



多网协同的集团客户语音专线可靠性优化新方案

吴宇¹, 王小燕¹, 杨昀², 王华¹, 窦燕³, 方晶晶¹

(1. 中国移动通信集团江苏有限公司, 江苏 南京 210029;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司江苏分公司, 江苏 南京 210029;

3. 中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司, 江苏 南京 210029)

摘要: 基于 VoIP 并采用 PON 接入方式的语音专线已成为集团客户市场的主流解决方案。传统的 TDM 语音专线依托 SDH 接入方式仍然保有可靠性优势, 因此提出了一种不依赖 SDH 和传输保护技术的 VoIP 专线可靠性优化新方案, 论证了该方案具有低成本高效益的特点, 详细分析了该方案通过多网协同达成组网目标的具体方法, 最后通过实验室测试和现网试用, 导入真实业务, 从而验证了方案的合理性、可行性以及稳定性。

关键词: 语音专线; 可靠性; 优化方案; 测试; 现网试用

中图分类号: TN916.2

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2018309

New reliability optimization solution in enterprise private voice line service based on multi-network collaboration

WU Yu¹, WANG Xiaoyan¹, YANG Yun², WANG Hua¹, DOU Yan³, FANG Jingjing¹

1. China Mobile Group Jiangsu Co., Ltd., Nanjing 210029, China

2. Jiangsu Branch of China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210029, China

3. Nanjing Branch of China Mobile Group Jiangsu Co., Ltd., Nanjing 210029, China

Abstract: The voice line based on VoIP and adopting PON access has become the mainstream solution for the enterprise private voice line service market. The traditional TDM voice line still retained the reliability advantage based on the SDH access. Therefore, a new VoIP line reliability optimization solution that didn't rely on SDH and transmission protection technology was proposed. The lower cost and high efficiency of the solution was demonstrated and the specific method of the scheme was analyzed to achieve the networking goal through multi-network collaboration. Through both laboratory test and present network trial, the rationality, feasibility and stability of the solution was verified.

Key words: private voice line, reliability, optimization solution, test, present network trial

1 引言

当前 VoIP (voice over internet protocol, 基于 IP 的语音) 已是集团客户语音专线主流承载方式,

大量替代了 TDM (time-division multiplexing, 时分复用) 语音专线。传统的 TDM 语音专线组网方式为 “TDM 语音 + TDM 交换 + SDH 接入 (synchronous digital hierarchy, 同步数字体系)”,

收稿日期: 2018-08-21; 修回日期: 2018-10-24



因灵活性差、建设成本高，正快速退出市场。新兴的 VoIP 专线组网方式为“VoIP 语音+IMS (IP multimedia subsystem, IP 多媒体子系统) 软交换+PON (passive optical network, 无源光纤网络) 接入”，因充分利用 IP 的灵活性、IMS 的大容量和 PON 系统的低成本，而成为兼顾用户需求和运营成本的最优选择。以某省级运营商为例，现网 5 万余条语音专线中，此类语音专线的占比已达 81%，且通话质量和用户感知均达标。

然而在大量实践中发现，传统 TDM 语音专线虽然高度依赖 SDH 传输系统导致成本高，却也借助快速可靠的 SDH 环路保护机制获得了很高的整体可靠性，表现在对传输光缆中断的适应性好，用户几乎无感知即可完成业务恢复，节省大量维护资源。而新兴的 VoIP 专线却在这一点上遇到短板，传输光缆中断常常导致语音用户的批量投诉，需长时间等待光缆修复或者维护人员手工切换传输链路。这样的差别使得一部分可靠性敏感用户长期留守 TDM 语音专线。

为此，本文中提出了一个新的 VoIP 专线可靠性优化方案，该方案不依赖 SDH 或其他传输保护技术，可对所有类型的 VoIP 专线进行安全加固，使业务中断时间大幅缩短（从数小时甚至数天缩短至约 15 min），而额外投入很低，低成本高效益特征明显。本文在现网对该方案进行了全面的实地验证，验证结果符合预期。

2 方案介绍

2.1 传统语音专线与 VoIP 专线的组网结构比较

传统 TDM 语音专线通常采用 N 条 E1 电路接入 SDH 传输网^[1]，终结于核心网交换设备 TDM 端口。因在 SDH 系统上启用了环路保护，工作方向光缆或设备出现故障时，可在 50 ms 内自动切换到备用方向电路。但这种专线接入方式不仅成本较高，且近年来各运营商均大幅减少 SDH 系统扩容规模或逐步停止新增 SDH 设备^[2]。在基础固

定语音业务重要性下降的背景下，传统 TDM 语音专线的高成本劣势凸显。

VoIP 专线则采用静态 IP 地址，通过以太网电路接入 PON^[3]，经 OLT (optical line terminal, PON 网络中的光线路终端设备)、BRAS/SR (broadband remote access server/ service router, 宽带远程接入服务器/业务路由器设备)，终结于 SBC (session border controller, IMS 网络中的会话边界控制器设备)。因 OLT 与 BRAS/SR 之间为 L2 连接，无路由能力，当主用方向光缆或上联链路出现故障时，OLT 无法将 VoIP 流量切换至备用方向，导致语音业务中断。

两者的比较如图 1 所示，MGW 为媒体网关，SDH 为光传输设备，PBX 为用户语音交换机，SBC 为安全边界网关，OLT 为 PON 系统光线路终端，ONU 为 PON 系统光网络单元，P-PBX 为 VoIP 用户语音交换机。

2.2 现有 VoIP 专线组网存在的问题及已有方案

因此，当主用方向出现故障时，只有两种处理方法：一是被动等待主用方向光缆修复，这至少需要数小时甚至数十个小时，期间损失业务收入、影响用户感知；二是需手工对相关网络设备和链路逐一进行重新配置，打通备用方向的语音流量通道。由于语音终端采用静态 IP 地址配置，此时备用方向至语音终端的 L3 路由仍然不通，网管通道中断，无法远程操作，还需维护人员到现场重启语音终端设备，才能最终恢复业务。上述操作需维护人员赶到现场，全程至少需要数个小时，同样导致用户投诉和收入损失。

因存在上述问题，少量对语音业务可靠性要求很高、难以容忍短时间业务中断的客户，仍然选择留在传统 TDM 语音专线接入方式。本文方案并不针对这部分客户，而是聚焦在如何进一步缩短 VoIP 专线的故障恢复时间，使之尽量接近传统 TDM 语音专线的用户感知，而同时仍能保留 VoIP 专线的低成本优势。

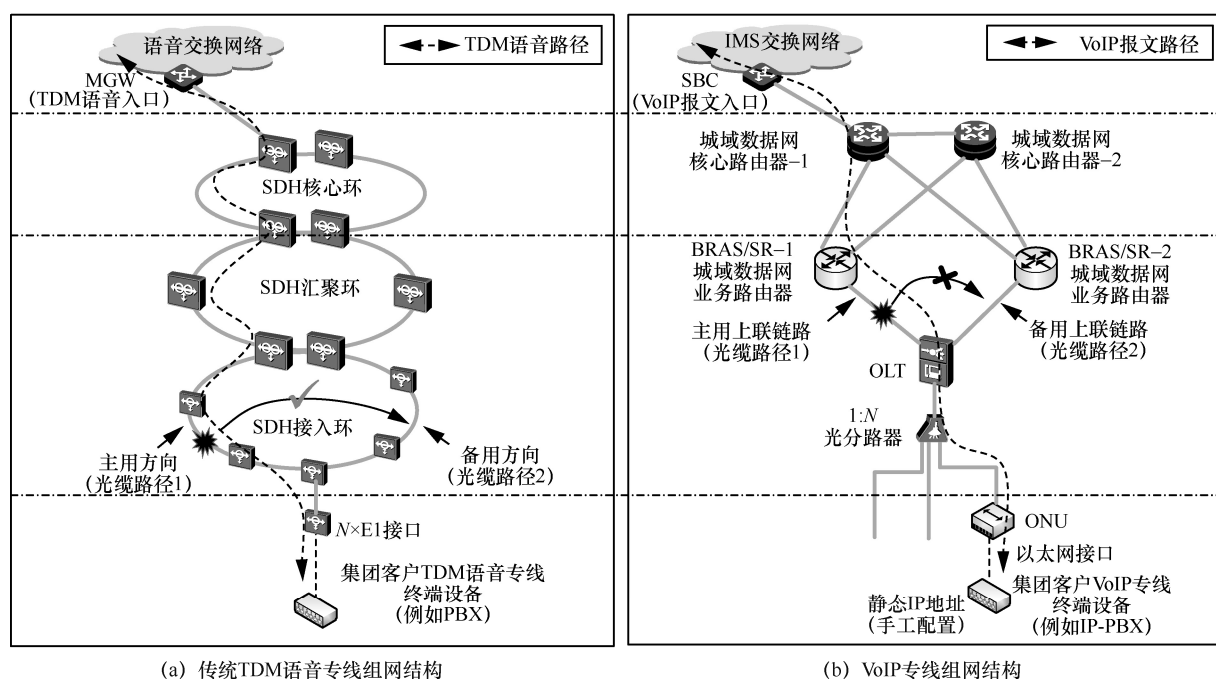


图1 传统语音专线与VoIP专线的组网结构示意图

已有的VoIP专线保护方案主要是针对OLT至光分路器之间的光缆段落,如GPON TypeB保护,用于保护OLT以下光缆故障^[4],但并不能保护OLT之上的光缆段落故障。

此外,还有一种通过无线语音接入(例如无线商话产品)来保障有线语音专线的方案^[5],能够实现当语音专线故障时所有客户拨入拨出电话自动转接无线商话,但这种方案的语音接入能力有限、需要额外增加无线商话终端成本,因此并非主流,通常仅用于语音专线的应急保障。

2.3 基于动态地址分配的VoIP专线可靠性优化新方案

该方案的基本思路是利用DHCP(dynamic host configuration protocol,动态主机配置协议)在分配IP地址过程中的“地址租约周期”及其“自动续租”机制^[6],在故障发生后,待原有IP地址租约期满,语音终端自动发起新的IP地址获取流程并重新向SBC注册,从而将语音报文收发路径切换至备用链路,最终达到自动恢复语音业务的目的。

该方案的组网及其故障切换流程如图2所示。对应图2,可梳理得到该方案中的关键工作流程如下。

(1) 语音终端正常上线流程:

步骤1 语音终端上联物理通道打通;

步骤2 语音终端发出DHCP请求广播报文;

步骤3 发往BRAS/SR-1方向的广播报文先行到达DHCP,DHCP先响应此报文,此方向即成为主用方向,后续语音报文均从该方向收发,DHCP定期续租报文也从该方向收发;

步骤4 DHCP与语音终端交互,完成IP地址分配;

步骤5 语音终端获取IP地址后,以此地址与SBC通信,完成向SBC注册的业务流程^[7-8];

步骤6 语音终端正常发起呼叫、接受被叫,报文收发路径如图2(a)所示;

步骤7 根据DHCP平台设置的DHCP租约周期,语音终端周期性与DHCP平台完成续租协商,持续获得首次分配的IP地址;

步骤8 根据SBC设置的注册周期,语音终

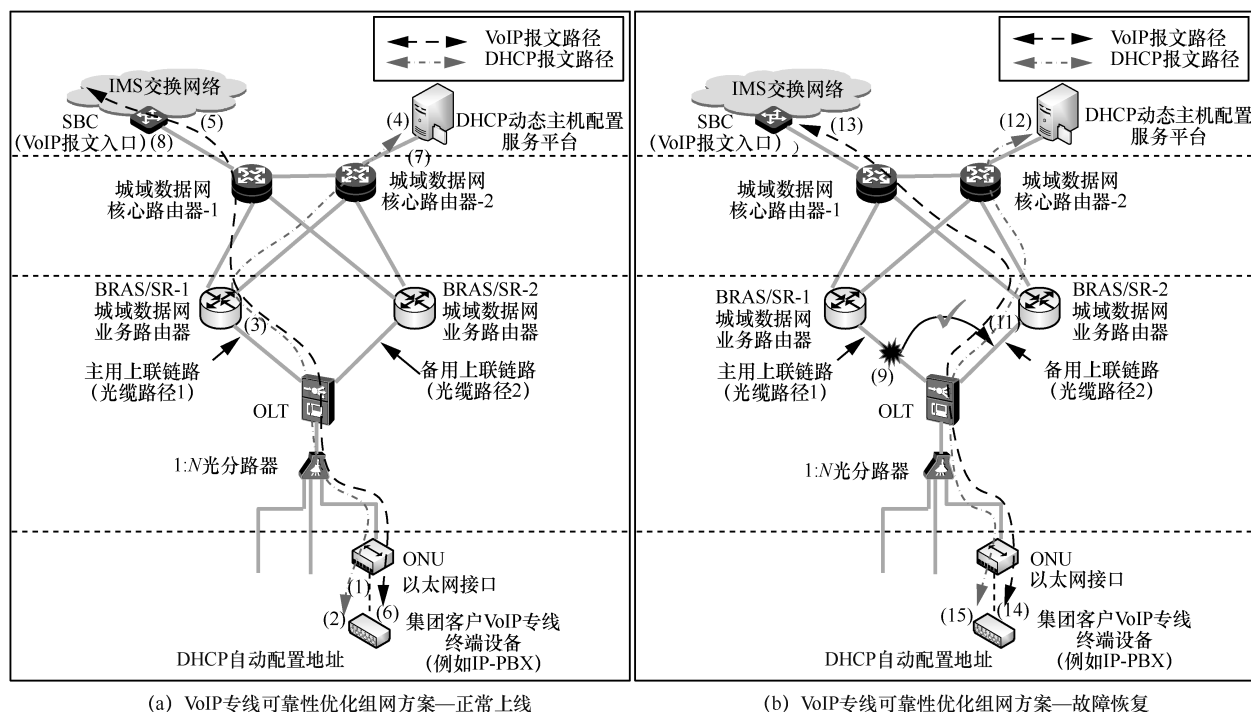


图2 可靠性优化新方案组网及故障切换流程示意图

端周期性与 SBC 完成注册状态刷新^[7-8], 保持正常通信状态。

(2) 发生故障后语音终端重新上线流程:

步骤 1 主用链路上发生光缆中断或端口故障;

步骤 2 VoIP 报文流中断, 语音呼叫全部中断, DHCP 续租报文也无法正常发送;

步骤 3 DHCP 租约到期, 因语音终端无法与 DHCP 协商完成续租, 原有租约结束, 语音终端释放原有地址, 重新发起地址获取流程, 此时主用链路不通, DHCP 请求广播报文只能通过备用链路到达 DHCP;

步骤 4 DHCP 经备用链路 with 语音终端交互, 完成新 IP 地址分配;

步骤 5 语音终端获得新 IP 地址后, 以新地址与 SBC 通信, 完成重新向 SBC 注册的业务流程;

步骤 6 语音终端正常发起呼叫、接受被叫, 报文收发路径如图 2 (b) 所示;

步骤 7 经备用链路, 语音终端周期性与

DHCP 平台完成续租协商, 与 SBC 完成注册状态刷新。

2.4 可行性分析

该方案是基于 DHCP 租约时长到期触发的, 而通常 DHCP 租约为小时级, 因此需对缩短租约时长后带来的影响进行定量测算评估, 综合平衡后选择合理的租约时长:

(1) DHCP 平台并行处理能力评估: 采用硬件与软件能力相结合的方法, 对全量语音终端的 DHCP 地址服务总请求量予以测算。以 10 万线地址申请需求 (已考虑业务后续发展) 为基础计算, 在每 5 min 全量申请一次地址的情况下, 服务总请求量不超过平台软件设计能力的 50% 和硬件设计能力的 39%, 仍有较大余量。

(2) 对原有网络和业务的影响: 方案仅改变了语音终端地址申请和分配流程, 未改变语音专线注册、接续和分组转发路径等关键业务流程, 且地址相关协议的数据流量小、协议处理负荷轻, 因此不会给现网各环节设备带来额外的冲击和不

良影响。

(3) 合理选择租约时长数值范围：通过设置更短的 DHCP 租约时长，显然可以提高方案实施效果（缩短故障时业务中断的时间），但导致终端地址保有维系时间短、协议交互过于频繁，反而不利于整体稳定性的提升。例如全网数万台语音终端频繁发起与 DHCP 和 SBC 的会话，额外占用设备处理能力和端口带宽，而在正常运行状态下，这些会话是在浪费网络资源。因此，一方面不宜将时长参数设置在小时级以免业务恢复时间过长，另一方面也不宜设置在分钟级以免加重设备负荷。经调研客户预期、DHCP 平台处理能力，租约时长设置在 15~30 min 范围是较好的平衡点。在此范围内，DHCP 平台负荷余量大，可确保及时响应大量终端同时发起的地址服务请求。

2.5 特点小结

该方案的特点，一是基于端到端 IP 化组网环境，避免简单的“就事论事”，不局限于承载网或语音网络本身，而是站在全程全网角度思考，挖掘现有系统已经具备的功能，尽量用最低的额外成本来解决问题；二是多网协同、多专业协作，强调参数优化匹配；三是不追求极致性能，而是在优化效果与优化成本之间取得平衡。

(1) 挖掘潜能

传统的可靠性优化手段是增加传输电路保护，确实可获得更好的语音业务恢复性能（50 ms 倒换），但需要高额传输投入，例如测算仅对 25% 的 OLT 部署单侧上联传输电路保护，就需要额外投资约 5 400 万元。而采用该方案虽然语音业务恢复时间较长（约 15 min），但通过充分挖掘已有系统的功能，避免额外投入大量的保护资源，测算全网部署也仅需投入约 300 万元（含配置数据修改和 DHCP 平台扩容）。

(2) 多网协同

方案涉及 4 个专业网络，即核心网（IMS 语音交换系统）、接入和传输网（PON 接入系统及其上联）、数据承载网（IP 数据交换网）、IT 平台（DHCP 系统），难点在于系统参数之间的匹配优化和跨系统协调，如图 3 所示。

实践中，笔者没有回避跨系统协调难度大、维护界面不清晰的问题，以成立多专业联合工作小组的形式，协调解决了 BRAS 与 DHCP 平台、BRAS 与 OLT、SBC 与语音终端、传输系统与 OLT 等多个组合的相互匹配问题，兼顾各专业诉求，逐一讨论跨系统问题协调方案，并根据新业务流程分段明确维护职责界面。

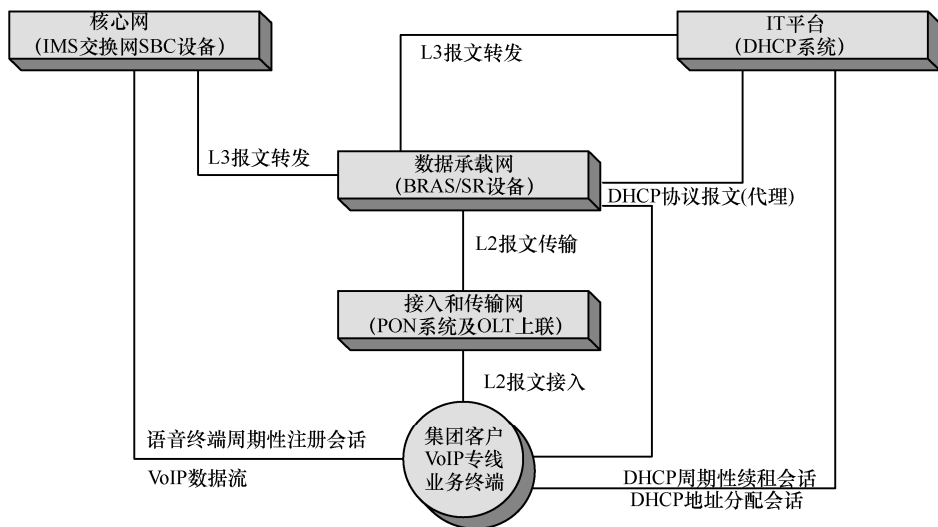


图3 多网协同关系示意图



(3) 性价均衡

在集团客户专线接入的各类网络技术方案中,通常PON接入的设备总成本是最低的^[9],该方案仍保有这个优势,同时取得了可显著感知的优化效果。此外,该方案也适用于语音终端使用IPv6地址的场景,只需语音终端与DHCP平台之间采用DHCPv6协议进行会话。

3 方案测试及现网验证

3.1 测试概况

2018年3月,在江苏南京某核心机房搭建模拟环境,进行新方案的验证评估测试。测试环境中的OLT、ONU、BRAS、语音终端设备不承担现网业务,SBC、DHCP平台等直接使用现网设备,测试过程中严格控制流量,避免影响在用业务。

测试内容包括4组测试项,每组测试项均包含正常业务交互过程、模拟主用链路故障时的自动恢复及时长、模拟备用链路故障时的自动恢复及时长。为保证结果的适用性,对各种典型语音终端设备,包括IAD(integrated access device,固定语音网络中的综合接入设备)、IP-PBX(IP-based private branch eXchange,基于IP的用户交换机)、语音网关等,逐一进行上述测试并全部通过,方

案运作效果符合预期。

测试发现,实测语音业务恢复时长由以下因素共同决定。

(1) OLT上联链路中断故障发生的具体时间点(记为 T_0)。

(2) DHCP地址续租周期参数(记为 T_1):该参数在DHCP平台侧进行配置(并通过会话传递给语音终端),若语音终端未能在 T_1 时长之内完成在用IP地址续租,则语音终端将自动重新发送广播报文申请IP地址,DHCP收到新申请后为语音终端分配新的IP地址。

(3) SBC注册刷新周期参数(记为 T_2):该参数在语音终端上进行配置,每间隔二分之一 T_2 时长,语音终端将自动重新向SBC申请注册,注册成功后才能保持正常通话功能状态。

(4) 语音终端具体工作策略:通常与设备厂商出厂默认设置有关,例如,A厂商语音终端当重新获得DHCP分配的地址之后,将自动重启上联端口并自动向SBC重新注册;而B厂商在同样情况下将不会自动重启上联端口,并等待至二分之一 T_2 期满之后再向SBC重新注册。

以上各项因素综合起来对语音业务恢复时长实测结果的影响,可举例说明,如图4所示。

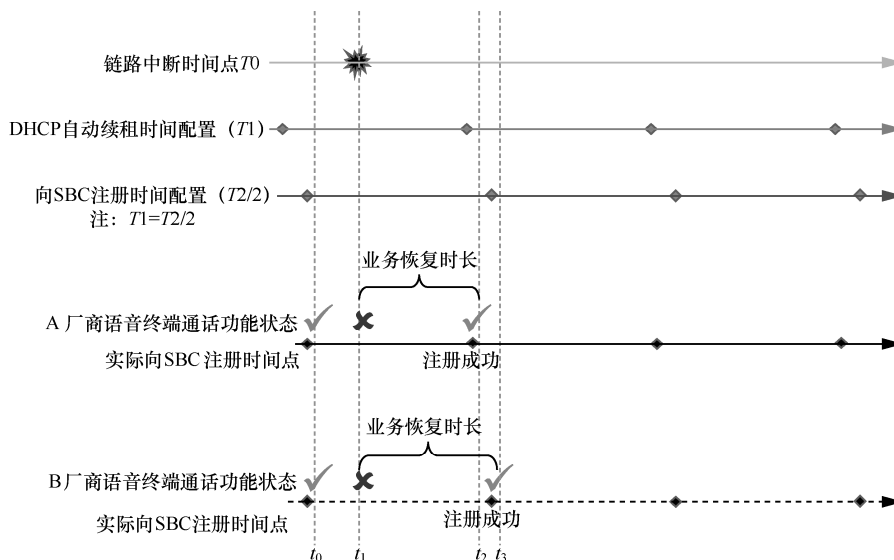


图4 各项因素对语音业务恢复时长实测结果的影响示意图

3.2 测试结果

从第3.1节分析可知,语音业务恢复时长实测结果并不是一个准确数值,而是一个随各项因素产生变化的数值范围,该范围的上限就是笔者关注的测试结果数据,具体见表1。

表1 语音业务恢复时长实测结果数据表

测试组	T1 配置	T2 配置	语音业务自动恢复时长
1	20 min	60 min	≤20 min (A 厂商终端)
			≤30 min (B 厂商终端)
2	15 min	60 min	≤15 min (A 厂商终端)
			≤30 min (B 厂商终端)
3	20 min	30 min	≤20 min (A 厂商终端)
			≤20 min (B 厂商终端)
4	15 min	30 min	≤15 min (A 厂商终端)
			≤15 min (B 厂商终端)

测试过程中,为模拟不同故障类型,分别验证了插拔 OLT 上联端口光纤、停闭 OLT 链路端口、停闭 BRAS 链路端口,测试结果均相同。

3.3 现网友好用户验证情况

经各项模拟测试通过后,在现网环境下针对江苏南京某区友好用户进行了实地验证,该客户的语音终端设备通过 PON 系统接入到网络中,配置为 T1=15 min、T2=30 min,目前运行保持稳定、保护功能正常,成功地在真实环境下完成了带业务部署。当发生主用光缆中断时,对比原方案需要中断业务数个小时,本方案仅需等待约 15 min 即可自动恢复,客户认为优化后体验更好,且因当前通信方式已多样化、客户对固定语音业务的单一依赖减轻,可接受短时间中断。

4 后续改进方向

若大量语音终端采用该方案,则对 DHCP 平台的可靠性提出了更高要求,当 DHCP 平台发生故障,语音终端无法及时从 DHCP 平台得到响应

时,将会导致批量业务故障。后续考虑通过 DHCP 云化部署、快速切换等方式,避免集中化 DHCP 平台产生全阻故障。

采用该方案之后,语音终端 IP 地址从固定分配改为自动分配,不确定性增加,需要优化 DHCP 与语音终端网管系统的信息互通,建立信息变更的自动推送机制。同时,还应相应地制订合理的 IP 地址分配策略,保障语音终端在正常运行期间尽量稳定获得相同的 IP 地址,并提高 IP 地址段的利用效率。

5 结束语

在通信服务中,通信质量是客户质量感知的重要部分^[10],本文在全网 IP 化的背景下,针对 VoIP 专线业务自动故障恢复需求,提出了一个需要跨多个专业密切协作、打通底层协议交互、不同系统参数匹配优化的新方案,并将方案投入实际验证,优化了客户质量感知,取得了良好效果,不仅提升了专线可靠性,更指出了在端到端 IP 组网条件下通盘思考和制订跨专业解决方案是下一阶段网络优化提质的重要路径。

参考文献:

- [1] 牛耕. 集团客户语音宽带综合接入方案分析[J]. 互联网天地, 2016(3): 43-47.
NIU G. Analysis of the voice broadband integrated access solutions in group customers[J]. China Internet, 2016(3): 43-47.
- [2] 闫国梁, 孙建斌, 吴国全. 集团客户专线建设思路探讨[J]. 移动通信, 2015, 39(21): 59-63.
YAN G L, SUN J B, WU G Q. Discussion on construction method of group customer leased line[J]. Mobile Communications, 2015, 39(21): 59-63.
- [3] 党慧玲. 集团客户接入建设场景及方案分析[J]. 中国新通信, 2018, 20(10): 49-50.
DANG H L. Analysis of the scenario and construction method of group customer lines access[J]. China New Telecommunications, 2018, 20(10): 49-50.
- [4] 李曦霞. 集团客户专线接入技术的选择[J]. 信息与电脑(理论版), 2018(5): 170-171.
LI X X. The selection of the access technology of the group customer's special line[J]. China Computer & Communication, 2018(5): 170-171.
- [5] 蒋耀宇, 袁林波. 通过无线商话保障语音专线的研究[J].



移动通信, 2014, 38(2): 91-95.

JIANG Y Y, YUAN L B. The application research on voice line guaranteed through wireless telephone[J]. Mobile Communications, 2014, 38(2): 91-95.

- [6] IETF. Dynamic host configuration protocol: RFC 2131[S]. 1997.

- [7] 中国移动. CM-IMS SBC 设备规范, 版本 1.0.0: QB-C-006-2010[S]. 2010.

China Mobile. CM-IMS equipment specification-SBC, ver 1.0.0: QB-C-006-2010[S]. 2010.

- [8] 中国移动. CM-IMS SBC 测试规范, 版本 1.0.0: QB-C-011-2010[S]. 2010.

China Mobile. CM-IMS test specification-SBC, ver 1.0.0: QB-C-011-2010[S]. 2010.

- [9] 秦聪, 管明连. 小型化 PTN 承载集团业务的工程实践[J]. 电信科学, 2016, 32(S1): 179-186.

QIN C, GUAN M L. Project application of the mini PTN in group business[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(S1): 179-186.

- [10] 夏柏涛. 固定通信行业大客户满意度影响因素差异性研究[J]. 电信科学, 2016, 32(7): 152-165.

XIA B T. Research on differentiation of influential factors of key account satisfaction in fixed communication industry[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(7): 152-165.

[作者简介]



吴宇 (1975-), 男, 中国移动通信集团江苏有限公司高级工程师, 主要从事传送和接入网络规划、技术管理方面的工作。



杨昀 (1979-), 女, 中国移动通信集团设计院有限公司江苏分公司工程师, 主要从事有线传输系统设计及技术咨询方面的工作。



王小燕 (1982-), 女, 中国移动通信集团江苏有限公司工程师, 主要从事传送和接入网络规划、技术管理方面的工作。



王华 (1977-), 男, 中国移动通信集团江苏有限公司高级工程师, 主要从事集团客户有线网络维护管理方面的工作。

窦燕 (1983-), 女, 中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司工程师, 主要从事集团客户有线类业务维护管理方面的工作。

方晶晶 (1980-), 女, 中国移动通信集团江苏有限公司高级工程师, 主要从事传送、接入和核心网络规划、技术管理方面的工作。