

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T XXX—XXXX

IP 实时流媒体数据的无缝保护切换

Seamless protection switching and redundant network of IP datagrams

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家广播电视总局 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 概述	2
6 无缝重建目的流的发送要求	2
7 无缝重建目的流的接收要求	2
附录 A（资料性） 流同步	5
参考文献	6

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国广播电影电视标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视规划院、中央广播电视总台、北京格非科技股份有限公司、新华三技术有限公司、上海广播电视台、四川广播电视台、江西广播电视台、博科达（北京）科技有限公司、南京奥视威电子科技股份有限公司、北京安达斯信息技术有限公司、北京中科大洋科技发展股份有限公司、北京时代奥视科技有限公司、利达电子株式会社。

本文件主要起草人：邸杨骅、宁金辉、韦安明、张建东、宋蔚、张娟、崔俊生、李栋成、乔传义、吴兴伟、尚峰、覃毅力、刘晶晶、张丽娜、丁研、朱广皓、周芸、吴俊、杨威、鲍放、谷燕京、彭子舟、魏忠书、喻金华、张闯、商同、刘运红、李臻、朱利人、邵勇。

引 言

随着 4K 超高清技术的推进，广播电视制播领域的信号 IP 化应用日益广泛，视频、音频和元数据已可通过 IP 网络传输和交换，与之配套的现有标准已有较为广泛的应用，本文件旨在进一步完善广播电视 IP 制播标准体系，规范 IP 网络中数据的无缝保护切换机制，指导厂家对产品和性能参数进行标定，并有效的进行 IP 制播系统的设计、测试和评估。

本文件是参照 SMPTE ST 2022-7:2019 《Seamless Protection Switching of RTP Datagrams》编制的。

IP 实时流媒体数据的无缝保护切换

1 范围

本文件规定了对不同路径传输多个相同内容的流进行切换，以实现RTP数据报文无缝重建，完成对IP实时流媒体数据的保护。

本文件适用于IP制播系统中各种设备之间的相互连接和相关设备的设计、生产、维护、验收。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高比特率级 class HBR

净荷比特率大于等于270Mbps的数据报文流。

3.2

低比特率级 class SBR

净荷比特率小于270Mbps的数据报文流。

3.3

输出流 output stream

发生在一个设备或者一个系统内部的一个中间环节，对输入流的多份拷贝进行处理之后得到的重建之后的数据报文流。

注：输入流是符合RFC 3550的RTP数据报流，这些数据报文可承载实质媒体数据或者FEC数据。RTP流规范的一些示例包括：SMPTE ST 2022-1、SMPTE ST 2022-2、SMPTE ST 2022-3、SMPTE ST 2022-4、SMPTE ST 2022-5、SMPTE ST 2022-6、SMPTE ST 2110-20、SMPTE ST 2110-30、SMPTE ST 2110-40和AES67。

3.4

RTP数据报文 RTP datagram

RTP协议数据报文，由RTP包头和RTP载荷组成。

注：RTP数据报文的格式由IETF RFC 3550规定。

3.5

无缝重建 seamless reconstruction

在接收两路或多路（可能存在网络损伤）满足本文件规定的相关要求的输入流的基础上顺利产生了一个RTP包头和RTP净荷与输入流一致的输出流的过程。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

FEC 前向纠错 (Forward Error Correction)

HBR 高比特率 (High Bit Rate)

IP 互联网协议 (Internet Protocol)

LAN 局域网 (Local Area Network)

RTP 实时传输协议 (Real-time Transport Protocol)

SBR 低比特率 (Slower Bite Rate)

VSID 视频源标识 (Video Source ID)

5 概述

本文件规定了冗余流相关要求，以便接收端在不影响内容或者流本身的情况下实现流之间的包切换。

无缝重建应用场景示意图见图1。

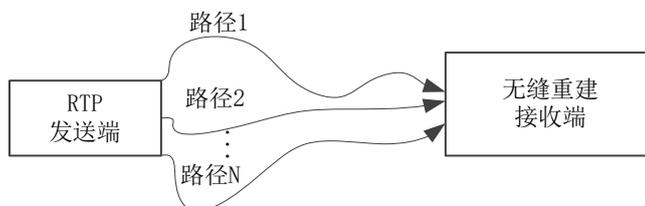


图1 无缝重建应用场景示意图

图1中RTP数据报文通过多条不同路径传输到接收端，由接收端无缝重建出RTP数据报文。

6 无缝重建目的流的发送要求

发送端应至少发送两路流，每路流都包含有RTP数据报文的拷贝。每一个拷贝的RTP包头和RTP净荷（与原始数据报文）是一致的，本章所描述的无缝切换方法对于源数据流的以太帧头或者IP帧头，不作出任何前提假设。

根据SMPTE ST 2022-6的规定，在RTP数据报文的拷贝中，作为RTP有效负载一部分的VSID字段在每次拷贝中均保持一致。

7 无缝重建目的流的接收要求

RTP流无缝重建关键时序点示意图见图2。

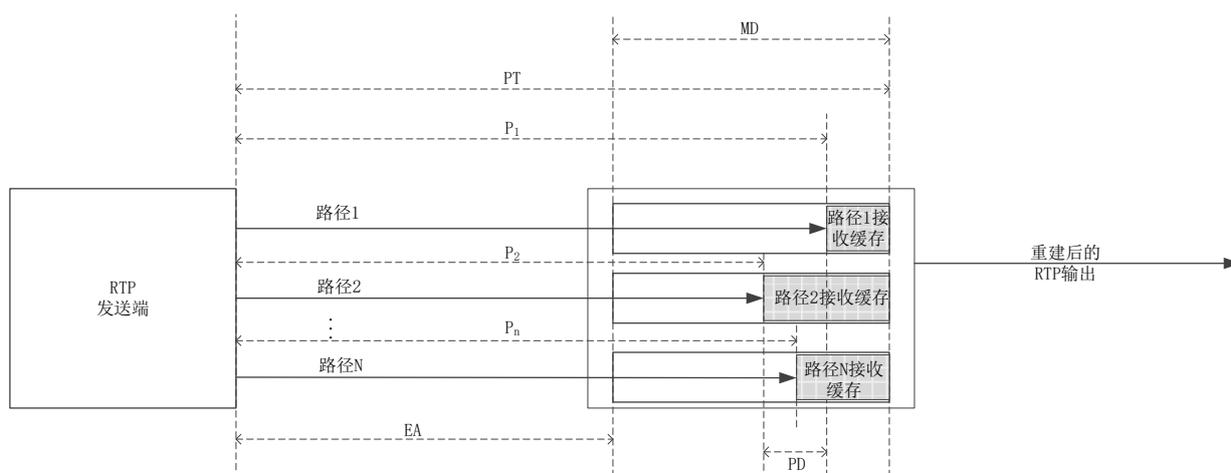


图 2 RTP 流无缝重建的关键时序点示意图

P_n (其中 $n \in 1 \dots N$) 是 N 个路径中的第 n 个路径上数据报文从发送到接收的瞬间处理等待时间, 包括所有网络抖动。

PT 表示从发送到最终重建输出的处理等待时间, 同时也是一个包到达接收端且成为重建输出流一部分的最终时间。

EA 表示一个包能到达接收端以确保无缝重建的最早时间。

MD 表示时间差的最大值, 等于 PT 和 EA 的差, 见公式 (1)。

$$MD = (PT - EA) \dots\dots\dots (1)$$

PD 表示瞬间路径延时差值, 等于瞬时延迟之间的差的绝对值的最大值, 见公式 (2)。

$$PD = \max_{i,j \in 1 \dots N} |P_i - P_j| \dots\dots\dots (2)$$

式中:

P_i ——第 i 个路径上数据报文从发送到接收的瞬间处理等待时间;

P_j ——第 j 个路径上数据报文从发送到接收的瞬间处理等待时间。

在接收端启动时, PT 被建立。启动之后由于网络路径和处理等待时间的改变, P_n 的值是可变的, 但 PD 应保持在表 1 规定的范围之内。

一个 A 级、B 级、C 级或 D 级兼容接收端, 应能支持从 PD 值保持在小于等于表 1 规定的相应级别所对应值的流中无缝重建。对于最坏的情况, 接收端的启动方式见附录 A。

表 1 PD 范围

接收端级别	应用场景 (举例)	低比特率级流	高比特率级流
A 级: 低漂移	设备内部的链接	$PD \leq 10ms$	$PD \leq 10ms$
B 级: 中等漂移	短距离传输链路	$PD \leq 50ms$	$PD \leq 50ms$
C 级: 高漂移	长距离或者特殊环境传输链路	$PD \leq 450ms$	$PD \leq 150ms$
D 级: 超低漂移	物理层 LAN 冗余	$PD \leq 150\mu s$	$PD \leq 150\mu s$

注1: 低漂移指经过设计, 由交换过程引起的抖动和路径差异延迟小于 10ms。
 注2: 中等漂移指经过设计, 由交换过程引起的抖动和路径差异延迟小于 50ms。
 注3: 高漂移指经过设计, 由交换过程引起的抖动和路径差异延迟超过 50ms。
 注4: 超低漂移指经过设计, 由交换过程引起的抖动和路径差异延迟小于 150μs。

本文件中定义的低比特率级和高比特率级是根据ITU-T Y. 1541所述的6类和7类建模的。本文件的应用是用于建立链路。

只有延迟 P_i 大于EA且小于PT的路径才能用于获取可能在输出流中使用的数据包。

只要至少有两条路径的延迟 P_i 和 P_j 大于EA且小于PT，则无缝重建就能够从这两条路径之一的数据包丢失中恢复并创建成功的输出流。

附录 A

(资料性)

流同步

通过此处设想的方法，RTP序号可用于关联多路数据报文流。因为在高比特率级流中RTP顺序号计数重新归零的频次相对比较频繁，当流中存在时间戳时，在高带宽应用中可使用时间戳作为包序号的补充以确保到达流之间的正确匹配。

在1080p/60Hz视频流应用场景下，HD-SDI的速率达到2.970Gbps。每个包承载了1376字节（或者11008bit）的媒体信号净荷，每毫秒产生了270个包（近似地）。

在一个C级接收端和一个高比特率级流的场景下，如果PD值为0，接收端必须准备适应未来路径延迟偏差，每个流的偏差范围最多为150ms；建立一个300ms的窗口期（ $PT=P1+150ms$ ， $EA=PT-300ms$ ）以满足流同步要求。在1080p/60Hz HD-SDI的HBR流场景下的300ms时间窗口内，大约有81000个数据包。在SMPTE ST 2022-6中只使用了16位来传递RTP序列号，每65536个数据包就会归零。因此，仅仅通过序列号无法确定 P_n 的相对值，同时保持适用于C级接收端的缓冲区。

SMPTE ST 2022-6中RTP包头时间戳是必要字段，被定义成依据27MHz自由运行时钟的计数，且用32bit计数，导致RTP时间戳归零时间周期大约为 $159.07s(2^{32}/27M)$ 。在理想平缓的情况下，每个1080p/60Hz SMPTE ST 2022-6数据报文大约经历100个27MHz RTP时间戳计数时钟。

根据本文件的规定，多个冗余流具有相同的RTP时间戳。这些时间戳本身可以相当准确地指示 P_n 之间的相对偏移（时间），时间戳的值本身可以用来匹配两个流之间的数据包。或者，可以通过增加时间戳之间差异的函数来正确地将到达的数据包进行关联，从而辅助单调递增的序号。通常情况下，接收端并不知道 P_n 的绝对值，它仅知道它们之间的差值，每个单独实现应采取不同的方法去建立起始延时PT。然而，除非有任何关于网络的先验知识，一个C级接收端，为应对最坏的情况，按如下方式启动：

- 对处理 SBR 流的 C 级接收端（高偏移）：将 PT（从传输到最终重建输出的延迟）设置为在两个流中较早的那个流之后 450ms，并将 EA 设置为比 PT 少 900ms；
- 对处理 HBR 流的 C 级接收端（高偏移）：将 PT 设置为在两个流中较早的那个流之后 150ms，并将 EA 设置为比 PT 少 300ms。

参 考 文 献

- [1] ITU-T Y.1541 Network Performance Objectives for IP-Based Services
 - [2] AES 67-2023: AES standard for audio applications of networks - High-performance streaming audio-over-IP interoperability
 - [3] IETF RFC 3550 RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications
 - [4] IETF RFC 4566 SDP: Session Description Protocol
 - [5] IETF RFC 5109 RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction
 - [6] SMPTE ST 2022-1:2007 Forward Error Correction for Real-time Video/Audio Transport over IP Networks
 - [7] SMPTE ST 2022-2:2007 Unidirectional Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks
 - [8] SMPTE ST 2022-3:2019 Unidirectional Transport of Variable Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks
 - [9] SMPTE ST 2022-4:2011 Unidirectional Transport of Non-Piecewise Constant Variable Bit Rate MPEG-2 Streams on IP Networks
 - [10] SMPTE ST 2022-5:2013 Forward Error Correction for Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks (HBRMT)
 - [11] SMPTE ST 2022-6:2012 Transport of High Bit Media Signals over IP Networks (HBRMT)
 - [12] SMPTE ST 2110-10:2022 Professional Media Over Managed IP Networks: System Timing and Definitions
 - [13] SMPTE ST 2110-20:2022 Professional Media Over Managed IP Networks: Uncompressed Active Video
 - [14] SMPTE ST 2110-30:2022 Professional Media Over Managed IP Networks: PCM Digital Audio
 - [15] SMPTE ST 2110-40:2018 Professional Media Over Managed IP Networks: SMPTE ST 291-1 Ancillary Data
-