

Study on EPON Topology Discovery Algorithm and System Implementation

LIN Yongbang^{1,2}, LIU Weiping^{1,2}, HUANG Hongbin^{1,2}

1. Department of Electronic and Engineering, Jinan University, Guangzhou, China

2. Key Laboratory of Optical Fiber Communication and Sensing Technology, Jinan University, Guangzhou, China

Abstract: Network topology discovery is fundamental to process effective EPON management. Most recent research mainly focuses on the method of IP network's topology discovery, but there's hardly any exploration to the EPON network's topology discovery at present. Based on the research of the characteristics of EPON network structure, an algorithm of topology discovery in the EPON network is presented. According to the algorithm, the management system of EPON network topology is designed. The correctness and effectiveness of the algorithm and management system is clearly validated through some practical tests.

Keywords: EPON; topology discovery; ICMP; SNMP

EPON 拓扑发现算法的研究和系统实现

林永傍^{1,2}, 刘伟平^{1,2}, 黄红斌^{1,2}

1. 暨南大学 电子工程系, 广州, 中国, 510632

2. 暨南大学 光纤通信与传感技术重点实验室, 广州, 中国, 510632

摘 要: 网络拓扑结构自动发现是对网络进行有效管理的基础, 目前, 国内外的相关工作主要集中在 IP 网络拓扑发现方法领域, 对 EPON 网络拓扑结构自动发现方法的研究工作相对较少。在深入研究了 EPON 网络结构的特点的基础上, 提出了一种在 EPON 网络中进行网络拓扑结构自动发现的算法, 并根据此算法设计了 EPON 网络拓扑管理子系统, 通过实际测试, 该算法和拓扑管理子系统的正确性和有效性得到了验证。

关键词: 以太无源光网络; 拓扑发现; ICMP; SNMP

1 引言

EPON (以太无源光网络) 技术是以太网与 PON (无源光网络) 的结合, 它综合了 PON 技术和以太网的诸多优点: 低成本、高带宽、与现有的以太网的融合和易于管理与维护等, 这些优点使 EPON 成为下一代接入网最有力的竞争者^[1,2]。

EPON 系统由众多的网络设备组成, 这给系统网络的管理增加了复杂性, 网络设备管理的关键是已知网络设备及其拓扑结构, 因此, 网络拓扑发现是 EPON 网络管理的基础。网络拓扑发现的目的是要获取网络节点以及节点间的拓扑关系, 并据此绘制拓扑图, 网管用户可以通过拓扑图能够实时和直观的显示网络设备间的连接关系和网络故障等重要信息, 极大的简化网管的操作。目前, 对网络拓扑发现算法的研究主要集中在 IP 网络, 并且以网络层和数据链路层的拓扑发现研究为主^[3-5], EPON 网络是一种新兴的接入网技

术, 其拓扑发现算法的研究还处于起步阶段, 还没有形成标准的理论。随着 EPON 网络的普及, 急需一种适用于 EPON 网络的拓扑发现的新方法, 以便对其进行有效、简便的管理。本文将阐述一种在 EPON 网络中进行网络拓扑结构自动发现的策略, 并在此基础上设计拓扑管理子系统, 以应对 EPON 网络实施有效管理的需要。

2 EPON 网络模型

OLT 与 ONU 设备都支持 SNMP 协议^[6]与 ICMP 协议^[7]的, 具有二级交换功能, 每个 OLT 设备都有多个 PON 接口, 一般都是采用插卡式的, 可以灵活配置, OLT 位于根节点, OLT 下的 PON 接口通过 ODN 与各个 ONU 相连, 在下行方向, OLT 提供面向无源光纤网络的光纤接口; 在上行方向, OLT 将提供千兆以太网(GE)连接。在 EPON 的统一网管方面, OLT 是主要的控制中心, 实现网络管理的主要功能。POS 是无

源光纤分支器，是一个连接 OLT 和 ONU 的无源设备，一个或多个 POS 组成 ODN。ONU 放在用户驻地侧，接入用户终端。典型的 EPON 网络结构图如图 1 所示。

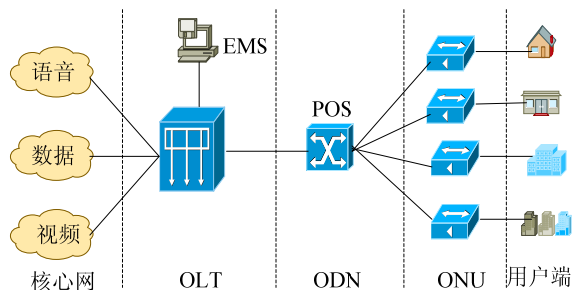


Figure 1. Structure of EPON

OLT 和 ONU 之间可以组建成树形和星形拓扑结构。树型拓扑结构是采用二级或二级以上分光的点对点的无源网络，星形拓扑结构是采用一级分光的点对点的无源网络。分别如图 2、图 3 所示。

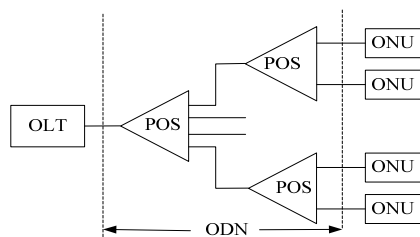


Figure 2. Structure of Tree Topology

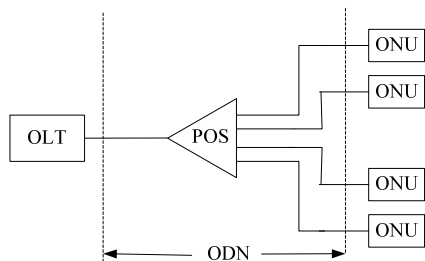


Figure 3. Structure of Star Topology

对于需要光纤接入的用户数量不多且比较分散，即覆盖区域较大的区域宜采用二级或多级分光构成的树形结构；对于需要光纤接入的用户数量较多且比较集中的区域采用一级分光 构成的星形结构。我国的实际情况比较符合第二种情况，因此我国的 EPON 网络结构应普遍采用星形结构，本文的设计是基于星形结构的 EPON 拓扑发现。

定义 1：接入域（ASD）：单一的 EPON 网络系统的所有设备及设备间的联系组成一个接入域。

定义 2：管理域（AD）是自动拓扑发现算法的目标域，由多个接入域组成。

定义 3：OLT 与 ONU 连接：当 OLT 设备中的 PON 端口和一台或以上 ONU 的存活端口同处于一个物理网段的时候，称 OLT 的 PON 端口与 ONU 连接。

自动拓扑发现算法的目标包括 2 个：(1) 搜索所有的节点，包括 OLT 和 ONU；(2) 确定 OLT 的 PON 端口与 ONU 之间的连接链路。

3 EPON 网络拓扑发现算法的设计

EPON 网络的网元设备主要包括 OLT 和 ONU，他们都支持 ICMP 协议和 SNMP 协议，且提供私有 MIB^[8]，因此本系统将采用 ICMP 协议和 SNMP 协议相结合的数据采集方式。通过 ICMP 协议的 Ping 方法可以快速的获取设备的状态信息；通过 SNMP 协议的 Get 方法以轮询的方式获取设备的详细信息，以主动上报 Trap 的方法可以获取设备的实时信息。

3.1 ICMP 协议

ICMP 报文是在 IP 数据包内部被传送的，是 IP 数据层的一个组成部分。ICMP 协议主要有两个功能：一是传送差错报文，如数据不能到达目标主机；二是携带查询信息，如通过 ICMP 回应消息确定某台目标主机是否可达。在许多 TCP/IP 实现中，用户命令 Ping 是利用 ICMP 回应请求/应答报文测试目标主机的可达性。Ping 的主要操作是发送报文，并等待回答，它是一种简单的回显协议。

3.2 SNMP 协议

SNMP 协议最大的优点就是简单性，因而它的应用是最多，获得支持最广泛的网络管理协议。用户可以容易地通过解析 SNMP 的报文来对网络设备进行管理。SNMP 不需要长时间来建立，也不给网络附加过多的压力，因此用 SNMP 协议来实现网络管理对系统本身影响不大。SNMP 的网络管理模型主要由管理站、代理者、管理信息库、网络管理协议等元素组成。管理站和代理者之间通过网络管理协议通信，SNMP 通信协议主要包括 Get、Set 和 Trap 方法。其中 Trap 方法是由代理站监测到自身故障异常后，主动发送告警信息到管理站。在管理站服务器里，主要是让管理进程监听 162 端口；当一个 Trap 报文到达时则执行回调函数。在回调函数里将 Trap 报文按照协议格式解析出来，并进行处理。

在本文的算法实现过程中，先通过一个 Ping 程序查询网络中所有可达的设备，再通过 SNMP 协议的 Get 方法获取可达设备，并分析该信息，确定设备间的连接关系，最终得到网络的拓扑图。同时，管理站

开启 162 端口, 监听 Trap 信息以获取网络拓扑的最新状况。下面是算法的拓扑图数据结构和算法的描述:

3.3 拓扑图数据结构

涉及到的主要数据结构如下所示:

```
struct EponEquipment{      // 表示 EPON 网络设备, 包括 OLT、ONU 和 ODB
    int ID;                //EPON 拓扑图中设备的标识号
    int EquipmentType; //EPON 网络设备的类型
    List ConnectList; // EPON 网络设备之间连接的集合
    List PonList; //OLT 中 PON 端口的集合
    List OltList; //OLT 集合
    List OnuList; //ONU 集合
}
struct PonOnuConnect { // EPON 网络设备之间的连接关系
    int OltID; // OLT 设备的标识号
    int PonID; // PON 的端口号
    int OnuID; // ONU 设备的标识号
}
struct Pon{      // PON 的端口信息
    int PonID;      // 端口的标识号
    char PonType (10); // 端口类型
    char PonMacList (20); // PON 端口的 MAC 地址
    char PonOnuMacList (20); // PON 端口中查到 ONU 的 MAC 地址}

// 探测所有节点:
// 启动线程池, 通过 ICMP 协议的 Ping 方法扫描整个网络段, 获得活动 IP 队列, 定义为 IPList.
while (IPList 队列非空){
    从 IPList 队列取一 IP, 为 CurrentIP;
    通过 SNMP 协议的 Get 方法访问 CurrentIP 并读取 EquipmentType 信息;
    If(EquipmentType 为 OLT){
        将 CurrentIP 添加到 OltList 列表, 并从 IPLis 队列中去掉该 CurrentIP;
    }
    If(EquipmentType 为 ONU){
        将 CurrentIP 添加到 OnuList 列表, 并从 IPLis 队列中去掉该 CurrentIP;
    }
}
```

3.4 算法描述

判定节点间的连接:

从 OltList 列表中取出 OltIP, 并读取 PON 端口的状态信息;

```
If (PON 端口的状态信息非空) {
    读取 PON 的 MAC 地址表, 并添加到 PonMacList;
    读取 PON 下所有 ONU 的 MAC 地址表, 并添加到 PonOnuMacList;
}
```

从 OnuList 列表中取出 OnuIP, 并读取 ONU 的 MAC 信息为 OnuMac;

```
while (PonOnuMacList 非空) {
    取出 PonOnuMacList 列表中一类定义为 CurrentOMUMAC;
    If(OnuMac 等于 CurrentOMUMAC){
        PonID 与 OnuID 连线, 即 OltID 与 OnuID 相连;
    }
    If(PonOnuMacList 没有与 OnuMac 相等的类){
        ONU 没注册或者出现掉线故障;
    }
}
```

主动上报 Trap:

启动 Trap 线程池, 等待 Trap 信息, 定义为 TrapInfo;

```
If(TrapInfo 为注册 ONU 信息 OnuRegister){
    If(OnuRegister 为添加 ONU 信息 AddOnuRegister){
```

通过 SNMP 协议读取该 ONU 的物理地址信息, 找到与之相对应的 PON, 并相连接。

```
}
If(OnuRegister 为 ONU 掉线信息 OutOnuRegister){
```

通过 SNMP 协议读取该 ONU 的物理地址信息, 找到与之相对应的 PON, 并断开连接。

```
}
```

```
}
```

4 EPON 网络拓扑发现算法的实现

上面的算法已经应用在了 EPON 拓扑管理子系统中, 经过对系统的测试, 证明的上述算法的正确性, 该子系统的描述如下:

4.1 系统原理

拓扑管理子系统是基于 B/S 结构的, 主要由四大模块组成: 后台控制程序模块、数据库处理模块、拓扑管理模块和界面显示模块。四大模块采用 MVC 三层体系结构, 分别为: 表示层、中间业务逻辑层

和持久层。

后台控制程序模块主要功能是采集信息,包括了确定管理域 IP 地址范围,通过操作 Ping 方法确定活动 IP 地址的集合,通过操作 SNMP 协议的 Get 方法查询设备 MIB 信息,通过 162 端口监听 Trap 信息。拓扑管理子系统如图 4 所示。

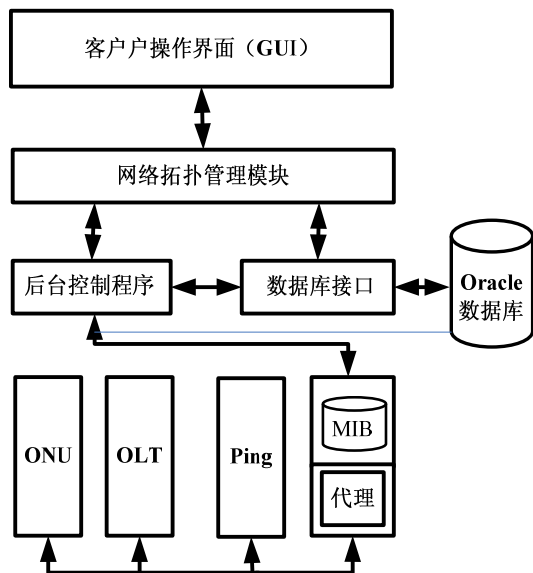


Figure 4. Module Structure of Topology Management Subsystem

后台控制程序所采集的数据经数据库处理模块存放到数据库,本系统采用大型数据库 Oracle 作为存取数据库。数据库的信息经数据库处理模块操作后一部分提供给网络拓扑管理模块,另一方部分经分析后直接提供给界面显示模块以图形方式显示出来。

拓扑管理模块的主要功能是:通过分析后台控制程序上传上来的数据和数据库提交的数据,确定设备的类型,并确定设备间的连线关系。

最后,拓扑管理模块确定的设备类型和备间的连线关系提交界面显示模块,显示模块以图形的方式将整个 EPON 网络拓扑结构显示给网管用户。

4.2 测试结果

系统在暨南大学光纤通信与传感技术重点实验室的内部网络上作测试,先搭建三套 EPON 网络系统,然后通过带内管理的方式搭建 EPON 网络拓扑管理子系统平台。启动系统服务器和数据库服务器,通过浏览器访问服务器,网页以极快的速度显示了三套 EPON 网络的设备,并准确的确定了设备间的连线关系。测试的结果如图 5 所示。

拓扑管理子系统生成的拓扑图与实际的 EPON 网络拓扑结构一致。在其中一套 EPON 网络中增插一个

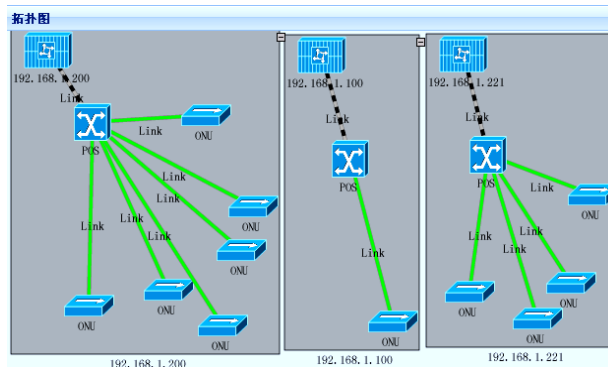


Figure 5. The Results of Topology Test

ONU 设备,系统能很快的监控到该告警信息,在拓扑图形中显示该 ONU 设备,并能迅速确定与之相对应的 OLT 的连线关系;同样,拔掉一根 ONU 设备的联系,系统的拓扑图形也相应的表示出来,这很好的测试了主动上报 Trap 的功能。

5. 结束

EPON 系统具有高带宽、低成本和兼容性好等特点,受到了业内人士的广泛关注,被普遍认为是宽带多业务接入网的最佳选择。众多的无源光设备和接口增加了 EPON 系统维护和管理的复杂性,非完全成熟的光设备和仪器也增加了 EPON 系统发生故障的几率,因此,网络管理在 EPON 系统使用中就显得格外重要。EPON 网络拓扑发现对于 EPON 网络管理起到了重要的作用,它可以让网管人员直观、及时的了解整个网络的运行状况,为网络管理带来了方便。本文深入研究了 ICMP 和 SNMP 协议以及 EPON 网络结构特点,在此基础上提出了一套针对 EPON 网络拓扑发现的算法,同时还根据该算法设计了 EPON 网络拓扑管理子系统,通过对该系统的测试,结果证明了该算法和子系统的正确性和高效性。目前对于网络拓扑发现的研究大多数都是集中在 IP 网络,成果也较多,但对于接入网,其拓扑发现的研究还处于初级阶段,本文所提出的网络拓扑算法和拓扑管理系统具有一定的理论意义和实际应用意义。

References (参考文献)

- [1] Bernard Sklar. Fundamentals and Applications of Pon[J]. Digital Communications, 2001, (2).
- [2] G.Kramer, G.Pesavento. Ethernet passive optical network (E-PON):building a next generation optical access network [J].IEEE Communications Magazine,2002,40(2):66-73.
- [3] Lin Hw achun, Lai Shouchuan, Chen Pingwen. A algorithm for automatic topology discovery of IP networks[J]. IEEE International Conference on Communications, 1998, 2: 1 19221 196.
- [4] Zheng Hai,Zhang Guo-Qing. An Algorithm for Physical Network Topology Discovery[j].Journal of Computer Reserch and

- Development, 2002, 39(3):264–268.
- [5] Yuri Breitbart, Minos Garofalakis, Ben Jai, Clifton, et al . Topology discovery in heterogeneous IP networks: the Net Inventory system [J]. IEEE/ ACM Transactions on Networking. 2004, 12 (3):401–414.
- [6] RFC 1902, A simple network management protocol (SNMP) [S].1996.
- [7] RFC 792, Internet control message protocol [S].1981 RFC 1213, Management information base for network management of TCP/IP-based internets: MIB-II [S].1991.