



面向 LTE 基站回传的 PTN 核心层 L3 网络组网思路探讨

王 健, 梁 灿

(中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司 上海 200060)

摘 要:描述了在 TD-LTE 网络的场景中 PTN 核心层 L3 网络的组网架构和组网思路。首先介绍了 TD-LTE 无线网的承载要求;其次,分析了目前主流的 PTN 3 层功能和 PTN+CE 的承载网络架构及 PTN L3 网络的组网思路;最后,分析了城域网 PTN L3 网络的相应演进方式,为今后网络的发展提供了一定的借鉴。

关键词:城域传送网;PTN;核心层设计;TD-LTE

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.09.033

Discussion of LTE Backhaul Service-Oriented PTN L3 Core Network Design

Wang Jian, Liang Can

(Shanghai Branch of China Mobile Design Institution, Shanghai 200060, China)

Abstract:The TD-LTE network scenario PTN core layer L3 networking architectures and networking ideas were described. Firstly, the TD-LTE radio network requirements were introduced and the existing metro transport network appropriate framework was described. Secondly, the current PTN L3 functions, PTN+CE bearer network architecture, PTN L3 network detailed deployment and designing were analyzed. Finally, PTN metro L3 network evolution was analyzed, a reference to the future development of the network was provided.

Key words:metro transport network, PTN, core network design, TD-LTE

1 前言

随着 TD-LTE 标准逐步成熟,TD-LTE 已经逐渐步入了网络建设运营的阶段。由于 TD-LTE 无线网对承载网络提出了高带宽、高灵活性等需求,对于移动运营商而言,传统的以城域传送网 SDH/PTN 进行全程无线业务承载的二层网络的组网方式将不再适用,需要通过承载网络启用 L3 功能满足业务承载需求。如何简洁、高效、安全地实现 TD-LTE 基站业务的承载,是需要重点考虑的问题。

2 TD-LTE 基站业务对城域承载网络的流向需求

图 1 是 TD-LTE 无线网(E-UTRAN)的网络体系架构。

TD-LTE 在系统组成方面同前代系统相比最大的区别在于取消了 BSC/RNC,eNode B 与 EPC 间通过 S1 接口直接相连,eNode B 与 EPC 节点为多对多连接,形成网格网络,而 eNode B 之间通过 X2 接口直接相连。

TD-LTE 阶段,由于网络的扁平化,将出现 X2 电路(eNode B 到 eNode B 之间),X2 接口仅存在于相邻基站之间。目前,由于 S1 业务流量占整个 RAN 流量的比例在 97% 以上,而 X2 业务流量占整个 RAN 流量的比例小于 3%,因此目前主流的部署方式是通过 S1 业务的传输通道传递 X2 业务,这样可以保持传送网结构的一致性,减少 LSP(label switched path)/PW(pseudo wire)等资源的额外消耗。

从网络调度的智能化和自管理化层面来说,TD-LTE 无线网要求 S1 电路具备灵活开通的条件,以利于网络建

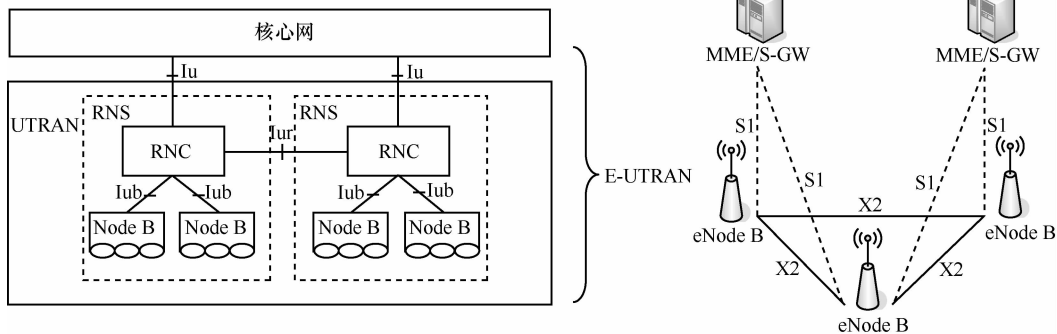


图1 TD-LTE无线网(E-UTRAN)网络体系架构

设和后期割接等网络维护,包括 S1-Flex 等功能。S1-Flex 是指单个 eNode B 连接到多个 SGW,支持基于终端用户的负载均衡、回传/SGW 故障保护,图 2 为 S1 业务需求。

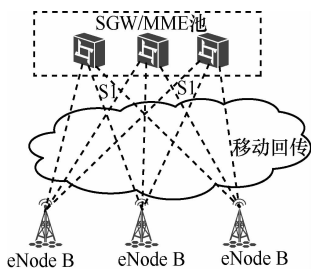


图2 S1业务需求

X2 业务以及 S1-Flex 业务对传输核心层面的承载提出了灵活性、高效性的要求,需要传输 PTN 实现 L3 调度功能,调度的方向是相邻基站之间、基站到各个 EPC。

业界关于 PTN L2/L3 网络的范围有过争论,如 L2 管道仅限于接入层,则对于 S1/X2 电路的调度灵活性大大提高,但对于大型城域网而言将导致 VPN 范围过大,从而影响网络的可维护性。目前对于大型城域网一般仅在核心层设备启用 L3 功能。

3 面向 LTE 基站回传等业务的 PTN 核心层 L3 网络组网思路

对于传输网的核心层的 L3 网络建设,有两种主要的技术实现方式:方式 1 为 PTN L3 方式,即 PTN 核心层设备启用 L3 功能;方式 2 为 PTN+CE 路由器方式,即 PTN 维持 L2 方式,增加 CE 实现 L3 功能。图 3 为核心层 L3 网络建设方式示意。

以上两种方式从表 1 所示的几个维度进行比较。

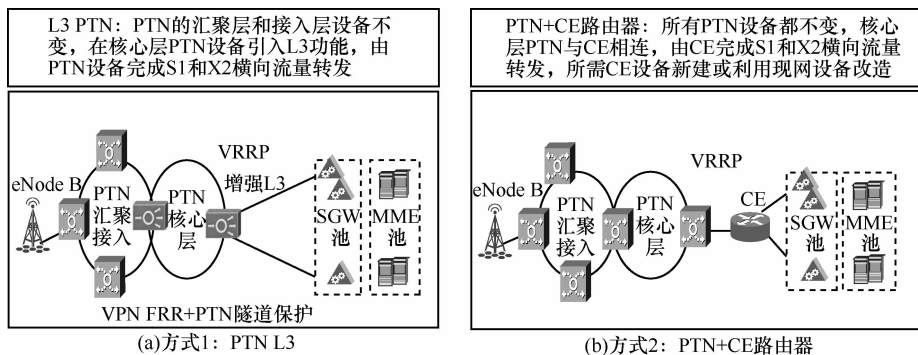


图3 核心层 L3 网络建设方式示意

表1 核心层 L3 网络建设方式对比

技术特征	方式 1: PTN L3	方式 2: PTN+CE 路由器
OAM 及保护	OAM 体系完善,符合端到端的管理运维习惯	目前 PTN 与 CE 的网络级 OAM 不一致,无法实现端到端管理;保护方式复杂,难以实现 50 ms 的倒换
路由/配置	静态路由为主,后续可采用动态路由,通过网管图形化界面配置,自动计算路由及批量调整	采用动态路由,各种网络调整引起的路由变化可自动通告全网
带宽规划	PTN 通过端到端带宽规划提升网络资源利用率,对于 CIR (保证带宽)配置刚性带宽,PIR (峰值带宽)配置弹性带宽	CE 一般通过网络轻载保证业务可靠性,带宽需求应在链路峰值带宽的基础上考虑 30%~50%的冗余,带宽利用率低
网络维护管理	网管能力强大,网络可控性强,利于网络维护和端到端故障定位	CE 网管能力较弱,维护管理界面复杂,需增加相关维护人员

根据上述分析,方式1即PTN启L3功能的方案对端到端的承载更为有利。

从实现L3功能的方式上,又可以分为L3 VPN和native IP两种。L3 VPN在转发效率、倒换效率、实现业务隔离、同厂商互通性、端到端管理方面具有较大优势,而native IP则更适用于异厂商设备互通组网的场景。

此外,CE设备的硬件和软件协议栈均较为复杂,而LTE回传由于仍是一个面向固定局向的业务需求,在已采用PTN技术路线的前提下,在现有PTN设备的基础上通过核心层叠加一个简化L3 VPN功能(简化L3 VPN核心思想是把IP作为一种业务,承载在TP的静态隧道之上,IP业务和L2的业务没有本质区别)实现L3的调度需求,相对较为合理。这样,从层次上讲,形成了汇聚接入层(L2 VPN)⇌核心层(L3 VPN)⇌EPC(IP)这样的实现方式,核心层的桥接设备完成L2 VPN到L3 VPN的转换。

图4即为汇聚接入L2 VPN+核心层L3 VPN的组网方式。

3.1 L2/L3桥接设备组网思路及设备内部结构

TD-LTE基站业务承载网的关键在于核心节点的L2

功能终结/L3功能开启的设备上,对于每个eNode B的OAM、S1、X2的子接口均需要通过该设备进行分流。如图5所示,目前从整体组网架构上主要有以下两种方案。

- 方案1。建设各骨干节点PTN核心层L2/L3桥接设备,与EPC侧PTN L3设备配合,形成灵活调度的PTN L3网络。该结构将L3网络下沉至各核心节点,提升了L2网络的处理能力,同时L3网络范围适度扩大,可灵活实现S1-Flex、X2等业务的灵活调度。本方式适合于大规模LTE建设的PTN核心层组网。
- 方案2。结合EPC局址,建设PTN核心层的L2/L3桥接/落地设备。该结构由于L2/L3桥接点设在EPC落地侧,对于LTE大规模建网,L2网络存在保护组、OAM能力等处理能力瓶颈。同时,该架构难以实现S1-Flex等业务的调度。此外,该方式难以适应EPC局址的不确定性及后续调整的可能性。总体而言,本方式适用于LTE初期小规模建网或小规模的LTE承载网。

方案1和方案2对比见表2。

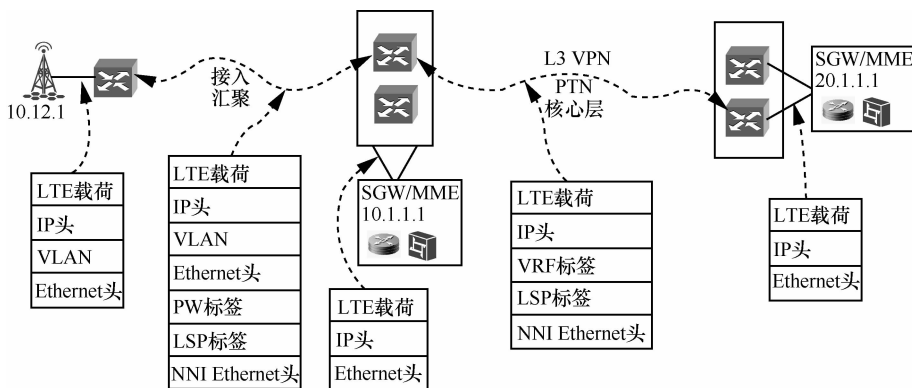


图4 PTN端到端L2 VPN+L3 VPN组网示意

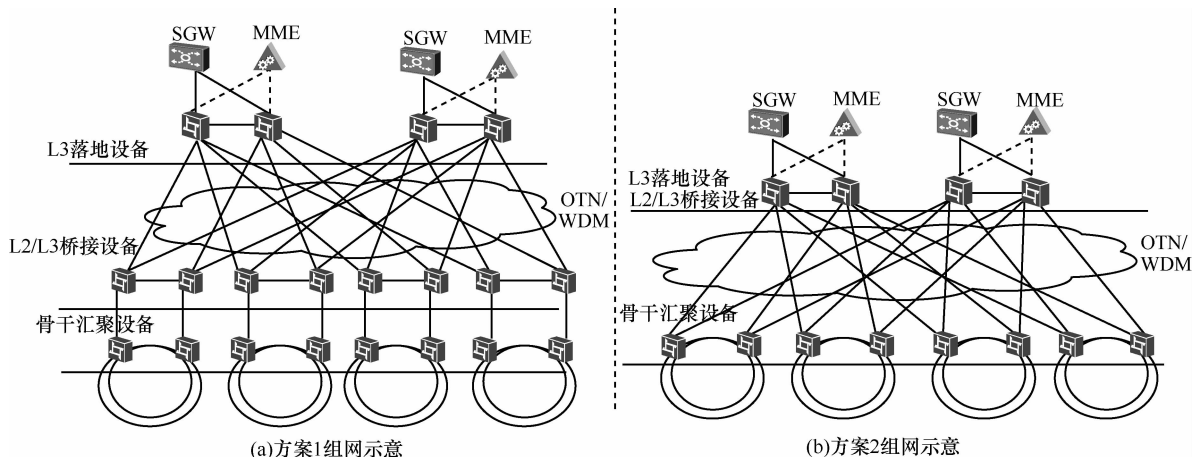


图5 L2/L3桥接设备组网方案示意



表 2 两种方案的对比

方案	组网可扩展性、灵活性	网络容量	网络清晰度、可维护性	局间 OTN 资源消耗
方案 1	能适应 EPC 网元布局的调整;L3 设备的增加可满足大量 L3 业务落地;X2、S1-Flex 电路可灵活调度,大部分 X2 数据可就近转发	解决保护组、OAM 能力等资源瓶颈,网络容量大	由于采用 L2 分区域终结、L3 两层结构组网的方式,网络 L2/L3 层的设计和维护更为清晰合理	节省局间 OTN/WDM 资源
方案 2	由于 L2 网络需部署至 EPC 网元,一旦核心网节点变动或基站划区调整,网络需进行相应的改建,网络组织不够灵活	网络容量有限	组网相对复杂,适合于 LTE 规模不大的网络	需要增加大量局间 OTN/WDM 资源

相对而言,方案 1 较为适合 LTE 大规模建网需要,方案 2 适合在 LTE 小规模网络建设中采用。在此,L2/L3 桥接设备主要功能是:L2 业务在桥接点完成终结,节点内部采用内部虚接口环回方式,实现 L2 VPN 到 L3 VPN 的转换,再通过核心层 L3 VPN 转发至核心落地节点。

如图 6 所示的桥接设备不同于 CE 路由器,该实现方式是基于简化 L3 VPN 而非复杂的路由协议,是路由器 L3 功能的一个较小子集。

3.2 EPC 侧 L3 落地设备组网思路

针对 EPC 侧落地的 PTN L3 设备,有两种具体建设方式。

- 方式 1:成对新建 PTN L3 设备,与各核心节点 L2/L3 桥接设备组 L3 网络,同时与 EPC 互联。
- 方式 2:L2/L3 桥接设备与 L3 落地设备共用一套设备,接入 EPC。

上述两种 EPC 侧 L3 落地设备组网方式示意如图 7 所示。

方式 1 和方式 2 对比见表 3。方式 1 满足双节点双路由的组网安全性要求,是目前推荐的主要实现方式。

后续在 EPC 局址增加时,可在 EPC 侧增加相应的 L3 落地设备,与桥接设备连接,保持架构的稳定,如图 8 所示。

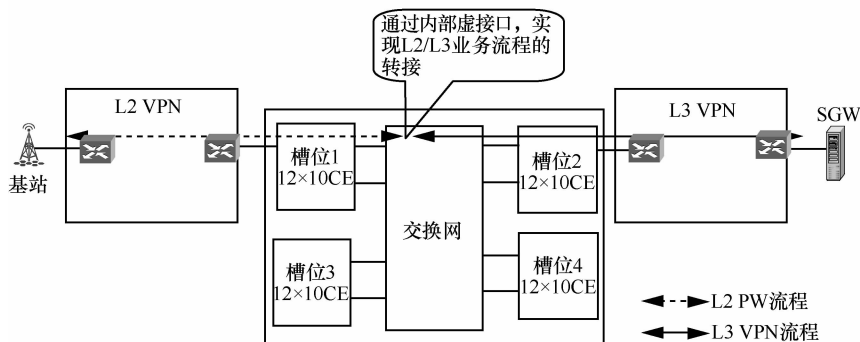


图 6 PTN L2/L3 桥接设备内部结构示意图

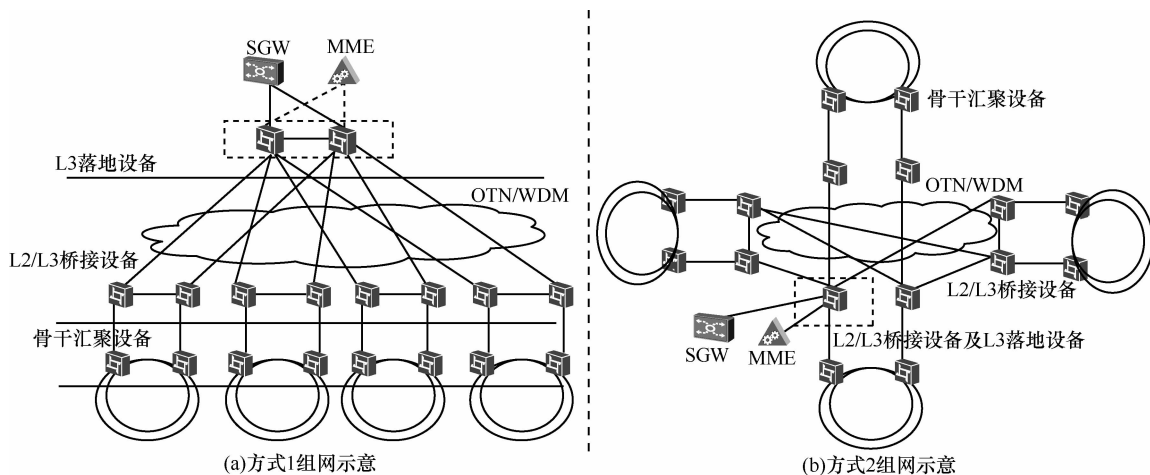


图 7 EPC 侧 L3 落地设备组网方式示意

表 3 EPC 侧 L3 落地设备组网方式比较

方式	带宽规划	网络清晰性、可扩展性	网络安全性
方式 1	所有桥接点地位均等,带宽分布均匀	EPC 侧落地 PTN 设备仅负责处理 L3 数据,功能独立,便于扩展;同时路由部署更为简单	EPC 对接节点为两套 PTN 与 EPC 作 IP FRR 或 VRRP 保护,安全性高
方式 2	带宽规划不均衡,与 EPC 相连的桥接点带宽需求比其他桥接点大	对 EPC 节点所在 PTN 设备要求更高,可扩展性较弱	EPC 侧单套设备存在一定安全隐患

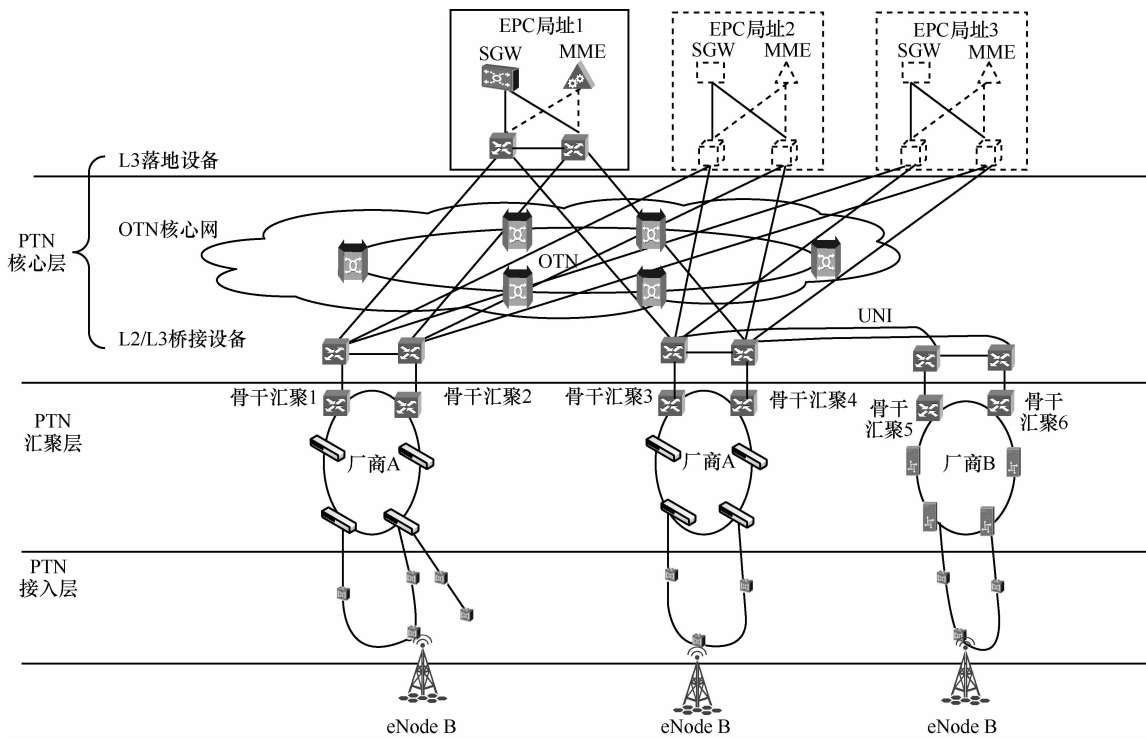


图 8 增加 EPC 局址时网络结构扩展方式示意

4 面向 LTE 基站回传等业务的 PTN 核心层 L3 网络设计

4.1 L3 层网络内链路带宽测算方式

针对 L2/L3 桥接设备与 L3 落地设备间的 L3 网络内链路带宽的测算,结合 PTN L3 网络的特点,考虑到 LTE 初期用户行为的不确定性以及运营经验的缺乏,为有效降低初期的投资风险(OTN/PTN),建议按照以下方式进行。

面向用户行为的角度(500 kbit/s/忙时用户流量)测算 L2/L3 桥接设备与 L3 落地设备间连接需求。即按照核心网侧的流量需求进行链路测算,并在此基础上结合区域性流量分布特点适度考虑冗余,与核心网同步实施扩容。

初期部署时,考虑到用户分布在时间、地域上的不确定性,每个区域内桥接设备与落地设备之间均按照 EPC 侧带宽需求作 10GE 连接。

网络扩容时,每对桥接设备与落地设备间峰值带宽利

用率达到 70%时,考虑增加连接;对应新增连接创建新的 VRF(VPN 路由转发表,也称 VPN 实例,是 PE 为直接相连的设备建立并维护的一个专门实体,下同),修改 VRF、物理端口、LSP 的映射关系。

4.2 PTN 核心层 L3 网络设计要点

- 对于 TD-LTE 基站业务,L2 电路在各骨干汇聚点所在的核心层 L2/L3 桥接设备上终结,为合理利用桥接设备的 L2 终结能力(L2 保护组、OAM 能力),每个区域两个配对核心节点可分别按照就近原则终结 50%站点业务。L3 电路以高效直达为主,从各区的核心节点上联业务通过本局 OTN 或 IP over WDM 疏通至 EPC 所在局的核心层 PTN 落地的 L3 设备,并经 PTN 交换和整合后与 EPC 连接。
- PTN 核心层 L2/L3 桥接设备成对设置,分别与各区域 PTN 骨干汇聚节点做 10GE 连接。L3 落地设备成对设置,与 L2/L3 桥接设备之间作口字形的 10GE 连接。



- L3 落地设备至 EPC 之间 10GE 链路连接数量根据用户数估算及用户行为模型确定。L2/L3 桥接设备之间的 L2 连接数量根据各区域 LTE 站点的分布数量决定。
- L3 网络中应以轻载方式确保网络安全,当网络口字型连接中峰值带宽之和超过链路总带宽的 70% 时,增加 10GE 连接。
- 接入层 PTN 设备到本区域 L2/L3 桥接设备之间采用端到端的 LSP 1:1 和双归保护方式,工作和保护需规划不同路径,同区域桥接设备之间设置 VRRP。桥接设备至 EPC 侧落地设备之间采用 VPN FRR+LSP 1:1 保护方式,落地设备与 EPC 之间运行 VRRP 或 IP FRR 保护协议。

4.3 有关 PTN 核心层 L3 网络的进一步探讨

目前,PTN 设备与路由器的区别主要体现在如下几个方面。

- 应用场景不同:PTN 组网网络层次简单,业务流向确定,汇聚型业务以环网组网为主,多为传送管道的要求,不需要太强的路由能力,以 2 层管道为主;路由器的场景是网络复杂,业务流向不确定,以 mesh 组网为主,需要组建 Internet,以动态协议为主,路由能力要求强。
- 硬件配置不同:PTN 的硬件设计简单,路由器的设计复杂。
- 协议软件不同:PTN 由于采用静态配置的方式,软件系统精简,主要是与网管通信,执行网管命令,对设备实施配置和管理,是可控、可管的网络设备;路由器软件系统相对复杂,包括大量的信令、协议、应用等,代码规模大,因此路由器的主控板 CPU 性能都很高,相对功耗也要稍大。

随着 SDN (其核心技术 OpenFlow 通过将网络设备控制面与数据面分离开来,从而实现了网络流量的灵活控制,为核心网络及应用的创新提供了良好的平台)概念的发展,后续 PTN 设备在支持简化 L3 VPN 功能的基础上,将可支持更多的 L3 功能,结合技术标准和设备的成熟度,网络结构也可相应地进行 mesh 化演进,满足各类 L3 业务的承载需求。

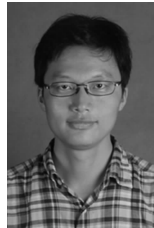
参考文献

- 1 黄晓庆,唐剑锋,徐荣.PTN——IP 化分组传送.北京:北京邮电大学出版社,2009
- 2 龚倩,邓春胜,王强等.PTN 规划建设与运维实战.北京:人民邮电出版社,2010
- 3 Szigeti T, Hattingh C.端到端 QoS 网络设计.北京:人民邮电出版社,2007

[作者简介]



王健,男,中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司工程师,主要研究方向为光通信。



梁灿,男,中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司工程师,主要研究方向为光通信。

(收稿日期:2013-06-07)

· 简讯 ·

信息通信网络技术委员会 2013 年度学术年会在呼和浩特成功举行

2013 年 8 月 21 日-22 日,中国通信学会信息通信网络技术委员会在内蒙古自治区呼和浩特市召开了 2013 年学术年会,本次年会由中国移动通信研究院和中国移动通信集团设计院有限公司(下文简称“中移设计院”)承办。中国通信学会秘书长张新生致开幕词,呼和浩特通信管理局秘书长张永和出席了学术年会并致

词,来自中国电信、中国移动、中国联通、工业和信息化部研究院、中移设计院、中讯邮电设计院、国家电网公司、总参六十一所、中国互联网络信息中心、南京邮电大学、电子科技大学、上海贝尔、华为、腾讯、中国电子设备系统工程公司研究所、江苏省邮电规划院、国家专利局、中国科学院、电信科学技术研究院、中天宽带技术有限公司、内蒙古大学等 21 个单位的论文作者、专家以及内蒙古通信行业的同行参加了会议,会议取得了圆满成功。