



SDN 在 PTN 的引入与应用分析

汤进凯, 张 奇

(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: PTN 具有端到端 QoS、统计复用和集中网管的特征, 在运营商网络上发挥了重要作用, SDN 具有智能控制、集中控制和开放的特征, 目前发展很快。在两者特点剖析的基础上, 分析了 SDN 引入 PTN 的必要性和基站业务、集客业务的应用场景, 提出了 SPTN 的技术要求, 并结合上海的试点与测试情况分析 SDN 基本功能特点。最后, 探讨了 SDN 引入后运营商网络在转发层和控制层的逐步演进路径。

关键词: 软件定义网; 分组传送网; 控制器

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015266

Introduction and Application Analysis of SDN in PTN

Tang Jinkai, Zhang Qi

(Shanghai Branch Institute of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Shanghai 200060, China)

Abstract: With the features of end-to-end QoS, statistical multiplex and centralized network management, PTN plays an important role in a carrier network. SDN is developing quickly, having the characters of intel-controlling, centralized controlling and source-opened. Based on the characters, the necessity of the introduction SDN to PTN and application scenarios of base station and private line were discussed. Technical requirements of SPTN were proposed and the basic functions of SDN with the result of SPTN testbed in Shanghai CMCC were implied. Finally, the evolution road of transferred layer and controller layer in carrier network after the introduction of SDN was discussed.

Key words: software defined networking, packet transport network, controller

1 SDN 定义及发展

1.1 SDN 起源与定义

软件定义网络 (software defined networking, SDN) 起源于校园, 2006 年美国斯坦福大学的一个科研团队发明了 OpenFlow 协议, 通过 controller (控制器) 集中管控, 在校园网络中进行创新试验跟应用; 3 年后, SDN 的概念由该团队首次提出并发布 OpenFlow 1.0 规范, 得到了学术界与业

界的广泛认可和支持; 2011 年 3 月, 开放网络基金会 (Open Networking Foundation, ONF) 成立, 主要致力于推动 SDN 架构、技术的规范和发展工作, 2015 年 1 月 ONF Board 已批准 OpenFlow 1.5 规范。

SDN 从名称上即可知道, 它是一种网络组织方式的新方法, 包含狭义 SDN 和广义 SDN。

狭义 SDN: 基于 ONF 组织发布的 OpenFlow 标准协议构建, 由软件控制器、OpenFlow 交换机组成的软件定义网络。

收稿日期: 2015-05-29; 修回日期: 2015-10-09

论文引用格式: 汤进凯, 张奇. SDN 在 PTN 的引入与应用分析. 电信科学, 2015266

Tang J K, Zhang Q. Introduction and application analysis of SDN in PTN. Telecommunications Science, 2015266

广义 SDN: 基于开放接口实现应用软件可编程的各种基础网络架构, 是软件定义思想在网络领域的延伸。本文更多探讨的是广义 SDN, 针对 SDN 在传送网的引入和应用进行分析。

1.2 PTN 的发展及 SDN 引入的必要性

在中国移动通信集团有限公司 (以下简称中国移动) 的大力推动下, 分组传送网(packet transport network, PTN) 取得了快速的发展和部署, 短短几年时间就建成了与 SDH 相当的网络规模。PTN 技术既继承了 SDH 的理念, 又积极地融合 MPLS 和 Internet 的优点, 具备统计复用、以太网的低成本等特点。

目前, PTN 上已经承载了大量基站、集客等业务, PTN 已经成为一张全程全网的网络, 引入 SDN 以后则能更好地提升资源利用、运维管理等能力。就基站回传业务而言, 可增强实现统计复用、带宽资源的动态调配、流量感知等, 实现流量的多方向转发和控制。就集客专线业务而言, 可面向多厂商、跨地市、跨省专线协调、协同配置; 可缩短业务响应时间, 增强交互界面, 提升用户感知; 可对业务扩容、路径优化进行自动化规划与调整。简单地讲, 引入 SDN 的价值体现在: 一是弹性管道, 流量经营; 二是智能管理, 提高效率; 三是业务快速响应, 提升用户感知。

2 SDN 在 PTN 的应用场景

2.1 基站业务应用场景

随着 2G/3G 往 4G 的演进以及无线载波聚合的发展

和应用, 基站业务向着更高带宽、更低时延以及横向流量需求增加等趋势发展; 用户的流动性更强, 接入带宽弹性变动的应用场景增多, 如图 1 所示。

面向以上基站业务的特征, 将 SDN 引入 PTN 可实现 PTN 集中化智能控制、高效多业务传送能力、端到端 OAM, 从而更好实现对基站业务的统计复用、带宽资源的动态调配以及流量感知; 可通过集中化的视角得到最佳路径, 对更低时延更为有利; 通过集中控制, 可实现流量的多方向转发与控制。此外, 在基站应用场景中, SDN+PTN 的方式能充分发挥 PTN 的可规划能力, 提高网络资源使用效率。

2.2 集客业务应用场景

集客专线业务呈现快速开通、可动态分配、差异化服务、用户感知敏感等特征。新建设的集客业务要求快速开通, 更多的既有集客用户对高效业务调整提出了需求; 可动态分配带宽资源的需求体现在集客专线业务潮汐效应的解决上; 差异化服务主要是网络承载的差异化以及服务等级的差异化; 用户感知敏感包括对网络质量的敏感以及对服务响应的敏感。

面向集客业务的应用场景, 与基站业务一样, 可通过 SDN+PTN 的方式实现双跨专线在多厂商环境下的互联协调配置; 业务扩容和路径调整等自动化规划调整; 应对由于潮汐效应、地理分布不均等造成的网络资源利用效率低的问题。当然, 面向大颗粒的集客业务, 也可承载在 OTN 平台, 通过 SDN+OTN 技术来实现。

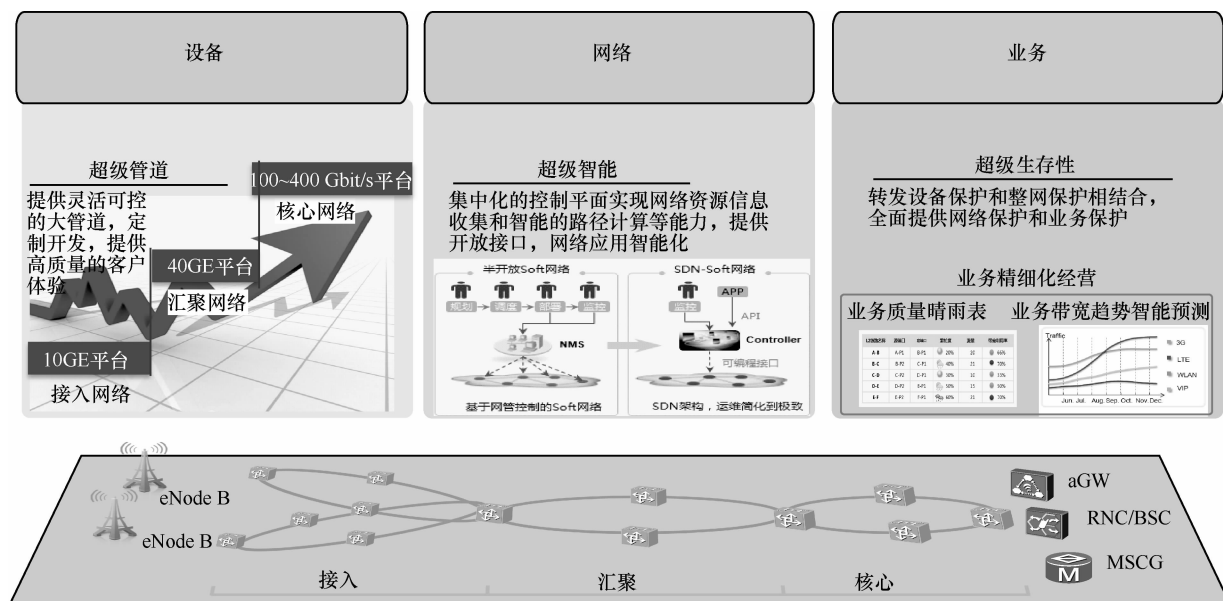


图 1 基站业务 SDN 应用场景及特点



3 SPTN 的网络架构与应用

3.1 SPTN 的概念提出

如前所述,PTN 已经承载了大量基站、集客等业务,传统的 PTN 发展思路与特征是端到端 QoS、统计复用和集中网管,这些特征都为大量业务的电信级运营保障提供了现实条件。而 SDN 的发展则是致力于互联网客户体验,其特征是智能控制、集中控制和开放。在传统 PTN 基础上构建更高带宽、更开放平台和集中控制,将两者进行融合与创新的 SPTN 由此提出,其综合了两者的优点,能更好地完成集中化智能控制、高效资源利用、业务灵活调度,从而实现现有网络的平滑演进。

SPTN 本身包含 3 个含义:一是 soft,即采取开放的 SDN 架构,通过南北向接口实现设备向控制器开放以及控制器面向应用开放,能提供网络的按需调整、高效创新;二是 smart,即通过集中化的控制平面,可实现全局配置、优化、调整的网络能力;三是 scalability,即通过层次化控制的技术,可面向各层次、大规模的组网要求。

3.2 SPTN 的网络结构与技术要求

SPTN 的网络结构如图 2 所示。

运营商的网络尤其是北上广等大城市的城域传送网规模通常较大,为了满足这样大规模组网的需求,如图 2 所示,在 SPTN 的网络结构中采用了层次化控制的架构体系。整体而言,有面向应用的应用层、面向设备物理层面的转发层、进行集中控制的控制层。

从转发层面看,SPTN 是一个混合组网的结构,既有已经建设的传统的 PTN,又有新建的 SPTN,传统 PTN 与 EMS/SNMS 的连接采用 Qx 接口,SPTN 可直接通过

OpenFlow/OF-Config 接口与控制层的 D-controller(单域控制器)连接。转发层要求独立于控制层,当网管和控制器失效时,转发层仍应完成基本的运行功能。

从控制层看,D-controller 是基本控制器,它面向单域 SPTN 或单域内的业务进行业务控制、逻辑显示、路径计算、编排等;多域的管理则通过 S-controller(超级/全局控制器)实现,它发起对跨域 SPTN 的业务控制、跨域拓扑发现、跨域的业务编排等。控制器需要支持大规模组网能力,同时通过 D-controller+S-controller 模式,整网的业务保护和恢复能力更强,可增强网络生存性。

从应用层看,统一、开放的北向接口使得网络应用更方便、更容易形成实际成果,应用层包括 O-App(主要面向运营商本身)和 U-App(主要面向今后开放的用户),从运营商的角度看,可自主开发许多面向运维需要、工程需要或集客发展需要的 App,提高运营效率。

3.3 SDN 在 PTN 的测试与试点

3.3.1 试点环境搭建

2015 年,中国移动和中国电信等运营商都逐步展开了 SDN 的试点,这里以中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司为例分析 SDN 在 PTN 的测试与试点情况。上海移动一方面积极探索 SDN 的应用场景,与目前主流传送技术、运维体制等进行融合;另一方面,大力推进 SDN 应用过程中的关键技术,通过试验等方式验证 SDN 主要功能及其特色功能的可用度。

上海移动主要针对 PTN 搭建了 SPTN 试验网,对 SDN 与 PTN 技术融合程度、SDN 主要基本功能及特点进行了全面的试验及分析。试验网以现有网络架构为基础,简化部分结构,其平台搭建如图 3 所示。

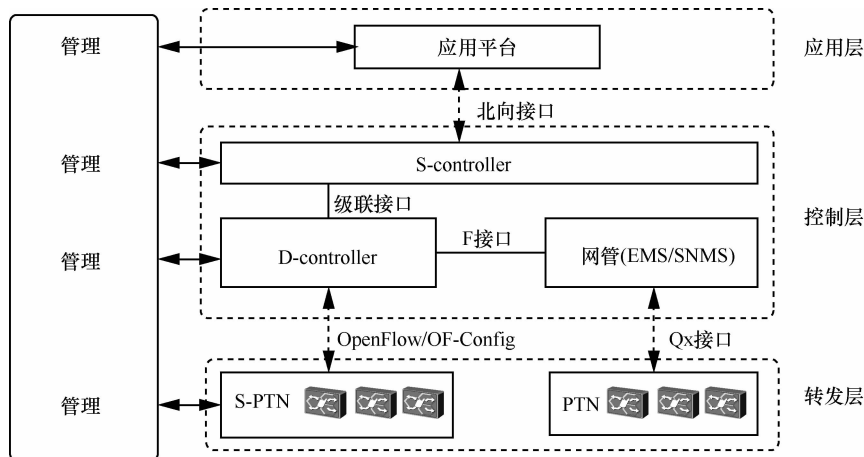


图 2 SPTN 的网络结构

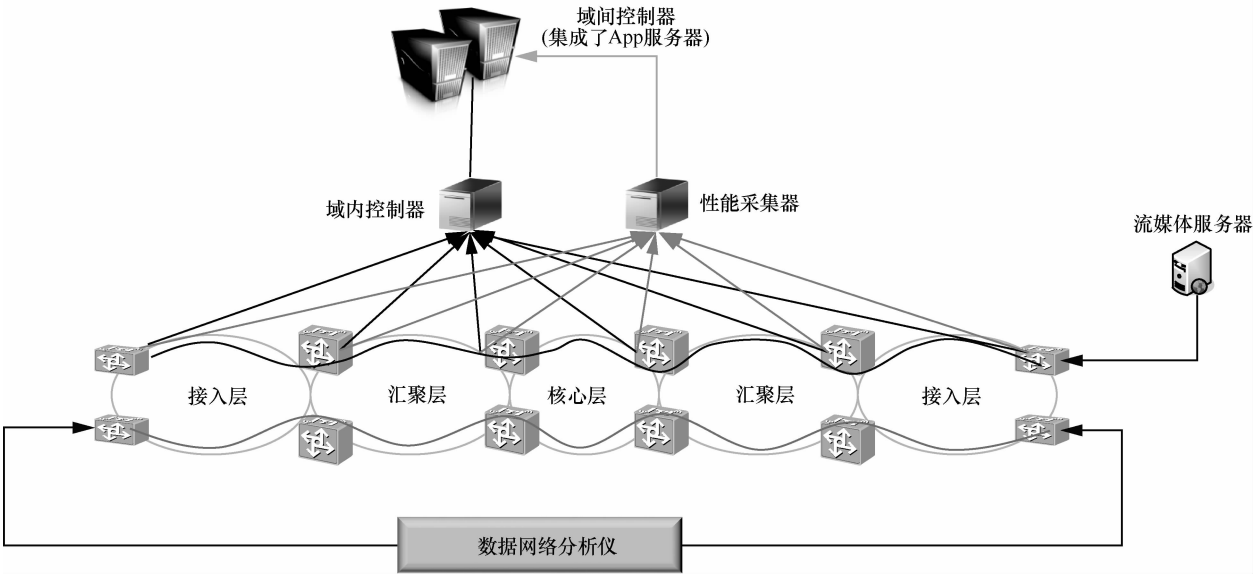


图 3 上海移动 SPTN 试验网平台

鉴于试验网规模及目的，本期试验网采用 D-controller+S-controller 的方式，并集合应用服务器进行 SDN 全功能测试。

3.3.2 SDN 在 PTN 的测试情况

该试验网着重以基本查询功能、路由功能、倒换/调整业务性能、App 交互等维度对 SDN 基本功能及特点进行测试及分析。

经过测试，对于基于 SDN 的基本功能均测试通过，并基本符合目前网络运维等要求，对部分测试内容的优缺点的总结见表 1。

3.3.3 试点测试的启示

通过对 SDN 功能性试验后，SDN 对 PTN 的高度自由化、可定制化、运维管理高效化以及网络资源可移动管理化等特点得到了充分的体现，并验证了目前阶段的可用

性。虽然，在各个主要功能上尚存在多处需要改善之处，但 SDN 整体发展水平日渐成熟，能够显著改善对运营商网络资源的控制、管理、维护等。

3.4 运营商网络的逐步演进

目前的试点说明，SDN 的引入和功能实现有一个逐步成熟的过程，同样 SDN 引入后运营商的网络也将是一个逐步演进的过程。

首先，转发层是一个逐步演进的过程。目前中国移动所部署的大部分 PTN 设备都是传统 PTN，并已部署了较为丰富的网络层次，以 PTN 二层网络面向 2G、3G、专线的业务调度，以 PTN L2 VPN+L3 VPN 的网络面向 4G 业务的调度，于网管而言还是采用传统的 Qx 接口与网管相连，这些 PTN 设备将继续沿用目前的方式。对于新部署的平面或者平台，则可以逐步采用 SPTN 或者能支持 SPTN

表 1 SDN 测试主要优缺点分析

测试内容	功能优势	待改善
网络结构及拓扑查询	可选择多种视角查看网络结构，新增业务关联视角，将业务源宿、LSP/Tunnel 以及实际 PTN 路由节点分层次显示	
资源查询	对于重点关注资源可即时查询或显示，方便直观	对于网元级资源(槽位、端口等)需转至 EMS 平台查询。SDN 平台和 EMS 平台尚无法共享网元信息
路由搜索及业务发放	以带宽、跳数、时延或相关组合为关键因素进行网络路由搜索；能够实现路由搜索、确认、业务激活并发放无缝衔接，加速业务开通流程	需要支持对运营商特定路由策略的导入，完善特殊场景下静态路由的支持
App 交互	能够通过应用完成对特定业务网络性能的查询，并开放适当网络功能给用户，提升用户体验	需完善应用界面中的部分显示细节



的产品来构建网络,以更高速的带宽、更开放的平台进行规划,与 SDN 的 D-controller 则直接以 OpenFlow/OF-Config 接口相连。

其次,从控制层/网管平面来说也将逐步发生变化。传统网管由厂商各自的 EMS 进行 PTN 与设备的故障管理、性能管理、配置管理和安全管理,同时面向综合网管开放北向接口,一般而言,一个网元级的网管可管理 3 000~4 000 的网元设备。引入 SDN 以后,增加了 S-controller 与 D-controller 的集中控制层,通过 D-controller 以 F 接口与传统网管相连并进行控制,同时 D-controller 也可与 SPTN 直接相连,S-controller 管理多个 D-controller 的不同域,实现了多域的集中控制功能,由 PTN 延伸开以后能逐步集中管理包括 PTN、OTN、GPON 等不同网络在内的多域以及不同厂商的多域。另外,北向接口将得到统一,开放 API,许多功能的开发可以基于 App 的方式,逐步实现丰富而快捷的目标。

4 结束语

传送网过去沿着电信级的运营保障方向不断完善和推陈出新,PTN 是继 SDH 之后发展得较为完备并在城域网部署最快的网络,PTN 技术也是在完善的 OAM 和面向二层、三层的 MPLS 结合得很出色的技术,是一个创新的产品,如今基于互联网的客户体验的 SDN 在 PTN 中引入,将延续 PTN 的创新之路。长远看,SDN 在传送网络中的引入也将扩展到其他网络,当几张网络都应用以后,将形成 SDN 与 PTN、OTN、PON 以及光交网络的协同管理、全局调度,网络的智能特征和运营效率将更为增强。

参考文献

- 1 ONF. Software-Defined Networking: The New Norm for Networks. ONF White Paper, 2012
- 2 Thomas D. Nadeau and Ken Gray, SDN: Software Defined Networks, O'Reilly, 2013
- 3 ONF. Optical Transport Use Cases. ONF White Paper, 2012
- 4 Gringeri S, Bitar N, Xia T J. Extending software defined network principles to include optical transport. IEEE Communications Magazine, 2013, 51(3):32~40
- 5 中国移动通信集团有限公司上海分公司. 2014 年上海移动传送网络管理与发展演进规划研究, 2014
Shanghai Branch of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd. Research on the management and development of Shanghai mobile transmission network in 2014, 2014

[作者简介]



汤进凯,男,中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司高级工程师,主要研究方向为光传送网规划设计、光通信网络及 SDN 研究等。



张奇,男,中国移动通信集团设计院有限公司上海分公司高级咨询设计师、高级工程师,主要研究方向为光纤通信网络、有线宽带接入网及 SDN 研究等。