

# 基于弹性分组环技术的电力通信网络建设

陈 蕾

(浙江电力调度通信中心,浙江 杭州 310007)

**摘要:**介绍了现有的几种通信平台技术,以及弹性分组环技术(RPR)的基本特点和业务实现方法,阐述了RPR技术对电力通信多业务传输的有效支持情况,以及综合业务解决方案的优势。

**关键词:**弹性分组环;电力通信网;多业务传输

中图分类号:TN915.853

文献标识码:A

文章编号:1005-7641(2003)10-0005-05

## 1 电力通信平台现有技术

电力通信业务的新需求迫使我们必须建设统一、可靠、宽带、大容量、综合的电力通信网络。随着通信技术、网络技术的快速演进,近年来电力通信在广域和城域通信平台的建设中选取了多种新的技术。

(1) EOS/POS (Ethernet Over SDH/ Packet Over SDH) 技术

SDH技术体系和标准非常完善,有统一的光接口及复用标准,保证了多厂商产品之间的互操作性,有丰富的开销比特用于网络管理,有强大的组网与自愈能力,成为目前最主要的光传送手段。利用EOS/POS技术提供IP网络接口是目前电力通信常用的数据组网方式,不过SDH系统是一种电路模式传送技术,适合传送64 kbit/s的话音业务和提供以2 M为单位的固定速率电路。基于时隙结构的SDH不具备动态带宽分配特性,用来传输数据业务时会导致网络效率降低,且难以适应业务的突发性和速率可变性,因此,利用EOS/POS并不是数据业务的理想传送模式。

(2) ATM 技术

ATM是一种面向连接的传输技术,数据沿预先建立的虚通道进行传送,具有良好的流量控制机制和QoS保证,能减少信号传输时延,并具备服务质量分级的功能,可以为不同业务提供不同种类的通道,满足不同服务质量的要求,具有带宽可控制、安全性高、时延很小等特点,在电力通信中有着广泛的应用。但由于ATM系统协议复杂、传输效率低、设备价格及维护成本很高,从而使建设数据网的投资过大,同时ATM不适用于对高业务量的传输处理,通常只适用于业务量要求不是很高的小型数据网。

(3) 千兆以太网技术

千兆以太网(GE)是IEEE 802.3以太网标准的扩展,能兼容现有的10 Mbit/s和100 Mbit/s以太网。GE组网方案具有速率高、交换式、全双工等特点。由于采用了交换方式,每个端口可享用全双工1 000 Mbit/s的高速率。千兆以太网交换机具有第3层交换能力,可以提高网络性能、简化网络设备、降低网络成本。GE的实施具有直接、快速的特点,其传输距离可达100 km,可以满足一般通信网络的需要。但是GE技术具有以下不足之处:仅能简单提高传输带宽和交换容量,沿用的以太网机制CSMA/CD具有不确定性,媒介接入取决于概率,缺少优先级机制;不适用于实时业务;虽然资源预留协议(RSVP)提供了基本的QoS,但不能实现真正意义上的更高级的服务质量保证,依靠生成树协议来消除网络中的环路问题,环路自愈时间较慢。对于千兆以太网而言,如何在无连接的IP网上提供端到端的TDM电路,如何解决在50 ms内完成自愈恢复,如何提供电信级的IP业务能力,都仍是尚待解决的问题。

(4) DWDM 技术

DWDM应用波长路由器或光交换机提供波长之间的交叉互连构成多业务光服务平台,可以提供透明的、端到端的光波长通道,传输任意协议和速率的数据流,能快速满足用户的业务需求。TDM、ATM、FR、FB、GbE等各种业务流可以保持原来的协议格式,每种业务流均带有QoS分类标记。采用交换矩阵在任意节点对任意波长或某一波长通道中的某一业务进行分/插,使多种业务可以复用到一个波长通道中,不仅大大提高了带宽的利用率,而且可以灵活地分/插业务,从而动态地提供了新业务。

以上这些技术在可靠性、高效性、经济性等方面各具优势,但却很难兼顾。从近几年电力系统通信平台建设的情况来看,由于要考虑通信业务的特点和需求的急缓程度,在广域网建设上更注重可靠性、高效性,进程较快;在城域网建设上更注重高效性、经济性,进

收稿日期:2003-06-06

作者简介:陈蕾(1971-),女,浙江宁波人,工程师,从事电力系统通信网络管理工作。

程较慢,有些甚至为满足各自业务而采用不同技术进行分网建设。因此,从主观上讲,电力通信需要寻求一种新的技术,兼顾各方面的因素来建设综合通信平台。

## 2 弹性分组数据环(RPR)技术的出现

网络需求的不断增加驱动了技术的进步,弹性分组数据环(RPR)技术是近年来出现的一种全新的、能够在光纤上直接承载多种业务的技术。

RPR技术具备了千兆以太网的经济性,SDH对延迟和抖动的严格保障、可靠的时钟和50 ms环保护特性,以及ATM/MPLS区分不同业务的服务等级等特性。它具有比Packet Over SDH更简化、更灵活的帧封装模式。

目前RPR技术同MPLS相结合,简化分组业务的前传,具有MPLS隧道的功能,使RPR技术可以为各种分组业务提供面向连接的端到端的服务。同时,使RPR技术能够在单一的平台充分支持包括广播图像信息流、以太网及因特网业务和传统2 M电路交换业务在内的多种业务。综合多种业务的RPR管道技术如图1所示。

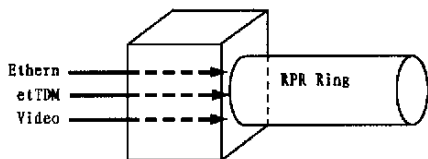


图1 综合多种业务的RPR管道技术

RPR技术利用统计复用的功能,使多种不同特性的业务能够在同一带宽中共存,并能容忍突发业务流量的发生。同时使用流量工程(Traffic Engineering)区分服务(Diff-service)和服务等级协议(Service Level Agreement)等,能根据用户的要求和业务的特性,为不同的业务提供不同等级的服务保障(包括流量带宽和业务质量)。

由于以上的先进特性,弹性分组网已被业界公认为未来光传送的主流技术之一,并和软交换技术、3G移动通信技术一起,成为三大技术发展热点。IEEE、IETF和ITU-T三大国际典型标准组织均成立了专门的工作组,以IEEE 802.17为主体对弹性分组环技术进行研究和完善,2002年9月提出了2.0版。

## 3 弹性分组数据环技术概要

### 3.1 RPR的协议栈

RPR的协议栈IEEE 802.17 MAC位于OSI L2 MAC层,定义了环形拓扑结构和在环形结构中如何对带宽进行统计复用,如何向不同的业务提供不同的服务策略,如何基于业务提供各种环保护机制。RPR协

议栈如图2所示。

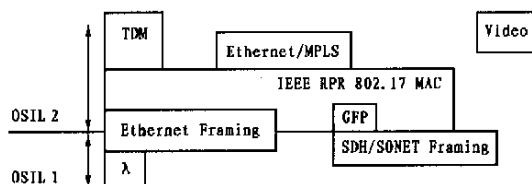


图2 RPR协议栈

### 3.2 弹性分组环工作方式

#### (1) 分组ADM式交换机制

采用类似分插复用式的交换机制,每个节点设备对业务完成3种操作:

- 1) 上环:把用户数据流加入到环路中去;
- 2) 下环:把目的地是本节点的数据流从环路中取出来;
- 3) 过环:直接把数据流从环路的一段前传到另一段上。

但由于RPR技术没有SDH那样复杂的帧结构,系统的处理性能可大大提高,特别是过环信息的时延将大大下降(仅1 μs),因此可以保证宽带业务的实时传送。

#### (2) 自动拓扑识别

在RPR网络中,每个节点都可以自动学习网络的拓扑结构。当网络发生变化时,RPR网络进入自动拓扑识别模式。通过Layer2消息,各个节点就可判断到底增加或减少了哪些节点或是哪两个节点之间的链路状态发生了变化。拓扑自动识别功能使网络初始化配置变得极其简单,并能避免可能带来错误的手工配置。

#### (3) 环同步

RPR每个节点的内部都能提供并保持高等级的同步。同步时钟信号是从外部时钟源提取的,也可以从线路上提供。整个RPR环如同SDH一样均工作在同步状态之下,保证了TDM业务的可靠质量。

#### (4) 空间复用技术

RPR支持空间复用技术,并且每一根光纤都可以用来传输数据和同向控制信号。空间复用技术使光纤复用因子为2,因此1 G RPR环平时可传送2 G的业务量,光纤使用率比SDH MSP或SNCP提高一倍,从而最大限度地增加了光纤的传输带宽利用率。RPR环空间复用如图3所示。

#### (5) 等级COS定义

RPR将业务分为4(或8个)业务等级(用于控制信令传送的最高优先级除外):EF、AF1、AF2、BE,通过MPLS COS位对不同业务等级进行区分。4个业务等级描述见表1所列。

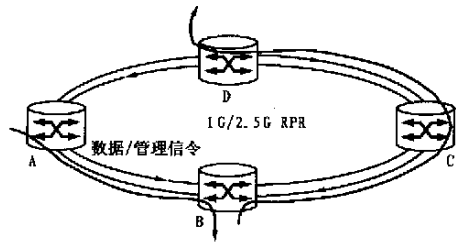


图 3 RPR 环的空间复用

表 1 RPR 业务等级

RPR 服务类别	对应 ATM 服务类型	吞吐量	延时	抖动	帧丢失
快速传送 Expedited Forwarding (EF)	CBR	恒定速率	极低, 有保证机制	极低, 有保证机制	极低
保障传送 Assured Forwarding 1 (AF1)	VBR-RT	速率可变, 有保证	低	可变	低
保障传送 Assured Forwarding 2 (AF2)	VBR-NRT	可超量配置, 优先于 BE	无要求	无要求	中
尽力传送 Best Effort (BE)	UBR	无保证, 视网络情况确定	无要求	无要求	高, 视网络情况确定

(6) 基于源路由和服务等级的 50 ms 环保护倒换

RPR 采用源路由的环保护倒换, 倒换时间将小于 50 ms。源路由的保护方式是: 在网络正常工作和保护倒换时, 业务遵循最短路径的原则, 保证了业务的传送时延, 在使用空间复用时, 网络也能够节省更多的带宽。另外, RPR 也是基于业务等级的保护环, 在环保护切换时, 根据业务流的不同服务等级, 按照同终点业务一起倒换的原则, 依次向反向光纤倒换业务。EF 业务先倒换, AF1、AF2 再依次倒换, EF 业务(重要的视频广播可以指定为这种类型)保护倒换时间可小于 20 ms, 所有具有承诺带宽的业务在保护倒换之后都有带宽保障。RPR 环保护倒换如图 4 所示。

(7) 带宽管理和拥塞控制机制

RPR 环具有内在的机制去执行公平算法以控制带宽的利用。带宽策略允许在无拥塞的情况下, 把环上任意两个节点之间的所有带宽分配给这两个节点, 不存在 SDH 那种固定电路系统的不灵活性, 同时又比点到点的以太网更有效性。RPR 每一个节点的 MAC 层一直观测紧靠它的链路利用情况, 然后把信息告知环上所有的节点, 每一个节点可以据此向环上增加或减少发送的数据量, 这使得 RPR 环的带宽利用率比 TDM 网络高 3~4 倍。拥塞控制机制是根据 RPR 环路上每个业务流的服务等级(SLA)来制定的, 保证了重要业务的带宽要

求, 而对于低等级的突发业务则在必要时采用 RED 机制直接丢弃, 避免网络发生拥塞。

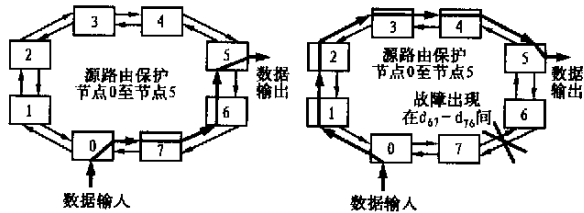


图 4 RPR 环保护倒换

(8) 简单化的服务配置

由于 RPR 环是面向连接的共享媒质环, 环路每个节点都掌握环路拓扑结构和资源情况, 并可以根据实际情况调整环路带宽的分配, 因此网管人员不需要对节点资源进行逐点、逐段的分配, 只要指定起点、终点、带宽和服务等级业务就可自动生成。

4 利用 RPR 组建高效综合通信网的优势

RPR 基于分组交换, 能够提供面向连接的业务, 用 RPR 技术组建电力通信平台(尤其对于城域网), 具有以下优势。

4.1 更灵活的组网方式

RPR 技术支持环形、相切环和链形的网络结构。每个 RPR 节点都具有网络拓扑的自动发现功能, 能够自动识别网络结构的变化并对业务的传送作出相应的决策, 这种自动的网络更新机制能够避免在城域网网络发生变化时复杂的、人为的网络调整。另外, RPR 技术允许在 1 个环内容纳 256 个节点, 为城域网网络的扩容提供了非常大的余地。

4.2 电信级的网络安全性和可靠性

RPR 技术是面向连接的技术, 吸收了 SDH 和 ATM 网络的优点。在光纤发生断裂时, RPR 的环保护技术能够在 50 ms 内完成业务的保护倒换, 具有和 SDH 技术同样的电信级网络可靠性。

4.3 承载多业务的能力

RPR 作为新一代的光传送网络技术具有同时承载视频、数据和话音的能力。使用服务等级 SLA 方式区分业务, 并采用强大的 QoS 质量控制技术, 保证了各个业务都能获得所需的带宽, 有效地避免了业务之间的冲突和网络的拥塞。

4.4 更高的光纤资源利用率和带宽利用率

环形的 RPR 网络比点到点或树形的网络更能够节省光纤资源, 使网络的部署更为有效。空间复用技术使网络带宽利用率提高 2 倍, 统计复用技术充分考虑到用户使用网络带宽的统计特性, 在实际应用中, 网络可提供高于承诺带宽 3~4 倍之多的中继带宽。



RPR 网络与其他网络带宽利用的比较见表 2 所列。

表 2 RPR 网络与其他网络带宽利用的比较

	1 G RPR 网络	2.5 G RPR 网络	1 G 以太网环	2.5 G SDH 网络
对用户提供的 承诺带宽	1 G	2.5 G	0	2.5 G
对用户提供的 非保护带宽	为突发 业务	为突发 业务	2 G	2.5 G
对用户提供的 突发业务	3~4 G	7.5~10 G	6~8 G	0
对用户提供的 总带宽	4~5 G	10~12.5 G	6~8 G	5 G

如表 2 所列,1 G RPR 环路对应的承载能力完全可以和 2.5 G SDH 环路相媲美。而 2.5 G RPR 实际可提供 10~12.5 G 的应用容量,这就大大提高了骨干层的承载能力,大容量的可用带宽也有利于骨干层的长期稳定运行。

4.5 更方便快速的业务开展

RPR 网络是面向端到端连接的网络,支持 Point-and-click provisioning 的管理方式。用户只要在图形的网管操作界面上选取业务的起点和终点,网络就能自动地根据最短路径原则完成业务配置并决定业务带宽和服务等级,业务的开展自动而且迅速。

5 各种业务在 RPR 网络上的实现

电力系统中的业务包括程控交换、调度、远动通道、会议电视、视频监控、电力市场技术支持等数据量不大但实时性要求极高的业务,以及各类管理信息和宽带上网等突发数据量大但实时性相对不高的业务。网络将根据不同业务的质量需求和特性,制定不同的服务级别和带宽保证,以满足多种应用。RPR 网络中各种业务见表 3 所列。

(1) 语音和调度业务

这些业务是网络中最重要的业务,要求网络对其提供最可靠的带宽保证、最小的时延和最高的优先等级,所以指定为最高的服务级别—EF 类。利用 RPR 的 50 ms 环保护功能和全网时钟同步能力,能建立类似 SDH 平台上的 TDM 专线业务,该业务实时且比特率恒定,提供速率为 2 Mbit/s 或 155 Mbit/s,与传统的 PBX 或 PCM 相连,也可以直接与 SDH 传输设备的 SDH 端口互通,系统延时和抖动都可以达到普通 PDH 接口的质量。

表 3 RPR 网络中的各种业务

业务	传送方式	服务级别	带宽	时延	优先级 顺序
语音交换 2 M	点对点 汇集	EF	$N \times 2$ M 有保证	极小	1
SCADA 系 统、电力市 场、调度数 据网等	点对点 TDM	EF	每条线路 有保证的 2 M	极小	1
会议电视 视频监控	点对点 或广播	EF	2 M 有保证	极小	1
各类管理 信息	以太网汇 集(ELA)或 以太网专线	AF	设定带宽	小	2 3
宽带上网	以太网 汇集	BE	动态共 享带宽	无要求	4

(2) 视频高带宽实时性业务

这类业务包括会议电视业务、视频监控系统业务和图像广播业务。这类业务面向连接,对带宽和时延的要求严格,所以也同样属于 EF 类业务。在 RPR 网络上可以同时支持 H.320 和 H.323 的视频会议电视系统,也支持图像的广播功能。RPR 支持的空间复用和统计复用功能,能够为建立高带宽的动态图像监控系统提供丰富的带宽。

(3) 各类管理信息业务

这些业务同样必须要求严格的质量保证。利用 RPR 的 COS 功能可以划分较高的优先级,抖动和延时都较低,根据需要在 RPR 环上可以划分出不同速率的以太网专线通道,或专用 VPN。

以上三种业务均可以利用反向保护环上通道进行小于 50 ms 的电信级环保护,保证在光纤中断时业务不中断。

(4) 用户服务、Internet 等普通业务

对于电力系统中的没有实时要求的业务,如用户宽带上网业务,可以根据业务重要性划分不同的业务等级和业务速率,有些可以提供环保护,有些业务按突发性业务处理,不提供环保护。

(5) 完善的以太网服务功能

1) 宽带以太网专线服务

宽带以太网专线服务包括点到点的 EPL 服务和多点到点的 ELA 服务。通过 RPR 网络向不同的电力业务部门用户按以太网口的方式提供以太网专线服务。当对用户提供 EPL 服务时,可基于物理端口或逻辑子端口进行配置。对用户提供的以太网点到点专线可在物理或逻辑子端口上进行速率限制,并设置 EPL 通路服务质量等级和带宽。端口速率和带宽的配置原则是从 64 kbit/s 开始进行配置,按 64 kbit/s 为阶梯递增。由于 RPR 帧中内嵌 MPLS 标签,每个用户的 EPL 服务都有唯一的 MPLS 标签标识,因此可提供的

EPL 服务没有用户数目的限制。对于以星形方式组网的用户需求,可以采用 ELA 方式提供宽带以太网专线服务。

2) 宽带 L2 MPLS VPN 服务( TLS )

TLS 服务可以很好地满足多点对多点的以太网应用需求。RPR 网络可基于以太网口或逻辑子端口向用户提供 TLS 服务,用户 A 和 B 各有 4 个点组成单独的 TLS 域。每个 TLS 域可以支持 4 096 个 VLAN 交换,并可学习用户端的 MAC 地址,生成单独的 MAC 地址表。在地址学习过程中 TLS 域采用广播 MPLS LDP 方式进行,在用户数据交换时则根据学习到的用户端 MAC 地址采用单播 MPSL LDP 方式进行。这样,用户 A/B 仅需以太网交换机就可以构成 1 个专网,并实现各个用户节点间的任意交换。在对 TLS 服务进行配置时,仅需设置那些属于 TLS 域的物理以太网口或子端口,并设置 TLS 域的服务质量等级和物理以太网口/子端口的带宽。

6 结束语

采用 RPR 技术,使电力通信平台既能够提供传统的、高质量的各类话音图像、数据管理等业务,也能应对电力系统信息化发展提出的各种不同要求、不同质量等级的网络业务需求。鉴于电力系统已建有采用不

同技术的广域和城域网通信平台,因此,RPR 技术比较适用于对早期网络的改造和新构建的通信网络(尤其城域网),以实现可靠性、高效性、经济性三统一,使电力通信能够真正做到面向用户和面向未来。

参考文献：

[ 1 ] An Introduction to Resilient Packet Ring Technology[ Z ]. White Paper, Resilient Packet Ring Alliance 2001.  
[ 2 ] Cisco Systems. Spatial Reuse Protocol Technology[ Z ]. White Paper 2002.  
[ 3 ] IEEE Draft P802.17/D2.2. RESILIENT PACKET RING ( RPR ) S ]. April 9 2003  
[ 4 ] D Tsang , G Suwala. The Cisco SRP Mac Layer Protocol [ DB/OL ]. http :// www . faqs . org / rfcs / rfc2892 . html .  
[ 5 ] N Cole J Hawkins , M Green , R Sharma , K Vasani. Resilient Packet Rings for Metro Networks[ Z ]. White Paper , Resilient Packet Ring Alliance 2001.  
[ 6 ] 802.17 标准 RPR 营造全 IP 网[ N ]. 中国计算机报网络与通信 2002 - 12 - 17.  
[ 7 ] 弹性分组环技术及其应用[ N ]. 通信产业报 , 2003 - 4 - 27.  
[ 8 ] 魏亮 . 城域网新标准 : 弹性分组环 RPR[ N ]. 中国计算机用户 , 2002 - 11 - 12.  
[ 9 ] 深圳键桥通信技术有线公司 . 基于 RPR 的宽带网络综合解决方案[ Z ]. 2002 . 10 .

Building of the electric power telecommunication network based on RPR

CHEN Lei

( Zhejiang Electric Power Dispatching & Communication Center , Hangzhou 310007 , China )

**Abstract :** This Paper introduces the existing communication platform technologies , the basic characteristics and service implementation method of Resilient Packet Ring ( RPR ) , explains how this technology can effectively support multi - services of electric power telecommunication and the advantages of integrated services solution .

**Key words :** Resilient Packet Ring ; electric power telecommunication network ; multi - service transport

中天海缆携手浙江电信工程

浙江电信舟山分公司定海—岱山、朱家尖—登步光缆工程海缆采购项目已于近日开标,经过专家小组的综合评审,一致确定采用中天 48 芯海底光缆,工程全长 21.7 km。作为“非典”之后中国海底光缆第一标,此次招标吸引了国内外众多厂家。在招标中,中天海缆以其优质的性价比、同行无法达到的快速生产供货能力、周到完善的服务质量等综合优势,赢得了浙江电信专家小组的青睐。

中天科技参照国际先进技术标准制造的海底光缆,拥有激光焊接不锈钢管光纤单元核心技术,生产出的大段长复合不锈钢光纤单元,其结构性能达到国际同类产品先进水平。从已经投入运行的上海崇明岛至浦东、福建省平潭岛等地的跨江(海)网络通讯工程、舟山普陀联岛干线工程、粤海铁路广东海安至海口跨海海底光缆工程、中国电信、中国网通一级干线等工程实践看,中天科技海缆表现出良好的光学传输、机械和抗渗水性能。

2003 年是中天科技的“管理提升年”,公司通过加强内部管理和文化建设,保障了产品质量,提高了工作效率,从而很好地控制了各项生产成本,使产品性价比更具优势,综合竞争力进一步增强。

(江苏中天科技股份有限公司)