS硬件、软件定义的/虚拟化的工作流程向IP过渡

คำถามที่  
 Domande  
 问题  
 Maswali  
 Fragen  
 谢谢  
 谢谢

Intrebari  
 pertanyaan  
 질문  
 Sorular  
 الأسئلة  
 питань  
 Su'aalo  
 pytania  
 Erwathseis  
 質問  
 imibuzo

Вопросы  
 Cacs câu hỏi  
 Preguntas  
 spørgsmål  
 Вопросы

**Questions**

**Thank You**

