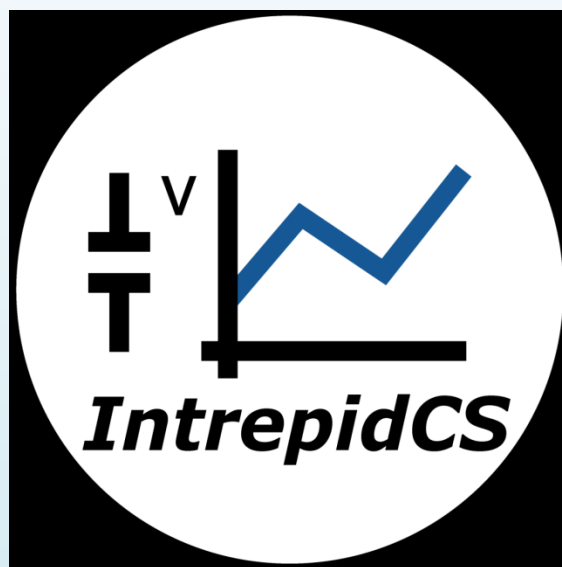


美国英特佩斯控制系统有限公司



汽车以太网培训



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB (音视频桥)



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



汽车媒体和以太网的问题

- 以太网:
 - 一个快速获取从A到B数据的好方法
 - 不是一种以确定的、可预测的、一致的方式实现数据获取的好方法
 - 发送一个文件: 仅需要发送所有的数据
 - 数据流同样要求数据到达时有如下的性质:
 - 保持正确的顺序(必须按照顺序显示)
 - 及时的方式 (不能是“迎头赶上”的急促感)
- 所有的包交换技术都存在相同的问题, 包括TCP/IP



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



音视频桥是什么(AVB)?

- 允许高质量的通过以太网传输音频/视频流(IEEE 802.1AB)
- 由Avnu联盟、行业联盟赞助支持
- 致力于AVB的开发和采用

关键元素

1. Clock Synchronization (时钟同步)
2. QoS (传输服务质量)
3. Device/Connection Mgmt. (设备/连接管理)
4. A/V Transport Protocols (音视频传输协议)

AVB 组件

- 通话器: 源媒体
- 收听器: 媒体流转
- 桥: 兼容AVB的交换机
- 控制器: 流控制



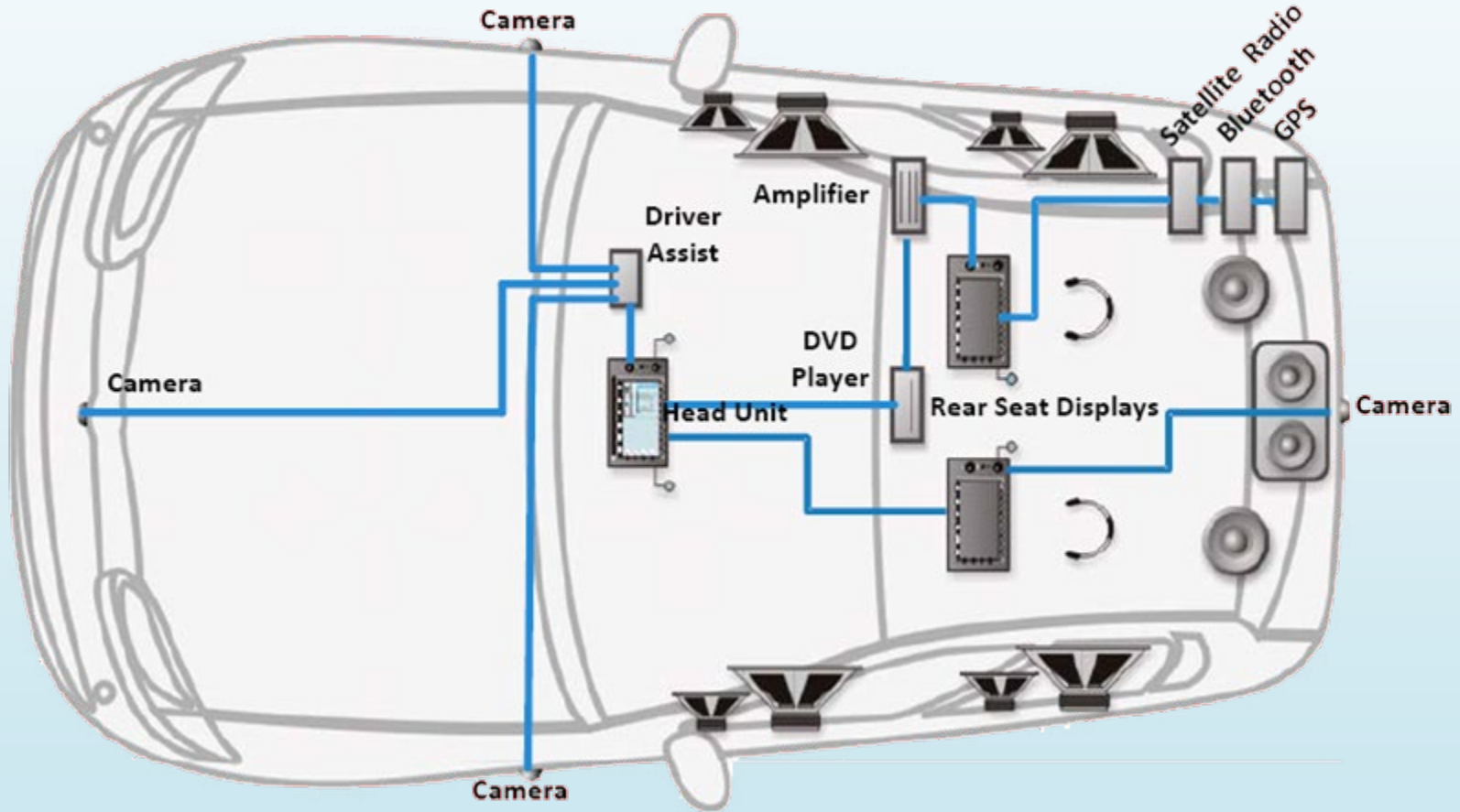
INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB网络配置案例



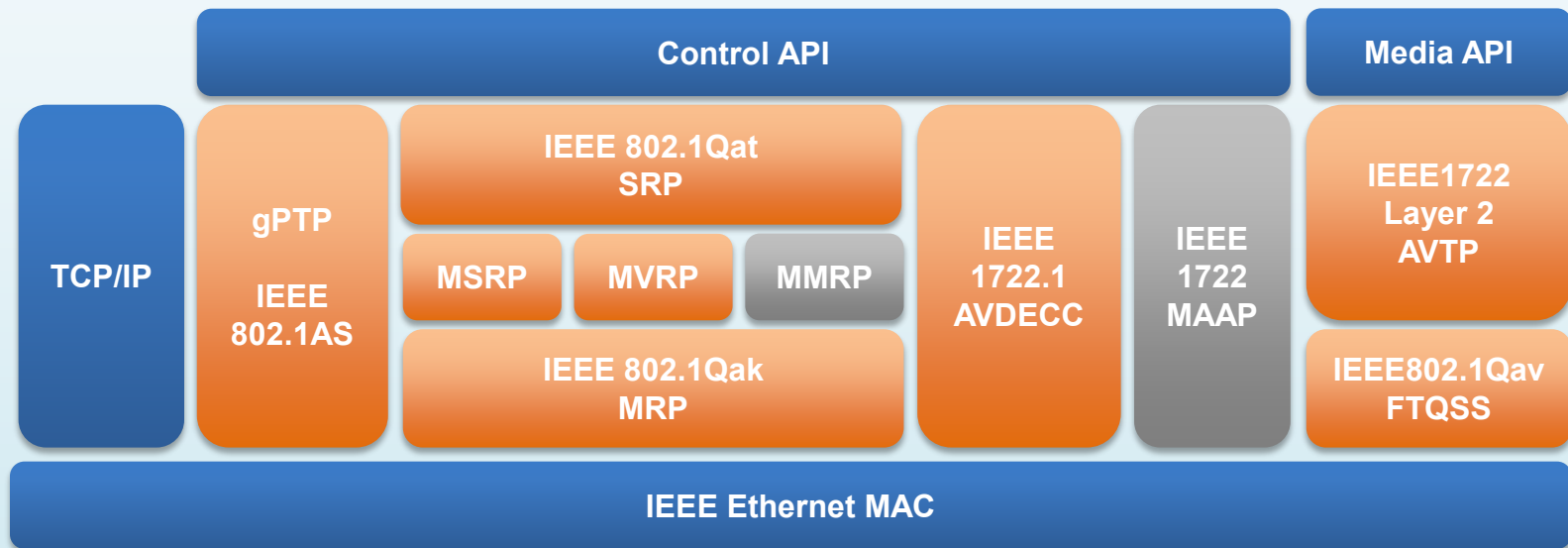
INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB 协议栈组件



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB 关键元素

1. 时钟同步方式: 广义精准时间协议(gPTP)
2. QoS (服务质量保证)
 - 定义流和保留带宽的机制: 流预留协议 (SRP)
 - 流量控制算法: 时间敏感流的转发和排队(FQTSS)
3. 发现和管理网络上的AVB设备的协议: AVDECC
4. 传输音视频的特殊传输协议 (2层/2层)



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB标准

- IEEE 802.1AB – 音视频桥接系统
 - 定义了所有AVB的功能属性
- IEEE 802.1AS – 连接到桥接LAN的站能够满足时间敏感应用的时间同步要求gPTP (改编自 IEEE 1588)
- IEEE 802.1Qat – 流预留协议
 - 流管理, 现在是 IEEE 802.1Q的一部分
- IEEE 802.1Qav – 对时钟敏感数据流的转发与排队协议(FQTSS)
 - 数据整形, 现在是IEEE 802.1Q的一部分



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB 标准

- **IEEE 1722.1 – 设备发现，连接管理和控制协议**
 - 通常被称为“AVDECC” for “音视频发现、枚举、连接管理和控制”技术
- **IEEE 1722 and IEEE 1733 – 对于时钟敏感的应用的2/3层的传输协议**
 - 定义2/3层音视频传输的协议
 - IEEE 1722 通常被称为“AVTP”



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB 和 (Automotive Ethernet)汽车以太网

- 娱乐系统是汽车以太网第一个广泛使用的应用
 - 及时的流传输是一个很重要的问题
- 其他的应用， 比如 **ADAS**, 同样对于服务需求有很重要的网络质量要求
- **AVB** 的好处: 灵活的, 开放的标准, 被广泛接受, 可以在任何以太网物理层上运行
- **AVnu** 认证设备的互操作性
- **AVB** 是复杂的, 但是可以基于汽车以太网简单部署
 - 汽车具有静态的网络设置, 减少了对动态配置的需要



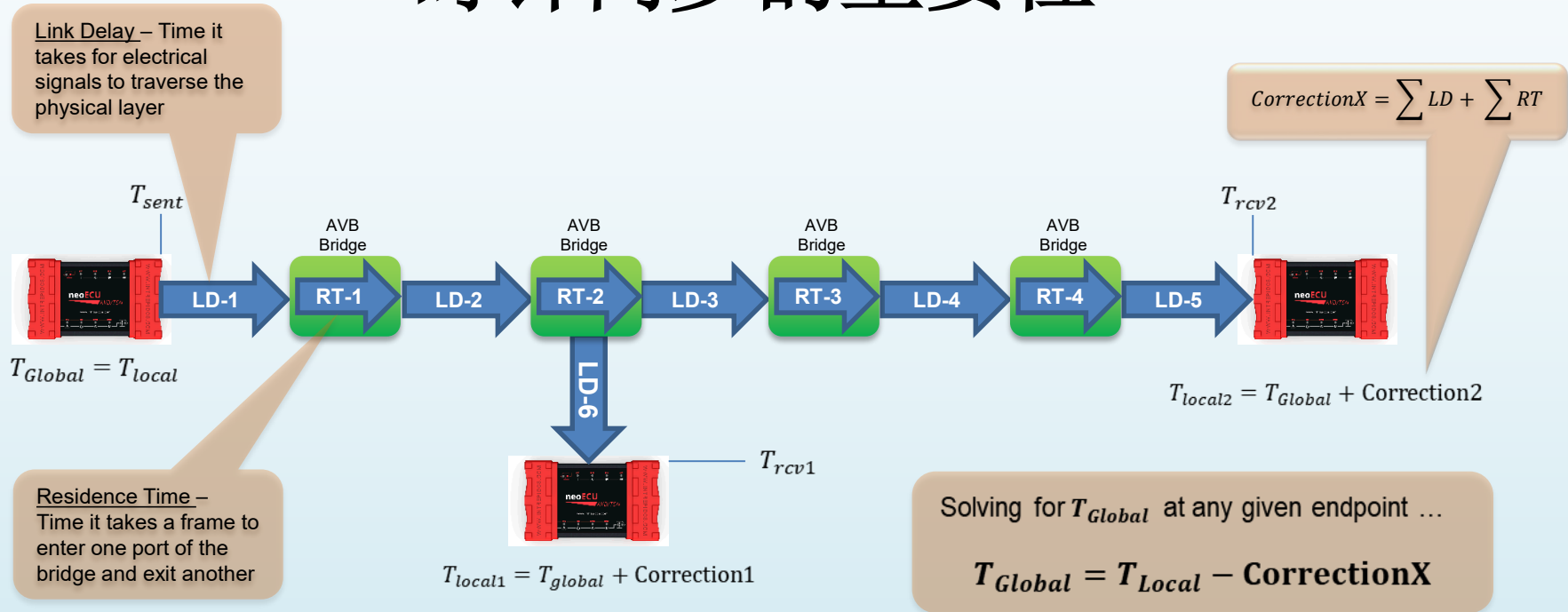
INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



时钟同步的重要性



- 精准同步通过编译一个“呈现时间”来描述同步.
- 为了实现使这个生效，所有的时钟必须同步.
- 音视频同步检测与呈现时间偏移约为50ms.
- 虽然在声学实验室外对相位畸变的感知是有争议的，但在人耳可听到的频率范围内，相位畸变会以微秒级的延迟出现.

广义时钟同步协议(gPTP)

- 用于同步设备的交付质量
- 两个主要的任务:
 - 传输时钟同步的信息
 - 测量网络中的传播延迟
- 由最佳主时钟算法（**BMCA**）确定的“最佳主时间”控制定时操作
- 通过特殊的“两步”法实现同步:
 - 发送一帧，记录当它击中电线的时间
 - 在第二帧报文中发送那个时间
- 精度500ns / 7跳(100ppm振荡器)



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

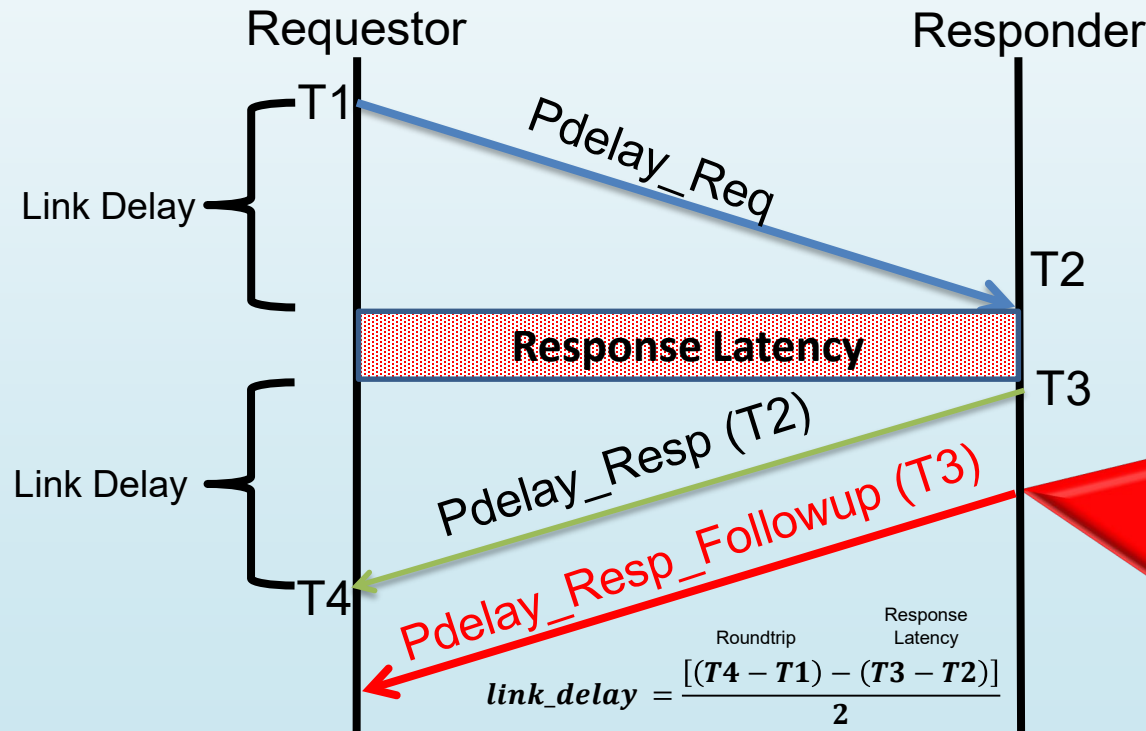
31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



测量连接延迟: 两步时钟

	Line	Time (abs/rel)	N...	Network	Description	Source	Destination	EtherType	Len	MsgID	SeqID	PTP Timestamp	Timestamp
Filter						PTP		PTP		pdelay			
+	205	999.910 ms		Listener to Switch	ETH2 Pdelay_req	Intrepid_99:00:01	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Req	14761	0	2017/08/31 20:03:28:624183
+	206	137 µs		Switch to Listener	ETH1 Pdelay_resp	1E:30:6C:A2:40:00	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Resp	14761	25855.80859936	2017/08/31 20:03:28:624320
+	207	98 µs		Switch to Listener	ETH1 Pdelay_resp_followup	1E:30:6C:A2:40:00	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Resp_Follow_Up	14761	25855.8087232	2017/08/31 20:03:28:624418
+	208	1.000085 s		Listener to Switch	ETH2 Pdelay_req	Intrepid_99:00:01	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Req	14762	0	2017/08/31 20:03:29:624503
+	209	136 µs		Switch to Listener	ETH1 Pdelay_resp	1E:30:6C:A2:40:00	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Resp	14762	25856.80891128	2017/08/31 20:03:29:624639
+	210	98 µs		Switch to Listener	ETH1 Pdelay_resp_followup	1E:30:6C:A2:40:00	LLDP_Multicast	PTP	72	Pdelay_Resp_Follow_Up	14762	25856.80903512	2017/08/31 20:03:29:624737



Details for "ETH1 Pdelay_resp_followup"	
+	Message on Switch to Listener : 72 bytes captured
+	Ethernet, Src: 1E:30:6C:A2:40:00, Dest: LLDP_Multicast (01:80:C2:00:00:0E)
-	IEEE 1588 Precision Time Protocol
-	Transport specific: 0x1
-	Ethernet AVB (802.1as)
-	Message type: Pdelay response follow up (0x0A)
-	PTP version: 2
-	Message length: 54
-	Domain number: 0
+	Flags: 0x0
-	Correction: 0 nanoseconds
-	Clock identity: 0x1E306CFFFEA24000
-	Source port ID: 1
-	Sequence ID: 14762
-	Control field: All others (5)
-	Log message interval: 127
-	Response timestamp (seconds): 25856
-	Response timestamp (nanoseconds): 809035120
-	Requesting port clock identity: 0xFC70FFFE990001
-	Requesting port identity number: 1

Message Dissector



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

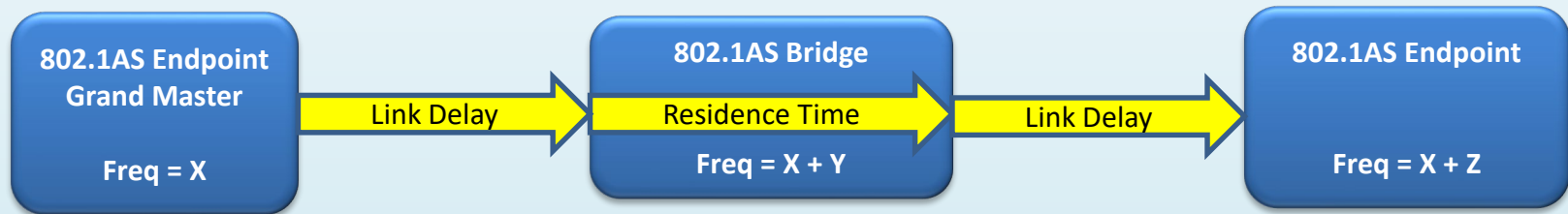
31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



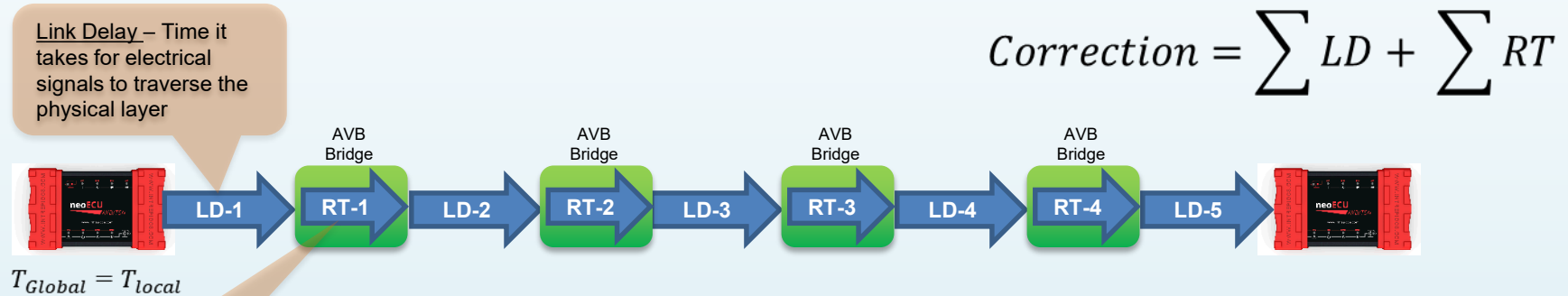
时间误差来源

- 连接延迟- 通过物理媒介的传播延迟
- “停留时间”- 一帧通过交换机的一个端口进和另一个端口出所需要的时间



- 在主时钟和其他领域的时钟频率偏移和漂移

时钟同步: 同步/跟进

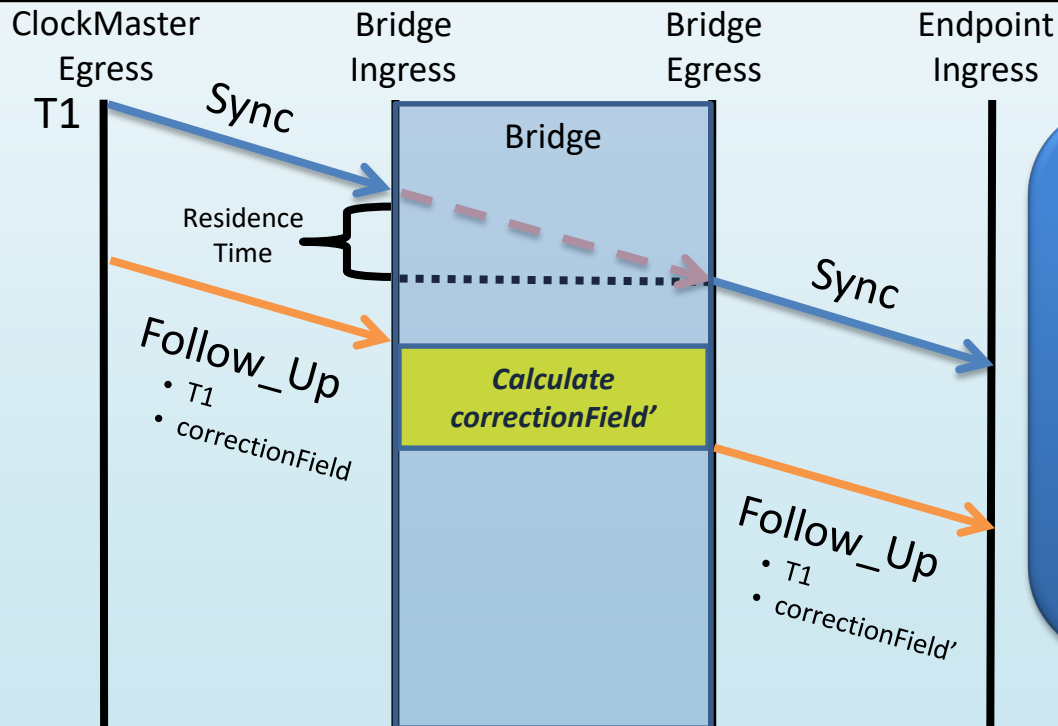


端到端传输延迟

- 通过同步消息传递给所有域参与者的全局时间戳.
- 后续消息通过网络传播, 每个节点添加其增量链路延迟和驻留时间.

时钟同步: 同步/跟进

Filter	Line	Time (abs/rel)	N...	Network	Description	Source	Destination	EtherT...	Len	MsgID	SeqID	PTP Timestamp	Timestamp
								PTP					
+	2836	123.613 ms		Talker to Switch	ETH11 Sync	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	64	Sync	36044	0	2017/08/31 23:04:11:772501
+	2837	105 μ s		Switch to Listener	ETH11 Sync	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	64	Sync	36044	0	2017/08/31 23:04:11:772606
+	2838	148 μ s		Talker to Switch	ETH11 Followup	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	94	Follow_Up	36044	1503686718.228285	2017/08/31 23:04:11:772754
+	2839	1.261 ms		Switch to Listener	ETH11 Followup	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	94	Follow_Up	36044	1503686718.228285	2017/08/31 23:04:11:774015
+	2840	123.745 ms		Talker to Switch	ETH11 Sync	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	64	Sync	36045	0	2017/08/31 23:04:11:897760
+	2841	104 μ s		Switch to Listener	ETH11 Sync	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	64	Sync	36045	0	2017/08/31 23:04:11:897864
+	2842	278 μ s		Talker to Switch	ETH11 Followup	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	94	Follow_Up	36045	1503686718.353535	2017/08/31 23:04:11:898143
+	2843	1.133 ms		Switch to Listener	ETH11 Followup	00:FC:00:99:00:02	LLDP_Multicast	PTP	94	Follow_Up	36045	1503686718.353535	2017/08/31 23:04:11:899276



端到端传输延迟

- 每个桥计算它从主时间的延迟
- 传输延迟 + 停留时间
- 按比率校正
- 累积在后续的报文中



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



gPTP vs. PTP

我们真的需要另一个协议吗?

- 媒体独立的子层结构
- 简化
 - 单个域/最佳主时间 (起初....)
 - 被限制在第二层(起初....)
 - 两步传输延迟测量(起初...)
 - 只有端点/桥
- 减少初始化时间
 - 符合逻辑的(通用频率)
 - 限制为点对点延迟测量
 - 限制为时间意识实体
 - BCMA 优化
- 功能蔓延(在这种情况下不一定是坏事)
 - TSN 增加了冗余时钟和最佳主时间
 - IEEE 1733 定义了3层的传输(RTP – 实时传输协议)
 - 1步测量传播延迟



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



流预留协议(SRP)

- IEEE 802.1Qat
- 支持AVB所需的QoS协议
- 端对端资源管理:
 - 创建具有保证带宽的数据路径
 - 网桥维护关于带宽预留，端口连接，流等的信息表
 - 确保配置正确的流预留协议，并且仅在保留足够网络资源的情况下激活流预留协议



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



流预留协议(SRP)

- 流源= 发送者; 汇 = 接听者
- 发送者发送流广告
- 具备AVB能力的交换机检查流广告，以确定他们是否具有足够的流量，如果是，就转发到其他的端口
- 通过每个跃点测量延迟
- 在接听者接收到之前一直持续
 - 它们知道流的需求和返回到对话器的路径的累积延迟
 - 路径中所有的设备必须都具备AVB协议的能力



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



具备AVB段和不具备AVB段的网络

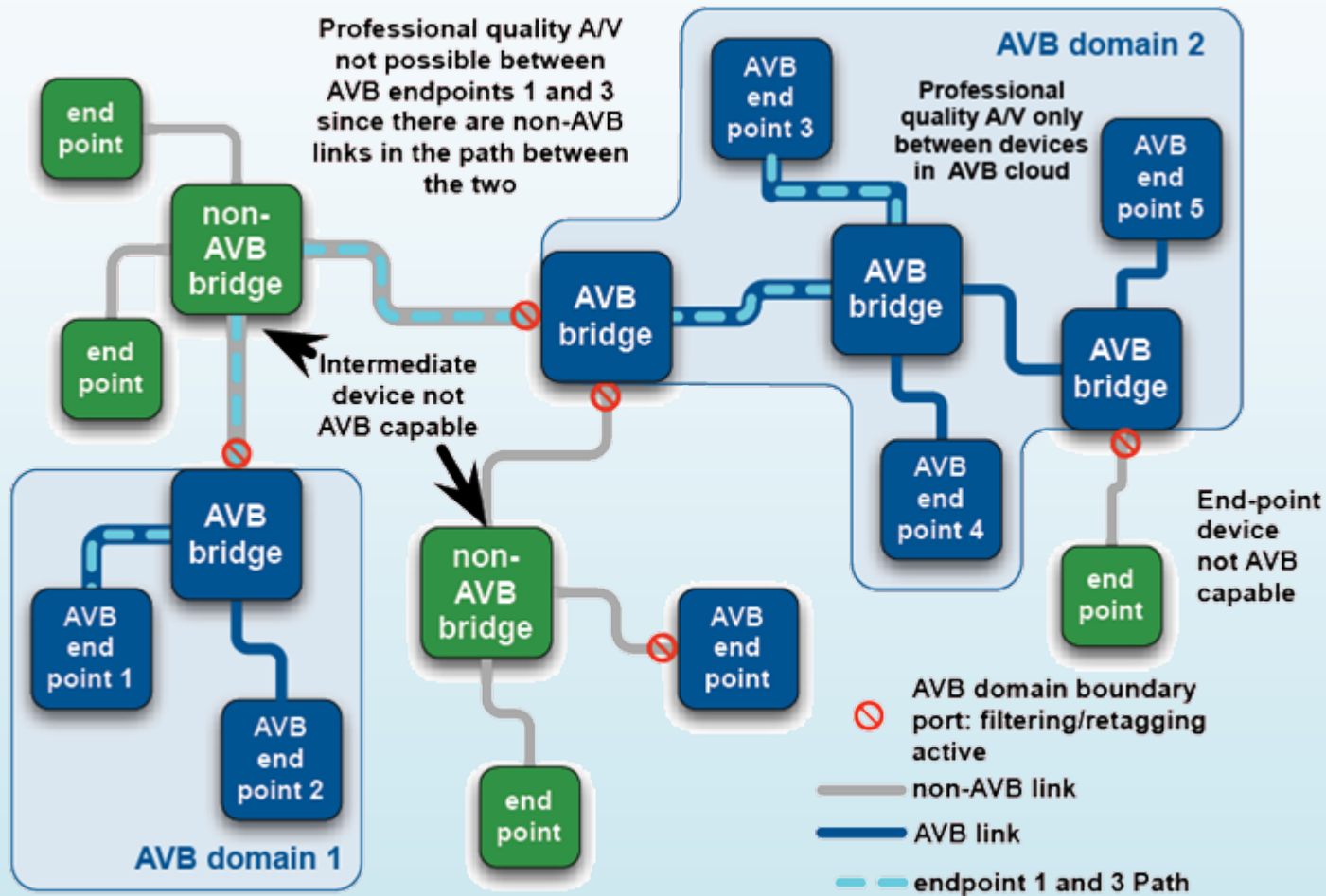


Image credit: Michael Johas Teener



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



FQTSS

- 流量整形: 平均地分发数据包, 以避免“集群”和锁定其他数据
- 在一个AVB节点里, 预留流优先与一般性的尽力传输型报文
- AVB交换机通过使用基于信用值的整形算来顺利的发送AVB数据包:
 - AVB等级的信用值是随着时间增长的
 - 当数据包发送的时候这个信用值就会被用掉
 - 只有当信用值为0或者为正的时候才能发送报文
 - 通过保证传输一定比例的常规通信来加强公平性



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



以信用为基础的流量整形

FQTSS Traffic Shaping

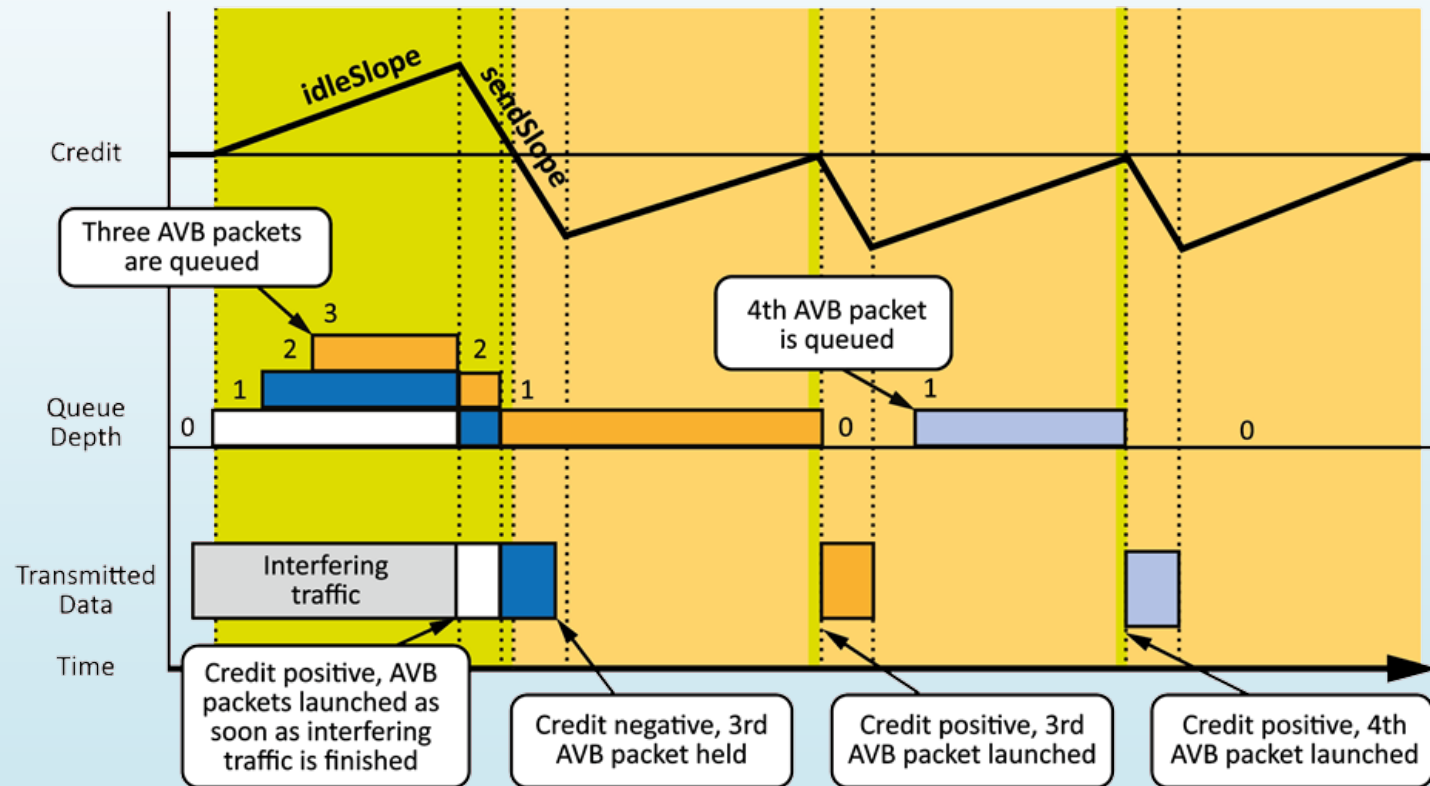


Diagram by Michael Johas Teener, used with permission.



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVDECC

- 负责相关管理功能的子协议集合
- 发现: 找到网络上有什么信息, 并跟踪变化
- 枚举和控制: 通过 AVDECC 枚举 and 通过 AECP控制
- 连接管理: AVDECC 连接管理协议 (ACMP)用于发送者与接收者的连接



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVTP

- 完成AVB的最终目标:将音视频从发声者发送到接听者
- AVTP 报文被称为AVTP 协议数据单元 (AVTPDU)
- AVTPDU 携带 IEC 61883 包
 - 建立用于火线的AV数据标准
- 两种头类型:
- 用于控制和辅助信息的控制头
 - 搭载真实数据的流头
 - AVTPDU 封装在以太网中



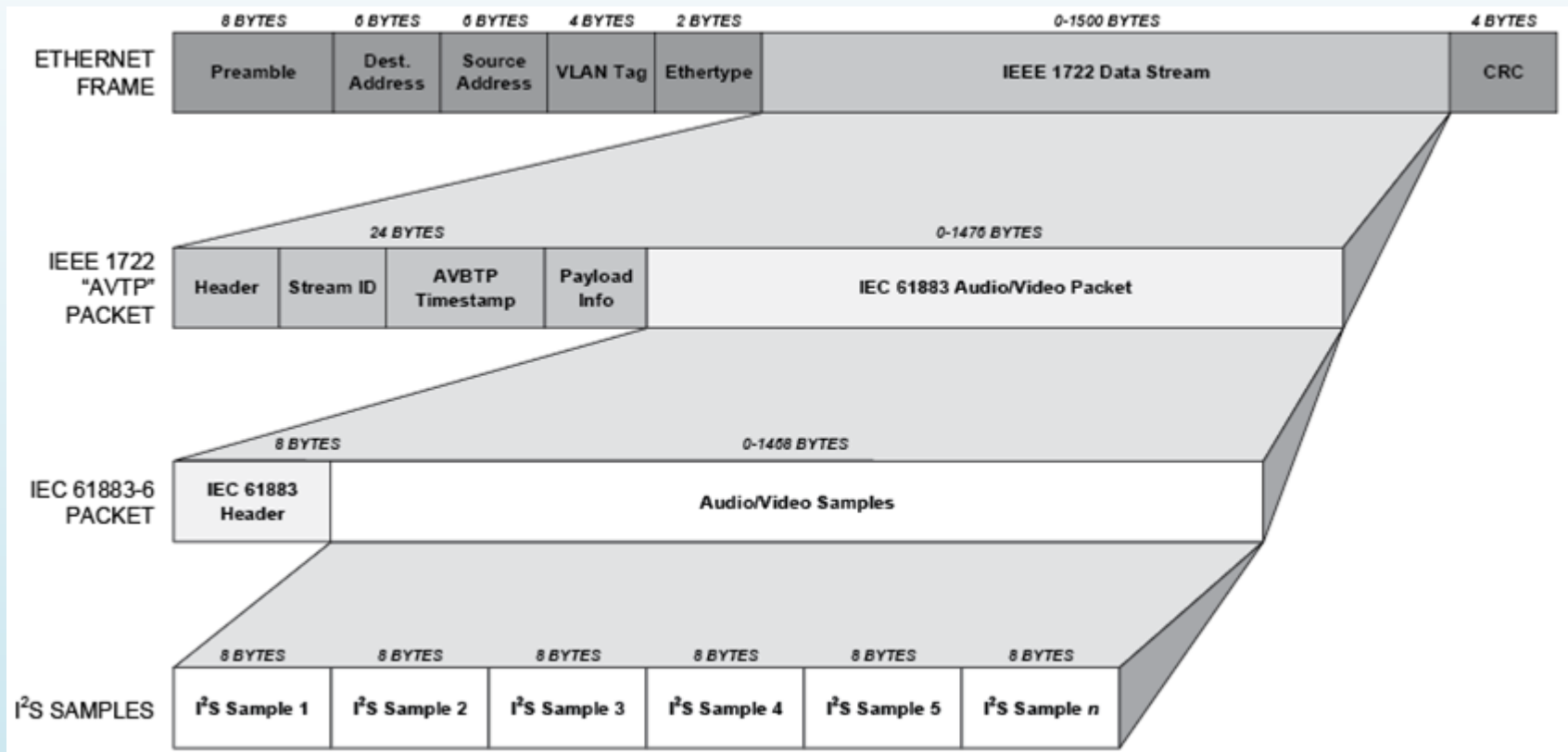
INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



Ethernet+AVTPDU 封装



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



AVB vs. TSN 协议

时钟同步

IEEE802.1AS gPTP

IEEE802.1AS-Rev

资源管理

IEEE802.1Qat SRP

IEEE802.1Qcc
SRP enhancement and
performance improvement

数据流发送的控制

IEEE1722
AVTP

IEEE 1722.1
AVDECC

排序

IEEE802.1Qav
FQTS (CBS)

IEEE802.1Qch
Cyclic queuing and
forwarding

IEEE802.1Qbv
Enhancements for
Scheduled Traffic
(TAS)

IEEE802.1Qcr
Asynchronous
Traffic Shaping

抢占

IEEE802.1Qbu
Frame Preemption

IEEE802.3br
Interspersing
Express Traffic

容错

IEEE802.1CB
Frame Replication and
Elimination for
Reliability

IEEE802.1Qca
Path Control and
reservation for
redundancy

IEEE802.1Qci
Per-Stream Filtering
and Policing

AVB 协议

TSN 中新开发的协议



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

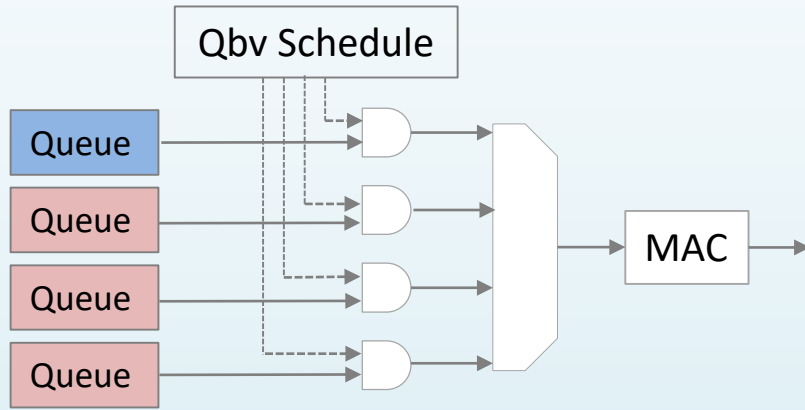
31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com



时间流量调度(802.1qbv)

时钟敏感的整形
排队结构



时间敏感整形
案例结构

$t_{0-gb} = 0000$

t_{0-gb} = Block non-Time Critical Data

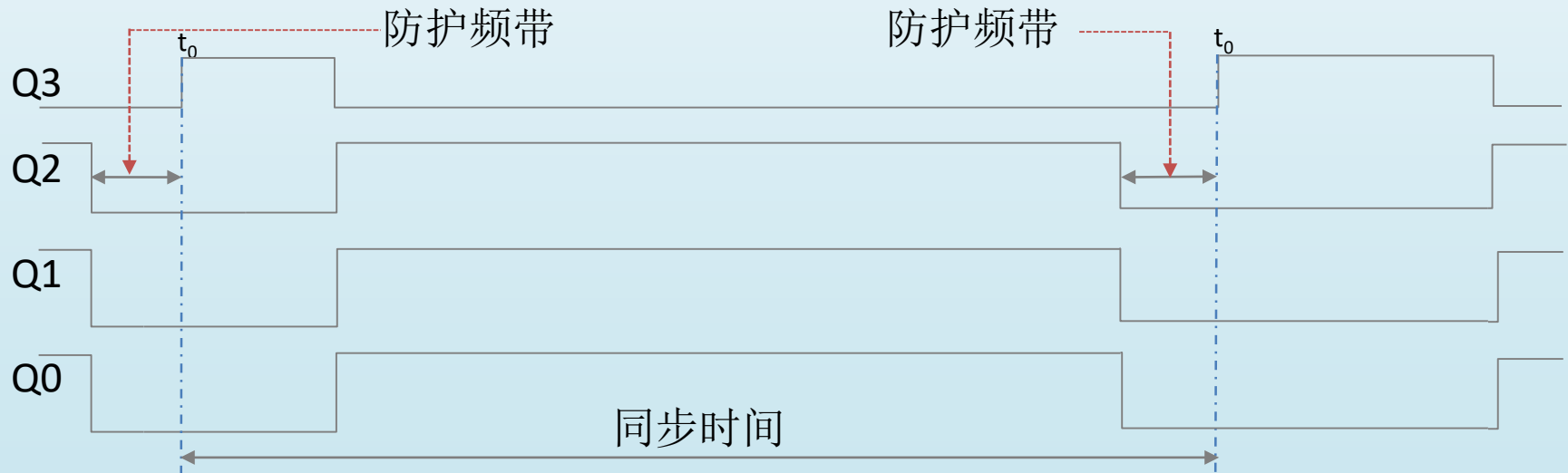
$t_0 = 1000$

t_0 = Time Critical Queue is open

$t_{0+d} = 0111$

T_{0+d} = Time Critical Data is done

& repeat each Cycle



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

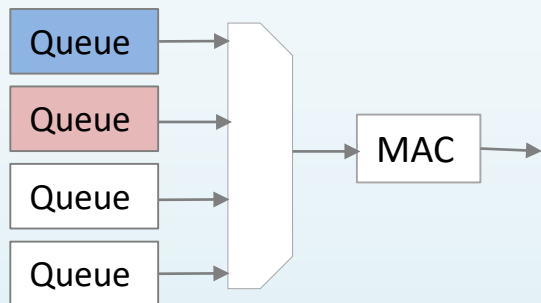
31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com

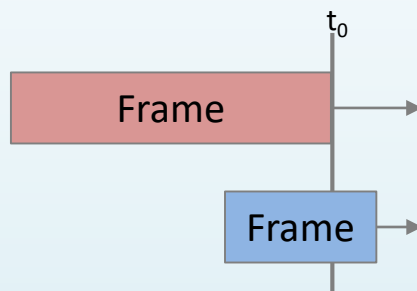


帧抢占 802.1Qbu & 802.3br

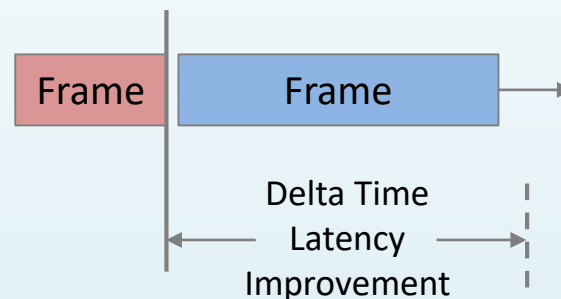
非帧抢占
排队结构



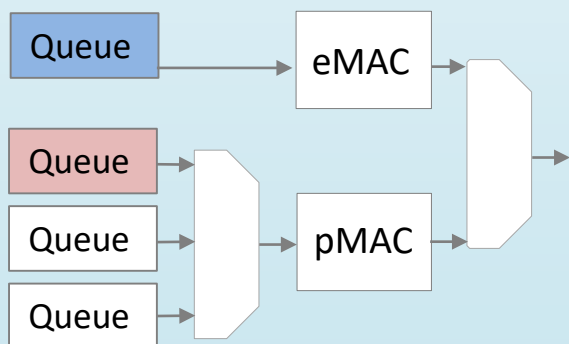
在这种排队结构中的报文展
示 红色在第一个队列排队



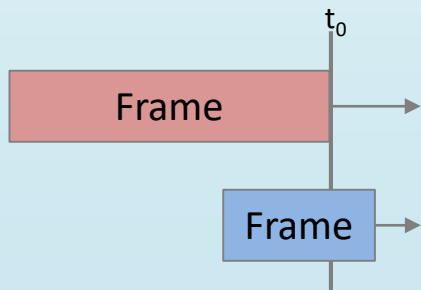
报文传输的结果
红色蓝色报文之后传输



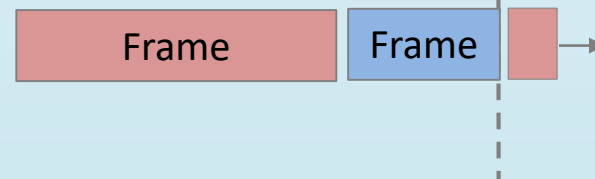
帧抢占排队
结构案例



在这种排队结构中的报文
展示 红色是第一个队列



报文传输的结果
红色开始传输，但是被蓝
色抢占—然后红色报文续传



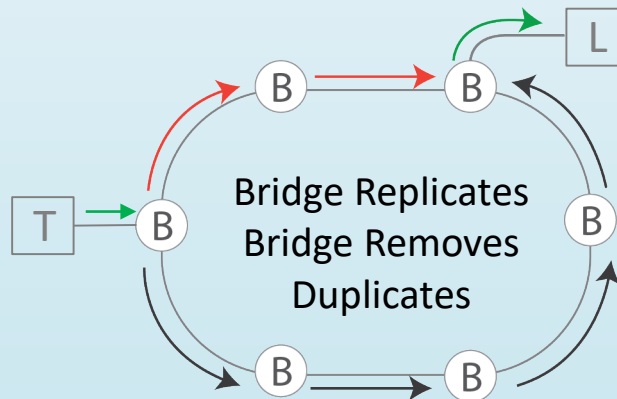
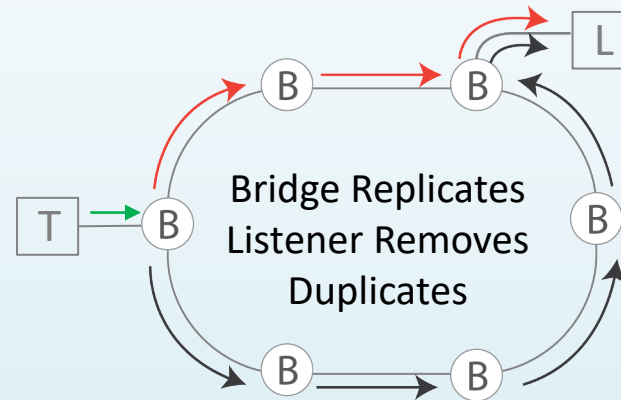
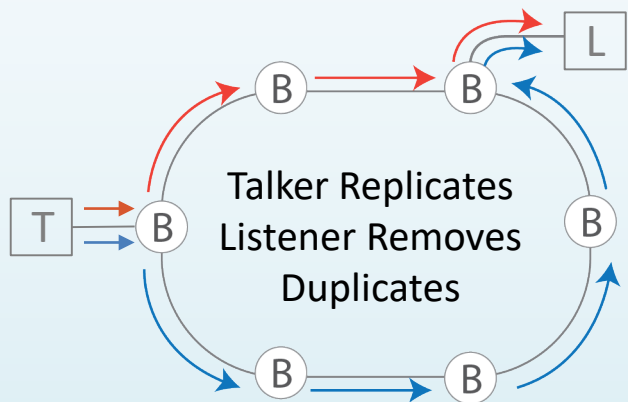
INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

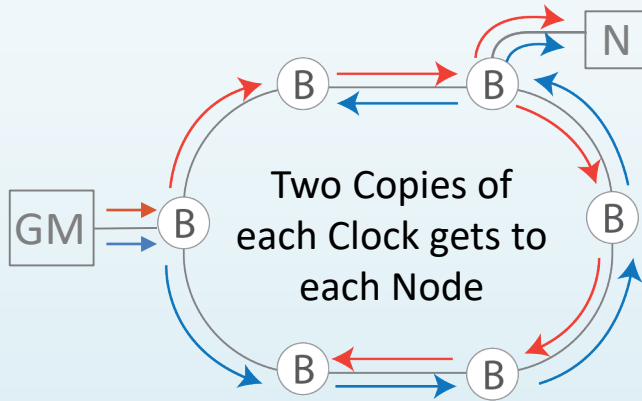
www.intrepidcs.com



帧复制与消除(802.1CB)

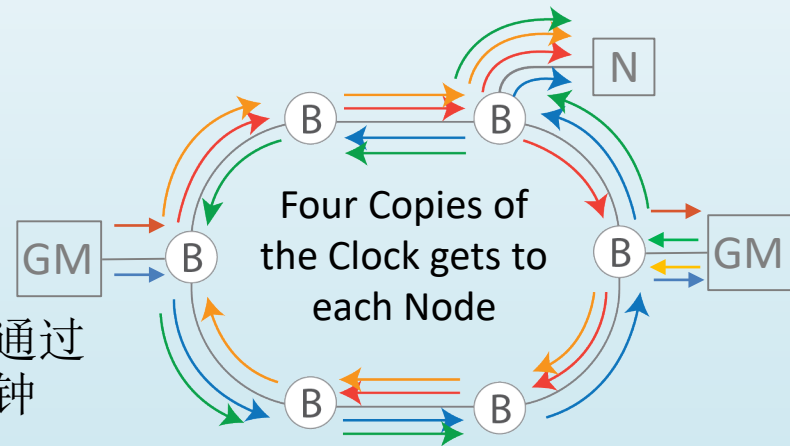


加强的 gPTP (802.1AS-Rev)



➤ 单个最佳主时间通过两条独立的路径传输了两个时钟

➤ 两个活跃的最佳主时间各自通过独立的路劲传输了他们的时钟



疑问?

销售咨询:

icschina@intrepidcs.com

技术支持:

icschina@intrepidcs.com

www.intrepidcs.com/support



INTREPID CONTROL SYSTEMS, INC.

31601 Research Park Dr., Madison Heights, MI 48071 USA 1-800-859-6265

www.intrepidcs.com

