



PTN 网络架构中 L2 转 L3 设置方案

邓旭

(中国移动通信集团广西有限公司, 广西 南宁 530028)

摘要: 分组传送网 (PTN) 凭借其技术优势已成为传送网络的主流技术之一。初期的 PTN 网络架构中 L2/L3 设备设置于核心层, 从而存在网络安全性较差和系统承载能力较弱两大难题。结合中国移动网络现状, 提出 L2/L3 设备设置于汇聚层的新型 PTN 网络架构, 并将该架构与初期的 PTN 网络架构进行对比。结果表明, L2/L3 设备设置于汇聚层的 PTN 网络架构在安全性和高效性上表现更优。

关键词: PTN 网络架构; L2/L3 设备设置; 网络安全性; 承载能力

中图分类号: TN913

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017130

L2/L3 equipment deployment scheme in PTN network architecture

DENG Xu

China Mobile Group Guangxi Co., Ltd., Nanning 530028, China

Abstract: Relying on technological superiority, packet transport network (PTN) technology has become the main force in the construction of the transport network. In the early PTN network architecture, the L2/L3 equipment was deployed in the core layer. Therefore, it will face two challenges of poor security and low network performance. Based on China Mobile's current network, the new PTN architecture which L2/L3 equipment deployed in the convergence layer was proposed, and compared the network security and load capacity with L2/L3 equipment deployment in different level. The result shows that the new PTN architecture is better in terms of network security and efficiency.

Key words: PTN network architecture, L2/L3 equipment deployment, network security, load capacity

1 引言

PTN (packet transport network, 分组传送网) 技术是传输网络的重要技术之一。中国通信运营商 4G 业务起步阶段的 LTE 基站规模相对较少, 因此初期 PTN 中的 L2/L3 PTN 设备集中设置于核心层, 这样的网络架构便于统一管理, 却也使得汇聚环承载能力受限, 并且存在一定的安全风险。

随着各运营商 4G 业务需求量的爆发式增

长, 初期的 PTN 网络架构正在越来越多地暴露出自身缺陷, 已经无法良好地匹配我国通信运营商未来业务的快速发展。因此各运营商急需一种新型的 PTN 网络架构来支撑未来几年业务的高速发展。

2 PTN 网络架构现状及瓶颈

PTN 分为核心层、汇聚层和接入层。初期 PTN 网络架构如图 1 所示^[1], 核心层采用 L2/L3 PTN

设备与 L3 PTN 设备, 汇聚层和接入层采用 L2 PTN 设备。核心环建有 1~2 对 L2/L3 PTN 设备及 1 对 L3 PTN 设备, 单个汇聚环设有 4~6 个汇聚节点, 核心环、汇聚环、接入环逐级下挂。

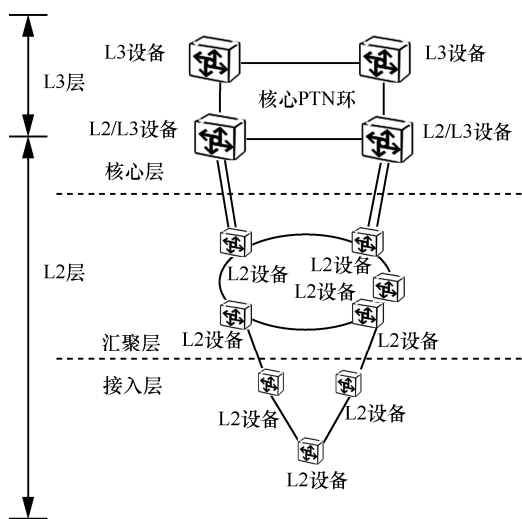


图1 初期PTN网络架构

(1) 存在安全风险

由图1可知, 初期PTN中业务链路无法直接上联至L3 PTN设备, 必须经由L2/L3 PTN设备转发。同时, 该架构中L2层网络较长、L3层网络较窄, L2层、L3层网络采用分段保护(并不采用协同保护), 当多条链路同时出现故障时会造成大面积业务中断, 存在一定的安全风险。

(2) 承载能力有限

PTN系统主要承载无线、家庭宽带、集团客户业务。以无线业务为例, 当前中国移动PTN汇聚环中每条上联至核心层PTN设备的10GE链路能够承载200个LTE基站。基于实际情况, 绝大部分LTE基站起初都先承载于已建的汇聚环上, 待新汇聚环启用后再进行割接调整, 因此当汇聚环承载的LTE基站数接近200个就必须进行割接调整。运营商4G业务正在快速增长, 需新增大量PTN系统来满足业务发展, 若汇聚环承载能力较低, 则网络建设成本会相当高, 汇聚环割接调整量也非常大, 这会对网络稳定性造成冲击。

综上, 初期的PTN网络架构在承载能力及网络安全性方面均存在瓶颈。如何通过优化PTN网络架构来解决上述问题就成为了通信运营商面临的重要研究课题。

3 PTN汇聚环安全性分析

目前, PTN网络保护方案为二层网络, 采用隧道保护、伪线保护^[2], 三层网络L3 VPN采用VPN FRR保护策略, 为业务提供保护。对于二层网络, 在发生断纤时, 通过隧道倒换或伪线倒换可以保护业务不中断; 对于三层网络故障, 能够通过VPN FRR保证业务不中断。然而, 由于二层网络和三层网络都是独立控制, 并不协同保护, 当发生多点链路同时故障时会造成较大的业务中断。以下将建立模型, 对比L2/L3 PTN设备设置于核心层的网络架构和L2/L3 PTN设备设置在汇聚层的网络架构的安全性。

评估模型如下: 某业务区共有 n 个汇聚环, 每个汇聚环中有A、B、C、D 4个汇聚节点, 接入环均采用双归的方式挂接于汇聚节点上; 业务区共承载 S 个LTE基站, 其中第 i 个汇聚环上承载的LTE基站数为 N_i ; 每个汇聚环有6处物理链路(即①~⑥), 各段落链路故障均为相互独立事件且每段故障的概率均为 P ; 网络采用线性标签交换通道(label switched path, LSP) 1:1保护。其网络架构如图2所示。

以汇聚环1为例, 单个汇聚环发生两条及以上链路同时故障的情况共有57种, 受篇幅所限仅介绍部分主要故障情况, 见表1。

由表1可知, 当出现同样的链路故障时, 后者业务中断的LTE基站数较少, 甚至不会对业务造成影响。

表1反映了单个汇聚环的情况, 整个业务区LTE基站业务中断数量的数学期望为:

$$E = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot R_i \quad (1)$$

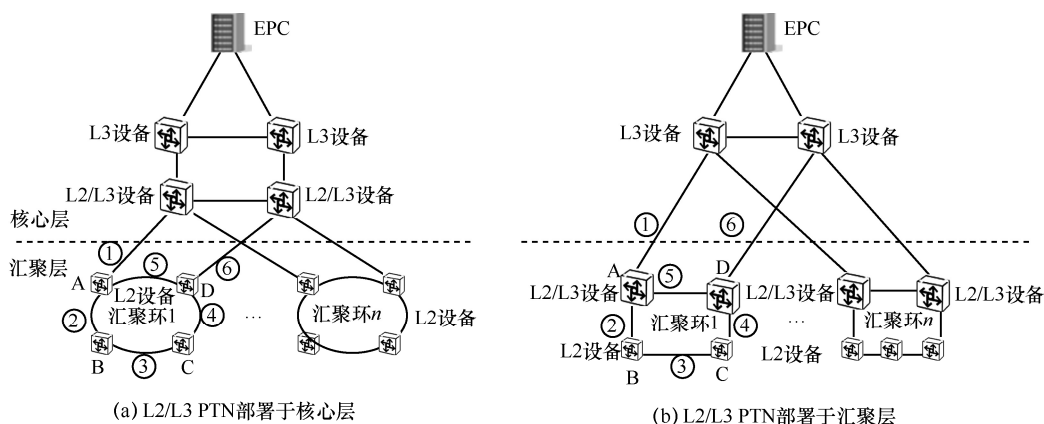


图2 两种网络架构拓扑示意

表1 多处链路故障对单个汇聚环造成的影响

序号	链路断点	发生概率	L2/L3 PTN 设备设置于核心层		L2/L3 PTN 设备设置于汇聚层	
			业务中断位置	业务中断百分比	业务中断位置	业务中断百分比
1	①③	$P^2 \times (1-P)^4$	A-B	25%	无	0
2	①④	$P^2 \times (1-P)^4$	A-B/B-C	50%	无	0
3	②⑥	$P^2 \times (1-P)^4$	B-C	25%	无	0
4	③⑥	$P^2 \times (1-P)^4$	C-D	25%	无	0
5	①②③	$P^3 \times (1-P)^3$	A-B	25%	无	0
6	①②④	$P^3 \times (1-P)^3$	A-B/B-C	50%	B-C	25%
7	①③④	$P^3 \times (1-P)^3$	A-B/B-C	50%	无	0
8	②③⑥	$P^3 \times (1-P)^3$	B-C/C-D	50%	无	0
9	②④⑥	$P^3 \times (1-P)^3$	B-C/C-D	50%	B-C	25%
10	③④⑥	$P^3 \times (1-P)^3$	C-D	25%	无	0
11	①②③④	$P^4 \times (1-P)^2$	A-B/B-C	50%	B-C	25%
12	②③④⑥	$P^4 \times (1-P)^2$	B-C/C-D	50%	B-C	25%

其中, E 为 LTE 基站中断个数的数学期望, Q_i 为第 i 种情况出现的概率, R_i 为第 i 种情况出现时业务中断的 LTE 基站数量, n 为多段链路故障情况的总量。

假设 L2/L3 PTN 设置于核心层时 LTE 基站中断个数的数学期望为 E_1 , L2/L3 PTN 设置于汇聚层时 LTE 基站中断个数的数学期望为 E_2 , 按照 57 种多段链路故障情况计算, 代入式 (1) 可得:

$$E_1 = S \cdot \left[\frac{5}{2} P^2 \cdot (1-P)^4 + \frac{17}{2} P^3 \cdot (1-P)^3 + \frac{39}{4} P^4 \cdot (1-P)^2 + 5P^5 \cdot (1-P) + P^6 \right] \quad (2)$$

$$E_2 = S \cdot \left[\frac{5}{4} P^2 \cdot (1-P)^4 + \frac{13}{2} P^3 \cdot (1-P)^3 + \frac{37}{4} P^4 \cdot (1-P)^2 + 5P^5 \cdot (1-P) + P^6 \right] \quad (3)$$

对比式 (2)、式 (3) 可知: $E_1 > E_2$ 。这说明 L2/L3 PTN 设备设置于汇聚层的网络架构能够有效降低业务中断的 LTE 基站数量, 网络安全性更高。

4 PTN 汇聚环承载能力分析

4.1 3 种 L2/L3 PTN 设备设置方案

通常每个业务区设有两个核心节点; 城区设有骨干汇聚节点和普通汇聚节点, 二者的比例通常为 1:3; 每个县城设有两个骨干汇聚节点, 即县城一、二节点; 每个乡镇设有一个乡镇汇聚节点。L2/L3 PTN 设备设置在不同的层级会对 PTN 产生巨大的影响, 主要设置方案有以下 3 种。

方案 1: 核心层设置 L3 PTN 设备和 L2/L3

PTN 设备, 汇聚层和接入层设置 L2 PTN 设备。该方案的约束条件为: 单个汇聚环上的汇聚节点数通常为 4~6 个, 平均为 5 个汇聚节点; 业务区的汇聚环承载总量必须高于预期 LTE 基站数量。方案 1 网络架构示意如图 3 所示。

受限于上述条件, 方案 1 的 PTN 汇聚环建设规模算法如下:

$$N = \max\left(\frac{n}{s}, \frac{S_{\text{预}}}{C}\right) \quad (4)$$

其中, N 为汇聚环建设总量, n 为汇聚节点总量, $S_{\text{预}}$ 为该业务区 LTE 基站预计需求量, C 为上联 10GE 链路可承载的 LTE 基站数。

方案 1 中, L2 报文终结于 L2/L3 PTN 设备, 当 L2/L3 PTN 设备设置于核心层时, 汇聚层 L2 设备上联至核心层的链路为 L2 层链路, 根据 LTE 基站载频承载能力, 单个 LTE 宏基站 (S111) 配置保证带宽为 80 MHz, LTE 室分配配置保证带宽为 60 MHz。根据中国移动 PTN 系统建设指导意见, 接入层、汇聚层、核心层的收敛比为 4:3:2, 因此核心层中单个 LTE 基站配置 40 MHz 保证带宽, 同时预留相应的峰值带宽余量。据此计算每条

10GE 上联链路可承载的 LTE 基站数量在 200 个左右, 即 $C=200$ 。因此式 (4) 可改写为:

$$N = \max\left(\frac{n}{5}, \frac{S_{\text{预}}}{200}\right) \quad (5)$$

方案 2: 核心层设置 L3 PTN 设备, 汇聚层的骨干汇聚节点设置 L2/L3 PTN 设备, 普通汇聚节点和接入层节点采用 L2 设备, 为满足相邻骨干汇聚节点间的基站挂接需求, 网络需相邻骨干汇聚两两组对, 方案 2 网络架构及拓扑如图 4 所示。

基于拓扑图可推算出方案 2 的 PTN 汇聚环建设规模为:

$$N = n_{\text{骨}} + 2 \cdot n_{\text{县}} + 1 \quad (6)$$

其中, N 为汇聚环建设总量, $n_{\text{骨}}$ 为城区骨干汇聚节点数量, $n_{\text{县}}$ 为县城骨干汇聚节点数量。

在统计出 PTN 汇聚环个数后能够计算出业务区的 LTE 基站的承载上限 (S_{max}), 计算式为:

$$S_{\text{max}} = (n_{\text{骨}} + 2 \cdot n_{\text{县}} + 1) \cdot C \quad (7)$$

与方案 1 的本质区别是, 方案 2 中 L2 报文终结于汇聚层, L2/L3 PTN 设备上联至核心层 L3 设备的链路为 L3 层链路, 链路承载能力按照用户数计算, 因此限制 PTN 汇聚环承载能力的约束条件

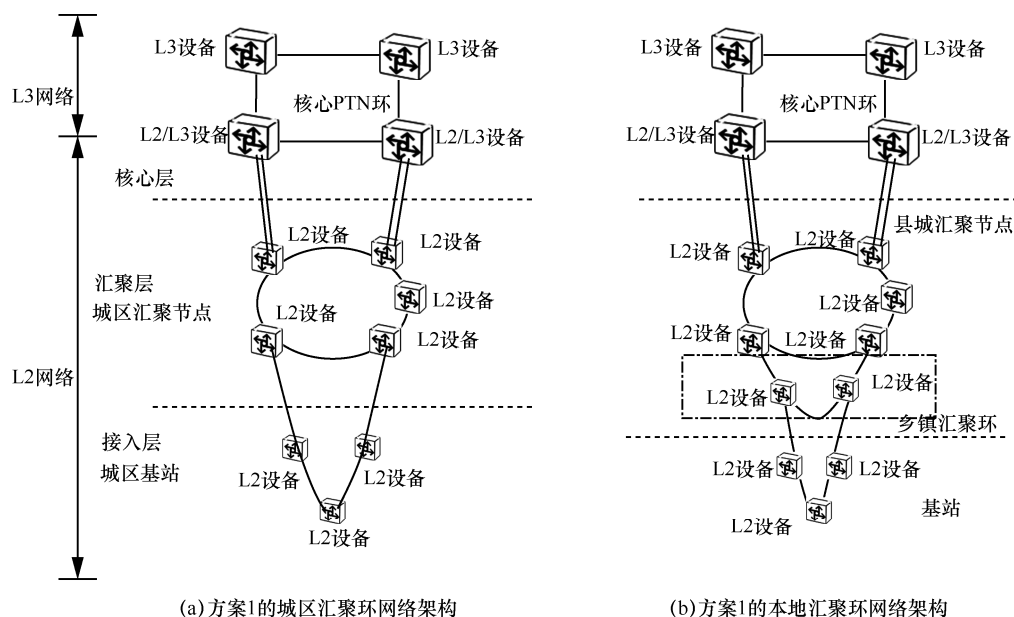


图3 方案1网络架构示意

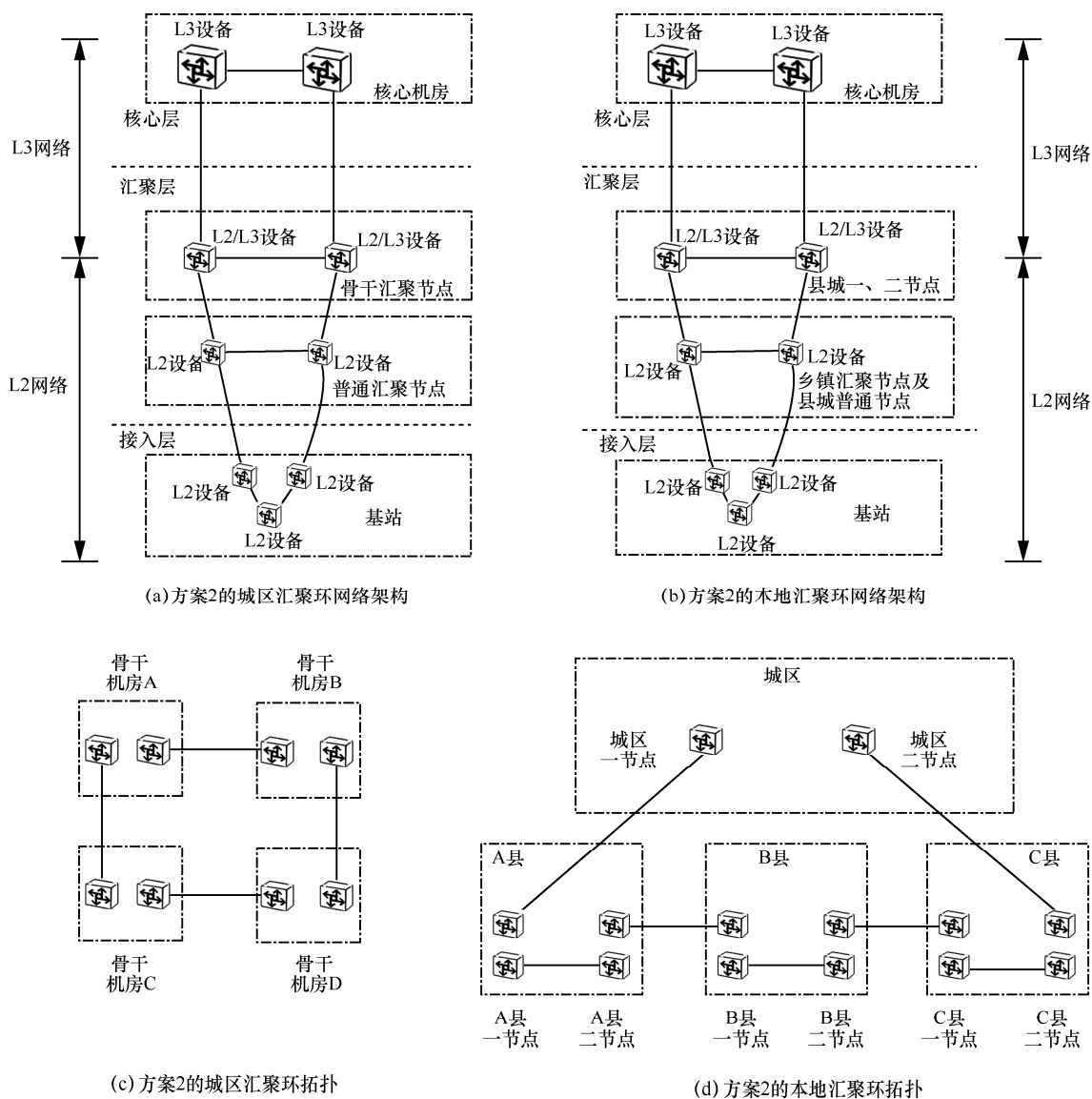


图4 方案2网络架构及拓扑

由基站数量转变为设备处理能力，目前主流厂商中型 PTN 设备的处理能力为单条上联 10GE 链路承载 1 000 个 LTE 基站，即 $C=1\ 000$ 。因此式 (7) 可写成：

$$S_{\max}=1\ 000 \cdot [n_{\text{骨}}+(2 \cdot n_{\text{县}}+1)] \quad (8)$$

方案 3：核心层设置 L3 PTN 设备，汇聚层全部汇聚节点均设置 L2/L3 PTN 设备，接入层设置 L2 设备。方案 3 是在方案 2 的基础上将 L2/L3 PTN 设备进一步下沉，其主要参数的计算式与方案 2 相似，具体如下：

$$S_{\max}=1\ 000 \cdot [n_{\text{城}}+(2 \cdot n_{\text{本}}+1)] \quad (9)$$

其中， $S_{\max}$ 为汇聚环承载 LTE 基站数上限， $n_{\text{城}}$ 为城区全部汇聚机房数量， $n_{\text{本}}$ 为县城与乡镇全部汇聚机房数量， C 为上联 10GE 链路可承载 LTE 基站数。

推导出 PTN 重要参数计算式后，下一节将根据某地市业务区实际情况对方案 1~方案 3 进行详细分析。

4.2 案例分析

某地市业务区按市区和县城区域进行网络规

表 2 3 种 PTN 汇聚环建设方案主要参数

方案	L2/L3 PTN 设备位置	PTN 汇聚环建设数量/个	上联 10GE 链路数/条	可承载 LTE 基站上限/千个	能否满足 2017 年业务需求	能否满足 2019 年业务需求	可扩展性	网络建设成本
1	核心节点	23	23	4.6	是	否	弱	高
2	骨干汇聚节点	10	10	10	是	是	强	低
3	全部汇聚节点	65	65	65	是	是	极强	极高

划,市区规划 5 个骨干汇聚节点和 15 个普通汇聚节点;业务区设有 2 个县城(包括 20 个乡镇),共规划 4 个骨干汇聚机房和 20 个普通汇聚机房。预计该业务区 2017 年底的 LTE 基站的需求量为 4 500 个,其中城区 2 000 个,县城、乡镇及农村 2 500 个,2019 年底的 LTE 基站总数预计达到 6 500 个。

基于第 4.1 节的计算式计算,3 种 PTN 汇聚环建设方案主要参数见表 2。

4.3 方案对比结论

就单汇聚环承载能力而言,方案 1<方案 2=方案 3,方案 1 单汇聚环仅能承载 200 个 LTE 基站,方案 2、方案 3 单汇聚环能够承载 1 000 个 LTE 基站。

就承载总量而言,方案 1 的承载上限仅高于 2017 年预计值 2%,一旦 2017 年实际 LTE 基站建设数量超出预计值,则 PTN 系统将无法满足业务承载需求,导致网络流量溢出,并且方案 1 无法满足 2019 年的承载需求,导致后期需不断新建汇聚环来满足业务发展,网络建设成本大、网络稳定性不高。方案 2、方案 3 的承载总量都能满足至 2019 年的承载需求,但方案 3 承载能力上限大大超过 2019 年的预计值,网络建设成本过高,会造成投资浪费。

经过综合考虑,方案 2 的单环承载能力突出,承载总量满足业务区远期发展需求,网络扩展性强、建设规模合适、建设成本较低,是最佳的建设方案。3 种建设方案的建设规模示意如图 5 所示。

综上所述,阐述了不同 PTN 网络架构的承载能力,通过实际案例分析出各方案的优劣,并得出最佳方案。此外,需要注意的是,每个业务区

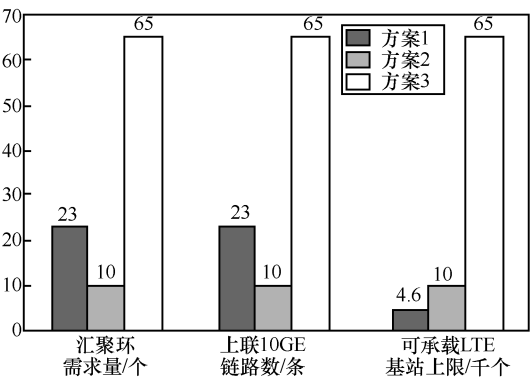


图 5 3 种建设方案的建设规模示意

需要根据自身实际情况及未来发展需求选择合理的网络建设方案,本文推荐的最佳方案并非适用于全部业务区。

5 结束语

PTN 技术凭借其诸多技术优势仍将作为我国通信运营商未来几年传输网络的主要技术,但随着 4G 业务的爆发式增长,初期的 PTN 网络架构在安全性及承载能力方面存在技术瓶颈,只有采用新型的 PTN 网络架构才能更好地满足业务发展需求。本文首先梳理了初期 PTN 网络架构面临的问题,随后通过建立网络模型分析出 L2/L3 PTN 设备设置在汇聚层的网络架构安全性更优,之后对比 L2/L3 PTN 设备设置于核心节点、骨干汇聚节点、普通汇聚节点 3 种建设方案的承载能力,并根据某业务区实际发展需求选出最优建设方案,为中国运营商今后的传输网络建设提供了参考。

参考文献:

[1] 刘军. LTE 承载网 L2 转 L3 网络方案研究[J]. 邮电设计技术, 2014(4): 76-79.



- LIU J. Research on the L2/L3 scheme of LTE bearer network[J]. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2014(4): 76-79.
- [2] 赵晓春. 分组传送网(PTN)新保护方式的研究[J]. 信息技术, 2015(3): 100-104.
- ZHAO X C. Research on PTN network new protection method[J]. Information Technology, 2015(3): 100-104.
- [3] 曹济娴. PTN 技术在连云港移动 4G 传输网中应用的研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2015.
- CAO J X. Study of the PTN technology and its application in Lianyungang Mobile's the 4G transmission network[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2015.
- [4] 王健, 梁灿. 面向 LTE 基站回传的 PTN 核心层 L3 网络组网思路探讨[J]. 电信科学, 2013, 29(9): 165-170.
- WANG J, LIANG C. Discussion of LTE backhaul service-oriented PTN L3 core network design[J]. Telecommunications Science, 2013, 29(9): 165-170.
- [5] 肖奕. 高可靠性下的二层组播设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.
- XIAO Y. Design and implementation of L2 multicast on high availability[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012.
- [6] 李文宇, 宋丽娜, 何秀森. LTE 产业发展分析和展望[J]. 电信科学, 2014, 30(3): 6-11.
- LI W Y, SONG L N, HE X M, et al. Development analysis and perspective on LTE current status[J]. Telecommunications Science, 2014, 30(3): 6-11.
- [7] 卢卫, 陆希玉. 4G 时代移动互联网的发展趋势[J]. 电信科学, 2014, 30(5): 51-54.
- LU W, LU X Y. Mobile internet trends in 4G era [J]. Telecommunications Science, 2014, 30(5): 51-54.
- [8] 郑小平, 华楠. 光网络 30 年: 回顾与展望[J]. 电信科学, 2016, 32(5): 24-33.
- ZHENG X P, HUA N. Review and outlook of 30 years of optical network development[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(5): 24-33.
- [9] 崔秀国, 刘翔, 操时宜, 等. 光纤通信系统技术的发展、挑战与机遇[J]. 电信科学, 2016, 32(5): 34-43.
- CUI X G, LIU X, CAO S Y, et al. Development, challenge and opportunity of optical fiber communication system technologies [J]. Telecommunications Science, 2016, 32(5): 34-43.

[作者简介]



邓旭 (1976-), 男, 中国移动通信集团广西有限公司高级工程师、计划技术部总经理, 主要研究方向为通信网络规划与建设。