



## 以太网验收技术（一）

### 1 概述

随着计算机网络技术的发展和普及，网络在人们工作生活中的重要性和关键性越来越突出。对于有些部门，如银行、证券、交通管理等，甚至可以说没有网络就等于没有工作。即使是一般的公司和机关，由于逐步转向无纸化办公和办公自动化而大量采用计算机网络，这样一旦网络出了故障将会直接影响到整个公司或机关的工作。由于网络问题而导致数据丢失、工作中断的教训越来越多。

无论是国际、国家、行业或地方都需要一个系统的、有针对性的、具有量化评估指标的可操作性标准，以供验收、测评、设计使用，保证建成后的局域网的质量、服务达到用户要求，统一最终客户和集成商之间对所建网络的认识，避免因认识不同导致的验收延时一对用户和集成商都有着特别的意义，这种需求非常紧迫和重要。基于以太网技术的局域网系统的验收测评规范（GB/T 21671-2008）正是在这种情形下诞生的。

本文主要围绕基于以太网技术的局域网系统的验收测评规范（GB/T 21671-2008）进行讨论，内容涉及标准主要内容，测试方法，测试结果举例及测试类型，测试步骤。

### 2 GB/T21671-2008标准

#### 2.1 标准概况

GB/T 21671-2008 标准主要根据 GB/T5271.25-2000、ISO/IEC 8802.3:2000、YD/T 1141-2001等现行国际标准、国家标准和行业标准，并参考 RFC2544、RFC2889 的方法论，针对我国局域网系统验收的具体要求而制定。

该标准把局域网作为一个系统，提出了基于传输媒体、网络设备、局域网系统性能、网络应用性能、网络管理功能和运行环境要求等方面的验收测评整体解决方案，重点描述了网络系统和网络应用、网络管理功能的技术要求及测试方法，具有工程可操作性。

该标准在实际工程中既可以为网络集成商的集成工作提供技术指导，也可以为广大用户的网络规划、验收测评及日常维护工作提供技术依据；不仅是对新建网络，同时对于已建成网络，定期按该标准进行体检，有利于保持网络的健康，从而保障其承载的关键应用的顺畅运行；可达到规范局域网建设市场，提高局域网质量，保护消费者利益的目的。

国标的推出是一个划时代事件，具有非常重要的现实意义，这个标准为迷茫中的网络系统集成的验收指明了方向，为用户的 IT 投资提供了保障，为网络的实际应用水平提出了规范的参考，为性能的评估确认了评价的参数，最终是为广大用户的使用提供了基本的保障。当我们再次面对一个新的网络的时候，我们可以说：“请给我一份网络验收测试报告！”

#### 2.2 标准适用范围

该标准从功能、传输媒体、设备、性能、网络管理功能、供电和环境等各个方面规定了局域网系统验收测评的技术要求和测试方法，提出了综合验收的测试规则。

该标准主要适用于基于以太网技术的局域网（以下简称以太网）系统的验收测试、评估测试以及日常维护中的相关测试；在某些情况下，也可用于设计、施工中的相关测试。其它类型局域网可参照执行。

#### 2.3 主要术语及定义

##### (1) 局域网系统 (LAN System)

局域网系统是一种承载了网络应用服务，并受网络管理系统监控的、有业务支撑的管理网络。系统一般由网络设备（如交换机、路由器）、传输媒体（如双绞线、光缆）、网络管理系统、提供基本网络服务的设备 4 部分组成。

a. 网络设备是局域网系统的核心部分，目前主要设备类型有：集线器、交换机、路由器和防火墙等。传输媒体主要有双绞线、光缆等。网络管理系统对整个局域网系统进行管理。提供基本网络服务的设备是保证局域网正常工作和丰富局域网功能的各种服务器，包括网络管理服务器、DHCP 服务器、DNS 服务器、Email 服务器和 Web 服务器等。

b. 根据局域网系统实际部署情况,一般都可以将其划分为核心层、汇聚层和接入层。局域网系统的通用结构如图1,如果有的局域网系统结构简单,可以只有1层或2层。

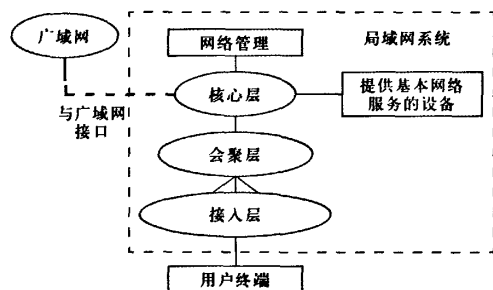


图1 局域网系统通用结构示意图

## 2.4 标准内容

(1) 总体要求:要求局域网系统具有开放性、可靠性、可扩展性及可管理性。

(2) 局域网系统的技术要求、测试方法及测试规则:

a. 规定了局域网系统基本性能指标,包括连通性、传输速率、吞吐率、丢包率、传输延迟、广播率、错误率、线路利用率和碰撞率等,并给出相应的限值和测试方法;

b. 规定了包括DHCP、DNS、Web、Email和文件服务等应用性能的指标要求和测试方法;

c. 规定了包括子网划分、VLAN、QoS、NAT、用户接入多ISP、AAA、设备和线路备份、组播等在内的主要网络功能要求及其测试方法;

d. 规定了网络管理功能的要求和测试方法;

e. 规定了验收测评和日常维护测试两种测试类型,以及需要测试的项目和判据。

## 3 局域网系统性能测试及实例

### 3.1 测试工具要求

用于局域网系统性能测试的测试工具,应具备以下功能:

- (1) 直接网络流量监听;
- (2) 统计网络流量;
- (3) 网络协议分析;
- (4) 自动网络节点和拓扑发现,能自动生成网络节点列表;
- (5) 网络流量仿真;

(6) RFC2544 网络性能测试;

(7) Ping 和 TraceRoute 测试;

(8) 从网络设备上获取 SNMP 数据;

(9) 测试结果分析及图表打印输出;

(10) 宜具备基本网络业务仿真测试功能(如:DHCP、DNS、Web、Email 和文件服务等)。

用于局域网系统性能测试的工具,应具备以下的性能和精度要求:

(1) 应支持在 10/100/1 000 M 以太网接口上的 100% 满线速流量产生功能;

(2) 应支持在 10/100/1000M 以太网接口(包括全双工链路)上的 100% 满线速流量统计功能;

(3) 时间标签精度应优于  $10\ \mu\text{s}$ 。

### 3.2 测试实例

局域网系统基本性能指标包括连通性、链路传输速率、吞吐率、丢包率、传输延迟和以太网链路层健康状况,并给出相应的限值。下面阐述测试方法,并给出测试实例。

#### (1) 系统连通性

用测试工具对网络的关键服务器、核心层和汇聚层的关键网络设备(如交换机和路由器),进行 10 次 Ping 测试,每次间隔 1s,以测试网络连通性。测试路径要覆盖所有的子网和 VLAN。

a. 抽样规则:以不低于接入层设备总数的 10% 的比例进行抽样测试,抽样少于 10 台设备的,全部测试;每台抽样设备中至少选择一个端口,即测试点,测试点应能够覆盖不同的子网和 VLAN。

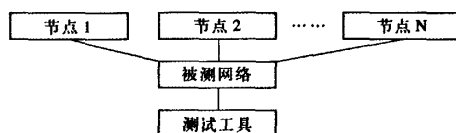


图2 系统连通性测试结构示意图

b. 合格判据:测试点到关键服务器的 Ping 测试连通性达到 100% 时,则判定该测试点符合要求。

#### (2) 链路传输速率

需要在空载网络中进行;对于交换机,测试工具 1 在发送端口产生 100% 满线速流量;对于 HUB,测试工具 1 发送端口产生 50% 线速流量(建议将帧长度设置为 1 518 byte);

a. 抽样规则:对核心层的骨干链路,应进行全部测试;对汇聚层到核心层的上联链路,应进行全部测试;对接入层到汇聚层的上联链路,以不低于 10% 的比例进行抽样测试;抽样链路数不足 10 条

时,按 10 条进行计算或者全部测试。

b.合格判据。

表 1 发送端口和接收端口的利用率对应关系

	全双工交换式以太网		共享式以太网 / 半双工交换式以太网	
	发送端口利用率	接收端口利用率	发送端口利用率	接收端口利用率
10M 以太网	100%	≥ 99%	50%	≥ 45%
100M 以太网	100%	≥ 99%	50%	≥ 45%
1000M 以太网	100%	≥ 99%	50%	≥ 45%

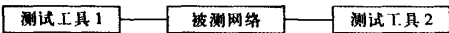


图 3 链路传输速率测试结构示意图

c.测试结果举例。

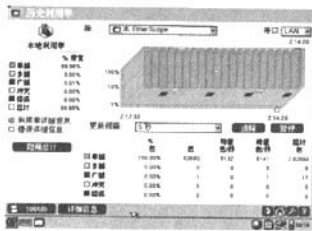


图 4 链路传输速率测试结果举例

(3) 吞吐量

测试必须在空载网络下分段进行,包括接入层到汇聚层链路、汇聚层到核心层链路、核心层间骨干链路及经过接入层、汇聚层和核心层的用户到用户链路。

a.抽样规则:对核心层的骨干链路和汇聚层到核心层的上联链路,应进行全部测试。对接入层到汇聚层的上联链路,以不低于 10%的比例进行抽样测试;抽样链路数不足 10 条时,按 10 条进行计算或者全部测试;对于端到端的链路(即经过接入层、汇聚层和核心层的用户到用户的网络路径),以不低于终端用户数量 5%比例进行抽测,抽样链路数不足 10 条时,按 10 条进行计算或者全部测试。

b.合格判据。

表 2 系统的吞吐量要求

测试帧长 (字节)	10M 以太网		100M 以太网		1000M 以太网	
	帧/秒	吞吐量	帧/秒	吞吐量	帧/秒	吞吐量
64	≥ 14731	99%	≥ 104166	70%	≥ 1041667	70%
128	≥ 8361	99%	≥ 67567	80%	≥ 633446	75%
256	≥ 4483	99%	≥ 40760	90%	≥ 362318	80%
512	≥ 2326	99%	≥ 23261	99%	≥ 199718	85%
1024	≥ 1185	99%	≥ 11853	99%	≥ 107758	90%
1280	≥ 951	99%	≥ 9519	99%	≥ 91345	95%
1518	≥ 804	99%	≥ 8046	99%	≥ 80461	99%



图 5 网络吞吐量测试结构示意图

c.测试结果举例。

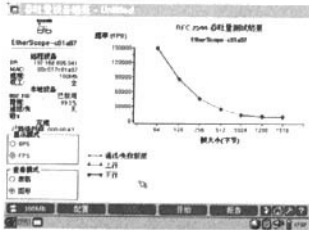


图 6 吞吐量测试结果举例 (a)



图 6 吞吐量测试结果举例 (b)

(4) 传输时延

从测试工具 1 (发送端口) 向测试工具 2 (接口端口) 均匀地发送一定数目的 1 518 byte 的数据帧,使网络达到前面所测得的最大吞吐量;

在图 8 中,由测试工具 1 向被测网络发送特定的测试帧,在数据帧的发送和接收时刻都打上相应的时间标记 (Timestamp),测试工具 2 接收到测试帧后,将其返回给测试工具 1;在图 9 中,测试工具通过发送端口发出带有时间标记的测试帧,在接收端口接收测试帧;

测试工具 1 计算发送和接收的时间标记之差,便可得一次结果;

重复上述 3 段步骤 20 次,传输时延是对 20 次测试结果的平均值;

在图 8 中,从测试工具 2 向测试工具 1 发送数据包,重复上述 4 段步骤,所得到时延是双向往返时延,单向时延可通过除 2 计算获得;在图 9 中,交换收发端口,重复上述 4 段步骤,所得到时延是单向时延。

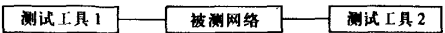


图 8 网络传输时延测试结构示意图

a.抽样规则:对核心层的骨干链路和汇聚层到

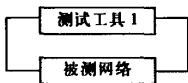


图9 网络传输时延测试结构示意图

核心层的上联链路，应进行全部测试；对接入层到汇聚层的上联链路，以不低于10%的比例进行抽样测试；抽样链路数不足10条时，按10条进行计算或者全部测试；对于端到端的链路（即经过接入层、汇聚层和骨干层的用户到用户的网络路径），以不低于终端用户数量5%比例进行抽测，抽样链路数不足10条时，按10条进行计算或者全部测试。

b.合格判据：若系统在1518 byte帧长情况下，从2个方向测得的最大传输时延都 ≤ 1 ms 时，则判定系统的传输时延符合要求。

c.测试结果举例：



图10 传输时延测试结果举例

(5) 丢包率

测试工具1向被测网络加载70%的流量负荷，测试工具2接收负荷，测试数据帧丢失的比例；

分别需按照不同的帧大小（包括：64 byte、128 byte、256 byte、512 byte、1024 byte、1280 byte、1518 byte）重复步骤。

a.抽样规则：和传输时延一样。

b.合格判据：所有被测链路必须满足如表3要求。

表3 丢包率要求

测试帧长 (byte)	10 M以太网		100 M以太网		1000 M以太网	
	流量负荷	丢包率	流量负荷	丢包率	流量负荷	丢包率
64	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
128	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
256	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
512	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
1024	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
1280	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%
1518	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%	70%	≤ 0.1%

c.测试结果举例。



图11 丢包率测试结果举例



图12 丢包率测试结果举例

(6) 以太网链路层健康状况指标

用测试工具对被监测的网段进行流量统计（至少测试5 min以上），测试广播和组播率、错误率、线路利用率和碰撞率等指标。

a.抽样规则：对核心层的骨干链路，应进行全部测试；对汇聚层到核心层的上联链路，应进行全部测试；对接入层到汇聚层的上联链路，以不低于30%的比例进行抽样测试；抽样链路数不足10条时，按10条进行计算或者全部测试；对于接入层的网段，以10%的比例进行抽测。抽样网段数不足10个时，按10个进行计算或者全部测试。

b.合格判据：所有被测链路必须满足如表4要求。

表4 链路的健康状况指标要求

测试指标	技术要求	
	共享式以太网 / 半双工交换式以太网	全双工交换式以太网
链路平均利用率 (带宽%)	≤ 40%	≤ 70%
广播率 (fr/s)	≤ 50 fr/s	≤ 50 fr/s
组播率 (fr/s)	≤ 40 fr/s	≤ 40 fr/s
错误率 (占总fr数%)	≤ 1%	≤ 1%
冲突(碰撞)率 (占总fr数%)	≤ 5%	0%



图13 以太网链路层健康状况测试结果举例

c.测试结果举例。

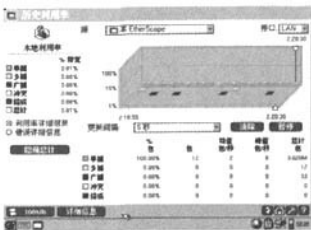


图14 以太网链路层健康状况测试结果举例

文 / 美国福禄克国际公司北京办事处 刘丹栋  
(未完待续)