

GY

中华人民共和国广播电视和网络视听行业标准

GY/T 341—2020

基于 IP 传输的地面数字电视广播单频网 组网技术规范

Technical specification for single frequency network of digital terrestrial television
broadcasting over IP network

2020 - 12 - 31 发布

2020 - 12 - 31 实施

国家广播电视总局

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	1
4 系统描述	2
5 技术要求	2
5.1 总体	2
5.2 单频网适配器	2
5.3 地面数字电视广播发射机	3
5.4 基准时钟信号源	3
5.5 IP/ASI 网关	3
5.6 IP 传输网络	3
6 测量方法	3
6.1 单频网适配器	3
6.2 地面数字电视广播发射机	3
6.3 基准时钟信号源	3
6.4 IP/ASI 网关	3
6.5 IP 传输网络	3
附录 A (资料性) TS 流速率与适配后 IP 信号速率关系	6
附录 B (资料性) IP 网络单向传输与往返传输性能指标的转换	8
参考文献	11

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。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

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、青海省广播电视监测中心、北京邮电大学、江苏省广播电视总台。

本文件主要起草人：高杨、刘骏、常江、曹志、代明、周兴伟、高力、向东、姜竹青。

基于 IP 传输的地面数字电视广播单频网组网技术规范

1 范围

本文件规定了基于IP传输的符合GB 20600—2006的地面数字电视广播单频网组网技术规范。

本文件适用于基于IP传输的符合GB 20600—2006的地面数字电视广播系统单频网建设，作为基于IP传输的地面数字电视广播单频网工程的方案设计、项目验收等技术依据。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 28433—2012 地面数字电视广播单频网技术要求
- GB/T 28434—2012 地面数字电视广播单频网适配器技术要求和测量方法
- GB/T 28435—2012 地面数字电视广播发射机技术要求和测量方法
- GB/T 34995—2017 单频网授时接收设备技术要求和测量方法
- GD/J 121—2020 节目分配网络中IP/ASI网关技术要求和测量方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

单频网 single frequency network

由多个位于不同地点、处于同步状态的发射机组成的地面数字电视覆盖网络，网络中的各个发射机以相同的频率、在相同的时刻发射相同的已调射频信号，以实现特定服务区的可靠覆盖。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- ASI 异步串行接口 (Asynchronous Serial Interface)
- FEC 前向纠错 (Forward Error Correction)
- IP 互联网协议 (Internet Protocol)
- IPDV IP包延迟变化 (Internet Protocol packet Delay Variation)
- IPER IP包误差率 (Internet Protocol packet Error Ratio)
- IPLR IP包丢失率 (Internet Protocol packet Loss Ratio)
- IPTD IP包传输延迟 (Internet Protocol packet Transfer Delay)
- RF 射频 (Radio Frequency)
- RTP 实时传输协议 (Real-time Transport Protocol)

SIP 秒帧初始化包 (Second Frame Initialization Packet)

TS 传送流 (Transport Stream)

UDP 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)

4 系统描述

根据单频网的技术原理, 基于 IP 传输的地面数字电视广播单频网组网方式示意图如图 1 所示, 系统主要包括单频网适配器、地面数字电视广播发射机、基准时钟信号源、ASI-IP 适配器、IP-ASI 适配器和 IP 传输网络。

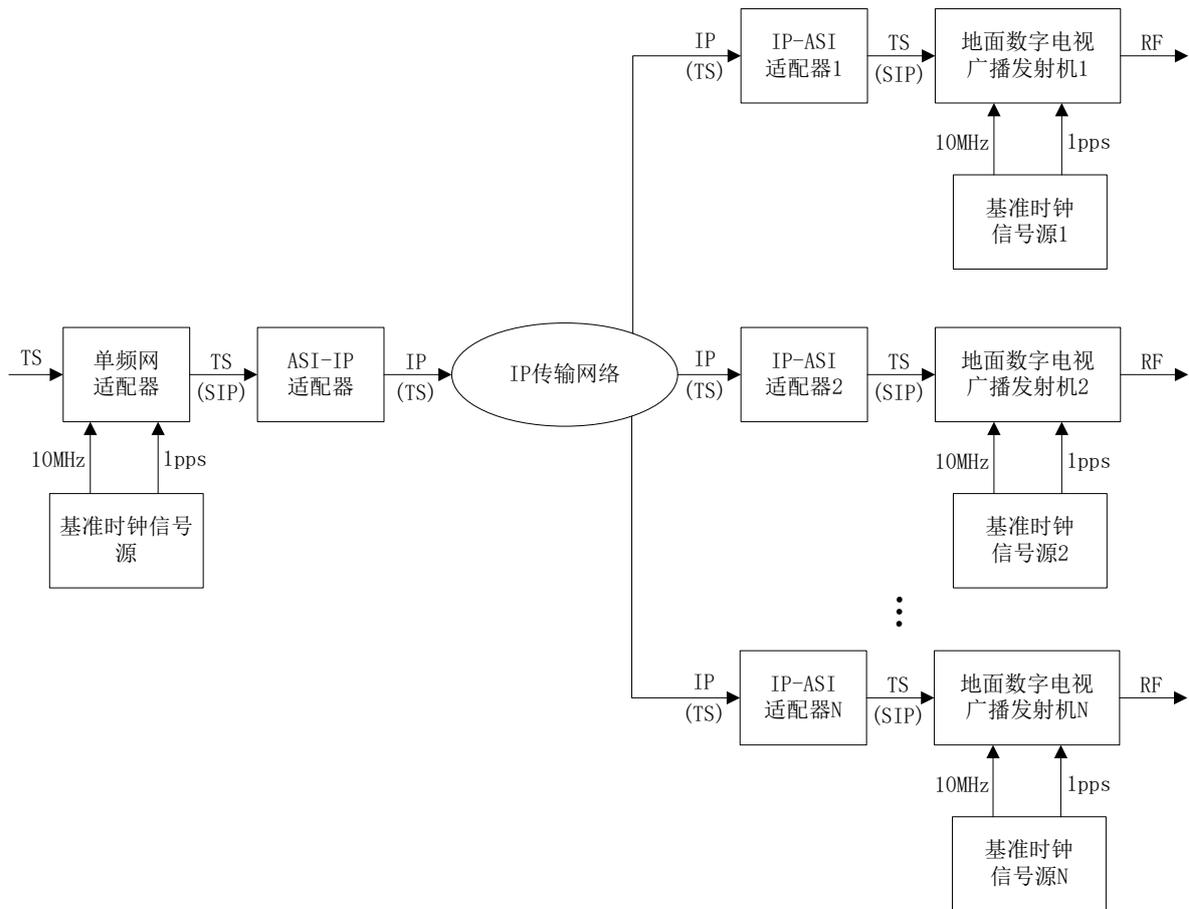


图1 基于 IP 传输的地面数字电视广播单频网组网方式示意图

5 技术要求

5.1 总体

地面数字电视广播单频网的同步、信号分配网络、时钟基准、电波极化和台站间距应符合GB/T 28433—2012中的技术要求。

5.2 单频网适配器

实现SIP包插入和码率适配功能, 完成从输入TS流到单频网适配TS流的转换, 应符合GB/T 28434—2012中的技术要求。

5.3 地面数字电视广播发射机

实现信道编码、同步调制、上变频、功率放大和信号发射，应符合GB/T 28435—2012中的技术要求。

5.4 基准时钟信号源

为单频网系统各个节点设备提供统一的10MHz基准频率和1pps的基准时间，应符合GB/T 34995—2017中的技术要求。

5.5 IP/ASI 网关

包含ASI-IP适配器和IP-ASI适配器，实现TS流在IP网络上的传输，应符合GD/J 121—2020中的技术要求。

5.6 IP 传输网络

IP传输网络实现节目源到各发射台站的节目分配。IP传输网络技术要求应符合表1的规定。

表1 IP 传输网络技术要求

序号	性能指标	技术要求 ^a
1	IPTD的均值	$\leq 50\text{ms}$
2	IPDV ^b 的 $1-10^{-5}$ 分位数 ^c	$\leq 10^4\text{ms}$
3	IPLR	$\leq 1 \times 10^{-8}$
4	IPEP	$\leq 1 \times 10^{-8}$

^a 参考ITU-T Y. 1541-2011，公网和专网均适用。
^b 定义 $\text{IPDV} = \text{IPTD} - \text{IPTD}_{\min}$ ， IPTD_{\min} 为评估时间中IPTD的最小值。
^c 当随机变量 X 的分布函数为 $F(x) = P\{X < \lambda\}$ ，实数 α 满足 $0 < \alpha < 1$ 时， α 分位数是指使 $F(x) = \alpha$ 的数 λ 。
^d 表示在评估时间中测得的IPDV值中有99.999%不超过10ms。

6 测量方法

6.1 单频网适配器

应符合GB/T 28434—2012中的测量方法。

6.2 地面数字电视广播发射机

应符合GB/T 28435—2012中的测量方法。

6.3 基准时钟信号源

应符合GB/T 34995—2017中的测量方法。

6.4 IP/ASI 网关

应符合GD/J 121—2020中的测量方法。

6.5 IP 传输网络

6.5.1 标准测量方法

6.5.1.1 测量框图

IP传输网络性能指标的标准测量方法需要的仪器包括2台IP传输测试仪和2台基准时钟信号源，分别接于待测IP传输网络的入口和出口，测量框图如图2所示。

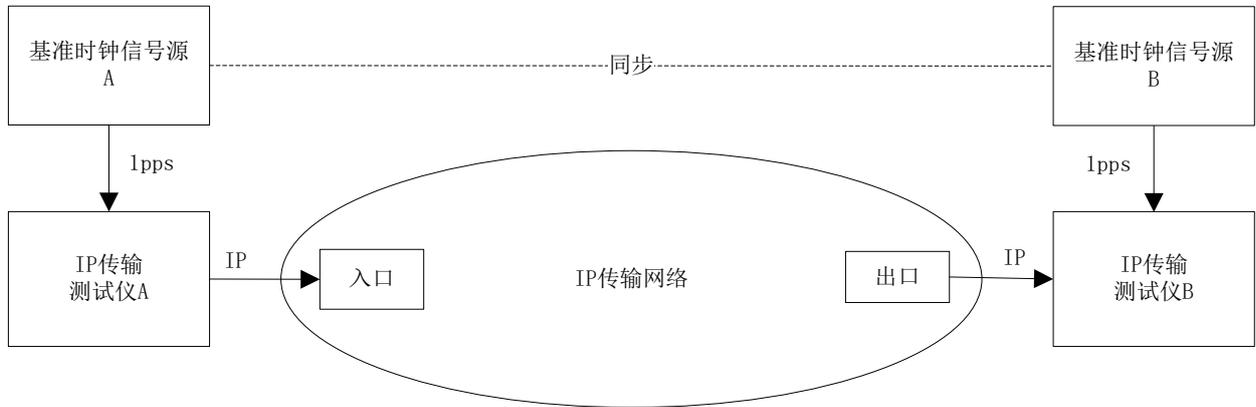


图2 IP传输网络性能标准测量框图

6.5.1.2 测量步骤

标准测量步骤如下：

- a) 按图2准确连接测量系统，确保各设备正常工作，IP传输网络与实际业务承载状态一致。
- b) 待基准时钟信号源进入锁定状态，输出稳定的时间基准信号，使2台IP传输测试仪保持同步。
- c) 分别启动IP传输测试仪的IPTD、IPDV、IPLR和IPER测试功能。IP包长度设置为1500字节。数据速率 R_{IP} 设置为考虑TS流码率和网络协议开销后的实际传输所需速率，见附录A中公式(A.1)~公式(A.4)。IPTD和IPDV的测量时长应保证5min以上，IPLR和IPER的测量时长

应保证 $\frac{350}{R_{IP}}$ h以上， R_{IP} 单位为兆比特每秒(Mbps)。

6.5.2 简化测量方法

6.5.2.1 测量框图

在不便进行端到端测试时，可采用简化测量方法。需要的仪器包括1台IP传输测试仪和1个网络环回器，分别接于待测IP传输网络的入口和出口，测量框图如图3所示。



图3 IP传输网络性能简化测量框图

6.5.2.2 测量步骤

简化测量步骤如下：

- a) 按图 3 准确连接测量系统，确保各设备正常工作，IP 传输网络与实际业务承载状态一致。
- b) 分别启动 IP 传输测试仪的 IPTD、IPDV、IPLR 和 IPER 测试功能。IP 包长度设置为 1500 字节。数据速率 R_{IP} 设置为考虑 TS 流码率和网络协议开销后的实际传输所需速率，见公式 (A.1) ~

公式(A.4)。IPTD 和 IPDV 的测量时长应保证 5min 以上，IPLR 和 IPER 的测量时长应保证 $\frac{350}{R_{IP}}$ h

以上， R_{IP} 单位为兆比特每秒 (Mbps)。

- c) 将 b) 中测得的网络往返传输性能指标 IPTD、IPDV、IPLR 和 IPER 根据附录 B 中公式 (B.1) ~ 公式 (B.4) 转换为网络单向传输性能指标。

附录 A

(资料性)

TS 流速率与适配后 IP 信号速率关系

TS包使用UDP/IP协议进行适配后格式如图A.1所示，其中IP包头占据20字节，UDP包头占据8字节，TS包个数 $K \leq 7$ ，包长188字节或204字节。

IP包头	20字节
UDP包头	8字节
TS包1	188字节或204字节
TS包2	188字节或204字节
.....	
TS包K	188字节或204字节

图A.1 TS包使用UDP/IP协议的适配格式

网络协议开销共 $20+8=28$ 字节，TS包共 $(P \times K)$ 字节， P 为188或204，故使用UDP/IP协议时的IP信号速率 R_{IP} 与原始TS流速率 R_{TS} 的关系见公式(A.1)。

$$R_{IP} = R_{TS} \frac{P \times K + 28}{P \times K} \dots\dots\dots (A.1)$$

TS包使用RTP/UDP/IP协议进行适配后格式如图A.2所示，其中增加的RTP包头占据12字节。

IP包头	20字节
UDP包头	8字节
RTP包头	12字节
TS包1	188字节或204字节
TS包2	188字节或204字节
.....	
TS包K	188字节或204字节

图A.2 TS包使用RTP/UDP/IP协议的适配格式

网络协议开销共 $28+12=40$ 字节，故使用RTP/UDP/IP协议且未开启FEC时的IP信号速率 R_{IP} 与原始TS流速率 R_{TS} 的关系见公式(A.2)。

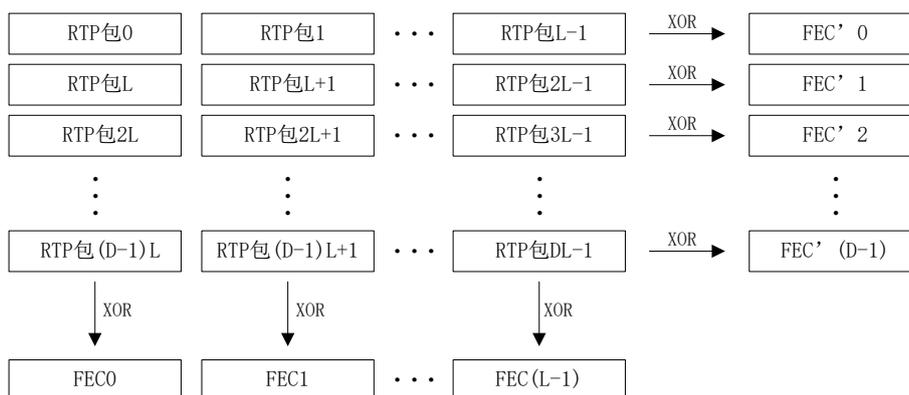
$$R_{IP} = R_{TS} \frac{P \times K + 40}{P \times K} \dots\dots\dots (A.2)$$

TS包使用RTP/UDP/IP协议进行适配且开启FEC后的FEC包格式如图A. 3所示, 其中增加的FEC包头占据16字节。FEC包的网路协议开销共40+16=56字节, 单个FEC包与RTP包大小比为 $\frac{P \times K + 56}{P \times K + 40}$ 。

IP包	20字节
UDP包头	8字节
RTP包头	12字节
FEC包头	16字节
FEC包1	188字节或204字节
FEC包2	188字节或204字节
.....	
FEC包K	188字节或204字节

图A. 3 FEC包的适配格式

FEC采用块对齐方式(L列、D行)的编码结构如图A. 4所示, 采用一维FEC时, FEC流为FEC0~FEC(L-1), 采用二维FEC时, 两个FEC流分别为FEC0~FEC(L-1)和FEC' 0~FEC' (D-1)。



图A. 4 FEC块对齐方式的编码结构

采用一维FEC时, FEC包与RTP包个数比为 $\frac{L}{L \times D} = \frac{1}{D}$, 采用二维FEC时, FEC包个数与RTP包个数比为 $\frac{L+D}{L \times D}$ 。故采用一维FEC和二维FEC时, IP信号速率 R_{IP} 与原始TS流速率 R_{TS} 的关系分别见公式(A. 3)和公式(A. 4)。

$$R_{IP} = R_{TS} \frac{P \times K + 40}{P \times K} \left(1 + \frac{1}{D} \times \frac{P \times K + 56}{P \times K + 40} \right) \dots\dots\dots (A. 3)$$

$$R_{IP} = R_{TS} \frac{P \times K + 40}{P \times K} \left(1 + \frac{L+D}{L \times D} \times \frac{P \times K + 56}{P \times K + 40} \right) \dots\dots\dots (A. 4)$$

附 录 B

(资料性)

IP 网络单向传输与往返传输性能指标的转换

B.1 概述

ITU-T Y. 1541-2011中8.2和附录X中给出了使用各子网段性能参数评估级联网络性能参数的方法和数学原理。在使用6.2简化测量方法时，IP数据包顺序通过正向通路和反向通路，可看作通过两个性能近似的子网段，故单向传输与往返传输性能指标可按照一定的关系式进行转换。

B.2 IPTD

依据ITU-T Y. 1541-2011中8.2.1, 对于K个子网段的级联网络 (Mean为算数平均值):

$$\text{Mean}(IPTD_{UNI-UNI}) = \text{Mean}(IPTD_{NS1}) + \text{Mean}(IPTD_{NS2}) + \dots + \text{Mean}(IPTD_{NSK})$$

对于K个性能相同子网段的级联网络:

$$\text{Mean}(IPTD_{UNI-UNI}) = K \cdot \text{Mean}(IPTD_{NS})$$

$$\text{Mean}(IPTD_{NS}) = \frac{\text{Mean}(IPTD_{UNI-UNI})}{K}$$

对于单向通路和往返通路:

$$\text{Mean}(IPTD_{oneway}) = \frac{\text{Mean}(IPTD_{return})}{2} \dots\dots\dots (B.1)$$

其中, $IPTD_{return}$ 为往返IPTD, $IPTD_{oneway}$ 为单向IPTD。

B.3 IPLR

依据ITU-T Y. 1541-2011中8.2.2, 对于K个子网段的级联网络:

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - (1 - IPLR_{NS1}) \times (1 - IPLR_{NS2}) \times \dots \times (1 - IPLR_{NSK})$$

对于K个性能相同子网段的级联网络:

$$IPLR_{UNI-UNI} = 1 - (1 - IPLR_{NS})^K$$

$$IPLR_{NS} = 1 - (1 - IPLR_{UNI-UNI})^{\frac{1}{K}}, 0 < IPLR_{NS} < 1$$

对于单向通路和往返通路:

$$IPLR_{oneway} = 1 - \sqrt{1 - IPLR_{return}} \dots\dots\dots (B.2)$$

其中, $IPLR_{return}$ 为往返IPLR, $IPLR_{oneway}$ 为单向IPLR。对上式做泰勒级数展开:

$$IPLR_{oneway} = \frac{1}{2} IPLR_{return} + \frac{1}{8} IPLR_{return}^2 + \frac{1}{16} IPLR_{return}^3 + \dots$$

当 $IPLR_{return} \leq 1$ 时,

$$IPLR_{oneway} \approx \frac{1}{2} IPLR_{return}$$

B.4 IPER

依据ITU-T Y.1541—2011中8.2.3, 对于K个子网段的级联网络:

$$IPER_{UNI-UNI} = 1 - (1 - IPER_{NS1}) \times (1 - IPER_{NS2}) \times \dots \times (1 - IPER_{NSK})$$

对于K个性能相同子网段的级联网络:

$$IPER_{UNI-UNI} = 1 - (1 - IPER_{NS})^K$$

$$IPER_{NS} = 1 - (1 - IPER_{UNI-UNI})^{\frac{1}{K}}, \quad 0 < IPER_{NS} < 1$$

对于单向通路和往返通路:

$$IPER_{oneway} = 1 - \sqrt{1 - IPER_{return}} \quad \dots \dots \dots (B.3)$$

其中, $IPER_{return}$ 为往返IPER, $IPER_{oneway}$ 为单向IPER。对上式做泰勒级数展开:

$$IPER_{oneway} = \frac{1}{2} IPER_{return} + \frac{1}{8} IPER_{return}^2 + \frac{1}{16} IPER_{return}^3 + \dots$$

当 $IPER_{return} \leq 1$ 时,

$$IPER_{oneway} \approx \frac{1}{2} IPER_{return}$$

B.5 IPDV

依据ITU-T Y.1541—2011中8.2.4, 对于K个子网段的级联网络:

$$\mu_{UNI-UNI} = \sum_{i=1}^K \mu_{NSi}, \quad \sigma^2_{UNI-UNI} = \sum_{i=1}^K \sigma^2_{NSi}$$

$$\gamma_{NSi} = 6 \cdot \frac{x_p - \frac{t_{NSi} - \mu_{NSi}}{\sigma_{NSi}}}{1 - x_p^2}, \quad \omega_{NSi} = \gamma_{NSi} \cdot \sigma_{NSi}^3$$

$$\omega_{UNI-UNI} = \sum_{i=1}^K \omega_{NSi}, \quad \gamma_{UNI-UNI} = \frac{\omega_{UNI-UNI}}{\sigma_{UNI-UNI}^3}$$

$$t_{UNI-UNI} = \mu_{UNI-UNI} + \sigma_{UNI-UNI} \cdot [x_p - \frac{\gamma_{UNI-UNI}}{6} (1 - x_p^2)]$$

其中， μ 为均值， σ 为标准差， γ 为偏度， ω 为三阶距， t 为IPDV的 p 分位数。 x_p 满足 $\Phi(x_p) = p$ ，

Φ 是标准正态分布函数 ($\mu = 0, \sigma^2 = 1$)。

对于K个性能相同子网段的级联网络：

$$\mu_{UNI-UNI} = K \cdot \mu_{NS}, \quad \sigma_{UNI-UNI}^2 = K \sigma_{NS}^2, \quad \omega_{UNI-UNI} = K \omega_{NS}$$

整理得到：

$$t_{NS} = t_{UNI-UNI} - (1 - \frac{1}{K}) \mu_{UNI-UNI} - (1 - \frac{1}{\sqrt{K}}) \sigma_{UNI-UNI} x_p$$

对于单向通路和往返通路：

$$t_{oneway} = t_{return} - \frac{1}{2} \mu_{return} - (1 - \frac{1}{\sqrt{2}}) \sigma_{return} x_p$$

其中， t_{oneway} 为单向IPDV的 p 分位数， t_{return} 为往返IPDV的 p 分位数， μ_{return} 为往返IPDV均值， σ_{return} 为往返IPDV标准差。

当 $p = 1 - 10^{-5}$ (0.99999) 时， $x_p = 4.26$ ，上式简化为：

$$t_{oneway} \approx t_{return} - 0.5 \mu_{return} - 1.25 \sigma_{return} \dots \dots \dots (B.4)$$

参 考 文 献

- [1] YD/T 1170—2001 IP网络技术要求—网络总体
 - [2] YD/T 1171—2015 IP网络技术要求—网络性能参数与指标
 - [3] YD/T 1381—2005 IP网络技术要求—网络性能测量方法
 - [4] ITU-T Y.1540-2016 Internet protocol data communication service –IP packet transfer and availability performance parameters
 - [5] ITU-T Y.1541-2011 Network performance objectives for IP-based services
 - [6] ITU-T Y.1542-2010 Framework for achieving end-to-end IP performance objectives
 - [7] ITU-T Y.1543-2007 Measurements in IP networks for inter-domain performance assessment
 - [8] IETF RFC 2250 RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video User Performance Requirements
 - [9] IETF RFC 2544 Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices
 - [10] SMPTE 2022-1:2007 Forward Error Correction for Real-Time Video/Audio Transport Over IP Networks
 - [11] SMPTE 2022-2:2007 Unidirectional Transport of Constant Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks
-