

以太网测试：确定合适的测试案例和模式

Bruno Giguere, 传输和数据通信业务部门技术组成员

以太网现在已是各种网络拓扑的组成部分，在接入网、城域网和传输网中均可以发现以太网的身影。根据以太网拓扑的不同，可用不同的测试方案来验证网络性能。

本文阐述了用来提供以太网服务的不同拓扑、其相应的测试方法以及如何根据拓扑选择合适的测试模式等方面的背景信息。

服务提供商网络中的以太网

以太网部署始于企业网，此时首次开始大规模安装个人计算机（PC）；连接PC的首选技术就是以太网。随着以太网技术实现的速率不断增长，企业客户开始要求将以太网接入其广域网（WAN）。在客户的推动下，服务提供商开始升级它们的网络以支持这种新接入技术。此外，服务提供商还在其住宅业务方面使用以太网作为提供高速Internet接入的手段。

由于其核心网络基于SONET/SDH，因此如果能够用以太网自有格式进行传输，则可以充分利用现有的基础设施来提供新服务。随着通用成帧规程（GFP）、虚级联（VCAT）、链路容量调整方案（LCAS）和光传输网（OTN）等技术的发展，下一代SONET/SDH概念使得这种迁移成为可能。图1为服务提供商网络中以太网的典型视图。

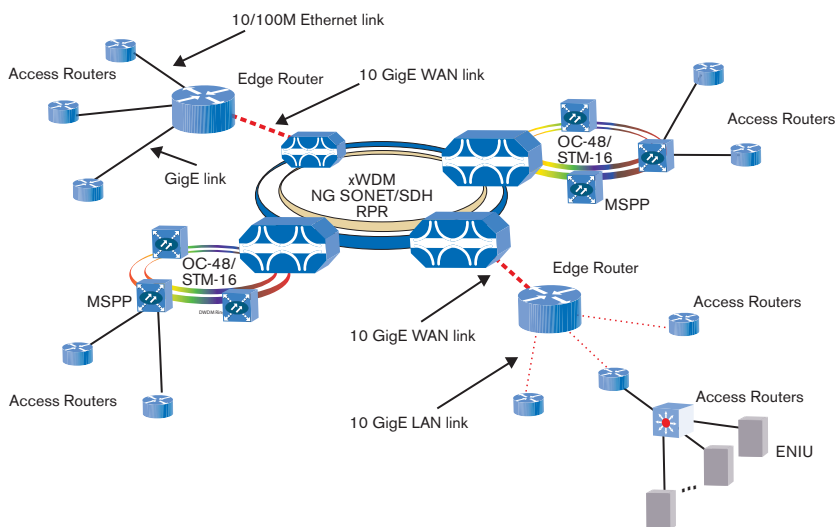


图1：运营商/服务提供商网络中的以太网

因其实施方法不同，以太网技术的部署方法也有所不同。当以太网以其自有格式进行部署时，第2层交换机会互相连接，组成网状网络，向客户提供以太网虚拟连接服务。我们可以使用混合协议来提供这些服务：虚拟局域网（VLAN）或Q-in-Q、运营商骨干网传输（PBT）和传输多协议标签交换（T-MPLS）。通过这些协议，服务提供商可以基于以太网构建一个可扩展、易管理的核心。在这种环境中，每个网元都对以太网帧进行处理。

在基于SONET/SDH架构的传统网络环境中，路径端接网元可被升级来支持下一代映射协议并提供对SONET/SDH核心的以太网接入。在这种网络架构中，每个路径端接网元都对以太网帧进行处理。对于网络核心来说，这只不过是普通的SONET/SDH净荷。

在DSL或FTTx住宅网中，以太网被用来将DSLAM和OLT连接至核心网。以太网作为服务提供商和PC或家庭网之间的分界点，也出现在OLT或DSL调制解调器中。在这种应用中，每个网元都对以太网帧进行处理。根据所使用的接入技术不同，这些帧可保留其自有格式（EPON/有源以太网）或通过其它协议（即ATM、GFP等）进行传输。

最终，以太网可以其自有格式在xWDM网络上进行传输。在这种情况下，波长会发生转化（光-电-光），而且信号也通过多个其它波长传输。在这种特定架构中，以太网帧可透明传输（不被任何以太网层处理）或汇聚成一个波长。在该方法的最新应用中，以太网帧能被处理。

由于这些网络拓补采用不同的方法来处理以太网帧，因此必须使用不同的测试方案。然而，在考虑现有的实际测试方案前，需要重新探讨以太网协议以便了解为何一种测试方案会比另一种方案更合适，这一点非常重要。

以太网协议：帧格式和基本功能

以太网帧基于两种不同的标准。第一种标准由Digital Equipment-Intel-Xerox（DIX）联盟创立，而第二种标准由电气电子工程师协会（IEEE）制定。两种帧格式在行业中均被使用（见图2）。

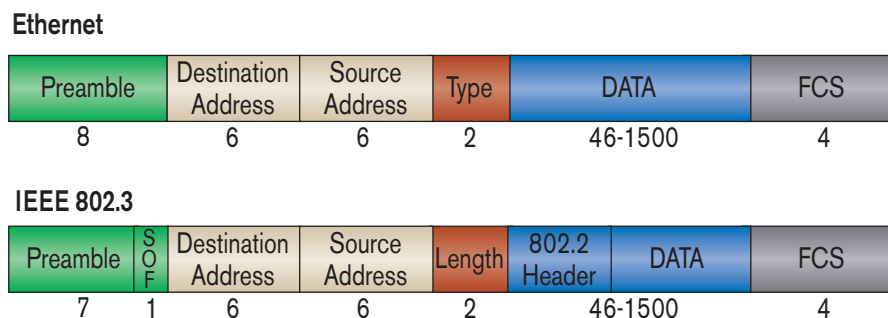


图2：以太网DIX v2与802.3帧格式

主要的区别在于类型或长度字段。从以太网的角度来看，类型字段（两个字节值）提供了被封装协议的相关信息。在IEEE 802.3格式中，这两个字节被用来指示帧长度。有关被封装协议的信息在802.2帧头中，该帧头是净荷的一部分。

一旦以太网交换机（或以太网处理设备）收到帧，它会计算FCS值并将其与帧中的FCS值进行验证。如果计算出来的FCS值不同，网元会将帧丢弃，由更高层协议进行重新传输。如果接收到的帧没有错误，交换机会在其表中查找目的地址并将帧重新发送到正确的端口。每次以太网帧经过第2层处理设备时，都会进行验证和重新传输，直至帧抵达最终目的地为止。

以太网测试方案

在以太网测试设备中通常有三种测试方案：误码率测试（BERT）、以太网性能评估（基于RFC 2544）及帧生成和分析。接下来，我们将探讨每种测试方案，并说明该何时使用这些测试方案。

以太网误码率测试方案

该测试方案非常受欢迎，尤其是对于具有SONET/SDH背景的用户。它在基于以太网的电路中发送伪随机比特序列（PRBS），并测量错误位与已发送位的比率。它对PDH和SONET/SDH界测试方案进行了改良。不幸的是，该方案并不适用于所有的以太网拓补。如前文所述，以太网交换机对以太网帧进行处理以寻找错误。如发生传输错误，以太网帧会被丢弃。从测试设备的角度来看，这意味着完整的测试帧被丢弃。由于接收PRBS引擎刚丢失大量的位，因此测量无法完成，而测试设备会宣布图案损失。

图3显示了第2层处理网络的行为

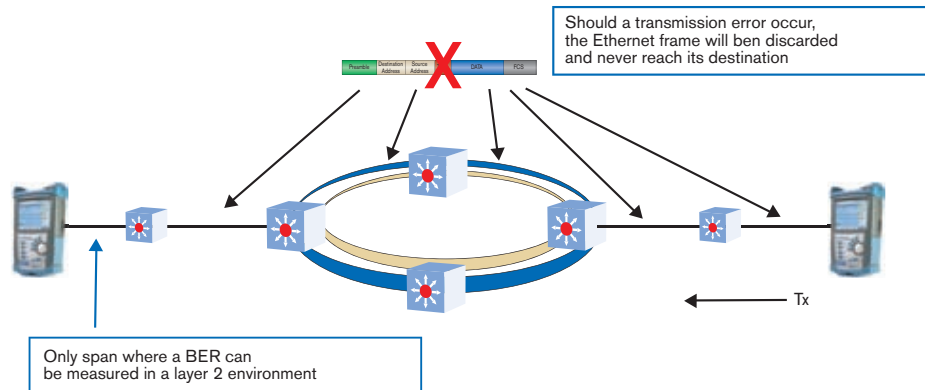


图3：第2层处理网络示例

因为其性质，第2层处理网络并不参与BER型测试。我们会看到该类型测量更适于接下来的两种测试方案。幸运的是，在某些以太网网络架构中，BER会成为首选的测试方案。在透明的xWDM环境中，以太网帧没有经过第2层处理就进行传输。因此，如发生传输错误，该错误将通过整个电路传输至接收设备。在这种情况下，PRBS引擎将能够检测并准确报告错误。BER测试还可用来验证多模或单模暗光纤的带宽容量。

以太网性能评估：RFC 2544测试方案

该系列测试是作为对网络互联设备进行基准测试的方法而引入的。因为能测量吞吐量、突发性、帧丢失和时延，该方法也用于测试基于以太网的网络，它要求测试不同大小的帧（64、128、256、512、1024、1280和1518字节）、每次测试循环的时间（时延最少应被设置为60或120秒）、帧格式（IP/UDP）等。

RFC 2544将吞吐量测试定义为被测设备/系统（DUT/SUT）在不丢失任何提供帧时的最大速率，该测量结果会转化为以太网虚拟连接的可用带宽。

该方法中的下一个测试是突发性或背对背测试，它被定义为固定长度的帧按照一定的速率出现，以便在一段时间内（从空闲状态开始，可较短也可稍长）。帧间隔最小，背对背是在没有任何帧丢失情况下，DUT可以处理的最长突发帧数。

帧丢失测试被定义为在稳定状态（常态）负载的情况下，因资源缺乏而未被转发的帧数占网络设备应该转发帧数的百分比。该测量结果可用来报告网络设备在超载状态下的性能，这对指示某一设备在病态网络条件（如广播风暴）下的表现非常有用。

RFC 2544定义的最后一个测试是时延。对于存储和转发设备来说，时延是输入帧的最后一位到达输入端口与在输出端口上看到输出帧的第一位之间的时间间隔。它是指一个比特穿越网络并返回所需的时间。时延的变化可能会引起问题。对于如VoIP之类的协议，可变或长时延可能会导致语音质量降低。

本质上，使用RFC 2544进行的网络性能评估旨在确保网络的短期至中期健康状态。通过查看多种帧大小以及每种测试的循环，在交付给客户之前尝试进行长期的验收测试（24至72小时测试）并不符合该测试方法的理念。没有任何能实现该目的的直接配置，如果出现错误帧，将极大地影响完成测试的时间。

RFC 2544方法为评估服务等级协议中使用的各种参数而创建。通过测量性能可用性、传输延迟、链路突发性和服务完整性，运营商可以验证所传输的以太网电路的工作参数是否符合合同要求。

现在的问题是如何在处理以太网帧的环境中验证以太网电路的长期完整性？答案是使用帧生成和分析测试方案。

帧生成和分析测试方案

该测试方案集BERT和RFC 2544测试方法的优点于一身。借助其长期的测试功能及检测丢失帧的能力，服务提供商可以测试以太网虚拟连接，以便了解是否符合服务等级协议的要求并保留SONET/SDH界中所采用的理念。

该测试方案需要用户配置测试信息流（或多个数据流），并开始分析部分来监测丢失帧和错误。一旦开始，该测试可持续很长一段时间，提供吞吐量信息、帧丢失和其它错误参数，以及确认提供的以太网服务是否符合规范的结果。

结论：何时应该使用何种测试方案？

图4很好地概括了何时该使用何种测试。通过问两个简单的问题，用户就可以知道该采用何种方法来鉴定以太网虚拟连接（EVC）服务。也可以考虑结合这些测试方案来验证EVC的性能。通过使用RFC 2544测试方案，用户可确保服务等级协议中定义的参数（吞吐量、突发性、帧丢失和时延）都配置正确。一旦测试完成，就可使用长期帧生成和分析测试方案来验证长时间内的服务完整性。

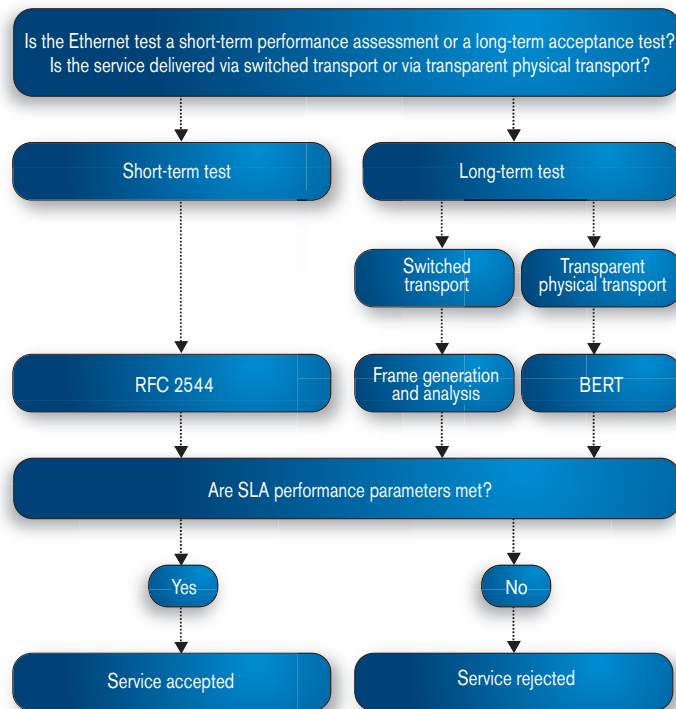


图 4：取决于测试持续时间和网络拓扑的测试方案

在透明的物理传输架构（WDM或暗光纤）中，RFC 2544概念并不真正适用，因为服务是点对点的，无任何协议处理。长期BERT测试方案非常适用于这种类型的架构，并提供验证服务完整性所需要的结果。

EXFO 公司总部 > 400 Godin Avenue, Quebec City (Quebec) G1M 2K2 CANADA | 电话: +1 418 683-0211 | 传真: +1 418 683-2170 | info@EXFO.com

免费电话: +1 800 663-3936 (美国和加拿大) | www.EXFO.com

EXFO 美洲	3701 Plano Parkway, Suite 160	Plano, TX 75075 USA	电话: +1 800 663-3936	传真: +1 972 836-0164
EXFO 亚洲	151 Chin Swee Road, #03-29 Manhattan House	SINGAPORE 169876	电话: +65 6333 8241	传真: +65 6333 8242
EXFO 中国	北京市东城区北三环东路 36 号 环球贸易中心 C 栋 1207 室	邮编: 100013	电话: +86 (10) 5825 7755	传真: +86 (10) 5825 7722
EXFO 欧洲	Omega Enterprise Park, Electron Way	Chandlers Ford, Hampshire S053 4SE ENGLAND	电话: +44 2380 246810	传真: +44 2380 246801
EXFO 服务保障部门	285 Mill Road	Chelmsford, MA 01824 USA	电话: +1 978 367-5600	传真: +1 978 367-5700