

# 电信级以太网环网技术的研究

## Ring Network Technology for Carrier Ethernet

中图分类号: TN915; TP393.4 文献标识码: A 文章编号: 1009-6868 (2008) 06-0018-04

**摘要:** IP业务的快速发展使得网络中的业务流量逐渐从以时分复用(TDM)为主向以分组数据业务为主转换。为了适应这一转变,人们将低成本的以太网技术引入城域网中,同时采用环网控制协议进行环形组网,利用环网保护技术来实现电信网络要求的可管理性及可靠性。ITU-T G.8032给出了以太环网的组网目标及定义,规范了电信级以太网(CE)环网技术。以太网环网保护技术(ERP)及弹性分组环技术(RPR)为两种不同的环网保护技术,而传送多协议标签交换(T-MPLS)网络中采用TM-SPRing技术实现环网保护。运营商可以根据需求进行扩展,部署合适的环网技术,来满足电信级的要求。

**关键词:** 电信级以太网(CE); 以太环网; 以太网自动保护倒换; 弹性分组环(RPR)

**Abstract:** Along with the continuous development of IP services, the traffic flow in the network is gradually changing from Time Division Multiplexing (TDM) to packet data service. In this situation, low cost Ethernet technology is introduced into metropolitan network. Ring network control protocol is also adopted for ring networking. Ring network protection technologies are applied to guarantee the manageability and reliability of telecom network. Ethernet ring network objectives are defined in the protocol draft ITU-T G.8032, and Carrier Ethernet (CE) ring technology is also standardized. Ethernet Ring Protection (ERP) and Resilient Packet Ring (RPR) technologies are two different traditional ring network protection technologies, while TM-SPRing technology is the ring network protection technology for Transport-Multi Protocol Label Switching (T-MPLS) network. Telecom operators could expand according to their requirements and deploy suitable ring network technology to achieve the carrier class demands.

**Key words:** Carrier Ethernet (CE); Ethernet ring network; Ethernet automatic protection switching; Resilient Packet Ring (RPR)

张永军/ZHANG Yong-jun

尧昱/YAO Yu

顾婉仪/GU Wan-yi

(北京邮电大学 光通信与光波技术教育部重点

实验室, 北京100876)

(Key Laboratory of Optical Communication and

Lightwave Technologies, Ministry of Education,

Beijing University of Posts and

Telecommunications, Beijing, 100876, China)

于局域网(LAN)中,并没有考虑到向城域网甚至广域网的扩展。但由于其简单易用和低成本,使得以太网成为宽带接入的普适性技术。因此,各大标准化组织纷纷展开工作,研究能否在原有以太网上引入电信级的特性,满足在城域甚至广域的组网需求,以实现端到端的以太网业务。

所谓电信级以太网<sup>[2]</sup>,即在保留传统以太网的帧结构的基础上,通过加进传送网功能、扩展帧头或引入二层协议和信令等方式,在以太网上实现和电信网类似的可管理性和可靠性。以太环网作为一种城域以太网技术,解决了传统数据网保护能力弱、故障恢复时间长等问题,理论上可以提供50 ms的快速保护特性,同时兼容传统的以太网协议,是城域网优化改造的一种重要的技术选择和解决方案。

### 1 电信级以太网环网组网目标及定义

以太网采用的技术是广播侦听机制。如果以太网成环后就会形成广播风暴,导致整个网络都充满了数据流量,造成网络瘫痪。正是这种技术特点,在组建二层网络时,都采用树型网络。每个节点只有唯一的一个上行节点,网络不会形成环路,导致了以太网没有环网保护机制,这就很

随着业务IP化进程的加速,电信网络承载的业务类型发生了根本性变化,已由时分复用(TDM)流量为主转向分组流量占优的形态。业务类型的变化对承载网提出了新的需求。现有基于SDH/SONET的传送网适合承载速率恒定的同步电路业务,对于承载具有突发性和不确定性特征的分组业务,尤其是大颗粒度的数据业务(GE或10GE),存在一定的不适应

性。因此,如何选择合适的分组承载网技术,适应网络流量IP化趋势,为数据业务提供与传统电路业务同样的可用、有效的可管理的服务,是目前运营商建网面临的一大挑战<sup>[1]</sup>。

为了确保在城域网络上的竞争力,运营商均在考虑如何优化或改造现有的网络以适应新一代宽带用户的需求。采用基于以太网技术的宽带接入以其低成本,支持高带宽的系统已经成为现有城域网络的主要接入手段。以太网技术设计之初主要应用

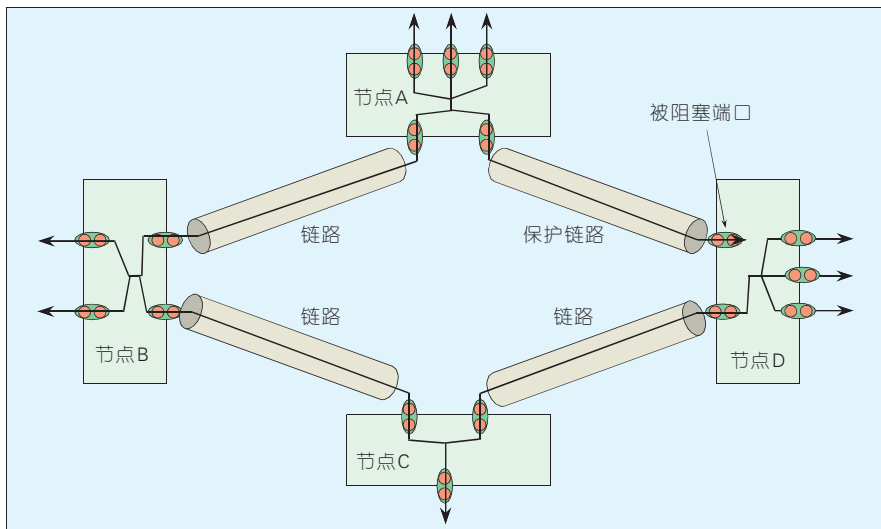
**基金项目:** 国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目(2006AA01Z246)

难达到电信级的可靠性和可用性。借鉴SDH的环网保护理念,于是就产生了以太网环网技术。主要技术原理是利用环网拓扑,在网络设备或链路发生故障时,能够快速有效地切换到备份链路上,并且保证已有业务不受影响。在电信领域里,50 ms级别的故障恢复水平是能够满足业务连续性要求的。

ITU-T G.8032对于以太环网给出了明确的组网目标和定义<sup>[3-4]</sup>,其中主要提出以太环网是由一组IEEE 802.1兼容的以太网节点组成的环形拓扑,每个节点通过基于802.3媒体访问控制(MAC)的环端口与其他两个节点相连,而以太网MAC可以由其他服务层技术承载(如SDHVC、MPLS的以太网伪线等),所有节点间能够直接或者间接通信。同时,以太环网既指物理环形拓扑也指逻辑拓扑,其中业务流量完全基于IEEE 802.1规范的转发规则转发,支持点到点(E-Line)、多点到多点(E-LAN)和点到多点(E-Tree)等以太网业务,包括以太网专线(EPL)和以太网虚拟专线(EVPL),支持各种模式的通信,包括单播、多播和广播,能够防止数据的失序和重复。而针对环网互连,以太网环网能够通过3种模式进行互连:共享的节点、由两个共享节点组成的链路、由以太环网重叠而成的多环/层网络。业务能够通过互连的环网实现端到端的传送。

## 2 传统的电信级以太网环网保护技术

在实际应用中,经常可以看到普通以太网交换机组成环形拓扑的网络,如三角形拓扑和口字形拓扑等,这些拓扑并不是环网技术。简单地说,环形组网是环网技术的基础和前提。而环网技术除了在物理拓扑上成环外,设备还要支持环网控制协议。比如交换机采用口字形组网时,只是在拓扑结构上成环,通常并没有采用环网技术和协议,设备的转发及其他行为与网状组网并没有不同,因而并



▲图1 ERP环网结构

不是环网技术。只有采用环网控制协议的环形拓扑网络才是环网技术。

传统的电信级以太环网保护技术主要分两大类:以太网环网保护(ERP)及弹性分组环(RPR)。现有的各种以太网环网技术均基于相关技术进行扩展来实现运营商对网络性能的要求。

### 2.1 以太网环网保护

以太网环网保护技术是一种专门应用于以太网环的链路层协议,它在以太网环中能够防止数据环路引起的广播风暴,当以太网环上链路或设备故障时,能迅速切换到备份链路,保证业务快速恢复。ERP协议的快速故障恢复原理是利用环网内专用的控制虚拟局域网(VLAN)传递环网控制信息,同时结合环网本身的拓扑特点,在网络发生故障时快速发现,并启用备份链路从而做到快速恢复<sup>[5-6]</sup>。

与其他保护机制的最大不同是,ERP可以为组播业务提供保护而无需在环上分配额外的容量,环上的所有容量都可以用来承载受保护的组播流量。

根据目前的以太环网保护倒换协议(G.8032/Y.1344),ERP技术在工作过程需要先在每个环中会配置一

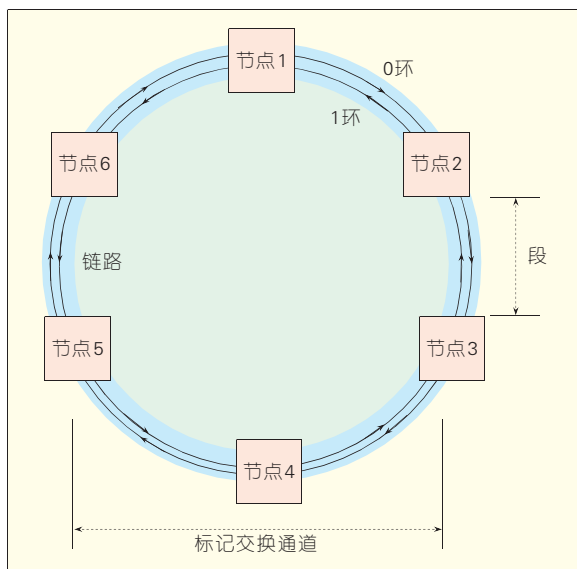
个主控节点,其他的节点为传送节点,通过收发相应的协议帧,主控节点能够很快检测到环路,根据最短时延原则,选取该环一个节点的一个环上端口置为阻塞状态<sup>[7]</sup>。ERP环网结构如图1所示。图1中节点D设为阻塞状态。而将其他节点的环上端口置为转发状态;处于阻塞状态的端口只处理轻量级分布式以太环网保护算法(LDEPA)的相关协议报文,而丢弃其他数据和控制报文,从而达到把环网从逻辑上断开的目的,解决了环网广播风暴的问题。

在环中某一链路出故障时,传输交换机检测到链路故障会马上发送一个消息给主交换机,主交换机马上把被阻塞的端口解阻塞,迅速恢复数据的转发,环上的其他节点收到故障通告消息后,清空转发地址表;如果该节点有环上阻塞端口,则将该端口置为转发状态。

故障恢复后,发现故障恢复的节点首先通过等待恢复时间来确认恢复,然后向环的两边通告故障恢复消息,并将与故障段相联的端口保持阻塞状态。

### 2.2 弹性分组环技术

弹性分组环技术是IEEE 802.17定义的一种在环型结构上优化数据



▲图2 T-MPLS环网结构

业务传送的MAC层协议<sup>[8]</sup>,能适应多种物理层(如SDH、WDM、以太网等),可以有效地传送语音、数据、视频等多种类型的业务。RPR定义了全新的帧结构,是一种双层MAC地址的帧结构<sup>[9]</sup>。RPR帧通过增加一些特殊字段如生存时间(TTL)、Control相关环网控制字段,使RPR定位于一个环网协议和技术。RPR的MAC协议也与普通以太网完全不同,RPR交换除了依靠外层MAC地址(用于标识环节点设备),还要依靠TTL、Control等字段以完成环路选择、帧生存期检查等操作。RPR还定义了独立完备的只用于RPR技术的运行、管理和维护(OAM)帧和协议,用于拓扑发现、故障检测、性能检测、公平性控制等。

RPR为互逆双环拓扑结构,环上的每段光路工作在同一速率上。不同的是,RPR的双环都能够传送数据,两个环分别称为0环(Ringlet0)和1环(Ringlet1),RPR 0环的数据传送方向为顺时针方向,1环的数据传送方向为逆时针方向。

每个RPR节点都采用了一个以太网中用到的48位MAC地址作为地址标识,因此从RPR节点设备链路层来看,这两对收发物理光接口只是一个链路层接口;从网络层来看,也只

需要分配一个接口IP地址。两个相邻RPR节点之间链路称为段,多个连续的段和其上的节点构成域<sup>[10]</sup>。RPR采用了SDH的环形结构,同时也继承了一个特大特点,就是故障自愈能力非常强,能够实现50 ms时间内的故障保护切换。链路故障发生时,在故障链路两端的节点内部把0环和1环连接在一起,重新形成一个新的环网。

上述两种方式均主要是基于传统以太网条件下的环网保护技术,保

证了以太网实现电信级的可管理性和可靠性。

### 3 T-MPLS共享保护环

多协议标记交换(MPLS)技术基于标签进行交换,同时可以支持数据业务的传送,T-MPLS技术就是在继承MPLS数据特征基础上,实现电信级需求的统一多业务传送技术。基于T-MPLS技术的环状网络,又称为TM-SPRing(即T-MPLS共享保护环)<sup>[11]</sup>。T-MPLS环网保护技术就是在TM-SPRing中对业务进行快速保护的技术。

T-MPLS环网是通过逻辑结构映射方式构建的T-MPLS LSP传送环网。在TM-SPRing中,各节点间建立逻辑相邻关系,相应的连接关系的建立不受物理设备、MAC拓扑的限制。相邻节点之间的连接称为区段,在T-MPLS环网中,区段为双向连接,可以为物理的链路,也可以是逻辑上的连接。环网节点间的用于传送业务的传送通道实体由基于T-MPLS一组标记交换通道(LSP)实现。环网承载实体为一条或多条LSP构成的双环结构,两个环的业务流向相反,可分为顺时针方向和逆时针方向,以具体业务方向为标准,也可分为工作环(工作业

务方向)和保护环(工作业务反方向)。每个环可以根据业务数量需要,建立多条LSP,为不同业务流分配不同的LSP。TM-SPRing的保护是针对相邻节点区段,业务的保护倒换与否是按区段的信号质量优劣而定。T-MPLS环网环网结构如图2所示。

为了防止相邻节点区段失效,在发生故障的情况下,需要确定完善的保护机制,以实现故障的快速保护,目前,在TM-SPRing中,采用两种保护机制:源路由(Steering)方式和环回(Wrapping)方式。前者就是源节点在发现故障后改变路径,绕过故障节点,直接将数据流传送到目的节点;而后者则是靠近故障的节点将数据流环回到另一个环上,通过长路径,允许数据流维持与目的节点之间的连接。两者最大的不同在于故障发生后,发起数据流重定向的节点不同。前者是发送数据流的源节点,而后者则是靠近故障的邻节点。环回方式的保护倒换启动时间短,相应的丢包较少,但是倒换的保护路径不是最优化路由;源路由方式的保护路径是最优化路由,但是保护倒换启动时间较长,相应的丢包较多。

在T-MPLS SPRing中,自动保护倒换(APS)信息借鉴SDH中的快速保护倒换技术来实现故障检测及保护倒换。在正常情况下,一个无故障的节点向其相邻节点报告正常的状态,目的节点是相邻节点;在故障情况下,故障发现节点会双向发起合适的桥接请求,对环回模式是为了在倒换的首末节点间传递信息,对源路由模式是在全网传递故障区段信息。APS信息的源节点是故障发现节点,目的节点是其相邻节点,即故障区段的另一节点。任何非目的节点对APS信息采取透明的传输。在故障区段失效的情况下,源目的节点间APS信息将遍历环上所有节点。各节点处理APS信息并在相应节点进行倒换动作,实现对环网上业务的保护。

目前的T-MPLS的环网保护方案



由ITU-T领导,在制订过程中主要参考SDH功能模块协议G.783,标准化并不完善,需要对相关问题(如源路由方式、MESH网络的扩展等)进一步进行标准规范。

#### 4 环网技术在城域网中的应用

城域网中传送网主要采用环网架构。环形网络拓扑在层次化组网、节省线路资源(比如光纤、Cable等)、提供灵活快速的保护、简化组网拓扑和简化网络管理等方面具有线形和星形方式不具有的优点。但是,它必须给数据通道提供快速的故障恢复能力。其中最关键的就是小于50 ms的保护倒换能力。

目前各种电信级以太网技术在组网时,许多厂家的设备大多支持环形组网<sup>[12]</sup>,各种技术大同小异。物理上都是环形网络拓扑,而逻辑上是链形或树形拓扑;环上节点数与设备性能、业务流量、传输距离相关,理论上没有限制。现有各种环网技术方案大都基于ITU-T G.8032标准根据RPR技术或者ERP技术扩展而来的,比如,MSR、ZESR、E-SPRing等,主要差异在于不同的故障检测和拥塞点的灵活选取,可以提高故障检测时间和网络带宽利用率。而随着T-MPLS技术的不断成熟和完善,T-MPLS网络的广泛配置,针对T-MPLS的TM-SPRing技术也将逐渐被运营商采用,来达到电

信级以太网的可靠性以及可管理性要求。

#### 5 结束语

以太网技术要达到电信级要求,高可靠性是其首先需要解决的问题。电信级以太网利用环网拓扑,在网络设备或链路发生故障时,能够快速有效地切换到备份链路上,并且保证已有业务不受影响,达到50 ms的保护倒换的要求。各种不同的以太网环网技术各有侧重,ERP技术和RPR技术在不同的应用需求下被扩展来实现运营商自身的需求。而随着T-MPLS的深入研究和广泛推广,TM-SPRing环网保护技术也被大量研究,因此如何根据不同厂家技术和设备的特点,结合运营商自身的实际需求进行应用和部署,是目前国内运营商实现环网保护的重中之重。

#### 6 参考文献

- [1] 桑须雷. 运营级以太网及传送网的转型[J]. 电信网技术, 2008,6(6):32-36.
- [2] 吴承治. 发展中的电信级以太网技术[J]. 现代传输, 2008(1):66-73.
- [3] ITU-T G.8032/Y.1344, Ethernet ring protection switching[S]. 2008.
- [4] SHAH S, YIP M. Extreme networks' Ethernet automatic protection switching (EAPS) Version1[S]. IETF RFC3619.2003.
- [5] 詹翊春. 电信以太网技术讲座之三——以太网线性保护与环网保护 [N]. 烽火科技报, 2008-07-28.
- [6] 马钰璐, 唐哲红. 电信级以太网的保护技术[J]. 电信科学, 2007,10(10):60-64.
- [7] 张艳. EAPS技术中网络自愈时间的关键因素研究[J]. 漯河职业技术学院学报, 2007,6(1).
- [8] IEEE 802.17. Resilient packet ring (RPR)

access method and physical layer specifications[S]. 2004.

- [9] 曹敏, 张屈新. 电信级以太网若干问题探讨[J]. 电信科学, 2007,9(10):64-66.
- [10] 杜宁, 姚玉坤, 黄伟. RPR在城域网上的应用[J]. 计算机与信息技术, 2006(3):85-88.
- [11] ITU-T G.8132. T-MPLS shared protection ring [S]. 2007.
- [12] 袁刚. 以太网技术在城域网中的应用[J]. 信息网络, 2006,2(2):49-51.

收稿日期:2008-09-10

#### 作者简介



张永军, 北京邮电大学副教授, 博士, 主要研究领域为宽带网络接入和传送技术。先后主持和参加国家高技术研究发展计划资助项目(“863”计划)、国家自然科学基金资助项目3项, 获得3项部级科技进步奖。已发表论文多篇, 英文专著1部。



尧昱, 北京邮电大学博士生, 主要研究方向为下一代光网络技术, 包括光网络发展、设计及流量控制和资源分配, 尤其是下一代分组传送网保护恢复技术。



顾婉仪, 北京邮电大学教授, 博士生导师, 长期从事光纤通信领域的教学和科研工作, 主要研究方向是高速超长光纤通信系统、智能光网络和新一代光节点设备等。1992年获国家有突出贡献的中青年科技专家称号, 2001年获全国优秀教师称号。曾先后5次获部级科技进步奖, 已发表学术论文100余篇。

#### 中兴通讯TD专利超1 300件行业居首 LTE与4G专利同步跃进

截至到2008年上半年,中兴通讯已经向3GPP单独提交的TD-SCDMA提案数量超过400篇,并牵头多个项目的立项,在TD-SCDMA RAN上申请的专利数量超过1 300件,数量位居各企业之首。

“凭借在TD-SCDMA上的优势,中国企业在TD-LTE的话语权得到了极大地增强。在TD-LTE标准化工作上取得突破后,中兴通讯又将4G标准预研工作纳入今后两三

年的重点工作。我们的目标是全面参与4G各领域的技术研究,在4G阶段取得的知识产权要在数量和质量上全面超越3G,并在局部技术上达到世界领先水平,在TDD技术体制上要掌握技术主导权。”中兴通讯标准部负责人胡剑向记者透露。

为了达到这一目标,中兴通讯将成立一支超过2 000人的研发队伍投入到LTE和4G的研究中,同时,加大力度在北美和欧洲的研究机构招揽国际标准化优秀人才加盟,提升4G标准预研的实力。