



基于 SDN 的 IP RAN 目标架构与组网模型探讨

陈礼波,覃 宁

(中讯邮电咨询设计院有限公司成都分公司 成都 610042)

摘 要:在新型业务需求和新技术涌现的双重驱动下,软件定义网络(SDN)成为互联网应用提供商、运营商、IT 系统和网络设备提供商共同关注的新型网络架构和技术。这种网络控制与转发能力分离的架构,可以支持更灵活的网络控制和业务能力提供。从 SDN 的概念和总体架构出发,分析 IP RAN 对 SDN 的需求,提出了在 IP RAN 中引入 SDN 技术的目标网络结构和网络模型,并对基于 SDN 的 IP RAN 应用策略进行了探讨。

关键词:软件定义网络;IP RAN;网络虚拟化

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2015037

Discussion of the Target Network Structure and Network Models Based on SDN in IP RAN Network

Chen Libo, Qin Ning

(Chengdu Branch of China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Chengdu 610042, China)

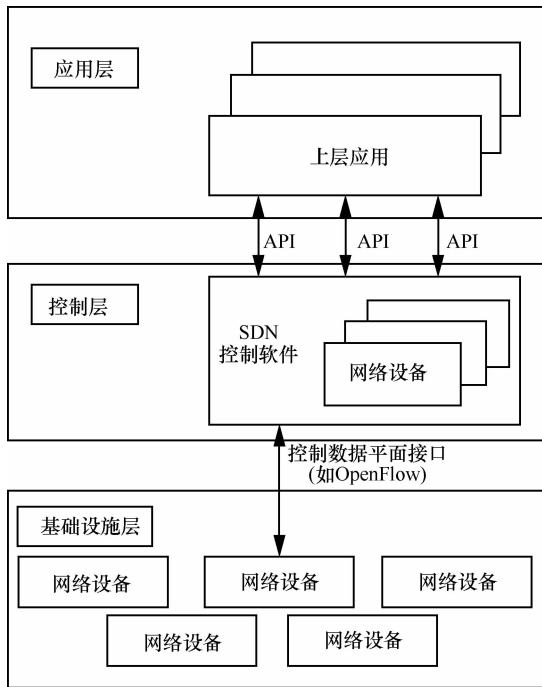
Abstract: The With the development of new applications and technologies, software defined networking is getting more attention from application providers, carriers, and IT system and network devices vendors. In SDN, the control and data planes are decoupled, which supports programmable network control and service provision. The definition and framework of SDN were discussed; the demands of IP RAN in SDN in current telecommunication network were analyzed. The target network structure and network models based SDN in IP RAN network were described and the application strategy of SDN in IP RAN network was also discussed.

Key words: software defined networking, IP RAN, network virtualization

1 概述

软件定义网络(SDN)提出的初衷是在校园网中实验新型协议^[1],并由此诞生了控制与转发平面间的通信协议 OpenFlow。虽然业界各方在实现 SDN 的具体方法上仍然有分歧,但产业界关于利用 SDN 打造新型创新网络的共识在逐渐形成。SDN 的概念也从简单的实验新型协议发展演化成控制转发分离、软硬件分离、网络虚拟化等一系列网络能力软化重构的重要基础。

一个典型的 SDN 架构如图 1 所示。在这个架构中,网络操作系统^[2]是 SDN 架构的核心功能,它由 SDN 控制器组成的集群实现。控制器系统的南向接口与组成物理或者虚拟网络的设备连接,北向接口通过提供应用编程接口(API)的形式给各类 SDN 应用,以满足不同网络需求,例如流量工程、路由调度、网络隔离等。以此构架为基础,Google 部署 OpenFlow 协议解决了跨数据中心的流量工程,极大地提高了网络的利用率,是 SDN 技术应用的一个标志性事件。之后全球运营商纷纷进行了 SDN 应用的探

图1 SDN 技术架构^[3]

索,涉及接入网、核心网和数据中心网络,大量最佳实践随之涌现。

本文聚焦于SDN与IP RAN的结合,根据IP RAN对

SDN的需求分析具体提出了基于SDN的IP RAN网络架构和3种组网网络模型,最后根据目前的IP RAN组网现状提出了基于SDN的IP RAN应用部署策略建议。

2 IP RAN对SDN的需求

IP RAN主要定位于承载2G、3G及LTE业务的移动回传。IP RAN发展的目标是替代原有本地MSTP传输网,基于灵活的IP通信设计理念,以传统的路由器架构为基础,增强OAM机制、业务保护机制以及分组时钟传输能力。主要用于满足当前2G、3G及LTE基站业务的承载需求,以实现无线回传网络IP化、高速化、多点化。IP RAN的核心汇聚层网络采用三层的路由器设备组网,可采用双星形、口字形或环形上联。接入层设备采用经济、可靠的二层或三层设备组网,以环形结构为主,同时考虑到地理环境及资源因素,应支持采用双上联、链形、mesh及其他组网结构。

IP RAN的组网结构如图2所示,接入设备为网络的边缘,用于提供经济、可靠的大容量业务接入;汇聚设备用于接入设备流量的汇聚;核心层设备用于转发业务流量。其典型组网方式为方式(2)、方式(4)、方式(5)3种。其中方式(2)是从接入设备到汇聚设备采用L2VPN方式承载;

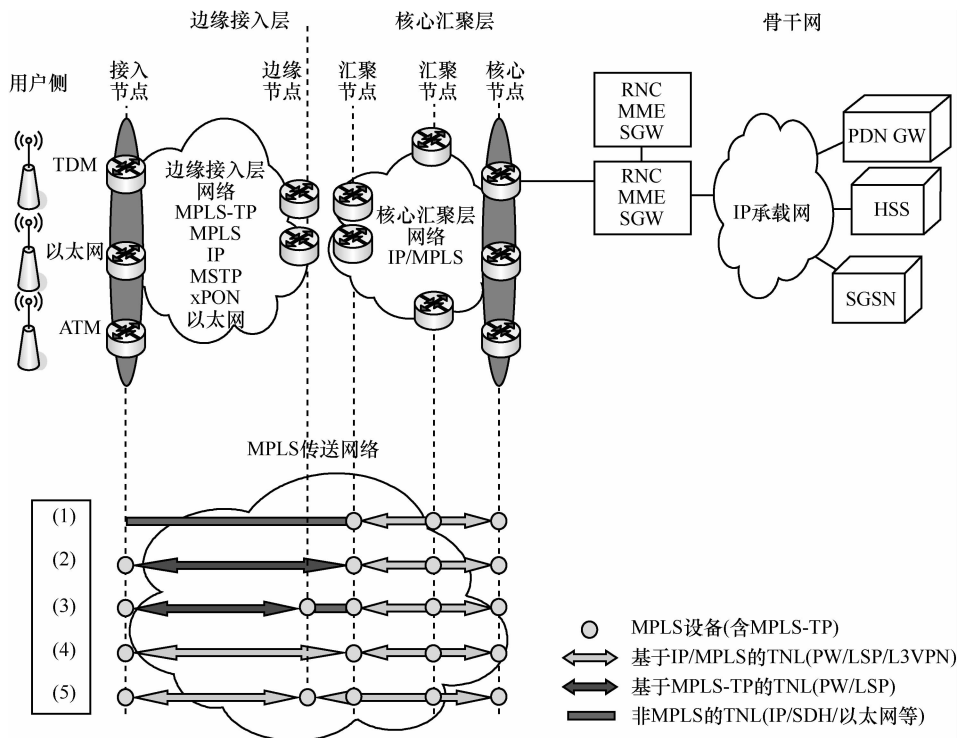


图2 IP RAN参考架构

方式(4)是从接入设备到汇聚设备采用 L3VPN 方式承载;方式(5)是接入设备、汇聚设备全网采用 L3VPN 方式承载。

但随着网络规模的增大,现有 IP RAN 应用场景在网络高可用性、网络运维等方面出现了问题。基于 SDN 的 IP RAN 主要需要解决以下几点问题。

- 随着 3G/LTE 网络的发展,部署了海量的基站,以典型大型城域网为例,对于 1 万个基站规模的本地网,将新增 10500 端 IP/MPLS 设备规模的网络,海量 IP/MPLS 设备的引入将带来网络管理空前的复杂性。而且设备发散分布,对运营商构成空前的运营压力。其次,网络接入设备与汇聚设备之间存在多种协议配合,对网络运维人员技术能力要求高,要求了解和记忆大量的协议信息和网络组网信息,网络的运行维护复杂,给运营商的 OPEX 带来压力。
- 当前 IP RAN 基于传统通用路由器平台,通过复杂的 IP/MPLS 路由多协议去构造具有海量设备规模 IP RAN,给部署高可用性网络带来巨大的挑战。尤其是网络的震荡时刻存在,这无论是对网络中的设备处理能力还是对于网络的可靠性及故障定位,均是一个挑战。
- 业务开通需要对汇聚节点进行较多的配置,IP/MPLS 技术配置复杂,传统路由器设备的命令行配置方法不适用于大规模网络节点的配置和调整,且配置参数较多,业务配置复杂,业务故障的情况下定位困难,造成业务开通复杂度及维护成本骤增。
- 随着技术的发展,新的增值业务和应用程序层出不穷,IP RAN 如何更好地适应业务网络的发展和要求,快速响应业务的建立及对业务进行动态维护也是 IP RAN 当前遇到的问题。

3 基于 SDN 的 IP RAN

3.1 基于 SDN 的 IP RAN 目标架构

引入 SDN 之后,如图 3 所示,IP RAN 组网控制面与转发面分离,接入设备与汇聚设备集成控制代理模块,用于转发面与控制面的协议交互。

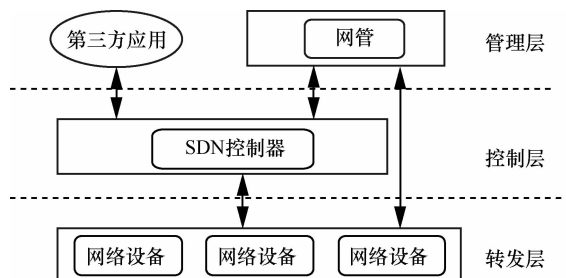


图 3 基于 SDN 的 IP RAN 组网架构

转发面:初期网络层网元级的互联互通及数据流转发需兼容 IP/MPLS 协议集 (MPLS-TP 为其子集)。然后期待 OpenFlow 流表芯片发展成熟,逐步向 OpenFlow 流表转发演进。

控制面:主要做业务级的控制平面定义,基于 OpenFlow 协议扩展,完成网络拓扑的发现、业务配置下发、业务 PW/LSP 路径的计算及表项的下发。考虑未来可支持多种协议,如 I2RS(interface to the routing system)。

管理面:转发设备仍然具有独立的管理面,在网管上可作为独立网元管理。但是由于业务已经由控制器进行集中控制,因此网元管理面只提供网元设备管理功能。控制器提供基于网络的北向接口,提供给网管和第三方应用。

在 IP RAN 中引入 SDN 架构及相关技术,从而实现基于 SDN 的 IP RAN 目标网络架构,如图 4 所示。该架构将简化 IP RAN 网络设备,提高网络自动化部署、运维、管理能力,并为未来新业务的快速开放提供能力。

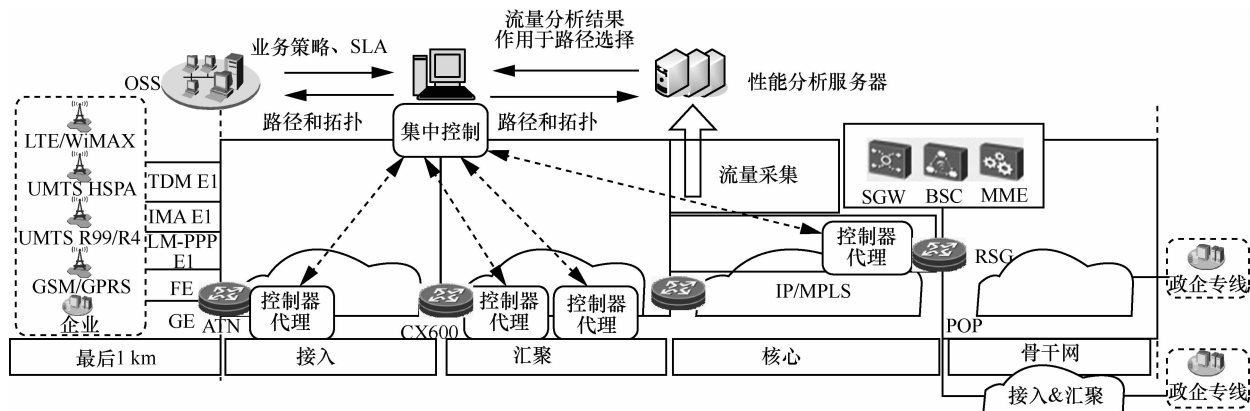


图 4 基于 SDN 的 IP RAN 目标架构



- 网络虚拟化:控制器控制的网络被虚拟化成一台路由器,简化网络配置,使网络规划及业务部署更为简单。接入层网络的拓扑发现、路径建立、业务部署、OAM 和保护的建立由控制器完成。
- 以业务为中心的业务发放模式:业务发放不再关注网络设备之间转发路径如何建立,只关注业务的接入点和业务终结点以及业务带宽等约束条件。
- 转发控制分离:控制面上移,无须关注内部协议交互和部署。
- 网络可编程:从应用层面看,下层网络被抽象出来,网络具备可编程性。
- 集中控制化:控制面集中,所有的网络行为都由其控制,实现流量工程、负载均衡等网络的全局优化。
- 自动部署 OAM 和业务保护,快速故障定位,通过控制器的集中控制实现高可靠性。
- 易于实现新业务的引入,业务升级简单,与转发平面解耦。

3.2 基于 SDN 的 IP RAN 组网模型

3.2.1 内嵌式控制器网络模型

如图 5 所示,一种 SDN 应用的方式是使用内嵌式控制器模式,在汇聚层 ASG(汇聚网关)设备上集成控制器功能。每个 ASG 上集成的控制器控制本 ASG 下挂的 CSG(基站侧网关)设备。集成控制器功能的 ASG 同时还保留原有 ASG 的功能。CSG 控制面上移到 ASG,由 ASG 集成的控制器功能来控制其转发行为。在 CSG 中集成控制代理模块,用于上报 CSG 的状态,接受控制器下发的控制信息。CSG 需要保持基本的路由功能,用于建立 SDN 控制器对 CSG 的管理和控制通道。

在这种方式中,SDN 域中有多个控制器,每个 ASG 都是控制器。每个控制器只控制下挂的 CSG。对于 CSG 同时下挂在两个(或者多个)控制器的情况下(如环网),其中一个控制器作为主用控制器,其他控制器作为备用。控制器也可做负载分担,每个 CSG 的主备控制器可以不同。

控制器需要完成网络虚拟化功能,SDN 域内部 CSG 的拓扑对外不可见。对于外部的路由设备,只与 ASG 建立路由邻居,并且也认为只有到 ASG 的路由。对外的路由设备认为控制器控制的网络就是一个虚拟的路由器。

利用内嵌式控制器模式,可以利用现有的网络设备,进行软件的升级,即可在接入层应用 SDN 技术。对网络架构和网络管理模式改动小,利于快速部署 SDN。

3.2.2 独立控制器网络模型

内嵌式控制器便于部署,但是控制器软件内置在现有的网络设备中,受限于现有网络设备的处理性能,并且控制器附着的设备并没有转发与控制分离,因此控制器控制的范围局限在现有设备汇聚的网络大小。独立控制器可以利用服务器等 IT 硬件,它们处理能力强,能够控制更大范围和更多节点,而且独立控制器运行的网络设备不再参与网络数据流量的转发,因此控制器可部署到远端数据中心,不受限于网络物理位置。

如图 6 所示,内嵌式组网模型是将集成在 ASG 中的控制器功能从 ASG 中抽取出来,放到一台独立的服务器(或者专有设备),形成独立的控制器。控制器软件运行在独立的服务器上,服务器不参与网络业务流量的转发。在独立控制器情况下,CSG、ASG、RSG(核心网关)都集成控制代理模块(视控制范围),用于向控制器上报状态和接受控制器控制等。同时 CSG、ASG、RSG 保持基本的路由功能,用于建立管理通道和控制通道,使得控制器能够通过控制协议控制 CSG、ASG 和 RSG。SDN 控制器控制的范围根据实际需求,可以只控制接入层设备,也可以控制包括接入层和汇聚层的设备。与内嵌式控制器只控制所附着的 ASG 设备下挂的 CSG 不同,独立控制器可以控制多个 ASG 下挂的 CSG,并且包括 ASG 本身。

3.2.3 支持 OpenFlow 网络模型

在支持 OpenFlow 网络模型中,转发设备尽量简化,以实现控制与转发的分离,并支持 OpenFlow 流表转发^[4]。其参考模型如图 7 所示。

在该模型中,SDN 控制器运行在独立的服务器上,

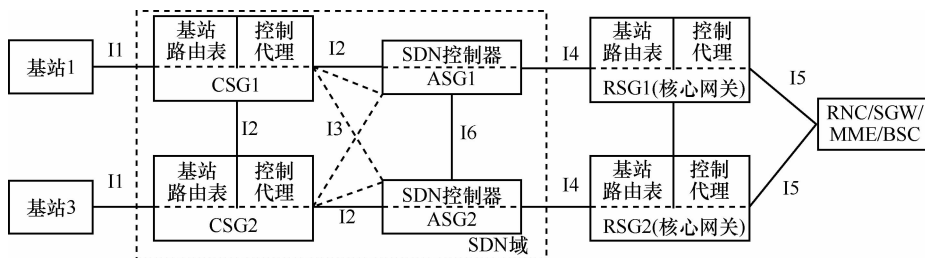


图 5 内嵌式控制器网络模型

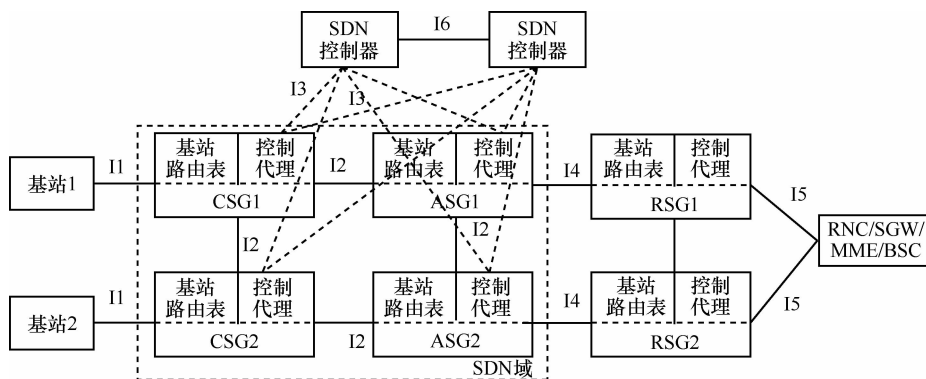


图6 独立控制器网络模型

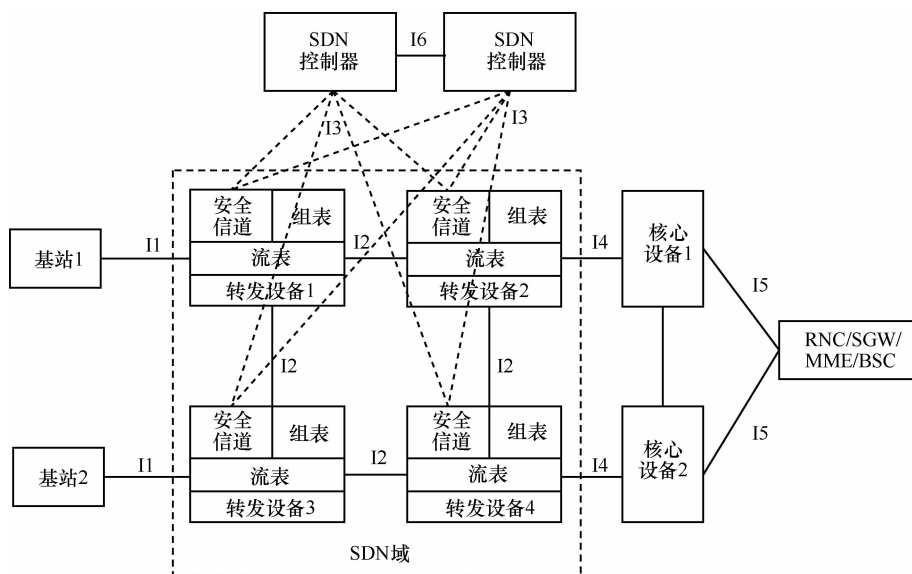


图7 支持 OpenFlow 网络模型

服务器不参与网络业务流量的转发。SDN 控制器控制的范围根据实际需求,可以只控制接入层设备,也可以控制包括接入层和汇聚层的设备。在一个 SDN 域内,应按照热备用方式部署至少两台控制器,在正常情况下,网络的转发控制由主控制器进行集中控制与处理,主控制器与备控制器直接通过协议进行网络信息和状态的同步。当主控制器发生故障时,转发设备与备控制器建立连接,并将相应的 OpenFlow 消息提交到备控制器进行处理。

对于 SDN 的转发设备,接入设备和汇聚设备都集成有安全信道模块,用于与 SDN 控制器建立管理与控制通道,向控制器上报状态信息,接受控制器的控制等。新接入的转发设备通过 DHCP 与控制器建立管理/控制通道,随后,由控制器完成逻辑拓扑的发现。

控制器需要完成网络虚拟化的功能^[9],对外部的网络设备可以认为 SDN 域就是一台路由器。SDN 域外的设备与

SDN 域内的设备之间将通过 SDN 域的控制建立传统的路由协议(如 BGP、IGP、LDP、RSVP 等),并实现路由与业务的互通^[6]。

4 基于 SDN 的 IP RAN 的应用策略

由于 IP RAN 节点数目众多和现网业务部署的复杂性,还有设备平台设计及芯片升级等因素,向基于 SDN 的 IP RAN 演进将是一个长期的过程。在从传统 IP RAN 向基于 SDN 的 IP RAN 的演进和迁移的过程中,需要充分考虑与原有网络的兼容、共同组网、网络互通等场景的要求。当原 IP RAN 部署基本完整,仅部分节点需要增加时,需要考虑新部署的节点是支持 SDN 的新型设备。在这种情况下,基于 SDN 的 IP RAN 的节点需要能与原有网络完全兼容。这就要求基于 SDN 的 IP RAN 节点设备应能完整支持现有 IP RAN 部署的对应所有功能集合,如不同规格对应的



设备类型相应功能要求。另外,基于 SDN 的 IP RAN 节点设备需要支持原有 IP RAN 的协议功能及协议互通。

在网络部署初期,可以适度部署内嵌式控制器的网络模型,对混合的区域可以通过增加 SDN 控制平台,升级网络管理系统来进行部署,此时应该主要考虑混合组网模式下网络节点互通的问题及传统 IP RAN 节点设备和 SDN IP RAN 设备的拓扑信息融合、混合管理模式兼容等问题。

在网络部署中期可部署独立控制器网络模型,全网设备节点可通过软件或者硬件升级来支持 SDN,此时 SDN 架构在 IP RAN 中得到应用,基本能解决提高网络运维效率、统一网络资源管理、拓扑自动发现、数据转发路径控制等。同时,北向协议接口和南向协议接口也更加完善。

随着设备的不断完善和升级,包括芯片的普及和 OpenFlow 流转表的应用。在网络部署成熟期,基于 SDN 的 IP RAN 能实现低成本的数据面设备,设备根据 SDN 控制器下发的流表控制建立转发表,提升网络整体性能和效率,同时使 OPEX 得到完整优化。

5 结束语

SDN 技术仍然处于应用初期,但是 SDN 所能提供的灵活富于弹性的网络服务能力正逐渐呈现出较大的应用价值。本文围绕着 SDN 在 IP RAN 中的应用,通过目前网络运行的 IP RAN 对 SDN 的需求分析,提出了未来基于 SDN 的 IP RAN 目标架构和实际应用的 3 种组网模型,最后提出了 SDN 技术在 IP RAN 组网应用策略建议。SDN 产

品距离运营商规模商用尚有一定的距离,需要业界共同努力,推动 SDN 应用的发展和普及。

参考文献

- 1 Mckeown N, Anderson T, Balakrishnan H, *et al.* OpenFlow: enabling innovation in campus networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2008, 38(2): 69~74
- 2 Gude N, Koponen T, Pettit J, *et al.* NOX: towards an operating system for networks. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2008, 38(3): 105~110
- 3 Mahalingam M, Dutt D, Duda K, *et al.* VXLAN: a framework for overlaying virtualized layer 2 networks over layer 3 networks. *IETF draft-mahalingam-dutt-dcps-vxlan-03 (work in progress)*, 2013
- 4 ONF. OpenFlow Switch Specification, Version 1.3.0, 2012
- 5 Sridharan M, Greenberg A, Venkataramaiah N, *et al.* NVGRE: network virtualization using generic routing encapsulation. *IETF draft-sridharan-virtualization-nvgre-02 (work in progress)*, 2013
- 6 Davie B, Ross G J. A stateless transport tunneling protocol for network virtualization. *IETF draft-davie-stt-01*, 2013

[作者简介]



陈礼波,男,现就职于中讯邮电咨询设计院有限公司成都分公司川藏事业部,主要从事传输网络规划设计咨询工作。

覃宁,男,现就职于中讯邮电咨询设计院有限公司成都分公司川藏事业部,主要从事传输网络规划设计咨询工作。

2015037-6

(上接 2015047-5)

- 9 Coletti C, Mogensen P, Imer R. Performance analysis of relays in LTE for a realistic suburban deployment scenario. *Proceedings of IEEE the 73rd Vehicular Technology Conference(VTC11 Spring)*, Budapest, Hungary, 2011
- 10 3GPP TR36.942. Radio Frequency System Scenarios V8.1.0, 2008

[作者简介]



杨洪涛,男,北京工业职业技术学院讲师,研究方向为移动通信技术及应用。

刘业辉,男,北京工业职业技术学院通信教研室主任、副教授,研究方向为移动通信工程、嵌入式应用系统。

宋玉娥,女,博士,北京工业职业技术学院副教授,研究方向为现代信号处理理论及应用。

孙社文,男,博士,北京工业职业技术学院教授、教务处副处长,研究方向为移动通信、电力线通信技术及其应用。

刘麟,男,石家庄邮电职业技术学院工程师、教务处教务科副科长,研究方向为移动通信资源分配。

2015047-6