



第三届国家期刊奖百种重点期刊 中国科技核心期刊
中国科技论文统计源期刊 中国五大文献数据库收录期刊

ISSN 1009-6868
CN 34-1228/TN

中兴通讯技术

ZTE COMMUNICATIONS

www.zte.com.cn/magazine

2010年6月 • 第3期

专题: 分组传送网



ISSN 1009-6868



06>

9 771009 686007

专题:分组传送网

专 | 题 | 导 | 读

业务的IP化已经成为不争的事实。移动多媒体业务、IPTV、三重播放等新兴宽带数据业务的强势发展,促使数据流量迅猛增长,同时对网络带宽提出了巨大的需求。

数据业务的迅猛崛起、业务特征的明显变化必然推动信息通信基础网络的转型和演变。基于电路交换的电信网在承载突发性强、带宽变化的分组业务时往往表现出交换粒度不灵活,网络层次、功能重叠,效率较低等缺点。尽管几经变革,也提出不少IP/Ethernet over SDH/WDM方案,但电路交换本身的缺陷难以从根本上改变;另一方面,以分组交换为特征的互联网以其高效、灵活等优势获得迅猛发展,其应用深入到人类社会的各个方面,深刻改变着人们的工作、生活方式。但是,基于分组交换的互联网的不可控管、无QoS保证及安全性问题也成为业界头疼的问题。多年来,电信行业和互联网的专家们都在探索新型的网络模式,希望这种模式能融合数据网和传送网的优势并尽量摒弃它们的不足。

在业务发展和市场需求的双重驱动下,分组传送网(PTN)应运而生,成为网络融合和发展的方向之一。PTN是面向连接的分组交换技术,既具有分组交换、统计复用的灵活性和高效率,又具有电信传送网的可靠、可控和高生存性,可以支持以太网、TDM、ATM、IP等多种业务的接入。其发展和应用受到业界众多的关注。以太网专家们提出电信级以太网的概念,发展了支持流量工程的运营商骨干桥接(PBB-TE)技术,成为PTN的标准之一。在电信行业,ITU-T从2005年开始规范传送多协议标记交换(T-MPLS),2008年又与IETF成立联合工作组,共同推进PTN标准化工作。在中国,由于多数运营商已建有多协议标记交换(MPLS)网络,所以对MPLS-TP更加青睐,使其成为备受关注的主流PTN技术。

尽管PTN的标准化工作还在继续深入进行中,PTN的一些关键技术还有待继续研究,但设备商已经推出了一些PTN设备,并在3G移动通信的建设中得到了应用,推动了3G回传网的IP化和宽带化。

本期以“分组传送网”为专题,从技术要求、标准化进展、网络体系、关键技术和组网应用等方面介绍中国PTN的研究进展和应用情况,并对PTN发展过程中的若干关键问题进行思考与探讨。中国从事标准化工作的专家、电信运营公司的技术主管、高校的教授和中兴通讯PTN的一线研发人员为本专题撰写了9篇稿件,总结了他们多年来对PTN的研究成果和研发经验,希望有助于读者对PTN的了解与研究。

本期专题策划人



顾晚仪

北京邮电大学教授、博士生导师,北京邮电大学学术委员会副主任;长期从事光纤通信的教学和科研工作,近年主要研究智能光网络、高速系统的长距离传输、光载正交频分复用、分组传送网等;主要论著有《光纤通信系统》、《全光通信网》、《光传送网》、《WDM超长距离光传输技术》、《IP数据光网络技术与应用》等。

2010年第1—6期专题计划

- 1** **LTE和协作通信**
卢科学 中兴通讯股份有限公司无线研究院院长
- 2** **互联网体系结构的演进与革命**
程时端 北京邮电大学教授
- 3** **分组传送网**
顾晚仪 北京邮电大学教授
- 4** **云计算及其应用**
李德毅、李星 清华大学信息学院教授
- 5** **信息系统容灾抗毁与应急通信技术**
杨义先 北京邮电大学教授
- 6** **绿色无线移动通信**
朱近康 中国科学技术大学教授



目次

办刊宗旨

以人为本, 荟萃通信技术领域精英; 迎接挑战, 把握世界通信技术动态; 立即行动, 求解通信发展疑难课题; 励精图治, 促进民族信息产业崛起。

中兴通讯技术

ZHONGXINGTONGXUN JISHU

双月刊 1995年创刊 总第91期
2010年6月 第16卷第3期

主管: 安徽省科学技术厅
主办: 中兴通讯股份有限公司
安徽省科学技术情报研究所
编辑: 《中兴通讯技术》编辑部

总编: 谢大雄
副总编: 邓新
常务副总编: 黄新明
责任编辑: 杨勤义
编辑: 朱莉, 卢丹, 徐烨
制作: 余刚
发行: 王萍萍

《中兴通讯技术》编辑部
地址: 合肥市荣事达大道450号
邮编: 230041
网址: <http://www.zte.com.cn/magazine>
投稿邮箱: magazine@zte.com.cn
电话: (0551)5533356
传真: (0551)5850139

出版、发行: 中兴通讯技术杂志社
发行范围: 国内外发行
印刷: 合肥中建彩色印刷厂
出版日期: 2010年6月10日
刊号: ISSN 1009-6868
CN 34-1228/TN
广告经营许可证: 皖合工商广字0058
定价: 每册10.00元, 全年60.00元

专题: 分组传送网

- 01 对中国PTN行业标准及其关键问题的思考 张海懿, 李芳
05 分组传送网标准进展 杨剑
09 分组传送网技术发展中的若干问题 荆瑞泉
13 PBB-TE的结构特征与GMPLS控制技术 韦建文, 谢锐, 金耀辉
17 分组传送网的环境保护和生存机制 陆月明
21 MPLS-TP的业务适配与标签转发机制 张永军, 张志辉, 顾婉仪
26 PTN时钟同步技术及应用 李勤
31 PTN技术与IP化移动回传网 丛凯, 赵福川
35 PTN承载高精度时间同步协议技术研究 李晗

专家视点

- 40 高带宽业务需求与宽带网络的演进 王孝明

运营应用

- 44 运营商电信网业务和互联网业务融合发展的方式 邢晓江

研究论文

- 47 车载移动异构无线网络架构及关键技术 刘富强, 单联海

开发园地

- 52 基于ROF技术的EPON和WiMAX融合方案的研究 张曙, 刘德明, 吴广生

系列讲座

- 55 云计算(3) 王柏, 徐六通

综合信息

中兴通讯推出业界首款45 MHz宽频RRU, 更适应TD-LTE需求(4) 中兴通讯持续引领通信标准, 科学技术奖表彰会独占鳌头(8) 中兴通讯推进云计算安全立项, 获3个编者席位(12) 中兴通讯FTTx方案助上海电信打造世博“光之都”(25) 中兴通讯发力移动互联网, 首次召开全球合作伙伴联盟大会(30) 中兴通讯携手上海电信, 提供IPv6核心技术助力世博打造高效网络(39) 广告索引(39)

期刊基本参数: CN 34-1228/TN * 1995 * b * 16 * 64 * zh * P * ¥10.00 * 15000 * 15 * 2010-06

Contents

ZTE COMMUNICATIONS Vol.16 No.3 Jun. 2010

Special Topic: Packet Transport Network

- 01 PTN Technical Requirements and Its Some Key Issues ZHANG Haiyi, LI Fang
05 The Progress of Standards on Packet Transport Network YANG Jian
09 The Discussion about the Development and Application
of PTN Technologies JING Ruiquan
13 Structural Features of PBB-TE and GMPLS-Based
Control for PBB-TE WEI Jianwen, XIE Rui, JIN Yaohui
17 Mechanisms of Ring Protection and Survivability
for Packet Transport Network LU Yueming
21 Mechanism of Service Adaptation
and Label Forwarding in MPLS-TP ZHANG Yongjun, ZHANG Zhihui, GU Wanyi
26 PTN Clock Synchronization Technology and Its Application LI Qin
31 PTN and IP-Based Mobile Backhaul CONG Kai, ZHAO Fuchuan
35 Analysis of Precision Time Synchronization Protocol in PTN LI Han

Expert View

- 40 High-Bandwidth Broadband Service Requirements
and the Evolution of Broadband Network WANG Xiaoming

Operational Application

- 44 Integrated Service Development Approach of Telecommunications
Networks and Internet for Operators XING Xiaojang

Research Papers

- 47 Vehicular Heterogeneous Networks Architecture
and Key Technologies LIU Fuqiang, SHAN Lianhai

Development Field

- 52 Research on the Convergence Network of EPON
and WiMAX Based on ROF ZHANG Shu, LIU Deming, WU Guangsheng

Lecture Series

- 55 Cloud Computing (3) WANG Bo, XU Liutong

《中兴通讯技术》编辑委员会

主 任 钟义信

副主任 侯为贵 糜正琨

编委(按姓氏拼音顺序排列)

艾 波 曹淑敏 常金芸 陈常嘉
陈建平 陈 杰 陈锡生 程时端
程时昕 高 文 龚双瑾 古永承
顾晚仪 郭云飞 侯为贵 何士友
洪 波 纪越峰 江 华 蒋林涛
雷震洲 李红滨 李建东 李乐民
李少谦 李 星 孟洛明 糜正琨
倪 勤 孙枕戈 谈振辉 田文果
王晓明 王晓云 王育民 韦乐平
卫 国 谢大雄 谢希仁 徐安士
续合元 杨义先 杨 震 殷一民
尤肖虎 乐光新 张同须 张智江
赵厚麟 赵慧玲 赵先明 钟义信
周苏苏 朱近康

敬告读者

一、本刊享有所发表文章的版权,包括英文版、电子版和网络版版权,所支付的稿酬已包含上述各版本的费用。

二、未经本刊许可,不得以任何形式全文转载本刊内容;如部分引用本刊内容,须注明该内容出自本刊。

邮购须知

本刊常年办理邮购订阅业务,欢迎订阅。订阅方法:从邮局汇款至编辑部,在汇款单上将订阅者的详细地址、收件人姓名及联系电话填写清楚,并在汇款单附言栏注明所购杂志期次及数量。

对中国 PTN 行业标准 及其关键问题的思考

PTN Technical Requirements and Its Some Key Issues

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0001-04

摘要: 分组传送网(PTN)是业内关注的电信级承载技术热点之一。在国际标准尚未完成的情况下,中国的 PTN 设备开发和网络应用处于领先地位。文章基于中国通信标准化协会(CCSA)通信行业标准《分组传送网(PTN)总体技术要求》,重点阐述了 PTN 网络功能架构、多业务承载和数据转发功能、PTN 网络保护、运行管理维护(OAM)架构和功能要求 4 个方面的内容。结合中国运营商和设备商的利益,文章对涉及 PTN 行标的技术选择、网络应用和后续发展的关键问题进行了探讨。

关键词: 分组传送网; 伪线; 网络保护; 运行管理维护

Abstract: Packet Transport Network (PTN) is one of the hot research interests in carrier technologies. Although the international standards are not yet complete, China is leading the world in the development of PTN equipment and network applications. With "General Technical Requirements for Packet Transport Networks" as the CCSA standard, this paper first introduces the background of PTN technology and standards, then illustrates four important aspects: the PTN network architecture, multi-services bearing and data transfer function, PTN network protection, and OAM architecture and functional requirements. Finally, considering the profit motive of Chinese carriers and vendors, some key issues on PTN technology choice, network applications, and future evolution.

Key words: PTN; PW; network protection; OAM

张海懿/ZHANG Haiyi
李芳/LI Fang

(工业和信息化部电信研究院通信标准研究所, 北京 100191)
(Institute of Communication Standards Research, China Academy of Telecom Research, MIIT, Beijing, 100191, China)

满足传送网需求;且具有传送网风格的网络保护机制和 OAM 能力。

另一类是从以太网发展而来的面向连接的以太网传送技术,如 IEEE 802.1Qay 规范的运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE)。该技术在 IEEE 802.1ah 运营商骨干桥接(PBB, 即 MAC in MAC)基础上进行了改进,取消了媒体访问控制(MAC)地址学习、生成树和泛洪等以太网无连接特性,并增加了流量工程(TE)来增强 QoS 能力。目前 PBB-TE 主要支持点到点和点到多点的面向连接的业务传送和线性保护,暂不支持面向连接的多点到多点之间的业务传送和环网保护。

这两类 PTN 实现技术在数据转发、多业务承载、网络保护和 OAM 机制上有一定差异^[1-2]。从产业链、标准化、设备商产品及运营商应用情况来看, MPLS-TP 技术发展趋势要优于 PBB-TE, 因此, MPLS-TP 是目前业内关注和应用的 PTN 主流实现技术。

1 《PTN 总体技术要求》 主要内容

《PTN 总体技术要求》主要规范

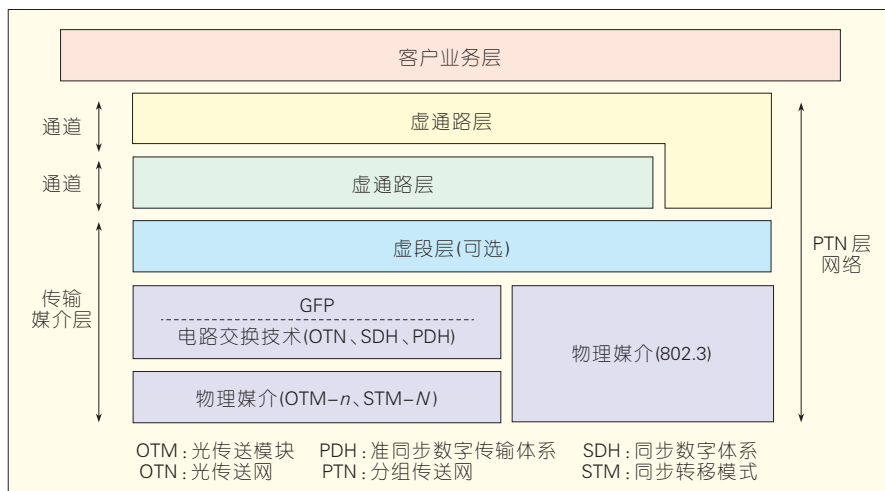
分组传送网(PTN)是基于分组交换、面向连接的多业务统一传送技术,不仅能较好承载电信级以太网业务,满足业务标准化、高可靠性、灵活扩展性、严格服务质量(QoS)和完善的运行管理维护(OAM)等 5 个基本属性,而且兼顾了支持传统时分复用(TDM)和异步传输模式(ATM)业务,继承同步数字体系(SDH)网管的图形化界面、端到端配置等管理功能。目前,PTN 应用在城域网范围,承载移动回传、企事业专线/专网等有 QoS 要

基金项目: 国家高技术研究发展计划("863"计划)课题(2007AA01Z253)

求的业务,实现中国运营商城域传送网从 TDM 向分组化的逐步演进。

PTN 有以下两类具体实现技术:

一类是从因特网协议/多协议标记交换(IP/MPLS)发展来的传送多协议标记交换(MPLS-TP)技术。该技术抛弃了基于 IP 地址的逐跳转发机制,并且不依赖于控制平面来建立传送路径;保留了多协议标记交换(MPLS)面向连接的端到端标签转发能力;去掉了其无连接和非端到端的特性,即不采用最后一跳弹出(PHP)、标记交换路径合并、等价多路径等,因此具有确定的端到端传送路径,并增强了



▲ 图1 PTN的网络分层结构

了PTN网络功能架构、多业务承载和数据转发功能、网络保护功能和性能、OAM能力、QoS、分组同步、网络接口、网络性能、网管功能以及控制平面功能等方面。其中前4个方面是PTN技术具有的特色,下面分别简单介绍。

1.1 PTN的网络功能架构

PTN具有以下技术特征:

- 采用面向连接的分组交换(CO-PS)技术,基于分组交换内核,支持多业务承载。
- 严格面向连接。该连接应能长期存在,可由网管手工配置。
- 提供可靠的网络保护机制,并可应用于PTN的各个网络分层和各种网络拓扑。
- 为多种业务提供差异化的服务质量保障。
- 具有完善的OAM故障管理和性能管理功能。
- 基于标签进行分组转发。OAM报文的封装、传送和处理不依赖于IP封装和IP处理。保护机制也不依赖于IP分组。
- 支持双向点到点传送路径,并支持单向点到多点传送路径;支持点到点(P2P)和点到多点(P2MP)传送路径的流量工程控制能力。

分组传送网络包括3个PTN层网

络,如图1所示^[1]。它们分别是PTN虚通道(VC)层网络、PTN虚通路(VP)层网络和PTN虚段(VS)层网络。PTN的底层是物理媒介层网络,可采用IEEE 802.3以太网技术或SDH、光传送网(OTN)等面向连接的电路交换(CO-CS)技术。对于MPLS-TP技术,PTN的VC层即伪线(PW)层,VP层即标记交换路径(LSP)层。

1.2 PTN的多业务承载和数据转发功能

在基于MPLS-TP的PTN网络的多业务承载架构^[2]中,MPLS-TP的网络客户层包括基于PW的仿真业务、采用MPLS标签的业务和IP业务。目前阶段,该承载架构的标准主要规范基于PW的仿真业务,包括TDM业务、以太网二层业务和ATM业务;对采用对等模型承载IP和MPLS业务的功能要求待研究。PTN的业务承载均是采用面向连接的机制,基于无连接的实现机制不在标准范围之内。

对基于PW的仿真业务,基于MPLS-TP的PTN应当满足以下功能要求:

- (1)PTN统一采用PWE3封装来承载仿真类业务。PWE3控制字的使用应符合RFC4385。
- (2)PTN支持TDM业务仿真和传送,具体要求如下:

- 应支持基于非结构化仿真(SAToP)模式的TDM业务承载。PWE3封装和控制字应符合RFC4553。SAToP模式适用于任何信号结构的TDM电路仿真。

- 可选支持基于结构化仿真(CESoPSN)模式的TDM业务承载。PWE3封装和控制字符合RFC5086。CESoPSN模式主要用于 $N \times 64\text{ kbit/s}$ 信号结构的TDM电路仿真,并可节省带宽。

- 可选支持基于SDH仿真(CEP)模式的TDM业务承载。PWE3封装和控制字符合RFC4842。CEP模式主要用于基于VC12或VC-4信号结构的SDH电路仿真。

(3)PTN支持以太网二层业务的仿真和传送。

具体要求如下:

- 支持以太网线型业务(E-Line)、以太网专网业务(E-LAN)和以太网根基多点业务(E-Tree),并符合ITU-T和MEF的相应规范。

- 应支持基于端口、端口+VLAN的方式实现业务与VC/VP的绑定。

- 应支持采用网管的静态配置方式建立以太网业务。可选支持采用信令方式动态建立以太网业务。

- PWE3封装和控制字应符合RFC4448。

(4)PTN可选支持ATM业务仿真和传送。PWE3封装和控制字符合RFC4717。PTN支持1:1虚信道连接/虚通道连接(VCC/VPC)和 $N:1$ VCC/VPC封装模式;支持单向和双向点到多点虚通道连接(VPC)或虚信道连接(VCC)的建立;可选支持ATM反向复用(IMA)组处理功能。

基于MPLS-TP的PTN应满足以下数据转发功能要求:

(1)MPLS-TP的数据转发机制是MPLS数据转发(RFC3031)的子集,并应满足RFC5654中规范的传送需求。MPLS-TP不采用基于IP的逐跳转发机制,且不支持等价多路径(ECMP)、最后一跳弹出(PHP)和LSP合

并功能。

(2)MPLS-TP 的标签堆栈功能应符合 RFC3032 和 RFC5462 的规范。MPLS 的生存时间(TTL)处理机制应符合 RFC3443 的规范(VC 和 VP 两层 TC 和 TTL 的模型一致,宜采用管道模型)。

(3)PW 和 LSP 标签的范围应支持 1 ~ 1 048 575(即 $2^{20}-1$),其中 0 ~ 15 为保留标签(供 PTN 网络内的 OAM 使用或保留)。RFC3032 中定义了 4 个保留的标签值。

(4)应当支持以下标签交换功能要求:

- 源节点进行 PW 和 LSP 标签的正确添加,并支持将多条 PW 复用到一条 LSP 中。
- 宿节点进行 PW 和 LSP 标签的正确剥离。
- 应支持单段伪线(SS-PW)和多段伪线(MS-PW)交换功能。SS-PW 的架构应符合 RFC3985 的规定。多段伪线交换是将不同 LSP 的 PW 交换到相同的 LSP 中。

1.3 PTN 网络保护功能要求

PTN 网络支持的保护方式分为以下三大类:

- (1)PTN 网络内的保护方式
 - PTN 网络内的线性保护包括单向/双向 1+1 路径保护、双向 1 : 1 或 1 : N(N>1)路径保护、单向/双向 1+1 SNC/S 保护和双向 1 : 1 SNC/S 保护,应至少支持双向 1 : 1 保护机制。
 - PTN 网络内的环网保护包括 Wrapping 和 Steering 两种保护机制,应至少支持一种环网保护机制。
 - (2)分组传达网与其他网络的接入链路保护
 - TDM/ATM 接入链路的 1+1 或 1 : N 保护。
 - 以太网 GE/10GE 接入链路的保护,即链路聚合组(LAG)。
 - (3)双归保护
- PTN 网络内保护和接入链路保护相配合,实现在接入链路或 PTN 接入

▼表 1 PTN 网络内 OAM 的功能要求

类型		功能	虚段层运行管理维护	虚通路层运行管理维护	虚通道层运行管理维护
主动运行管理维护	故障管理	连续性检测和连通性验证	必选	必选	必选
		远端故障指示	必选	必选	必选
		告警抑制	不适用	必选	必选
		锁定	必选	必选	必选
		客户信号故障	不适用	不适用	必选
按需运行管理维护	性能监测	丢包测量	可选	必选	可选
	故障管理、定位	环回	必选	必选	必选
		踪迹	不适用	必选	必选
		测试	可选	必选	必选
		锁定	可选	必选	必选
	性能监测	丢包测量	可选	必选	必选
		时延测量	可选	必选	必选
其他	自动保护倒换		必选	必选	可选
	管理/信令控制通道		不适用	必选	可选
	时钟		可选	不适用	不适用
	运营商自定义功能		不适用	可选	可选
	试验用功能		不适用	可选	可选

节点失效情况下的端到端业务保护。具体实现机制待研究。

PTN 的网络内保护方式应满足以下通用功能要求:

- (1)PTN 的保护倒换应支持链路、节点故障和网管外部命令的触发,并应支持各种倒换请求的优先级处理。故障类型触发支持物理链路、VP/VC 信号失效(SF)和中间节点失效,支持信号劣化(SD)。外部命令触发支持锁定到工作、强制倒换、人工倒换和清除命令等网管命令。
- (2)保护倒换方式包括支持单端倒换和双端倒换类型,支持配置为返回或不返回操作模式,支持等待恢复(WTR)功能的启动和等待恢复时间的设置。
- (3)保护倒换时间。在拖延时间设置为 0 的情况下,保护倒换引起的业务受损时间应不大于 50 ms(对 SD 触发的保护倒换除外)。
- (4)拖延时间设置。在 PTN 的底层网络(如 WDM 和 OTN)配置了保护方式情况下,PTN 网络保护方式应支

持拖延时间的设置,可设置为 50 ms 或 100 ms。

1.4 PTN 网络的 OAM 架构和功能要求

PTN 网络的 OAM 功能包括 PTN 网络内的 OAM 机制、PTN 网络业务层 OAM 机制以及接入链路层的 OAM 机制等。

PTN 网络内的 OAM 分为告警相关的 OAM、性能相关的 OAM 和其他 OAM 三大类,VC、VP 和 VS 3 层的 OAM 功能要求如表 1 所示。其中,主动 OAM 是指周期性连续实施的 OAM 操作。主动上报故障和误码性能的检测结果。按需 OAM 指人工发起的有限次数的 OAM 操作,通常用于故障的诊断和定位。

2 PTN 行标中的关键问题探讨

在 PTN 行业标准起草过程中,存在一些有争议的关键问题,涉及标准的技术选择、PTN 的网络应用和后续发展等方面。我们牵头组织了相关

讨论,部分有了初步结论,部分还有待后续研究,在此与大家分享:

(1) MPLS-TP 的 OAM 实现机制和封装格式问题

目前有 T-MPLS G.8114、G-ACh^[5]+Y.1731 OAMPDU^[6]、IETF BFD 扩展^[7]+新 OAM 工具 3 种选项。从保护中国运营商和设备商的现有利益,并且便于今后软件升级角度出发,中国所有单位一致同意采用 G-ACh+Y.1731 OAM PDU 格式,并希望形成合力来推进 MPLS-TP 国际标准采纳。但由于 IETF MPLS 工作组被 Cisco、Juniper 等数据领域专家主导,该技术选择成为 MPLS-TP 标准选项的难度相当大。

(2) PTN 环网保护的实现机制

目前 IETF 初步认可了环网保护需求,但具体实现机制有 MPLS-TE FRR 应用在环网拓扑^[8]、IEEE 多段保护^[9]、ITU-T Wrapping 和 Steering 环网保护^[10]3 类选项。我们一方面需要从技术角度深入分析 3 类机制在业务配置、带宽共享、OAM、跨环保护等方面的差异;另一方面要考虑运营商网络运维习惯的影响。目前,根据中国设备商产品情况和运营商应用需求,行标中选择了基于 ITU-T 的 Wrapping 和 Steering 两种环网保护机制,后续还要完善点到多点业务保护和跨环保护等具体机制。

(3) PTN 与 MSTP 混合组网需求和

互通功能要求问题

由于 PTN 的使命是逐步替代基于 SDH 的 MSTP,因此在运营商的网络部署过程中,必然面临 PTN 与 MSTP 混合组网和互通问题。如存在 PTN 汇聚环直接带 MSTP 接入环的混合组网场景,在标准中如何具体规范,也成为颇有争论的一个问题,需要后续组织协调讨论。

(4) PTN 支持 IP/MPLS 三层功能需求问题

在全业务运营和 LTE 移动回传承载的发展趋势下,PTN 是否需要支持 IP/MPLS 的部分三层功能?如何与现有路由器网络分工协调?这些都需要运营商明确具体应用需求后再组织针对性的研究。这将成为本版本 PTN 行标的一个开放性待研究问题。

PTN 技术在参与 IP/MPLS 竞争融合的环境中逐步发展,目前已应用在 IP 化的 3G 移动回传网络中。从标准化和产业应用来看,今后两年是 PTN 技术发展的关键期,希望 PTN 技术的产业链不断发展壮大。

3 参考文献

- [1] 荆瑞泉. MPLS-TP 技术标准进展[R]. TC6-2009-026Q 专家技术报告. 2009.
- [2] 李芳.《分组传送网(PTN)总体技术要求》征求意见稿[S]. 2009.
- [3] ITU-T SG15 G.ptneq. Types and characteristics of packet transport network (PTN) equipment [S]. 2009.
- [4] BOCCI M, BRYANT S, FROST D, et al. A

- framework for MPLS in transport networks [R]. draft-ietf-mpls-tp-framework-10. 2010.
- [5] IETF RFC 5586. MPLS generic associated channel[S]. 2009.
- [6] BUSI I, van HELVOORT H, HE J. MPLS-TP OAM based on Y.1731[R]. draft-bhh-mpls-tp-oam-y1731-04. 2010.
- [7] FULIGNOLI A, BOUTROS S, VIGOUREUX M. Proactive connection verification, continuity check and remote defect indication for MPLS transport profile[R]. draft-asm-mpls-tp-bfd-cc-cv-01. 2009.
- [8] IETF RFC 5317. Joint working team (JWT) report on MPLS architectural considerations for a transport profile[S]. 2009.
- [9] IEEE 802.1Qbf. PBB-TE infrastructure segment protection[S]. 2009.
- [10] ITU-T SG15 G.8132 (draft). T-MPLS shared protection ring (TM-SPRing) [S]. 2007.

收稿日期:2010-03-30

作者简介



张海懿,工业和信息化部电信研究院通信标准研究所传送与接入研究部主任、高级工程师,中国通信标准化协会传送网工作组副组长;长期从事光传输系统、WDM 系统、SDH 系统、MSTP、自动交换光网络以及电信传送网络体制标准、运营商的技术咨询等方面的研究工作;已发表学术论文 30 余篇。



李芳,工业和信息化部电信研究院通信标准研究所主任工程师,主要从事分组传送网(PTN)、移动回传、IP 和光网络融合、高速光传输等方面的研究工作,已发表学术论文 20 余篇。

综合信息

中兴通讯推出业界首款 45 MHz 宽频 RRU, 适应 TD-LTE 需求

【本刊讯】2010 年 4 月 26 日消息,中兴通讯首家推出了支持 45 MHz 工作带宽的 TD-SCDMA 宽频射频拉远单元(RRU),这也是目前业内支持的最宽频段。

随着 TD-SCDMA 网络建设的不断深入和完善,如何合理分配 TDD 频段,既兼容现有终端,又满足业务蓬勃发展的容量需求,同时还兼顾向 TD-LTE 网络的平滑演进,是 TD-SCDMA 网络建设和发展面临的问题。

中兴通讯的宽频 RRU 支持 45 MHz 工作带宽,相比其他 30 MHz 窄频 RRU,既能满足 TD-SCDMA 业务发展

的容量需求,同时还能在不额外增加新的基站设备的情况下,满足未来 TD-SCDMA/TD-LTE 双模组网的容量需求,实现真正的平滑演进。

中兴通讯的宽频 RRU 支持不同频段异时隙配比,可以根据运营商需求和用户发展灵活配置时隙。相对其他 30 MHz 窄频 RRU,宽频 RRU 可最大限度地发挥 TDD 的技术优势,在不损失下行带宽的前提下,成倍提升上行带宽,更好地满足数据业务不对称运营需求,大大提升用户感知。中兴通讯的宽频 RRU 可实现 TD-SCDMA 和 TD-LTE 网络灵活部署,更有利于 TD-SCDMA 与 TD-LTE 共存。

分组传送网标准进展

The Progress of Standards on Packet Transport Network

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0005-04

摘要: 全球运营商正致力于构建自己的下一代 IP 包交换网络, 网络逐步迈向全 IP 化。不断增长的数据业务对网络的带宽、服务质量(QoS)、操作维护管理、可靠性等提出了新的要求。IP 网络业务融合(如视频、语音、数据融合)需求以及多业务统一的承载需求, 进一步驱动传送网技术与数据网络通信技术融合。分组传送网技术应变化而生, 分组传送网标准发展迅速。

关键词: 分组传送网; 多协议标记交换; 流量工程; 运营商骨干桥接

Many global operators are currently constructing next generation IP switched networks, with the view of gradually moving towards full IP-based networks. As data services increase, improvements in bandwidth, Quality of Service (QoS), Operation Administration and Maintenance (OAM), and network reliability are required. The convergence of network data transmission and network communications technology has been driven by IP convergence services (including video, voice, and data), and a unified multi-service load demand. The Packet Transport Network (PTN) has come into being to meet these requirements, and the PTN Standard is developing rapidly.

Keywords: PTN; MPLS; traffic engineering; provider backbone bridge

杨剑/YANG Jian

(中兴通讯股份有限公司标准部, 广东 深圳 518057)
(Standard Development and Industry Relations, ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

分组传送网(PTN)的代表性技术主要有两种: 由以太网发展而来的支持流量工程的运营商骨干桥接(PBB-TE)技术, 以及由传送网和多协议标记交换(MPLS)技术发展而来的基于传送的多协议标记交换(MPLS-TP)技术。

PBB-TE 源于运营商骨干桥接(PBB)技术。采用在内层的用户媒体访问控制(MAC)地址之外封装外层的运营商 MAC 的结构, 取消 MAC 地址学习、生成树和泛洪等无连接特性的功能, 使其具有面向连接的特性, 并提高了网络可扩展性。

MPLS-TP 是面向连接的分组交换技术, 具有流量工程能力, 能控制和使用网络资源。MPLS-TP 的数据

转发平面是因特网工程任务组(IETF)定义的 MPLS 的子集。MPLS-TP 是既具备 MPLS 的特性又满足传送需求的技术。它具有可靠的保护机制、保障业务的服务质量(QoS)、具有扩展的运行维护管理(OAM)等特性。

从目前产业化的角度来看, MPLS-TP 技术相比 PBB-TE 技术拥有更多的厂商和运营商支持, 未来在网络上规模部署的可能性也更大^[1-4]。

1 PBB-TE 技术

IEEE 802.1Qay PBB-TE 技术的基础是 IEEE 802.1ah 定义的运营商骨干桥接(PBB)技术, 通常又称为 MAC-in-MAC, 是一种基于 MAC 堆栈的技术。用户 MAC 被封装在运营商

MAC 内, 通过二次封装对用户流量进行隔离, 增强了以太网的可扩展性和业务的安全性。PBB 的关键是在 MAC-in-MAC 封装中引入了 24 比特的业务实例标签(I-TAG)标志业务。

PBB-TE 可为以太网提供面向连接的转发模式, 使服务提供商能够提供专用以太网链路, 实现有保证的确定的性能。即 PBB-TE 能够在城域以太网上提供严格的 QoS。PBB-TE 的主要特征是关闭了 MAC 地址学习、广播、生成树协议、组播功能等传统以太网功能, 从而避免广播包的泛滥。PBB-TE 具有面向连接的特征, 通过网络管理系统或控制协议进行连接配置, 并可以实现快速保护切换、OAM、QoS、流量工程等电信级传送网络功能。

PBB-TE 技术采用 IEEE 802.1ag 作为 PBB-TE 隧道维持的信令协议以持续地监视网络中的隧道状态。当主用隧道失效时会把业务自动转移到预先建立的备用电路上, 增加了隧道必要的弹性。

2007 年 3 月, IEEE 批准了 PBB-TE 项目立项授权申请, 并成立了 IEEE 802.1Qay 项目开发任务组。2007 年 4 月, IEEE 802.1 组确定开始 PBB-TE(IEEE 802.1Qay)的数据平面标准制订工作。2008 年 1 月, Draft 1.1

通过了工作组投票。2009年1月, IEEE推出了802.1Qay项目的D5.0版本草案,随后进行了发起人团体投票。2009年8月, IEEE正式发布了IEEE 802.1Qay-2009标准。

尽管IEEE 802.1Qay已经正式发布了,但在保护方面其只是规范了流量工程服务实例(TESI)的端到端保护。为了提高PBB-TE的可靠性和灵活性,许多公司在2008年7月的全会上提出了关于PBB-TE段保护(一种局部保护)的立项申请,并对是做基础架构的局部保护还是TESI的局部保护进行了激烈的讨论。当时的结论是目前项目做基础架构保护,如果后续有对TESI进行局部保护的需求,则再对该项目做改善。在经过了1年的讨论之后,最终PBB-TE分段保护的立项申请在2009年7月的全会上获得了通过,其项目编号为IEEE 802.1Qbf。在2009年9月,802.1工作组推出了该标准的第一版本D0.0草案,并进行了第一次任务组投票。在2009年11月全会上,主要讨论热点是关于重叠的保护组问题。

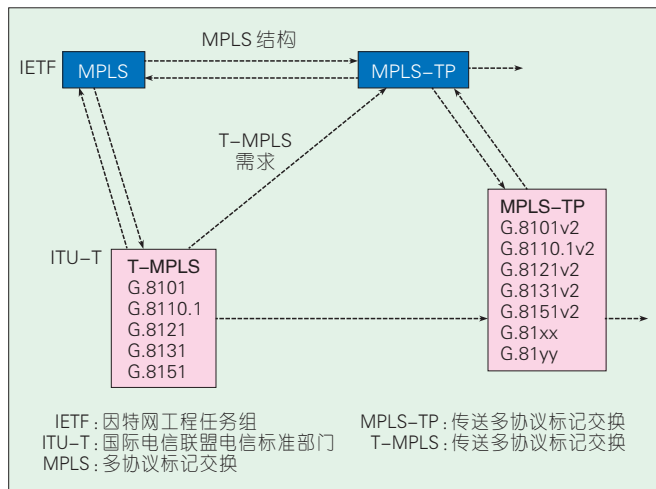
关于PBB-TE控制平面,目前有两种可用于动态配置PBB-TE隧道的技术:提供商链路状态桥(PLSB)技术和通用多协议标记交换(GMPLS)技术。其中PLSB技术是IEEE 802.1工作组正在制订的802.1aq协议;而GMPLS是IETF通用控制与测量平面(CCAMP)工作组正在制订的PBB-TE的相关内容,此工作需要和IEEE在数据平面的标准化工作相协调。目前IETF CCAMP工作组中关于PBB-TE控制平面的文稿主要有使用GMPLS控制以太网的需求、架构、控制协议等几篇草案。

2 MPLS-TP 技术

2.1 发展历程

早在2005年,国际电信联盟电信标准部门(ITU-T)SG15就开始了T-MPLS的标准化工作。T-MPLS即

图1 T-MPLS/MPLS-TP 标准演进



传送多协议标记交换,是在MPLS技术的基础上,基于传送网的网络架构。T-MPLS对MPLS进行了简化,去掉了与面向连接无关的技术内容和复杂的协议族,增加了传统传送网风格的OAM和保护方面的内容。

2006年,ITU首次通过了关于T-MPLS的架构、接口、设备功能特性等3个标准建议,随后OAM、保护方面、网络管理等方面的标准建议相继制订。

2007年9月份,在德国斯图加特举行的ITU-T SG15 Q12+Q14中间会议上,IETF派出的代表小组指出ITU-T目前已有的和正在发展的T-MPLS标准仍存在许多问题。例如使用了MPLS协议的保留字节、保留编号等,但是没有和IETF协商,造成冲突,而MPLS协议的核心是由IETF定义的。

2008年2月份,在日内瓦举行的ITU-T SG15全会上,Q12和Q14小组报告了关于T-MPLS协议的争论。大会为此专门成立了联合工作小组(JWT),由ITU-T的T-MPLS Ad Hoc组和IETF的MPLS互操作性设计组(MEAD)组成,专门做T-MPLS的评估工作。JWT的主席由Q12的报告人Malcolm Betts和IETF代表David Ward共同担任。

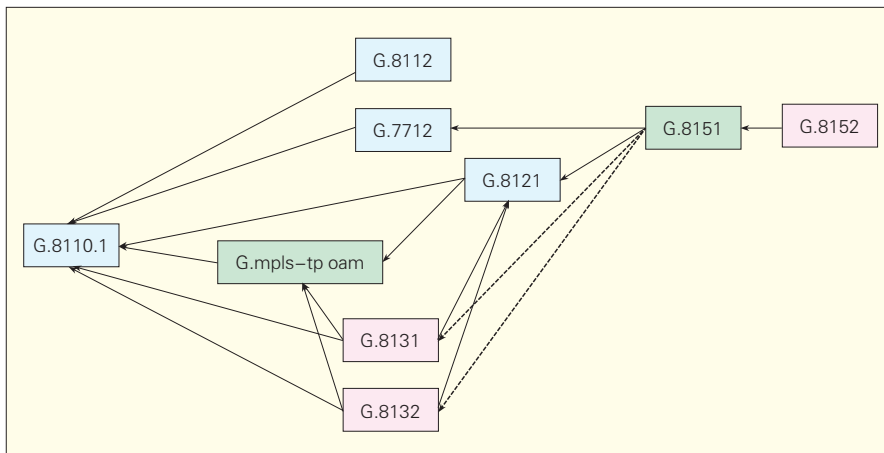
2008年4月JWT经过一系列的电话会议讨论,决定ITU-T与IETF合作

开发相关标准。ITU-T将传送的需求提供给IETF,并通过IETF的标准程序扩展MPLS的运行维护管理、网络管理和控制平面协议等,使之满足传送的需求。技术名称更改为MPLS-TP,由IETF定义MPLS-TP,MEAD负责。

2008年7月,IETF 72次会议上MPLS-TP相关个人草案首次发布,包括MPLS-TP需求、MPL-TP框架、MPLS通用随路信道、MPLS TP网络管理需求、MPLS-TP OAM分析、MPLS-TP可生存性框架、MPLS-TP OAM需求等。

2008年12月ITU-T SG15全会上,WP3公开讨论了T-MPLS/MPLS-TP的相关文稿及联络函。为了统一认识,消除偏差,WP3主席使用JWT提供的PPT中的7到10页的内容来进行解释。MPLS-TP标准由IETF和ITU-T联合开发。图1所示为IETF和ITU-T在MPLS-TP方面的关系。ITU-T暂停T-MPLS的标准工作,已发布的T-MPLS标准保持不变,直到IETF相关标准稳定后,ITU-T再据此进行相关标准的修订或开发新的标准,并更名为MPLS-TP。

2009年3月IETF 74次会议前MPLS-TP需求、MPLS-TP框架、MPLS-TP网络管理需求、MPLS通用随路信道、MPLS-TP OAM需求等草案成为工作组文稿。



▲图2 ITU-T标准之间的引用关系

2009年5月ITU-T SG15 Q9、Q10、Q12、Q14举行联合会议讨论MPLS-TP相关标准的修订工作。编辑者(Editor)们提供了G.8110.1、G.8110.1 amd1、G.8112、G.8121、G.8131、G.8151、G.8101标准的修订版本及G.8132草案、G.mpls-tp oam草案。会议同意按照G.8110.1、G.8101、G.7712、G.8112、G.8121、G.8131、G.8151的顺序进行标准的通过。

2.2 标准进展

2.2.1 ITU-T标准进展

2009年9月28日至10月9日在瑞士日内瓦召开了(2008—2012年)研究期第二次会议。开展Q9、Q10、Q12和Q14关于MPLS-TP的联席会议,讨论了多份IETF联络函,且产生了多份联络函。

(1)TD218-WP3“LS: IETF中MPLS-TP工作的重新架构”。IETF通知ITU-T,将撤销IETF MEAD工作组。目的是将MPLS-TP的标准化工作,按照正常的IETF标准化程序来进行。这样,就允许所有参加IETF的成员更早地参与到MPLS-TP的工作中。MPLS-TP的工作将在IETF 5个相关工作组中。关于MPLS-TP的讨论可以利用IETF MPLS-TP邮件列表来进行。路由域主席Adrian Farrel代表IETF总体协调MPLS-TP的工

作,具体的工作计划由5个工作组主席进行推进。为和ITU进行协调,建立了协调委员会。会议成员包括ITU-T各个研究课题主席、WP3主席、SG15主席,IETF各个工作组主席、路由域主席。该委员会定期碰头,交换信息,促进MPLS-TP标准工作。该委员会成员情况和会议的情况通过邮件列表提供给ITU-T参加人员。原来的JWT和Ad Hoc保持不变,但是Ad Hoc的网站将进行更新以反映当前的工作。

(2)TD167-WP3“LS - New version of the MPLS-TP process document available”旨在解释IETF正常的流程,以及和ITU-T的互动。这有助于ITU-T成员理解IETF的流程,并根据流程参与IETF工作。该文档目前是工作组草案,并将继续推进,最后可能会以历史RFC发布。该草案应根据TD218-WP3进行更新。ITU-T对该草案提出了一些意见,并向IETF发送了联络函。

(3)TD200-WP3“LS: Progress report on MPLS-TP documents”提供了IETF关于MPLS-TP已发布的RFC和正在开发的标准清单。TD201-WP3“LS - Project Process and Outline Schedule”提供了开发RFC所涉及到的步骤。工作组最后召集是RFC发布流程上的关键路径。RFC的最后召集一般需要两周时间。由于最后召集还有

可能重复进行一次,那么20个标准,就大约需要80周的时间。为了节约时间,应尽可能的避免重新进行最后召集。因此,希望ITU-T专家尽可能在MPLS-TP文档开放的早期就提交非正式意见。这样就可能排除或最大限度地减少ITU-T在最后召集阶段正式审核时的重大意见分歧。

ITU-T标准之间的引用关系如图2所示。图2中没有列出G.8101。G.8101的开发依赖于所有标准的完成,其包括所有的术语。图2中虚线表示G.8151的初始版本,可能未包括线性和环网保护模型。

计划提交批准的标准分3阶段: G.8110.1、G.7712、G.8112、G.mpls-tp oam、G.8121、G.8151、G.8131、G.8132、G.8152。

如果相应参考的标准被批准,则ITU-T可以批准相应的标准。IETF也应在相应阶段审核相应的ITU-T标准。这些标准的初始版本现都已存在,它们必须和开发的RFC协调一致。目前的计划是在下次SG15全会上至少批准第一阶段的ITU-T标准,这些标准会提前通过邮件讨论和中间会议讨论。

2.2.2 IETF标准进展

2009年11月8—13日在日本广岛召开了IETF 76次会议,MPLS-TP的文稿主要安排在MPLS的工作组讨论。由于此次会议提交讨论的MPLS-TP相关的个人文稿数量众多,MPLS工作组除安排了MPLS两个会议时段进行讨论,还占用了PWE3工作组的一个会议时间段讨论文稿。表1列出了IETF目前MPLS-TP相关的RFC和工作组文稿。表2列出了IETF 76次会议上提交讨论的18篇个人文稿。

3 结束语

业务的IP化带来网络的IP化。传统的以时分复用(TDM)交换为核心的网络正在萎缩并逐步被替换,取而

▼表1 MPLS-TP 相关 RFC 和工作组文稿

文稿状态	文稿名称
标准草案	RFC 5317 : JWT Report on MPLS Architectural Considerations for a Transport Profile
	RFC 5462 : EXP field renamed to Traffic Class field
	RFC 5586 : MPLS Generic Associated Channel
	RFC 5654 : MPLS-TP Requirements
	RFC 5718 : An Inband Data Communication Network For the MPLS Transport Profile
MPLS 工作组草案	draft-ietf-mpls-tp-nm-req : MPLS TP Network Management Requirements
	draft-ietf-mpls-tp-oam-requirements : Requirements for OAM in MPLS Transport Networks
	draft-ietf-mpls-tp-framework : MPLS-TP Framework
	draft-ietf-mpls-tp-survive-fwk : Multiprotocol Label Switching Transport Profile Survivability Framework
	draft-ietf-mpls-tp-nm-framework : MPLS-TP Networks Management Framework
	draft-ietf-mpls-tp-oam-framework : MPLS-TP OAM Framework and Overview
	draft-ietf-mpls-tp-oam-analysis : MPLS-TP OAM Analysis
	draft-ietf-mpls-tp-rosetta-stone : MPLS-TP Rosetta Stone
	draft-ietf-mpls-tp-ach-trlv : Definition of ACH TLV Structure
	draft-ietf-mpls-tp-identifiers : MPLS-TP Identifiers
	draft-ietf-mpls-tp-process : IETF Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Transport Profile (MPLS-TP) Document Process
	draft-ietf-mpls-tp-fault : MPLS-TP Fault OAM
	draft-ietf-mpls-tp-nm-framework : MPLS-TP Network Management Framework
CCAMP 工作草案	draft-ietf-ccamp-oam-configuration-fwk : OAM Configuration Framework and Requirements for GMPLS RSVP-TE
OPSA 工作组草案	draft-ietf-opsawg-mpls-tp-oam-def : The OAM Acronym Soup

▼表2 IETF 76次会议上提交讨论的个人文稿

文稿状态	文稿名称
个人文稿	draft-koike-ietf-mpls-tp-oam-maintenance-points-00
	draft-sprecher-mpls-tp-oam-analysis-07
	draft-asm-mpls-tp-bfd-cc-cv-01
	draft-nitinb-mpls-tp-lsp-ping-extensions-00
	draft-swallow-mpls-tp-identifiers-02
	draft-sfv-mpls-tp-fault-00
	draft-frost-mpls-tp-loss-delay-00
	draft-sprecher-mpls-tp-survive-fwk-02
	draft-weingarten-mpls-tp-linear-protection-04
	draft-weingarten-mpls-tp-ring-protection-01
	draft-umansky-mpls-tp-ring-protection-switching-00
	draft-liu-mpls-tp-ring-protection-00
	draft-jiang--mpls-tp-ring-fd-00
	draft-he-mpls-tp-csf-01
	draft-zhl-mpls-tp-sd-01
	draft-flh-mpls-tp-oam-diagnostic-test-00
	draft-dai-mpls-tp-lock-instruct-00
	draft-chen-mpls-tp-nm-discovery-req-00

代之的是以分组交换为核心的分组网络。分组传送网是网络 IP 化趋势下的必然产物,其未来的标准化的进程和成熟度必将对整个产业链的发展产生重大的影响。

4 参考文献

- [1] IEEE 802.1Qay. IEEE standards for local and metropolitan area networks: Virtual bridged local area networks, Amendment 7: Provider backbone bridge traffic engineering[S]. 2009.
- [2] Report of Working Party 3/15, Transport Network Structures[R]. T09-SG15-081201-TD-WP3-0080 MSW-E (Geneva meeting). 2008.
- [3] Report of Working Party 3/15, Transport network structures[R]. T09-SG15-090928-TD-WP3-0212 MSW-E (Geneva meeting). 2009.
- [4] IETF RFC 5654.MPLS-TP requirements[S]. 2009.

收稿日期:2010-03-11

作者简介



杨剑,中兴通讯股份有限公司标准部主任工程师,从事分组传送网相关标准的研究工作。

综合信息

中兴通讯持续引领通信标准,科学技术奖表彰会独占鳌头

【本刊讯】2010年2月25日消息,2009年度“中国通信技术标准协会科学技术奖”揭晓,中兴通讯在IP与多媒体通信、网络与交换、传送网与接入网等多个技术工作委员会的工作中获得系列殊荣。其中,中兴通讯作为主要参与者的标准规范《基于SDH的多业务传送节点(MSTP)技术要求和测试方法》在评选中,获得最高的票数,夺得一等奖中的第一名。

分组传送网技术发展中的若干问题

The Discussion about the Development and Application of PTN Technologies

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0009-04

摘要: 文章对分组传送网(PTN)/传送多协议标记交换(MPLS-TP)技术和标准发展过程中的关键问题,包括端到端的服务质量(QoS)实现机制、网络分层结构、三层(L3)功能的引入和数据平面环回功能等进行了探讨,并基于PTN网络建设维护和开展业务的需求提出了自己的观点。通过对PTN网络中的基于MPLS的流量工程和区分服务两种机制的分析,文章提出了一种面向业务的端到端的QoS保障机制。基于已有的MPLS-TP标准和草案明确的PTN的分层结构,文章提出了在PTN中引入L3功能的方式。文章还提出了数据平面环回功能的需求。

关键词: 分组传送网;服务质量;分层结构;三层功能;数据平面环回

Abstract: This paper discusses several key issues concerning the development of Packet Transport Network (PTN) and Multi-Protocol Label Switching (MPLS-TP) technologies. Such issues include the end to end Quality of Service (QoS) implementation mechanism, the layer network structure, the introduction of L3 function, and data-plane loop-back functions. Several viewpoints on PTN maintenance and operational requirements are then put forward. A service-oriented end to end QoS guarantee mechanism is proposed in light of an analysis of MPLS traffic engineering and Differentiated Service (DiffServ) mechanisms. After clarifying the network hierarchical structure of PTN layer (on the basis of existing MPLS-TP standards and drafts), it is finally proposed that the L3 function be introduced within PTN and the data-plane loop-back function.

Key words: PTN; QoS; layer network; L3 function; data-plane loopback

荆瑞泉/JING Ruiquan

(中国电信股份有限公司北京研究院,北京
100035)
(China Telecom Beijing Research Institute,
Beijing 100035, China)

SG15在MPLS-TP标准中的开发话语权已逐渐被IETF剥夺,转为以企业和个人专家方式参与^[1-6]。

本文将对PTN/MPLS-TP技术和标准发展过程中的几个关键问题进行探讨,内容包括端到端的服务质量(QoS)实现机制、网络分层结构、三层(L3)功能的引入和数据平面环回功能等,并基于PTN网络建设维护和开展业务的需求提出了个人观点。

1 PTN网络中的QoS技术

QoS是指网络通信过程中,允许用户业务在丢包率、延迟、抖动和带宽等方面获得可预期的服务水平。PTN设备的QoS功能包括流分类、标记、速率限制、带宽保证、流量整形、调度策略等。PTN网络中业务的QoS主要由基于MPLS的流量工程(TE)和区分服务(DiffServ)两种机制来实现,目标是实现面向业务的端到端的QoS保障能力^[7-11]。

1.1 流量工程

IETF对MPLS-TP的定义要求必须支持流量工程(TE)且TE可以实现对网络资源的可控性。TE的目标是有效而可靠地运行网络,同时优化网络资源的使用。约束路由(CBR)则是TE中最重要的组成部分。IP/MPLS

分组传送网(PTN)目前还没有一个标准的定义。从广义的角度讲,只要是基于分组交换技术,并能够满足传送网对于运行维护管理(OAM)、保护和网管等方面的要求,就可以称为PTN。具体的分组交换技术可以是多协议标记交换(MPLS)、传送多协议标记交换(T-MPLS/MPLS-TP)、以太网、运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE)、弹性分组环(RPR)等。前两年通信业界一般理解的PTN技术主要包括T-MPLS和

PBB-TE。近期由于支持PBB-TE的厂商和运营商越来越少,中国已经基本上将PTN和T-MPLS/MPLS-TP划上了等号。本文中提到的PTN均指基于T-MPLS/MPLS-TP的PTN设备。

从T-MPLS到MPLS-TP,国际电信联盟电信标准部门(ITU-T)和因特网工程任务组(IETF)经过了多年的竞争和协商达成了共识,体现了传送领域和数据领域之间从竞争到融合的发展历程。可以说MPLS-TP是传送领域和数据领域的利益竞争和平衡协调的产物。目前,IETF已获得了MPLS-TP标准开发的主导权,ITU-T

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助("863"计划)课题(2007AA01Z2A4)

网络中的流量工程一般是通过 MPLS 的 TE 扩展即多协议标记交换-流量工程(MPLS-TE)来实现的。

TE 在 PTN 网络中的作用主要体现在 2 个方面:

(1)业务路由可控

进入 PTN 的业务通过伪线(PW)封装后再复用到标记交换路径(LSP)。LSP 的建立可以通过网管或控制平面实现,两种建立方式的 LSP 路由都是可控的。

(2)业务带宽可控

目前 PTN 承载的业务主要包括 E1 仿真和以太网业务。E1 仿真业务的带宽一般是固定可控的,并且要求高优先级,不允许丢包,时延低。以太网业务可以分为 2 大类:恒定速率业务和可变速率业务。恒定速率业务的要求和可控性与 E1 仿真业务基本相同。可变速率业务则是通过承诺速率(CIR)和额外速率(EIR)来实现对业务带宽的控制,即运营商只对用户保障小于等于 CIR 的带宽,在网络拥塞时可以对 EIR 部分的流量进行丢弃处理,从而实现网络带宽资源可控性。

具体来说,运营商通过配置 PW(即业务)和 LSP 的 CIR,并满足连接允许控制的条件:一条 LSP 中的所有 PW 的 CIR 之和必须小于等于该 LSP 的 CIR,一条链路中的所有 LSP 的 CIR 之和必须小于等于该链路的 CIR,运营商就可以在网络正常运行的情况下,满足所有业务的 CIR 带宽需求。由于存在可变速率业务的突发业务(即 EIR 部分),因此即使使用了 TE,网络中仍然可能会发生拥塞,此时如何保障所有业务都能得到其 CIR 带宽就需要使用区分服务。

1.2 区分服务

区分服务起源于集成服务(IntServ)。区分服务的目的是在因特网上为流量提供有区别的业务级别。与集成服务相比,区分服务定义的是一个相对简单而粒度粗一些的

控制系统。另外,区分服务针对的是流聚合后的每一类 QoS 控制,而不是像集成服务那样针对每个流。因此,区分服务具有可扩展性,能够在大型网络上提供 QoS 服务。

区分服务在其域的边缘对进入的 IP 流进行分类,并为每一类型指定一个类型标志区分服务代码点(DSCP)。域内的核心路由器查看 DSCP 值,并根据每一类的特定逐跳行为(PHB)调度包的转发。IETF 目前定义了两种 PHB:加速转发(EF)和保证转发(AF)。

(1)加速转发

EF PHB 的流量不受其他 PHB 流量的影响,确保包以最快速率得到转发。与传统的租用线类似,EF PHB 能够提供低丢包率、低延迟、低抖动和有保证的带宽服务。使用 EF 的业务带宽参数只有 CIR, EIR 总等于 0,超过 CIR 的流量将被丢弃。EF 可用于 E1 仿真业务或恒定速率的以太网业务。EF 必须遵循 RFC3246 的规定。

(2)保证转发

AF 为数据包提供 4 个级别的转发特征,每个级别有 3 种丢弃优先级。PTN 设备通过配置各级别的转发资源(如缓冲区和带宽)和丢弃优先级来决定业务的级别。当业务不发生拥塞时,AF 的各级别业务性能值相同;当业务发生拥塞时,所有 AF 级别的业务都会发生丢包,丢包的多少和业务级别相关。AF 必须遵循 RFC2597 的规定。

1.3 MPLS 支持的区分服务

由于 PTN 是基于 MPLS-TP 实现的,因此 PTN 设备中的区分服务需要采用 RFC3270 定义的基于 MPLS 的区分服务机制来实现。

IP 包经过 MPLS 封装后,核心路由器将看不到 DSCP。为此,IETF 提出了一种 MPLS 支持区分服务的方法。MPLS 支持的区分服务能够把区分服务的多个行为集合(BA)映射到 MPLS 的一条 LSP 上,根据 BA 的 PHB

来转发 LSP 上的流量。LSP 与 BA 的映射有两种方式:实验推断的 LSP(E-LSP)和标记编码推断的 LSP(L-LSP)。

(1)E-LSP

E-LSP 用 MPLS 标签的实验(EXP)字段把多个 BA 指派到一条 LSP 上,使用 MPLS 标签的 EXP 字段表示一个包的 PHB。最多可以把 8 个 BA 映射到 EXP 字段中,即一条 E-LSP 最多可以支持 8 个业务等级。

(2)L-LSP

L-LSP 把一条 LSP 指派给一个 BA,并采用 EXP 表示包丢弃优先级。一条 L-LSP 只能支持一个业务等级。

由于 MPLS 网络设备会在每一跳中都交换标签值,而管理标签与 PHB 的映射比较困难。E-LSP 要比 L-LSP 更容易控制,因为 E-LSP 事先就可以确定整个网络中每个包的 EXP 字段和 PHB 之间的映射关系。目前 PTN 设备采用的主要是 E-LSP。

1.4 PTN 端到端 QoS 的实现

通过上述流量工程和 MPLS 支持区分服务的机制,就可以实现 PTN 所倡导的面向业务的端到端的 QoS 保障能力。首先通过 MPLS 流量工程实现对业务路由和带宽的控制,以避免负载不均衡出现的拥塞问题;其次,当突发业务或网络保护引起网络拥塞时再通过 MPLS 支持的区分服务机制实现对业务承诺带宽(CIR)的保障。

对于 E-LSP,表 1 给出了一种业务等级的分类方法示例。其中的峰值速率(PIR),等于 CIR 加 EIR。在这种实现方法中数据帧的 PW 和 LSP 的 EXP 值相同。

对于 E1 仿真业务和恒定速率的以太网业务(如语音和视频),均采用 EF PHB,并设置 CIR 等于 PIR。

对于突发型业务(如虚拟专用网和以太网专线)采用 AF PHB。为了保障突发业务的 CIR 带宽,需要在网络入口依据带宽参数对业务流进行计

▼表1 PTN 业务优先级示例

业务等级	业务(伪线)带宽属性	实验字段	逐跳行为	业务类型示例
3	CIR=PIR	111	EF	控制/网管信息/E1 仿真
2	CIR=PIR	110	EF	语音/视频
1	CIR、PIR	101(小于 CIR)	AF	VPN/以太网专线
		100(大于 CIR 且小于 PIR)		
0	CIR=0、PIR	000	DF	普通数据业务
AF: 保证转发 CIR: 承诺速率 DF: 转发行为 EF: 加速转发 PIR: 峰值速率				

量、整形和标记,并应支持 RFC2698 定义的双速率三色标记法。同时基于映射关系设置数据帧的 EXP 值,以便 LSP 经过的后续节点根据该值选择合适的 PHB。

对于普通数据业务,设置 CIR 等于 0,并设置最高速率 PIR,采用缺省的转发行为(DF)。

当网络中发生拥塞时,对于采用 EF PHB 和 AF PHB 的流量部分的业务带宽将始终得到保障。对于普通数据业务可以首先进行丢弃,或是与 AF PHB 的流量部分进行加权处理,以便即使在拥塞时普通数据业务也能得到一定的带宽。

2 PTN 网络分层结构

IETF RFC5654 将 MPLS-TP 分为传送业务层、传送通道层和段层。其中传送业务层可以是 PW 或业务 LSP,类似于同步数字体系(SDH)网络中的 VC-12。PW 用于提供时分复用(TDM)、以太网和异步传输模式(ATM)等仿真业务;业务 LSP 用于提供 IP 和 MPLS 等网络层业务。传送通道层是指 LSP 层,类似于 SDH 网络中的 VC-4。段层用于在两个相邻 MPLS-TP 节点之间汇聚传送业务层或传送通道层的信息。段层可以是采用 MPLS-TP 技术实现,也可以采用其他技术来实现,如采用同步数字体系/以太网/光传送网(SDH/ETH/OTN)。PTN 通过采用多层网络的架构,可以实现与同步数字体系/光传送网类似的可扩展性。

除了 MPLS-TP 关注的 3 层网络之外,PTN 设备还需要支持业务层和段

层技术的相关功能。如以太网业务层的 OAM(属于 IEEE802.1ag 和 Y.1731)、以太网链路层 OAM(属于 IEEE 802.3ah)、SDH 业务和链路的开销处理和保护功能等。

目前的 PTN 设备是通过 PW 支持各种仿真业务,还不支持通过业务 LSP 支持 IP/MPLS 业务。对于 IP/MPLS 业务,采用以太网 PW 仿真实现,优点是业务的透明性好,缺点是传送效率较低(需要传送以太网帧头),对于较短的数据包尤其明显。如果采用 TDM PW 仿真实现,将对网络性能提出较高要求,并可能增加设备的成本。如果采用业务 LSP 实现,则可以避免上述问题,但是业务透明性较差,可能需要处理部分 L3 协议。具体方式的选择需要综合考虑业务的透明性、传送效率和成本等因素。

目前的 PTN 设备只支持单段伪线(SS-PW),即 PW 和 LSP 的源宿点重合。SS-PW 无法实现多个 LSP 所承载的 PW 的汇聚,从而对 PTN 设备的 LSP 容量提出了很高的要求。另外只能采用端到端的 LSP 保护,无法应对多点故障。而通过引入多段伪线(MS-PW),则可以克服 SS-PW 存在的上述问题,提高 PTN 网络的可扩展性。IETF 已经将 MS-PW 列为 MPLS-TP 的可选项。

3 PTN 对 L3 功能和业务的支持

目前的 PTN 主要定位于提供二层(L2)的业务,包括 E1/ATM 仿真业务、E-Line/E-LAN/E-Tree 以太网业务等。PTN 的主要应用场景是移动网

络的回传,包括目前的 3G 网络,以及未来的长期演进(LTE)。PTN 可以很好地满足现有 3G 网络回传的承载需求,但是否能够满足 LTE 的需求人们还心存疑虑。

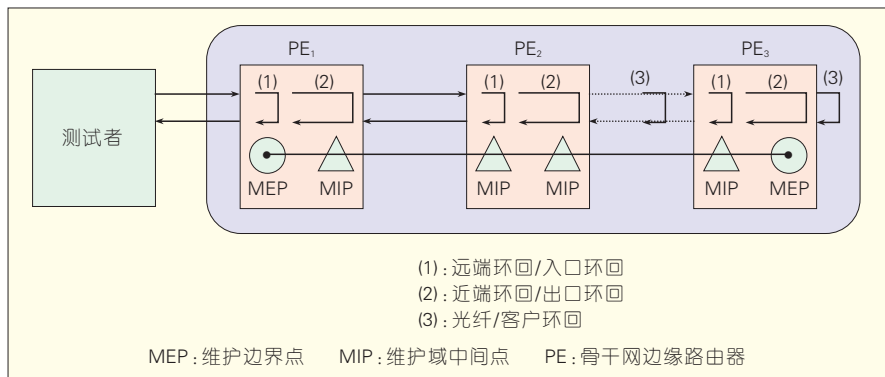
由于 LTE 阶段出现了基站之间的互联需求(X2 接口),以及基站到服务网关(SGW)的多归属需求,因此与 3G 对承载网的需求将有所不同。针对上述需求,目前有两种主要的解决方案。一种是建议采用端到端的路由器组网方案;一种是采用 L3+L2 的组网方案,即核心层采用 L3 技术组网,接入汇聚层采用 L2 技术组网。由于端到端的路由器方案在网络扩展性、可管理性和可控性方面存在问题,因此 L3+L2 的组网方案得到更多的认可和支持。该方案中的核心层可以采用路由器组网,也可以通过在 PTN 中引入 L3 功能来实现。下面主要对后一种方式进行讨论。

L3 功能主要包括 IP 路由和转发功能,以及 L3 MPLS VPN 和 L3 组播功能。由于 IP 流量和组播存在流量带宽和路由的不确定性,因此很难提供严格的 QoS 保障能力。如果在 PTN 中引入这两种业务,为了避免对原有 L2 业务的影响,只能将这两种业务设置为最低等级的业务。而 L3 MPLS 虚拟专用网(VPN)由于是基于 MPLS 实现,因此可以采用前面提到的基于 MPLS 的流量工程和区分服务机制来保障业务的服务质量。同时还可以在 MPLS VPN 中支持 L3 组播,同样可以保证服务质量。

综上所述,对于需要提供有质量保证的 L3 业务,建议在 PTN 中以 L3 MPLS VPN 的方式提供。而对服务质量没有要求的 L3 业务,可以直接采用 IP 路由和转发功能来实现。

4 数据平面环回功能

现有的 PTN 设备只支持 OAM 的环回功能(LB)。通过 OAM LB 可以验证源、宿维护端点间的双向连通性,以检测节点间及节点内部故障,但是



▲图1 数据平面环回

并不能对故障进行准确的定位。如图1所示,如果 PE_2 - PE_3 之间的链路发生故障,通过OAM LB并不能确定是 PE_3 出现故障还是 PE_2 - PE_3 之间的链路发生故障。而如果支持类似SDH设备的数据平面环回,即业务环回,则可以通过对不同的点进行环回,实现对故障的准确定位。

与SDH类似,目前提出的PTN的数据平面环回包括远端环回(入口环回)、近端环回(出口环回)和光纤环回(客户环回)3种方式。除了进行故障定位,光纤环回还可以进行单端业务性能测试,如双向时延、丢包率和吞吐量测试,以方便进行现网测试。

由于分组传送网已经支持OAM的远端和近端环回,可以实现与数据平面的远端和近端环回类似的功能。因此本文认为应首先实现光纤环回功能,以便能够实现准确的故障定位和单端测试。是否需要支持数据平面的远端和近端环回功能还需要进一步研究。目前IETF和ITU-T

正在对数据平面环回功能的标准化进行讨论。

5 结束语

PTN是运营商从现有2G移动回传的多业务传送节点(MSTP)网络演进的最佳方案,定位于满足3G移动回传、企事业专线/专网等高品质业务需求。2008—2009年,中国三大运营商纷纷针对PTN承载3G移动回传进行了全面的实验室测试和现网试点应用,大力推进了设备商PTN产品成熟和商用化进展。中国移动已于2009年10—12月开始大规模集采基于MPLS-TP的PTN设备,标志着PTN进入产业化的关键期。2010年,MPLS-TP的国际标准化进展问题是业内最关心的热点问题,并且MPLS-TP的国际标准何时稳定将直接影响PTN何时能从新技术引入发展到大规模应用阶段。本文对PTN技术发展中几个问题进行了探讨,希望可以对PTN技术的发展和完善有

所贡献。

6 参考文献

- [1] IETF RFC 5654. Requirements of an MPLS transport profile[S]. 2009.
- [2] IETF RFC 3270. Multi-protocol label switching (MPLS) support of differentiated services[S]. 2002.
- [3] IETF RFC 3985. Pseudo Wire emulation edge-to-edge(PWE3) architecture. 2005.
- [4] IETF RFC 5254. Requirements for multi-segment pseudo wire emulation edge-to-edge(PWE3) [S]. 2008.
- [5] IETF RFC 5659. An architecture for multi-segment pseudo wire emulation edge-to-edge[S]. 2009.
- [6] ITU-T Recommendation G.805(11/95). Generic functional architecture of transport networks[S]. 1995.
- [7] BOCCI M, BRYANT S, LEVRAU L. A framework for MPLS in transport networks [R]. draft-ietf-mpls-tp-framework-07 (work in progress). 2009.
- [8] BUSI I, ALLAN D. MPLS-TP OAM framework [R]. draft-ietf-mpls-tp-oam-framework-04 (work in progress). 2009.
- [9] VIGOUREUX M, WARD D, BETTS M. Requirements for OAM in MPLS transport networks[R]. draft-ietf-mpls-tp-oam-requirements-04 (work in progress). 2009.
- [10] 两个IP QoS标准:DiffServ与MPLS的区别[EB/OL]. [2008-03-31]. http://product.ccidnet.com/art/6439/20080331/1405853_1.html.
- [11] IETF RFC 2698. A two rate three color marker[S]. 1999.

收稿日期:2010-02-08

作者简介



荆瑞泉, 中国电信股份有限公司北京研究院高级工程师, 国家高技术研究发展计划("863"计划)信息通信领域专家组成员; 主要研究方向是光传送网、分组传送网和IP RAN承载技术, 长期参与光传送网的规划、建设和技术研究工作, 多次参加SDH、MSTP和ASON系统的测试工作; 已发表技术文章20篇。

综合信息

中兴通讯推进云计算安全立项, 获3个编辑者席位

【本刊讯】2010年5月6日消息, ITU-T SG17研究组会议在瑞士日内瓦召开。此次会议上中兴通讯与工信部电信研究院、中国移动密切合作, 以共同推动IdM、云计算安全、统一安全策略、DSN安全等课题的立项和进展, 并成功获得3个编辑及联合编辑人席位。

中兴通讯潜心研发云计算关键技术和业务运用已

有6年多时间, 尤其在云计算安全、身份管理等方面有长期的研究积累和稳定的人员及资金投入。这成为研究组授予中兴通讯多项编辑人席位的重要因素。

据悉, 为推进云计算标准研究工作迅速开展, ITU-T即将成立云计算焦点研究组。云计算安全作为云计算标准中重要的研究课题, 后续将在ITU-T云计算焦点研究组和SG17 Q8中同时开展研究工作。

PBB-TE 的结构特征与 GMPLS 控制技术

Structural Features of PBB-TE and GMPLS-Based Control for PBB-TE

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0013-04

摘要: 电信传送网络正从时分复用(TDM)为核心向以分组为核心转变,出现了多种电信级的分组传送技术。运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE)是一种面向连接的分组传送技术,具有很好的可扩展性、可管理性和服务质量保证能力;通用多协议标签交换(GMPLS)是一种成熟的传送网控制平面技术,支持多种数据平面。GMPLS 控制的 PBB-TE 是实现分组传送网的优选技术。

关键词: 分组传送网;运营商骨干桥接;流量工程;通用多协议标签交换;控制平面

Abstract: Current Time Division Multiplexing (TDM) transport networks are changing to become packet-oriented ones, and variety of carrier-grade packet transport technologies have appeared. Provider Backbone Bridging-Traffic Engineering (PBB-TE) is a connection-oriented packet transport technology that provides a scalable, manageable, and Quality of Service-guaranteed solution. Multi-Protocol Label Switching (GMPLS) is a mature transport network control plane technology that supports the multiple data plane. GMPLS-controlled PBB-TE is a promising solution for packet transport networks.

Key words: packet transport network; provider backbone; traffic engineering; GMPLS; control plane

韦建文/WEI Jianwen¹

谢锐/XIE Rui²

金耀辉/JIN Yaohui^{1,2}

(1. 上海交通大学, 区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室, 上海 200030;

2. 上海交通大学网络信息中心, 上海 200030)

(1. The State Key Laboratory of Advanced Optical Communication Systems and Networks, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;

2. Network and Information Center of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

PBB-TE 的特征, 以及在校园骨干网网上做的 PBB-TE 设备互连实验。

1.1 IEEE 以太网技术的演化

1.1.1 802.1Q 虚拟局域网

IEEE 802.1Q 在原有 802.1 以太网帧结构上, 增加了一个 C-Tag 域。C-Tag 包含一个 12 位的 C-VID 和一个 3 位的 C-PID。C-VID 表示源主机所属的 VLAN, C-PID 表示帧的服务类型。在 802.1Q 中, 一个物理网最多可支持 4096 个虚拟局域网(VLAN), 不同 VLAN 之间的流量是隔离的。802.1Q 网桥还可以根据 C-PID 表示的服务类型, 提供差异化的服务。

1.1.2 802.1ad 运营商桥接

IEEE 802.1ad 运营商桥接(PB)是第一个面向电信运营商的以太网桥接技术。PB 在 802.1Q 帧结构中, 增加了一个由运营商分配的域 S-Tag, 包含 12 位的运营商 VLAN 标志符(S-VID)和 3 位的 C-PID。PB 构建的桥接网络称为运营商桥接网络

随着通信业务 IP 化的发展, 各种基于 IP 的新业务层出不穷, 譬如网络电视(IPTV)、IP 语音(VoIP)、P2P 文件共享等。这些新业务加速了城域传送网由“时分复用数据主导”到“分组数据主导”的转变。而传统城域传送网仍是基于 SDH/SONET 构建的时分复用(TDM)传送网。使用 TDM 传送网承载分组业务, 难以满足分组业务对服务质量(QoS)细化多样的要求, 也难以适应分组业务复杂多变的流量模式。因此, 选择灵活可靠的分组传送技术, 将是电信运营商建设下

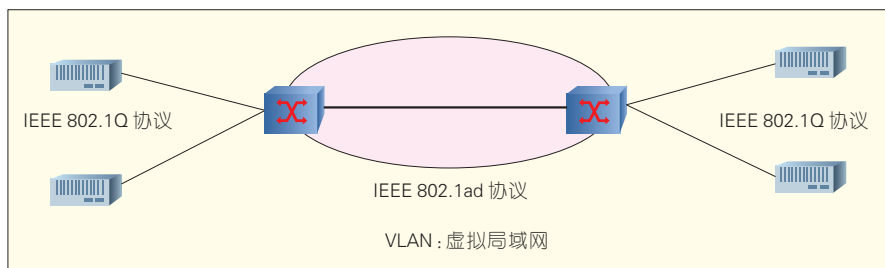
一代城域传送网面临的重大挑战。

以太网是局域网和接入网使用最多的组网技术。然而要想把以太网变为电信级的分组传送技术, 必须在传统以太网中引入电信级网络的特征。IEEE 以太网技术标准的最新成果运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE), 是一种面向连接的分组传送技术, 具备很好的可扩展性和端到端 QoS 支持。PBB-TE 的数据平面有一套与 SONET/SDH 类似的操作与维护(OAM)机制, 具备了电信网络的可靠性和可管理性。PBB-TE 将成为建设城域分组传送网的优选方案。

1 PBB-TE 的结构特征

本节将介绍以太网技术演化,

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(“973”计划)课题(2010CB328205); 国家自然科学基金课题(60825103); 国家科技支撑计划(2008BAH37B03)



▲图1 802.1ad将运营商VLAN与客户VLAN隔离

(PBN)。如图1所示。S-Tag由PBN的入口节点分配,并在出口节点移出。S-Tag将运营商的VLAN与客户端网络的VLAN隔离,还允许运营商将多个客户端VLAN业务通过同一个运营商VLAN传送。

由于受到S-VID长度的限制,PBN最多只能支持4096个服务实例。此外,PBN核心节点根据C-DA+S-VID来转发帧。PBN需要学习客户端的媒体访问控制(MAC)地址,每个PBN节点都要维护一个庞大的转发表。受服务实例和客户地址学习的限制,PBN不能满足电信网络对扩展性的要求。

1.1.3 802.1ah 运营商骨干桥接

IEEE 802.1ah 运营商骨干桥接(PBB)在PBN上又搭建了一层桥接网络——运营商骨干桥接网络(PBBN),来解决PB的可扩展性问题。PBB帧比PB帧多了一个运营商网络帧头<B-DA,B-SA,B-TAG,I-TAG>。这个帧头由PBBN边缘节点负责添加和删除。其中,B-DA、B-SA分别是PBBN的入口、出口节点的MAC地址;B-TAG包含12位B-VID,标志PBBN的一棵生成树或传送通道。I-Tag包含24位I-SID,用来表示服务实例,可在一个PBBN中支持多达1600万条服务实例。PBBN的核心节点根据B-DA+B-VID来转发帧,只有PBBN边缘节点才需要学习客户网络的MAC地址。这样,核心节点的转发表条目数量将大大减小。

在业务数量和节点数量支持上,PBB是第一个真正达到电信网络要

求的桥接技术。但是,PBB仍缺少流量工程和运行管理特性。

1.2 802.1Qay 运营商骨干桥接-流量工程的特征

IEEE 802.1Qay 运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE)是PBB加入一系列电信网络特征后的产物,是一种面向连接的分组传送技术。PBB-TE的网络结构如图2所示。PBB-TE的主要特征如下:

(1)可扩展性

在数据平面上,PBB-TE与PBB具有基本相同的帧结构(即MAC-in-MAC)。PBB-TE网络核心节点根据<B-DA,B-VID>来转发帧。PBB-TE继承了PBB支持业务数量大、运营商/客户地址隔离的优点。

(2)面向连接和QoS保证

PBB-TE关闭了生成树协议和源地址学习机制,将未知地址的帧丢弃而不是广播它。PBB-TE网络中用于传送业务的以太网交换路径(ESP),必须由控制平面或者管理系统建立。因此,PBB-TE是一种面向连接的分

组传送技术,每一条ESP都具有确定的流量工程属性和QoS保证。

(3)操作与维护

PBB-TE加入基于连接故障管理(CFM)的OAM机制,使得PBB-TE不借助其他层网络,也能提供电信级的OAM功能。

(4)端到端的路径保护

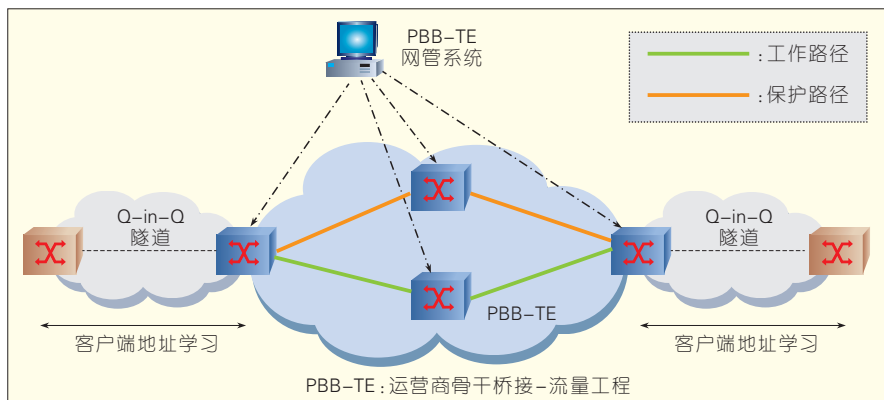
PBB-TE可以为点到点和点到多点的ESP提供1:1的路径保护。PBB-TE可以在建立工作路径时,同时建立保护路路径。由于保护路径是预先配置好的,所以能够确保它与工作路径具有相同QoS。PBB-TE路径故障诊断和保护动作的触发全部在数据平面完成,保护倒换时间可以达到50ms量级。

(5)多业务承载PBB-TE

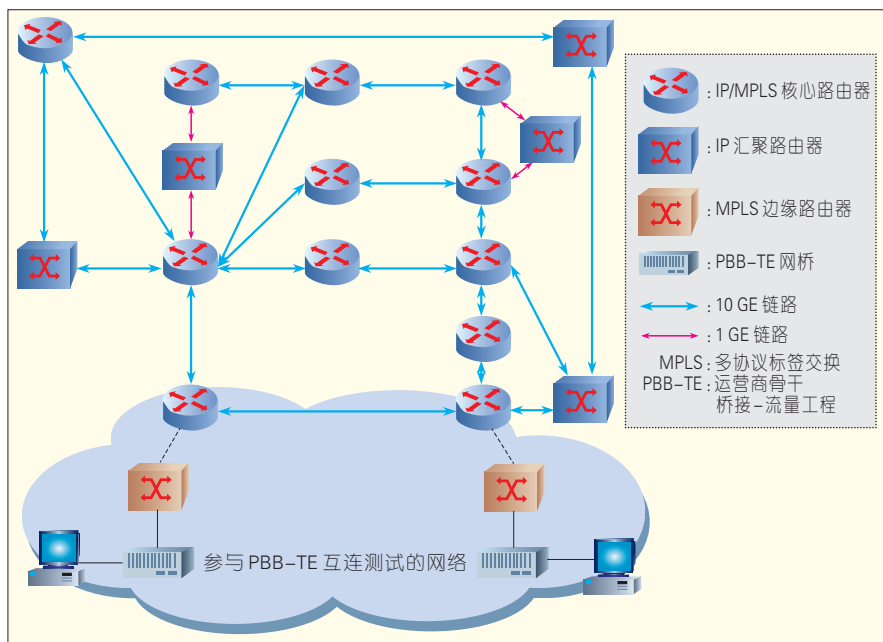
PBB-TE可以承载各种二层和三层业务,还提供对TDM业务的支持。当然,PBB-TE技术也存在不足。与另一种分组传送网方案传送多标签协议交换(T-MPLS)相比,PBB-TE对多点到多点业务的支持能力较差、QoS的分类不够细化、控制平面技术不完善。这些问题将在PBB-TE标准化的过程中逐步解决。长远来看,PBB-TE能降低运营商在城域网的维护成本,因此部分运营商已经尝试部署PBB-TE技术^[1]。

1.3 校园骨干网中的PBB-TE设备互连实验

PBB-TE作为一种低成本的电信



▲图2 PBB-TE网络结构



▲图3 在上海交通大学校园骨干网上进行的PBB-TE互连实验

级分组传送技术,其应用场景可以由单纯的电信城域网,扩展到一系列业务密集、节点数量庞大的数据中心或科研骨干网络中。上海交通大学网络中心做了PBB-TE应用于校园骨干网的初步尝试,在校园骨干网中成功进行了PBB-TE互连实验,也验证了PBB-TE设备和MPLS设备间的互操作性。

上海交通大学校园骨干网拓扑如图3所示。核心网是一系列通过10GE或GE链路相连的IP/MPLS路由器,汇聚网由IP路由器组成。上海交通大学校园网为校内提供视频点播/组播、电子邮件、FTP、P2P文件共享等服务。为了获得更好的服务体验,校园网中大量使用了MPLS流量工程技术。此外,为了给校务管理提供可靠、保密的网络平台,校园网中还建立了面向特定业务的MPLS虚拟专用网(VPN)。

在本次实验中,客户端的MAC帧经过PBB-TE网桥汇聚后,被封装为MAC-in-MAC帧,然后经由MPLS边缘节点,封装为MPLS包,进入MPLS核心网传送。在MPLS核心网的出口,通过MPLS边缘路由器、PBB-TE

网桥,最后到达另一端的主机。PBB-TE网桥使用的是具有汇聚功能的PBB-TE边缘网桥。

在成功进行互连实验后,下一步将建立基于PBB-TE的汇聚网络。通过对比PBB-TE汇聚网络与现有IP汇聚网络,我们将进一步评估在校园网中部署PBB-TE技术的可行性。我们还将在这两台设备上进行PBB-TE控制平面的研究。

2 GMPLS控制的PBB-TE

对于PBB-TE控制平面中的关键技术。虽然PBB-TE控制平面的标准化尚未完成,但是业界比较一致的意见是使用通用多标签交换协议(GMPLS)作为PBB-TE控制平面技术。GMPLS扩展了多协议标签交换(MPLS)中关于标签和标签交换的意义,重用了部分MPLS协议。GMPLS的主要功能包括信令、路由、路径选择、链路管理。在进行相应扩展后,GMPLS可以支持多种数据平面,譬如SONET/SDH、光传送网(OTN)、波分复用(WDM)等。引入GMPLS控制平面后,可以提供更加丰富的管理功能,譬如自动连接指配、网状网恢复保

护、约束路由计算等。

下面通过使用GMPLS控制PBB-TE时做的模拟平台,介绍为研究GMPLS控制的PBB-TE而搭建的模拟环境。

2.1 GELS对GMPLS的扩展

目前,使用GMPLS控制PBB-TE仍没有完成标准化。因特网工程任务组(IETF)是这项工作的主要推动者。现在已经有两份关于GMPLS以太网标签交换(GELS)的草案发布^[1]。这两个草案中对GELS的体系结构和技术规范做了说明。GELS尽可能复用了原有GMPLS体系结构中的功能组件,并做了必要的扩展:

(1)寻址方式

GELS控制平面上的节点仍然使用IP地址标志,控制平面的信息在IP层交换。GELS同时支持标号和无标号端口。

(2)信令协议

GELS中增加了一种新的标签格式<B-DA,B-VID>,对应于PBB-TE节点上的转发表入口。在数据平面内,一条路径上各节点对应的转发表入口相同,所以,路径上的各个节点必须分配到相同的标签。PBB-TE标签是一个全网标签。

(3)流量参数

GELS使用下面的4个量来描述带宽参数^[1]:承诺速率(CIR)、承诺窗口大小(CBS)、承诺外速率(EIR)、承诺外窗口大小(EBS)。

(4)路由和路径计算方式

GMPLS对路径选择的方法没有加以限制。所以GELS可以使用任何方式进行路径计算和路径选择。开放式最短路径优先-流量工程/中间系统-中间系统-流量工程(OSPF-TE/IS-IS-TE)仍然可以用来发布PBB-TE数据平面的路由信息。由于数据平面的端口已经使用标号或无标号的方式进行标志,所以在路由信息中不需要携带端口的MAC地址。

(5)链路管理

GMPLS 的链路管理协议(LMP)与 PBB-TE 内建的连接故障管理(CFM)功能上有些重叠,都能完成邻居发现、故障诊断、故障确认和故障定位等功能。CFM 不需要其他层的支持就能独立运行,而 LMP 可以自动完成编号/未编号接口的标志符分配。CFM 和 LMP 可以一起运行。

IETF 的这两个草案只说明了如何使用 GMPLS 建立点到点的 PBB-TE 路径。其他一些问题,譬如如何建立点到多点路径、基于控制平面的保护恢复等,仍需要补充完善。此外,在 IEEE 802.1 中的另一个标准 802.1aq 里的 PLSB,也可以作为 PBB-TE 的一种控制方案^[4]。

2.2 GMPLS 控制 PBB-TE 的模拟平台

由于 PBB-TE 的 GMPLS 控制技术仍有许多工作需要补充,所以这部分的研究一直比较活跃。相比于使用真实的 PBB-TE 设备搭建实验平台,研究人员更倾向于使用一个虚拟的实验平台,因为后者使用更灵活、支持的节点数更多。这样的虚拟平台大致可以分为两类:

(1) 仿真平台

以 NS2 等有限状态机仿真软件为代表。平台支持的节点数多,可扩展性好,但缺少信令交互细节,控制平面和数据平面的真实度欠佳。

(2) 模拟平台

以 DRAGON 项目^[5]为代表,使用计算机代替 PBB-TE 网桥。此方案中的计算机上运行完整的 GMPLS 协议栈,数据帧通过网卡发送,PBB-TE 控制平面和数据平面都可以比较真实地模拟。但是,模拟一个 PBB-TE 网桥仍需要一台计算机,扩展性受限。

本文的重点在于 GMPLS 信令的互通性和跨层优化问题,所以在仿真和模拟间做了一个折衷方案。如图 4 所示。搭建的大规模光网络验证平台模拟了一个两层的网络:上层是 PBB-TE,下层是 SONET/SDH。我们完整实现了控制平面的信令协议

(RSVP-TE)和路由协议(OSPF-TE),其中还包括 GMPLS 对 PBB-TE 和 SONET 的扩展。平台不实现数据平面的转发功能。验证平台中的节点只是计算机内存中的一个对象,节点间的信令交互和路由信息更新通过对象间通信完成,不需要通过实际网卡发送。信令信息和路由信息被记录在日志中,供离线查看。我们成功地在这个平台上演示了包含数十个节点的跨层建路。下一步我们考虑对 GMPLS 做扩展,以支持 PBB-TE 的保护倒换。

3 结束语

PBB-TE 是一个具有层次化网络结构、完善 OAM、能提供 QoS 保证的分组传送网技术。作为汇聚层的解决方案,PBB-TE 相对于 MPLS 更有价格优势。目前 PBB-TE 及其 GMPLS 控制技术的标准化工作仍在进行中,越来越多的电信网络特性将会引入到 PBB-TE 中。随着 PBB-TE 标准的完善,PBB-TE 将成为下一代城域分组传送网优秀备选技术。

4 参考文献

- [1] Deutsche telecom flirts with PBT[EB/OL]. [2007-09-20]. http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=134344.
- [2] Generalized multi-protocol label switching (GMPLS) Ethernet label switching architecture and framework[R]. draft-ietf-ccamp-gmpls-ethernet-arch-09. 2010.
- [3] Ethernet traffic parameters[R].

draft-ietf-ccamp-ethernet-traffic-parameters-10. 2010.

- [4] ALLAN D, ASHWOOD-SMITH P, BRAGG N, et al. Provider link state bridging [J]. IEEE Communications Magazine, 2008,46(9): 110-117.

- [5] SOBIESKI J. DRAGON: Dynamic resource allocation via GMPLS optical networks[C]// MCNC Optical Control Planes Workshop, Apr 23, 2004, Chicago, IL, USA.

收稿日期:2010-03-16

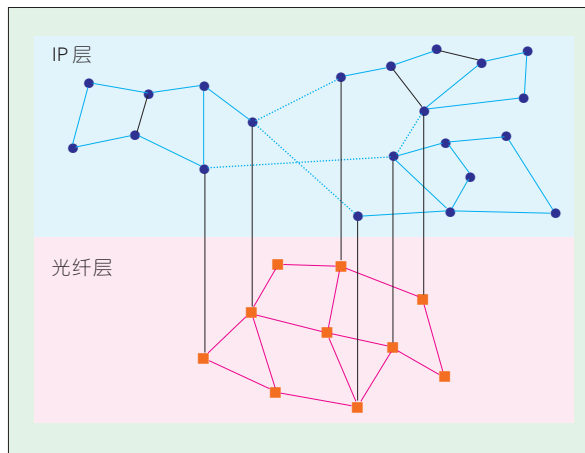


图 4
大规模光网络验证平台截图

作者简介



韦建文,上海交通大学电子工程系在读硕士研究生,主要研究方向为多层多域网络,包括多域网络的流量工程和分段保护、多层网络的生存性。



谢锐,上海交通大学网络信息中心高级工程师,负责上海教育科研网和校园网核心运行和维护,长期从事计算机网络技术研究开发、网络建设和管理工作,研究方向包括下一代互联网关键技术应用、网络管理、网络测量与网络安全等方面,已发表论文 10 余篇。



金耀辉,区域光通信网络与新型光通信系统国家重点实验室教授、博士生导师,上海交通大学网络信息中心副主任;主要研究方向为未来 Internet 设计、大规模网络测量与优化控制和片上光互联网络等;已发表研究论文 100 余篇,其中 SCI 论文 30 余篇。

分组传送网的环保护和生存机制

Mechanisms of Ring Protection and Survivability for Packet Transport Network

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0017-04

摘要: 在保护和恢复机制方面, 分组传送网络面临运行操作与维护(OAM)检测性能、网络资源优化、资源分配死锁、资源部署阻塞等众多挑战。传统的保护和恢复机制已不能满足分组传送网络的需求。为了提高分组传送网络保护恢复性能、网络资源的利用率、业务恢复可能性, 减少业务部署的阻塞率, 文章对交迭段保护机制、预规划多环、冲突避免算法、延时恢复算法等新型保护恢复机制进行了研究, 得出观点: 保护和恢复机制合理, 由时分复用向分组承载的平滑演进、网络融合和网络全业务化才有可能。

关键词: 分组传送网络; 保护; 恢复; 阻塞率

Abstract: In its protection and restoration mechanisms, Packet Transport Networking (PTN), is facing many challenges. Such challenges arise in the areas of Operation Administration and Maintenance (OAM) detection performance, network resource optimization, resource allocation deadlock, and resource deployment blocking. Traditional mechanisms of protection and restoration cannot meet the requirements of Packet Transport Networks. In order to improve protection and restoration, network resource use, probability of service restoration, and to decrease the probability of service blocking, this paper introduces mechanisms such as overlay section protection, pre-configure pre-planned cycle, conflict-release algorithm, and delay restoration algorithm. Finally, it concludes that only the protection and restoration mechanism can reasonably achieve network integration, network operation, and the smooth evolution from TDM to packet bearing networks.

Key words: packet transport network; protection; restoration; blocking

重播放(3-Play)等新兴宽带数据业务、企事业单位的以太网专线业务、二层虚拟专用网(L2VPN)业务、普通宽带用户的接入量和速率提升等是推动城域传送网转型的主要驱动力, 业务IP化和承载IP化推动着基础传送网向分组传送网络(PTN)演进。

分组传送网络技术保持了传统同步数字体系(SDH)传送网的优点, 具有良好的网络扩展性、丰富的运行

基金项目: 国家高技术研究发展计划("863"计划)课题(2007AA01Z252)

操作维护(OAM)、快速的保护倒换等。同时增加了适应数据业务的特性: 分组交换、统计复用、面向连接的标签交换、分组服务质量(QoS)保证、灵活动态控制。这些特性是网络融合的重要基础性技术。在传送方式上, 分组传送网不仅能够提供分组数据业务, 兼容传统的时分复用(TDM)业务, 还能够提供适合3G移动传输需求的ATM反向复用(IMA)^[1]、异步传输模式(ATM)、多等级优先占(用MLPPP)等功能。配套组网需求, 设备利用多种封装和适配技术, PTN可以

将多种不同的TDM和数据业务统一到分组传送平面, 从而成为基于统一分组交换的多业务传输平台^[2]。

众多需求, 众多的应用环境、场合都集中存在一个问题: 分组传送网络的生存性。分组传送网络的生存性直接影响网络的组网方式(环、格状、星型)。分组传送网络的生存性还直接影响业务建立的方式(1+1或1:1通道保护), 进而影响业务(如标记交换路径建立的阻塞率、资源的利用率、资源分配的协调)^[3]。分组传送网络不同于同步数字体系(SDH)网络, 其保护机制尚在研究中。PTN在性能上还有待提高, 多种类型保护资源互补性小, 造成阻塞率高。

分组传送网络的保护和恢复策略是目前影响业务性能、网络资源利用率、网络生存性的重要因素。随着对分组传送网络生存性要求的提高, 对分组传送网络的保护和恢复策略的研究就显得更加重要。保护和恢复机制研究合理, 由TDM向分组承载的平滑演进、网络融合和网络全业务化才有可能。

1 分组传送网络研究现状

面向分组传送网络主要有传送多协议标记交换(T-MPLS)^[4]/多协议标

记交换-流量工程(MPLS-TE)^[6]、运营商骨干桥接/运营商骨干网传输(PBB/PBT)^[7],其生存性策略的研究已经受到业界的关注。国际上许多著名研究机构,如 Alcatel^[8]、Nortel^[7]、Cisco^[9]、Sycamore^[10]、欧盟 FP7^[11]、美国 Texas 大学^[12]、Stanford 大学^[13]、Bell Labs^[14]等,都正致力于 PTN 的生存性机制的研究。中国厂商,如中兴通讯、华为、烽火等也对生存性策略进行了研究。

国际电信联盟电信标准部门(ITU-T)和因特网工程任务组(IETF)都提出了各自的需求。T-MPLS 支持 1+1 和 1:1 线性保护(G.8131)以及 Wrapping 和 Steering 环网保护^[15](G.8132)。IETF 倾向于采用多协议标记交换(MPLS)的快速重路由(FRR)^[16]完成 1:N 线性和环网保护。

中国对分组传送网的保护恢复技术处于讨论、研究的阶段。网络设备厂商重点研究电信级的保护倒换策略。

中国通信标准化协会(CCSA)前年成立了一个论坛专门讨论基于统一交换平面的传送设备,2010 年将开始讨论 T-MPLS 保护机制。

总体来说研究重点主要是针对 T-MPLS 支持 1+1 和 1:1 线性保护不能适应目前不同业务对保护恢复机制的不同需求。需要通过通道级、链路级保护,以及基于通用多协议标记交换(GMPLS)智能化软件来控制业务的快速选路、重选路,以达到多层次多等级的保护和恢复。

国际上,对基于分组网络的保护早已有之,例如 W.Grover 最早提出了用于 IP 网络的预配置环(P-cycle)的概念^[17]。在故障发生前,预先配置好一组 P-cycle,遍历所有被保护的节点和链路并预留资源,当故障发生时,按照预先设计好的环进行倒换动作。Robert Sultan 在公开的专利中提出了一种基于服务器轨迹的消息通告机制,提高了在拥塞网络中业务的恢复可能^[18]。Sycamore 的 Raymond Xie 提出在 EtherOptics 体系结构分组传送网络

中引入智能化的保护恢复机制^[19-20]。

2 分组传送网络生存性存在的挑战

分组传送网络是近几年开展的研究项目。分组传送网络生存性还存在较多挑战,是电信级分组传送网络走向实用的重要环节。

(1)生存性评估和优化方法

分组传送网络生存性是网络中重点被关心的问题,对网络生存性的评估本身就是一个比较难以确定的问题,需要确定合理的指标。而对网络生存性的优化存在优化方法和优化技术的限制。由于目前人类认知能力不够和计算机计算能力的有限,使很多优化问题成为难题。人类还不知道最好的网络是什么。计算能力的有限使穷举之路走不通。分组传送网络生存性的优化只能借助于“遗传算法”、“贪婪算法”等找到一个比较好的解,合理解决分布式网络的生存性。

(2)分布式死锁和资源竞争解决方法

分组传送网络在快速标记交换路径(LSP)建立、1:N 保护中的抢建、快速 LSP 重选路等方面都不同程度遇到分布式死锁和资源竞争。目前常采用“鸵鸟算法”来解决,可以满足 IP 网络的要求,但性能达不到快速保护恢复的要求。分布式死锁这个问题没有得到彻底解决。死锁问题在计算机操作系统和网络中是最头疼的问题。在计算机操作系统理论中,Dijkstra 提出了“银行家算法”,但实用性不强。在 MPLS 中,死锁问题不被重视,但在 GMPLS 中,Zafar Ali 等开始重视死锁问题,并在 IETF 提出了该问题。目前该问题正在研究中。

(3)面向分组传送网络保护恢复部署的阻塞率

现有类 SDH 的保护机制已经开始被分组传送网络所采用,但在分布式选路的环境下,由于要建条件苛刻的保护通道,阻塞率非常高。为了解

决该问题,必须提出条件宽松的保护和恢复机制,与传统严格保护机制互补,满足分组传送网络的特殊需要。

(4)OAM 故障检测性能

OAM 主要是通过周期性交互连通检测报文实现 P2P 的连通性状态检测,并辅以各种方法实现丢包率、延时、抖动的检测,实现环回、告警抑制、告警回告等。通过自动保护倒换(APS)协议来实现端到端(E2E)两条通道间的相互保护。而类 SDH 保护必须提供满足电信级 50 ms 保护的需求。OAM 引擎完成通道故障检测报文周期不能超时太多,故障发生 25 ms 内检测到故障并触发倒换才能保证总倒换时间小于 50 ms。所以 OAM 故障检测性能非常重要。

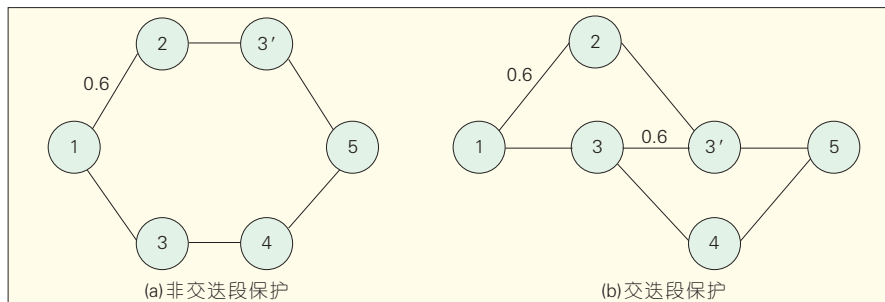
3 分组传送网络环境保护和生存性机制解决方案

目前分组传送网络核心网以网状网结构为主,所以分组传送网络的环保护有别于类 SDH 的保护方式。本文介绍北京邮电大学在分组传送网环境保护和生存性机制方面的一些研究成果。

(1)交迭段保护机制

本文通过对约束机制和交迭段保护机制的深入分析,将两者相结合并根据工作和保护路径分别采用动态链路权重调整,从而提出一种交迭段共享保护算法^[21]。交迭段保护机制为整个工作路由提供了多个交迭的保护段,并给出了一种能够合理有效选择这些交迭保护段的方法。与以往保护算法相比,交迭段共享保护可提高网络连接的可靠性,而且还通过不同交迭保护段间资源的合理共享有效地提高网络资源的利用率。

段保护机制通过使用多个备份保护段来为整条端到端的工作路径提供保护。与通道保护相比,段保护方式的主要优点是缩小了恢复的范围。当一处链路或节点发生故障时,只有与之相对应的保护段被激活,因此缩短了恢复的时间。另外,段保护



▲图1 交迭和非交迭段保护示意

方式并不是为工作路径中的每条链路都提供一个保护段,因而它比起链路保护又具有更高的资源利用率。交迭段保护机制是按照工作路径中的每个工作段分别提供相交迭的备用保护段。某些工作链路受到多于一条的备份段的保护,从而在提高了网络生存性的同时,对于网络资源的分配也更加灵活可变。传统的非交迭段保护无法提供对段间节点的保护,而交迭段保护成功克服了这个缺点。由于相邻段之间的交迭,所以段间节点的故障不会导致工作和保护段同时失效。交迭和非交迭段保护如图1所示。

(2)预规划多环方案

针对网状网中保护发生故障点恢复不确定的问题,本文提出一种新的预规划多环(P-mcycle)恢复方案。该方案应用了P-mcycle生成的ILP优化算法和Sub-cycle二次选路算法,在故障业务恢复时间有效的前提下提高了故障保护成功率和预留保护资源的容量效率,从而改善了分组传送网络快速恢复的有效性和可靠性。

P-mcycle生成算法基于整数线性规划(ILP),以ILP为基础形成故障独立通道保护P环,但计算时间复杂度过大。小型网络计算需要1h,大型网络计算会达到2d。ILP优化算法由于将动态业务分布、业务对称性等变量和约束条件放至二次选路时独立解决,纯ILP模型仅用于寻找最优的P环组合,计算量显著减少,从而变成网络拓扑的静态规划。

由于变量数和约束条件的减少,

计算复杂度大为降低,将采用一种有效的预选择方法来缩小ILP问题的解空间。在给定的网络拓扑中使用改进的深度优先搜索算法(DFS)搜索出全部简单环,在环集合中依次判断环上链路是否满足限制。选取 M 个AE值最大的环构成次优解搜索空间,使用ILP优化算法求解出一组P-mcycle,既满足保护所有的工作波长,又不超过网络中预先设置的最大预留波长。即用最少的预留资源实现100%业务恢复能力。

这里应用了P-mcycle生成算法及二次选路算法。使用二次选路分担了传统P-cycle预配置的计算复杂度,而且优化了切换保护选路。改进的P-mcycle故障恢复时间符合分组传送网络严格的生存性要求,并且在故障保护成功率、保护资源占用率、容量效率等方面比传统P-cycle有所提高。据仿真数据显示在平均节点度低的格状网(Mesh)网络优化效果更加明显。

后续工作将着重于以下几个方向的进一步研究:根据节点故障恢复,多链路/多节点恢复实现基于P-mcycle算法的优化;在P-mcycle建立候选环的过程中引入对业务分布的动态变化,生成更加合理的P-mcycle资源分布更加合理;考虑业务的方向性,进一步研究二次选路的流量工程,以更少的网络资源,实现更高的业务保护成功率。

(3)冲突避免算法降低建路和保护阻塞率

在建路的时候会出现下面一种

情况,两个路径请求在一条链路的两端同时预留相同的资源(端口或者波长 λ)并发出预定消息。当预定消息到达链路的对端时,发现资源已经被占用。过去采用的方法是在发现资源被占时,节点认为建路失败,回复预定错误消息。这样一条链路的两端同时发现资源被占,同时认为建路失败,浪费了建路资源。

这里构想了一种新的方法避免这种冲突。如图2所示。原理是对同时发出的预定消息采用一种优先级比较策略,使其中一条路建成^[2]。如,在节点C和D之间发生冲突,C为路径(Path)1分配的资源,和D为路径2分配的资源相同。当C向D发的预约(Resv)1消息到达D端时发现资源已经被占用了,这时D端只能认为建路失败;同样C端在收到D发的预约2消息时也认为建路失败。两条路都无法建成。冲突避免算法在发路径消息的时候携带一个计数器 i ,在源节点将其设为0。当路径消息到达一个节点的时候计数器加1,同时在节点存放当前计数器的值。当路径消息到达目的节点的时候 i 的值就是建路成功需要经过的链路数。图中A到E建路需要经过5条链路,E到B建路需要经过4条链路。

采用冲突避免算法在长距离建路时,成功的概率可能比较小。例如一个请求A建路需要经过7条链路,另一个B请求只需要3条。其中发生冲突的链路距离A请求源节点有2条链路而离B请求源节点还有1条链路的情况下,B请求建路成功,而A失败,这样A请求之前建成的5条路就都必须拆掉,浪费了很多的资源。

(4)延时恢复算法

延时恢复算法是在网络出现故障的时候所采用的一种机制。其主要的思想是在网络故障恢复的过程中采用一种顺序延时的处理方法。

采用的方法是在发生故障以后,让业务的源节点延时发送通报(Notify)消息。如图3所示。两条通报

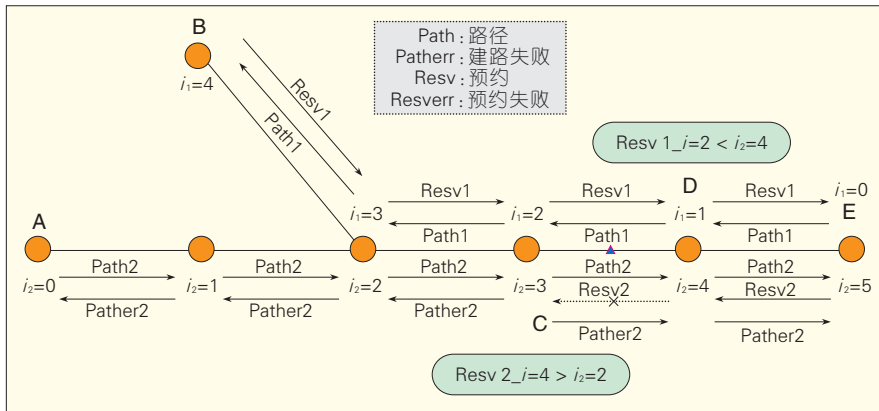


图2 冲突避免算法示意

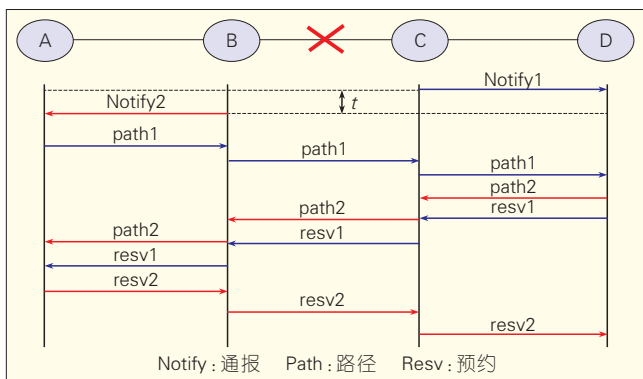


图3 延时恢复算法

消息之间插入一段时间间隔 t 发送。采用这样处理方法,会减小在故障恢复时业务的再路由和发信令过程中发生资源冲突的几率。图3中,两条方向相对的业务在恢复的时候,顺序发信令过程中没有发生资源冲突的问题。

4 结束语

分组传送网是未来发展的一个重要方向,它的环保和生存性是直接影响服务质量的重要技术。但目前故障检测、网络部署、保护恢复的新方案方面还存在很多挑战。传统现有的一些保护恢复方法已不能满足分组传送网的需求,需要新型网络保护和恢复机制。这些挑战在未来会得到逐渐的解决。

5 参考文献

[1] NEC. Packet transport network tech makes NGNs reliable[EB/OL]. [2007-04-26]. http://www.eetindia.co.in/ART_8800462498_

1800006_NT_e79940b5.htm.

[2] LEE D S, SENGUPTA B. Queueing analysis of a threshold based priority scheme for ATM networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2003, 1(6): 709-717.

[3] VAINSHTEIN S, FROST T. Emulation of TDM circuits over MPLS using raw encapsulation implementation agreement[R]. MFA Technical Committee, MFA 8.0.0. 2004.

[4] ITU-T Study Group- Question 9/15. Transport equipment and network protection/ restoration [R]. 2009.

[5] ITU-T Recommendation G.8110.1/Y.1370.1-2006. Architecture of transport MPLS (T-MPLS) layer network[S]. 2006:8-15.

[6] IETF RFC 3812. Multiprotocol label switching (MPLS) traffic engineering (TE) [S]. 2004.

[7] Nortel. Provider backbone bridges (PBB) and provider backbone transport (PBT) [EB/OL]. [2006-02-15]. http://www2.nortel.com/go/solution_content.jsp?segId=0&catId=0&parId=0&prod_id=55120.

[8] Alcatel. PWE3 response to ITU-T SG15Q9 Liaison on TMPLS ring protection [EB/OL]. [2008-02-09]. <http://www.ietf.org/mail-archive/web/pwe3/current/msg09503.html>.

[9] Cisco. Multipoint TMPLS[EB/OL]. [2007-01-25]. <http://www.ietf.org/mail-archive/web/pwe3/current/msg08706.html>.

[10] 2nd VIOLA Workshop, Mar 22-23, 2006, Bonn, Germany[C]//e-Photon/ONe+/IST Phosphorous Meeting, Sep 16, 2007, Berlin, Germany.

[11] YOO S J B. Network interoperability - The role of optical technologies[C]// e-Photon/ONe+/IST Phosphorous Meeting, Sep 16, 2007, Berlin, Germany.

[12] Fall 2008 graduate research day[R]. Dallas, TX, USA: University of Texas. 2008.

[13] Ixia to provide IP testing horsepower in the largest public carrier Ethernet interoperability test [EB/OL]. [2008-09-24]. <http://www.reuters.com/article/pressRelease/idUS181350+22-Sep-2008+BW20080922>.

[14] Alcatel-Lucent Bell Labs. Alcatel-Lucent Bell Labs and NTT Photonics Labs sign collaborative agreement related to optical packet switch technology[EB/OL]. [2008-05-05]. http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-7956799/Alcatel-Lucent-Bell-Labs-and.html.

[15] LEE, B J, BACQUE J B. Protection system and method for resilient packet ring (RPR) interconnection: US, 7274656 [P]. 2007-09-25.

[16] MPLS FRR protection overview[EB/OL]. [2009-04-01]. <http://www.juniper.net/techpubs/software/nog/nog-mpls-frr/html/frr-overview.html>.

[17] GROVER W D, STAMATELAKIS D. Cycle-oriented distributed preconfiguration: Ring-like speed with mesh-like capacity for self-planning network restoration Communications[C]//Proceedings of International Conference on Communications (ICC'98):Vol 1, Jun 7-11, 1998, Atlanta, GA, USA. Piscataway, NJ, USA:IEEE, 1998:537-543.

[18] Packet transport: It's time to clear up the confusion[J]. Fibre Systems Europe, 2008(3): 21.

[19] SULTAN R, YONG L. Dunbar I. Network availability enhancement technique for packet transport networks:US, 370235[P]. 2008-11-13.

[20] XIE R. 'EtherOptics' optimizes intelligent IP/Ethernet transport [J]. Lightwave, 2008, 25 (5).

[21] 孙翔, 陆月明, 纪越峰. 基于 SRLG 约束和资源共享的交迭段保护机制研究[J]. 光子学报, 2009, 38(6):1386-1391.

[22] 陆月明, 赵同, 弓伟丽, 等. 光网络实时连接恢复中资源分配死锁解除方法[J]. 通信学报, 2008, 29(12):91-95.

[23] 王贤西, 王淼, 陆月明, 等. 串行同源故障通告机制及其在 ASON 中的应用[J]. 通信学报, 2009, 30(5):74-81.

收稿日期: 2010-03-15

作者简介



陆月明, 西安交通大学博士毕业; 北京邮电大学教授、中国计算机学会会员, 长期从事计算机网络、分组传送网络、智能光网络等研究工作; 主持和参与了 5 项国家级基金项目, 获国家发明专利授权 11 项; 发表论文 70 余篇。

MPLS-TP 的业务适配与标签转发机制

Mechanism of Service Adaptation and Label Forwarding in MPLS-TP

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0021-05

摘要: 传送网承载的业务从以时分复用(TDM)为主向以 IP 为主转变, 需要一种能够有效传送分组业务的新技术。传送多协议标记交换(MPLS-TP)作为一种面向连接的分组传送技术, 具有高效的多业务适配能力和灵活的标签转发机制。从 MPLS-TP 技术特性入手, 文章基于 MPLS-TP 标准化的最新进展, 重点讨论了与 MPLS-TP 有关的数据转发平面, 以及业务适配和标签转发机制等关键技术, 包括信号适配、分组交换与转发和双标签信令传送实现等内容, 说明了基于双标签传送模式的虚拟专用网的业务实现方法, 并总结了 MPLS-TP 的应用情况。

关键词: 业务适配; 传输-交换通道标签; 公共互通指示标签; 标签转发

Abstract: Telecommunications services have been trending away from Time-division Multiplexing (TDM)-based transport networks towards IP-based ones. In the future, a new technology that can effectively carry packet services will be urgently needed. MPLS Transport Profile (MPLS-TP) is a connection-oriented packet transport technology with efficient service adaptation capabilities and a flexible label forwarding mechanism. This paper analyzes the technical characteristics of MPLS-TP, and introduces the latest standardization process. It discusses some key issues for MPLS-TP (including data forwarding plane, service adaptation, and label forwarding mechanism) and explains the implementation of dual-label transfer mode in Virtual Private Network (VPN). Finally, this paper summarizes the application of MPLS-TP.

Key words: service adaptation; T-LSP; CII; label forwarding

张永军/ZHANG Yongjun

张志辉/ZHANG Zhihui

顾婉仪/GU Wanyi

(北京邮电大学 信息光子学与光通信教育部
重点实验室, 北京 100876)

(Key Laboratory of Information Photonics and
Optical Communications, Ministry of
Education, Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100876, China)

的性能和可靠性, 也都提供标准的面向连接的隧道, 区别主要体现在数据转发、保护、OAM 的实现方式不同。T-MPLS 技术在标准化进程中抢占了先机。整体来说, 标准已经基本成熟, 标准化程度已经达到了设备商用的要求, 但还不够完善, 仍在进一步规范之中。

1 MPLS-TP 技术特征与 标准化进程

1.1 MPLS-TP 标准化进程

国际电信联盟电信标准部门 (ITU-T) SG15 工作组从 2005 年开始, 把工作转向了运用协议标记交换 (MPLS) 技术定义分组传送层服务功能结构, 即 T-MPLS 技术上来。到 2007 年, ITU-T 发布了系统架构、接口与设备规范、OAM、保护倒换机制以及业务信号适配等几个建议文档, 且已与因特网工程任务组 (IETF) 达成一致, 目前正在分层功能详细定义、适配客户信号增加、业务互通和同步等方面进行进一步的标准化工作。同时, IETF 也正在编写 T-MPLS RFC, 为 T-MPLS 业务定义新的标签。2008

目前业务网正处在发展转型时期。传统电信业务的相对萎缩以及 IP 化趋势的推动, 使得传送网承载的业务从以时分复用(TDM)为主向以 IP 为主转变。未来的市场需要一种能够有效传递分组业务, 并提供电信级操作、维护、管理(OAM)和保护的分组传送技术。要求传送设备从“多业务的接口适应性”向“多业务的内核适应性”转变, 即业务的 IP 化对传送网本身提出了分组化的要求。但同时, 又必须保证传统业务(如语音)的正常运行, 即要求分组技术和传输

技术相互融合。在这种业务转型和技术融合的背景之下, 分组传送网 (PTN) 应运而生^[1]。

就目前的网络和技术条件, PTN 实现方案可以分为以太网增强技术和传输技术结合多协议标签交换 (MPLS) 两大类, 前者以运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE, 或称 PBT)为代表, 后者以传送多协议标记交换 (MPLS-TP, 或称 T-MPLS) 为代表。从目前发展来看, 相比其他技术, 这两项技术更好地满足了 PTN 目标网络的要求, 成为演进的主流技术方案。这两种技术都是属于面向连接的技术, 都提供类似同步数字序列(SDH)

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (“863”计划) 课题(2008AA01A328)

年,ITU-T 同意和 IETF 成立联合工作组(JWT)来共同推进 T-MPLS 和 MPLS 技术的融合。IETF 将扩展现有 MPLS 技术为 MPLS-TP,以增强其对 ITU-T 传送需求的支持。今后由 IETF 和 ITU-T 的 JWT 共同开发 MPLS-TP 标准,并保证 T-MPLS 标准与 MPLS-TP 一致^[2]。

1.2 MPLS-TP 技术特征

从标准进展情况来看,MPLS-TP 技术架构清晰,关键技术实现较为完善,对多协议标签交换、伪线(MPLS/PW)技术进行了简化和改造,引入了传送网分层、OAM 和线性保护等概念,符合传送网的需求^[3]。作为一种面向连接的分组传送技术,MPLS-TP 由数据平面、管理平面和控制平面组成,建立了端到端面向连接的分组传送管道。该管道可以通过网络管理系统或智能的控制面建立,具有良好的操作维护性和保护恢复。在传送网络中,MPLS-TP 将客户信号映射进 MPLS 帧并利用 MPLS 机制(例如标签交换、标签堆栈)进行转发,同时增加了传送层的基本功能,例如连接和性能监测、生存性(保护恢复)、管理和控制^[4-5]。

MPLS-TP 采用的是双标签传送模式^[6],即 MPLS-TP 在为客户层提供分组式数据传输时,会对客户数据分配两类标签,分别是公共互通指示标签(CII)和传输-交换通道标签(T-LSP)。CII 将两端的客户联系在一起,用于终端设备区分客户数据。T-LSP 用于客户数据在 MPLS-TP 分组数据通道中的交换和转发。

总体上说,MPLS-TP 作为 MPLS 的子集,是 MPLS 的简化。为了支持面向连接的端到端的 OAM 模型,MPLS-TP 排除了很多无连接的特性,并增加了 ITU-T 传送风格的保护倒换和 OAM 功能,这些都有利于电信级业务的提供。同时,MPLS-TP 选择了 MPLS 体系中有利于数据业务传送的一些特征,抛弃了 IETF 为 MPLS 定

义的复杂的控制协议族,简化了数据平面,去掉了不必要的转发处理,在应用场景上更适合以 TDM 业务为主向 IP 化演进的运营环境。

2 MPLS-TP 业务适配技术

单一传送汇聚平台的概念是业务组网技术中的一大突破。业务供应商不再需要对每个网络层面进行投资来实现混合业务传送,而是选择单一的多业务平台传递所有的业务。在 MPLS-TP 技术中,由传送平面负责将客户数据进行分组传输,对客户信号进行适配和转发。对于不同的客户层信号,MPLS-TP 采取不同的适配和转发方法。对于分组数据(如以太网、帧中继)、信元数据(如 ATM)和时分数据(如 PDH、SDH),由于其长度、格式、复用方式等方面的差别,在对其进行适配传输过程中牵涉到的汇聚、分段、封装、排序、定时、复用/解复用处理也将不同^[7]。

2.1 信号适配

客户信号可以直接映射到 T-LSP,也可以通过基于 CII 进行间接映射。根据双标签的体系结构,所有类型业务信号(IP 信号可选择直接或间接映射)都可以通过相同的双标签结构进行信号的封装。封装层为在虚电路上传送的指定负荷信号提供必要的结构。封装层包含 3 个子层:负荷汇聚、定时、排序。负荷汇聚子层和指定的负荷类型密切相关。可以将一组负荷类型归入一个通用类,然后对整个组提供单一的汇聚子层类型。定时层和排序层对负荷汇聚层提供通用的服务。

(1) 负荷汇聚层的主要任务是将负荷封装成虚电路协议数据单元(PDU)类型。负荷汇聚层承载在客户设备边界处需要重现本地数据单元所必须的附加信息。而比特流在送往 MPLS-TP 时,有一部分在本地业务处理模块被剥离。举例来说,在结构化的 SDH 中,段开销和线路开销可能

会被剥离。

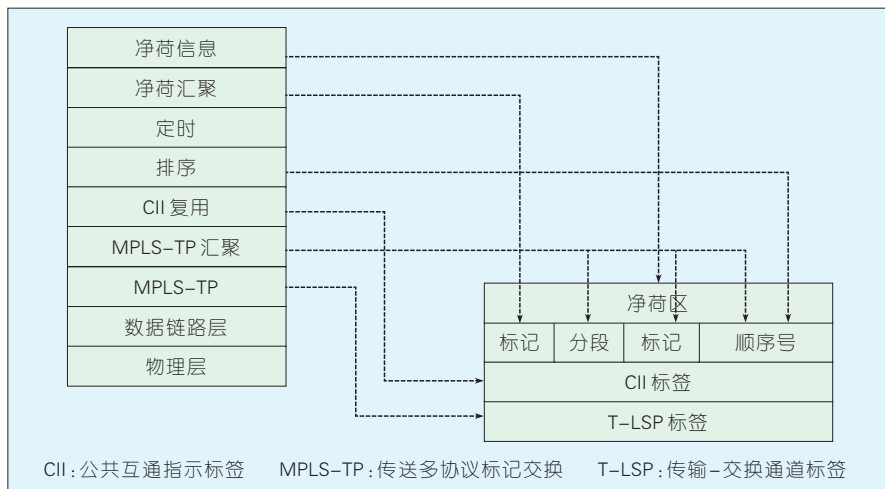
(2) 排序子层提供了帧定序、重复帧和丢失帧检测 3 方面的功能。有些类型的业务必须按顺序传递,有些类型的业务不需要顺序传递。对于所发现的帧顺序错误,以及检测到的帧重复和丢失的具体处理办法的选择,与具体的业务类型有关。一些客户层信号,比如 SDH、帧中继(FR)等,可能需要 MPLS-TP 传输具有时序性,即具有定时功能,包括时钟恢复及基于时间的分组传递。

(3) 定时子层提供了时钟恢复和定时传输两方面的功能。时钟恢复是从传输的比特流中提取时钟信息,并通过锁相机制恢复时钟。定时传输是指要求对接收到的不连续虚电路 PDU 按固定相位关系向客户设备传输。

对 IP 业务,IP 业务可以直接映射到 T-LSP 上,也可使用双标签方式间接映射。在双标签封装方式中,节点不需要具有三层转发能力,因此,在大量节点不具备三层转发能力的网络中,双标签封装方式具有优势。对于非 IP 业务的适配,基于虚电路进行间接映射。由于多个虚电路复用在同一个标记交换通道(LSP)中进行传送,提供的业务颗粒可以小于 2 Mbit/s。由于对业务加上 CII 和采用标签栈,地址空间的限制被克服。

2.2 业务封装

业务的通用封装格式如图 1 所示。净荷信息可以是 IP 分组、Ethernet 分组、ATM 信元、FR 信元、SDH 净荷等。净荷信息包含二层报头或者一层的开销。数据信息加上控制字信息用于净荷汇聚,然后压入 CII 标签确定 T-LSP 中的虚电路类型,压入 T-LSP 标签用于确定 MPLS-TP LSP。控制字信息一般包括标记、分段、长度和顺序号信息。在目的端,终端设备终结 LSP 并弹出外层 T-LSP 标签之后,将会根据内层 CII 标签来确定是属于哪个高层业务



▲图1 业务通用封装格式

实例的数据流。

MPLS-TP 的传送面还具有一个特点,即对客户层和服务层透明。对客户层透明是指,任何客户层信号都可以承载到 MPLS-TP 网络上进行基于分组的传送,客户网络可以是 IP/Ethernet/ATM/FR/FC/PDH/SDH 等。对服务层透明是指 MPLS-TP 可以使用任何底层技术传输,在 MPLS-TP 扩展出自己的数据链路层协议之前,为了做到前向兼容,可以承载在已有的 Ethernet/SDH 网络中传输。

3 标签转发机制

借鉴分组网中用三层 IP 传输二层以太网数据的方法, MPLS-TP 采用双标签传送模式,即 CII 和 T-LSP 标签。为了支持 MPLS-TP 层网络, T-LSP 支持无限嵌套,所以 T-LSP 标签可以有多个。CII 标签可以具体表现为某一客户信号的标签,例如,在图 2 中,将 CII 标签表示为虚电路(VC)标签。复用/解复用模块通过虚电路捆绑的方法将多个 VC 捆绑成一个虚电路组(VCG)在同一个 T-LSP 上传送。这样可以降低网络传输交换设备的复杂度,同时减少对带宽资源的占用。

3.1 分组交换与转发技术

MPLS-TP 的业务分组交换与转

发功能主要对携带 MPLS-TP 标签的分组客户数据进行标签交换和数据转发。其主要功能包括预处理、转发交换、封装、分段、排序、定时、复用/解复用和监测。

(1)预处理是指对客户数据在做进一步处理之前先进行的处理,比如数据和地址的转换、对客户数据类型的识别等。通过预处理可以降低下一步处理的难度。

(2)汇聚模块主要负责根据客户数据信号或信令信号的类型及重要性将分组进行分类汇聚,并安排到不同类型的传送信道中传输,使不同类型的信号可以具有不同的服务质量(QoS)。

(3)封装模块在信号进行 T-LSP 复用和转发之前将信号进行适配。封装模块的实现与所要封装的客户信号类型紧密相关。对于分组、信元和时分这 3 种信号采用封装方法差别较大。封装主要是指给分组打上 VC 标签和 T-LSP 标签,并插入适当的

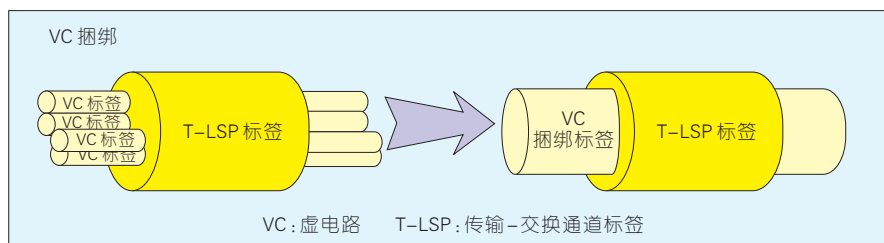
OAM 信息的过程。但根据客户信号类型的不同,有可能要使用到封装模块的 3 个子模块,即分段、排序和定时。在超过服务层网络所能承载的最大分组长度时,则要对客户信号进行分段。有些客户可能需要信号顺序传送和实时性支持,对这些信号的传输需要排序和定时功能。排序功能包括帧排序、复帧监测、丢帧监测。一些客户层信号,比如 SDH、FR 等,可能需要 MPLS-TP 传输具有时序性,即具有定时功能,包括时钟恢复及基于时间的分组传递。

MPLS-TP 网络中从客户信号到链路帧的映射,包括了客户业务封装、信号复用和 MPLS-TP 包映射到链路帧的过程。MPLS-TP 网络中各种信息结构单元的关系如图 3 所示。

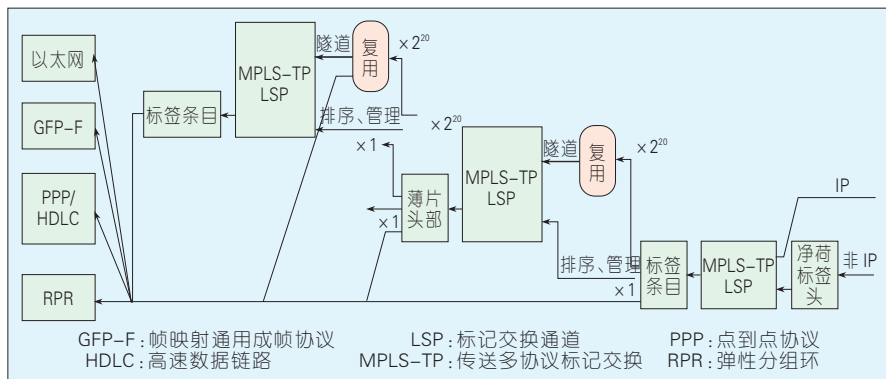
客户信号可以直接映射到 MPLS-TP LSP(如 IP 客户信号),也可以通过基于 CII 的封装间接映射。可以附加 T-MPLS 网络 OAM,并且数据包和 OAM 包都可以加上一个标签头进行复用。最后, MPLS-TP 包映射到数据链路帧上,这些链路帧通过 MPLS-TP 拓扑链路传送。在 MPLS-TP 终端设备上转发交换模块把处理完的客户数据交换到相应的 T-LSP 上并转发;在中间传输交换设备中 MPLS-TP 标签分组数据被继续转发直到目的终端设备被解复用,转发给目的客户设备^[8-9]。

3.2 双标签信令传送实现

采用标记分发协议(LDP)为以太网虚拟局域网 1(端口 1A, VLAN 100)和以太网虚拟局域网 2(端口 1B, VLAN 200)之间建立一个 MPLS-TP 虚电路



▲图2 MPLS-TP 双重标签实例



▲ 图3 MPLS-TP映射、复用和分段检测

的实例被用来说明双标签传送信令设计方案。如图4所示。

以下步骤说明了建立MPLS-TP虚电路的主要过程。

(1)以太虚拟局域网1向MPLS-TP网络终端1发出建立到以太虚拟局域网2的MPLS-TP虚电路的请求。

(2)终端设备1和2之间协商为该虚电路分配虚电路标志(VCID)。

(3)终端设备1初始化到终端设备2的LDP信令会话(如果不存在)。1、2都互相收到LDP KEEPALIVE消息,完成会话的建立,并准备好交换对该虚电路的标签绑定。

(4)当以太虚拟局域网的状态转为UP后,终端设备1就会根据VCID为该虚电路分配一个本地CII标签:500。并建立T-LSP 1对该虚电路进行传输,即为该虚电路分配T-LSP标签600。

(5)终端设备1把T-LSP标签放入T-LSP隧道TLV,把本地CII标签放入LABEL TLV,把CII-ID放入FEC TLV,然后用LABEL MAPPING消息传到终端设备2。

(6)终端设备1从终端设备2接收到LABEL MAPPING消息,将其解码得到CII标签和CII-ID。

(7)终端设备2独立地执行第1步到第6步。

(8)两个终端设备完成标签绑定交换并确认端口参数一致后,对编号为CII-ID50的T-MPLS虚电路的建立宣告成功。如果有一个以太局域网

连接故障或拆除,就会有一个标签撤销消息被发送到对等终端设备,撤销它之前分发的MPLS-TP CII标签。

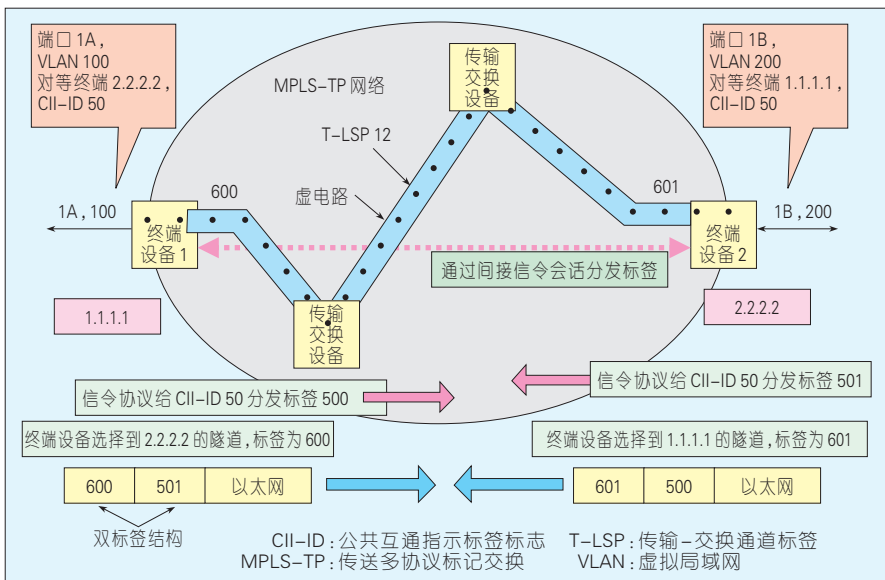
3.3 基于双标签传送模式的VPN业务

MPLS-TP网络具有丰富的OAM开销功能^[10],可以对网络中的信号进行监控和管理,提高了整个MPLS-TP网络的可操作性和安全性,为虚拟专用网(VPN)业务在MPLS-TP网络中的应用铺平了道路。同时传统的VPN技术(不管是二层隧道技术还是三层隧道技术)实现的原理较为简单。但在VPN扩展性、安全性、管理与维护、QoS和流量工程等方面存在明显不足,特别是如果客户采用不同的接入技术(PPP、ATM、帧中继、以太网等)

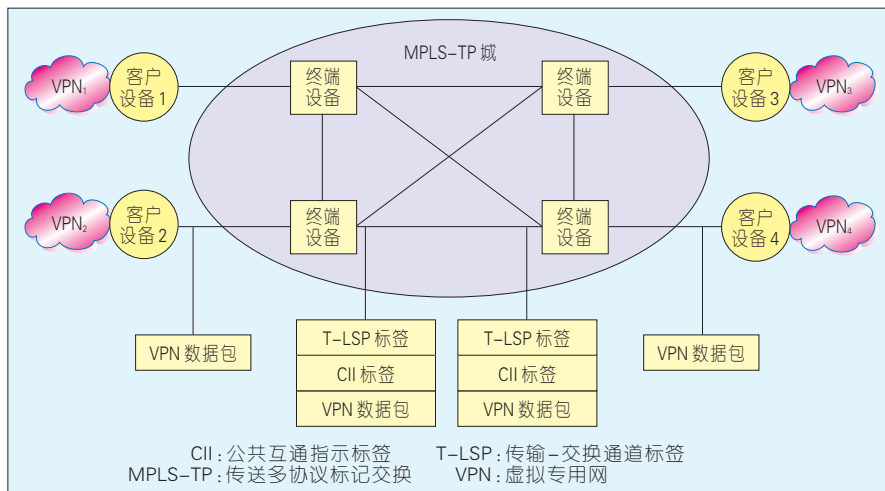
时,运营商需要通过不同的核心网来提供VPN业务。基于MPLS-TP传送技术的VPN业务可以在与传送技术无关的统一网络平台上实现。

MPLS-TP VPN是通过在MPLS-TP骨干网上建立简单的点到点的隧道来实现的。它的客户设备不参与三层路由处理,用户自己配置VPN内部的路由,这就使得MPLS-TP VPN与用户的第三层网络协议无关。在MPLS-TP VPN中,终端设备仅负责用户客户设备之间的二层连接和转发,而三层以上的功能则由用户的客户设备实现。MPLS-TP网络本身可以承载不同的客户信号。通过对不同信号的适配和封装,客户可以采用不同技术接入MPLS-TP VPN网络,从而可以用较低的成本满足客户将不同层的VPN进行互联的需求。

MPLS-TP VPN的实现如图5所示。从图5中可以看出,MPLS-TP VPN在网络中采用双层标签。T-LSP标签标志终端设备之间的共享隧道,而CII标签标志着客户设备之间的专有连接。CII标签以MPLS-TP标签栈的方式,在MPLS-TP骨干网的标签交换通道构建的隧道中进行复用。LSP可以看作是承载多条虚电路的隧道。虚电路相当于是LDP给VPN用



▲ 图4 基于LDP协议建立MPLS-TP虚电路



▲图5 MPLS-TP VPN的实现

户建立的一条点到点的路径。

4 结束语

IP化是网络发展的必然趋势，MPLS-TP技术很好地满足了分组传送的需求，具有良好的分组传送业务适配和标签转发能力。同时，MPLS-TP面临其他分组传送技术(PBT)的挑战。作为新兴技术，MPLS-TP的成熟之路离不开标准化组织、电信运营商和设备制造商三者的共同支持。

5 参考文献

[1] 朱京, 刘昭伟, 雷学义, 等. PTN-信息通信基础承载网络的演进与变革[J]. 电力系统通信,

- 2009,30(4):52-59.
[2] NIVEN-JENKINS B, BRUNGARD D, BETTS M, et al. MPLS-TP requirements[R]. draft-jenkins-mpls-tp-requirements-01. 2008.
[3] ITU-T G.8114. Operation and maintenance mechanisms for T-MPLS layer networks[S]. 2007.
[4] ITU-T Rec G.8131.1. Transport MPLS (T-MPLS) layer network protection switching [S]. 2007.
[5] ITU-T Rec G.8112. Interfaces for the transport MPLS(T-MPLS) hierarchy[S]. 2006.
[6] ITU-T Rec G.8110.1/Y.1370.1. Architecture of transport MPLS (T-MPLS) layer network [S]. 2006.
[7] ZHANG Y J, ZHANG Z H, GU W Y, et al. A collision-aware queue assignment scheme for multiservice[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Infocomm Technology (ICAIT'09), Jul 7-9, 2009, Xi'an, China. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2009.
[8] ITU-T New Supplement Y.Sup4. Transport

- requirements for T-MPLS OAM and considerations for the application of IETF MPLS technology[S]. 2008.
[9] ITU-T G.8121. Characteristics of transport MPLS equipment functional blocks[S]. 2007.
[10] WARD D, BETTS M. MPLS architectural considerations for a transport profile[R]. ITU-T IETF Joint Working Team. 2008.

收稿日期: 2010-03-05

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5项, 获得3项部级科技进步奖; 已发表论文40余篇, 出版英文专著1部。



张志辉, 北京邮电大学在读博士生, 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生存性技术。



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, 曾先后5次获部级科技进步奖; 已发表学术论文100余篇。

综合信息

中兴通讯 FTTx 方案助上海电信打造世博“光之都”

【本刊讯】2010年5月上海迎来第41届世博会。4月27日, 中国电信宣布, 将有8项新技术应用于世博会, 而其中之一就是“FTTx 光纤通信”技术。目前上海电信正在全力推进“城市光网”计划, 2010年底将实现150万用户的FTTx宽带接入。世博会是上海城市发展的一个重要里程碑, 服务世博也是上海电信城市光网计划的重要组成部分, 预期此举将使得“东方明珠”上海再添“光之都”称号。

上海市目前拥有2000多万人口, 仅上海电信宽带用户数即超过400万。“城市光网”计划是中国电信为响应国家信息化发展战略, 配合上海建设“两个中心”

和亚太信息枢纽而制定的重大发展计划, 目的是为了将上海打造成“光之都”。

作为上海电信长期以来的战略合作伙伴, 中兴通讯为上海电信提供了完善的FTTx解决方案。经过双方多年的共同努力和探索, 如EPON 1:64大分光比、EPON业务自动激活、FTTH光纤入户等热点难题均已得到解决, 并实现全网规模商用。服务世博, 中兴通讯FTTx方案也广泛应用于世博园区多个国家馆、世博新闻中心、世博轴(世博主入口和主轴线)各商业餐饮场所、世博园区营业厅等众多场合, 为世博用户提供了IPv6/IPv4超高速上网、语音、蓝光高清IPTV、视频监控等丰富多彩的业务。

PTN 时钟同步技术及应用

PTN Clock Synchronization Technology and Its Application

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0026-05

摘要: 时钟同步是分组传送网(PTN)需要考虑的重要问题之一。可以采用同步以太网、IEEE 1588v2、网络时间协议(NTP)等多种技术实现时钟同步。同步以太网标准的同步状态信息(SSM)算法存在时钟成环,以及难以对节点跟踪统计的问题。中兴通讯提出了一种扩展 SSM 算法可以改进时钟同步问题。在时间同步方面,由于 NTP 的精度还无法满足电信网的需求,仅采用 1588v2 又会带来收敛时间较慢、在网络负载较重时时间延迟精度容易受到影响等问题。中兴通讯提出了同步以太网基础的 1588v2 时间传递方案,对提高 PTN 网络中时间同步的精度起到了较好的作用。

关键词: 分组传送网;同步以太网;时间同步;延迟

Abstract: Clock synchronization is an important issue in Packet Transport Networking (PTN). Current clock synchronization technologies include synchronous Ethernet, IEEE 1588v2, and Network Time Protocol (NTP). However, challenges such as clock ring and difficulty tracing and counting nodes have arisen in Synchronous Ethernet standard Synchronization Status Message (SSM) algorithm. ZTE therefore proposes using an extended SSM algorithm. In time synchronization, the accuracy of NTP cannot meet the needs of telecommunication networks, and only using 1588v2 slows convergence time. The precision for time delay is easily affected when the network is heavily loaded. ZTE proposes a 1588v2 scheme based on synchronous Ethernet in order to effectively raise the precision of PTN time synchronization.

Keywords: PTN; synchronous ethernet; time synchronization; delay

李勤/LI Qin

(中兴通讯股份有限公司,广东 深圳
518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

当运营商对分组传送网(PTN)取代传统时分复用(TDM)传输网的需求日益明显时,如何解决时钟同步成为重要问题之一。对分组传送网的同步需求有两个方面:一是可以承载 TDM 业务并提供 TDM 业务时钟恢复的机制,使得 TDM 业务在穿越分组网络后仍满足一定的性能指标(如 ITU-T G.823/G.824 规范);二是分组网络可以像 TDM 网络一样,提供高精度的网络参考时钟,满足网络节点(如基站)的同步需求。

1 同步技术

时钟同步包括:频率同步和时间

同步。频率同步要求相同的时间间隔,时间同步要求时间的起始点相同和相同的时间间隔。

无线技术不同制式对时钟的承载有不同的需求,GSM/WCDMA 采用的是异步基站技术,只需要做频率同步,精度要求 0.05 ppm,而 TD-SCDMA/CDMA2000 需要时间同步,TD-SCDMA 的精度要求为 $\pm 1.5 \mu\text{s}$ 。

从 2004 年开始,国际电信联盟电信标准部门(ITU-T)Q13/SG15 开始逐步制订关于分组网同步技术的系列建议书,主要有:G.8261(定义总体需求)、G.8262(定义设备时钟的性能)、G.8264(主要定义体系结构和同步功

能模块)。

IEEE 在 2002 年发布了 IEEE 1588 标准,该标准定义了一种精确时间同步协议(PTP)。IEEE 1588 是针对局域网组播环境制订的标准,在电信网络的复杂环境下,应用将受到限制。因此在 2008 年又发布了 IEEE 1588v2(以下简称 1588v2),该版本中增加了适应电信网络应用的技术特点^[1-5]。

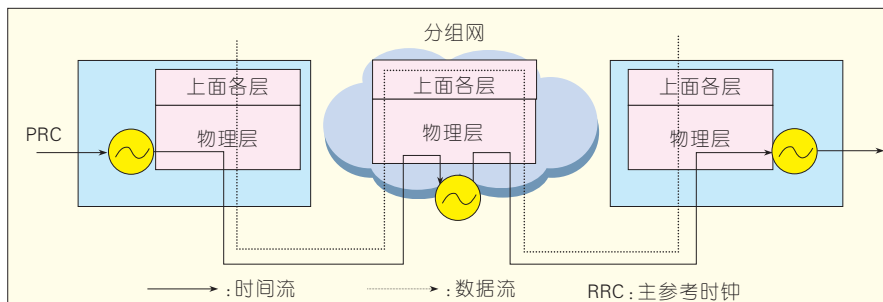
因特网工程任务组(IETF)网络时间同步协议(NTP)实现了 Internet 上用户与时间服务器之间时间同步。

2 同步以太网技术

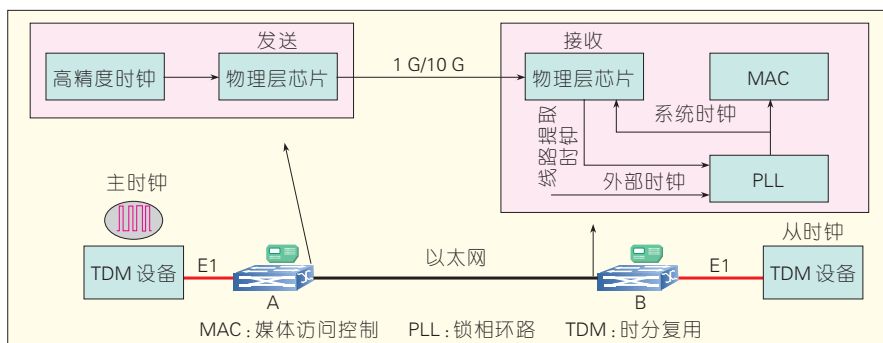
物理层同步技术在传统同步数字体系(SDH)网络中应用广泛。每个节点可从物理链路提取线路时钟或从外部同步接口获取时钟,从多个时钟源中进行时钟质量选择,使本地时钟锁定在质量最高的时钟源,并将锁定后的时钟传送到下游设备。通过逐级锁定,全网逐级同步到主参考时钟(PRC)被实现。对分组网络也可采取相似的技术,其原理如图 1 所示。

2.1 同步以太网原理

分组网络中的同步以太网技术是一种采用以太网链路码流恢复时钟的技术。以太网物理层编码采用 4B/5B(FE)和 8B/10B(GE)技术,平均每



▲ 图1 分组网络物理层同步原理



▲ 图2 同步以太网原理

4个比特就要插入一个附加比特,这样在其所传输的数据码流中不会出现连续4个1或者4个0,可有效地包含时钟信息。在以太网源端接口上使用高精度的时钟发送数据,在接收端恢复并提取这个时钟,时钟性能可以保持高精度。

同步以太网原理如图2所示。在图2中发送侧设备(节点A)将高精度时钟注入以太网的物理层芯片,物理层芯片用这个高精度的时钟将数据发送出去。接收侧的设备(B节点)的物理层芯片可以从数据码流中提取这个时钟。在这个过程中时钟的精度不会有损失,可以与源端保证精确的时钟同步。同步以太网传递时钟的机制与SDH网络基本相似,也是从以太网物理链路恢复时钟,因此从恢复的时钟质量不受链路业务流量影响,可提供与SDH/SONET网络相同的时钟树部署和时钟质量,完全满足G.823规定的定时接口指标。

2.2 同步以太网 SSM 算法

同步状态信息(SSM)算法源于

SDH的时钟同步控制,使用规则和时钟选择算法符合ITU-T G.781的规范。同步以太网的SSM控制继承了SDH网络特性,在传统时钟网的基础上通过增加以太网同步消息信道(ESMC)丰富了同步以太网的支持。G.8264里对其进行了描述。以太网同步消息信道是媒体访问控制(MAC)层的单向广播协议信道,用于在设备间传送同步状态信息SSM。设备根据ESMC报文的SSM信息选择最优的时钟源。

虽然标准SSM算法能够很好地实现网络时钟的同步,但是它有两个不足之处:一是不能很好地处理同步时钟成环的问题。需要在工程上和时钟配置的时候特别注意,保证避免

出现时钟成环的情况。二是时钟信号的衰减问题。随着同步链路数的增加,同步分配过程的噪声和温度变化所引起的漂移都会使定时基准信号的质量逐渐劣化,因此在同一个同步链路上实际的可同步网元的数目是受限的,而通过标准SSM难以对节点进行跟踪统计。

中兴通讯PTN设备采用了改进的扩展SSM算法,在ESMC报文里使用两个类型-长度-取值(TLV)传递SSM信息。第一个TLV传递原SSM字节的信息为同步质量等级,遵循ITU-T标准;另外一个TLV用于路径保护。改进的算法具有如下优势:

- 从根本上防止了时钟成环。

当存在多条时钟路径时,自动选择最优(最短)路由。

- 只要存在到达主时钟的路由,网元就会跟踪主时钟,而不会进入自由振荡状态。

- 算法为低层分布式处理,因此各网元地位等同,操作简单。

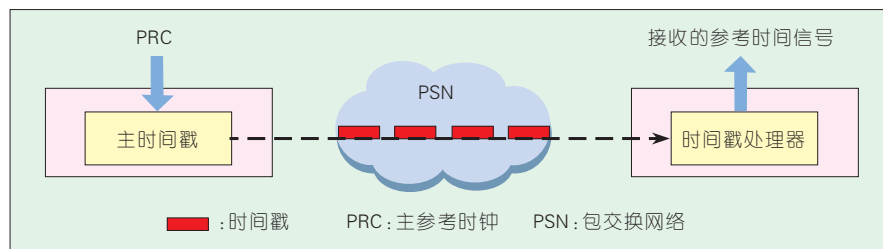
- 标准的S1字节可以直接使用,不影响与其他厂家设备的对接。

3 时间同步技术

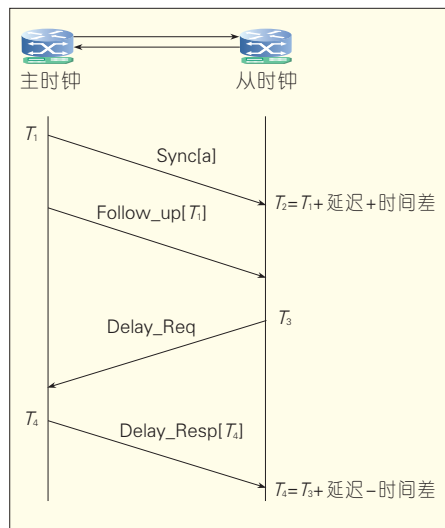
时间同步技术是频率同步的进一步发展。分组时间同步技术采用分组协议数据单元作为时钟或时间信息的载体,是实现主时钟与从时钟时间之间同步比较好的方式。其基本原理如图3所示。

3.1 网络时间协议

在IEEE 1588v2技术出现以前,在分组网络中用于时间同步的协议主要的有3种:时间协议、日时协议和



▲ 图3 分组协议同步方式



▲图4 1588v2 协议原理

网络时间协议(NTP)。NTP由纯软件实现,精度比较低。目前广泛使用的NTPv3可以达到10 ms左右的同步精度。IETF正在进行NTPv4的标准工作,支持IPv6和动态发现服务器,预计同步精度可达到10 μ s级。NTP的稳定性和精度还不能满足电信网的高要求。

3.2 1588v2 协议

3.2.1 1588v2 协议的实现原理

1588v2是未来统一提供时间同步和频率同步的方法,能适合于不同传送平台的局间时频传送,既可以基于1588v2的时间戳以基于分组的时间传送(TOP)方式单向传递频率,也可使用IEEE 1588v2的协议实现时间同步,在PTN设备中得到广泛应用。

1588v2时间同步的核心思想是采用主从时钟方式,对时间信息进行编码,利用网络的对称性和延时测量技术,通过报文消息的双向交互实现主从时间的同步。

1588v2协议原理如图4所示。图中, $\text{Delay} = (T_2 - T_1 + T_4 - T_3)/2$, $\text{Offset} = (T_2 - T_1 - T_4 + T_3)/2$ 。

主时钟(Master)与从时钟(Slave)之间发送 Sync、Follow_Up、Delay_Req、Delay_Resp 消息。通过 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 这

4个值,主从时钟可计算出 Master 与 Slave 之间延迟(Delay),以及 Master 与 Slave 的时间差(Offset)。

同步消息类型有一般消息和事件消息。一般消息(例如 Follow_Up)本身不进行时戳处理,它可以携带事件消息(如 Sync)的准确发送或接收时间,还具有完成网络配置、管理,或 PTP 节点之间通信的功能。事件消息本身需要进行时戳处理,并可携带或不携带时戳。从时钟根据事件消息的时戳或由一般消息携带的时戳计算路径延迟和主从时钟之间的时间差。

3.2.2 时钟类型

1588v2 基于 Ethernet/IPv4/v6/UDP 等协议之上,共定义了3种基本时钟类型:普通时钟(OC)、边界时钟(BC)和透明时钟(TC)。

普通时钟是单端口器件,可以作为主时钟或从时钟。一个同步域内只能有唯一的主时钟。主时钟的频率准确度和稳定性直接关系到整个同步网络的性能。一般可考虑 PRC 或同步于全球定位系统(GPS)。从时钟的性能决定时戳的精度以及 Sync 消息的速率。

边界时钟是多端口器件,可连接多个普通时钟或透明时钟。边界时钟的多个端口中,有一个作为从端口,连接到主时钟或其他边界时钟的主端口,其余端口作为主端口连接从时钟或下一级边界时钟的从端口,或作为备份端口。

透明时钟连接主时钟与从时钟,它对主从时钟之间交互的同步消息进行透明转发,并且计算同步消息

(如 Sync、Delay_Req)在本地的缓冲处理时间,并将该时间写入同步消息的 CorrectionField 字节块中。从时钟根据该字节中的值和同步消息的时戳值 Delay 和 Offset 实现同步。TC 又可分为 E2E TC 和 P2P TC。

3.2.3 1588v2 协议的延迟

延迟是影响 1588v2 精度的主要因素之一。延迟主要有时戳处理延迟、节点缓冲延迟和路径延迟。

(1)时戳处理延迟

1588v2 的时戳处理由硬件完成,时戳处理单元的位置处于物理层与 MAC 层之间。如图5所示。

硬件时戳处理可以补偿 1588v2 协议帧通过协议栈时消耗的时间,保证端口消息发送和接收时戳的精度。

(2)节点缓冲与路径延迟

1588v2 定义两种透明时钟,用于节点缓冲延迟补偿: E2E TC 和 P2P TC。对于传输路径的补偿,有两种方式:时延请求反应方式和点对点时延方式。

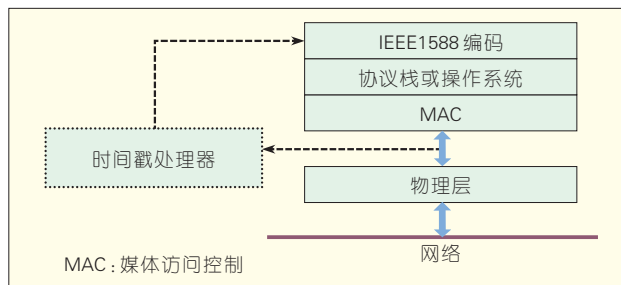
时延请求反应方式结合 E2E TC 使用。TC 只需要在入口和出口处在报文上标记处理时戳,时间延迟补偿的计算全部由 Slave 完成。

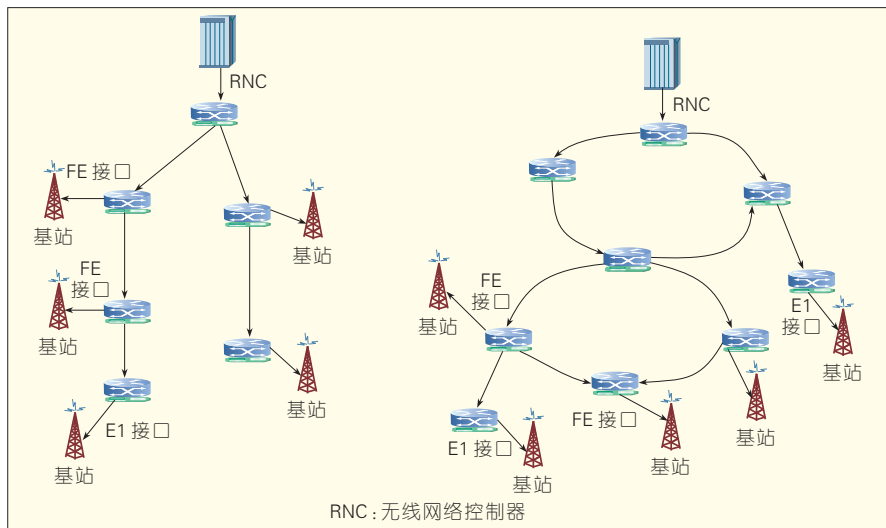
点对点时延方式结合 P2P TC 使用。TC 参与端点间的时间延迟计算,每个端点分别与 TC 交互,并计算 P2P 之间的时间延迟。Slave 利用计算结果计算延迟补偿。

3.2.4 1588v2 协议在 PTN 上的实现

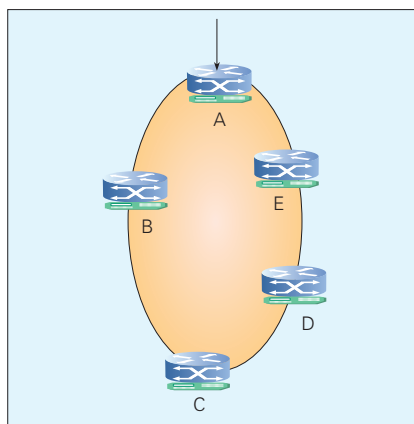
1588v2 的同步精度在实际网络部署中受到多方面因素的影响,复杂网络环境(如微波和交换网络的混合

图5 1588v2 时间戳处理





▲ 图6 同步以太网组网实例



▲ 图7 时钟跟踪实例

组网)的使用目前还在研究当中。在纯分组的测试网络中,1588v2可以达到100 ns级的精度,但是由于网络时延复杂性和1588v2的双向路径非对称性的不可控,导致单纯依赖1588v2协议和数理分析算法去适应网络环境,存在着难以预知的风险。例如在网络负荷较重时,由于单纯1588v2报文发包频率很高,在网络中1588v2报文容易受到业务报文的影响,对时间延迟精度产生很大的影响。而降低报文发包频率,又会导致时间收敛速度较慢。另外在实际工程中,需要对1588v2算法进行双向路径非对称性补偿。非对称性主要来源于光纤不对称。测量光纤不对称通常做法是采用昂贵的时间同步测试仪和示波

器进行时间误差测量,再进行非对称性时延补偿。由于PTN接入节点数量多,工作量大且需要专业人员操作,而且时间同步测试仪和示波器等相关仪器工程人员携带不方便,难以普遍推广实施,导致1588v2在工程可实施性上存在争论。

中兴通讯的PTN产品针对上述问题,提出了同步以太网基础的1588v2时间传递方案。方案核心思想是建立时钟和时间分离且高度可控的网络,排除了不可预知的风险。在同步以太网物理层稳定频率同步的基础上实施1588v2,有助于时间同步的快速收敛,而且可以降低1588v2报文发送频率,在网络负荷较重时,也不影响时间精度,使PTN时间同步具有更高可靠性和更高精度。为了解决PTN非对称性测量的工程问题,接入层PTN设备上集成了时间误差测量功能,迅速准确,不需要专业仪表,容易操作实施。

4 典型应用

4.1 同步以太网应用

同步以太网的组网应用和SDH类似,支持环网和树状网组网,通常由无线网络控制器(RNC)提供时钟源,时钟信息通过同步以太网传送后

到达各个基站,从而保持全网同步状态。在树状组网中,无时钟路由保护;在环网组网中,如果当前时钟路由发生故障,通过告警、SSM信息等相关网元可以从其他方向跟踪源时钟,从而实现时钟路由保护。同步以太网组网实例如图6所示。

同步信息经过网元传递后抖动会增加,因此在网络部署中,设备如果能以最短路径跟踪时钟源,则可以获得较好的时钟质量。中兴通讯的PTN设备采用了改进的扩展SSM算法,在SSM信息中增加时钟经过的节点数,可以实现任何情况下网元以最短路径跟踪时钟源。

时钟跟踪实例如图7所示。网元C可以从B点或D点跟踪源A发出的时钟信息。从B点跟踪,时钟只经过一个节点,如果从D点跟踪,则经过了两个节点。为了使C点获得较高的时钟质量,中兴通讯的PTN设备会自动优选B点方向的时钟。

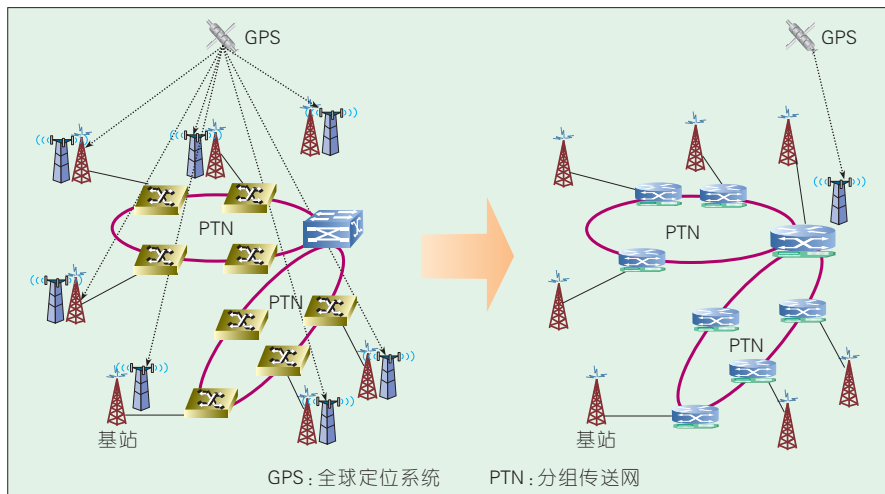
4.2 1588v2 协议应用

4.2.1 替代基站GPS

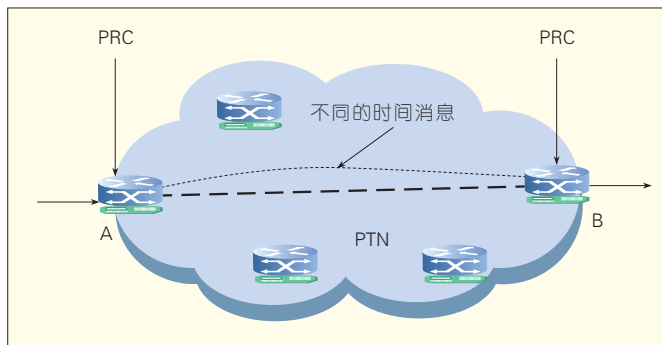
1588v2典型组网应用之一是在移动接入网中替代基站GPS。TD-SCDMA和CDMA2000基站GPS天线在工程安装时需要120度净空,对环境要求较高。在室内地下等应用场景,GPS安装困难。由于GPS成本相对较高,故障率相对较高,如果PTN传送网可以为基站提供时间同步,替代GPS的功能或者作为GPS的备份使用,将会为移动网络提供更高的安全保障。

基站GPS替代1588v2组网实例如图8所示。在PTN网络中,只需其中一个网元输入时间信息,例如通过1PPS+TOD接口从GPS接收时间信息。PTN网络通过1588v2协议将时间信息分发到其他网元,再通过以太网接口或其他接口到达基站,从而实现各基站之间的时间同步。

基站侧需要支持1588v2协议或



▲图8 基站GPS替代1588v2组网实例



▲图9
频率恢复1588v2组网实例

者支持时间接口。如果基站支持1588v2协议,则PTN可工作在透明时钟方式;如不支持,PTN需要工作在边界时钟方式。

4.2.2 频率恢复

1588v2的另外一个主要用途是以TOP方式进行频率恢复。在很多运营商现网环境中,很多网络是普通数据网络,不支持同步以太网。需要

穿越该普通网络获取时钟频率时可使用1588v2。

频率恢复1588v2组网实例如图9所示。当分组传送网络设备A与分组传送网络设备B的中间网络同为普通数据网络时,从A点穿越普通数据网络传递1588v2的Sync报文到网络出口B点;B点通过1588v2恢复出A点的时钟,恢复的时钟作为B点的参考源,然后再根据该参考源恢复业

务时钟。

5 结束语

随着PTN的逐步引入,对PTN时钟同步技术的研究将更深入。中兴通讯提出了同步以太网扩展SSM算法,以及同步以太网基础上的1588v2方案,对提高PTN网络中时间同步的精度、降低工程实施难度起到积极的作用。可以预见,PTN时钟同步技术的应用将会在移动接入网、TDM业务、物联网实时数据采集、大客户专网等领域有广泛的应用。

6 参考文献

- [1] ITU-T G.8261. Timing and synchronization aspects in packet networks[S]. 2006.
- [2] ITU-T G.8262. Timing characteristics of synchronous Ethernet equipment slave clock (EEC) [S]. 2007.
- [3] ITU-T G.8264. Distribution of timing through packet networks[S]. 2008.
- [4] IEEE 1588. IEEE standard for a precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems[S]. 2008.
- [5] MEF 22. Mobile backhaul implementation agreement phase1[S]. 2009.

收稿日期:2010-03-08

作者简介



李勤,北京邮电大学硕士毕业,现任中兴通讯承载网规划系统部PTN方案经理,主任工程师,主要研究方向为3G/LTE的PTN承载方案。

综合信息

中兴通讯发力移动互联网,首次召开全球合作伙伴联盟大会

【本刊讯】2010年3月23日消息,中兴通讯首次全球合作伙伴联盟大会在北京召开。在这次会议上,中兴通讯与搜狐、新浪、凤凰网、IBM、惠普等多家合作伙伴签订意向,将携手发力移动互联网等新兴业务市场。会议现场,中兴通讯全球合作伙伴代表展示了自身的

优秀产品及成功合作案例。

在电信网与互联网加速融合的背景下,移动互联网要复制并超越互联网曾经创造的经济神话,整个产业链群体的创新与联合是必然选择。此次建立合作伙伴联盟,则是中兴通讯顺势而为,联合整个产业链,共同为全球运营商提供“中兴+业务/内容合作伙伴+终端合作伙伴+运营合作伙伴”的整体解决方案。

PTN 技术与 IP 化移动回传网

PTN and IP-Based Mobile Backhaul

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0031-04

摘要: 融合了分组技术及同步数字体系(SDH)技术优势的分组传送网(PTN)技术以分组交换为核心, 先天具备高效统计复用能力, 更适应分组业务的高效传输。同时其类似 SDH 的强大运行维护管理(OAM)及电信级保护能力保障了移动回传业务的高效管理及传输质量。基于多协议标签交换传送应用(MPLS-TP)技术的分组传送网在多协议标记交换(MPLS)体系基础上去除了倒数第二跳(PHP)、标签合并及等价多路径(ECMP)等无连接特性, 并在 OAM、保护及同步技术方面做了相应增强, 更适合承载 IP 化后的移动回传业务及大客户业务。PTN 与原有多业务传送平台(MSTP)、城域以太网及 IP over WDM/OTN 网络有机配合, 合理分工, 将共同服务于全 IP 时代的电信业务。

关键词: 分组传送网; 统计复用; 端到端伪线仿真; 服务质量; 时间同步

Abstract: Packet Transport Network (PTN) integrates the advantages of packet technology and TDM technology. Taking the packet switch as its core, PTN has a high statistical multiplexing ability, which allows it to become a more efficient packet transfer service. Its strong Operation Administration and Maintenance (OAM)—similar to SDH and carrier-class security protection services—ensure efficient mobile backhaul business management and transmission quality. MPLS Transport Profile-based (MPLS-TP) packet transport network eliminates its connectionless features (such as Penultimate Hop Popping (PHP), label merge, and Equal-cost multi-path (ECMP)), and is enhanced in terms of OAM, protection, and synchronization. This is ideally suitable for carrying IP-based mobile backhaul services and key account services. PTN, and the original Multi-Service Transport Platform (MSTP), Metro Ethernet, and the IP over WDM/OTN network of organic complexes, contribute to an “all IP” era of telecommunications services.

Key words: packet transport network; statistic multiplexing; pseudo wire emulation edge-to-edge; service quality; time synchronization

随着移动通信技术的迅猛发展, 3G/LTE 已从纸面标准走向现实。移动通信技术的发展给未来更为便利的通信生活描绘了一副美好的前景。与此同时, 移动通信技术的发展也对移动回传网提出了一些新的挑战。

当今电信业务全面 IP 化的趋势同样体现在移动通信领域, 移动通信业务正由以时分复用(TDM)为内核的

语音业务向 IP 化业务为内核的语音、数据等多样业务类型转变。随着 3G 网络 IP 化的不断推进、移动数据业务的深入开展, 用户对 3G 移动回传网络的业务感知、服务质量(QoS)、统计复用效率的要求越来越高。另一方面, 随着 3G 网络的业务接口由 E1 接口向 FE 接口变化, 业务接口带宽也出现迅猛增长, 在未来长期演进(LTE)基站甚至会出现 1 000 Mbit/s 的

GE 接口。

图 1 所示为移动通信技术演进示意图。图 1 清晰地说明了在从 2G 向 3G/LTE 演进的过程中, 上下行带宽速率的大幅提高。接口速率的提高将同步带来传送网带宽的激增。带宽激增的压力导致移动回传网必须提高传输效率从而降低网络成本。

2G 时代移动回传网的主导技术同步数字体系/多业务传送平台(SDH/MSTP)主要是为汇聚和高效传送时分复用(TDM)电路业务而设计。MSTP 最初就是为了解决 IP 业务在传送网的承载问题。遗憾的是这种改进并不彻底, 其 IP 化主要体现在用户接口, 内核却仍然是 TDM 电路交换, 采用刚性管道承载分组业务。这就使得 MSTP 在承载传送包长可变、流量突发的 IP、以太网等分组化业务时, 存在传输效率较低、成本较高、可扩展性较差等缺点。

SDH/MSTP 作为 2G 时代的功勋技术, 在移动通信发展到 3G/LTE 阶段后已逐渐不再适应, 并将制约今后移动业务的发展。在这种背景下, 融合了分组技术及 SDH 技术的分组传送网(PTN)应运而生。

1 PTN 技术特点

基于上述移动通信在 3G/LTE 阶

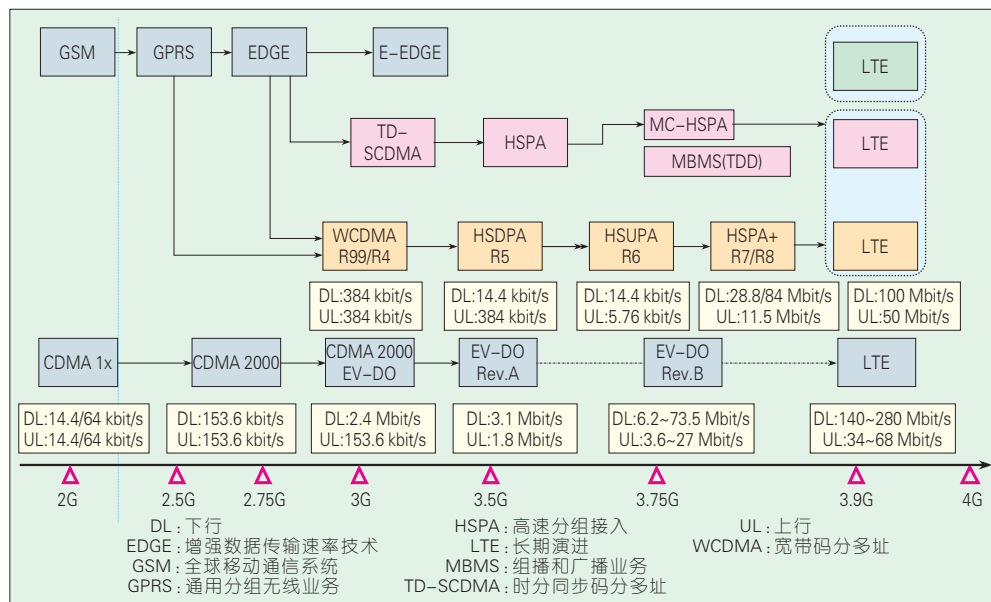
丛凯/CONG Kai

赵福川/ZHAO Fuchuan

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳

518057)

(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)



▲图1 移动通信技术演进示意图

段的IP化、宽带化需求,移动回传网既要具备高效统计复用、灵活感知业务特性及差异化服务质量(QoS)等分组技术的传统能力;同时作为电信级业务的载体,端到端业务管理、层次化运行维护管理(OAM)及电信级保护等传送特性又是移动回传网希望能继承的“优秀革命传统”。那么有没有一种技术能兼具两方面的优势呢?答案就是PTN。

PTN是一种以面向连接的分组技术为内核,同时具备端到端的业务管理、层次化OAM及电信级保护等传送特性,以承载电信级以太网业务为主,兼容TDM、ATM等业务的综合传送技术。

PTN分组内核提供了统计复用能力强大的弹性管道,带宽利用率高,更适应分组业务突发性强的特点。PTN同时继承了类似SDH的传输网络特性、强大的OAM及电信级保护能力、图形化界面网管能力,可以带给用户与移动回传网一脉相承的体验^[1]。

目前PTN有两大类技术选择:多协议标签交换传送应用(MPLS-TP)^[2]及运营商骨干桥接-流量工程(PBB-TE)。前者是核心网技术的向

下延伸,使用基于IP核心网多协议标记交换(MPLS)技术,简化了复杂的控制协议,简化了传送平面;在MPLS基础上去除了倒数第二跳(PHP)、标签合并及等价多路径(ECMP)等无连接特性,增强了OAM及保护倒换功能,提供可靠的QoS、带宽统计复用功能。后者则是局域网技术的向上扩展,基于IEEE 802.1ah的MAC-in-MAC^[3]技术,关闭了运营商媒体访问控制(MAC)地址自学习功能,增加了网管管理和网络控制的配置,形成面向连接的分组传送技术。目前MPLS-TP已成为事实上的主流选择。

目前MPLS-TP标准主要由两大国际标准组织ITU-T及IETF主导。两大标准组织自2008年2月份成立联合工作组(JWT)至今,MPLS-TP标准已取得长足的发展,截止2009年2月底已有5篇RFC、2篇建议标准文档以及13篇工作组草案文档,预计在2011年将完成各关键标准的发布。

2 PTN应用于移动回传网的关键技术

PTN作为具有分组和传送双重属性的综合传送网技术,目前已成为3G/LTE时代IP化移动回传网的主流

解决方案。这在很大程度上得力于以下各项关键技术的支撑。

2.1 端到端伪线仿真技术

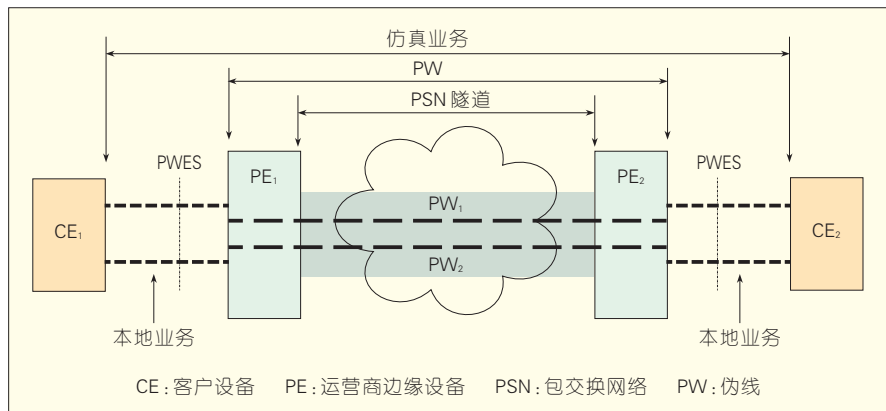
尽管3G发展势头非常迅猛,但在很长一段时间内传统的TDM业务仍将是电信运营商丰厚利润的来源,所以PTN必须具备多业务承载能力。端到端伪线仿真(PWE3)技术即是为满足这一需求而出现的。MPLS-TP采用PWE3的电路仿真技术来适配所有类型的客户业务,包括以太网、TDM和ATM等,并为之提供端到端的、专线级别的传输管道。

PWE3作为一种业务仿真机制,其技术实质是将业务数据用特殊的电路仿真报文头进行封装,在特殊报文头中携带该业务数据的帧格式信息、告警信息、信令信息以及同步定时信息等基本业务属性,以达到业务仿真的目的^[4]。

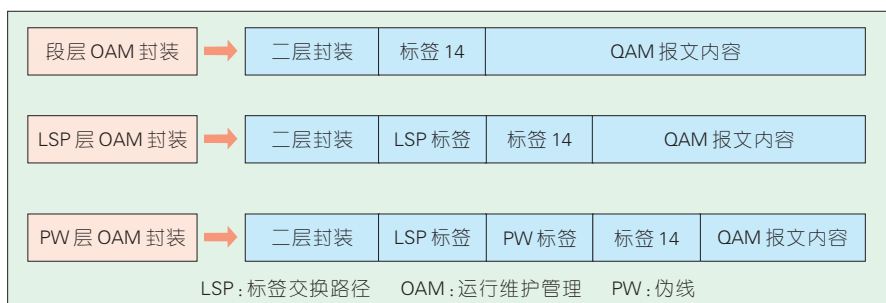
PTN网络中端到端的业务如图2所示。PWE3要求在包交换网络(PSN)的隧道中建立与维护伪线(PW),在运营商边缘设备(PE)使用PW封装传送业务数据,并尽可能真实地保持业务本身具有的属性和特征。对于客户设备而言,PW表现为特定业务独占的一条链路或电路,称之为虚电路。客户设备(CE)感觉不到核心网络的存在,认为处理的业务都是本地业务。

2.2 QoS技术

在以SDH技术为主的移动回传网中,为业务提供的是独占的刚性传输管道,虽然保证了传输的高可靠性,但在另一个角度来说对不同特质的业务一视同仁的传输也是一种浪费。比如对实时性要求高的语音业务和普通上网业务而言,两者对网络的传输要求就截然不同。PTN则可以感知业务特性并提供恰到好处的服务,做到按需分配,各得其所。给



▲ 图2 PTN网络中端到端的业务



▲ 图3 ITU-T G.8114规定 OAM 报文封装格式

不同要求的业务流提供恰到好处的服务才是对电信运营商而言最为经济的方式,尤其在带宽需求大幅增长的情况下更是如此。

2.3 层次化 OAM 及电信级保护技术

PTN 的 OAM 机制基本继承了 SDH 的 OAM 思想,通过为段层、隧道层、伪线层提供层次化的告警、性能管理,通过支持层次化 OAM,可以对 PTN 网络的故障进行快速定位,而且还可以检测出网络的性能,包括丢包率、时延等等^[5]。

ITU-T 为 T-MPLS 规定的 OAM 报文封装格式^[6]如图 3 所示。对于各个层次的 OAM 信令报文,也采用 MPLS 封装的标签报文。为了区分 OAM 信令报文和用户的业务数据报文,定义了一个特殊的标签:14,通过这个标签来标志 OAM 信令报文。通过定义一系列的 OAM 协议报文,G.8114 实现了丰富多样的 OAM 功能。

PTN 网络的全程电信级保护功能

如图 4 所示。PTN 网络支持全面的接入链路保护、网络级保护及设备级保护功能。各种保护各有优缺点,各自适用于不同的场景。环网保护^[7]针对特定的拓扑形式(环状拓扑)有较高的保护效率;线性保护则对于拓扑形式没有要求,在固定的网络中只要能够

分别找到不同路径的两条连接即可。而在实际应用中,则经常需要结合工程实施的情况将不同保护方式综合使用,配合起来以实现对业务的电信级保护。

OAM 与保护在应用上密不可分,通过 OAM 机制实现的快速、及时的故障检测是实现电信级保护的前提。与 PTN 保护机制相关的 OAM 分为 3 种类型:告警相关 OAM、性能相关 OAM 和通信信道 OAM。

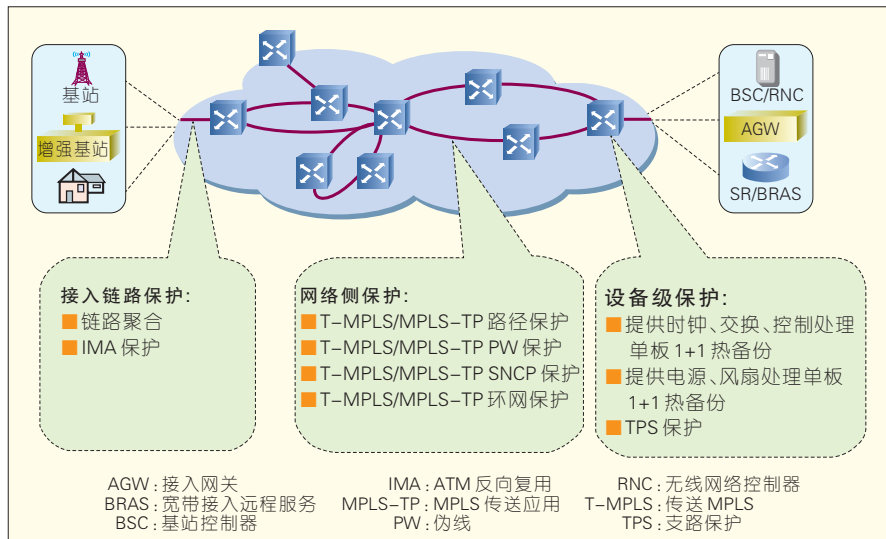
2.4 同步技术

移动通信技术的发展对移动回传网提出了时间同步的要求。ITU-T、IEEE 等国际标准组织对解决时间同步提出了多种方案,目前最具有吸引力的是 IEEE 1588V2 的时钟时间解决方案^[8]。

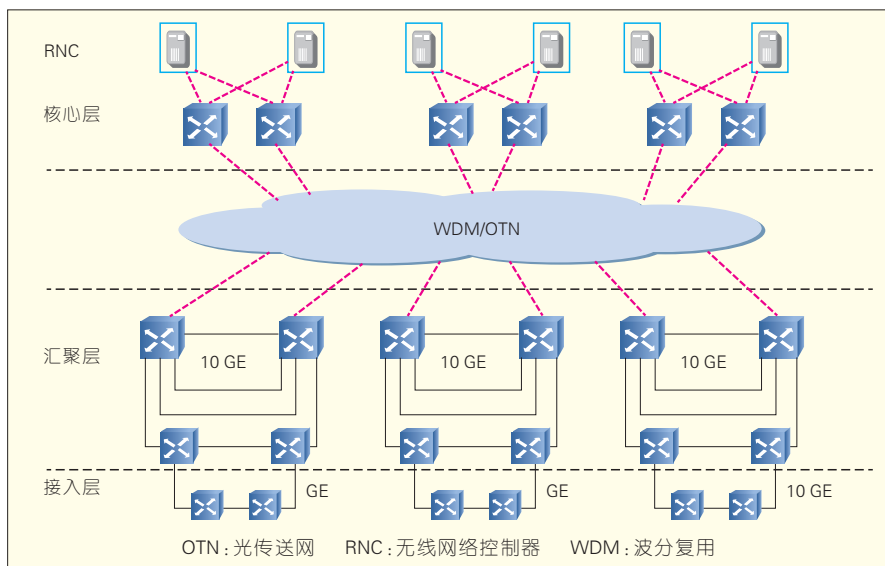
1588V2 技术采用主从时钟方案,对时间进行编码传送,利用网络链路的对称性和延时测量技术,实现主从时钟的频率、相位和绝对时间的互相同步。

中兴通讯在业界首创了以同步以太网^[9]为基础的 IEEE1588V2 时间传递技术,其核心思想是建立时钟时间分离且高度可控的网络,排除了不可预知的风险。

通过物理层的同步以太网实现



▲ 图4 PTN网络的全程电信级保护功能



▲图5 WDM/OTN 为 PTN 业务提供灵活调度组网图

节点间的频率同步,可以在在保证频率准确度的条件下,将相位控制到一定的范围之内,而 1588 协议本身只用于相位的微调和时间传递。在这种条件下组成的时钟专线网,是面向连接严格可控的点对点网络,能在部署的过程中避免 1588 非对称性带来的干扰,并且时间同步性能与网络负载机流量无关。

3 PTN 与其他承载网络的关系

3.1 PTN 与 MSTP 网络的关系

在 2G 时代,SDH/MSTP 为移动业务提供了稳定、可靠的传输,并已形成庞大的网络规模。在 3G/LTE 发展起来之后,引入 PTN 建网时,如何处理与现有 MSTP 网络的关系是必须要考虑的问题。综合考虑网络规划复杂度、建设成本及运维成本等多方面因素,我们推荐采用 PTN 新建平面的模式,与原有 MSTP 平面相互独立。

这种方案虽然在初期新建 PTN 网络投资较大,但优点也很明显。一方面原有 2G 业务继续通过 MSTP 承载,在 3G 建设阶段避免业务调整对 2G 业务的影响;另一方面也可以很好地保障 3G 基站的业务发展以及后

续数据业务的带宽需求,并能很好地支持将来移动网络向 LTE 的演进。这样不仅移动回传网结构清晰,也为长期规划、管理和维护提供了方便。

当然,作为补充解决方案,在局部区域也可根据现网 MSTP 资源的富余情况,考虑 PTN 与 MSTP 混合组网。根据原有 MSTP 网络接入或汇聚层的带宽压力选择在某一层次率先引入 PTN 设备,一方面可满足跨域调度需求,同时运营商还能以较小的成本投入为 PTN 网络的规划及运维管理积累经验。

总之,2G 网络在相当一段时间内仍将为运营商带来可观的利润,这就决定了 MSTP 将与 PTN 在一定时间内长期共存,共同维护。长期来看,当移动通信网络全面 IP 化之后,MSTP 终将为 PTN 所替代^[10]。之后可作为 PTN 的有效补充,为带宽需求不高,但是安全性和私密性要求较高的客户提供专线接入,同时兼顾覆盖 PTN 暂时无法到达的区域。

3.2 PTN 与 WDM/OTN 的关系

IP over WDM/OTN 网络基于波长或 ODUk 交换内核实现大颗粒业务的灵活调度与保护。在城域网建设中,IP over WDM/OTN 适合应用在核心层,

为核心网元提供大颗粒业务的组网、调度及保护。在移动回传业务承载中,在大型城域网中。可采用 PTN+WDM/OTN 的组网模式。接入/汇聚层采用 PTN 组网,向上通过 IP over WDM/OTN 将业务调度至所属无线网络控制器(RNC)机房的 PTN 核心落地层。与 PTN 配合组网极大地简化了核心层节点与汇聚层骨干节点间的网络组建。一方面在业务归属调整时可方便的实现业务灵活调度,另一方面核心层节点只与所属 RNC 机房相连,避免了纯 PTN 组网中,因某节点业务容量升级而引起的环路上所有节点设备必须同时升级的情况,节省了网络投资。WDM/OTN 为 PTN 业务提供灵活调度组网图如图 5 所示。

3.3 PTN 与城域以太网的关系

在城域网规划建设中,根据所承载业务性质的不同,一般采用相对独立的建网思路,即分别建设移动回传网高价值平面和宽带用户接入网低价值平面两个平面。PTN 以承载移动回传业务及集团大客户等高价值业务为主;而公众宽带上网及普通大客户等低价值业务则可通过无源光网络(PON)接入,继而通过城域以太网与业务控制层(BRAS 或 SR)对接。两个平面不考虑融合,完全独立,互不干涉。采取这样的策略主要基于以下考虑:

互联网业务和移动回传等重要业务可规划性不同,可靠性要求也不同,共平面承载将大大增加网络复杂性;而互联网业务所需带宽一般远大于移动回传业务,如果融合将导致城域网接入设备需要采用大容量、高可靠性技术,也增加了不必要的成本。

宽带业务调整较为频繁,与移动回程业务共平面传输有可能会影响移动业务的稳定性。如果顾及移动业务的稳定性又不利于快速响应宽带业务的发展需求,两者存在矛盾。

共平面承载开放的互联网业务

➡下转第 46 页

PTN 承载高精度时间同步协议 技术研究

Analysis of Precision Time Synchronization Protocol in PTN

中图分类号: TN929.11 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0035-05

摘要: 对于时分同步码分多址(TD-SCDMA)和时分长期演进(TD-LTE)无线系统,采用全球定位系统(GPS)提供时间同步具有施工难、成本高和不安全等弊端。利用同步协议通过光纤系统传输高精度时间同步信号将是主流技术。文章对采用分组传送网(PTN)承载 IEEE 1588v2 提供时间同步的精度影响因素进行了分析,通过实验和试点测试初步验证了 PTN 承载 1588v2 提供高精度时间同步信号的可行性,并比较了 PTN 承载 1588v2 的不同模式。

关键词: 分组时延差;边界时钟;透明时钟;高精度时间同步协议

Abstract: For Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access (TD-SCDMA) and Time Division Long Term Evolution (TD-LTE) wireless systems, using a global positioning system (GPS) to provide time synchronization is problematic. In these wireless systems, GPS is costly, difficult to deploy, and insufficiently secure. Nowadays, transportation of high precision time/phase synchronization signals through Precision Time Protocol (PTP) fiber systems has become mainstream technology. This paper analyzes the main factors affecting the performance of time synchronization through Packet Transport Network (PTN) carrying IEEE 1588v2. In light of laboratory and field trial tests, the possibility of transporting high precision time/phase synchronization signal through PTN carrying 1588v2 is proven. Finally, this paper compares the different models of 1588v2 in PTN.

Key words: packet delay variation; boundary clock; transparent clock; precision time synchronization protocol

李晗/LI Han

(中国移动通信研究院, 北京 100053)
(China Mobile Research Institute, Beijing
100053, China)

的目的。通过硬件打时间戳和采用边界时钟/透明时钟来补偿网络组件或协议栈引起的时延和抖动, IEEE 1588v2 协议能够达到亚微秒级的同步精度。

IEEE 1588 原本是为工控机之间的同步需求而设计的高精度时间同步协议(PTP)。当应用于大规模的电信网时,其精度、不同模式、维护管理和高精度时间同步协议(BMCA)等还需要进一步研究。

本文对采用分组传送网(PTN)承载 IEEE 1588v2 提供时间同步的精度影响因素进行了分析,通过实验和试点测试初步验证了 PTN 承载 1588v2 提供高精度时间同步信号的可行性,并对 PTN 承载 1588v2 的不同模式进行了比较^[1-5]。

1 影响时间同步精度的 关键因素

IEEE 1588v2 采用主从时钟方案,周期发布时钟。接收方利用网络链路的对称性进行时钟偏移测量和延时测量,实现主从时钟的频率、相位和绝对时间的同步。在 1588v2 报文传送过程中,由于每个传输节点要进行时间戳处理,相应会引入时延和抖动,因此传送网的跳数会影响时间同

随着移动通信技术的发展,网络对时间同步的要求越来越高。CDMA2000、时分同步码分多址(TD-SCDMA)、时分长期演进(TD-LTE)基站都需要高精度的时间同步。TD-SCDMA 规定的时间同步指标为 $\pm 1.5 \mu s$,采用本地时钟授时或频率同步网守时等方式均无法满足要求,而采用每个时分(TD)基站加装全球定位系统(GPS)的方式则面临施工难、成本高和不安全等弊端。

利用同步协议通过光纤系统传

输高精度时间同步信号将是未来的主流技术。

高精度时间同步信号地面传输的关键技术主要包括 2 个方面:一方面是高精度时间协议,另一方面是对传输中引入的时延和抖动进行补偿的技术。基于网络时间协议(NTP)技术的时间同步网精度在数十毫秒数量级,无法满足 TD 要求。IEEE 1588v2 协议采用延时-请求响应机制,通过同步消息计算出从时钟与主时钟之间的时间偏差,达到时间同步

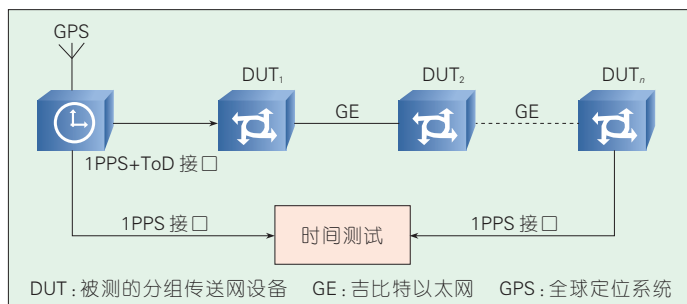


图1
跳数对时间同步
影响测试平台

步信号的精度。在分组传送网中,由于采用了存储转发机制,分组时延差(PDV)对于时间精度可能有很大影响。对于边界时钟(BC)和透明时钟(TC)模式,由于在PTP包头中引入了修正字段(CF)来记录和补偿节点处理时延,因此可以很大程度降低PDV的影响。对于纯透传模式,业务负载和包长都将影响时间精度。此外网络保护倒换、信号劣化、温度变化、频率同步等各种因素也都可能影响时间同步精度。

1.1 跳数影响

在BC模式下,由于在每个节点终结PTP报文,因此上一级节点的PDV影响不会累积,对时间精度的主要影响是输出端口的队列。此外,由于每一级时钟都需要同步于主时钟,因此在时钟恢复过程中会引入漂移,并且这种低频漂移会累积。

对跳数影响的测试平台如图1所示。所有PTN节点配置为BC模式并且通过同步吉比特以太网(GE)接口互联。DUT₁通过1PPS+ToD接口与GPS接收机相连。时间测试仪比较DUT_n与GPS的时间误差。

不同跳数下的时间误差如图2所示。在10跳情况下测试了9个小时,时间误差范围为-120.3 ns ~ 131.5 ns,峰峰值为252 ns;在20跳情况下测试了9个小时,时间的误差范围为-61 ns ~ 192 ns,峰峰值为253 ns;在30跳情况下测试了4个小时,时间误差范围为-239.3 ns ~ 26.8 ns,峰峰值为266 ns。可以看出在不同跳数情况下,时间精度差别不大,噪声模型接

近于随机发布。

1.2 PDV对纯透传模式的影响

将图1测试平台的各个PTN节点配置为纯透传模式,分别采取无负载和加载90%的负载。90%的负载时包长分别为64字节、576字节和1518字

节,输出时间的误差峰峰值分别为250 ns、450 ns、3 200 ns和10 μs,得到PDV对纯透传模式的影响如图3所示。可以看出,负载越大、包长越长对时间同步精度影响越大。如果要采用纯透传模式提供高精度时间同步信号,还需要针对PDV进行很多优化。

1.3 网络倒换的影响

当时间源、链路和时钟板发生倒换时,会引起频率和相位的跳变,可能会影响到时间精度。经测试,时间源倒换会引入6 ns的时间误差,光纤线路倒换引入26 ns的时间误差,时钟板倒换引入13 ns时间误差。网络倒换对时间精度的影响如图4所

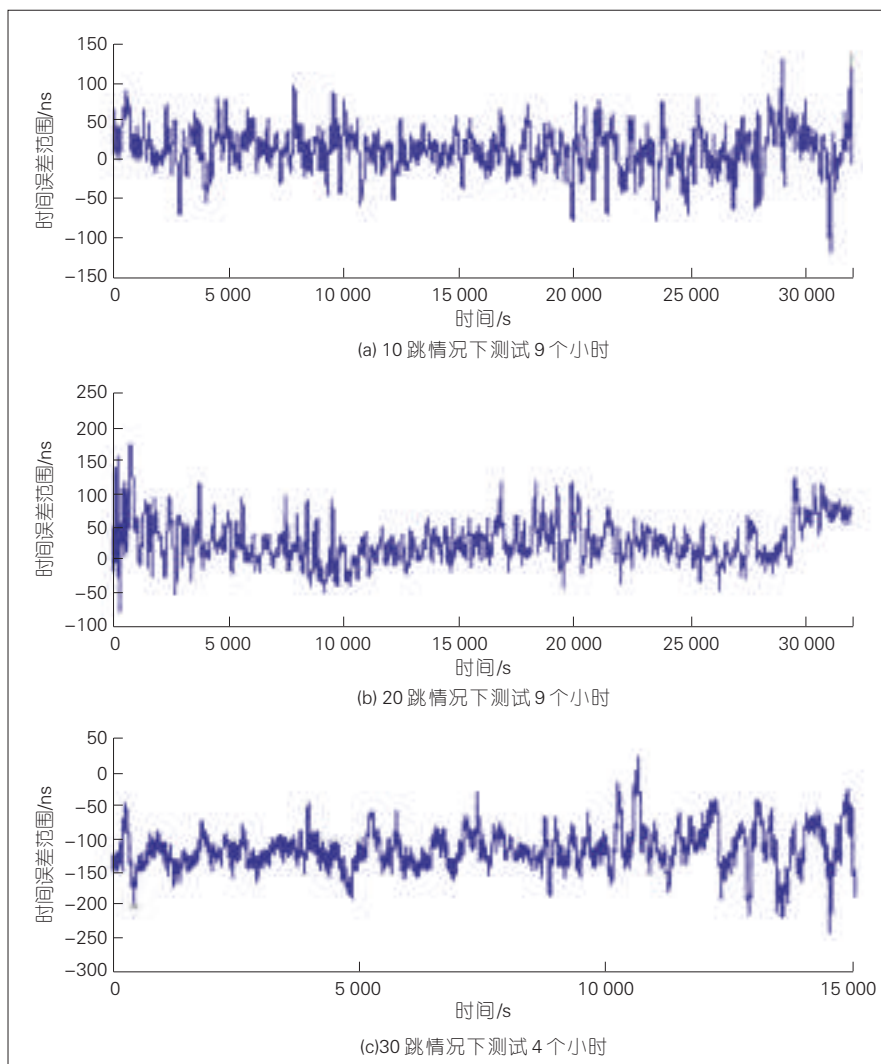
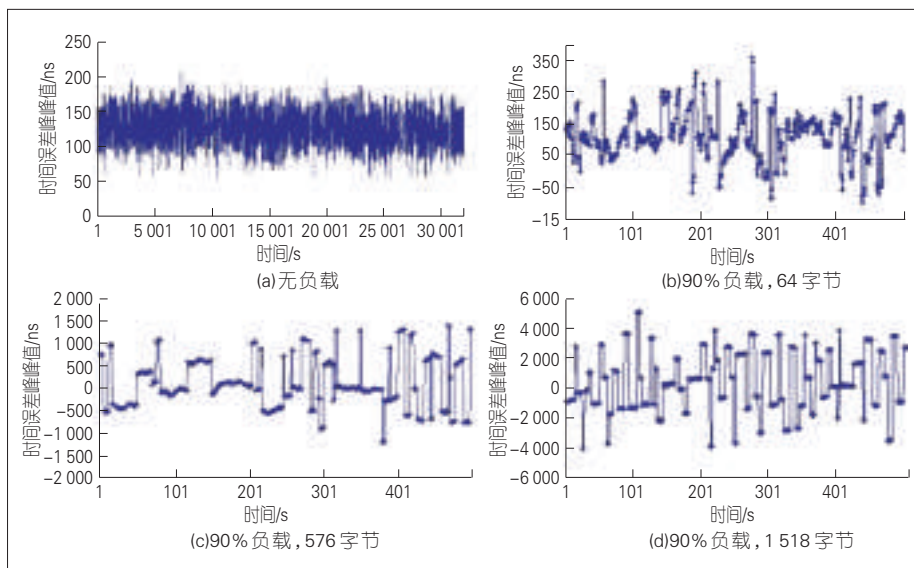


图2 不同跳数下的时间误差



▲ 图3 PDV对纯透传模式的影响

示。可以看出,网络倒换对时间精度影响均在30 ns以内,在指标分配中留有50 ns余量即可。

1.4 信号劣化和温度变化的影响

当信号发生劣化时,会引起丢包率的提高。当外界温度发生变化时,可能会影响到时钟的性能,从而影响时间精度。当插入误码为 1×10^{-3} 时,时间误差峰峰值仍然在110 ns以内,与无误码时性能相同。当PTN节点温度从 -10°C 变化到 50°C 时,时间误差峰峰值在40 ns以内,且时间变化与温度变化并不一致。

1.5 频率同步对时间同步的影响

PTN可以通过同步以太网从物理层获取时钟,也可通过1588v2报文恢复时钟。当PTN通过同步以太网获取频率同步,而通过1588v2获取时间/相位同步时,可以称之为紧耦合方式;当PTN通过1588v2同时恢复频率同步和时间/相位同步时,称之为松耦合方式。

紧耦合和松耦合情况下的时间同步性能如图5所示。图5显示了两种方式在正常情况下的时间精度。紧耦合情况下时间误差峰峰值为22 ns,松耦合情况下时间的误差峰峰值

为67 ns,可以看出其性能一致。

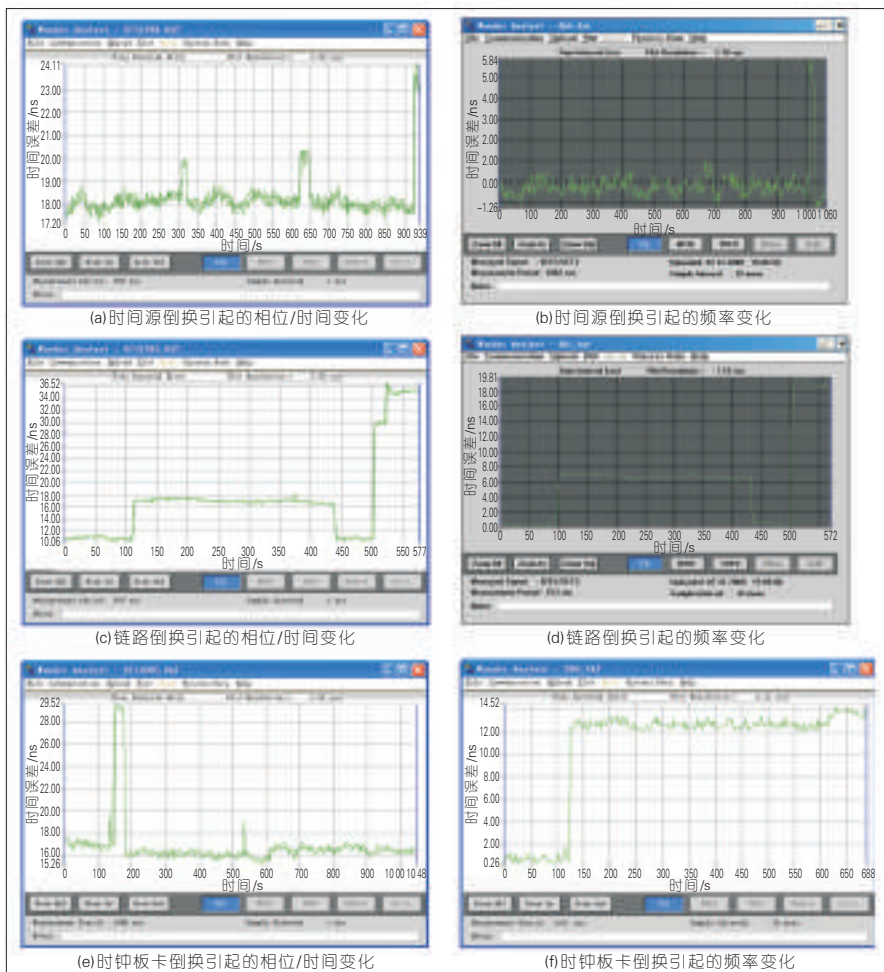
紧耦合方式下,频率同步对时间

精度的影响如图6所示。当频率处于保持状态时(频偏为 5×10^{-9}),输出的时间误差峰峰值为100 ns;频率处于自由振荡状态时(频偏为 3.8×10^{-8}),时间同步信号丢失。

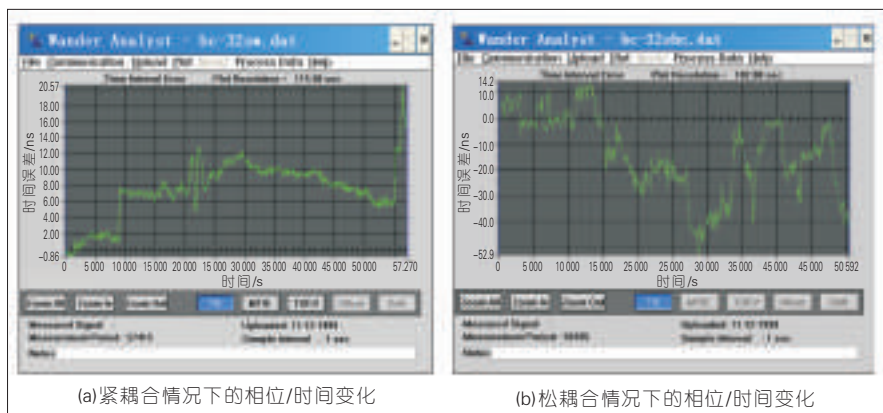
可以看出这两种方式各有优缺点。当采用紧耦合方式时,频率同步信号劣化和丢失将影响时间同步信号;当采用松耦合方式时,则各个PTN的本地时钟跟踪1588v2时钟的时间会大大增长。此外,采用松耦合方式,需要提高1588v2报文的频率,增大了网络负荷,因此一般采用紧耦合方式。

2 BC模式下时间同步的长期稳定度

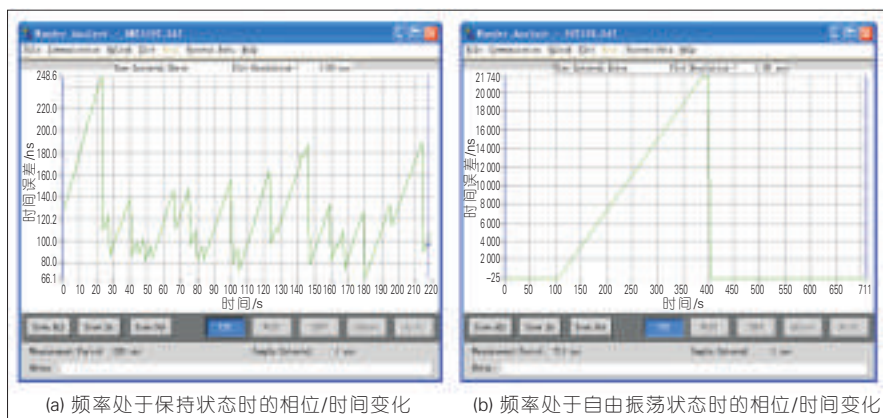
为了验证PTN承载1588v2在大规模网络情况下的长期稳定度,特在



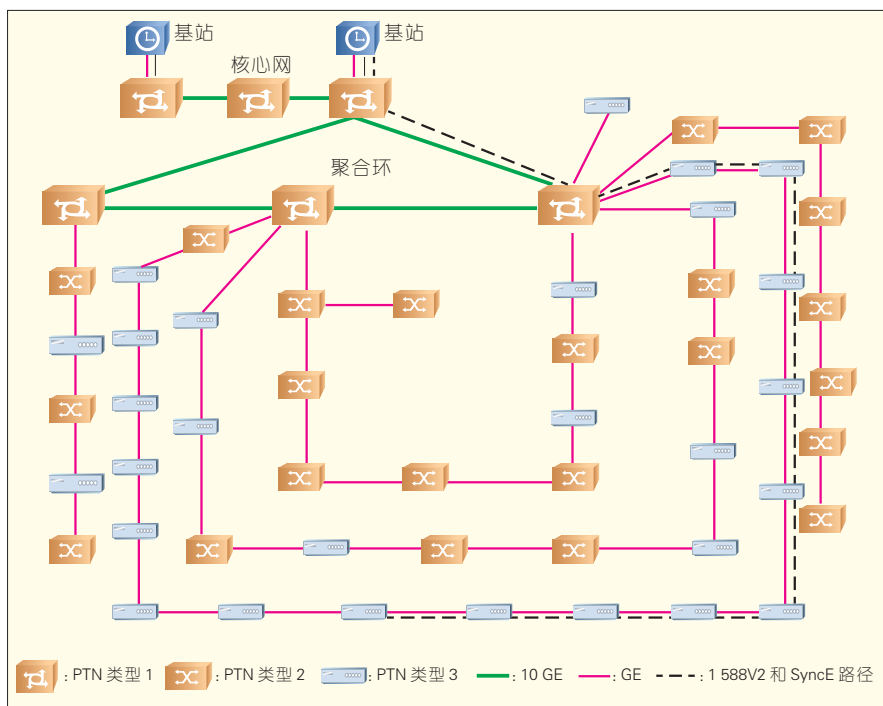
▲ 图4 网络倒换对时间精度的影响



▲ 图5 紧耦合和松耦合情况下的时间同步性能



▲ 图6 松耦合方式下,频率同步对时间精度的影响



▲ 图7 时间同步试点测试拓扑

现网进行了试点。试点网络包含3个核心PTN节点、3个汇聚PTN节点和58个接入PTN节点。每个接入节点均带一个TD-SCDMA基站。如图7所示。所有PTN节点均采用BC模式。所有光纤段落都对时延不对称性进行了补偿。频率同步通过同步以太网获取,时间接口包括1PPS+T0D接口和快速以太网/千兆以太网(FE/GE)接口。

当采用FE接口时,72小时的时间误差峰峰值为65 ns,如图8所示。其最大时间间隔误差(MTIE)和时间偏差(TDEV)如图9所示。可以看出时间输出非常稳定,噪声接近于随机分布,且相对较少。

3 结束语

对于TD-SCDMA和TD-LTE等无线系统,采用GPS提供时间同步面临施工难、成本高和不安全等弊端。利用同步协议通过光纤系统传输高精度时间同步信号将成为主流技术。目前,采用PTN承载1588v2提供高精度时间同步已经初步具备可行性。由于现网中许多光纤段落不对称,因此应该进行逐段补偿。BC和TC模式均可以很好地消除PDV的影响。相对而言BC模式更加简单。目前,关于时间同步在电信网络中应用的标准还不成熟,对时间同步的应用经验也不丰富。相信时间同步会率先在PTN网络中得到应用,将来光传送网(OTN)和无源光网络(PON)承载高精度时间同步也会得到广泛应用。

4 参考文献

- [1] Report of the Lannion SG15/13 interim meeting[R]. WD03, ITU-T SG15 Q13. 2009.
- [2] LI Han, HAN Liuyan. Analysis of time synchronization performance using PTP in hybrid transport network[R]. CMCC, WD64, ITU-T SG15 Q13. 2010.
- [3] LI Han, HAN Liuyan. Proposal of accelerating MTIE and TDEV model study for time synchronization[R]. CMCC, WD63, ITU-T SG15 Q13. 2010.
- [4] LI Han, WANG Lei. Test and analysis of time synchronization using 1588v2 for transport network[R]. CMCC, C599, ITU-T SG15 Q13. 2009.

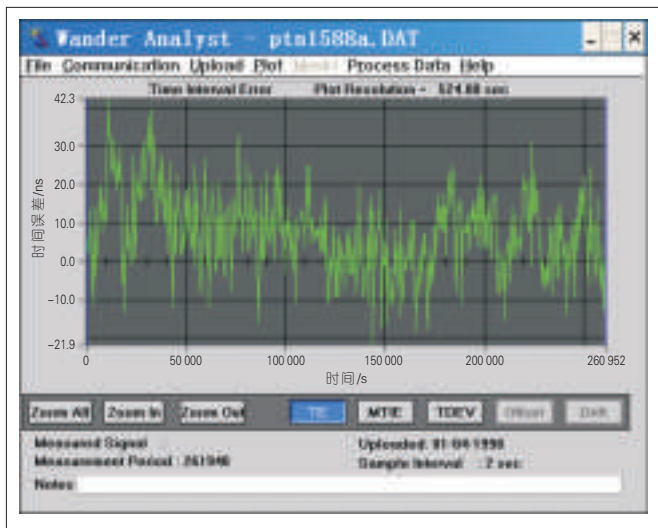


图8
时间同步长期稳定度

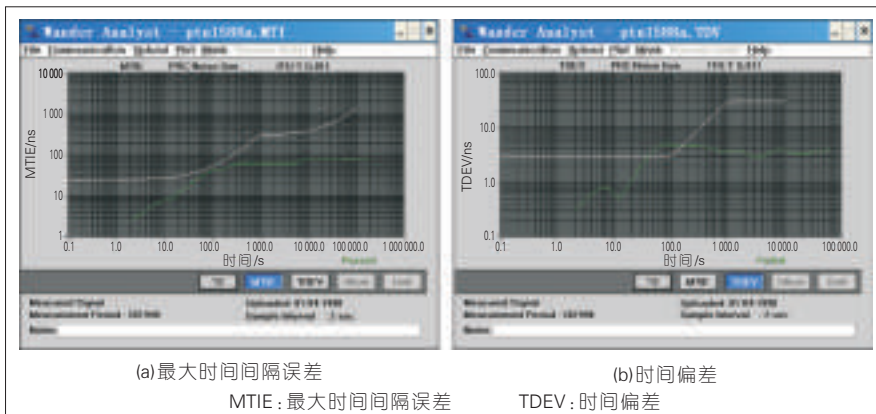
[5] LI Han, WANG Lei. Time distribution model using 1588v2 for performance indication[R]. CMCC, C601, ITU-T SG15 Q13. 2009.

收稿日期: 2010-03-16

作者简介



李晗, 北京邮电大学博士毕业; 中国移动研究院副主任研究员, 主要负责传输、有线接入和同步技术的研究工作; 已在国内外刊物发表论文 50 余篇, 申请专利 20 多项; 已发表 ITU 文稿 50 多篇, 并担任 ITU-T Editor。



(a) 最大时间间隔误差

MTIE: 最大时间间隔误差

(b) 时间偏差

TDEV: 时间偏差

图9 最大时间间隔误差和时间偏差

广告索引

A1-A5、封四:
中兴通讯股份有限公司

综合信息

中兴通讯携手上海电信, 提供 IPv6 核心技术助力世博打造高效网络

【本刊讯】2010年5月4日消息,第41届世博会期间,中兴通讯助力上海电信,采用 ZXR10 T1200/T600 高性能多业务路由器实现上海世博的 IPv6 解决方案,服务于世博会的信息枢纽——世博新闻中心以及签约酒店。新闻中心以及签约酒店的 IPv6 及 IPv6/IPv4 双栈用户将基于中兴通讯的高性能多业务路由器实现对世博官方网站的访问以及对 Internet 资源的使用,体验到动态页面、静态页面、媒体浏览、投票系统、票务系统、视频播放等多方位的功能应用。

上海世博会的新闻中心涉及 30 余间 VIP 工作间和普通工作室,世博签约酒店总计 5 000 多个房间,预计在世博会期间将有成千上万个 IPv6 及 IPv6/IPv4 双栈用

户同时并发访问世博官方网站及使用 Internet 资源。通过中兴通讯 ZXR10 T1200/T600 高性能多业务路由器,实现 IPv6 网的核心功能 NAT-PT,解决了 IPv4 与 IPv6 的互通问题。采用该技术后,IPv6 地址池将比 IPv4 的地址池能够多支撑至少 14 000 个以上的用户同时并发访问,大大提高了用户访问效率,并节约大量 IPv4 地址。中兴通讯的高性能多业务路由器产品凭借 IPv4/IPv6 的双栈技术及 IPv6 多业务支持能力的全面解决方案得到了上海电信的高度认可,成为世博会唯一的 NAT-PT 设备提供商,并根据世博会的要求开发了多跳链接、DNS-ALG 解析、页面强推等多项定制功能,顺利投入到世博园的接待工作中,彰显了中兴通讯高性能多业务路由器产品在 IPv6 领域的技术领先实力和快速定制响应能力。

高带宽业务需求与宽带网络的演进

High-Bandwidth Broadband Service Requirements and the Evolution of Broadband Network

中图分类号: TP393.03 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0040-04

摘要: 文章首先分析了中国、国外宽带接入的发展现状, 然后分析各种宽带业务对网络带宽的要求, 并结合公众客户、政企客户的带宽需求, 对目前主要的固网宽带接入技术进行了分析与比较, 指出带宽需求与网络能力的辩证关系; 提出网络能力应适度超前用户的带宽需求; 最后总结了推动宽带发展的思路。

关键词: 宽带; 光纤到户; 光纤到楼; 光无源网络; 光纤同轴混合网; 电力线通信; 网络电视; 虚拟专用网

Abstract: This paper introduces the domestic and foreign development status of broadband access, then analyzes the network bandwidth requirements of broadband services. Public customer, government, and enterprise bandwidth requirements are considered, and current major fixed-line broadband access technologies are analyzed and compared. The dialectical relationship between bandwidth needs and network capacity are then detailed, and it is proposed that network capacity be appropriately ahead of the user's bandwidth needs. Finally, this paper highlights the importance of promoting broadband development.

Key words: broadband; FTTH; FTTB; PON; HFC; powerline communications; IPTV; VPN

王孝明/WANG Xiaoming

(中国电信股份有限公司上海研究院, 上海 200122)
(Shanghai Research Institute of China Telecom Corporation Limited, Shanghai 200122, China)

- 可扩展性、高稳定性、内容多样性是目前高宽带业务的需求
- 从宽带网络演进技术发展走势看, PON 技术领先发展于其它接入技术
- 保持网络接入能力适度超前用户的带宽需求有利于宽带网络的健康发展

1 国际上主要国家宽带发展现状

宽带作为国家信息化的重要基础设施, 是承载各种信息化应用的重要载体, 其重要性不言而喻, 许多发达国家已经将宽带发展作为国家战略的重要组成部分。2009 年, 韩国、法国、意大利等发达国家相继出台了宽带发展的新战略, 光纤接入成为其中的重要内容^[1]。

韩国家庭宽带普及率为 93%, 平均速率 49.5 Mbit/s。然而, 韩国政府并不满足已取得的成绩。2009 年 5 月, 韩国发布了“绿色 IT 国家战略”, 斥资 4.2 万亿韩元用于宽带提速, 该战略计划构建比韩国目前宽带速度快 10 倍的“Giga(千兆位)互联网”。在

欧洲, 政府已将宽带战略作为国家经济刺激计划的一部分。在各国的宽带发展计划中, 光纤接入是其中最大的亮点。在宽带普及率较高的韩国、日本, 政府将发展重心放到了光纤接入上; 其中国的运营商为了更好的巩固客户群, 也在大力推广光纤接入。

2 中国宽带发展现状

这几年以来中国电信率先提出并持续实施“光进铜退”战略, 明确提出“光进铜退”是实施固网宽带化和宽带转型的重要举措, 并采用无源光纤网络(PON)技术进行光纤到楼(FTTB)/光纤到户(FTTH)综合接入网络的建设^[2]。

自 2008 年下半年中国电信实现全业务运营以后, 充分发挥固网和移

动网的协同与互补效应, 加强固定和移动网络在各层面的衔接与融合, 实现“有线、无线有机结合, 宽带无处不在, IP 化、智能化、融合化、扁平化的下一代综合信息服务网络”, 支撑灵活的业务提供、提供多样化接入、实现高效的网络运营。

2010 年 1 月 13 日, 国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议, 决定加快推进电信网、广播电视网和互联网三网融合。这将使宽带市场的竞争更加激烈, 中国电信推行的“光进铜退”、“城市光网”, 已经具备了“三网融合”的网络基础。

3 公众客户各种业务的带宽要求分析

总体来说, 公众客户的主要业务

需求可归纳为2类:

基本业务:语音、高速上网、高清网络电视(HDTV)/标清网络电视(IPTV)、可视电话业务等。

增值业务:家庭监控、可视家庭会议、三屏互动、蓝光电影、3D视频、信息、邮箱、远程教育、网络游戏、网络硬盘(虚拟硬盘)、在线杀毒服务等业务。

各种业务的具体带宽要求如表1所示。

由于中国各地经济发展情况差别很大,不同的家庭用户对各种业务的需求及其数量也存在很大差别。总体来说未来3~5年内,家庭用户的上行带宽需求主要落在500 kbit/s~10 Mbit/s范围内,下行带宽在2 Mbit/s~100 Mbit/s范围内,能够满足各种宽带业务的扩展。通过调研发现,从公众客户选择FTTH时的带宽需求来看,选择20 Mbit/s带宽的占46.3%,其次是10 Mbit/s(22.3%)、100 Mbit/s(18.7%)、50 Mbit/s(8.3%)。

每种互联网业务对网络的带宽、时延、丢包等需求是不同的,不同用户对互联网业务需求也各不相同。但网络资源有限,因此必须更有效合理地利用网络资源,实现不同业务的服务质量(QoS),从而实现业务的差异化,满足不同用户的差异化需求。

业务量的增加及新业务的开展,都会增加对网络带宽的需求。因此,针对业务发展特点及其趋势,在网络规划和业务部署时始终把可扩展性放在首位,以便于QoS的控制和带宽的调整。

4 政企客户各种业务的带宽要求分析

政企客户的主要业务需求也可归纳为2类:

基本业务:语音、高速上网、VPN、专线、全球眼。

增值业务:视频会议系统、高清视频监控、企业安全服务、三屏互动、存储区域网络(SAN)、企业邮箱、“云

▼表1 各种业务的带宽要求

业务	对带宽的要求(每路业务的带宽)		对带宽的要求(某项业务的带宽小计)		
	上行速率	下行速率	需要数量	上行速率	下行速率
高速上网	100 kbit/s ~ 5 Mbit/s	2 Mbit/s ~ 20 Mbit/s	1个	100 kbit/s ~ 5 Mbit/s	2 Mbit/s ~ 20 Mbit/s
标清网络电视	100 kbit/s	2 Mbit/s ~ 3 Mbit/s	1~3路	100 kbit/s ~ 300 kbit/s	2 Mbit/s ~ 9 Mbit/s
高清网络电视	100 kbit/s	10 Mbit/s	1~2路	100 kbit/s ~ 200 kbit/s	10 Mbit/s ~ 20 Mbit/s
语音业务	100 kbit/s	100 kbit/s	2路	200 kbit/s	200 kbit/s
可视电话	500 kbit/s	500 kbit/s	1路	500 kbit/s	500 kbit/s
家庭监控	500 kbit/s	500 kbit/s	1~2个	500 kbit/s ~ 1 Mbit/s	500 kbit/s ~ 1 Mbit/s
蓝光电影	100 kbit/s	30 Mbit/s ~ 50 Mbit/s	1个	100 kbit/s	30 Mbit/s ~ 50 Mbit/s
3D视频	500 kbit/s	12 Mbit/s ~ 30 Mbit/s	1个	500 kbit/s	12 Mbit/s ~ 30 Mbit/s
家庭视频会议	2 Mbit/s	2 Mbit/s	1路	2 Mbit/s	2 Mbit/s
其他	100 kbit/s ~ 2 Mbit/s	100 kbit/s ~ 10 Mbit/s	1~3个	100 kbit/s ~ 6 Mbit/s	100 kbit/s ~ 30 Mbit/s

计算”服务等。

各种业务的具体带宽要求如表2所示。

通过调研发现,可能购买FTTH接入的98个企业中,56%的企业认为可能采用10 Mbit/s带宽,36%企业认为可能采用100 Mbit/s。其他较为集中是30%的企业选择2 Mbit/s,13%的企业选择20 Mbit/s,13%的企业选择50 Mbit/s。

企业客户申请高带宽主要用于“高速互联网连接”和“企业数据传输”,其次是用于视频业务、语音业务;及E1专线等,酒店、娱乐服务行业对IPTV业务需求量较大。

对全球眼、新视通或视频点播(VOD)业务感兴趣的企业,对于采用光纤到户接入方式的可能性大于目前没有使用以上业务的企业。这些新业务要求接入带宽通常比较高;目前全球眼业务主要应用于海关、交通、保税区、仓储运输等行业,新视通主要应用于分支结构较多的大中型企业,VOD多应用于高级酒店以及娱乐业。

企业对数据传输要求最重要的是高稳定性,其次是高保密性、永远

在线以及高传输速率。

5 内容提供商如何看待高带宽业务的开发

中国因特网内容提供商(ICP)对FTTH的发展普遍比较欢迎,其主要观点是:总担心网络的带宽不够,开发的高带宽业务在网上无法使用;无法实现赢利。如果将带宽扩展到30 Mbit/s以上,就可推广高清晰内容和远程视频等交互式的应用。

从ICP对于FTTH的观点来看,可以分为2个方面:

对公众客户而言,主要内容服务是希望有更多IPTV等高清晰内容以及互动性更强、表达形式更丰富的多媒体音视频内容。ICP普遍认为创新业务需要结合智能化家电的推广,与数字化家庭概念有关;在线点播类和码率较高的视频内容或多方交互的视频应用内容将大大发展。

对企业客户而言,远程的点对点视频应用会获得推广,尤其是多方视频应用;远程IT应用将受到重视,如远程备份,远程电脑维护;带宽的扩展将使SP/CP应用开发突破现有局限,如远程应用的技术开发更加简

▼表2 各种业务的带宽要求

业务	带宽的要求(每路业务的带宽)		带宽的要求(某项业务的需求)	
	上行速率	下行速率	需要数量	备注
高速上网	500kbit/s ~ 10Mbit/s	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	1个	一般是企业共享
标清网络电视	100kbit/s	3Mbit/s	与行业有关	酒店、娱乐服务行业需求量较大
高清网络电视	100kbit/s	10Mbit/s	与行业有关	酒店、娱乐服务行业需求量较大
语音业务	100kbit/s	100kbit/s	视企业规模而定	中等规模企业可以装AG
专线业务	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	与行业、规模有关	主要是用于企业总部与分部互联
虚拟专用网业务(VPN)业务	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	与行业、规模有关	主要是用于企业互联
全球眼	500kbit/s ~ 2Mbit/s	500kbit/s ~ 2Mbit/s	与行业、规模有关	用于监控
企业安全	2Mbit/s	2Mbit/s	1个	2Mbit/s
冗灾备份	10Mbit/s ~ 1Gbit/s	10Mbit/s ~ 1Gbit/s	与行业、规模有关	一般用于异地备份
云计算	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	2Mbit/s ~ 100Mbit/s	与行业、规模有关	一般用于共享资源
其他	100kbit/s ~ 10Mbit/s	100kbit/s ~ 100Mbit/s	与行业、规模有关	

单;部分企业可能减少服务器托管。

宽带接入提供商和主流的内容服务提供商完全可以进行全方位高水准的合作,达成优势互补。大文件下载、在线视频和互动游戏是客户最为青睐的互联网服务内容。从研究来看,ICP或多或少的已经着手迎接高带宽接入的时代,他们已经意识到未来高带宽接入方式会带来更多的高带宽内容需求;从目前的ICP发展形势来看,ICP纷纷向视频类渗透并开始提供高清晰内容,主要是向在线交互式视频方面发展。

6 各种固网宽带接入技术分析

6.1 DSL 接入技术

数字用户线(DSL)技术中目前应用最广泛的是不对称数字用户线(ADSL)。其上行速率最高达896 kbit/s,下行速率最高达8 Mbit/s,有效传输距离在3~5公里范围以内。通过使用更宽的频谱(0~2.208 MHz),ADSL2可以达到下行12 Mbit/s和上行1 Mbit/s的速率;而ADSL2+更是提高到下行24 Mbps和上行3.5 Mbit/s的速率;超高比特速率数字用户线2

(VDSL2)极限可达100 Mbit/s。

6.2 FTTB+LAN 接入技术

光纤到楼+局域网(FTTB+LAN)接入方式采用光纤接入,整个城市网络由核心层、汇聚层、边缘汇聚层、接入层组成。社区端到末端用户接入部分就是通常所说的最后一公里。LAN方式是采用光缆+双绞线的方式对社区进行综合布线,双绞线总长度一般不超过100 m,线路距离短,因而线路质量得到了更好的保障。采用LAN方式的宽带服务一般是吉比特光纤进小区,千兆光纤到楼,10/100 M到户的模式,这比拨号上网速度快180多倍,在传输速率上也基本可以满足用户的各种需求。

6.3 千兆 EPON 接入技术

以太网无源光网络(EPON)系统采用波分复用(WDM)技术,使不同方向使用不同波长,分离单根光纤上不同方向的光信号。一个典型的EPON系统由OLT(光线路终端)、ODN(光分配网络)、ONU/ONT(光网络单元/光网络终端)和EMS(网元管理系统)组成。

EPON可为用户提供百兆甚至千兆的接入速率,实现100/1 000 Mbit/s

到户的模式。EPON不仅能综合现有的有线电视、数据和话音业务,还能兼容未来业务如IPTV、IP语音(VoIP)、电视会议和VOD等等,实现综合业务接入。加之千兆比以太网无源光网络(GEPON)的价格优势明显,因而被认为是解决电信接入瓶颈,最终实现FTTH的较成熟解决方案之一。

6.4 混合光纤同轴电缆接入技术

混合光纤同轴电缆网(HFC)是在原有的有线电视网的基础上改造而成的、采用光纤传输系统与同轴电缆分配网相结合的宽带网络。在有线电视网络双向改造中,目前主要有3种方案:Cable Modem头端设备(CMTS)方案、以太网无源光网络+以太网数据通过同轴电缆传输(EPON+EOC)方案、EPON+LAN方案。

在EPON成熟之前,CMTS技术在双向改造中一直发挥着重要作用,但是由于CMTS本身固有的局限性,已经难以适应综合业务承载的需要,具体表现在:带宽低,业务支撑能力有限;模拟系统,低频端的回传噪声大;改造投入大,工程维护成本高;网络层次复杂,故障隐患多等等。这些问题导致CMTS技术在双向改造中,越来越显得“力不从心”,其竞争潜力远远不及DSL、FTTB+LAN等技术。

正是基于以上因素,并且伴随着EPON技术的日趋成熟,EPON技术现已成为广电双向改造新的首选。目前,基于EPON技术的广电网络双向改造方案主要有2种建网模式:EPON+EOC、EPON+LAN。其中EPON+LAN方案完全是HFC的叠加方案,与电信的EPON+LAN方案类似。

6.5 电力线接入技术

电力线通信技术(PLC),是指利用电力线传输数据和话音信号的一种通信方式。该技术是把载有信息的高频加载于电流,然后用电线传输,接受信息的调制解调器再把高频从电流中分离出来,并传送到计算机或

电话上,以实现信息传递。该技术在不需要重新布线的基础上,在现有电线上实现数据、语音和视频等多业务的承载;终端用户只要插上电源插头,就可以实现因特网接入。

目前可达到的通信速率依具体设备分布在 4.5 Mbit/s ~ 45 Mbit/s 之间。PLC 设备分为局端和调制解调器,局端负责与内部 PLC 调制解调器的通信和与外部网络的连接。在通信时,来自用户的数据进入调制解调器调制后,通过用户的配电线路传输到局端设备,局端将信号解调出来,再转到外部的互联网。

利用 PLC 接入,具有简单易用,不破坏家庭内布线的优点。但同时亦易受到其他用电器的干扰。

7 各种固网宽带接入网络的比较

从技术成熟度角度看,ADSL 技术、FTTB+LAN、FTTH 与 HFC 技术均为成熟技术。其中,HFC 技术在美国为主流的宽带接入技术;FTTB+LAN (或 FTTH)在韩国、日本、加拿大等国家有广泛的应用;而 ADSL 为我国使用最久和最普遍的宽带接入方式。目前光纤宽带 (FTTX)正成为新的主流宽带接入方式,PLC 技术相对前几种接入技术而言,成熟度略逊一筹。

从安全性角度看,由于电力网使用的大多是非屏蔽线,用它来传输数据可能会有电波泄露,影响数据的保密性。而 HFC 与 FTTB+LAN 由于是共享网络,其安全性也稍差。

从传输距离看,FTTH 的接入距离可达 10 km 以上,且传输速率不受距离的影响;DSL 在传输距离过长的情况下,使用速率会下降;HFC 受传输距离的限制较小;PLC 的传输距离随电力线的负载不同在几百米左右;LAN 技术传播距离不能超过 100 m。

从用户体验上看,目前 ADSL、FTTB+LAN 和 FTTH 方式用户体验较好较稳定,尤其是 FTTH 可提供的带宽最高、可扩展性强且具有高稳定性

和高可靠性,可以满足用户多种业务综合承载的需求。HFC 方式在初期用户少时可以获得很好的用户体验,但随着用户的增加出现网速下降和掉线的问题,不同地区的用户体验不同。PLC 方式由于在中国尚属于不成熟产品,用户体验较差,例如:易掉线、用电高峰时无法上网、周围有其它用电器会影响网速等。

目前在中国电信等通信运营商以及各厂商的积极推动和发展下,EPON/GPON 技术的标准化程度越来越高,系统扩展性不断增强,芯片、器件以及设备的成本逐渐降低,整个产业链也越来越成熟。从技术发展走势看,PON 技术也会领先发展于 ADSL2+、VDSL2 等其它接入技术,是光纤接入的主要实现方式。

8 网络能力应适度超前用户的带宽需求

近几年中国宽带接入网络得到了突飞猛进的发展:大多能为用户提供几兆至几十兆的网络带宽,有的发达省市中心城区甚至可达百兆以上。同时随着宽带业务的种类不断发展对电信网络提出了许多新需求:要求网络能适应业务的持续快速发展,能适应用户对业务的综合化需求,同时承载 VoIP 语音、视频、组播、专线、数据等业务;能够区分、感知用户和业务,并提供不同 QoS 等级;能实现对用户和业务的集中智能控制。

在我们的调研中发现,如果不考虑资费的因素,绝大多数用户都希望能够实现光纤到户。但是用户一旦看到运营商根据不同带宽的不同价格,很多却表现出“心有余而力不足”,致使在部分光纤覆盖比较好的区域出现“带宽相对过剩”(相对于老百姓的购买力而言)的现象。

出现“带宽相对过剩”这种暂时现象,也是正常的,保持网络接入能力适度超前用户的带宽需求有利于宽带网络的健康发展。它一方面能够满足用户对带宽不断提升的需求;

同时也为 ICP 开发更多的有吸引力高宽带的业务奠定了网络基础。

9 结束语

从国外运营商的发展经验来看,宽带业务特别是高速宽带的快速发展离不开政府的支持,通过政府制定国家宽带发展战略,降低网络建设成本。从日本、韩国等光网业务发展较好的国家来看,高带宽业务的种类都非常丰富。所推出的高带宽业务除了高速宽带上网、VoIP 等基本业务外,主要还承载 IPTV、可视电话、Wii 网络联机、病毒检查服务、国际漫游、网络新闻、家庭电子邮件、Page ON、在线扫描服务、网络存储、绿色上网等业务。这些业务都很好促进了当地的宽带网络的发展和运营业务收入的大幅提升。

因此,高带宽提供了高网络承载能力。为高带宽业务开展提供了保障。电信运营商也应进一步加快光纤网络建设,为高带宽业务开展打下基础。同时需要加强产业链合作,特别是与内容提供商的合作,为更多的内容提供商创造良好的内容发布平台,为用户带来丰富多样的多媒体内容。在满足用户各种层次、多样化需求的同时,为电信运营商带来收益。

10 参考文献

- [1] 王孝明. 高带宽业务需求有多大[N]. 人民邮电报, 2009-08-26.
- [2] ATKINSON R D, CORREA D K, HEDLUND J A. Explaining international broadband leadership[R]. ITIF. 2008.

收稿日期: 2010-03-12

作者简介



王孝明, 中国电信股份有限公司上海研究院全业务专家、高级工程师、上海市科学技术专家库专家; 近年来主要负责光通信网络和 IP 网络的规划设计、宽带新业务的研发, 曾负责国内第一个规模达到 1 000 户以上 FTTH 的商用试验项目, 承担过多项国家“863”计划项目; 已发表文章 30 余篇, 专著 1 部。

运营商电信网业务和互联网业务融合发展的方式

Integrated Service Development Approach of Telecommunications Networks and Internet for Operators

摘要:文章探讨了运营商切入互联网业务运营,达到融合电信和互联网发展的一种可能,即通过融合及时消息和社交网络,并以此为基础,逐步融合发展电信网业务和互联网业务的可能路线;并介绍了这种发展方式的背景、运营商的优势、可能遇到的问题。讨论了以这种方式进行业务演进,从而实现广义上的三屏合一或者多屏合一的业务融合方式,这也是一种新的融合的方式。

关键词:社交网络;融合;三屏合一

Abstract: This article begins with a discussion of Internet business operators and their goal of achieving integrated telecommunications and internet development. Telecommunications networks and internet businesses are gradually being developed through the integration of instant news and social network services. The history of this development, advantages to the operator, and possible problems are then discussed. With this evolution, a new telecom and internet services convergence and triple/multi-screen convergence in a broader sense will eventuate. This may even become the new means of convergence in the future.

Key words: social network service; convergence; triple-screens convergence

中图分类号: TP393.03 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0044-03

互联网的开放性,为越来越多的企业和个人提供了低门槛的创业机会,使得互联网业务蓬勃发展。虽然有很多人评论说,互联网企业主要依靠广告和资本运作来维持,而现在大家都能看到:互联网企业不仅仅业务创新能力非常突出,提供了拥有庞大用户群体并很强用户黏性的业务,如:地图、搜索、及时消息、音乐、流媒体等,而且在赢利模式上也有突破。造就了大批赢利能力很强的企业,如:Google、百度、阿里巴巴、腾讯等。运营商能否借助互联网业务中分一杯羹,同时提高用户黏性,应对运营商之间的同质竞争呢?这是运营商普遍思考的问题之一。

随着无线接入宽度化和宽度接

入移动化趋势的进一步明显,移动互联网用户群发展迅速,原来产业链上的各方都纷纷转型或者向原本不属于自己产业范围的领域进行渗透和扩张,产业链上一流的企业,如:诺基亚、苹果、Google、微软等,在移动互联网趋势下,纷纷转型,相互渗透,以期能占据产业链的优势地位。运营商在这样的趋势下,一方面需要面对运营商之间的同质竞争,一方面还要抵抗其它厂商的渗透,避免管道化,奋起迎战是必然的。

另外,随着互联网服务的深入人心,用户作为网络人的需求越来越多。通过融合电信服务和互联网服务,更好的满足用户这方面的需求,一方面吸引用户,一方面促进业务发

展,是运营商考虑的重点之一。

运营商应对的举措可以很多,各大运营商的方法也各不一致。其中,积极发展互联网业务,涉足互联网服务运营,提供融合的电信网和互联网服务是运营商可以采用的方式之一。通过对电信网和互联网业务的融合运营,协助运营商实现吸引用户、增强用户黏性、并可能在互联网业务中实现赢利、避免被其它竞争对手渗透,降低管道化的危险的目的。

那么,这种电信网和互联网融合发展的起点是什么?路线又会怎么样呢?

1 运营商电信网和互联网业务融合发展的路线

运营商电信网和互联网业务融合发展的路线将分为以下7步:

(1) 运营商开始有零星的互联网业务,如邮箱服务、及时消息服务的运营。最会被运营商选择,以切入互联网业务运营的业务是及时消息。原因是多方面的:一方面,及时消息是用户常用通讯工具之一,用户群体很大;另一方面,及时消息可以发挥运营商的优势,如:在业务互通上面的优势,能吸引更多用户。同时,通

邢晓江/XING Xiaojiang

中兴通讯股份有限公司,广东 深圳 518004
(ZTE Corporation, ShenZhen 518004, China)

过及时消息业务,也可能会促进运营商宽度接入服务的开展。

运营商首先提供及时消息服务,并大力推动,推动方式包括:在资费上的优惠甚至免费、灵活的套餐、和现有业务的互通,甚至是免费的互通。以实现吸引用户,形成一定数量的用户群体。

(2)吸引了一定数量的用户群体后,会将及时消息服务,捆绑上社交网络服务,提供:博客空间、好友管理、论坛、新闻、读书等服务。初步提供了用户一站式网上生活服务,其中,博客空间和论坛的内容,可以为运营商提供低成本的内容运营。读书服务是运营商能协助运营商进入在线阅读市场。

从这个时候起,运营商就可以涉足广告市场了。运营商可以做互联网网页上的平面广告,也可以通过建立论坛和维护论坛等相关的方式,做软文广告,例如:可以成立美食论坛,并且在论坛上对菜馆进行宣传,以获取宣传费用。

(3)在社交网络上,进一步提供电信服务功能和互联网服务功能,功能包括:邮箱服务、彩信服务、号码簿管理、社交网络本身功能还可能进一步扩展。

邮箱服务可以和运营商提供的其它服务相结合,例如:提供短信通知能力,提供推送邮件服务,运营商可以通过包月的方式,收取费用。

彩信服务主要提供给及时消息和非登录用户终端之间的彩信服务,由于电脑终端的输入能力,以及存储在电脑终端上的资源更为丰富。这将推动彩信服务的进一步推广,培养彩信业务的用户群体。同时,也可以支持用户的彩信服务在网上进行访问的功能。

社交网络的服务也可能被扩展,功能可能包括:媒体共享、音乐推荐、空间上的视频功能等。

(4)运营商可能会要求其定制手机上提供该社交网络功能,并针对手

机实际情况,对用户在手机上使用这些功能做一定的优化。

这种定制和优化包括几个层面:手机的操作系统统一,通过统一操作系统,逐步缓解现网手机系统过多,以致很多业务部署和提供困难的问题;统一手机操作系统的进程比较慢,可以统一手机内的 Widget 平台,通过统一的 Widget 平台,一方面可以提供丰富微件方式封装的业务,一方面也降低手机系统过多而引发的问题;将社交网络的部分功能直接定制到手机,如:手机号码簿和社交网络好友管理可能进行同步,手机上的媒体或内容有一键式支持社交网络服务的菜单操作,以及可以将社交网络的部分工作做成微件应用,或者直接将社交网络的链接内置在手机中^[4]。

运营商通过其自身互联网业务的发展,增强终端方面的话语权,提高对终端的控制能力,并依托这种控制能力,有效提升其在后续业务和服务部署上的便利性。

(5)为了进一步加大业务和服务优势,吸引用户,Boss 功能将被引入到社交网络。用户只要登录社交网络,就可以方便的对自己的账单进行管理,并可以实现在线充值服务。

(6)业务继续向社交网络汇聚,更多的电信业务被汇聚到社交网络上,如:用户可以在个人空间中管理自己的通话记录、短信记录、彩信记录、语音信箱、彩铃更换等。

同时,运营商的社交网络,同时也是一个内容中心,依托庞大的用户群体,促进运营商在内容服务方面的运营。

(7)家庭服务、企业服务向社交网络汇聚,运营商的社交网络将是一个用户各种服务的发布中心、订购中心、使用中心。运营商的业务可以方便的在网上发布,用户可以方便的在网上实现订购并使用。

由于互联网业务基于 IP 技术和 WEB 技术,屏蔽了异种机之间的差异,使得任何能够实现 IP 接入,并支

持 WEB 技术的终端都可以使用该服务也业务。同时,部署在互联网上的服务的端到端性和接入无关性,让运营商可以不考虑业务的漫游和互通。这样,一个更大意义上的,融合了电信网服务、互联网服务和企业网服务的三屏合一,或者更多屏合一成为可能^[5]。

这种三屏合一,或者多屏合一,相比原来普遍理解的手机/电视/电脑之间的媒体内容的统一访问和连续性服务意义上的三屏合一,可以称为广义上的多屏合一。

2 运营商的优势

运营商对涉足互联网业务运营方面可能有很多疑虑。需要指出的是,运营商在涉足互联网业务、电信和互联网融合业务的运营商方面,具备多方面的优势,优势体现在以下几个方面:

(1)用户群体的优势。运营商拥有庞大的用户群体,是发展互联网业务的潜在用户群体。运营商抓住了这群用户,运营商最简单的增强用户黏性的愿望就实现了。

(2)业务优势。从上面的分析可以看出,运营商可以借助自己已有的业务,在互联网业务发展的初期通过互通方式吸引用户,也可以将各种电信服务通过集成到社交网络的方式,通过便利的、一站式的服务,吸引用户。同时,通过互联网服务和电信服务的融合,对两方面的业务共同形成促进。

(3)服务和计费优势。运营商可以通过套餐、计费上的优势,来吸引用户使用,迅速积累用户群。同时,运营商遍布的服务网点可以为用户提供更好的服务。

(4)用户号码簿优势。运营商可以接触到用户的号码簿信息,并拥有用户的通话记录。这些信息都是现实中的社交关系,运营商可以通过号码簿管理和好友推荐等诸多方式,大力发展社交网络,实现用户群体的迅

速扩张。

(5) 终端推动优势。运营商可以通过定制终端、在终端上内置和定制服务的方式推动互联网业务发展。

3 运营商发展互联网业务的困难

互联网业务的运营也会面临很多困难,这些困难表现在:

(1) 运营经验的缺乏。互联网服务除了功能之外,更重要的是运营能力。举一个简单的例子,如:同学录的5460,拥有着真实的社会关系,大量的、强大消费潜力的用户群体,同时也拥有着多种具体的服务,却没有能够运营出开心网的效果,可见运营能力的重要。

(2) 对现有业务收入的冲击。运营商开放免费的和现有服务的互通,

对现有的短信、彩信的市场可能会形成部分的冲击,运营商也因此可能会难于割舍。

(3) 现有业务和业务平台的支持。前面所述的很多功能,部分是比较容易实现移植的,如:短信、彩信、邮箱、Boss等,但有些功能,尤其是后面所述的家庭服务、企业服务是相对困难的。

4 结束语

运营商在涉足互联网业务运营方面是有优势的,运营商可以借助自己的优势逐步发展互联网业务,逐步将电信服务移植到互联网平台上,同时促进电信网和互联网业务的发展,增强对终端的控制能力。随着这种业务方式的进一步发展,很可能形成依托互联网平台的广义上的三屏合

一或者多屏合一的综合服务解决方案,有效帮助运营商提供电信网和互联网以及融合业务,以应对管道化趋势和同质竞争。

5 参考文献

- [1] CCSA TC5 WG7 移动 Widget 研究报告[R]. 2009.
- [2] CCSA TC5 WG7 移动社区研究报告[R]. 2009.

收稿日期:2009-07-14

作者简介



邢晓江,中兴通讯标准部标准项目经理、CCSA TC2 WG1 副组长;硕士,毕业于南京理工大学;现在从事业务标准研究,主要研究方向是移动互联网、物联网、泛在网;发表论文2篇,多篇文稿被OMA标准组织接受,已有多篇专利被授权。

←上接第34页

及移动回传等重要业务,不可避免地存在网络安全风险。

4 PTN 工程应用案例

中兴通讯 PTN 产品依托公司强大的研发实力及资金投入,各方面功能性能优异,能提供业界最全的产品系列,且在各种测试中表现出色,取得了2009年中国移动集采综合排名第一的优异成绩。截至目前已成功运用于 Telefonica、Telenor、TIM 等欧美跨国运营商。

2009年2季度中国移动组织多厂家 PTN 现网测试及 TD Iub 口 IP 化测试。在深圳移动现网对 PTN 的多业务承载能力、QoS、OAM、时间同步及网络生存性均进行了严格、全面的测试,结果表明中兴通讯的 PTN 产品在承载 TD-SCDMA IP 化 Iub 口时各业务指标、传输质量均符合要求。在后续对比测试中某些指标还优于 MSTP 产品,完全满足中国移动 TD 无线业务要求。

随着中国移动传送网 IP 化实际工程的推进,目前中兴通讯已经服务

于20余省的 PTN 网络建设。

5 结束语

业务的需求是推动 PTN 技术发展的主要动力。移动业务从 2G 向 3G、HSPA+ 及 LTE 的演进,除了传统业务 IP 化的需求,还对同步、网络延时、可靠性及安全性提出了较高的要求。PTN 正是在这一背景下应运而生。我们相信,随着 PTN 产业链的进一步发展成熟,其技术与成本优势将更加明显,必将成为移动回传等高价值业务的主流承载平台。同时,PTN 的引入及发展壮大也必将反作用于业务网络,将进一步促进 IP 化业务的高速增长。

6 参考文献

- [1] 武向军. 承载技术的革命—PTN[J]. 通信世界, 2009,40 (5):11-15.
- [2] IETF RFC 5317. JWT report on MPLS-TP architectural considerations[S]. 2009.
- [3] IEEE 802.1Qay. IEEE standards for local and metropolitan area networks: Virtual bridged local area networks, Amendment 7: Provider backbone bridge traffic engineering[S]. 2009.
- [4] IETF RFC3985. Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge (PWE3) architecture[S]. 2005.
- [5] 何庭宗. 分组传送网操作、管理和维护技.[J]. 中兴通讯技术, 2009,15(6):21-25.

- [6] ITU-T Recommendation G.8114. Operation & maintenance mechanism for T-MPLS layer networks[S]. 2007.
- [7] ITU-T Recommendation G.8132. T-MPLS shared protection ring [S]. 2007.
- [8] IEEE Std. 1588-2002. IEEE standard for a precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems [S]. 2002.
- [9] ITU-T Recommendation G.8261. Timing and synchronization in packet networks[S]. 2006.
- [10] 龙文富. 聚焦 TCO 构建 PTN 新型分组承载 [J]. 通信世界, 2009,40 (5):16-19.

收稿日期:2010-03-03

作者简介



丛凯,北京航空航天大学硕士毕业,中兴通讯股份有限公司承载网产品线规划经理,长期从事光通信技术研究,目前主要工作领域为 PTN 产品规划及相关技术。



赵福川,中国科学院上海微系统与信息研究所博士毕业,中兴通讯股份有限公司承载网产品线 PTN 产品总工,长期从事光通信技术研究,牵头研发的 ZXMP 多业务传送平台产品曾获 2004 年广东省科技进步一等奖,目前主要从事 PTN 产品技术研究和规划工作。

车载移动异构无线网络架构 及关键技术

Vehicular Heterogeneous Networks Architecture and Key Technologies

刘富强/LIU Fuqiang, 单联海/SHAN Lianhai

(同济大学 电信学院宽带无线通信与多媒体实验室, 上海 200092)

(School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai, 200092, China)

中图分类号: TP393.03 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0047-05

摘要: 传统的车辆通信网络通常只是针对于公路计费等用途设计的封闭式通信网络, 新近的发展使得车辆支持车间自主通信从而互通安全信息。但是由于在网络架构方面的缺陷, 现有的系统只能对高速行驶中的车辆提供局部区域内的信息交互, 无法实现车辆与智能交通控制中心进行实时数据服务和接入宽带无线网络。文章提出了基于车辆环境下无线接入(WAVE)(IEEE 802.11p)和全球微波接入互操作性(WiMAX)(IEEE 802.16e)融合的车载移动异构无线网络体系, 建立了新型车载异构网络通信架构及体系模型, 并分别对 WAVE 网络中的多信道自适应协调机制和分布式多信道调度算法和基于移动预测的路由及服务质量、WiMAX 网络中的群组切换机制和两级资源调度等关键技术进行了研究和探讨。

关键词: 车载网络; 多信道调度; 群组切换; 资源分配

Abstract: Traditional vehicular networks have been mainly designed for use in specialized local scenarios, such as Electronic Toll Collection (ETC). New vehicular networks, however, can support safe message communication using self-organized ad-hoc technology. Currently, vehicular networks only provide communication for mobile terminals in a vehicle cluster because of the limitations of network architecture. The vehicle cannot carry out information exchange with an Intelligent Traffic System (ITS) controlling center, nor can it access broadband wireless. This paper proposes a novel heterogeneous vehicular wireless architecture based on WAVE (IEEE 802.11p) and WiMAX (IEEE 802.16e) technology, and constructs a new network infrastructure and system model. Finally, some key technologies are discussed: adaptive multi-channel coordination mechanism and scheduling algorithm for WAVE, and group handover scheme and two-level resource allocation algorithm for WiMAX networks.

Keywords: vehicular networks; multi-channel scheduling; group handover; resource allocation

计算机技术、通信技术和微电子技术的迅速发展, 以及三者之间的相互渗透和融合奠定了通信网

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (“863”计划) 资助项目 (2007AA01Z239); 上海市科委重大科技攻关项目 (No.07dz15006_2)

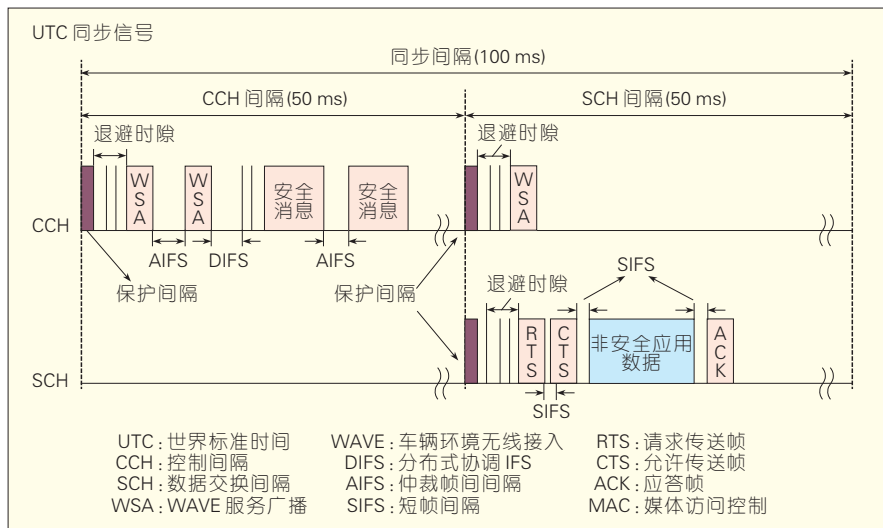
络技术的应用, 推动了社会信息化的发展。近年来, 车辆的爆发式增长和无处不在的信息需求也日益将通信网络和车辆紧密结合起来。人们在车辆移动过程中的通信服务需求日益增大, 车载移动网络的研究已成为世界瞩目的焦点, 同时也促进了车辆

向智能化、网络化方向的发展。

传统的车辆通信网络通常只是针对于公路计费等用途设计的封闭式通信网络, 新近的发展使得车辆网络支持车间自主通信从而互通安全信息。由于在网络架构方面的缺陷, 现有的系统只能对高速行驶中的车辆提供局部区域内的信息交互。新一代车载网络将提供普适服务, 包括: 各种车辆安全消息传输、智能交通信息业务、多媒体数字业务等。因此在新一代车载移动网络中如何在保证车辆间安全信息互通的基础上, 实现车辆与智能交通控制中心进行实时数据服务 (如提供路况信息, 基于位置信息的地图下载服务等), 以及车内用户宽带无线接入互联网从而获取多媒体娱乐、资讯信息等成为车载移动网络研究中一个非常重要和迫切的课题。针对此情况, 文章提出了异构无线网络融合式车载移动网络架构, 主要是基于车辆环境下无线接入 (WAVE) (IEEE 802.11p) 的车辆自组织通信技术和基于全球微波接入互操作性 (WiMAX) (IEEE 802.16e) 的车载宽带无线接入技术, 并对其相关关键技术进行了探讨和研究。

1 车载网络通信的研究 现状和发展趋势

近几年来, 车辆通信网络逐渐成为智能交通系统 (ITS) 领域中的热点问题。各国都致力于把先进的通信技术应用到车辆交通系统中, 使其更加安全、智能和高效。车辆自组织网



▲图1 WAVE-MAC协议构架

络(VANET)可以实现移动过程中车辆之间(V2V)的通信,以及低速移动或者静止时车辆与路边基础设施之间(V2I)的通信,能为车辆提供多种安全应用和非安全应用。2004年,IEEE成立了IEEE 802.11p工作组以制定IEEE 802.11在WAVE的版本,并以IEEE 1609系列协议作为上层协议,从而形成车辆无线通信的基本协议构架^[1]。美国伊利诺伊大学 Urbana Champaign 分校 Nitin Vaidya 教授为首的团队开发了多信道测试的无线 Mesh 网络测试台。UCLA 教授 G.Pau 提出了车辆间特殊路由协议(PVRP),搭建了系统测试平台进行了验证。密歇根大学郭锦华和向卫东教授开发了基于 5.9 GHz 的 WAVE 系统信道测试平台。

从车辆无线接入技术的角度,目前绝大多数的车辆移动通信网络研究基于 IEEE 802.11 的通信技术,但 802.11 具有覆盖范围小、车辆移动过程中需要频繁切换连接路边单元、服务质量(QoS)支持弱、无法对多媒体信息提供高质量支持的弱点^[2-3]。为此,我们提出了基于 IEEE 802.16(它具有覆盖范围广、QoS 支持强的特点)的车辆通信网络的研究。文献[4-5]提出采用基于 WiMAX(IEEE 802.16)的技术来为车辆及其内部所

属用户的进行车载移动宽带无线接入,首次将 WiMAX 技术应用于车辆通信网络。该思想从本质上打破了 IEEE 802.11 一统车辆通信网络的格局,为车辆通信网络的发展和研究开辟了一个新方向。以 IEEE 802.16 技术标准为基础的宽带无线接入系统近年来广受市场关注,根据实际网络规划所得的结果,WiMAX 基站在市区内合理的覆盖半径大约为几公里,可提供更高的数据传输速率和更广的覆盖范围。为了解决车内用户终端在高速移动情况下的宽带无线接入问题,IEEE 802.16 标准制定组 2006 年 3 月成立基于 IEEE 802.16j 的移动中继(MRS)工作小组,以研究采用 MRS 的可行性,想采用车载 MRS 站点为车内的群体用户终端提供宽带无线接入服务^[6]。

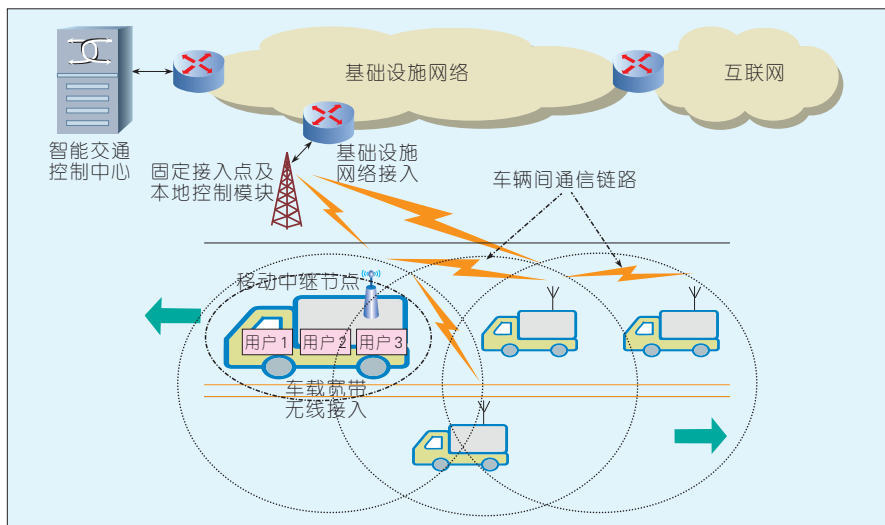
现阶段,车载移动网络的研究热点主要集中在基于 WAVE 协议(IEEE 802.11p)的车辆通信多信道协调应用、组播路由管理,以及基于 WiMAX 协议(IEEE 802.16)的固定中继技术的切换、资源调度方面。

在基于 WAVE 协议的车辆与车辆之间自组织通信网络中,整个车辆网络的安全和非安全应用都在一个信道上完成,难以保证安全应用的 QoS。因为大量的非安全信息可能导

致网络拥塞,使安全消息无法有效传递,从而严重削弱 VANET 在主动安全方面的重要作用。采用多信道的媒体访问控制(MAC)机制是解决上述问题直接而有效的方法之一^[7]。采用多个信道后,节点间可以使用不同的信道进行通信,接入手段更加灵活多变,可以获得优于单信道的网络吞吐量和时延特性。针对此情况,一般采用时隙间隔方法把时间交替分为控制间隔和数据交换间隔^[8-9]。在控制间隔(CCH)所有节点跳到控制信道进行信道协商,在数据交换间隔(SCH)再跳到不同的信道进行数据传输。详细架构如图1所示。

WAVE 协议中原有路由机制也不完全适合拓扑动态变化的车载通信网络。基于表驱动的先应式路由协议对于交通环境中事先不确定的节点无法协调,而拓扑结构的频繁改变严重影响了协议的性能;基于源驱动的反应式路由协议是需要发送报文时才建立路由,一段时间后将过期。这些路由协议随着通信跳数增加和车辆移动速度加快,建立路由的延迟相应增大,难以满足低延迟的安全应用,因此出现基于位置的组播路由^[10-11]。组播路由的目标是将报文从源节点传递到位于关联区域(ZOR)内的所有节点。针对组播路由机制,提出了簇的概念,它将车辆网络组织成多个对等的单元(簇),从而提高移动环境下的可扩展性^[12]。在 VANET 中采用分簇机制,簇内通信可以用于快速有效地传递安全相关的紧急消息,而簇间通信则用于传递需要跨越多跳到达更远区域的消息。这种基于分簇的路由方式既能提供消息的全覆盖,又能保证低的传输延迟,适合于在行驶途中分发各类紧急消息。未来将在车载网络的安全应用中利用分簇组播的路由概念,簇头作为协调者,一方面在簇内实时采集和分发安全警告消息;另一方面将处理过的安全消息转发给邻居簇头。

车辆与路边基础设施之间的通



▲ 图2 车辆通信网络系统架构图

信仅仅适应车辆在低速行驶或者相对静止的环境下,车辆在高速行驶过程中无法提供与路边单元的基础设施进行长时间的信息交互。车载宽带无线接入中,在车内用户终端和路边基站之间引入车载MRS站点,以协调车内用户与基站之间的通信,基站和车内用户终端将通过MRS站点进行信令的交互,而不是两者间的直接通信。

在这种系统中,出现了分级调度和群组移动的概念。基站和车内用户终端间通过MRS进行信息交互,并且MRS从服务基站、车内用户从车载中继获取分配的资源,即为两级资源调度。同时,在引入MRS节点后对移动性管理提高了很多,中继节点可以将来自车内用户终端的具有相似QoS需求的同类型业务的通信链路进行捆绑,集中处理进行群组切换,减少了以往切换过程中每个终端用户和基站之间单独进行信令交互的过程。文献[13]提出了一种基于固定中继的两级资源调度机制,提高了系统吞吐量,降低了业务的丢包率和延时时间。文献[14]提出了多跳蜂窝网络中继辅助切换的技术,移动终端通过中继节点进行信息的传输,利用这种技术保证了信道的QoS参数,降低了掉话率。文献[15]首次提出了基于

MRS的群组切换,移动中继站辅助车内用户终端完成接入目标基站的切换,并通过切换过程中资源的重新分配来提高切换成功率,降低切换阻塞和延时。

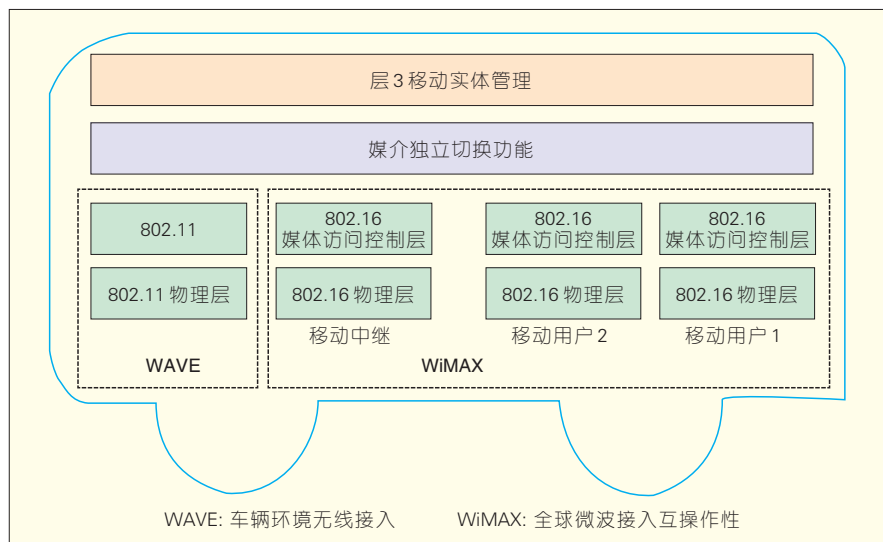
综上所述,WAVE协议可以在数百米的半径范围内凭借每秒数十兆比特的通信速度,对道路交叉点、加油站、停车场等提供实时文字和图像信息,同时该通信技术也可以用于车车间通信,为行驶中的车辆提供应急安全消息通信,防止车辆碰撞。WiMAX的最大通信半径可达几千米,可在时速超过120km的高速移动

车辆上使用,同时其MRS站出众的系统增益也可为车内用户终端提供更高速率的通信服务。因此我们提出的WiMAX与WAVE新型异构网络融合的车载移动网络架构,从而构成一个用于车辆安全通信、交通信息传递、宽带无线多媒体数据传输的车辆移动通信网络。

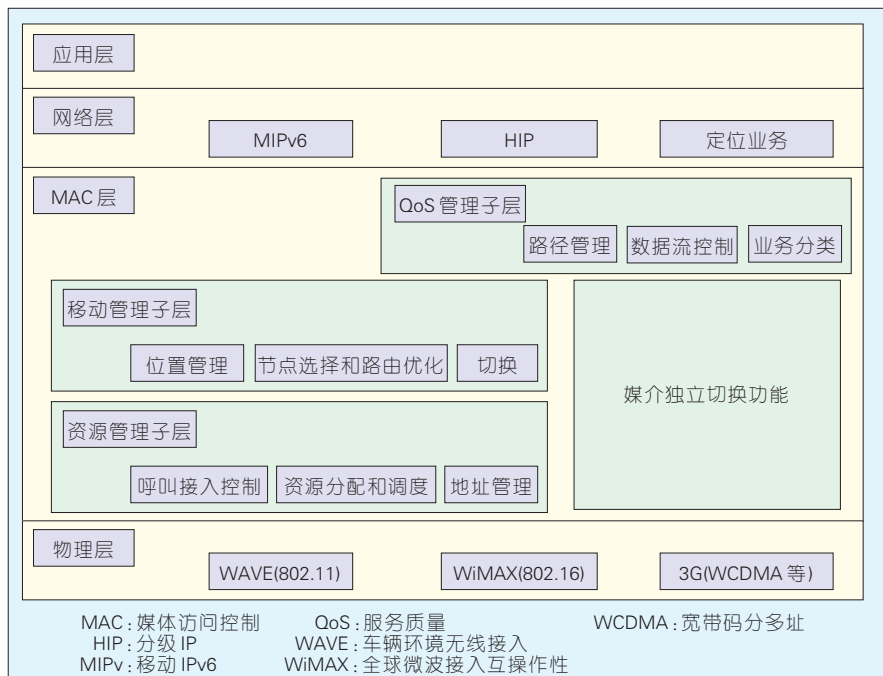
2 新型车载移动通信网络架构及参考模型

2.1 网络系统架构

文章提出的异构融合车载移动通信网络架构中,车车之间的通信是通过基于WAVE来实现,车辆与路边基站的通信通过WiMAX实现。在车内用户终端与路边基站的两层结构中还引入了MRS概念,车内用户通过MRS站进行网络通信,详细的车辆通信系统网络架构如图2所示。新型车辆通信网络体系架构支持车辆之间的应急通信,保障车辆行驶的主动安全性;支持通过MRS站为车辆及车内用户终端提供宽带无线接入,从而与智能交通控制中心之间实现实时、可靠的信息交互,并能为车内用户终端提供宽带无线网络接入互联网,进行多媒体数据业务的传输。新型车载移动异构无线通信协议架构如图3所示



▲ 图3 车辆通信协议架构图



▲ 图4 网络架构的层次和模块模型

示,车辆间通信是基于 IEEE 802.11p 的局域联网,是通过自组织的方式实现,为车间通信提供了可靠性的连接和紧急安全消息的传输,实现车辆之间安全报警和资源享等;车载宽带无线接入是基于 IEEE 802.16 的城域网,可以通过 MRS 站接入当前接入基站,车内用户终端通过车载 MRS 站就可以进行高速的上传、下载,并且车内的用户通过 MRS 站,形成一个群组,使得在小区边缘可以实现整体越

区切换。

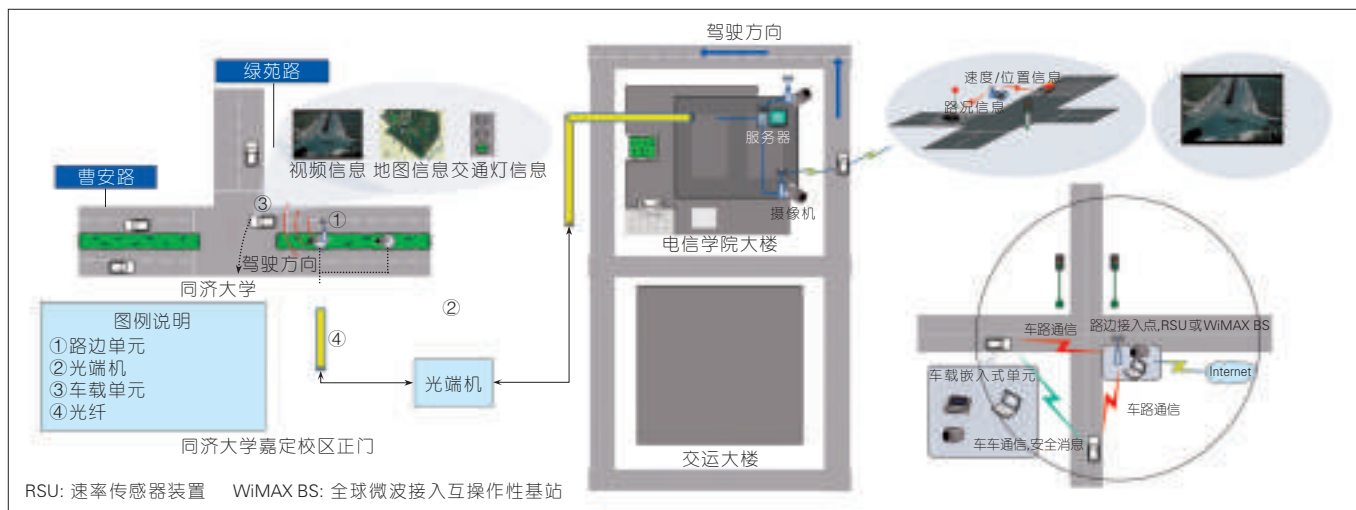
2.2 通信协议模块模型

在基于 WAVE 的车辆自组织通信技术和基于 WiMAX 的车载宽带无线接入技术的异构融合下,车载移动网络能确保车辆在移动过程中通过 IEEE 802.11 和 IEEE802.16 的多模终端下进行不同种类的信息传递服务。因为不同类型的网络有不同的 MAC、高层移动性管理协议,所以有必要在

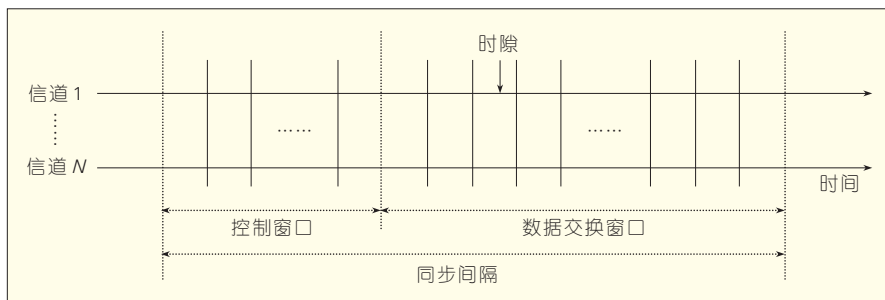
二层协议和三层协议之间开发一套与媒质无关的切换技术来提供异构网络切换服务。我们使用的是基于 IEEE 802.21 的媒介独立切换功能模块(MIHF)^[16]。这种根据 3G、WiMAX、无线保真(Wi-Fi)等协议建立的异构网络融合技术极具发展前景,其中不同种类网络下的接入网络发现和选择、切换发起及功耗优化等方面的性能都在 MIHF 模块的协助下完成。采用 MIHF 模块后,车辆在移动过程中的不同宽带无线接入网络间切换时延和切换丢包率能够大幅改善,整个系统的网络架构层次和模块模型如图 4 所示。

2.3 通信外场测试平台

车载移动异构无线网络通信外场测试平台,在实验室已有的车载网络系统仿真测试平台基础上,通过建立车路通信和车车通信这两种不同场景下的外场测试方案,可以实现基于 IEEE 802.16j 移动 WiMAX 的车载宽带接入网络不同业务传输和基于 IEEE 802.11p WAVE 的车辆自组织网络通信,并在此基础上对其性能进行分析。本实验室的车载网络测试外场位于同济大学嘉定校区校园和曹安路口。如图 5 所示,本测试平台是通过车辆间安全信息高速传输,实现与智能交通信息中心的信息交互



▲ 图5 车载异构无线网络的外场测试平台



▲图6 协议基础架构

(如:路况指示),也实现与公网进行数字多媒体业务交互(如:互联网接入)。

3 新型车载移动通信网络的关键技术研究

文章的主要目的是对新型车载移动通信网络进行一次全新的探索。从基于 WAVE 和 WiMAX 技术融合的角度对车辆通信网络的整体构架给出一种可行的解决方案,并使用跨层融合的设计准则和优化方法提高新型车辆通信网络的性能。下面将从多信道协调和调度、路由机制改进、群组切换和两级资源调度方面对新型车载移动通信网络的关键研究技术作简单介绍。

3.1 基于链路状态的分布式信道调度和信道自适应协调机制

在多信道的研究中,文章采用了基于时隙间隔的信道协调机制和时分多址(TDMA)的信道接入机制,以确定协议的基本架构。在协议基础架构中一个同步间隔包含一个控制窗口和一个数据交换窗口,每个窗口进一步按时隙划分。控制窗口用来进行安全消息和控制消息的广播,数据交换窗口用来进行非安全信息的单播或区域广播,设计的 VANET 多信道 MAC 协议的框架如图 6 所示。基于交通密度的信道自适应协调机制主要是根据交通密度信息,动态调整控制窗口间隔和数据交换窗口间隔。并在已提出的协议框架基础上,研究采用分布式的多信道调度算法,

在局部范围内从频率和时间的两维角度为节点分配最优资源;提高信道利用率和吞吐量;并在此基础上基于全网对算法性能进行分析。

3.2 基于相对位置的路由算法

在目前的车载网络中,可以通过链路预测来获得节点间的相对位置,以此进行路由的选择。为了减轻数据链路层的负担,让目前的路由算法能独立于 MAC 进行,在研究中可选用全球定位系统(GPS)设备提供位置信息的方法。通过对行驶中的车辆节点进行移动预测和对现有的分簇算法进行改进,使用紧急消息广播机制,保证了车辆发生事故后,紧急消息快速稳定地发送。在这个基础上,设计基于移动预测的分簇广播路由算法就显得非常重要。同时,由于车载网络中车辆节点的高速移动,网络拓扑结构频繁变化,为了提高车载网络的服务质量,减轻节点在网络传输过程中频繁中断引起的延时,需要通过节点的位置和速度、加速度信息进行预测,估计连接保持时间,在路由断裂前启动路由发现过程,保证数据传输的 QoS。

3.3 基于移动中继技术的群组切换机制

群组切换(GHO)是在移动车辆上的多个用户终端同时到下一个基站的切换,在切换过程中需要根据不同业务级别进行资源重新分配以保证业务的 QoS;对于切换过程资源预留问题可以利用移动用户预测的技术

来进行初步估计,以降低切换掉话率、减少切换时延。基于中继技术的群组切换研究内容包括:基于移动预测的群组切换过程设计、基于子信道重新分配策略的切换接纳控制策略、及速度自适应切换算法研究等。

3.4 基于中继的两级调度算法

在车载网络引入中继技术后,宽带无线接入系统内将增加中继节点。基站和用户终端将通过中继节点进行信令的交互,而不是两者间的直接通信。由此在这种系统中,出现了分级调度的概念,主要是基站端的资源调度和中继节点端的资源调度,即采用了分布式调度机制。由于中继节点自身有很强的处理能力,包括具有部分的基站判决能力,能通过中继节点辅助基站对用户终端做出资源分配优化的相应判决,减轻对基站的负担,提高系统的吞吐量和数据传输速度。两级资源调度算法主要在“车辆 - MRS 节点 - 路边基站”三层结构下,根据网络环境变化而进行两级动态带宽资源分配(DBA),提供频谱资源利用率,为不同类型的业务提供不同的服务质量保障。

4 结束语

在国家“十一五”科学技术发展规划中指定的重大专项——“新一代宽带无线移动通信网”中,车辆自组织通信网络及宽带无线接入网络的融合将是其中重要的组成部分。新型车载网络可以提高城市智能交通系统服务水平,促进城市宽带无线信息系统建设,为无线城市建设和数字化网络城市提供有力的支持。针对此种情况,文章提出了基于 WAVE 的车辆自组织通信网络和基于 WiMAX 的车载宽带无线接入技术的混合式车载移动网络架构,并给出了新型车载移动网络的协议模块模型。在设计新型车载移动网络协议框架过程中,我们对车辆自组织通信

➡下转第 60 页

基于 ROF 技术的 EPON 和 WiMAX 融合方案的研究

Research on the Convergence Network of EPON and WiMAX Based on ROF

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0052-03

摘要:从接入网看,光纤无线融合是一种很有前途的架构,文章提出了一种基于光纤无线电(ROF)技术的以太网无源光网络(EPON)和全球微波接入互操作性(WiMAX)融合方案,能够同时在光纤中传输 EPON 基带信号和 WiMAX 无线射频信号。在此基础上,文章详细说明了该方案的一些特点,包括数据的上下行传输、冗余保护、漫游等问题。

关键词: EPON; WiMAX; 融合; ROF

Abstract: The convergence of optical and wireless networking is a promising development for future access network architecture. In this article, we propose a converged network integrating Ethernet Passive Optical Network (EPON) and worldwide interoperability for microwave access (WiMAX) technologies based on Radio Over Fiber (ROF)—which can simultaneously transmit EPON baseband signals and WiMAX wireless radio frequency signals. We then elaborate on the characteristics of the converged network and discuss some important issues: upstream and downstream transmission, redundancy protection, and handover.

Key words: EPON; WiMAX; convergence; ROF

张曙/ZHANG Shu

刘德明/LIU Deming

吴广生/WU Guangsheng

(华中科技大学 光电子科学与工程学院,
湖北 武汉 430074)

(College of Optoelectronic Science and
Engineering, HuaZhong University of
Science and Technology, Wuhan 430074,
China)

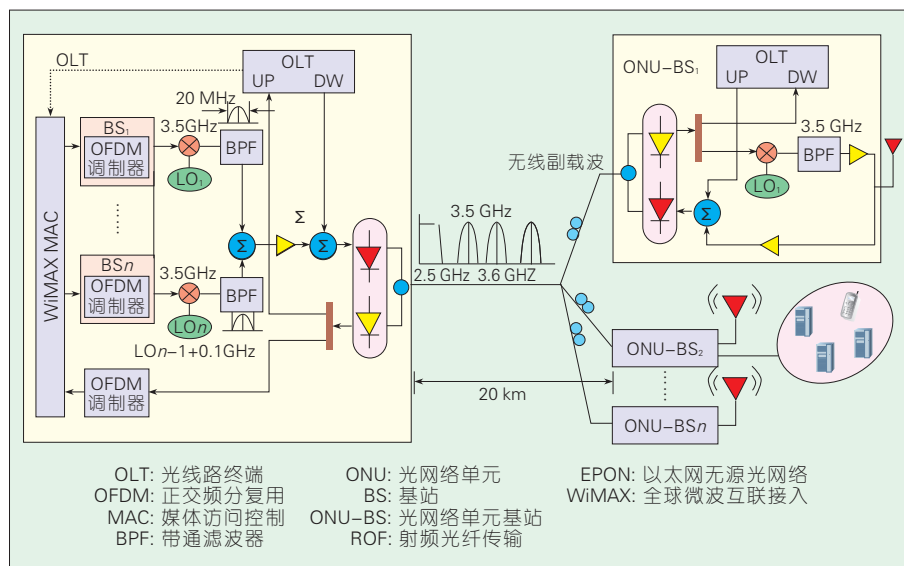
随着网络电视(IPTV)和视频点播等高带宽需求业务的发展,宽带接入已成为热点技术。为了进一步优化组合资源,降低成本和提供更大带宽、更灵活的宽带接入业务,光纤和无线接入网络的融合成为一种很有前途的架构^[1~2]。目前,以太网无源光网络(EPON)^[3]以其低成本、高带宽及基于以太网的架构等优势得到越来越广泛的应用。与此同时,由 IEEE 802.16^[4]所规范的全球微波互联接入(WiMAX)技术正逐步发展为一种主流的无线宽带接入技术。WiMAX 和无线局域网(WLAN)接入技术相比,能提供更大的带宽、更远的距离和更好的服务质量(QoS)支持;和

蜂窝技术相比,它能提供更好的数据接入服务。因此,以 EPON 和 WiMAX 这两种技术的融合将会弥补各自技术的不足,充分发挥光纤接入技术的高带宽与无线技术的灵活性,给用户带来更好的体验,同时可以大大降低网络整体的建设成本和维护费用。这些优势使得这两种技术广为流行并具有广阔的市场前景。

1 融合方案的现状

EPON 和 WiMAX 之间的融合可采取的方案主要有 2 种,一种是基带光纤传输技术,即数字基带信号直接在光纤中传输。该技术的思想是 EPON 的光网络单元(ONU)和 WiMAX

的基站直接通过以太网接口来连接,光纤中传输的是以太网帧。这种方案实现难度较低、覆盖范围较大,在带宽分配和 QoS 保障方面具有相对优势及良好的可实现性,文献[5]中有这方面的论述。该方案中的缺点是基站要实现数字基带信号到无线射频信号的转换,成本相对较高。特别是当无线信号频率较高时,由于无线信号衰减的快,需要建设大量基站来覆盖更多的范围,成本的问题就显得更为突出。另外一种方案是射频光纤传输(ROF)技术^[6],即无线射频信号直接在光纤中传输。ROF 系统中运用光纤作为基站(BS)与中心站(CS)之间的传输链路,直接利用光载波来传输射频信号(RF)。光纤仅起到传输的作用,交换、控制和信号的再生都集中在中心站上,基站仅实现光电转换。这样可以把复杂昂贵的设备集中到中心站点,让多个远端基站共享这些设备,从而减少基站的功耗和成本。目前,已有大量关于无线局域网(WLAN)与射频光纤传输系统相结合的论文,也有全球移动通信系统



▲ 图1 基于RoF技术的EPON和WiMAX的融合架构

(GSM)系统和射频光纤传输技术相结合成功商用的实例。WiMAX在同步光纤网络(SONET)上的传输也有着相关的研究^[7-8]。

2 融合方案的架构设计

为了实现基于ROF技术的EPON和WiMAX的融合,本文设计了如图1的基于ROF技术的EPON和WiMAX的融合架构的设计方案。和标准的EPON系统相比,光线路终端(OLT)和光网络单元基站(ONU-BS)都进行了重新设计,说明如下:

(1) 为了节约成本,便于集中处理,我们把原本属于基站的WiMAX物理层的设备都放到了中心节点OLT处加以实现。IEEE 802.16的物理层定义了系统的工作频段为2~66 GHz,还主要规定了2种调制方式:单载波调制和正交频分复用调制(OFDM)。在2~11 GHz频段上主要采用OFDM调制。OFDM技术具备非视距传输能力,能有效抗衰减和抗多径,因此本系统采用了OFDM调制和解调设备。

在11 GHz以下频段有3个频段可以使用:2.5 GHz、3.5 GHz和5.8 GHz。考虑到WiMAX的部署情况,本系统采用了3.5 GHz的频段。WiMAX

并未规定具体的载波带宽,系统可以采用1.25 MHz~20 MHz之间的带宽。本系统采用了20 MHz的带宽。这里我们并没有考虑到同频干扰的问题,实际应用中可以采用频率复用和扇区划分技术来更好的利用频谱资源和得到更大的系统吞吐量。在ROF系统应用中,如果RF信号工作的频段不高(低于10 GHz)时一般都采用直接调制技术;如果RF信号工作的频段较高(10 GHz以上)时一般采用外调制技术。本系统因为RF信号工作频的不高固采用了直接调制技术。

(2) 在下行方向为了实现EPON有线基带信号和无线射频信号同时进行传输,也为了区分属于不同基站的射频信号,在OLT端我们采用了副载波复用技术(SCM)。我们将EPON基带信号处于0~2.5 GHz的范围,而把无线信号上变频到3.5 GHz以上的副载波,每个副载波的带宽在20 MHz,中心频点间隔0.1GHz。每个基站对应一个副载波,对于分支比为1:16的EPON系统来说,一共有16个副载波。我们把基带信号和调制好的副载波合成后,即可直接对激光器进行调制。由于基带信号和副载波处于不同的频段,不会产生干扰,这样以来就实现了下行方向基带信号和

无线信号的同时传输。对于远端的ONU-BS来说,当接收到从OLT传来的混合信号时,首先要把其中包含的基带信号和副载波信号解复用出来,基带信号直接上传到相应的部件进行处理,对副载波信号则需要进行下变频处理。这里我们用到了和OLT同样频率的本振和变频器,通过带通滤波器后,把属于本基站的无线射频信号解调出来,然后通过天线发射出去。也就是说,基站只需要进行下变频处理,而不需要其它设备加以操作,因此节约了成本。

(3) ONU-BS在上行方向上传数据,是采取时分多址接入(TDMA)方式的,基带信号和无线射频信号混合在一起发送。在这样的设计下,EPON的媒体访问控制(MAC)层和WiMAX的MAC层相互配合,为各个ONU-BS分配上行数据的发送时隙,ONU-BS在指定的时隙到来时按照OLT的授权窗口大小发送数据。这样各个ONU-BS的上行数据在到达共享光纤后就会按照预先安排好的次序进行传输,而不会发生冲突。值得注意的是,在ONU-BS端,不需要把无线射频信号上变频到副载波信号。因为不同的ONU-BS位于不同的发送时隙中,彼此的上行射频信号不会冲突。同时由于无线射频信号处于3.5 GHz的频段,而基带信号位于2.5 GHz以下,因此基带信号和无线射频信号也不会发生冲突,可以同时发送。基于这样的设计,OLT端接收设备的复杂度也可以大大降低,没有了副载波之间的交调干扰,也不需要本振和变频器,只需要一个光电探测器和一个WiMAX的OFDM解调器就能够解决问题,成本大大降低。

3 融合方案的特点

基于ROF技术的EPON和WiMAX的融合架构具有以下特点:

(1) 正如前面提到的,由于把无线信号处理的设备和一些上层的功能都放在OLT端统一实现,基站只保留

一个下变频的功能。图 1 中为了方便说明,OLT 端用到了 N 个 OFDM 调制器,每个基站均对应一个 OFDM 调制器,实际可以合并为一个。这样在 OLT 端,所有的基站只需共用一套 OFDM 调制和解调设备,整个系统的成本大大降低。

(2) 我们知道在现有的无线网络中,基站是不能提供冗余保护或者只提供 1+1 保护。也就是说,一个基站需要冗余一个基站来进行保护,这种冗余方案是不太经济的。在基于 ROF 技术的融合方案中,由于把所有的基站设备都移到了 OLT 端中加以实现,我们就很容易实现 $N+1$ 冗余保护,而不用 $N+N$ 冗余保护。也就是说,对于 N 个基站,我们只需要共用一个冗余基站,而不是冗余 N 个基站。这样系统稳定性得到了提高,成本也得到了降低。

(3) 在标准的 WiMAX 架构中,无线资源管理都是集中在各个基站端,不同基站的无线资源管理信息不能及时进行相互交流,这样以来系统就不能实现高效运行。而在本系统中,由于 OLT 管理所有基站的无线资源,相当于已经有了一个集中控制器,OLT 实时地知道所有基站中的无线资源信息。因此 OLT 能够根据实际情况通过一定的算法实时动态的为各个基站分配无线资源,使无线资源能够得到充分的利用,使负载在各个基站间保持平衡,这样系统效率就能大大得到提高。如果结合多路输入多输出(MIMO)、自适应调制技术等一些先进的无线传输技术,系统效率还会有所提高。

(4) 为了支持用户的移动性,用户在不同 WiMAX 基站内的漫游是必须考虑的。因为基站与基站之间是不能联系的,如果采用普通的联网方案,OLT 和所有的 WiMAX 基站之间必须要保留有一个控制信道,以便实时交换控制信息。当用户游牧到另一个基站时,通过这个控制信道,OLT 能够发出指令,让原来的基站清除和

用户之间的连接线路,同时把这个用户增加到现在的基站中。在基于 ROF 技术的融合架构中,用户在基站之间的游牧相对来说就简单了很多,因为 OLT 端处理所有的数据,了解所有的信息,因此就不需要保留和各个基站间的控制信道。当 OLT 察觉到用户在不同基站之间游牧时,只需要切换到新的副载波频率并给用户发送数据。

上面我们分析了基于 ROF 技术的 EPON 和 WiMAX 的融合架构的一些特点。同时,这种混合系统容易受到激光器的非线性效应、光纤的衰减、色散、光纤的非线性效应以及副载波之间交调干扰等因素的影响,而且该方案对调制技术和探测技术的要求较高,随着无线频率的提高,影响会更加明显。另外,因为无线信号在光纤中传输需要时间,随着传输距离的增加,系统 MAC 层性能也会受到很大的影响^[9]。同时在带宽分配算法方面也需要进一步研究,以便更好地为有线基带数据和无线射频信号分配上行传输时隙。

4 结束语

光纤无线融合是一种非常有可能的架构,文章提出了一种基于 ROF 技术的 EPON 和 WiMAX 融合方案,能够同时在光纤中传输 EPON 基带信号和 WiMAX 无线射频信号。在此基础上,文章更为详细地说明了该方案的一些特点。融合系统实现了固网移动的融合,为用户带来更好的体验,同时可以大大降低网络整体的建设成本和维护费用,具有非常广阔的市场前景。

5 参考文献

- [1] SUEMURA Y, NAKAMURA S, HU J. Converged optical/wireless systems architecture[C]//Proceedings of the Asia-Pacific Optical Communications (APOC'06), 2006, Sep 5, 2006, Gwangju, South Korea. SPIE 6354.
- [2] SHEN G X, TUCKER R S, CHAE C J. Fixed and mobile convergence architectures for broadband access: Integration of EPON and

WiMAX[J]. IEEE Communications Magazine, 2007, 6(8):44-50.

- [3] IEEE 802.3ah. Amendment: Media access control parameters, physical layers, and management parameters for subscriber access networks[S]. 2004.
- [4] IEEE 802.16e. Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems [S]. 2006.
- [5] 常宇光,刘德明,张曙,等.基于固网移动网融合(FMC)的宽带接入网系统[J].光通信技术,2009,33(5):45-49.
- [6] 曹培炎. ROF 技术在无线接入网络中的应用[J].光通信技术,2005,29(10):22-26.
- [7] Sarkar S, Dixit s, Mukherjee b. Hybrid wireless-optical broadband-access network (WOBAN):A review of relevant challenges[J]. Journal of Lightwave Technology, 2007, 25 (2): 3329-3340.
- [8] GHAZISAIDI N, PAOLUCCI F, MAIER M. SuperMAN: Optical-wireless integration of RPR and WiMAX[J]. Optical Networking, 2009, 18 (3): 249-270.
- [9] DANG B L, PRASAD V, NIEMEGEREERS I. On the MAC protocols for radio over fiber networks[C]//Proceedings of the 1st International Conference on Communications and Electronics (ICCE'06), Oct10-11, 2006, Hanoi, Vietnam. Piscataway, NJ, USA:IEEE, 2006.

收稿日期:2009-09-09

作者简介



张曙,博士,华中科技大学光电科学与技术工程学院光电信息专业博士毕业;研究方向包括光纤通信技术、光纤接入网技术、光纤无线融合技术、家庭网络技术等;参与国家 863 课题、湖北省科技攻关十五课题、国防预研基金等多个项目;发表学术论文 10 余篇,申请国家发明专利 3 项。



刘德明,博士,华中科技大学光电科学与技术工程学院教授、博士生导师,下一代互联网接入系统国家工程实验室主任;主要研究方向包括光纤通信技术、光纤传感技术、光网络技术、太阳能光伏技术以及半导体照明技术等;曾获得国家发明三等奖 1 项、教育部提名国家自然

科学一等奖 1 项、湖北省技术发明二等奖 1 项;发表学术论文 100 余篇,申请国家发明专利 30 余项。



吴广生,博士,天津大学本科毕业,华中科技大学硕士和博士;研究方向包括光纤接入网技术、光纤无线融合技术、下一代光网络技术等;参与国家 863 课题及湖北省科技攻关十五课题等多个项目,发表学术论文 20 余篇,申请国家发明专利 10 余项。

云计算

3

王柏, 徐六通

(北京邮电大学 计算机学院, 北京 100876)

[编者按] 通过前面两章对云计算的介绍, 读者对云计算的基本组成、体系结构、它与其他分布式计算技术等应该有了一个比较深入的了解。这篇文章将介绍云计算的计算模型, 了解目前为大众推崇的 Google 云计算平台上典型的分布计算是如何进行的。接着分析了云计算领域先驱者成功的关键因素, 这对有意投入云计算领域的企业能有所借鉴。最后作者从云计算模式、运营模式、以及可靠、安全与隐私等方面讨论了与云计算相关的经济技术问题以及未来云计算的发展趋势。

中图分类号: TP393.4 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2010) 03-0055-06

7 云计算的计算模型

尽管学术界和企业界有许多研究人员提出了各种各样的云系统模型, 但是大多都没有涉及采用云计算解决问题时的计算模型问题。为了解决云中服务器群之间的通信和协作, Google 提出了被后人称为云计算三大法宝的 GFS、BigTable 和 MapReduce 技术。正是这些技术才使得 Google 可以让几十万台甚至上百万台计算机一起形成“云”, 组成强大的数据中心。

7.1 GFS - Google 文件系统

桌面应用和 Internet 应用有着巨大的差别。GFS 是 Google 公司开发的专属分布式文件系统, 为了在大量廉价硬件上提供有效可靠的数据访问而设计。

GFS 针对 Google 的核心数据存储和使用需求进行优化, 用于保存搜索引擎所产生的大量数据。Google 的 Internet 搜索计算借鉴函数式编程模式, 函数式操作不会修改原始数据而总是产生新的计算结果数据。因而其应用特点是产生大量的巨型文件,

通常以读为主, 可以追加但很少重写, 具有非常高的吞吐率^[1]。

GFS 的设计将节点分成 2 类: 一个主节点和大量的块服务器, 块服务器用来保存数据文件。每个数据文件被划分成 64 MB 大小的块, 每一个块都有一个唯一的 64 位标签以维护文件到块的逻辑映射。主节点只是存储数据块的元数据, 包括 64 位标签到块位置及其组成的文件的映射表, 数据块副本位置, 哪些进程正在读写或“按下”某一数据块的“快照”以便复制副本等信息。主节点定期从块服务器接受更新以保持元数据的最新状态。

变更操作授权通过限时租用实现, 主节点在一定时期内只限时给一个进程授予修改数据块的权限。被修改的数据块服务器作为主数据块将更改信息同步到其他块服务器上的副本。通过多个冗余副本提供可靠性和可用性。

应用程序通过查询主节点从而获取文件/块的地址, 然后直接和数据块服务器联系并最终取得相应的数据文件。

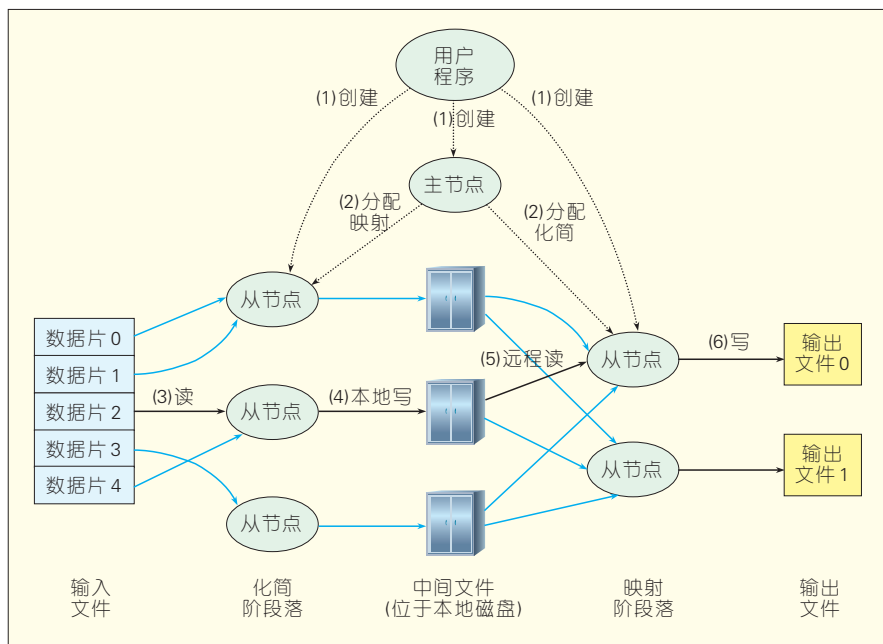
目前在 Google 中有超过 200 个

Google 文件系统集群, 一个集群可以由 1000 或者甚至 5000 台机器构成。Google 证明了用最廉价的机器搭建的云同样可以提供高可靠的计算和存储系统。

7.2 BigTable - 数据库系统

BigTable 是 Google 构建在 GFS 及 Chubby (一种分布式锁服务) 之上的一种压缩、高效的专属数据库系统, 是一种结构化的分布式存储系统。这种数据库是一个稀疏的分布式多维度有序映射表, 具有支持行关键字、列关键字、以及时间戳 3 个维度的索引^[2]。允许客户端动态地控制数据的表现形式、存储格式和存储位置, 满足应用程序对读写局部化的具体要求。

数据库表通过划分多个子表使其保持约 200 MB 大小从而实现针对 GFS 的优化。子表在 GFS 中的位置记录在多个特殊的被称为 META1 的子表的数据库中, 通过查询唯一的 META0 子表来定位 META1 子表。BigTable 的设计目的是为了支持 PB 级数据库, 可以分布在上万台机器上, 更多的机器可以方便加入而不必



▲图8 Google MapReduce 执行流程

重新配置。

7.3 MapReduce——分布式计算编程模式

前面的 GFS 和 BigTable 是 Google 用于解决大规模分布环境中可靠地存储数据问题,而 MapReduce 则是 Google 提出的一个软件框架,以支持在大规模集群上的大规模数据集(通常大于 1TB)的并行计算。这是真正涉及云计算的计算模型^[3]。

• MapReduce 软件架构

MapReduce 架构设计是受到函数式程序设计中的两个常用函数映射 (Map) 和化简 (Reduce) 的启发,用来开发 Google 搜索结果分析时大量计算的并行化处理,比如文献词频的计算等。在函数式程序的设计中,Map 和 Reduce 都是构建高阶函数的工具。

映射将某个给定的作用于某类元素的函数应用于该类元素的列表,并返回至一个新的列表,其中的元素是该函数作用到原列表中的每个元素得到的结果。比如: $\text{Map } f[v_1, v_2, \dots, v_n] = [f(v_1), f(v_2), \dots, f(v_n)]$ 。从这里可以看出,这些 f 函数的计算是可以并行计算的。

MapReduce 计算模型对于有高性能要求的应用以及并行计算领域的需求非常适合。当需要对大量数据做同样计算的时候,就可以把数据进行划分,然后分配到不同的机器上来分别作计算。

化简将一个列表中的元素按某种计算方式(函数)进行合并。比如把一个二元运算 f 扩展到 n 元运算: $\text{Reduce } f[v_1, v_2, \dots, v_n] = f(v_1, (\text{reduce } f[v_2, \dots, v_n])) = f(v_1, f(v_2, (\text{reduce } f[v_3, \dots, v_n]))) = f(v_1, f(v_2, f(\dots f(v_{n-1}, v_n) \dots)))$ 。MapReduce 计算模型将上面映射操作的计算中间结果采用化简进行合并,以得到最后结果。

• MapReduce 的执行过程

通过将输入数据自动切片而将映射调用分布在多台机器上,进而再对中间结果的键值空间进行划分而将化简调用分布到多台机器上。当用户程序调用 MapReduce 函数时,MapReduce 的操作的大致流程如图 8 所示。

首先将数据文件切分成 M 片,然后启动集群上的多个程序拷贝。

一份特殊的拷贝是主节点,而其它的则均为从节点。主节点将“映

射”或“化简”的任务分配给空闲的从节点。

被赋予映射任务的从节点读入相应输入数据片内容,分析其键/值对并将其传递给用户定义的映射函数。映射函数产生的中间结果键/值对在内存中缓存。

缓存的键/值对定期写入本地磁盘,经由划分函数分成 R 块。这些缓存的键/值对在本地磁盘中地址被传回主节点,由其负责将地址转发给化简从节点。

当一个化简从节点收到主节点发来的地址时,它用远程过程调用读取映射缓存在磁盘里的数据。当化简从节点从其分块读取所有中间数据时,先按键值对其排序从而使相同键的所有数据被放置在一起。

化简从节点迭代处理这些有序的中间数据,针对每个中间键值它将对的一组中间值传给用户的化简函数。化简函数的输出被追加到该化简块。

当所有映射和化简任务完成后,主节点则会通知用户程序。此时,用户程序中的 MapReduce 调用返回到用户代码。

完成后 MapReduce 执行的输出结果就在 R 个输出文件中。用户可以将其合并,也可以作为下一次 mapreduce 调用或其它分布式应用的输入之用。

7.4 Apache Hadoop——分式式系统基础架构

Google 的 GFS、BigTable 和 MapReduce 技术是公开的,但是其实现却是私有的。该项技术在开源社区里最具代表性的实现就是 Apache 软件基金会 Hadoop 项目了。Hadoop 是受 Google 的 MapReduce 和 GFS 的启发而开发的一个开源 Java 软件框架,包括一个基于函数式编程的并行计算模型和分布式文件系统。Hadoop 中还有一个数据库 Hbase,它实现了一个类似 BigTable 的分布式数据库,映

用于支持数据密集型分布式应用,可以在上千个的节点上运行,支持PB级数据量^[4]。

Hadoop 最初开发是用于支持 Nutch 搜索引擎项目,后来 Yahoo 投入大量资金并在其 Web 搜索广告业务中广泛地使用 Hadoop。IBM 和 Google 则发起一项活动,采用 Hadoop 以支持大学的分布式计算机编程课程,这也极大促进了云计算在全球的普及。

8 成功案例分析

目前,云计算还应该算是新生事物。虽然现在许多 IT 巨头都在开发自己的云计算基础设施、平台、软件、服务等等,但是真正成为云计算提供者并取得巨大成功的并不多,更多的是企业或机构构建自己的云计算实验平台。由于篇幅限制,这里只选择几个案例进行分析讨论。

8.1 Google

Google 是云计算的应用导向。因为 Google 搜索引擎的需要,才自行设计开发了其独特的大规模分布式计算平台,其强项是对海量数据的分析挖掘。强大的云计算平台和分析算法造就了 Google 在搜索领域的霸主地位。

Google 的基础设施可以分为 3 层结构:

- 产品:搜索、广告、邮件、地图、视频、聊天、博客。
- 分布式系统基础设施:GFS, MapReduce, BigTable。
- 计算平台:大量数据中心的大量机器。

2010 年 3 月 9 日,Google 正式宣布 Google 应用商店 (Google Apps Marketplace) 开始商业运营,从而将“应用商店”的概念引入到云计算的领域。

Google 依靠大家熟知的 Gmail、Docs、Sites 和 Calendar 等应用创造了庞大的用户群。Google 应用商店为 Google 用户提供各类产品和服务,包

括可安装的能直接集成 GoogleApps 的应用程序。这些应用程序非常容易使用,支持单点登录、Google 的通用导航、以及能集成用户自己的数据的特性^[5]。

现在 Google 应用商店已经聚集了一些颇为新奇的企业云应用。其中之一就是财务软件开发商 Intuit 的在线工资表业务,将 Google Apps 与 Intuit 的网络版工资表应用进行整合,员工只需要点击 Google Calendar 中的一个图标便可以下载工资单。

另一款惹眼的应用是 Manymoon,融合了 Google 账户和 Google Apps 产品,整合了状态消息、文件编辑等功能,实现了完全社会化的项目协作。Google 应用商店的运作模式就是基于它的用户市场,吸纳第三方开发者进行开发,与开发者利润分成。形成 Google、用户和第三方开发者三赢的局面。

8.2 Amazon

Amazon 弹性计算云 (EC2) 允许客户租用计算机运行自己的应用程序。客户可以通过 EC2 提供的 Web 服务接口创建虚拟机 (即服务器实例) 以运行其应用软件,从而实现应用部署的可扩展性。客户可以按需创建、启动、终止服务器实例,并按实际活跃服务器按时付费,故称为“弹性的”^[6]。

Amazon 云计算平台除了上述“弹性”和配置灵活外,其做法也与 Google 不同,它直接提供裸机 (虚拟机),可配置静态 IP 地址,用户对其有绝对的控制,可以运行自己开发的应用程序。并且可以方便的和 Amazon 提供的其他 Amazon Web Services 如 S3, SimpleDB 等集成。EC2 通过设置防火墙控制虚拟机实例之间的网络访问,也可以建立 Amazon 虚拟私云 (VPC) 并连入企业 IT 基础设施。

Amazon 在云计算方面的成功并非是其一开始就打算成为云计算供

应商,而是由于其在电子商务方面的出色成就,想将庞大的闲置资源通过其先进的网络服务技术提供给需要的人们使用。另外,可能许多读者不知道,Amazon 的云计算技术是在网络计算服务的基础上发展起来的。

8.3 Salesforce

Salesforce.com 是一家提供商务软件的 SaaS (软件即服务) 公司,用户每个月需要支付类似租金的费用来使用网站上的各种服务。最著名的产品是客户关系管理 (CRM),以 SaaS 模式通过 Internet 提供业务。服务涉及客户关系管理的各个方面,从普通的联系人管理、产品目录到订单管理、机会管理、销售管理等。2009 年获《福布斯》杂志选为发展最迅速的科技公司,排名仅次于 Google。并成为首家年度收入达 10 亿美元的企业云计算公司。目前全球已有 7.5 万客户在使用 SalesforceCRM,其中包括:Google, Cisco, Starbucks, Deutsche Bank Prestitempo 分部等等^[7]。

• Sales Cloud:全球首屈一指的销售应用程序

Sales Cloud 可以满足销售代表开展工作的一切需要,使他们用于管理的时间得以缩减,从而有更多的时间完成客户交易。Sales Cloud 为销售经理提供了团队活动的实时可见性。Service Cloud 是一个现代客户服务平台,从而使得客户能够通过各种渠道 (从呼叫中心到社交网站) 获得更高效且响应更快捷的服务。

• Force.com:是一个 CRM 的云平台

每个企业的 CRM 解决方案都是各不相同,而 Force.com 的云平台却是 CRM 的一个完美的基础。因为在“云端”,CRM 应用程序永远不会被基础技术所限制,用户可以根据业务的发展实时进行自定义和更改。Force.com 的 AppExchange 是一个第三方为 Salesforce 开发的应用程序目录,用户可以购买并加入到他们自己的 Salesforce 环境中。2009 年由 12 万 4

千名开发商在 Force.com 度身订做共 10 万项应用程序。应用程序也可以融入来自 Google 等的服务。

Salesforce 成功的关键是其一流的销售应用程序, 广大企业所推崇。而云计算平台则是帮助 Salesforce 实现了在互联网上将应用程序包装成服务发布, 促成了 Salesforce 的大规模成功。

9 云计算一些相关问题及未来发展

云计算走入人们的视野已经 3 年多了, IT 巨子以及企业都在研发部署云计算环境、平台、服务, 真可谓是风起云涌。然而各界对于云计算的争论依旧在延续着, 总得到底什么是云还是没有说清楚, 尤其是和之前的若干分布式计算技术的比较, 采用云计算究竟能给我们带来什么, 未来的云计算又会是怎样的等等问题。下面简单谈谈云计算的一些相关问题及其发展。这里主要是作者的观点, 供读者参考。

9.1 云——称谓之争

学术界和企业界对云计算的态度还是有些不同的, 有一点犹抱琵琶半遮面的味道。

中国的云计算专家委员会是在中国电子学会而非计算机学会下成立的, 也是一件非常有意思的事情。

Foster 则撰文认为云计算和网格计算在愿景、体系结构以及技术方面有许多相似之处, 而在安全、编程模式、商业模式、计算模型、数据模型、应用和抽象等方面多多少少存在一些差异。

国内学者也有提出“云格”, 有意将云计算和网格计算融合在一起, 即在网格计算环境中同时提供云计算服务^[8]。

其实随着技术的发展进步, 还会出现更多新的计算称谓。我们不必太在意到底该如何定义什么是云计算、或它具有什么特性, 关键是这样

一种计算平台、计算环境能够解决实际的科学计算或企业计算问题即可。采用何种技术、何种运行模式都不是最重要的。正如《九方皋相马》所讲故事一样。秦穆公差九方皋找千里马, 3 个月后他返回报告说: “已经得到 1 匹黄色母马, 在沙丘。”取回却是 1 匹黑色公马。穆公不高兴, 而伯乐却感叹道: “九方皋所观察的竟然到了这种地步, 省察其内部而忘却其表象。”马到达, 果然是天下至奇的好马!

9.2 运营模式

各界对云计算的鼓吹中最大的亮点就是 pay-per-use 商业模式, 即按用户对资源的使用量进行付费。可是这并没有定义什么是云, 而且商业模式和被运行的云计算系统没有直接的关系。如同电信网运营中大家知道的 2 个概念: 运营支撑系统(OSS)和基站子系统(BSS), BSS 才和商业模式相关。所以 pay-per-use 商业模式并不涉及到云计算本身, 任何系统只要能够对被使用的资源进行计量即可按一定的商业模式运营。换句话说, 如果网格系统能够投入商业运营, 也完全可以采用 pay-per-use 的商业模式^[9]。

大家都在谈论云计算有多么多么神奇, 不仅学术界甚至许多企业也在创建自己的云计算平台来构建所谓的私有云。但是也有批评者认为“没有私有云这个东西”, 因为若用户“仍然需要购买、搭建和管理私有云”, 则显然不能在降低前端资本投资和减少管理方面受益, 而恰恰是这种号称能“降低前端资本投资和减少管理”的经济模型才成就了云计算这个奇妙的东西。

此外, Apple 的 iPhone 手机以其创新的用户界面受到广泛的欢迎, iPhone 用户可以在 Apple 的应用程序商店购买所需的各类应用程序。这已成为一个很好的成功的运营模式, 现在的 Google 应用商店正是基于

Gmail 的巨大用户群而采用了同样的运营模式。

9.3 云服务提供商

还有一个问题是, 到目前为止, 云计算总是说能给用户节约投资, 但是似乎还没有人来给投资者(云计算服务提供商)算一算如何盈利的帐。下面介绍他们的成功是靠什么来盈利的。

Google 是为了其主营的搜索业务需要存储海量的搜索数据而开发了 GFS 和 BigTable, 为搜索的快速计算而开发了 MapReduce 框架, Google 的盈利是靠其主营的搜索业务带来的巨额广告收入。另一方面, Google 的数据中心是建在水电站边上的, 这是为了节约能源成本。Amazon 的成功则是基于这样一个前提: Amazon 在构建自己的电子商务平台时采用了大量计算机系统, 但是实际运营中并不需要那么多的计算机设备。为了这些设备不至于闲置浪费, 于是通过虚拟化技术将这些计算机设施打包成服务提供给需要的客户使用。据称腾讯每年的电费也是几亿元人民币。

Salesforce 的成功完全取决于其为大众所推崇的全球首屈一指的销售应用程序。一个企业要想成为云服务提供商, 先得看看自己是否有这样的利器。阿里巴巴 2010 年 3 月 2 日公告称将于 4 月 30 日起关闭阿里软件互联平台并终止提供相关服务, 有评论质疑 SaaS 免费还能走多久? 但是我们是否可以问一个问题: 该 CRM 软件是否足够好呢? 免费是一种钓鱼策略, 先让用户尝到甜头, 然后当用户对你产生依赖时再向其收费。当然这是有前提的: 一是服务软件要足够好, 二是价格能够承受。你的服务软件是否能够为企业业务能力的提升做出贡献进而为企业带来利润? 如果不能, 即使是免费的软件也不会有市场。如果是, 还要看看是否打压了用户的利润空间, 是否能承受服务费用。

IBM 已经在无锡太湖新城科教产业园建立了中国第一个云计算中心,但是到目前为止还没有听说过有哪些企业进驻了该云计算中心。如果哪家企业或机构想要自己独立成为一个云计算运营商,那可就要慎重一点了。除了拥有先进的分布计算平台,优秀的服务软件,还必须要压缩运营成本,才能为用户带来所期望的、优质、廉价的云服务。急功近利甚至暴利肯定是不利于互联网应用的发展的。

9.4 可靠、安全与隐私

2008 年的相关报道称: Amazon 的 S3 因认证服务过载导致不可用,故障持续 2 小时,后来的 gossip 协议风暴导致故障持续将近 8 小时。Gmail 及 Google Apps 因联系人系统故障以及程序错误导致故障持续数小时。在云的世界里最怕的就是多云转雨了。本来好好的一朵云彩,积成雨水下雨后就没有云彩了。依赖于云计算的用户发现云没了,当然会影响其业务运营。但是,普通计算环境中这样的故障也会经常出现,因此可靠性、可用性并不是云计算带来的问题。相反,云计算环境中系统的冗余特性极大提高了云服务平台的可靠性和可用性。

关于云计算的安全性,当今所有的信息安全技术都可以用于云计算环境,专业团队打造的云计算环境只会比普通的计算系统更加安全。就像钱还是存放在银行里更安全些一样。其实,许多人关注的安全问题更主要是指隐私问题。美国人就很担心如果把数据放置在一家云运营商里,一旦政府下令,其数据就会被政府查获。对于这一点,我们认为如果建立一个多云,即云计算运营商把他们的云都合在一起,大家互通有无,同时普通企业也把自己的私有云整合在里边,这时存储位于整个多云中,其他人并不能知道你的数据在哪家云服务商的哪些存储设备上了。

国内企业可能更担心数据保密问题,把数据放在云运营商那里不放心。这实际上依然是一个“信任”问题。如果你不信任银行,那你的钱只能放在自己的枕头底下了。安全技术是用来防黑客攻击的,而信任问题则需要通过大家一起建立一个良好的商业生态环境来解决。

9.5 未来的云计算

将计算力作为一种公共事业设施来提供一直是人类的一个梦想。云计算就是要实现这个梦想。先来看看 Google 今后的目标:

- 支持地理上分布的集群。
- 为全部数据创建全球单一的名字空间。目前数据是被集群所分离的。
- 更多更好的数据和计算的自动迁移。
- 解决在耦合被广域网分割的数据副本时所遇到的一致性问题(比如:即使在一个集群由于维护或其它原因宕机时也能保证服务的运行)。

由此可以看出,构建地域分布的大规模基础设施仍然是云计算领域的一个重要技术课题。另外,Google 的 MapReduce 架构也是有一定局限性的。虽然映射和化简两个函数非常适合大规模的并行计算,但是并非所有计算都能轻易转换成 MapReduce 方式进行计算的。一般性问题的并行计算算法设计依然是一个重大的挑战^[1]。

从 Salesforce 的成功经验也可以看出,实际上用户更需要能够解决实际问题的最好的云计算应用软件。因此,构建新型的云计算应用程序,为用户提供更加丰富的体验,如 facebook 等,已经体现了云计算的一个发展趋势,而如何通过云计算基础平台将多个业务融合起来则是另一研究趋势。

从云计算提供商角度看,采用商用计算、存储和网络设施来建设超大

规模数据中心,按即用即付的模式来销售这些资源,其成本有可能以比中等规模的数据中心更低。同时由于在大客户群体之间的错时共享而更多获利。

从云计算用户的角度来看,云设施可以作为新软件公司构建自己的数据中心的一个起点,同时也可以摆脱传统方式中由自己内部数据中心提供服务时可能出现的过载和不足这样的双重风险。此外,其他公司或机构也同样能从云计算的“弹性”中受益。

我们认为云计算服务交易市场的模式可能更适合云计算的未来发展。企业或机构不是纯粹作为一个云计算提供商或云计算用户,而是可以按自己的平均计算业务量来建设云计算平台(私有云),来支持和推动企业的业务发展。同时加入到全球性的大云中,形成所谓的互联云。就像当年网络兴起时企业各自构建网络,后来由于传输控制协议/因特网互联协议(TCP/IP)的出现而形成现在的 Internet。这样当企业计算资源超负荷时,可以使用互联云环境中其他云资源,而当自己的资源空闲时,则可以将资源提供给其他用户使用。这其中可以按市场机制对资源进行定价计费,各方按使用它方资源量进行付费,同时通过出让其资源而获得其应有的利润。

构建互联云的好处还可以避免由于过分依赖于某个云计算服务提供商而产生的垄断行为,只有这样多赢的局面才能使得云计算获得成功。

总之,云计算就是要把硬件、软件、平台、应用、服务等一切资源都集成起来,同时提供非常简单的接口,让用户方便的使用云资源。(续完)

10 参考文献

- [1] 云计算. 维基百科[EB/OL]. <http://zh.wikipedia.org> 或 <http://en.wikipedia.org>, [2010-02-05].
- [2] 中国云计算-提供经过消化的中文云计算信息[EB/OL]. <http://www.chinacloud.cn>, [2010-04-03].
- [3] LENK A, KLEMS M, NIMIS j, et al. What's

inside the cloud? An architectural map of the cloud landscape[C]//Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Software Engineering Challenges of Cloud Computing (CLOUD'09), May 23, 2009, Vancouver, Canada. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009: 23-31.

- [4] HAYES B. Cloud computing[J]. Communications of the ACM, 2008, 51(7): 9-11.
- [5] FOSTER I, Zhao Y, RAICU I, et al. Cloud computing and grid computing 360-degree compared[C]// Proceedings of the 2008 Grid Computing Environments Workshop (GCE'08), Nov 12-16, 2008, Austin, TX, USA. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2008: 10p.
- [6] GEELAN J. Twenty-one experts define cloud computing[J/OL]. Cloud Computing Journal(2009-01-24). <http://cloudcomputing.sys-con.com/node/612375>.
- [7] ZHANG Liang-jie, ZHOU Qun. CCOA: Cloud computing open architecture[C]// Proceedings

- of the IEEE 7th International Conference on Web Services (ICWS'09), Jul 6-10, 2009, Los Angeles, CA, USA. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009: 607-616.
- [8] ARMBRUST M, FOX A, GRIFFITH R, et al. Above the clouds: A Berkeley view of cloud computing[R]. Technical Report UCB/EECS-2009-28. Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley. 2009.
- [9] BUYIAR R, YEO Chee Shin, VENUGOPAL S, et al. Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility[J]. Future Generation Computer Systems, 2009, 25 (6): 599-616.
- [10] DEAN J, Ghemawat S. MapReduce: Simplified data processing on large clusters [J]. Communications of the ACM, 2008, 51(1): 107-113.

收稿日期: 2010-04-02

←上接第 51 页

中的多信道协调、调度、组播路由机制和车载宽带无线接入中的群组切换、多级资源调度分配机制等关键技术进行了理论研究分析。未来新型车载移动网络的系统设计中,高速移动场景下的通信业务 QoS 保证和在移动过程中异构网络覆盖下的快速无缝切换等一系列技术还有待于进一步的研究。

5 参考文献

- [1] ASTM E2213-03. Standard specification for telecommunications and information exchange between roadside and vehicle systems-5 GHz band dedicated short range communication(DSRC) medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications[S]. 2003.
- [2] YIN Jijun, ELBATT T, YEUNG G, et al. Performance evaluation of safety applications over DSRC vehicular ad hoc networks [C]// Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET'04), Oct 1, 2004, Philadelphia, PA, USA. New York, NY, USA: ACM, 2004: 1-9.
- [3] IEEE Std 802.16e. IEEE standard for local and metropolitan area networks, Part 16: Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems[S]. 2006.
- [4] YANG K, OU S, CHEN H, et al. A multi-hop peer communication protocol with fairness guarantee for IEEE 802.16 based vehicular networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 56 (6): 3358-3370.
- [5] SHAN L, LIU F, YANG K. Performance analysis of group handover scheme for IEEE 802.16j-enabled vehicular networks[C]// Proceedings of the the Joint International Conferences on Asia-Pacific Web Conference and Web-Age Information

- Management (APWEB-WAIM'09), Apr 5-7, 2009, Suzhou, China. LNCS5446. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2009: 651-656.
- [6] IEEE C802.16j-D5. Draft amendment for local and metropolitan area networks, Part 16: Air interface for mobile broadband wireless systems multihop relay specification[S]. 2008.
- [7] CRICHIGNO J, WU Minyou, SHU Wei. Protocols and architectures for channel assignment in wireless mesh networks[J]. Ad Hoc Networks, 2008, 6(7): 1051-1077.
- [8] MO J, SO H W, WALRAND J. Comparison of multichannel MAC protocols[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 7 (1): 755-765.
- [9] SO H W, WALRAND J, MO J. A multi-channel MAC proposal for ad hoc wireless networks[C]//Proceedings of IEEE Wireless Communications and Networking Conference(WCNC'07), Mar 11-15, 2007, Hong Kong, China. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2007: 255-260.
- [10] LOCHERT C. A routing strategy for vehicular ad hoc networks in city environments[C]//Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IVS'03), Jun 9-11, 2003, Columbus, OH, USA. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2003: 156-161.
- [11] KORKMAZ G, EKICI E, OZGUNER F. Urban multi-hop broadcast protocol for inter-vehicle communication systems [C]//Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET'04), Oct 1, 2004, Philadelphia, PA, USA. New York, NY, USA: ACM, 2004: 76-85.
- [12] LI Fan, WANG Yu. Routing in vehicular ad hoc networks: A survey[J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2007, 2 (2): 12-22.
- [13] WANG Liping, JI Yusheng, LIU Fuqiang. Adaptive subframe partitioning and efficient packet scheduling in OFDMA cellular systems with fixed decode-and-forward relays [J]. IEICE Transactions on Communications, 2009, E92-B (3):

作者简介



王柏, 北京邮电大学计算机学院教授、副院长; 主要研究方向为下一代电信运营支撑系统、分布计算技术、复杂网络可视化分析等; 已发表论文 60 余篇、专著 3 部。



徐六通, 北京邮电大学计算机学院教授, 主要研究方向为数据挖掘、网格计算与分布式系统及其在电信领域的应用研究, 已发表论文 20 余篇。

755-765.

- [14] JEON S H, LEE S H. A relay-assisted handover technique with network coding over multi-hop cellular networks [J]. IEEE Communications Letters, 2007, 11 (3): 252-254.
- [15] SHAN Lianhai, LIU Fuqiang, WANG Liping, et al. Predictive group handover scheme with channel borrowing for mobile relay systems[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Wireless Communications and Mobile Computing 8, 2008, Crete Island, Greece. (Conference IWCMC'08), Aug 6 Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2008: 153-158.
- [16] IEEE P802.21/D01.00. IEEE standard for local and metropolitan area networks: Media independent handover services [S]. 2006.

收稿日期: 2009-04-15

作者简介



刘富强, 同济大学教授、博导; 承担多项国家高新技术研究发展计划资助项目(“863”计划)、国家重点基础研究发展规划项目(“973”项目)和上海市科委重大科技攻关项目; 主要研究方向为宽带无线网络、无线网络视频传输和视频图像处理等。



单联海, 同济大学博士研究生, 主要研究方向为宽带无线接入系统移动性管理、资源管理和异构网络融合等。