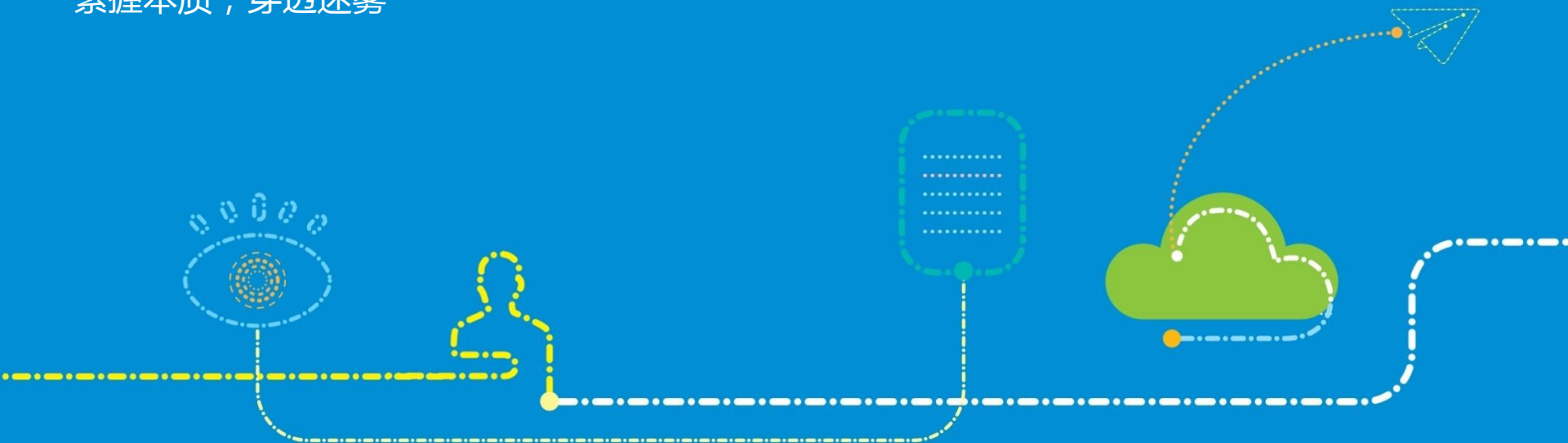


确定性业务承载技术

ZTE 中兴

紧握本质，穿透迷雾





目录Contents

一

确定性业务承载技术

二

业界研究和进展

确定性业务给IP网络带来挑战

未来网络中，业务将更加繁多，传统的工业控制网络、物联网监控系统、自动驾驶汽车、远程医疗手术系统等将汇聚到未来的一体网络中，这些业务的特点：**高可靠、低时延、确定性保证**。确定性业务给目前IP网络带来极大挑战。

● 确定性业务：

对网络传输的质量有确定界限要求的业务称为确定性业务。传输质量的衡量可以是时延、丢包率、时延抖动及可靠性等指标。

哪些支撑技术？

- 边缘MEC？
- 网络切片？
- FLEXE硬管道？
- TSN技术？
- DetNet？

未来网络？



工业控制等未来5G业务特别需要网络的低时延和确定性时延特性

5G URLLC 性能要求

场景	端到端时延ms	抖动	通讯服务可用性%	可靠性%	用户体验数据速率/(Mbits/s)
离散自动化-运动控制	1	1 us	99.9999	99.9999	1 - 10
离散自动化	10	100 us	99.99	99.99	10
过程自动化-远程控制	50	20 ms	99.9999	99.9999	1 - 100
过程自动化-监测	50	20 ms	99.9	99.9	1
配电-中压	25	25 ms	99.9	99.9	10
配电-高压	5	1 ms	99.9999	99.9999	10
智能交通系统	10	20 ms	99.9999	99.9999	10
触觉交互	0.5	待定	99.999	99.999	低
远程控制	5	待定	99.999	99.999	从低到10

- 上表是3GPP给出的5G URLLC业务 的性能指标要求。高可靠、低时延、确定性保证是必须支持的

工业控制



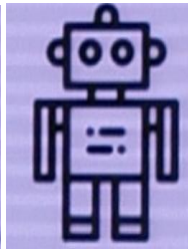
车联网



远程手术

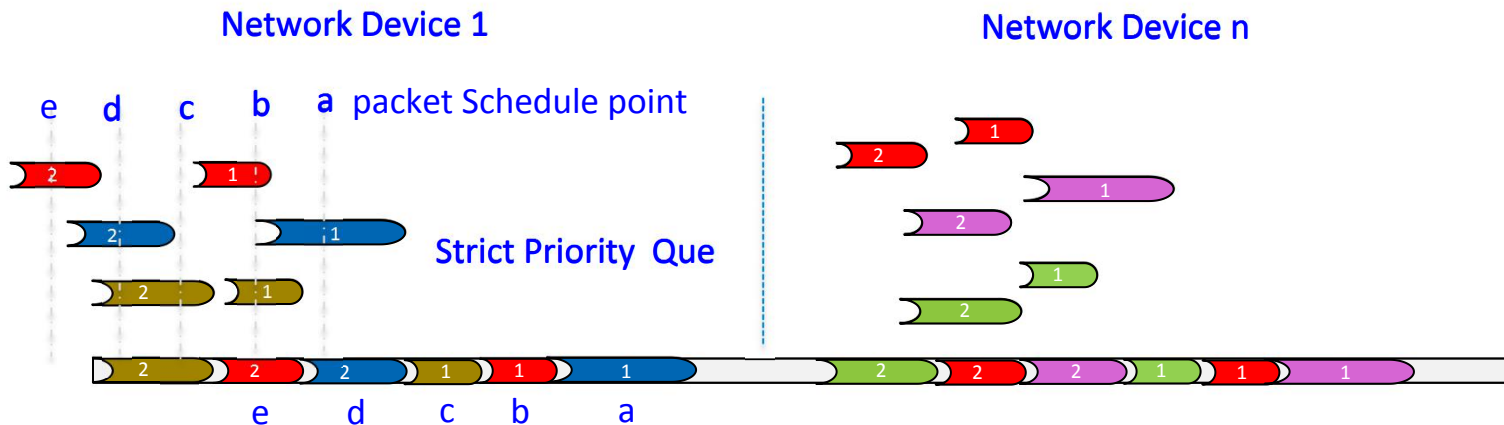


机器人



- 工业控制、车联网、远程医疗、机器人等上述场景均是需要同步控制信令端到端的精确传送。
- 确定性时延、确定性时延抖动、确定性可靠传送是上述场景中多个控制系统协作的基础，如机械手臂的联动、工业设备的同步加工、远程手术的人机互动等等。
- 确定性时延的指标需要根据业务需求确定，比如最典型目标要求： $1\text{ms} \pm 1\mu\text{s}$

“尽力而为”的IP网络不能带来确定性的业务保证



- 队列转发时延的不确定性（因为高优先级并不能抢占正在发送的低优先级帧）
- 时延不确定性在多个节点存在累加效应
- 流量工程只能保证业务的均值带宽

总结：转发机制和RSVP-TE流量工程技术只能提供有限的业务保证，不能提供确定性的业务保证

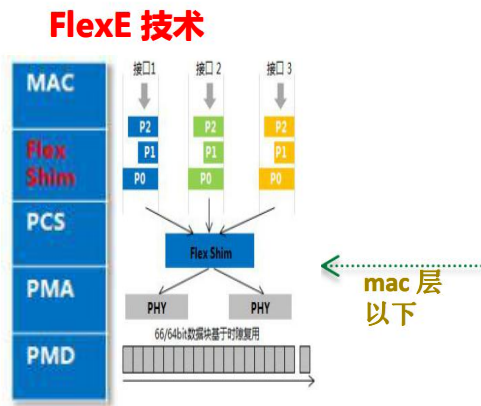
不同网络层次上确定性业务承载的技术

IP本质是统计复用+存储转发，尽管有Qos、VPN技术的辅助，但是不能彻底解决丢包和时延不确定性的问题，在IP网中划分出时隙提供硬管道是确保低时延的关键。不同网络层次上有不同的解决方案。

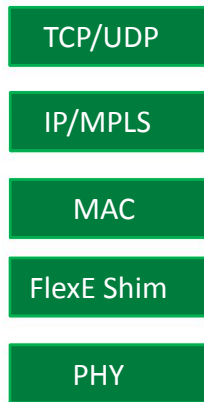
FlexE： mac层以下技术，实现业务的管道隔离，不解决同一管道内的流量抢占问题。

TSN： mac层及以上技术，基于流方式按照时间片进行流的刚性调度，可以解决同一管道内不同流传输的“瞬时”冲突，保证确定性业务流的实时传送

DetNet：借鉴TSN的二层流的确定性传输技术，扩展到IP层，重点解决IP层的确定性业务传送。



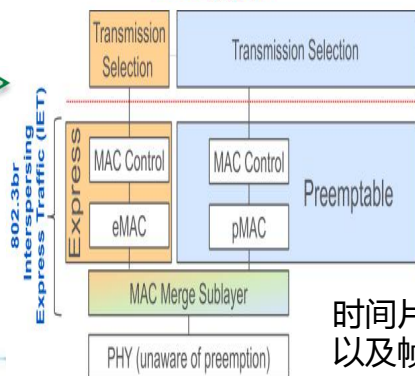
网络层次



IP 层

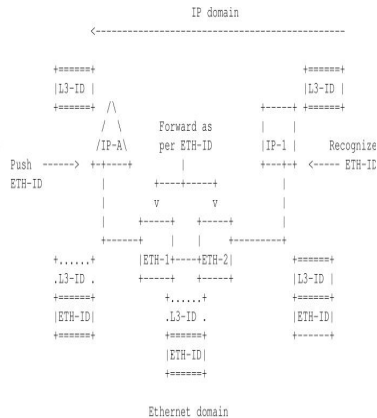
mac 层
及以上

TSN技术



时间片调度
以及帧抢占

DetNet技术



网络测量、资源
预留、显性路由、
冗余复制及消除

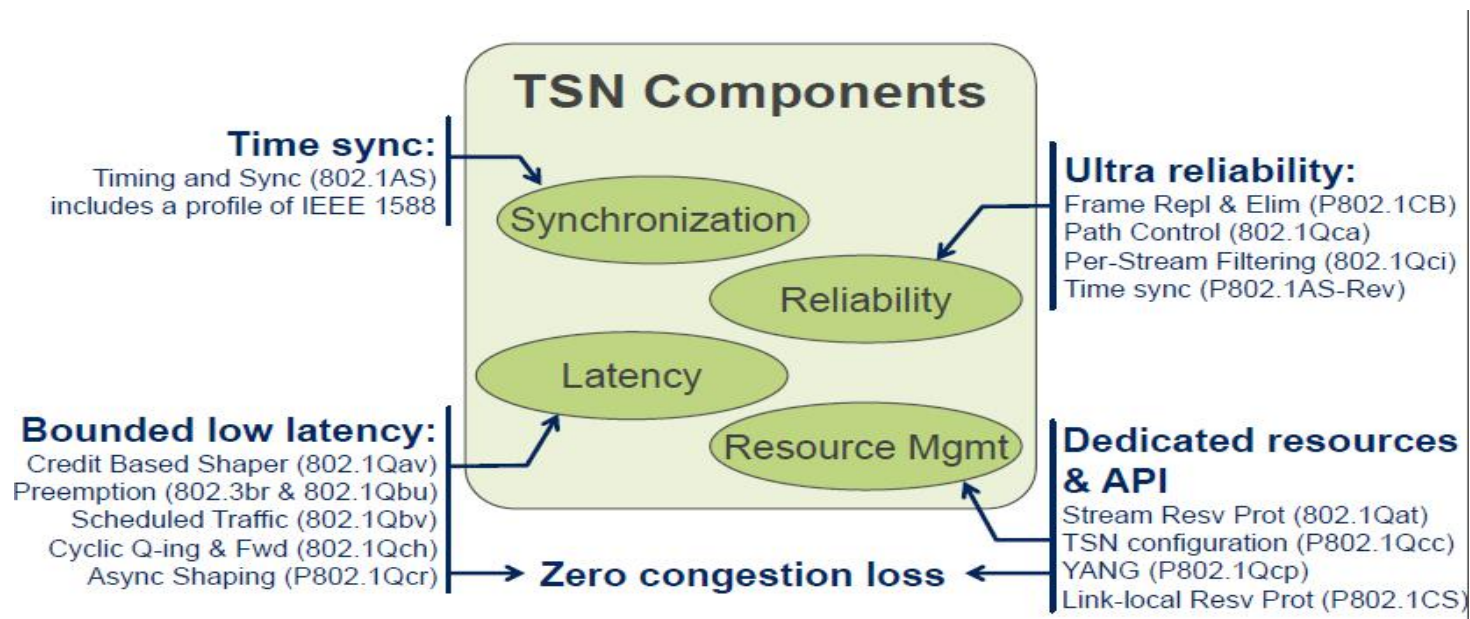
TSN 的起源和发展

时间敏感网络TSN (Time-Sensitive Networking) 是对IEEE 802.1以太网的扩展，是由IEEE 8023.1的时间敏感网络任务组在现有以太标准的基础上开发的一套兼容性扩展标准。

TSN任务组是2012年由原来的AVB工作组重新命名而来。原来的AVB 成立于2005年，目的是制定一套适用于实时音视频的传输的新的以太网架构传输协议集，是为了解决原来标准以太网传输中存在的时序性、低延时和流量整形问题，同时又保持100%向后兼容传统以太网。

TSN任务组的成立，则将原AVB任务组的需求范围扩大，制定的TSN标准不单单满足实时音视频的需求，还满足其他如工业控制、汽车控制等业务流量传输对时间敏感要求的领域，并向5G承载延伸，它是二层以太网网络中提供确定性业务保证的关键技术。

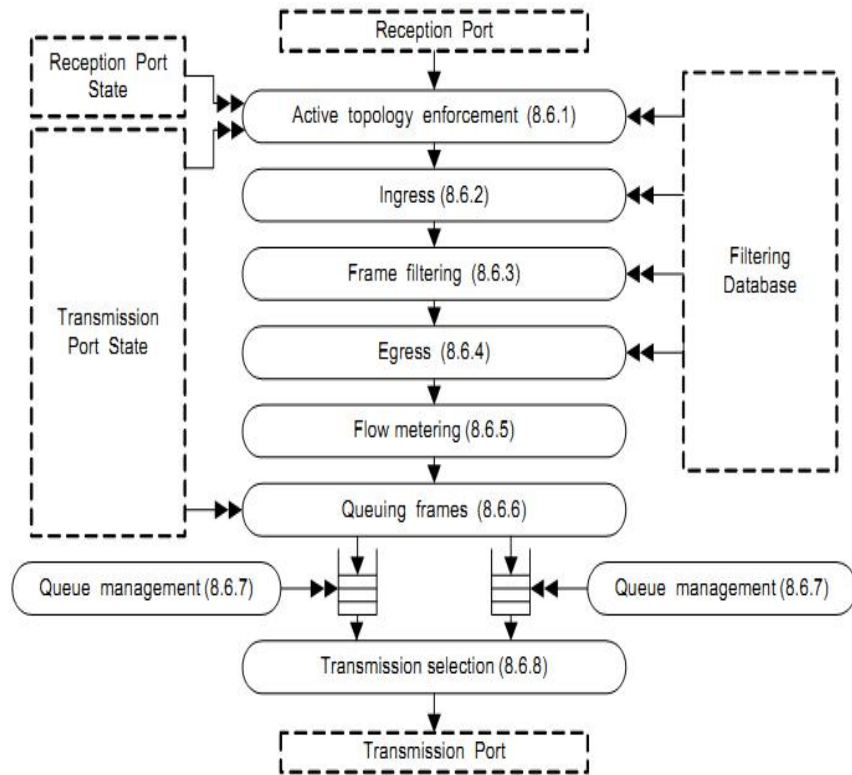
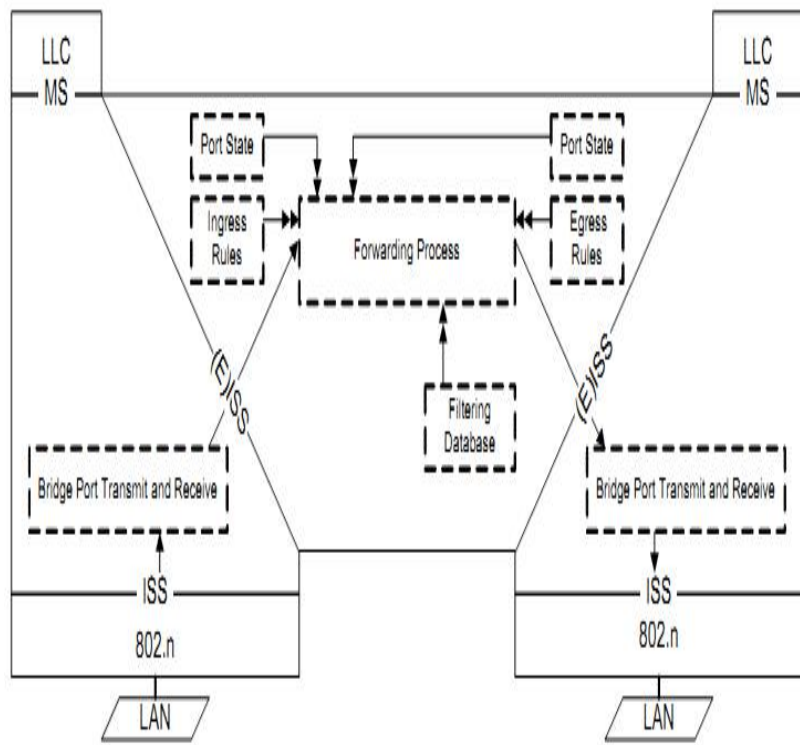
TSN 的技术组件



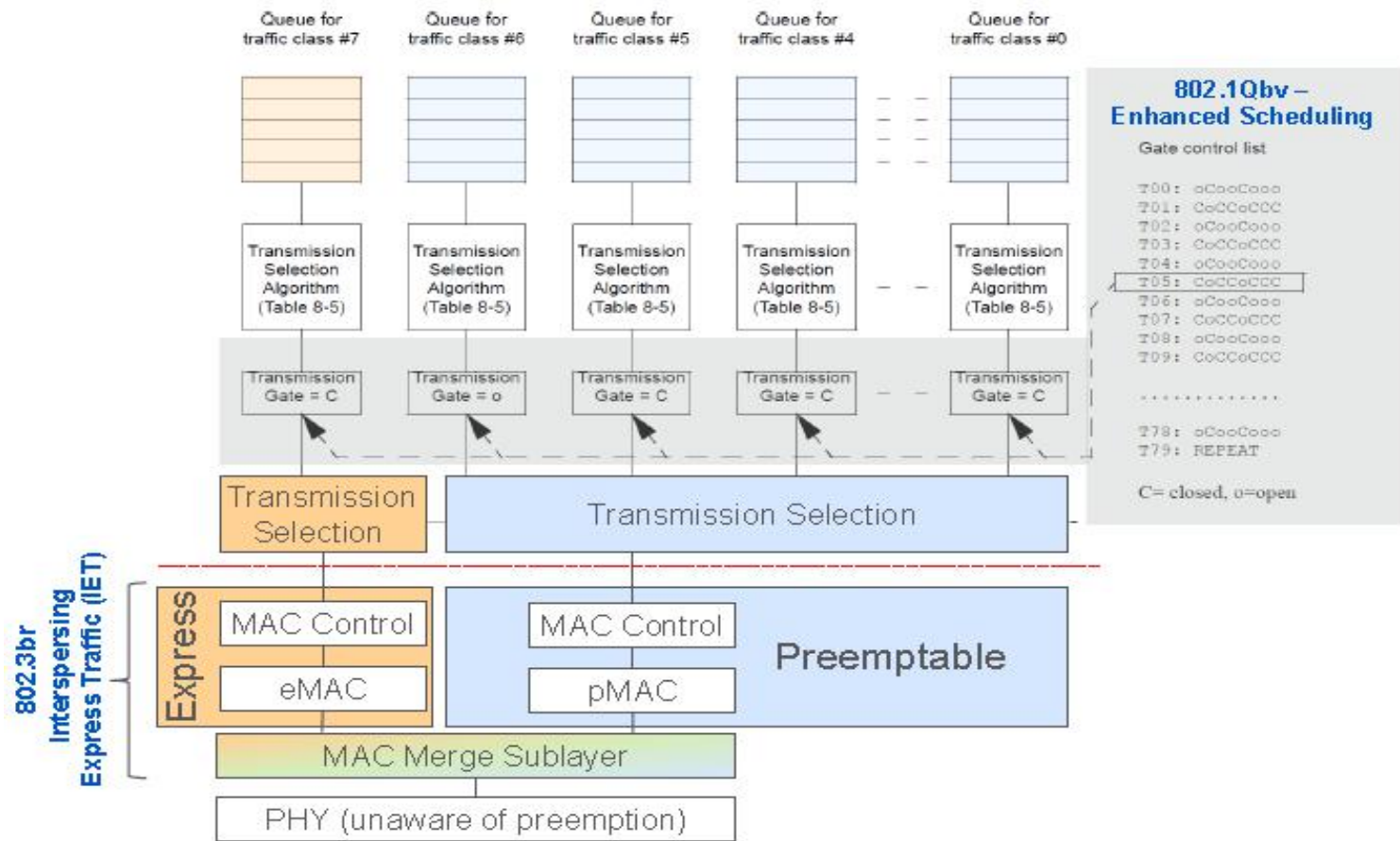
时间敏感网络TSN 技术体系包含了四个组件的内容，这四个技术组件分别是时间同步、高可靠性、确定的低时延、资源管理。而四个组件则有一系列的标准协议进行支撑

TSN 总体模型

下面两个图是TSN的转发模型及业务处理流程。



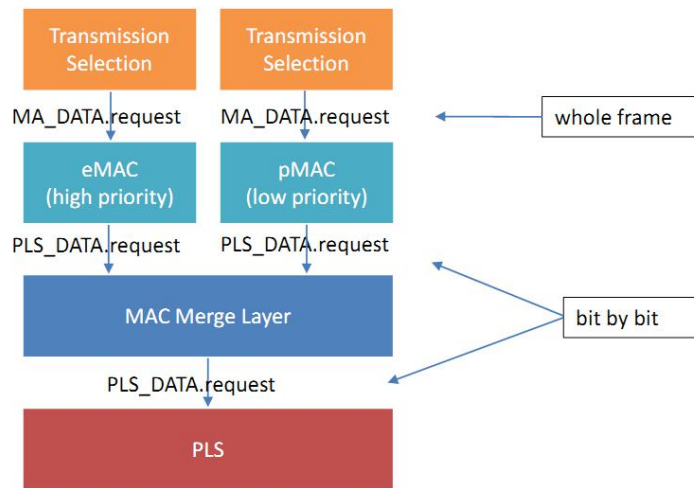
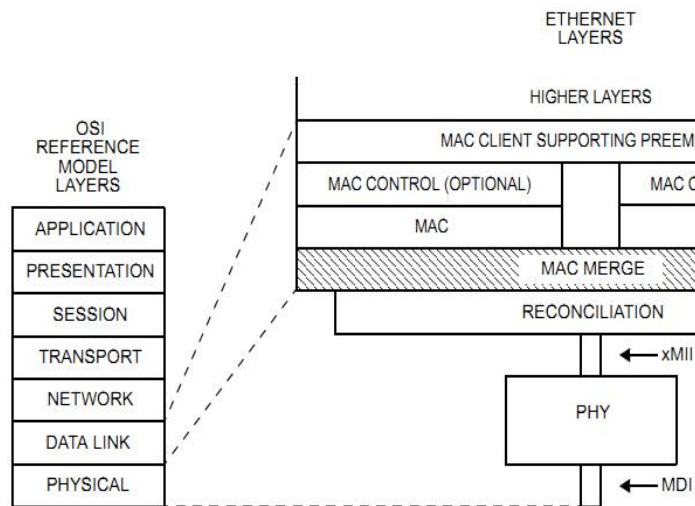
TSN 关键技术



在以太网全网时间同步的基础上，通过时间周期内的门控列表技术，实现**基于时间感知的流量调度**，确保重要业务有确定性的传送保证，同时通过修改以太网介质访问控制和以太桥接管理技术，实现了**以太帧的强占机制**，保证了重要业务传输时延和可靠的确定性。

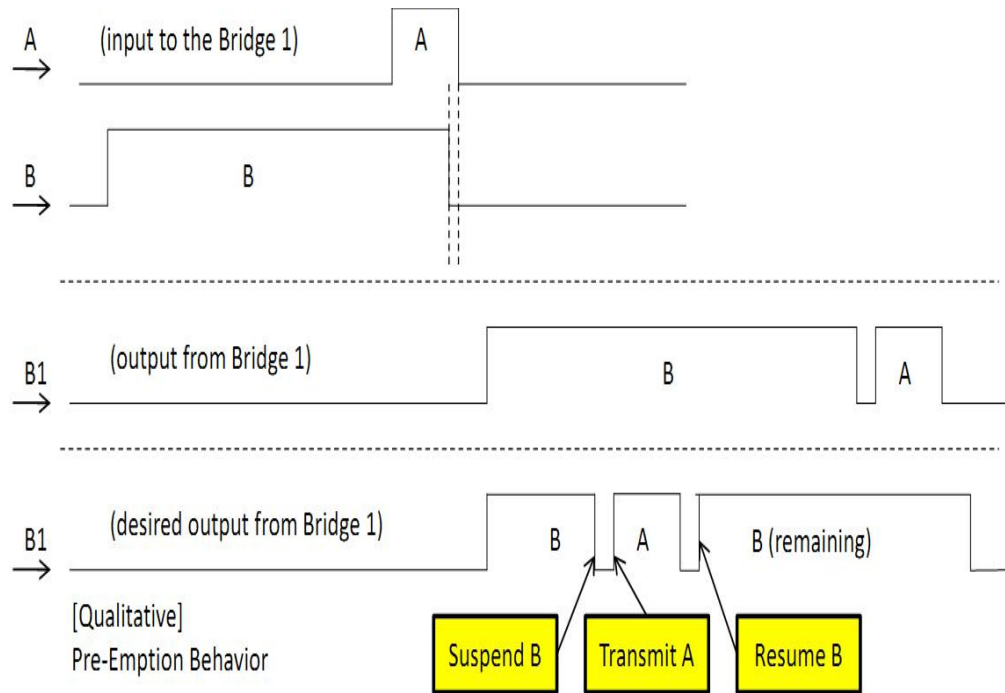
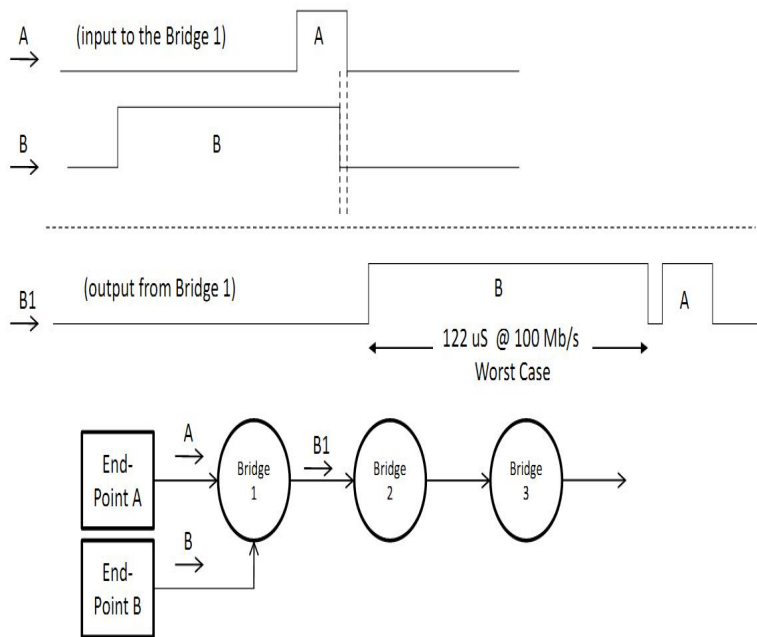
802.3br --帧抢占技术

Specification and Management Parameters for Interspersing Express Traffic--零散的紧急业务规范及管理参数
BR对mac层的改变，新加入了mac Merge层。

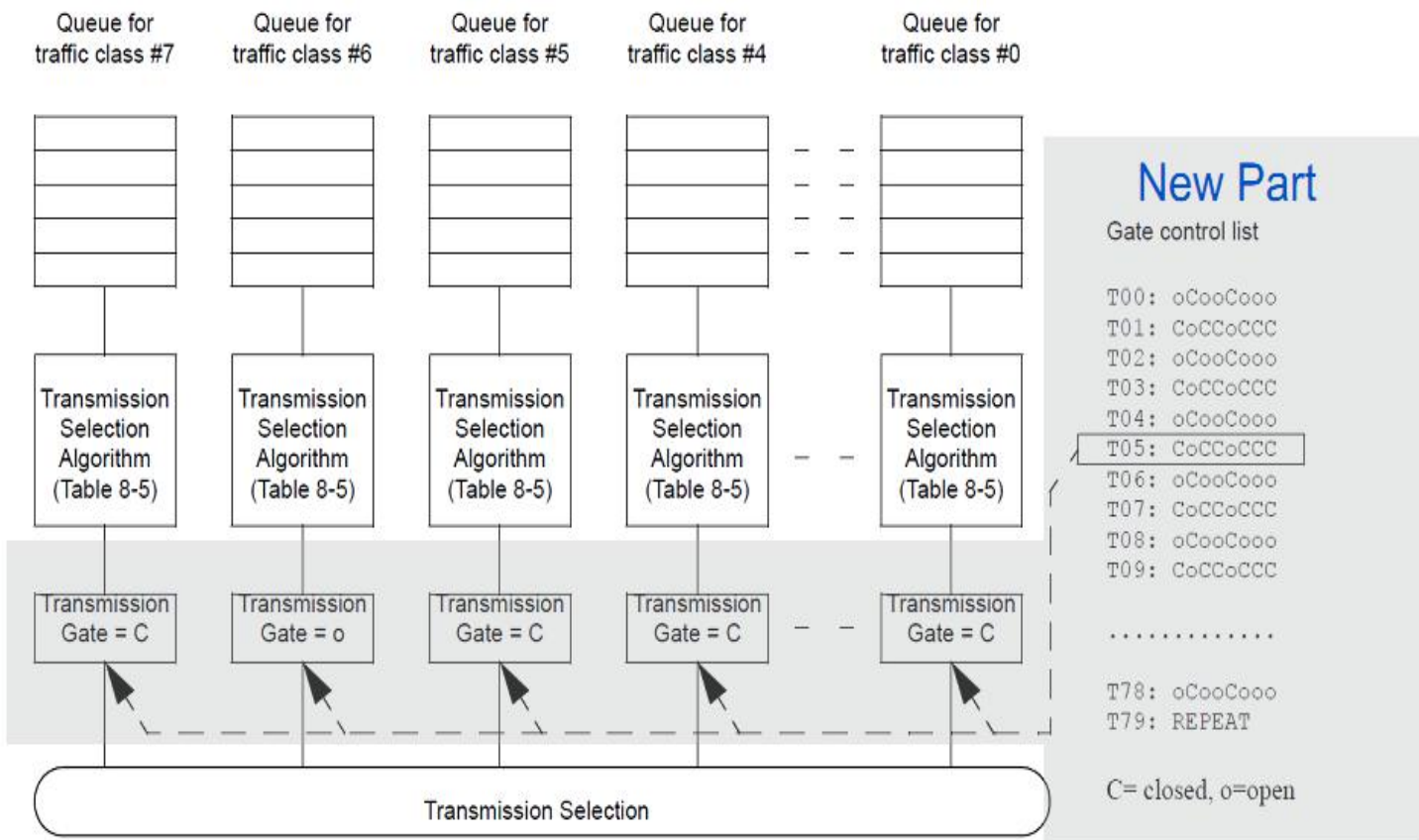


802.3br达成的目标

802.3BR需要达到如下图的目的--帧的抢占。



802.1Qbv -基于时间敏感的队列调度



1: 增加了一种基于时间的业务调度方式，它保证每个队列一个确定的时间间隔进行报文发送，每个队列的时间间隔都可以进行配置

2: 为了控制门控制列表，需要下面三个状态机的处理

a) The Cycle Timer state machine: 负责list

execute的初始化以及参数检查

b) The List Execute state machine: 负责 gate的状态改变

c) The List Config state machine: 管理参数变更

3: 每个端口都有一个门控的状态机实例

DetNet在三层网络建立确定性数据通道，为上层应用提供有确定界限的时延、丢包率、抖动及可靠性等网络质量保障。其涉及到的关键技术包括：

拥塞保护

- 节点进行带宽和缓存资源预留，同时在输出端口调节数据速率不超过设定的DetNet客户速率，以避免下一节点缓存资源超限；

显性路由

- DetNet通过确定数据流的承载临时或者永久路由，避免网络中任何一个拓扑变动进而路径变化带来的丢包以及时延抖动；

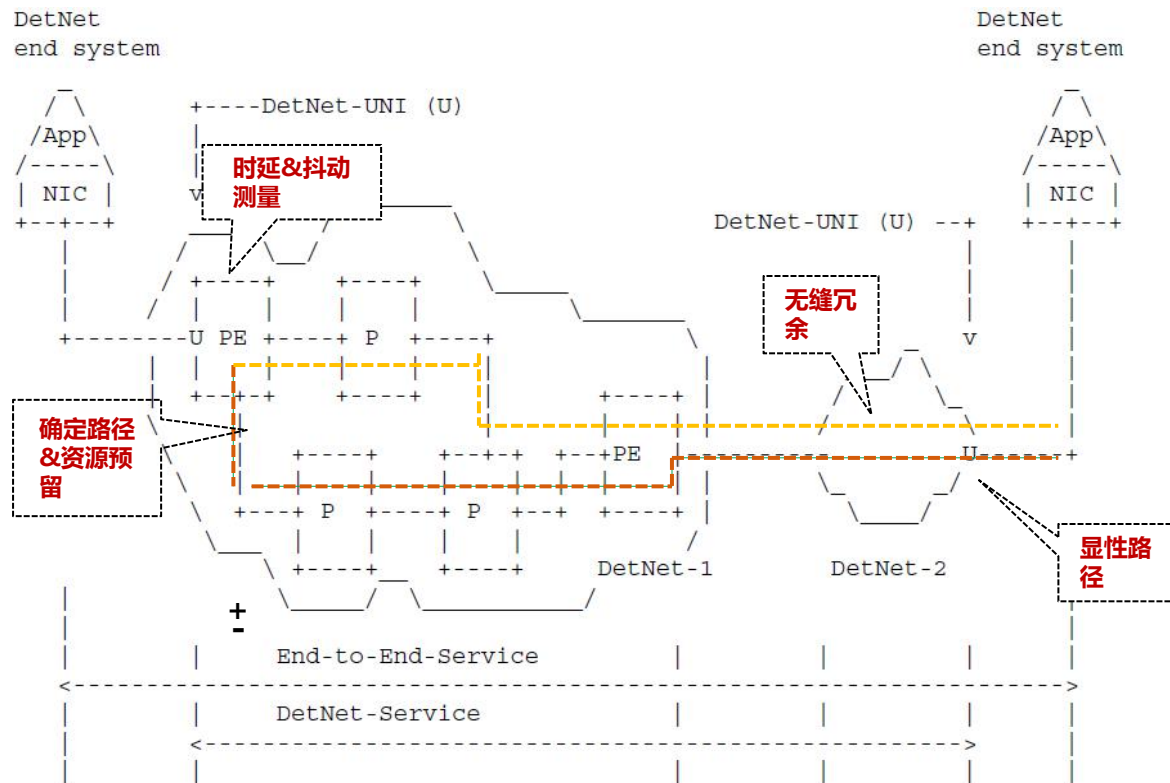
抖动消减

- DetNet采用亚毫秒级的节点间时间同步机制，加上借鉴TSN的刚性转发技术来消减时延抖动；

分组复制与消除

- 对单路径传输可能因路径上的链路、节点等故障导致的丢包及时延，通过分组复制将数据流向多种路径散发，同时在流接收节点，根据流ID及序列号进行冗余帧的消除。

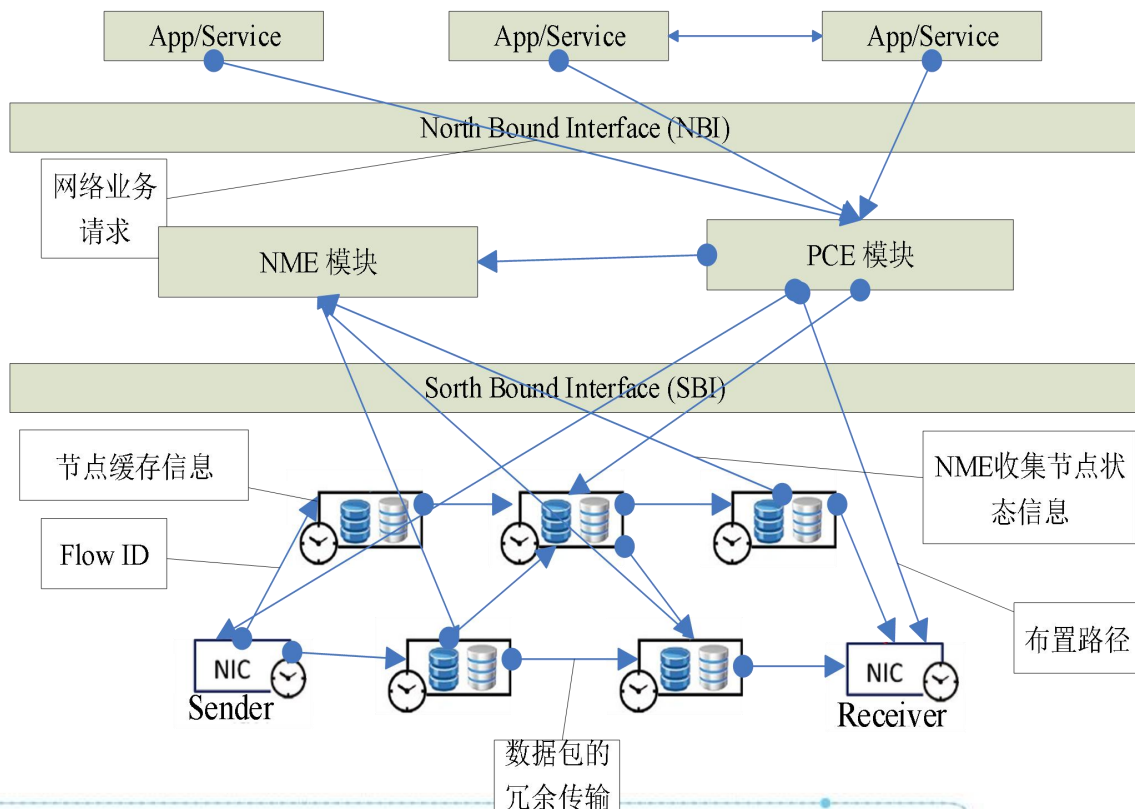
DetNet 参考架构



- DetNet借鉴TSN二层网络技术的机制和架构, 提供L3网络上端到端的确定性服务的技术解决方案
- DetNet通过在L3重用TSN的算法机制, 或者通过L3-L2接口调用L2 TSN功能, 实现确定性网络功能。
- DetNet域提供所有的确定性网络转发服务, 终端应用可支持也可不支持DetNet业务模型, UNI完成DetNet相关的数据封装, 如ID, Sequence封装。

DetNet 流量工程

为确定性数据流建立显性优化路由，DetNet是一种特殊的流量工程，DetNet可分为应用、控制、网络三个平面。



应用平面

控制平面

网络平面

- 通过流管理单元FME与用户及服务商交互确定性网络服务；
- 管理接口在终端系统之间进行数据流协商。数据流抽象（IP地址，DNS等）通过北向接口进行资源预留

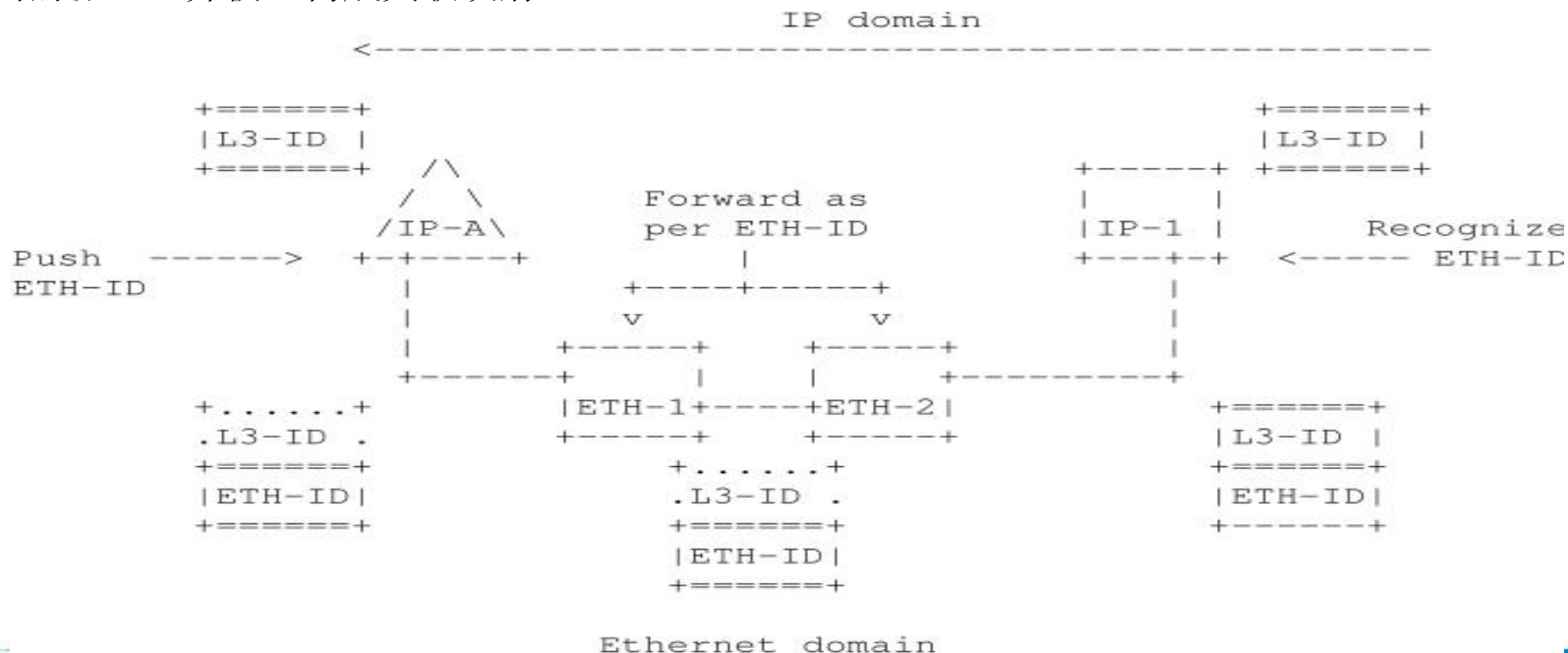
- 应用平面经由北向接口与控制平面交互；
- 一个或多个PCE协同处理来自FME的链路请求，为DetNet数据流编排一个确定顺序的中间节点链路，以满足业务的QoS需求

- 包括终端接口卡NIC，中间节点，用于流量工程链路预留的NNI，UNI；
- 一个南向接口扩展TEAS描述物理拓扑及网络资源；
- 节点向PCE上传其能力及网络资源，拓扑等信息，PCE也向节点下发建路信令。

DetNet的 层间流标识及映射

DetNet流在不同网络层次或者技术体系之间传输的过程中，下层网络需要准确识别上层网络标识的DetNet数据流，同样，在对应的逆过程中，上层网络需要识别下层网络对数据流的标识。

鉴于主要的数据转发机制为IP，MPLS，以太桥三种，因此在应用数据包中增减三种不同的流ID，并彼此构成关联映射。



DetNet 的流排队、整形、编排及优先级机制

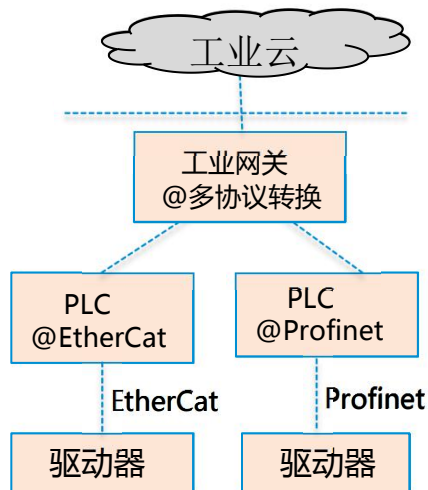
在多厂商设备的网络环境下，一个系统中的延迟变动将会导致另一个系统的缓存相应变化，从而增加每跳延迟。因此，基于标准排队及传输选择算法的集中控制器，会计算每个节点对端到端时延的影响以及对缓存的需求。

IEEE 802.1定义了一组流排队、整形、编排算法，使得每个传输节点得以计算一组值，去协调整合端到端的路由资源预留。这些算法同样适用三层路由及交换节点，这些关键技术包括：

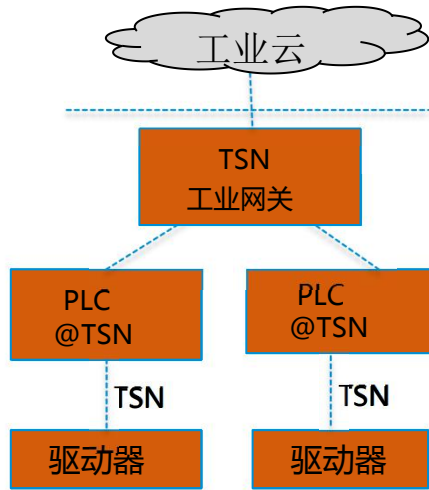
- 基于信用机制的整形算法；
- 轮动时间表控制的时间门限队列，在所有节点间保持同步；
- 同步双重缓存算法；
- 更高时延要求数据包的抢先传输权算法。

确定性业务承载的应用趋势

TSN标准已经相当成熟，已有厂家推出支持TSN特性的交换芯片和支持部分特性的TSN交换机。TSN将很大可能在工业互联网的IT/OT 的融合网络中首先得到规模应用。



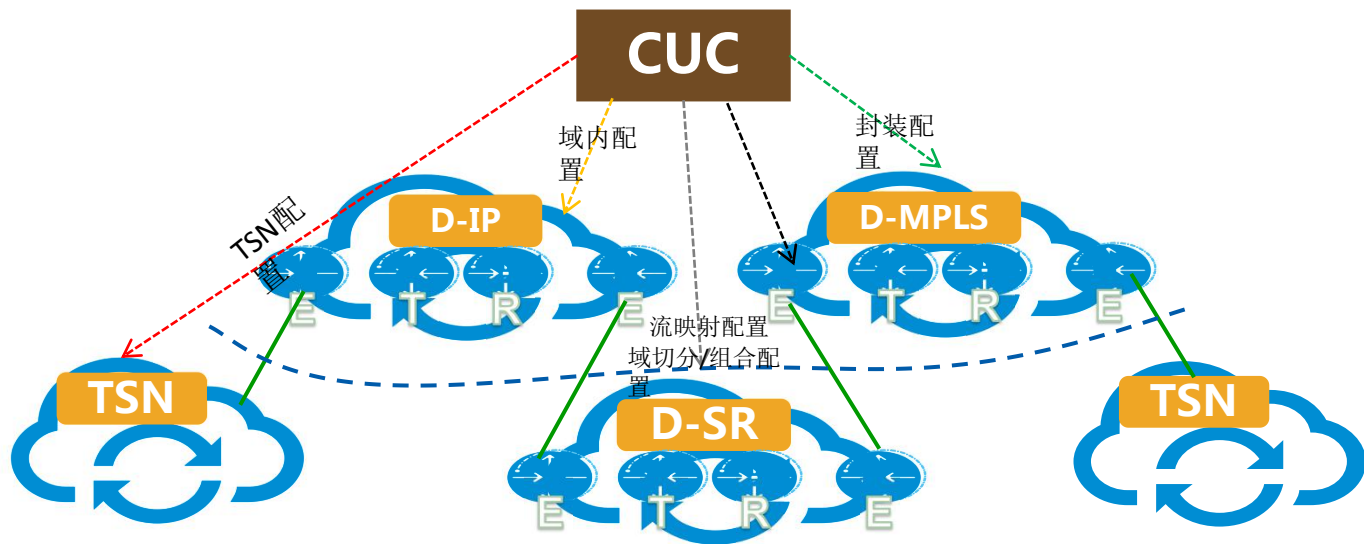
各工业以太垂直封闭，无法适应设备和应用发展



全TSN组成工业IT/OT网络，各厂家互联互通，适合设备和应用的不断发展

DetNet，IEEE 在2015年开始成立工作组，目前进展还处于场景、需求、架构的前期阶段，离提供L3/L2融合的确定性服务的标准和方案还有一定距离

确定性业务承载的困境？



确定性业务一定是有连接的特性，其在跨域场景并且多条确定性业务流场景下，每条流的特性配置：带宽、时延、包长、发送频率、在端口的入时间窗口、出时间窗口，每个节点间的出、入时间窗口的匹配；在节点内部针对确定性业务流的资源分配：时隙分配、循环间隔、带宽预留、门状态控制、流队列映射、抢占状态，多条流的资源冲突判断等等，这些增加的技术复杂度是否导致应用的局限性，比如局限在一定范围内的局域网内？



目录Contents

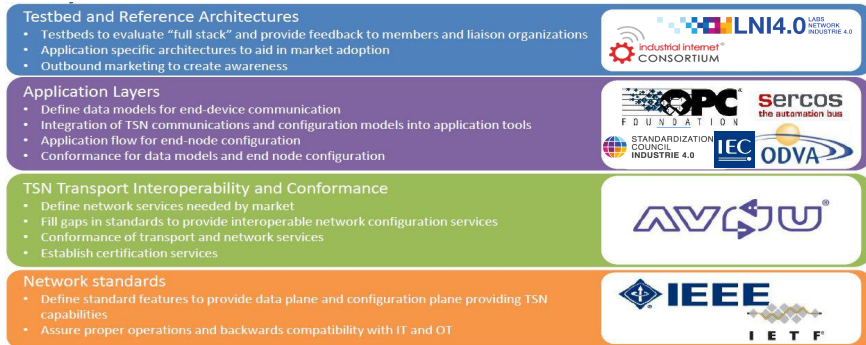
一

确定性业务承载技术

二

业界研究和进展

确定性业务承载业界最新现状



各大公司开展研究与评估

- 业界已经有支持TSN 主要特性的交换机产品。
- 2017年IIC的测试床，已经有TSN 交换机通过AVNU 的认证

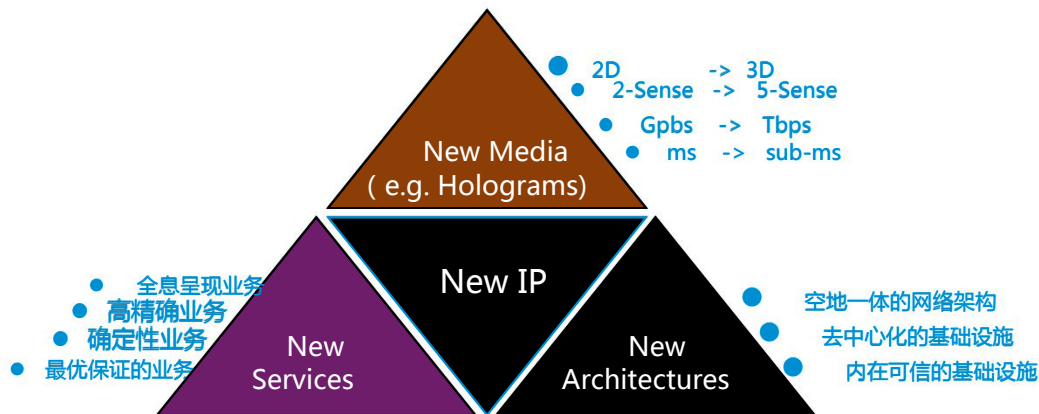
芯片公司/测试仪厂商相继推出相关芯片/产品

- 2017 已经有芯片厂家提供支持TSN主要特性的芯片
- 测试套件：相关测试仪厂家也推出了提供TSN关键特性测试的测试套件

3GPP上出现针对TSN的专题研讨

- 2018 SA WG2: LS on TSN integration in the 5G System
- QoS Negotiation between 3GPP and TSN networks for KI# 3.1
- Integration of the 5G System in a TSN network

确定性业务承载是目前网络技术研究的热点之一



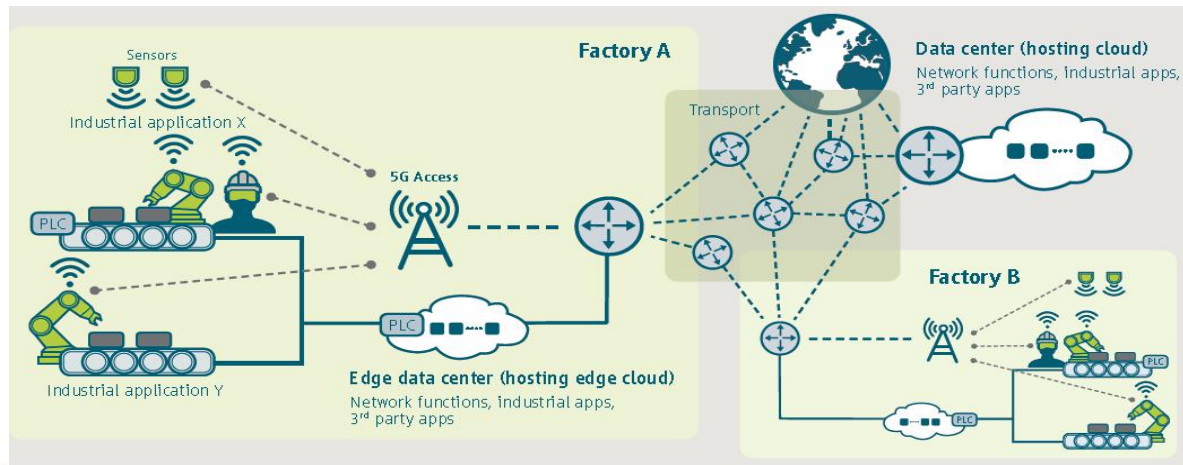
2018年7月在日内成立的ITU-T的FG Network 2030，在发布的“Internet 2030 Towards a New Internet for the Year 2030 and Beyond”中明确将确定性业务作为一个研究点。

网络5.0 超越基础连接能力	服务能力超越	无差别接入 → 有差别接入	<ul style="list-style-type: none">匹配终端能力与场景需求，提供差异接入能力网络层内生的安全设计，安全属性多级可控网络层差异化QoS能力，提供安全策略，收费策略，资源占用策略等原生差异能力提供必要的一体化存储和计算能力
	传输能力超越	不确定传输 → 确定性传输	<ul style="list-style-type: none">时延精准可控，全网确定性传输能力全栈路由，提升转发功能性、效率性和可编程性
	网络形态超越	中心化+树形 + 去中心化+网状 一网一层 → 一网两层	<ul style="list-style-type: none">互信机制设计，突破单根多层现状。中心/去中心化能力共融Underlay/Overlay分工协同，提供包含计算、存储、传输、管理等定制化能力
	管控能力超越	人工管控 → 智能组网+极简人工	<ul style="list-style-type: none">智能辅助的管控，简化用户接口和操作精准、高效的带内带外信令，支撑复杂算法

2018年6月在北京成立了网络5.0产业和技术创新联盟，聚集近期应用场景：5G承载、ICT融合、垂直行业，发布的第一版“网络分代技术报告”也明确提到了网络的确定性传输能力

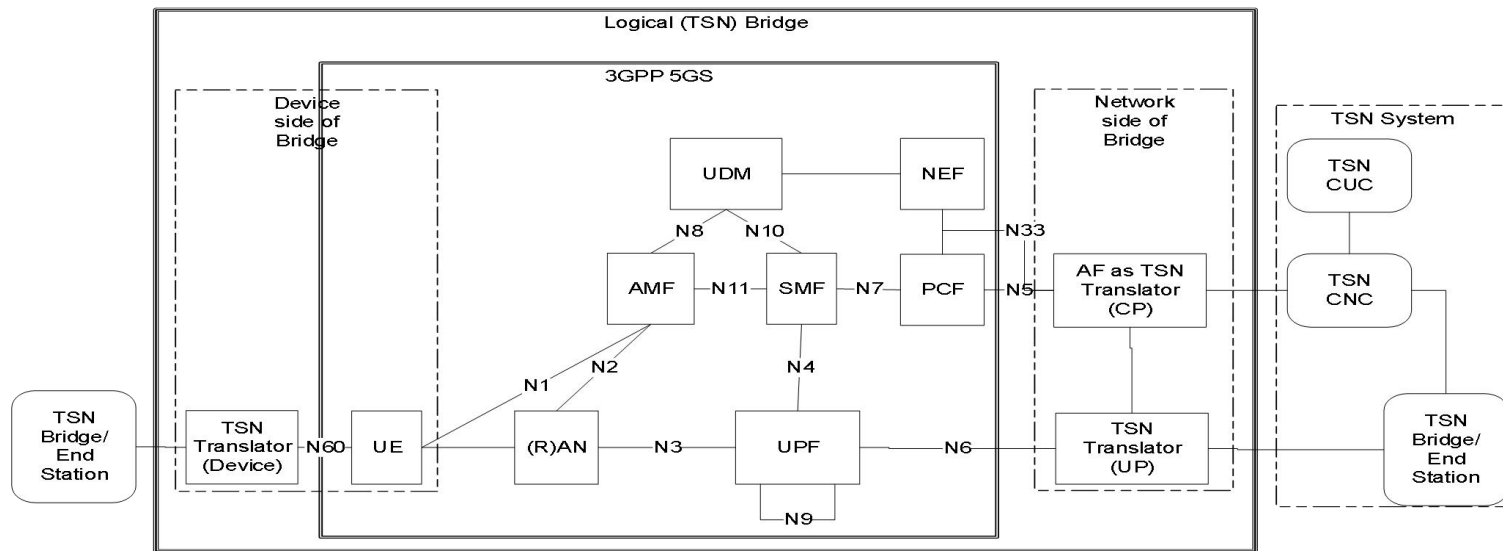
5G ACIA 成立，加快工业领域的有线、无线的融合承载

5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA)



2018年4月 5G产业自动化联盟”（5G ACIA）在德国电气和电子制造商协会（ZVEI）的基础上正式成立，该联盟旨在推动5G在工业生产领域的落地，确保5G从运用之初即具备相应产业能力。

3GPP：确定性业务承载和5G的结合（2）



3GPP正在研究确定性承载技术中的TSN 和5G网元的结合，其中相关技术包括：

- 1、CNC（控制器）与5GS之间的互通协议及接口方案
- 2、转发面（融合网关）作为5GS的AF或者TSN Translator与5GS之间的互通协议与方案。

- DetNet工作组：
 - DetNet工作组于2015年11月正式成立，主要目标是为层2桥和层3路由网络提供确定性服务，QoS要求包括低时延，低丢包率，降低抖动和高可靠性。同时与IEEE802.1TSN工作组合作，定义包括2层和3层网络的通用架构。目前输出工作组草案包括：
 - DetNet架构，用例，安全等
 - DetNet数据平面方案，包括IP和MPLS两种
 - 数据流信息模型，Yang模型等
- DetNet工作组下一步计划：
 - 数据平面流的控制和转发
 - 数据配置信息模型，Yang模型
 - DetNet OAM
 - DetNet QoS

IETF : Detnet 主要草案

- DetNet工作组相对稳定草案：应用场景、架构及数据面封装草案：
 - draft-ietf-detnet-use-cases-19（进入RFC流程）
 - draft-ietf-detnet-architecture-09（进入RFC流程）
 - draft-ietf-detnet-dp-sol-mpls-01（#104稳定）
 - draft-ietf-detnet-dp-sol-ip-01（#104稳定）
- 信息模型，Yang相关，重点如下：
 - draft-ietf-detnet-flow-information-model-02
 - draft-ietf-detnet-yang-00（新增工作组草案）
- 个人提案，重点如下：
 - draft-mirsky-detnet-oam-02 (ZTE)
 - draft-xiong-detnet-qos-policy-00（新增个人草案ZTE）
 - draft-xiong-detnet-qos-yang-00（新增个人草案ZTE）
 - draft-chen-detnet-sr-based-bounded-latency-00（新增个人草案）
 - draft-chen-detnet-loss-delay-01（新增个人草案）
 - draft-finn-detnet-bounded-latency-02
 - draft-qiang-detnet-large-scale-detnet-02

IETF : Detnet ZTE 个人 草案

- draft-mirsky-detnet-oam-02 (ZTE)
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-mirsky-detnet-oam/>
- draft-xiong-detnet-qos-policy-00 (ZTE)
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-xiong-detnet-qos-policy/>
- draft-xiong-detnet-qos-yang-00 (ZTE)
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-xiong-detnet-qos-yang/>
- draft-huang-detnet-single-path-pref-01 (ZTE)
 - <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-huang-detnet-single-path-pref/>

DetNet OAM

- Title : draft-mirsky-detnet-oam-02
- Author : ZTE
- 目的/背景：提出了DetNet OAM需求列表，分析了现有数据平面解决方案。提出DetNet OAM必须是带内，与DetNet数据流路径一致。
- 场景需求：
- DetNet PREF Interaction with Active OAM
 - ✓ 利用S-Label 和 d-CW信息
 - ✓ 利用 S-Label 信息
- 进展：OAM目前是DetNet研究重点，该版本改动较大，删除了PREF和可选OAM头等，增加了 OAM 必须支持PREOF功能的发现，测试及监控需求。

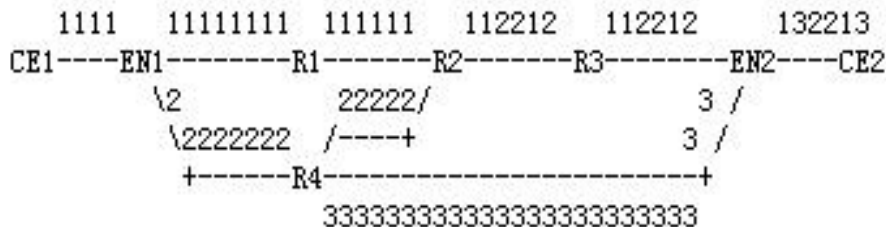


Figure 2: DetNet Data Plane Based on PW

DetNet OAM

- DetNet Active OAM Encapsulation
(MPLS数据平面)

- ✓ 利用CW携带OAM信息[RFC4385] ,
利用DetNet头携带OAM信息。
但为DetNet重新定义了数据含义。
- ✓ Bits 0..3 MUST be 0001 :
- 表明为OAM报文
- ✓ Sequence Number
- ✓ Channel Type为DetNet OAM类型。

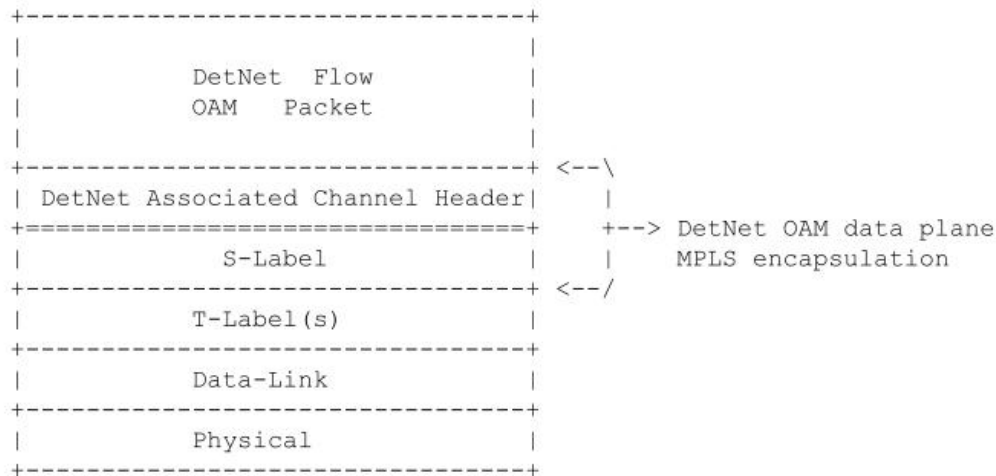


Figure 3: DetNet active OAM Packet Encapsulation

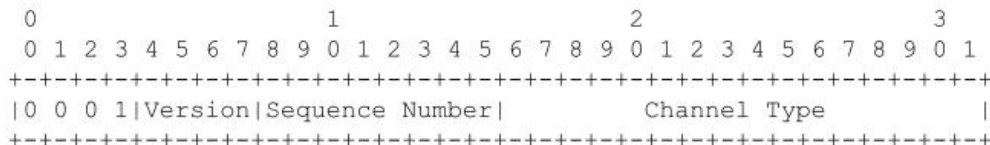
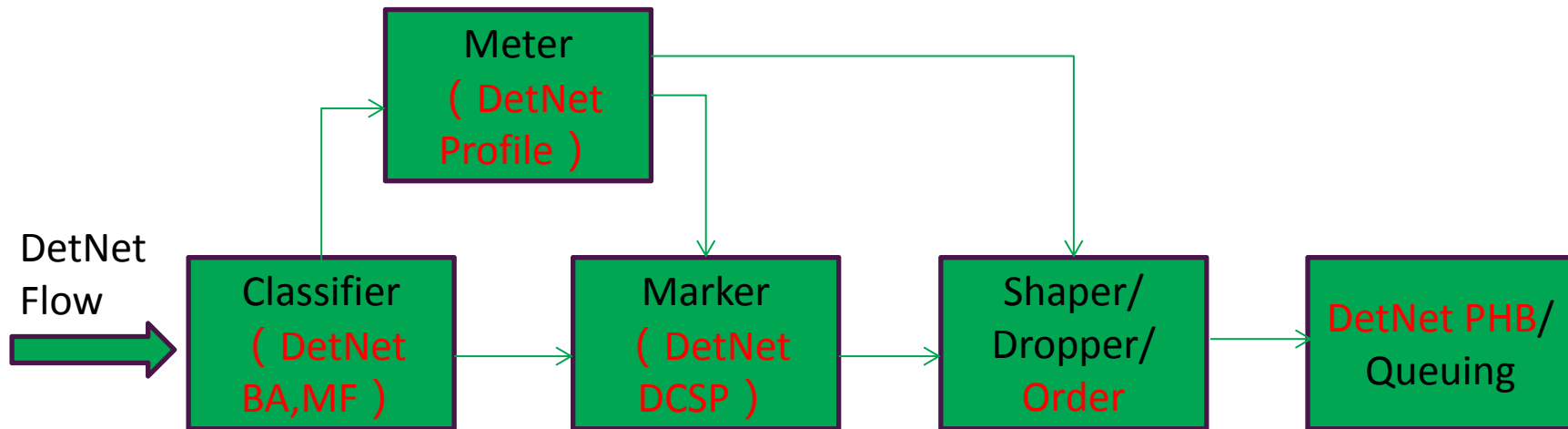


Figure 4: DetNet Associated Channel Header Format

© 2016 All rights reserved

DetNet QoS Policy

- Title : draft-xiong-detnet-qos-policy-00/draft-xiong-detnet-qos-yang-00
- Author : ZTE
- 目的/背景：该草案是我司提出的基于DiffServ的DetNet QoS方法，基于DetNet提出了相关的扩展方式实现Qos及其yang模型。
- 进展：会上专家表示目前QoS正是DetNet架构需要解决的问题，但如何定义DetNet DSCP值及PHB，还需要进一步讨论。



DetNet QoS Yang

```
module: ietf-detnet-qos
+--rw detnet-qos-policies
+--rw detnet-policy-template [detnet-policy-name]
+--rw detnet-policy-name string
+--rw detnet-policy-type? detnet-policy-type
+--rw detnet-classifier-template* [detnet-classifier-name]
+--rw detnet-classifier-name string
+--rw detnet-classifier-type? detnet-classifier-type
+--rw (classifier-type)?
| +--:(ba)
| | +--rw (encapsulation-type)?
| | | +--:(MPLS)
| | | +--:(IP)
| | +--:(mf)
| | +--rw (encapsulation-type)?
| | | +--:(MPLS)
| | | +--:(IPv4)
| | | +--:(IPv6)
+--rw detnet-action [detnet-action-type]
+--rw detnet-action-type detnet-action-type
+--rw (actions)?
+--:(meter)
+--:(marker)
+--:(shaper)
+--:(dropper)
+--:(order)
```

```
| | +--rw phb-class? qos-phb-classC
| | +--rw tc-value uint8
| | +--rw s-label? uint32
```

```
| | +--rw phb-class? qos-phb-class
| | +--rw dscp-value uint8
| | +--rw ipv4-source-address? inet:ipv4-address
| | +--rw ipv4-destination-address? inet:ipv4-address
| | +--rw protocol-ID? uint8
| | +--rw source-port-numbers? inet:port-number
| | +--rw destination-port-numbers? inet:port-number
```


DetNet单路径PREF

- Title : draft-huang-detnet-single-path-pref-01
- Author : ZTE
- 目的/背景：介绍了低速率流量中单路径下的PREF，并提出解决方案。与多路径不同的是复制的数据包只在同一个路径中传输，并且中间节点不执行PREF，只在终端节点执行。这是因为多个复制包可以进行交叉检查并重建丢失的数据流。
- 单路径PREF有两个优点：
 - ✓ 中间网络节点不需要支持PREF
 - ✓ 沿着路由路径的节点可以减少或者没有缓冲预留
- 数据封装扩展：
- R字段：表示同一个流中是否有多个复制包
 - ✓ 0表示只有1个包，
 - ✓ 1表示有多个包复制。

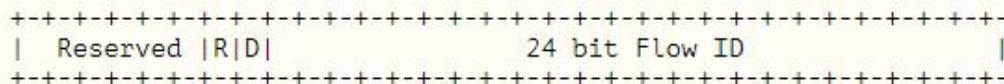


Figure 1: DetNet Flow ID word

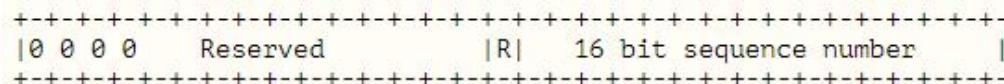


Figure 2: DetNet PW control word

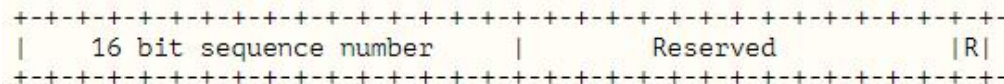


Figure 3: DetNet IPv6 Destination Option

谢谢！

5G 先锋

