

# 一种新型光因特网体系结构技术研究

张 宁, 纪越峰

(北京邮电大学电信工程学院, 北京 100876)

**摘 要:** 通过对光因特网体系结构的分析研究, 提出了一种新型混合模型网络结构, 其典型特点为: 在光节点设备上采用一个信令转换机制, 使其同时具有重叠模型和对等模型光节点的功能, 实现一个核心光网络与不同模型网络的互连, 并且管理平面能够对控制平面实行有效的监控和管理. 模拟仿真结果表明此技术是有效的.

**关键词:** 光因特网; 体系结构; 信令转换; 混合模型

**中图分类号:** TN929 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 12A-098-03

## Study on a Novel Architecture Technology for Optical Internet

ZHANG Ning, JI Yue-feng

(School of Telecommunication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** By analysis of optical internet architecture, a new hybrid model architecture for network is presented. Its characteristic is that a signal transformation mechanism is used in optical node, and the node functions for overlay and peer model are provided. The internetworking from a core optical network to different model networks are realized, and the valid supervision for management plane to control plane is taken. Simulation results indicate the technology is effective.

**Key words:** optical internet; architecture; signal transform; hybrid model

### 1 引言

光因特网(IP over WDM), 是一种 IP 优化的光网络, 直接在光网上运行<sup>[1]</sup>, 如图 1 所示. 它是一种由高性能 WDM 设备、吉比特和太比特路由交换节点组成的数据通信网络. 光因特网综合利用了 IP 技术和 WDM 技术, 形成了一种新型、高速宽带的光网络技术<sup>[2]</sup>. 在网络模型中, 有重叠和对等之分, 本文在分析了它们的特点后, 提出了一种新型的混合模型(Hybrid Model)组网技术.



图 1 光因特网模型

### 2 光因特网体系结构特点

在研究光因特网的几种体系结构时, 很重要的一点是区分通过 UNI 的数据和采用的控制平面<sup>[3]</sup>. 光网络以固定带宽传送通道(光通道)的形式为光网络的内部实体提供服务, 光网络边缘的 IP 路由器必须在光通道建立后才能进行 IP 层的通信. 这样, 光网络之上的 IP 数据平面是通过重叠在光通道之上的虚拓扑实现的<sup>[4]</sup>. 另一方面, IP 路由器和光节点设备在控制平面中是对等关系, 尤其是实现动态地发现与光网相连的 IP 终端. 光因特网体系结构主要是由控制平面的结构决定的<sup>[5]</sup>. 由此产生了下面两种基本的互联模型:

①**重叠模型** 重叠模型(overlay model)如图 2 所示, IP/MPLS 路由、拓扑发布、以及信令协议是独立于光层的路由、拓

扑发布, 以及信令协议的.

重叠模型隐藏了内部网络的细节信息, 从而形成了两个独立的控制平面, 一个控制平面位于核心的光网络中, 另一个位于核心网络和边缘设备间

(UNI), 但这两个控制平面的交互控制很少.

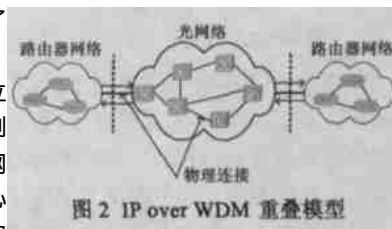


图 2 IP over WDM 重叠模型

②**对等模型** 对等模型(peer model), 是国际组织 IETF 所支持的网络结构, 其特点是将光传送层的控制智能转移到 IP 层, 由 IP 层来实施端到端(end to end)的控制. 光传送

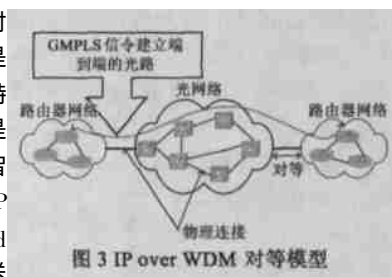


图 3 IP over WDM 对等模型

网和 IP 网可以看作是一个统一的网络, 两者之间可以自由地交换所有信息并运行同样的选路和信令协议, 实现一体化的管理和流量工程, 消除了不同网络区域间的壁垒. 对等模型如图 3 所示.

### 3 一种新型混合模型(Hybrid)网络体系结构

随着光因特网技术研究的逐渐深入, 需要构建基于不同互连模型的光因特网, 而如何实现不同网络模型的光因特网

的互连, 就成为一个必须研究的课题. 在分析对比光因特网重叠模型和对等模型特点的基础上, 提出了一种能够实现两种不同网络模型的网络互连并存的新机制, 既满足了建立对等关系实现 IP 网和光网无缝融合的需要, 也满足了保持光网络信息对于重叠关系的 IP 网的保密性. 这种新机制对于光因特网简单的较易实现的重叠模型向相对复杂的对等模型的演进具有重要意义.

### 3.1 混合模型的提出

通过对重叠和对等两种基本模型特点的分析, 可以发现, 如果对 IP 网和光网络采用统一的编址方案, 并使光节点设备同时具有重叠模型下光节点设备的功能和对等模型下光节点设备的功能, 这样, 就可以实现一个核心光网络与不同路由器实现不同网络模型的互连, 同时满足不同的要求. 为此, 我们提出了如图 4 所示的混合模型网络结构.

在混合模型中, 可完成四种连接方式: 重叠-重叠, 重叠-对等, 对等-对等, 对等-重叠. 支持与 IP 路由器的对等关系和重叠关系的光节点设备如图 5 所示. 光网络和 IP 网中的节点

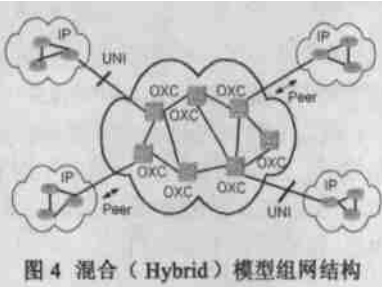


图4 混合(Hybrid)模型组网结构

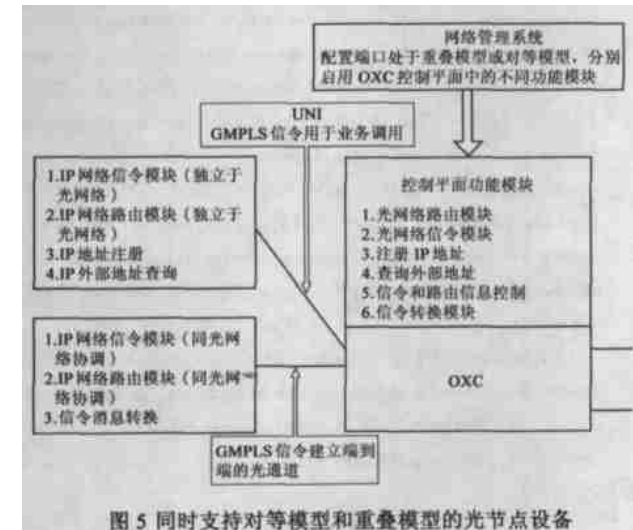


图5 同时支持对等模型和重叠模型的光节点设备

采用相同的编址方式, 以便光节点设备成为 IP 可寻址的实体, 能够在具有对等关系的 IP 网中被识别. 光节点设备运行对 IP 路由和信令协议进行适当扩展之后的 GMPLS 路由和信令协议, 可以与具有对等关系的 IP 网控制平面协调工作成为一个统一的整体. 同时为了支持重叠模型中边缘路由器发起的光通道建立请求, 还需要具有 IP 地址注册和查询功能. 为了保持光网络内部信息相对于具有重叠关系的路由器的保密性, 还需要有一个信令和路由信息控制机制, 针对具有重叠关系、需要限制路由器和光节点设备之间的路由信令信息的路由器, 采取预定的控制措施, 保证在具有重叠关系的两个网络的控制平面的独立性. 此外, 为了能够支持与光网络存在不同关系的 IP 路由器之间的光通道的建立, 还需要在光节点设备

上采用一个信令转换机制, 实现在对等模型下的信令消息与重叠模型下的信令消息之间的转换, 从而使光节点设备两边的信令仍保持不变.

在支持重叠模型的路由器中, 可以采用独立于光网络的路由和信令模块, 同时还需要具有 UNI 上的信令功能来进行 IP 地址注册和查询, 以支持光通道建立、删除、修改和查询等服务. 在支持对等模型的路由器中, 路由器上运行的路由和信令协议要求和光网络中的路由和信令协议协调工作, 作为一个统一的控制平面对 IP 网和光网络进行统一的控制. 此外, 尽管在 IP 网和光网可以使用相同的信令, 但服务在光网络中的语义与在 IP 网中的还是有差别的. 因此, IP 域和光域分别独立定义了自己的信令属性和业务. 边缘路由器必须识别到业务边界并对跨越 IP-光网边界的信令消息进行适当的转换. 这样, 由于采用相同的编址方式, 具有对等关系的路由器和光网运行的路由协议相互协调实现了针对整个网络(不包括重叠关系的 IP 网)的路由和拓扑信息分发, 使得各个节点可以拥有所需的链路和拓扑状态信息, 边缘路由器就可以通过两个网络信令协议的建立到另一个路由器的跨越光网络的端到端的通道, 从而实现了对等模型下所要求的网络功能. 而在光节点设备和边缘路由器上采用了 IP 地址注册和查询功能, 可以满足重叠模型中的地址注册和外部地址查询的要求, 实现 UNI 上所要求的功能, 利用信令和路由信息的控制机制, 能够保证两个网络控制平面的独立性和控制信息的保密性, 实现重叠模型下所要求的网络功能.

### 3.2 实验研究

我们对此混合组网结构进行了实验研究. 试验平台由软件仿真平台和硬件节点机组成, 核心光网络由核心光节点采用 mesh 网拓扑互连构成.

下面针对一个研究实例进行分析. 在重叠客户节点上, 运行的是重叠模型的控制模块软件. 它与对等的 UNFN 节点之间采用的是 UNI 信令; 在对等客户节点上, 运行的是对等模型的控制模块. 对等客户节点与核心光节点采用的是统一的控制平面信令. 如图 6 所示,

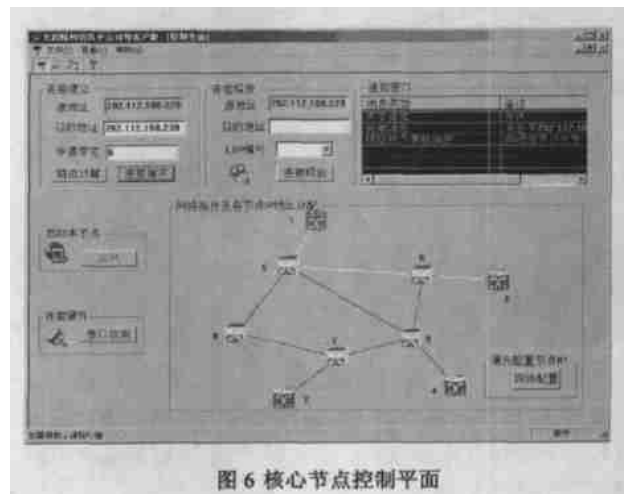


图6 核心节点控制平面

节点 1、4 为重叠客户, 节点 2、3 为对等客户, 节点 1 并不知道网络信息, 但可通过 UNI 接口向对等的 3 节点发出连接

建立等要求。信息栏内显示发送了连接请求消息,并收到了返回的映射消息,控制平面的拓扑图上显示了一条从节点 1 到节点 3 的路径,表示建立连接成功。

该体系具有自动保护倒换功能。如在节点 6 上出现端口故障,相关的核心节点就会启动自动恢复机制,恢复路径建立后,会显示一条 1- > 5- > 9- > 3 的恢复路径,如图 7 所示。在节点 6 故障解除后,节点 1 收到故障解除消息时,又会将连接自动倒换到原来的工作路径上。



图 7 自动倒换后的恢复路径

对于重叠模型客户,它并不知道网络信息,因此也不知道哪些终端地址是可达的,哪些是不可达的,如果以不可达的节点地址为目的地址直接发送 UNI 的连接请求消息,那么在 UNFN 节点处可能会在进行了很多连接建立操作后才发现该目的地址不可达,或者会出现错误。因此在不确定目的节点是否可达的情况下,可以先进行服务查询。它会将目的地址通过服务查询消息发送给 UNFN 节点,该节点通过查找自己维护的网络节点地址信息来判断该目的地是否可达,并把判断结果放到服务查询映射消息中返回给重叠客户。在重叠客户通过解码来得知所请求的目的地址的可达性。

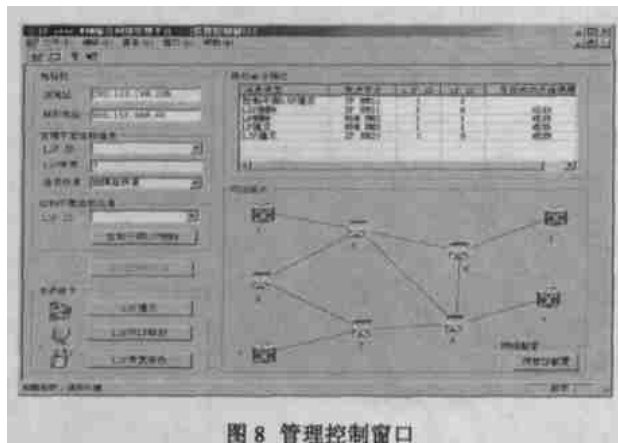


图 8 管理控制窗口

此外,管理平面能够对控制平面实行有效的监控和管理。如在控制平面建立连接及删除连接时,管理平面都会收到通

知消息,实现管理平面对控制平面的监控;同时管理平面可以直接删除控制平面建立的连接,实现管理平面与控制平面的交互。如图 8 所示,控制平面建立连接后管理平面收到了通知,而管理平面删除控制平面的连接后,同样会将结果显示出来。

因此,管理平面不但可以监控控制平面的操作,而且可以对控制平面的操作进行有效的管理,控制平面与管理平面具有良好的交互性。

#### 4 结论

本文提出了一种新型光因特网混合网络体系结构,通过在光节点设备上加装新的信令转换模块,实现光网络节点与不同模型下的 IP 路由器的互连。此外,管理平面不但可以监控控制平面的操作,而且可以对控制平面的操作进行有效的管理,模拟仿真研究结果表明,此技术是可行的,这对建立光因特网提供了一种新思路。

#### 参考文献:

- [1] Y Wen, V Chan. Ultrareliable communication over vulnerable optical networks via lightpath diversity: receiver architectures and performance [A]. Communications 2004 IEEE International Conference [C]. Washington: SPIE publisher, 2004. 1730- 1739.
- [2] A Hadjiantonis, S Sherif. A novel decentralized ethernet based passive optical network architecture [A]. Communications, 2004 IEEE International Conference [C]. Washington: SPIE publisher 2004, 1781- 1785.
- [3] T Chan, C Chan, L Chen. A self protected architecture for wavelength division multiplexed passive optical networks [J]. Photonics Technology Letters, IEEE, 2003, 15(11): 1660- 1662.
- [4] B Manseur, A Mokhtar, M Bortz. Exploring single and dual rail optical network architectures using reliability predictions [A]. Design of Reliable Communication Networks [C]. Washington: SPIE publisher, 2003. 387- 392.
- [5] P Datta, M T Frederick, A K Somani. Subgraph routing: a novel fault tolerant architecture for shared risk link group failures in wdm optical networks [A]. Design of Reliable Communication Networks [C]. Washington, SPIE publisher, 2003. 296- 303.

#### 作者简介:



张宁男,生于 1962 年,博士后,副教授,生于新疆石河子市,1987 年本科毕业于新疆大学物理系;1992 年研究生毕业于合肥工业大学应用物理系,获硕士学位;2002 年毕业于天津大学光子系,获博士学位;2002 年起,在北京邮电大学电信工程学院做博士后,从事光因特网、宽带通信网研究,在国内外已发表论文 50 余篇。E mail:

zn2004@163.com.

纪越峰男,1960 出生,博士,现为北京邮电大学教授,博士生导师,主要研究领域为光通信与宽带信息网。