

城区分场景4G弱覆盖改善方案研究与探讨

葛建鹏

中国移动通信集团山东有限公司淄博分公司

摘要

对4G覆盖难点区域各场景的解决方案进行深入的研究,采用不同策略解决不同场景的4G弱覆盖。经实际工程实施验证,建设方案与环境和谐一致、阻工少,可快速有效地解决4G弱覆盖。

关键词

4G弱覆盖 居民区覆盖 层层通天线

1 引言

TD-LTE业务主要发生在室内。因此TD-LTE的室内深度覆盖良好将是建设4G精品网络的关键所在,目前在城区部分区域仍然存在深度覆盖不足问题。同时,VoLTE对4G的信号强度和质量要求比较高,随时随地高清VoLTE体验要求MOS至少达到3.5,为提升VoLTE业务感知,保证MOS达到3.5,要求RSRP大于-113dBm。因此提升室内深度覆盖的VoLTE业务感知迫在眉睫。

2 分场景4G弱覆盖改善方案

通过灵活多样的基站建设方式解决弱覆盖,采取的分场景4G弱覆盖改善方案主要有:路灯杆+微站解决多层居民楼深度覆盖;层层通天线低层覆盖高层;小区围栏解决多层居民楼深度覆盖;矩形波射灯天线由高层楼宇覆盖低层;城区公共区域内建设快装基础+全美化基站;灯杆+射灯美化天线加强住宅小区深度覆盖。

2.1 路灯杆+微站解决多层居民楼深度覆盖

淄博金花村和橙香村为6层尖顶居民楼,楼间距仅25m,周边宏站无法有效覆盖,居民区内建设宏站存在物业协调难度大的问题,深度覆盖不足。

针对无法建设宏站的多层居民楼场景,充分利旧路灯杆,安装微站EasyMarco,利用其容量足,多频段多条20MHz载波,功率大、覆盖好,美观、体积小、易隐藏、电子倾角可调整等特点,对中低层楼宇进行深度覆盖。

效果验证:室内开通后,覆盖改善明显,平均RSRP由-106dBm提升至-87dBm;质量改善明显,平均SINR由6%提

升至20%;平均下载速率由16.7Mbit/s提升至68.72Mbit/s。另外,提取后台覆盖该区域的小区话务指标,新建微站金华村站点开通后,话务类指标、MR覆盖率有明显提升。方案实施后效果验证如图1所示。

推广意义分析:利用其体积小、功率大、易安装、美观、易隐藏、安装方式灵活(如抱杆安装、挂壁安装、顶杆安装)、二次美化等特点,使其用于无线环境差、选址困难的多层居民区。劣势分析:路灯杆挂高一般较低,无法覆盖高层楼宇。

2.2 层层通天线低层覆盖高层

层层通天线是中国移动具有自主知识产权的核心能力产品,具有以下特点:尺寸小,尺寸为450mm×310mm×133mm;易协调,降低物业协调难度,安装地点灵活,一副天线可覆盖一栋楼;成本低,不用部署传统室内分布系统,投资成本低;易维护,与传统室内分布系统相比,降低了室内分布系统器件的摸查难度。适用于利用低层楼宇覆盖超高层弱覆盖楼宇场景,若楼宇较宽,则可以建设多个扇区进行覆盖,下倾角调整为负值对高层楼宇进行覆盖,可很好地解决楼宇室内覆盖需求。

临淄创业孵化中心楼层一共33层,1~4层为大学生创业中心,5~33层为居民楼层,楼内存在弱覆盖现象。高层居民楼依靠传统室外宏站不能有效覆盖,并且高层楼宇内因物业协调、成本问题无法建设传统室内分布系统。因此采用层层通天线从室外覆盖室内的方式。

效果验证:临淄创业孵化中心2层平台建设层层通天线,下倾角调整为负值,覆盖高层楼宇小区,可以解决小区楼宇内覆盖需求。站点开通后楼宇内RSRP均值提升25dBm左右,SINR均值提升17dBm左右,平均下载速率提升34Mbit/s左右,整体提升较为明显。

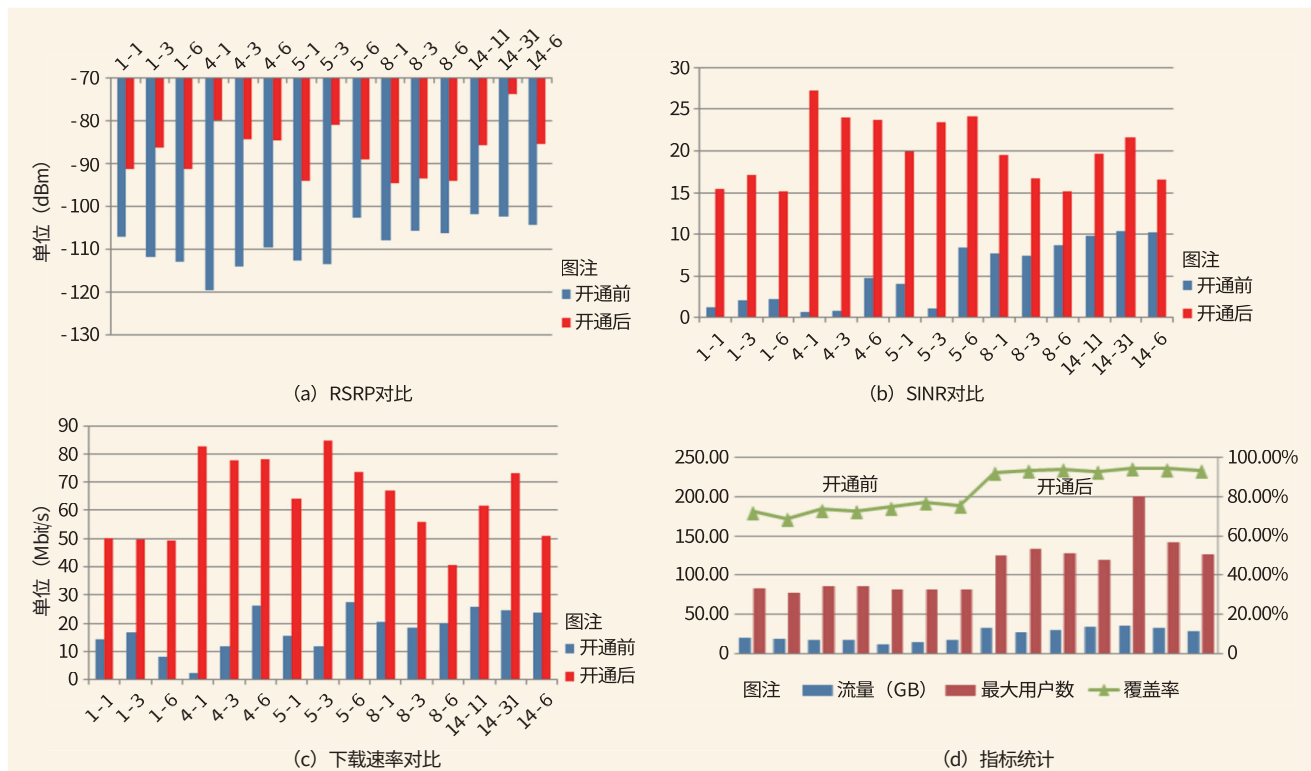


图1 方案实施前后效果验证

推广意义分析：适用于难以协调，或进驻成本过大的物业点，即针对超高楼宇之前无法布放室内分布系统的物业点，可考虑安装层层通天线覆盖；适用于对LTE有迫切需求的物业点，层层通覆盖方式建设周期短，能够快速部署；适用于待覆盖物业点为独栋高层，且附近有低层楼宇，宏站资源指高层楼宇对面有低层楼宇，且具备低打高条件，此场景下可以优先考虑建设层层通天覆盖。

2.3 小区围栏解决多层居民楼深度覆盖

张店区南营双营园小区内楼宇密集，室内覆盖较差，周边宏站不能深度覆盖楼宇室内，导致室内存在弱覆盖。小区内东西两侧为小区围栏，在每两排楼宇间的小区围栏上建设微站，东西两侧对打，覆盖小区内楼宇，围墙上微站设备用美化罩等保护。

双营园小区东西两侧是围墙和围栏，小区内南北共3列楼，考虑到小区内楼宇情况，东西两侧围墙上建设微站对打，再配合周边宏站覆盖，可以解决小区楼宇内的覆盖需求。

效果验证：室外道路覆盖率由82.43%提升到99.29%，室内平均RSRP由-109.73dBm提升为-94.33dBm，室内平均下载速率由11.41Mbit/s提升为31.34Mbit/s，小区围栏站点开通后小区内道路覆盖率提升16.86%，RSRP均值提升13.49dBm。方案实施前后RSRP遍历测试证如图2所示。

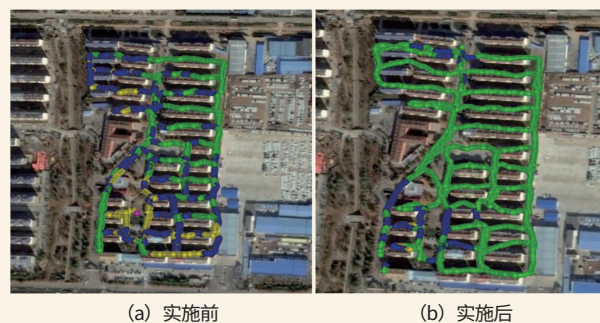


图2 方案实施前后RSRP遍历测试证

另外，SINR均值提升26.5dBm，整体提升较为明显。小区围栏站点开通后，小区楼宇室内平均RSRP提升15.4dBm，平均下载速率提升19.93Mbit/s，提升效果显著。

推广意义分析：适用于居民小区内有围栏或围墙，满足建设微站的无线环境，并且小区围栏或围墙挨着居民楼宇的场景；适用于小区周边有宏站进行覆盖的场景，配合小区围栏的建设方式，宏站覆盖中高层，小区围栏覆盖低中层；适用于居民小区较窄的场景，小区围栏方式覆盖距离相对较近，小区较宽可能会导致微站覆盖距离较近，部分较远楼宇不能覆盖到。

2.4 矩形波射灯天线由高层楼宇覆盖低层

龙凤园楼层有6层，龙凤园中低层楼宇室内前期4G覆盖

相对较差,周边站点仅可以对室外进行覆盖,由于楼宇相对密集,周边楼层较高,信号受到遮挡,信号无法覆盖楼层内部,导致室内平层覆盖差。

实施方案:在30层凤凰国际小区楼顶建设多个射灯天线,下压下倾角使天线覆盖楼宇周边的低层居民楼宇。RRU3161-fae(AC)+矩形波楼间对打射灯天线具有增益大、穿透力强、体积小、重量轻、占地较小、易协调建设的优势,安装便捷,可以利用楼宇间的高度差,在高层楼宇建设小区信号,从而覆盖中低层楼宇。

效果验证:矩形波射灯站点开通后,楼宇室内信号覆盖良好,通过站点由高层覆盖低层楼宇,楼宇内低层和中层弱覆盖已经解决,建设矩形波射灯天线由高层覆盖低层,从而解决低层室内覆盖,且低层室内信号覆盖良好。新站开通前后RSRP对比:开通前平均电平为-97.97dBm,开通后平均电平为-92.20dBm,电平提高约5dBm,有较明显的提升。新站开通前后下载速率对比:开通前平均下载速率为18.32Mbit/s,开通后平均下载速率为21.43Mbit/s,下载速率提高约3Mbit/s,有较明显的提升。方案实施前后RSRP、下载速率遍历测试证如图3所示。

推广意义分析:适用于低层高层楼宇并存区域,由于周边高层楼宇阻挡,周边宏站不易深度覆盖到低层楼宇室内,可以采用此覆盖方案,利用矩形波天线覆盖穿透力强的优点,高层建设天线覆盖低层楼宇;适用于高层居民区,需增加两个矩形波天线进行高中低覆盖,解决室内深度覆盖;适用于高档小区内,矩形波天线外观为射灯,建设在高档小区内对小区环境影响较小,更容易协调建设。

2.5 城区公共区域内建设快装基础+全美化基站

传统基站具有建设周期长、铁塔不够美化等缺点,影响基站顺利建设,也影响城市整体美观。近年来较多基站建设过程中出现阻工或者已建基站遭强行拆除的问题。另外,在居民楼顶建设基站更是存在难度大、阻工严重问题,而且居民楼顶站的覆盖效果较差。

本着“做好规划、环境和谐”的建设原则,实现基站建

设与政府规划同步开展,淄博移动积极与市政园林、路灯管理处进行洽谈合作,并达成战略合作意向,有效借助路灯灯杆、绿化园林等公共区域建设美化基站。全力支撑城区信息化服务,助力淄博经济社会快速发展,进一步推进智慧城市的建设。

建设基站主体为美化灯杆,兼顾亮化需求。采用便携式快装基础,建设周期短,占地面积小,相关配套设施也将进行隐蔽或美化施工。机房建设以“绿色环保”为原则,尽量在园林绿化带内建设,外观美化,与周边环境协调一致。整体美化效果较好,达到与周边环境协调一致的目的,而且基站建成率达到100%。

在建设方案中以解决为题为导向,坚持低成本建设。建设方式由传统宏站转变为以小型拉远站覆盖为主,灵活多样加快建设。

市政资源(路灯杆替换、绿化带)建设钢桩基础或预制基础+全美化拉远站有以下优势。

(1)利用公共资源区域建设美化基站,投资成本低,场地租金低。总体服务费用仅占铁塔公司的80%左右。

(2)钢桩基础施工快捷,整个铁塔建设在2~3h内完成。可夜间施工,减少扰民。

(3)如钢桩基础受限,可以变更为预制基础方案,施工周期同样控制在一天。

(4)采用集束天线全美化方式,居民接收度高,居民完全不知道是基站,基站建设成功率达到100%。

(5)政府对于灯杆建设支持度高,可以借助打造智慧城市,与市政单位充分合作。

(6)快捷、美化的建设方式为后续5G快速建设储备了建设经验和站址资源。

2.6 灯杆+射灯美化天线加强住宅小区深度覆盖

高新刘西社区由于小区内楼宇密集,楼宇间有阻挡,导致室内信号覆盖差,周边宏站只能覆盖小区内较高楼层,低层和中层楼宇室内覆盖无法满足需求。由于物业协调困难,站间距过近易造成干扰,美化罩等天线难以调整等因素,在

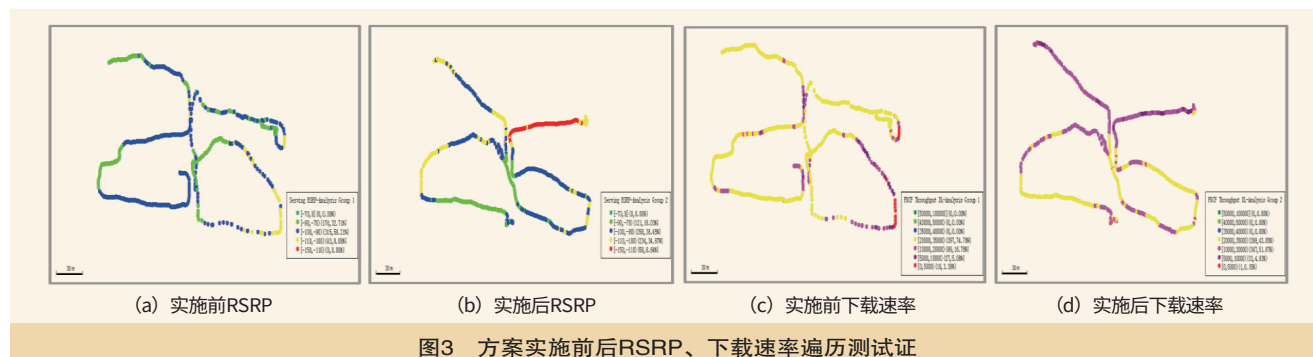


图3 方案实施前后RSRP、下载速率遍历测试证

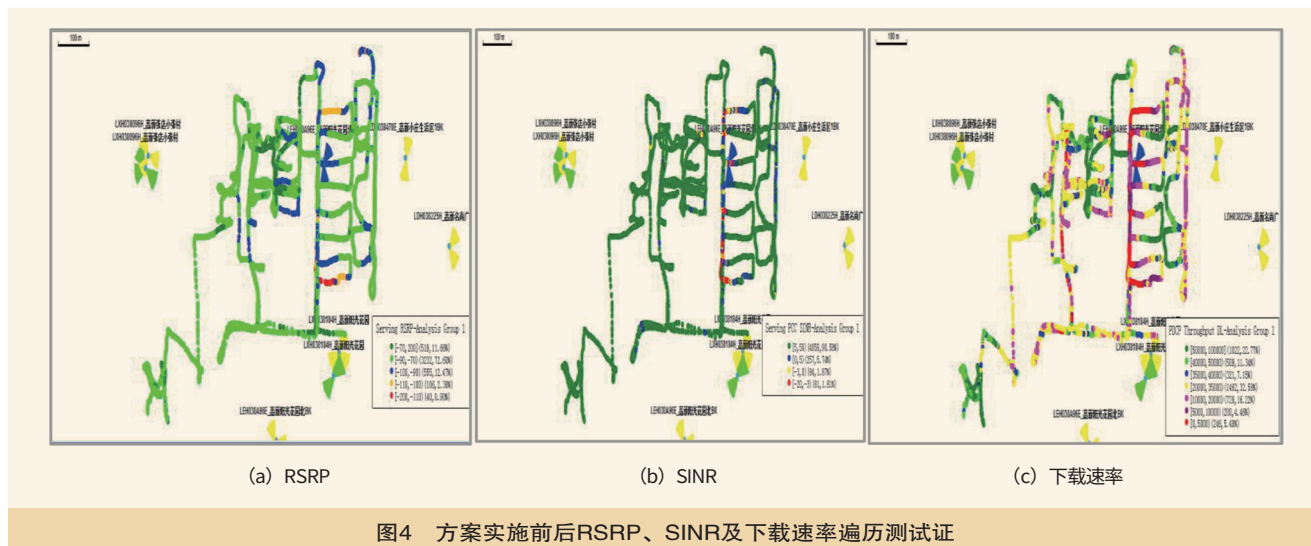


图4 方案实施前后RSRP、SINR及下载速率遍历测试证

小区内新建宏站难度较大,不能解决室内覆盖问题。

针对难以协调建设宏站的小区 and 楼宇阻挡严重、周边宏站无法深度覆盖的小区,建议采用路灯杆+射灯天线解决。本方案采用小区两侧路灯杆+射灯天线、小区中间建设广场灯杆+射灯天线相结合的方式综合覆盖。

站点开通后对刘西社区进行室内外遍历测试,由测试结果可看出,室外信号覆盖较好,接收电平为-80dBm左右,平均SINR为20.3dB,平均下载速率为37.45Mbit/s,具体如图4所示。

灯杆+射灯天线具有减少建设成本、协调选址建设难度小、施工工期短等优势,可以更快地解决弱覆盖问题。射灯天线外观美观,体积小,安装便捷,安装路灯杆对现场环境影响较小,相比较宏站覆盖效果更嘉佳。其推广建议如下。

(1)适用于小区内建有路灯杆的小区:小区内道路建设有路灯杆,且路灯杆周边为居民楼宇,通过在路灯杆上安装射灯天线对周边楼宇覆盖,解决楼宇内覆盖需求。

(2)适用于周边有宏站覆盖但低层覆盖差的小区:路灯杆高度较低,天线安装后能对低中层进行覆盖,可以很好地配合周边宏站,整体解决楼宇内覆盖。

(3)适用于协调建设困难的小区:射灯天线外观美观,体积小,安装在路灯杆上对现场环境影响较小,更容易协调建设,并且施工速度快,可以尽快解决小区内覆盖需求。

3 结束语

针城区4G弱覆盖,采用不同策略解决不同场景的4G弱覆盖,有效提升用户感知。通过多手段灵活解决深度覆盖,需要根据现场无线环境,充分利用各产品特性,因地制宜地制订可实施的解决方案,方案实施后通过验证,发现覆盖得到明显提升。

参考文献

- [1] 徐德平,张炎炎,焦燕鸿,等.TD-LTE深度覆盖解决方案研究[J].互联网天地,2013(12)
- [2] 李通,程日涛,王潜渊,等.TD-LTE深度覆盖方案[J].电信工程技术与标准化,2012(7)
- [3] 鲁义轩.四大策略加强TD-LTE深度覆盖[J].通信世界,2011(28)
- [4] 罗凡云,郭俊峰.TD-LTE网络覆盖性能分析[J].移动通信,2010(5)
- [5] 郭华,肖荣军,王宏图.TD-LTE异构网络覆盖研究[J].移动通信,2011(16)
- [6] 肖清华,杨春德,张. TD-LTE覆盖能力综合分析[J].邮电设计技术,2012(1)
- [7] 李军.LTE无线网络覆盖优化与增强实践指南[M].北京:机械工业出版社,2017

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

基于TCP的移动网络时延优化研究与实践

杨振辉 柯腾辉 周 壮 梁师铭 张冠华

中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

摘要 针对网络时延问题,深入研究在线视频、实时对战游戏等应用的业务特征,聚焦传输层信令特征,基于TCP,研究移动网络时延优化关键技术,突破常规TCP信令交互思路,研究并应用TCP ACK分裂、Quick ACK及智能预调度等技术,优化交互流程与空中接口调度机制,有效缩短网络时延,提升用户感知。实践证明此方法可行、有效,具备较大的推广价值。

关键词 4G网络时延 TCP ACK分裂 Quick ACK

1 引言

在基于4G+网络的移动互联网时代,在线视频、实时对战游戏已经成为用户的主流业务,而网络时延是影响此类业务体验的关键因素。相关研究报告显示:网络延迟每增加500ms,放弃游戏的用户就会增加一倍;2s的加载延迟会导致87%的用户放弃网上交易;如果视频没有立即打开,那么81%的用户会关闭页面;500ms的延迟会使谷歌的用户流量下降25%。能否有效缩短网络时延、为用户提供更为流畅的网络体验,不仅是运营商网络优化能力的体现,更是网络竞争力的表征。

2 基本原理

TCP (Transmission Control Protocol, 传输控制协议) 是一种面向连接的、可靠的、基于字节流的传输层通信协议,其广泛应用于网页、视频、在线游戏等应用的数据传输与连接控制。TCP使用三次握手协议建立连接,当主动方发出SYN连接请求后,等待对方回答SYN+ACK,并最终对对方的SYN执行ACK确认。这种建立连接的方法可以防止产生错误的连接。

TCP三次握手的过程如下:

- (1) 客户端发送SYN (SEQ=x) 报文给服务器端,进入SYN_SEND状态;
- (2) 服务器端收到SYN报文,回应一个SYN (SEQ=y) ACK (ACK=x+1) 报文,进入SYN_RECV状态;
- (3) 客户端收到服务器端的SYN报文,回应一个ACK (ACK=y+1) 报文,进入Established状态。

三次握手完成,TCP客户端和服务端成功建立连接,

可以开始传输数据了。

TCP慢启动算法,即拥塞窗口控制算法。该算法通过观察到新分组进入网络的速率与另一端返回ACK的速率相同而工作。其实,拥塞窗口是发送方使用的一种流量控制算法。为了防止网络的拥塞现象,TCP提出了一系列的拥塞控制机制。TCP的拥塞控制主要原理依赖于一个拥塞窗口(cwnd)来控制,窗口值的大小就代表能够发送出去的但还没有收到ACK的最大数据报文段,因此窗口越大,数据发送的速度也就越快,但是也越有可能使得网络出现拥塞。如果窗口值为1,那么就简化为一个停等协议,每发送一个数据,都要等到对方的确认才能发送第二个数据包,显然数据传输效率低下。TCP的拥塞控制算法就是要在这两者之间权衡,选取最好的cwnd值,从而使得网络吞吐量最大化且不产生拥塞。

当新建连接时,cwnd初始化为一个最大报文段(MSS)大小,发送端开始按照拥塞窗口大小发送数据,每当有一个报文段被确认,cwnd就增加一个MSS大小。这样cwnd的值就随着网络往返时间呈指数级增长:

开始→cwnd = 1;
经过1个RTT后→cwnd=1×2=2;
经过2个RTT后→cwnd=2×2=4;
经过3个RTT后→cwnd=4×2=8。

从慢启动可以看到,cwnd可以很快地增长,从而最大程度利用网络带宽资源,但cwnd不能无限增长。因此,为避免拥塞的发生,TCP定义了慢启动门限(ssthresh),一般情况下,ssthresh的值为65536(2的16次方,即cwnd=16)。当cwnd超过该值后,慢启动过程结束,进入拥塞避免阶段,cwnd的值不再指数上升,开始线性增加。此时当窗口中所

有的报文段都被确认时，cwnd的大小加1，cwnd的值就随着RTT开始线性增加，这样就可以避免增长过快导致网络拥塞，慢慢增加调整到网络的最佳值。

在TCP重传一个报文段后，则认为网络拥塞。TCP对每一个报文段都有一个定时器，称为重传定时器（RTO），当RTO超时且还没有得到数据确认时，那么TCP就会对该报文段进行重传。当发生超时，会有很大的可能性出现拥塞。这时，某个报文段可能在网络中某处丢失，并且后续的报文段也没有了消息，在这种情况下，TCP会进行以下操作：

- (1)把ssthresh降低为cwnd值的一半；
- (2)把cwnd重新设置为1；
- (3)重新进入慢启动过程。

3 基于TCP的时延性能提升关键技术

针对TCP基本原理，文中研究并应用TCP ACK分裂、Quick ACK及智能预调度等技术，有效缩短网络时延，提升用户感知。

3.1 TCP ACK分裂

发送端拥塞窗口的扩展和收到的TCP ACK数量相关，收到的数量越多，拥塞窗口扩展得越大。但部分UE的TCP协议栈在对收到的下行TCP数据包的序号进行确认时，采用一个TCP ACK确认的TCP序号长度覆盖多个TCP分片（每个TCP ACK确认的长度为多个MSS），而没有采用每一个TCP ACK对一个TCP分片进行确认（每个TCP ACK确认的长度为一个MSS）。这样单位时间内TCP ACK数就相对逐个TCP分片确认的少，那么发送端拥塞窗口的扩展速度也相对较慢，如图1所示。

对于这种UE，一个TCP ACK确认多个TCP分片（每个TCP ACK确认的长度为多个MSS），基站可以识别出，并且增加一些TCP ACK，达到逐个TCP分片确认的效果（每个TCP ACK确认的长度为一个MSS）。

TCP ACK分裂功能，在TCP慢启动阶段对上行TCP ACK报文进行适当分裂策略，以加速下行TCP发送窗口的增

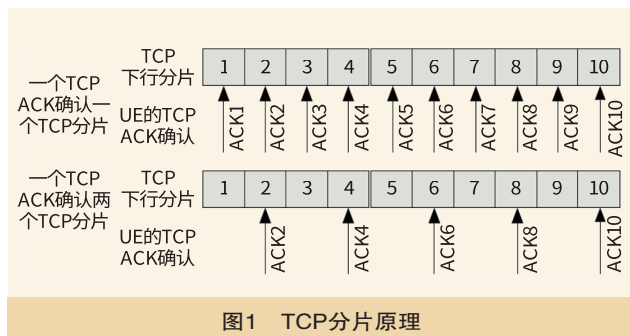


图1 TCP分片原理

长速度。

优化效果：本项技术的应用可以缩短终端的接收时延，主要影响的指标为页面完整打开时延。基于iPhone6s和Wireshark软件抓包分析实际应用效果，结果见表1，结果表明，本技术的应用可使网络在DNS解析、TCP连接建立时延、网页主页打开时延、网页完整打开时延方面均有较大幅度提升，效果显著。

3.2 TCP Quick ACK

TCP业务在初始连接建立后（慢启动阶段），如果服务器到终端的时延越小（RTT越小），其数据下载速率提升越快。鉴于此，本功能提供基站TCP代理服务，TCP数据到达基站后，基站给服务器直接回复TCP ACK，终端回复的TCP ACK到基站后被丢弃，节省了空中接口时延，避免空中接口时延波动对整个服务器到终端时延的影响，使服务器下载速率提升更快，提升TCP业务的用户感知。TCP Quick ACK原理如图2所示。

优化效果：TCP Quick ACK主要从两方面改善HTTP数据传输时延，分别为减小数据传输的往返时延；通过TCP

表1 TCP ACK分裂功能效果对比

ACK分裂开关	DNS解析平均时延 (ms)	TCP连接建立平均时延 (ms)	网页主页打开平均时延 (ms)	网页完整打开平均时延 (ms)
关闭	72	60	1318	2264
打开	94	72	1043	1207
缩短幅度	30.56%	20.00%	20.86%	46.69%

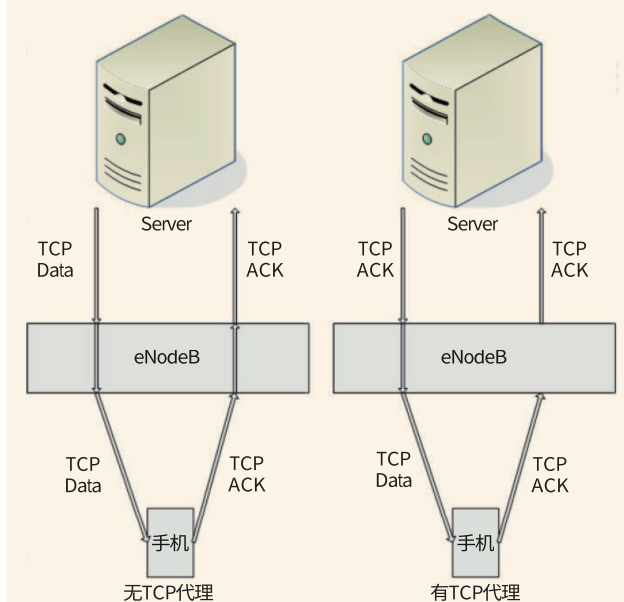


图2 TCP Quick ACK原理

快速ACK加快TCP发送窗口增长速率，减小数据发送轮次。增益的体现主要是对2轮以上数据传输的URI对象，对于服务器初始发送窗口越小，网络侧往返时延越低的场景增益越大。实测中对于www.sina.com的网页完整打开时延的增益在20%左右。TCP Quick ACK功能速率对比如图3所示，TCP Quick ACK功能首包时延对比如图4所示。

3.3 DNS加速功能

DNS加速功能，指基站保存域名和IP的对应关系信息，UE请求的DNS查询，如果基站存在对应的域名和IP对应关系，eNodeB直接给UE发送DNS查询响应并同时把DNS请求发送给应用服务器，并根据影响结果更新域名和IP的对应关系和Time To Live。对应的一些Feature如下：

(1)eNodeB获取到新的域名查询结果会更新域名和IP的对应关系和生效时长，在没有更新的情况下，超时后将会删除域名和IP的对应关系；

(2)目前的版本中支持对2048个域名进行代理，如果节点全部被占满且没有被释放，后续的域名无法被代理；

(3)eNodeB后台可以配置20个高优先级域名，给这些域名预留节点；

(4)对于普通域名DNS加速的老化时间，仍然沿用DNS响应时服务器带过来的Time To Live时间，对于配置的高优先级域名永远不老化。

针对用户常用的一些网站，如www.sina.com.cn，如果未配置在高优先级域名列表中就会出现下面两个场景：

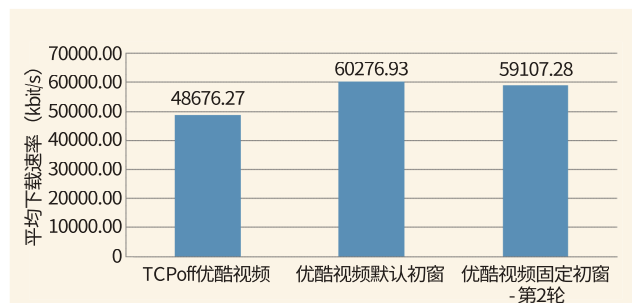


图3 TCP Quick ACK功能速率对比

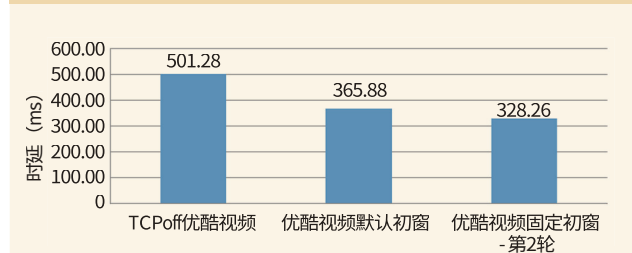


图4 TCP Quick ACK功能首包时延对比

(1)基站保存的www.sina.com.cn和IP地址信息，在没有更新的情况下，超时后将被删除；后续超过Time To Live上来的新浪主页DNS请求，将不会被基站DNS代理，影响这一次访问网页的时延；

(2)极限情况下，基站覆盖下在第一次有用户访问新浪主页之前，用户面DNS加速功能最大的保存节点已被占满（2048个），且没有一个被老化。这时所有访问新浪主页都不会被基站DNS代理，即DNS加速功能针对该网站暂时失效。

如果www.sina.com.cn配置在高优先级域名列表中，处理如下。

有UE访问时基站保存的www.sina.com.cn和IP地址信息，这个对应关系在有用户访问时会更新，如果没有用户访问也不会被老化。所以即使有超过Time To Live上来的新浪主页DNS请求，也会被代理。

优化效果：本技术主要用于优化DNS查询阶段的时延，具体增益情况和S1以上DNS查询时延相关，S1以上DNS查询的时延相关越大，DNS缓存的增益越大，实测的结果如图5所示，DNS打开时延均值为25ms，DNS关闭时延均值为30ms。注：测试时未关闭DRX开关。

3.4 HTTP/GET智能预调度功能

HTTP智能预调度技术对用户业务端口进行识别，如果识别为80/8080/443端口，当有下行数据包主动进行上行的预调度用于反馈上行的HTTP ACK时，根据每个下行数据包的大小，预估HTTP ACK的个数，根据预配置的ACK大小，预估上行预调度的大小。

GET预调度技术对下行的SYN ACK进行识别，识别后主动进行上行预调度把ACK和GET包住，不需要通过触发SR上行数据发送。预调度参数设定见表2。

功能打开可以缩短SYN ACK到ACK的时延、GET到FirestData的时延以及空中接口RTT时延，最终缩短主页时延和完整页面打开时延。试验测试的结果见表3。

空中接口RTT（基站侧抓包数据）的CDF对比如图6所

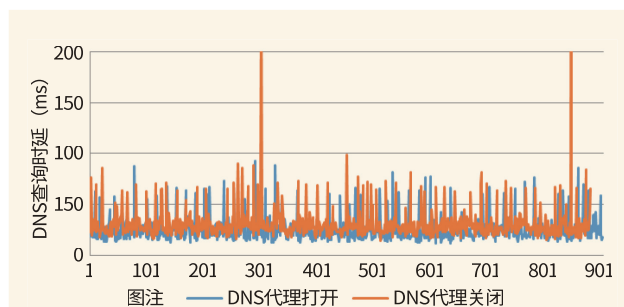


图5 DNS加速功能效果对比

表2 预调度参数设定

功能	生效时间	字段名	参数含义	默认值
GET 预调度	DL SYN Ack的时间为N, 上行DCI0的时间: N+1、N+6 或N+2、N+7, 与基站处理能力相关	wDelayTime2StarPresch4Get	距离启动针对GET的预调度的时间间隔	0
		ucVirtulBSRSetInterval4Get	针对Get预调度置虚拟BSR的时间间隔	5
		wVirtulBSRSetNum4Get	针对Get预调度置虚拟BSR的次数	3
HTTP ACK 预调度	DL数据的DCI空中接口时间为N, 上行DCI0的时间: N+5	wDelayTime2StarPresch4HTTPACK	距离启动针对HTTP ACK的预调度的时间间隔	4
		ucVirtulBSRSetInterval4HTTPACK	针对HTTPACK预调度置虚拟BSR的时间间隔	0
		wVirtulBSRSetNum4HTTPACK	针对HTTPACK预调度置虚拟BSR的次数	1

表3 预调度功能优化前后对比

对比项	HTTP预调度功能开关	SYN ACK→ACK (eNodeB侧)	主页首包时延 (ms)	网页主页打开平均时延 (ms)	网页完整打开平均时延 (ms)
网易	关闭	20.79	373.56	435.67	3296.46
	开启	14.83	191.81	251.62	2316.2
	增益	28.67%	48.65%	42.25%	29.74%
搜狐	关闭	19.93	186.06	240.93	3717.29
	开启	14.06	162.56	212.71	2449.06
	增益	29.46%	12.63%	11.71%	34.12%
微博	关闭	22.08	206.55	206.55	1746.12
	开启	14.99	137.5	137.5	1284.86
	增益	32.11%	33.43%	33.43%	26.42%

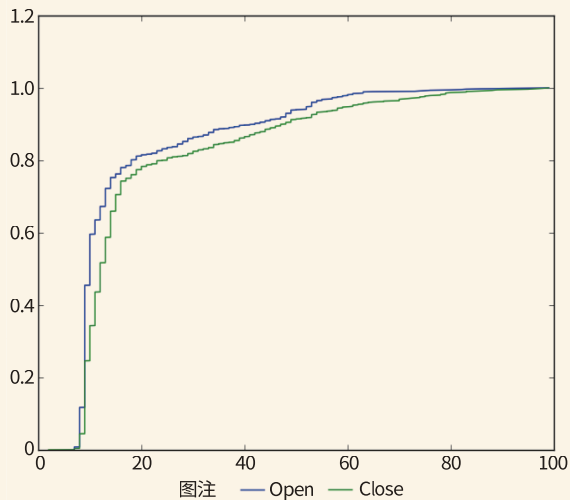


图6 HTTP预调度功能效果对比

示。从CDF的对比看, 打开优化后80%的RTT在20ms以内, 平均RTT缩短10%左右。

3.5 DRX参数优化

DRX参数的影响有两个方面: 如果进入DRX Sleep态, 下行的数据不能及时发送, 需要等到DRX Active态才可以发送。

如果进入DRX Sleep态, 按照协议上行数据的发送不应

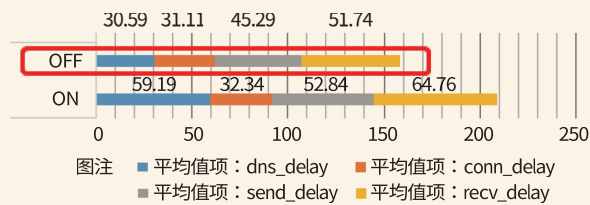


图7 DRX功能优化前后对比

该受到影响, 但是对比分析QXDM抓到的高通TTI级数据和终端侧抓到的Wireshark包, 发现在打开DRX的情况下终端发送SR的时间点较晚, 而根据协议终端发SR的时间点不应该受DRX的影响, 该问题应该为高通芯片实现与协议不符的问题。高通答复原因为: When In CDRX it takes time from sleep to wakeup, then send SR and thus the delay。

由于以上两个原因, DRX开关的打开对网页时延影响较大。

优化效果: 使用三星Note3 Lite进行了DRX开关打开和关闭的对比试验, 测试结果如图7所示。

从上面测试结果可以看到DRX开关对页面浏览结果的影响较大, 关闭后DNS查询阶段和接收阶段的时延均有降低。

(下转19页)

运营商内容分发网络建设方案研究

刘长瑞

中国移动通信集团设计院有限公司

摘要

针对内容分发网络的发展现状和存在的问题,从系统架构、系统功能、网络接入和业务流程等多方面进行分析,对内容分发网络涉及的内容管理、调度控制、内容中心、统一溯源、边缘节点等各个子系统提出建设方案,为内容分发网络的实际建设提供指导。

关键词

内容分发网络 内容管理 调度控制 内容中心 边缘服务节点

1 背景

内容分发网络(Content Delivery Network, CDN)是构建在运营商基础承载网络之上,具备内容自动化分布及流量集中化调度控制能力的叠加网络,是全面支撑运营商流量经营及数字化服务战略转型的内容型基础设施。内容分发网络能够将源服务器中的内容分发至分布式部署的边缘节点,并支持多样化流量调度技术,可按照指定策略将用户请求自动指向到全局最优的边缘节点,由该节点就近为用户提供数据服务。内容分发网络是有效提升用户内容访问体验、平衡利用运营商承载网络资源、保障自营业务发展的重要能力。

内容分发网络可以使用户就近访问内容,为用户提供基于HTTP协议的流媒体、Web页面访问、文件下载等业务的内容分发与加速服务,降低业务访问时延,改善用户的业务感知。内容分发网络可有效均衡地承载网络流量,提供智能疏导能力,实现网络流量可管可控,减少网络链路拥塞现象。

2 系统现状及存在问题

2.1 系统现状

目前产业界各方均纷纷进入CDN领域,包括专业CDN服务商、电信运营商、互联网公司等均从自身需求出发,进行内容分发网络的建设,开展CDN部署及应用。

电信运营商建设的内容分发网络从逻辑架构上可划分为内容管理层、调度分发层和边缘服务层三个层面,其中内容管理层的主体网元是互联网内容资源管理平台,调度分发层包含调度控制中心、运营管理中心、内容中心和溯源中心4个子系统,边缘服务层主要包含融合型的边缘服务节点。

(1)内容管理层

内容管理平台:是互联网内容集中化分析、展现和决策的支撑平台。

(2)调度分发层

调度控制中心:负责内容分发网络的网络管理及业务运营管理,统一调度用户请求。

CDN内容中心:内容主动注入接口,负责存储内容分发网络中由内容源主动注入的内容。

Cache统一溯源池:分为缓存系统和重定向系统,根据回源策略配置,监控边缘节点的出网访问流量,实现回源流量的汇聚,从而减少内容分发网络的整体出网回源流量。

(3)边缘服务层

边缘服务节点:部署在省会城市和主要地市,直接面向用户终端提供内容服务。

2.2 系统存在问题

内容分发网络的各子系统在网络架构和系统能力方面存在以下问题。

(1)调度控制中心缺少容灾备份节点,存在单点故障风险,现网节点出现故障时会中断全网业务。

(2)内容中心均部署在东部地区,西部地区缺少内容中心覆盖,内容获取的路径及时延均相对较长,需对布局进行优化。

(3)统一溯源池目前仅对国内网间流量进行缓存,未将互联网国际出入口纳入缓存范围,未起到缓解国际网间流量压力的作用。

(4)边缘服务节点未实现全地市的全貌覆盖,需要增加边缘服务节点的覆盖范围,进一步提升用户的业务感知。

(5)目前仅支持从全网内容中心注入全网通用内容,不支持从本地注入内容,无法满足省内本地化内容的分发需求,不利于业务的开展。

(6)边缘服务节点和内容中心不支持视频直播协议,不满足互联网直播及IPTV业务需求。

(7)各系统维护管理功能不满足日常运维和运营需要,需进一步完善。

3 方案分析

运营商应建立符合自身互联网业务需求和网络特点的内容分发网络体系,健全互联网内容引入、分发、控制、协同能力,优化网络架构,保障系统安全可靠,加强内容分发网络的智能疏导能力,提升用户的内容访问感知。

3.1 组网架构

内容分发网络系统组网架构如图1所示,在骨干网层面部署调度控制子系统、运营管理系统和溯源中心,在省网核心层面部署区域调度系统及内容中心,在省网核心及城域网分级部署边缘服务节点。

3.2 系统功能

内容分发网络从逻辑架构上可以划分为内容管理层、调度分发层和边缘服务层三个层面。其中内容管理层的主体网元是内容管理平台;调度分发层包含调度控制中心、运营管理中心、内容中心、溯源中心和区域调度中心5个子系统;边缘服务层主要包含融合型的边缘服务节点,同时具备Cache功能和CDN功能,边缘节点支持将分层架构部署于网络中的不同层面。内容分发网络各层及不同子系统之间为松耦合架构,支持跨厂商设备的异构模式组网。内容分发网络系统逻辑架构如图2所示。

3.2.1 内容管理层

内容管理平台是实施互联网内容集中化分析、展现和决策的支撑平台,由数据采集、用户交互及数据展现、基础数据管理、资源视图管理、统计分析、缓存运营管理、运营统计分析、节点设备管理、平台管理等9个子模块组成。内容管理平台主要完成如下功能。

基础数据管理:内容管理层支持从各系统收集数据,针对基础资源库数据的管理和呈现,包括网站库、域名库、IP库、重要资源库、分省DNS日志数据库、流量采集端口信

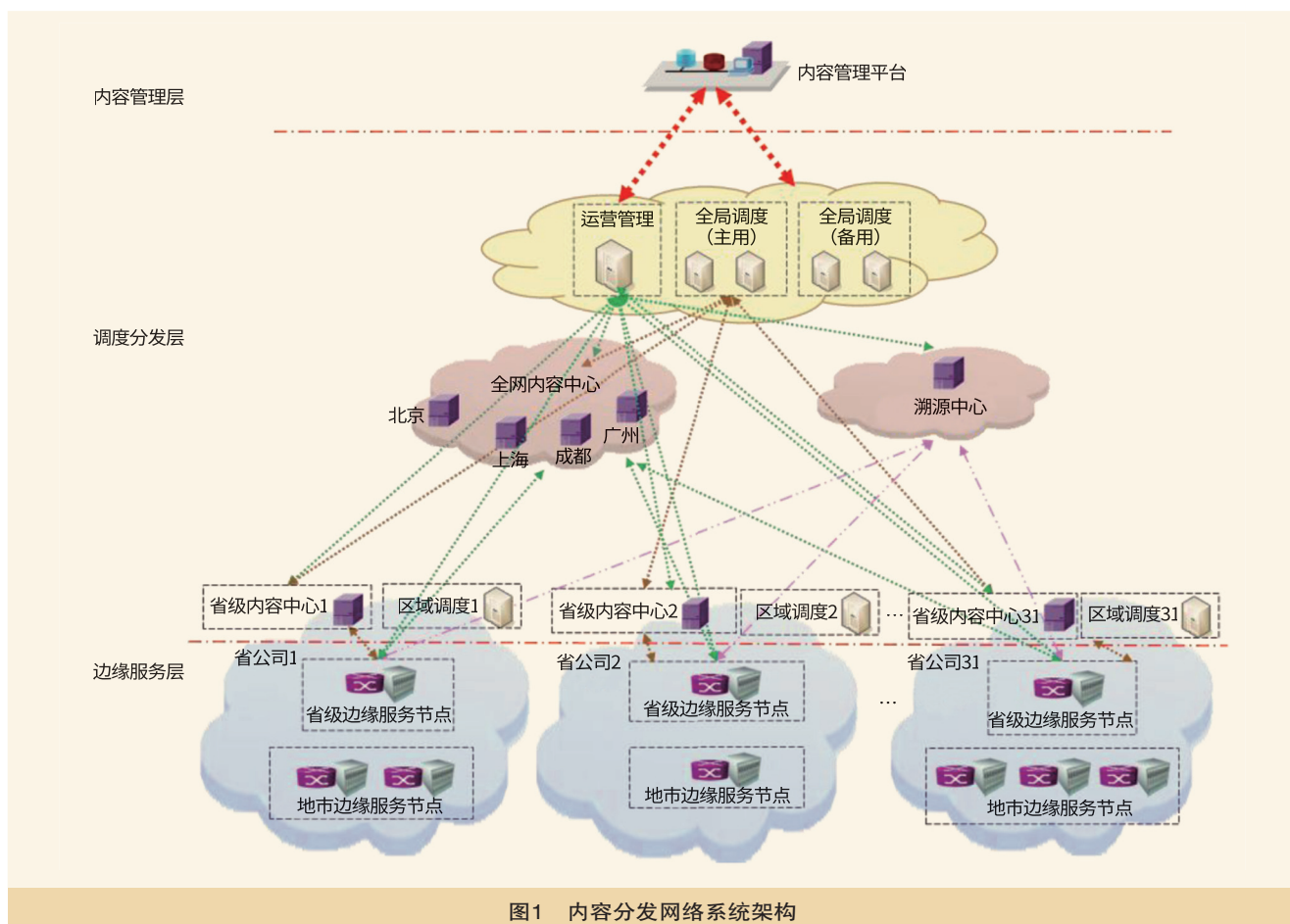
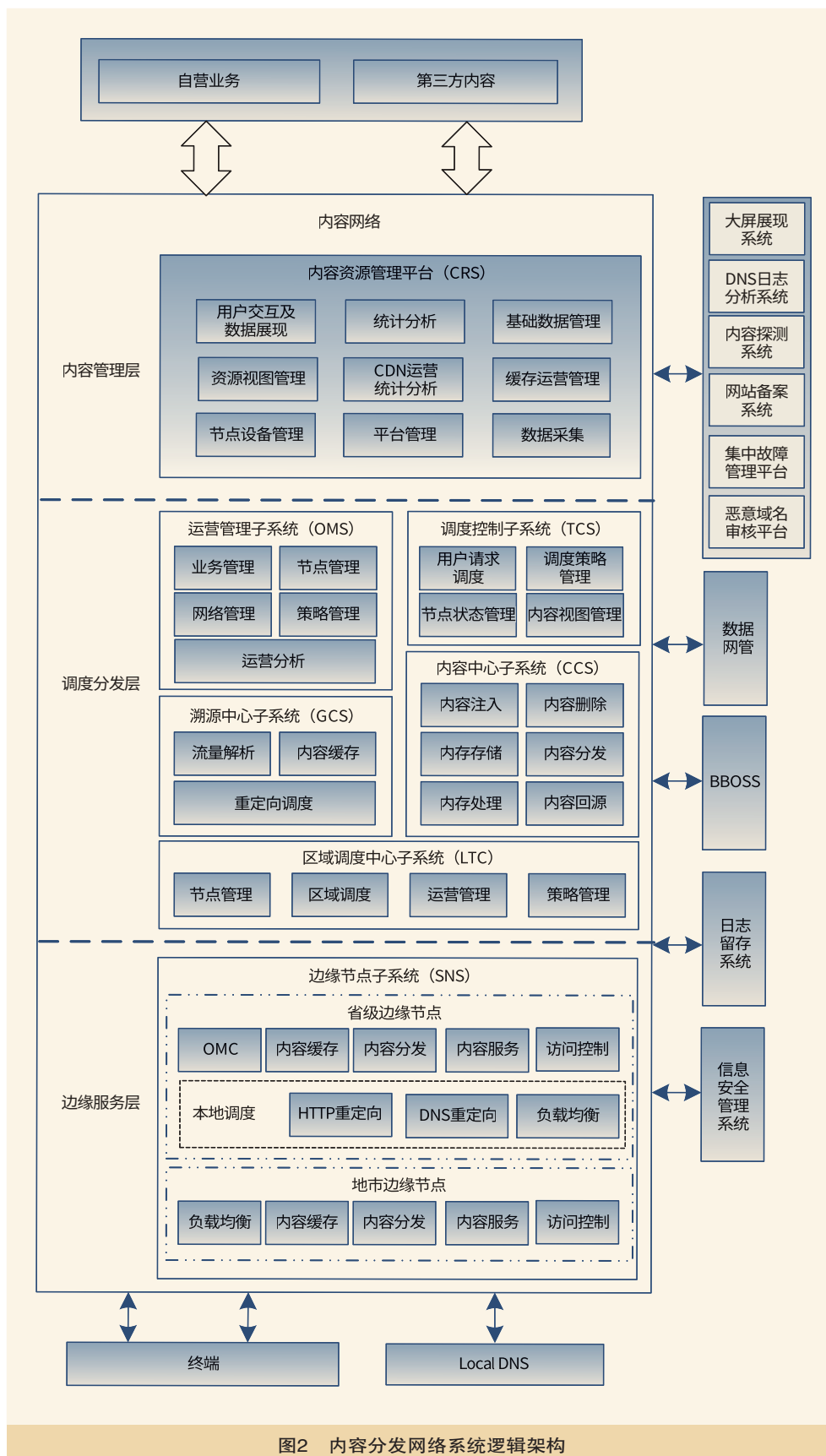


图1 内容分发网络系统架构



息库等视图，以支撑移动全网及各省的资源引入情况分析。

资源视图管理：统计分析DNS日志，结合内容探测系统等多种途径获取的数据，通过维护全网的域名和内容分布情况，支持对接收到的资源列表进行合并、整理，形成全网内容资源的统一视图。内容管理层呈现资源分布视图，支撑内容引入、内容调度等工作，为内容运营提供有效的支撑数据。

统计分析：支持对资源视图和从外部系统获取的基础数据进行分析，能够按照不同维度实现与用户、内容、流量相关的数据分析描述，如重点运营指标、全网资源分析、重点网站服务分析等，从而更加有效地管理互联网内容资源，及时发现资源引入、内容调度存在的各种问题。通过对数据进行深度挖掘，可为互联网内容运营提供决策依据。

缓存运营管理：搜集内容分发网络中边缘服务节点的缓存策略、缓存规则、访问控制策略、回源策略、服务使用情况等信息，以及设备节点中存在的软硬件本身的问题，提供告警服务。缓存运营管理同时应能够对内容分发网络当前的服务情况进行监测、查询，能够形象真实地分析整个内容分发网络的业务运营状况，满足管理的需要，分析用户访问行为，实现流量可视化，为业务发展提供决策依据。

3.2.2 调度分层

调度分层负责用户请求的统一调度、内容分发网络的网络管理及业务运营管理。通过内容中心网元实现对签约CP系统的对接和内容注入,并为边缘节点提供内容分发与回源服务;通过溯源中心对出网热点内容实施缓存,为各省部署的WebCache系统提供出网访问的统一回源服务。通过区域调度中心实现视频和大文件场景下的精准调度功能。

(1) 调度控制子系统

接收终端侧发起的访问请求,监测全网节点的健康状态、负载情况及内容分布情况,根据调度策略将终端调度到最佳的边缘节点。调度控制子系统应具备用户请求调度、调度策略管理、节点状态管理、内容视图管理等功能。调度控制子系统应支持灵活的全局调度策略,并可根据实际运营需求进行选用及设定参数配置。

(2) 运营管理子系统

为内容分发网络的系统管理员、运维人员及业务系统管理员提供管理界面和配置的能力,可实现内容分发网络的CP管理、策略管理、网络管理、运营分析等功能。支持面向总部管理员、各省管理员及CP/SP客户的分权分域管理。

(3) 内容中心子系统

作为内容分发网络的内容主动注入接口,负责存储内容分发网络中由内容源主动注入的内容,应具备内容注入、内容删除、内容分发、内容存储、内容处理、内容回源、内容管理等功能。在边缘服务节点内容未命中的场景下,根据回源策略配置,内容中心可作为回源汇聚的核心点,为边缘节点提供统一的回源服务。

根据运营策略设置,内容中心兼具边缘节点能力,在特定场景下可直接面向用户终端提供内容服务。

(4) 溯源中心子系统

溯源中心部署在CMNET骨干网络出口处,根据回源策略配置,监控边缘节点Cache群组的出网访问流量,实现Cache群组回源流量的汇聚,从而减少内容分发网络的整体出网回源流量。溯源中心直接接入内容管理层,由内容管理平台统一管理。

(5) 区域调度子系统

区域调度子系统部署在CMNET省网核心位置,根据业务场景要求和域名策略配置,接收全局调度子系统转发的用户调度请求,根据用户的IP地址和归属位置,进行HTTP重定向调度和流媒体协议重定向调度。区域调度中心受全局调度中心的直接管理,同时支持对本区域内所辖的边缘节点进行状态监测与管理。区域调度子系统也支持通过集中方式在全局进行集中部署,通过分权分域方式为各省提供远程接入及配置、运营、管理等能力。

3.2.3 边缘服务层

边缘服务层由边缘节点子系统组成,边缘节点作为直接面向用户终端提供内容服务的实体,负责内容在网络边缘处的临时性存储,同时还提供本地调度、访问控制、Web服务、媒体服务、文件下载服务等功能。在边缘节点内容未命中时,可根据回源策略向上一级内容源获取内容。根据实现功能的差异,边缘节点分为Cache群组和CDN群组,分别承担未签约内容和已签约内容的本地缓存。其中Cache群组需接入内容管理层,接受内容管理平台的统一管理,也可根据需求接入运营管理子系统。

3.3 网络接入

内容分发网络承载于CMNET之上,面向运营商自有业务和互联网业务等提供基于HTTP协议的流媒体、Web页面访问、文件下载等业务的内容分发与加速服务。

(1) 调度中心部署于CMNET骨干核心节点,两个调度控制子系统建议通过主备方式共同工作,互相形成主备容灾能力。

(2) 运营管理子系统建议与调度控制系统的主用节点在同一局点进行合设部署,对调度控制子系统的备用节点进行远程监控及管理,并实现配置数据的多点同步。可扩展支持与调度控制子系统的接口打开和内部解耦,实现主用和备用调度控制子系统纳入同一运营管理子系统的统一管理。

(3) 溯源中心采用多监控点、单缓存点的部署模式,在骨干网间互通出口位置部署重定向服务器,在骨干网部署统一的缓存集群节点,实现全局统一的回源服务。

(4) 内容中心实现全网范围的内容注入及存储,多个内容中心间可提供负荷分担能力,可基于业务、CP进行区分使用。

(5) 边缘节点初期部署于省网核心位置,随着业务量及用户规模增加,节点服务能力将逐步下放到地市级网络。边缘节点内部划分为Cache群组、CDN群组,对于提供自营视频业务及直播服务的节点,节点内部还应当划分出独立的视频群组,并保障对应的硬件资源及网络资源。

3.4 业务流程

3.4.1 调度策略机制

针对内容分发网络承载的不同业务,调度控制子系统支持对指定域名根据事先配置的不同调度策略或辅助优先级信息叠加的多种调度策略,以及依据实际运营需求设定的参数配置,在响应业务访问请求时自动计算最佳匹配的节点信息。相应调度策略的配置和是否生效等指令在运营管理子系统中完成,调度控制子系统按照配置和算法自动计算出最佳服务节点。为配合实际运营需求,应支持由多种基本调度策略叠加后

形成的复合调度策略。调度策略流程示意如图3所示。

3.4.2 用户调度与访问

用户终端发起的业务访问请求在进入内容分发网络时，调度控制子系统根据全局调度策略设置，应在尽可能短的时间内，将用户请求引导至最合适的服务节点；调度控制子系统应根据当前内容分发网络的运行情况，实时地调整用户

的调度及流量分配。如果服务节点发生未命中场景，依据回源策略，向内容中心或源网站请求下载内容。用户调度与访问流程示意如图4所示。

3.4.3 内容分发

内容分发是指内容进入内容分发网络内部后，如何实现内容在网络中的边缘分布。内容分发应同时支持主动分发（Push）和被动分发（Pull）两种模式。

主动分发是内容从内容源主动注入内容分发网络后，根据指定的分发策略配置及业务系统的指令，支持将内容主动推送到边缘节点，提升内容访问时的边缘节点命中率。内容分发支持根据域名或频道分发，支持分发优先级设定（优先级高的内容先分发），支持分发带宽设定，支持分发至单个、若干个节点或全网节点，支持自动分发、手动分发、定时分发等策略。在主动推送分发时需要考虑分发所占带宽

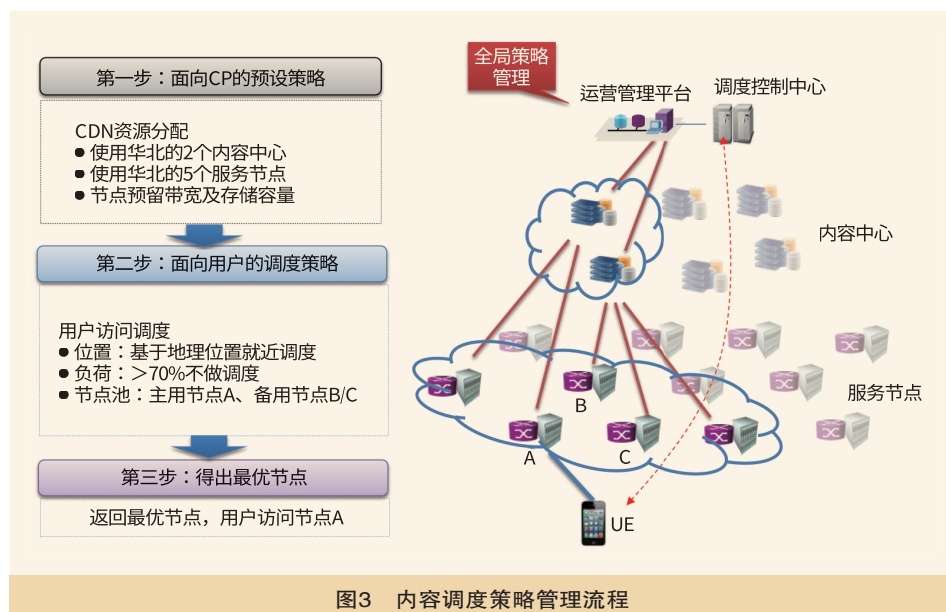


图3 内容调度策略管理流程

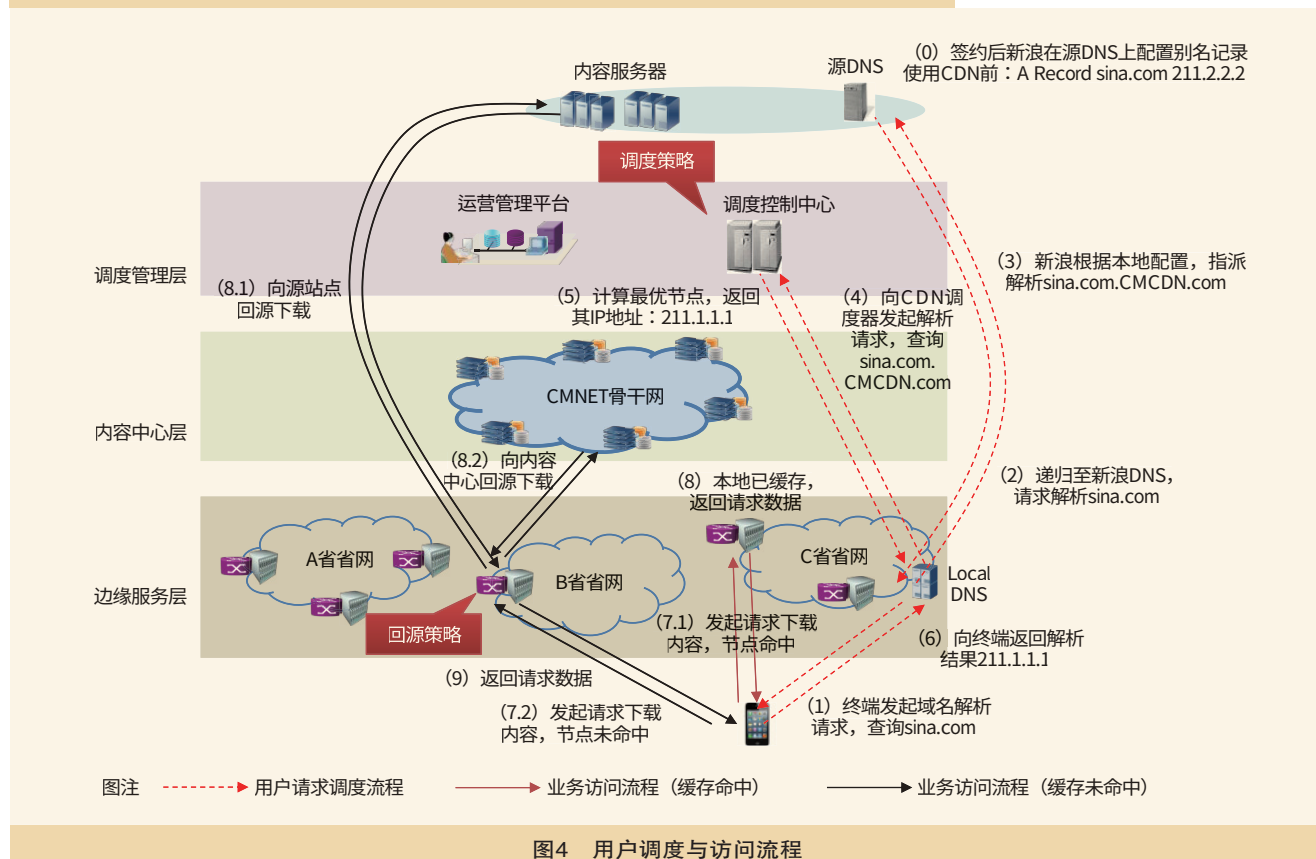


图4 用户调度与访问流程

对用户流量的影响,通过采用合理的分发时间、控制分发带宽等策略,做到不影响面向用户的服务质量。内容主动分发流程如图5所示。

被动分发是指业务系统不主动注入内容,当终端向内容源请求内容时,若边缘节点未命中,则采用回源方式从上一级内容源获取该内容。边缘节点应该支持按照内容的热度更新自身存储,以提高缓存的命中率。被动分发的优势是实现简单,不需要业务系统支持内容分发接口,也无需与内容分发网络进行接口层面的对接。

3.5 各子系统建设方案分析

3.5.1 内容管理平台部署方案

内容管理平台是实施互联网内容集中化分析、展现和决策的支撑平台,需要对DNS日志、Cache/CDN日志等进行存储和分析,实现对全网流量、资源使用情况等的监控评估,建议采用集中部署方式。根据目前内容分发网络系统存在的问题,内容管理平台需要完善的系统功能主要包括如下三个方面。

(1)内容分发网络调度策略深度分析,重点域名的DNS信息实时采集与分析,内容分发网络日志的深度分析与挖掘等功能。

(2)基于DNS日志对服务节点流量异常情况进行分析的功能,加强内容分发网络安全管理。

(3)重点客户日志分析管理,提升对重点客户的服务质量。

3.5.2 调度控制中心部署方案

目前调度控制中心仅包括调度控制子系统和运营管理子系统两部分,缺少容灾备份节点,存在单点故障风险,为了保障业务的稳定性及信息的安全性,调度控制中心将新增区域调度中心以实现视频和大文件场景下的精准调度功能和业务信息安全管理两个子系统,并进行功能优化。

架构优化:对原有的调度控制中心部署区域调度中心子系统和业务信息安全管理子系统,区域调度中心负责各省本地业务和OTT视频业务的本地引导量;业务信息安全管理子系统负责进行相关信息安全日志的交互。新建的调度控制中心容灾节点部署调度控制子系统、运营管理子系统和区域调度中心子系统。

完善功能:优化根据内容热点、业务QoS、CP级别进行精确调度的调度算法;为签约客户提供自主业务开通、服务状况查询、账单查询、缴费查询等自助服务功能;支持基于访问日志及网络质量指标,进行CDN分发质量分析和监测。

3.5.3 内容中心部署方案

内容中心作为内容分发网络的内容主动注入接口,存储内容分发网络中由内容源主动注入的内容,应合理布局和架构优化,并进行功能完善。

架构优化:在西部省份新增一套内容中心,建议与现网已有内容中心的建设规模保持一致。

功能完善:为满足互联网直播、IPTV业务的需要,内容中心新增视频对象缓存功能、流媒体服务功能、移动直播

服务功能、内容注入功能及互联网电视内容分发功能,完善内容中心系统功能。

3.5.4 Cache统一溯源池部署方案

在内容分发网络系统中,Cache统一溯源池位于调度分发层。Cache统一溯源池为内容分发网络系统的非签约内容提供统一的回源点,负责存储内容分发网络系统中的回源内容,同时还提供所缓存内容的管理、处理等功能。在边缘节点Cache群组未命中的场景下,可由溯源中心作为上级内容源提供内容服务,从而对出网回源流量进行汇聚,减少出网流量压力。此外,溯源中心也可作为独立部署的

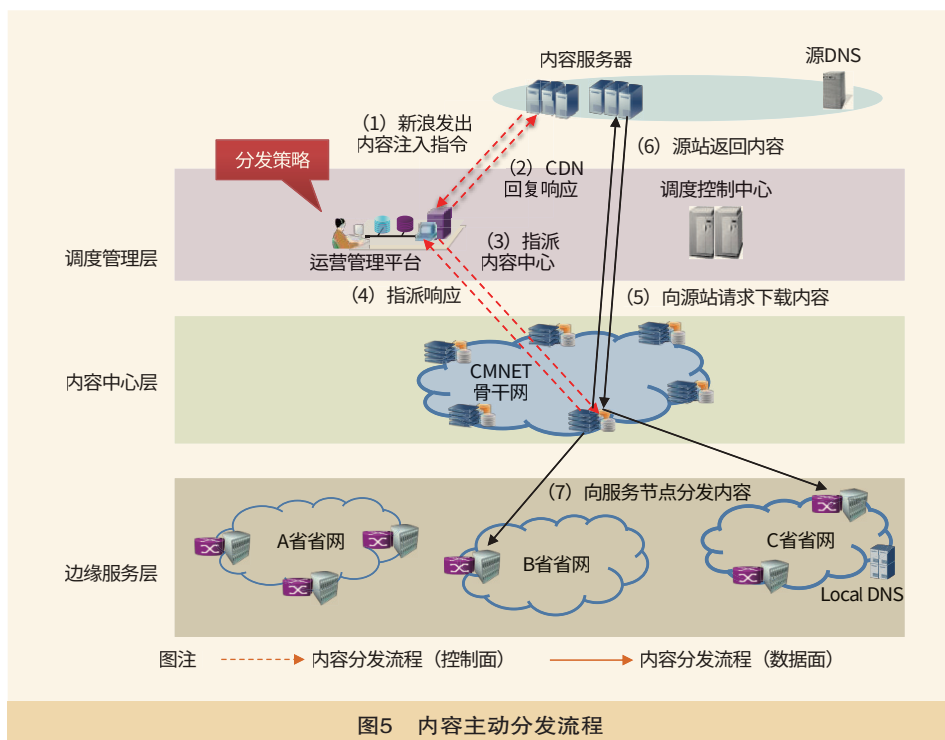


图5 内容主动分发流程

WebCache系统提供回源内容。

建议溯源中心采用1+N部署模式,其中缓存系统采用全网集中方式,重定向系统分别部署于网间互通出口位置,通过在网间出口进行分光镜像的方式为Cache群组提供非签约内容的回源服务。

为了缓解目前国际网间的流量压力,建议将互联网国际出入口纳入缓存范围,在国际网间链路部署重定向系统,对国内网间流量进行缓存。

3.5.5 边缘服务节点部署方案

内容分发网络的边缘服务节点是直接面向用户,为用户提供内容服务的主体。为更好地提升用户体验,边缘服务节点应采用分省部署方式,覆盖全国31省所有地级市,考虑到网络时延和传输带宽等因素,为保障业务质量,边缘服务节点下沉应从地域和用户两个维度统筹考虑,当地市视频用户达到11.5万,或地市与省会距离超过300km时,建议设置边缘节点。

4 结束语

随着互联网业务的迅速发展,内容分发网络流量需求

(上接12页)

4 结束语

随着B2I业务的迅猛发展及流量资费的进一步下调,原本受抑制的流量得到释放,原本承载在Wi-Fi网络上的网页、视频、游戏业务正在不断向4G网络迁移。从用户实际感知角度出发做好网络时延优化,是提升网络竞争力、塑造卓越网络品牌形象的关键环节之一。文中结合网络实际情况,在此方面进行了积极地探索,提出上述基于TCP的移动网络时延优化手段,旨在不断提高用户网络体验,创造更大的经济效益和社会效益。实践证明,上述一系列关键技术的应用,可以显著降低网络时延,具备较大推广价值。

参考文献

- [1] 张宏超.核心网深度优化之TCP加速解决方案研究[J].信息通信,2017(4)
- [2] 谷红勋,刘亚.LTE网络视频播放业务优化实践[J].移动通信,2016,40(15)
- [3] 袁传博.LTE网络中基于无线丢包感知的跨层拥塞控制方法[D].南京邮电大学,2016

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

不断增加,且存在随时间、地点变化的特征。聚焦用户感知已是移动宽带时代运营商规划内容分发网络和优化业务的首要因素,边缘服务节点向移动网络侧下沉部署是内容分发网络进一步提升移动用户访问体验的重要手段。将边缘服务节点逐渐下沉到核心网甚至接入网,最大程度实现用户就近接入,提升用户体验,降低网络带宽。未来发展内容分发网络可逐步探索利用NFV/SDN提供灵活的CDN服务,实现CDN流量全局优化,提高CDN业务体验及互联网的访问质量,加强运营商的业务竞争能力。

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

刘长瑞

硕士,高级工程师,现就职于中国移动通信集团设计院有限公司,主要从事移动数据业务的咨询设计工作,目前主要研究方向是内容分发网络、WLAN认证中心、综合统计分析、网络组网与系统容灾等。

作者简介

杨振辉

硕士,毕业于华南师范大学,现就职于中国联通深圳市分公司,主要从事无线网络优化、网络规划工作。

柯腾辉

硕士,毕业于北京邮电大学,现就职于中国联通深圳市分公司,主要从事无线网络优化、网络规划工作。

周壮

硕士,毕业于华南理工大学,现就职于中国联合网络通信有限公司深圳市分公司,主要研究方向为无线网络维护及优化等。

梁师铭

本科,毕业于电子科技大学,现就职于中国联合网络通信有限公司深圳市分公司,主要研究方向为无线网络优化、网络规划等。

张冠华

本科,毕业于长春邮电学院,现就职于中国联合网络通信有限公司深圳市分公司,主要研究方向为无线网络优化、网络规划等。

MR覆盖率提升策略研究

阳波¹ 曹辉² 石华²

1.湖南省邮电规划设计院有限公司

2.中国电信股份有限公司郴州分公司

摘要

分析MR覆盖率的影响因素,重点介绍使用MR数据精细定位网络问题及MR提升后评估等方法,并结合实际案例系统地提出MR覆盖率提升的建设思路及方案,为有效指导后期网络规划、网络优化和工程建设提供技术保障。

关键词

LTE MR 网络覆盖 问题定位 评估方法

1 引言

当前4G网络建设已由初期的大规模建设阶段进入网络优化补点阶段,无线网络建设的总体投资效益逐渐降低,运营商现阶段移动网络建设的重点转向深度挖掘城区弱覆盖及高价值区域精品覆盖。通过MR(Measurement Report,测量报告)大数据分析评估现网覆盖效果,实现对需求的精准挖掘,为网络覆盖的精准规划和优化提供有效依据,全面提升品质感知和市场支撑能力。

MR是采集于用户手机的测量报告,可反映用户所处位置的LTE无线信号强度信息。MR根据触发方式的不同,可分为事件触发和周期性触发。事件触发的测量数据写入MRE文件,周期触发的测量数据写入MRO文件,MRO文件中的数据统计写入MRS文件。中国电信统计的MR覆盖率数据取自MRS数据中的MR.RSRP(参考信号接收功率)字段。其中,MR覆盖率定义为MR.RSRP数据中RSRP $\geq$ -110dBm的采样点数量在MR总采样点数量中的占比,代表小区的业务覆盖及服务质量。

2 MR覆盖率提升思路

2.1 MR覆盖率影响因素

对MR覆盖率造成影响的因素主要有以下几种。

(1)现网基站运行状态:断站、退服、驻波异常等故障均会影响覆盖,造成该基站覆盖范围内无线信号的质差现象。

(2)天线方位角、下倾角、挂高等基站工程参数设置:不合理的设置会引起弱覆盖或越区覆盖、导频污染等问题。

(3)无线优化相关参数设置。

最小接入电平:该参数表示小区最低接收电平,应用于小区选择准则(S准则)的判决公式。该值越大,UE选择该小区的难度越高,反之,则UE选择该小区的难度越低。

异频切换门限:表示基于覆盖切换中,触发异频切换的A1/A2测量事件的RSRP门限和A4/A5切换门限。增大A1/A2门限,容易启动异频测量;降低A4门限,容易切换异频切换;反之,则异频切换难度增加。

参考信号功率:表示每物理天线的小区参考信号的功率值。设置过大会造成越区覆盖,对其他小区造成干扰,反之会造成覆盖不足,出现盲区。

重定向到3G切换门限:表示基于覆盖切换中,触发异频异系统盲切换的A1/A2事件的RSRP门限。增大门限,容易启动盲切换重定向,反之,则会增加掉话风险。

(4)基站部署密度:对于城区场景,4G已连续覆盖,MR覆盖率较好,主要需求是加强室内深度覆盖。根据对某省各地市城区MR覆盖率与站间距对标的统计分析,LTE 1.8GHz在该省城区场景下,站间距在500m左右,MR覆盖率较高,超过600m,MR覆盖率下降明显;对于农村场景,由于站址稀疏,MR覆盖率较低,需新建站址加强连续覆盖。

(5)LTE 800MHz终端渗透率:LTE 800MHz的单站覆盖能力强于LTE 1.8GHz,在两者共站部署时,处于LTE 1.8GHz网络做数据业务的用户在LTE 1.8GHz网络RSRP低于-105dBm时,将启动异频测量。随后,当本小区LTE 1.8GHz的RSRP低于-110dBm且LTE 800MHz小区的RSRP高于-105dBm时,若终端支持LTE 800MHz,则用户从LTE 1.8GHz网络切换至LTE 800MHz网络,上报LTE 1.8GHz弱覆盖采样点(<-110dBm)较

少；若终端不支持LTE 800MHz，将无法切换，会持续上报LTE 1.8GHz弱覆盖采样点。

2.2 MR弱覆盖采样点定位方法

根据MR覆盖率的定义可得出，提升MR覆盖率就是要降低RSRP<-110dBm的采样点在MR总采样点中的占比，因此，其提升方案的关键点在于准确定位RSRP<-110dBm的采样点发生位置。可综合使用以下方法。

(1)通过无线网管平台导出目标小区的TA值统计，分析该小区内接入用户的分布情况。结合天线挂高和基站周边环境，可判断小区覆盖范围是否偏离规划。

(2)平台提取的MR数据有扇区级和栅格级两种颗粒度。扇区级MR数据虽然有RSRP<-100dBm的采样点的占比统计，但未关联TA。同时由于扇区覆盖面积太大，无法进行质差点的精确定位。因此，扇区级MR数据用来判别问题小区，进行TOP排序。

在问题点精确定位方法上建议使用栅格级MR数据。通过MR大数据平台导出栅格级MR RSRP统计数据，根据统计的栅格内RSRP<-110dBm的采样点数量数据制作“弱覆盖采样点分布”专题图层，直观反映质差点分布，重点解决质差点集中区域。

若平台提取的MR栅格原始数据中没有统计栅格内RSRP<-110dBm的采样点数量，可通过MR RSRP均值及栅格内采样点总数两个数据分别制作专题图层。针对目标小区用户分布区域，通过“MR RSRP栅格图层”找出弱覆盖的大致区域，同时结合“MR采样点数栅格图层”综合判断本小区弱覆盖采样点集中区域。

(3)针对目标区域进行路测和定点测试，全面摸清该区域室内外小区的覆盖情况，为深度覆盖解决方案提供有力的数据参考。

2.3 MR提升评估方法

为了科学评估提升前后的MR情况，不仅关注提升的目标扇区MR覆盖率，还需从区域角

度考量整体MR覆盖情况，评估区域内MR弱覆盖采样点解决率。其中，区域MR相关参数应综合采用该区域周边相关性最强的几个扇区（含各频段）的MR数据。

由于提升前后的区域MR采样点数量不一致，因此，区域MR弱覆盖采样点解决情况的评估采用替换提升前后区域MR覆盖率的思路，即以提升前的MR总采样点数量作为基数，将提升后的MR覆盖率代入计算以得出在同一基数下的弱覆盖采样点数，并由此计算提升前后MR弱覆盖采样点的解决率，以此评估MR覆盖率的提升效益。区域MR采样点统计见表1。

评估模型如下：

区域MR覆盖率提升量=A/B-C/D；

区域MR弱覆盖采样点解决率=（A-B×C/D）/A。

3 MR覆盖率提升策略

MR覆盖率的提升需维护、优化、建设多手段相结合，

表1 区域MR采样点统计

对比项	区域MR弱覆盖采样点（RSRP<-110dBm）数	区域MR总采样点数
提升前	A	B
提升后	C	D

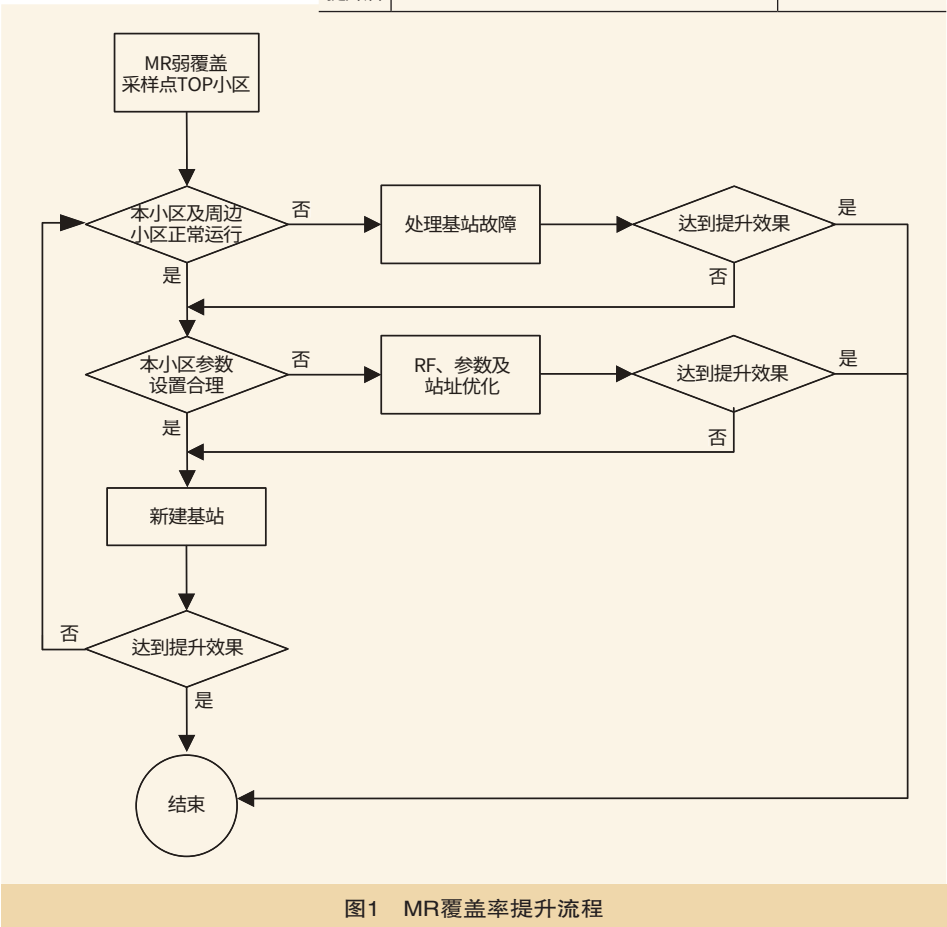


图1 MR覆盖率提升流程

实施步骤如图1所示。

步骤一：从提升全网覆盖率的角度考虑，根据各小区MR弱覆盖采样点数量的高低进行排序，数量越多，排名越高，优先分析、提升TOP小区所在区域的MR覆盖率。

步骤二：检查待提升小区及周边小区的运行状况，解决影响小区覆盖的相关故障，避免较大范围的覆盖空洞，便于后续优化及新建基站工作。

步骤三（根据步骤二的效果施行）：结合基站现场情况、DT&CQT，以及MR、TA分析，检查小区的相关参数设置是否合理，如有必要，进行RF优化（如天线挂高、方位角、下倾角等）、站址优化（如超高、超低站址搬迁等）或其他无线相关参数优化（如邻区配置、参考信号功率配置、切换参数优化等），通过优化调整使站点发挥最佳覆盖效果，需注意以问题点为中心开展区域性的优化，记录优化后网络其他各项指标的变化及对用户感知的影响。

步骤四（根据步骤三的效果施行）：综合考量周边无线网络状况及用户终端因素，规划新建基站，针对不同场景，通过宏微结合、室内外协同等多种手段解决网络覆盖问题：

(1)对于满足站间距要求，且覆盖需求为较大面积区域、中低层建筑群场景，优选建设室外宏站；

(2)针对局部区域补盲及因客观因素难以建设宏站的场景，可选择建设室外微站或室外分布系统，如城中村等密集住宅区；

(3)对于室外宏站无法兼顾的高层楼宇，大型建筑的顶层、电梯、地下停车场等弱覆盖区，采用室内分布系统结合射灯天线对打方式解决深度覆盖问题；

(4)中国电信在800MHz、1.8GHz、2.1GHz三个频段同时运营LTE FDD网络，因此，新建基站的频段应根据具体场景针对性选择。

①当出现LTE 1.8GHz TOP小区时，需综合该小区及周边LTE 800MHz终端渗透率、LTE 1.8GHz和LTE 800MHz网络覆盖情况分析。若LTE 800MHz终端渗透率低，则考虑新建LTE 1.8GHz室外站或LTE 2.1GHz室内分布，反之，则优先考虑新建LTE 800MHz室外站。

②当城区出现LTE 800MHz TOP小区时，主要原因为深度覆盖不足，分场景考虑新建LTE 800MHz室外站或对2.1GHz室内分布系统加强覆盖；当乡镇及农村出现LTE 800MHz TOP小区时，主要原因为连续覆盖不足，宜新建LTE 800MHz室外站。

③当出现室外LTE 2.1GHz TOP小区时，由于其通常为容量覆盖与LTE 1.8GHz叠加组网，因此参考LTE 1.8GHz提升方法；当出现室内分布LTE 2.1GHz TOP小区时，由于信号集中于封闭的室内空间，边缘覆盖区域较少，应检查室

内分布系统是否故障或进行优化、改造。

4 案例分析

4.1 RF优化提升案例

(1)现状及问题描述

新兴路口LTE 1.8GHz基站第2小区的MR弱覆盖采样点数量排名为该地市TOP1，扇区MR覆盖率为61%。该站采用美化排气管天线，天线挂高30m，下倾角4°。

(2)原因分析

从网管平台检查新兴路口及周边基站运行状况，无告警或故障。对该站进行实地勘察，第2小区主要覆盖目标为密集住宅小区，楼栋平均5层高，站点周边建筑物与天线挂高高度差在15m以上。查阅新兴路口第2扇区一周的TA分布情况（表2），该扇区下用户接入距离在546m以上的占比高达85%，而周边基站站间距在500m左右，基站分布如图2所示。由此推断，新兴路口第2扇区存在过覆盖问题。

取三天的MR数据制作弱覆盖采样点栅格专题图层，根据如图3所示的新兴路口周边弱覆盖采样点分布情况，发现其主要用于密集住宅区内，因此，需重点解决住宅区内的深度覆盖问题。

(3)解决方案及效果评估

对新兴路口第2小区进行RF优化，下倾角由4°调为14°。优化后，新兴路口第2小区的MR覆盖率为91%，提升30%，区域MR覆盖率由63%提升至87%，区域MR弱覆盖采样点解决率为77%，MR提升效果明显。

表2 TA统计情况

小区名	接入次数占比					
	0~312m	312~546m	546~1014m	1014~1950m	1950~3510m	>3510m
新兴路口_2_WL	2%	13%	55%	28%	2%	1%



图2 新兴路口周边基站分布示意

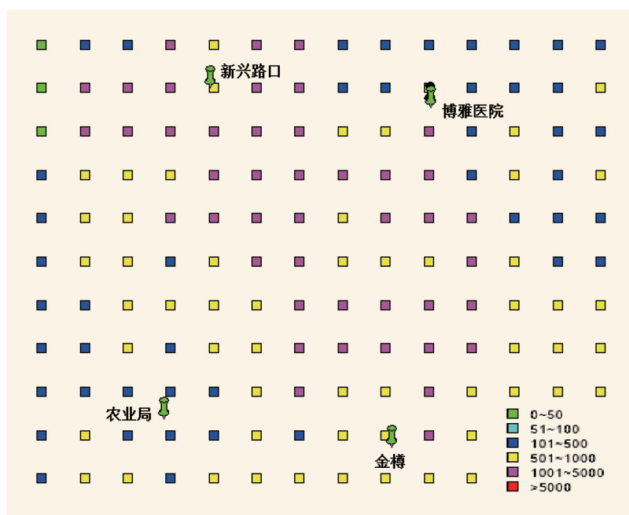


图3 MR弱覆盖采样点数栅格图层



图4 机车研究所周边基站分布示意

4.2 新建基站提升案例

(1) 现状及问题描述

机车研究所基站为LTE 1.8GHz/800MHz共址，天线挂高30m，其中LTE 800MHz第2小区MR覆盖率仅为85%，小区内MR弱覆盖采样点数为该地市第二位。该小区主覆盖方向为住宅区，周边有时代路佳佳酒店LTE 1.8GHz基站、时代路LTE 1.8GHz基站、新民公馆LTE 1.8GHz基站、泉塘湾LTE 1.8GHz基站和新民五组LTE 1.8GHz/800MHz共址基站等，基站分布如图4所示。

(2) 原因分析

从网管平台检查机车研究所及周边基站的运行状况，无告警或故障。统计一周TA数据，机车研究所LTE 800MHz第2小区接入用户集中于390~1014m范围内，占比达87%，该范围内主要为密集住宅区（图2的红圈位置）。

取三天的MR数据制作栅格专题图层，根据LTE 800MHz MR采样点数栅格图层（如图5所示），LTE 800MHz采样点分布在住宅区域的每栅格数量大于10000个，较为集中，且该区域

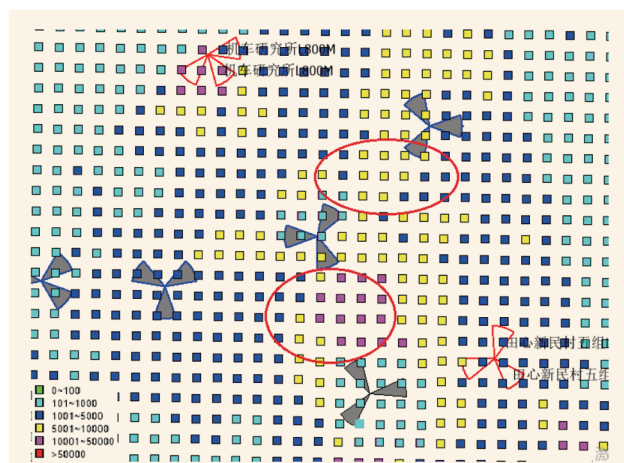


图5 LTE800MHz MR采样点数栅格图层

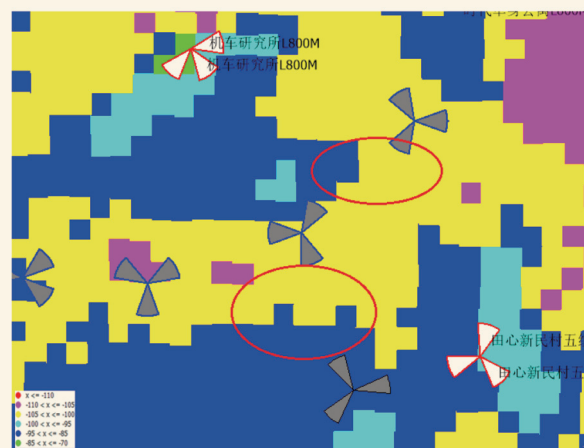


图6 LTE800MHz MR RSRP栅格图层

LTE 800MHz RSRP均值（如图6所示）在-105~-100dBm区间内，同时，周边LTE 1.8GHz基站MR质差点上报数量较少，说明终端正常切换至LTE 800MHz。综上分析，机车研究所基站LTE 800MHz第2小区MR弱覆盖主要集中在住宅区，应加强该区域的深度覆盖。

(3) 解决方案及效果评估

提升方案采取在时代路LTE 1.8GHz基站共址建设LTE 800MHz基站的方式。新建站点入网后，机车研究所基站LTE 800MHz第2小区MR覆盖率提升至94%，该区域内各基站MR弱覆盖采样点总数解决71%，区域总体MR覆盖率达89%提升到95%，住宅区的深度覆盖问题得到有效改善。

5 结论

准确评估现网覆盖效果，精确发现需求场景，并针对各类型场景进行建设是目前打造LTE精品网络面临的迫切问

（下转30页）

运营商物联网安全防护体系研究

唐洪玉 薄明霞

中国电信股份有限公司北京研究院

摘要

针对物联网安全需求,对物联网安全防护体系架构进行研究,提出“4+1”物联网安全防护体系,并详述各层安全防护技术和措施,给出物联网安全生态建设建议。

关键词

物联网 安全防护体系 安全生态

1 引言

物联网开辟了连接智能设备的新时代,为人们的生活带来诸多便利,但是也给信息技术领域的发展带来了新的挑战。随着物联网产业的兴起、发展和应用,物联网的安全问题逐渐显现,大到系统平台,小到传感器,任何一处风险都有可能使威胁扩散到整个网络与核心系统;不仅会影响物联网应用,还会泄露数据及用户隐私,甚至导致人员伤亡。需要重新规划并制定可持续发展的物联网安全体系架构,使物联网在发展和应用过程中,安全防护措施不断完善,保障网络及业务安全。

2 物联网安全风险分析

下面分别从物联网的感知层、网络层、平台层、应用层,来探讨分析物联网的安全风险及面临的安全挑战。

2.1 感知层安全风险分析

物联网感知层的主要功能是实现对信息的采集、识别和控制,由感知设备以及网关组成。感应设备包括RFID装置、各类传感器(如红外、超声、温度、湿度、速度等)、图像捕捉装置(摄像头)、全球定位系统(GPS)、激光扫描仪、可能融合部分或全部上述功能的智能终端以及网关设备等。

相对互联网来说,物联网感知层设备数量、种类众多,感知节点呈现多源异构性,通常情况下功能简单、携带能量少,相对于传统移动网络而言,物联网中的终端设备往往处于无人值守的环境中,缺少人对终端节点的有效监控,终端节点更具有脆弱性,将面临更多的安全威胁。针对物联网感知层的攻击越来越多,包括物理攻击、伪造或假冒攻击、信

号泄露与干扰、资源耗尽攻击、隐私泄露威胁等。

(1)物理攻击。攻击者对传感器等实施的物理破坏,其使物联网终端无法正常工作,攻击者也可能通过盗窃终端设备并通过破解获取用户敏感信息,或非法更换传感器设备导致数据感知异常,破坏业务正常开展。

(2)伪造或假冒攻击。攻击者通过利用物联网终端的安全漏洞,获得节点的身份和密码信息,假冒身份与其他节点进行通信,进行非法行为或恶意的攻击,如:监听用户信息、发布虚假信息、置换设备、发起DoS攻击等。

(3)信号泄露与干扰。攻击者对在传感网络中传输的数据和信令进行拦截、篡改、伪造、重放,从而获取用户敏感信息或者导致信息传输错误,使业务无法正常开展。

(4)资源耗尽攻击。攻击者向物联网终端发送垃圾信息,耗尽终端电量,使其无法继续工作。

(5)隐私泄露。RFID标签、二维码等的嵌入,使物联网接入的用户不受控制地被扫描、定位和追踪,极易造成用户个人隐私泄露。

2.2 网络层安全风险分析

物联网的网络层主要是将感知层采集的信息通过传感网、移动网和互联网进行信息的传输,在物联网中采集的信息需通过各种网络的融合,将信息实时准确地传递出去。物联网的传输网络是一个多网络叠加的开放性网络,传输途径会经过各种不同的网络,面临比传统网络严重的安全问题,比如无线协议本身缺陷,如缺乏有效认证可能导致接入侧泄密;封闭的物联网应用/协议无法被安全设备识别,被篡改和入侵后无法及时发现;未加密的通信用程容易发生劫持、

重放、篡改和窃听等中间人攻击；IP化后面临IP体系的安全问题，如来自互联网的攻击和入侵。

物联网的网络层面临的主要威胁包括以下几种。

网络层协议漏洞：网络层功能本身的实现中需要的技术与协议（网络存储、异构网络技术等）存在安全缺陷，特别是在异构网络信息交换方面，易受到异步、合谋攻击等。

终端设备安全威胁：随着物联网业务终端的日益智能化，物联网应用更加丰富，同时也增加了终端感染病毒、木马或恶意代码所入侵的渠道。同时，网络终端自身系统缺乏完整性保护和验证机制，容易被攻击者篡改，一旦被窃取或篡改，其中存储的私密信息将面临泄露的风险。

信息传输安全威胁：物联网的承载网络是一个多网络叠加的开放性网络，随着网络融合的加速及网络结构的日益复杂，物联网基于无线和有线链路进行数据传输会面临更大的威胁。攻击者可随意窃取、篡改或删除链路上的数据，并伪装成网络实体截取业务数据及对网络流量进行主动与被动的分析。

核心网络安全威胁：全IP化的移动通信网络和互联网及下一代互联网将是物联网网络层的核心载体。对于一个全IP化开放性网络，将面临传统的DoS攻击、DDoS攻击、假冒攻击等网络安全威胁，且物联网中业务节点数量将大大超过以往任何服务网络，在大量数据传输时将使承载网络堵塞，产生拒绝服务攻击。假冒基站攻击即攻击者通过假冒基站骗取终端驻留其上，并通过后续信息交互窃取用户信息。攻击者在攻破物联网网络之间的通信后，窃取用户隐私及敏感信息，造成隐私泄露。

2.3 平台层安全风险分析

物联网平台能够对物联网终端所收集的数据信息进行综合、整理、分析、反馈等操作，主要提供海量终端的管理、数据管理、运营管理和安全的管理。平台层融合了更多的先进技术，包括云计算、大数据、人工智能等，以满足对整个庞大的物联网进行信息运算和交互的需求。平台承上启下，是物联网产业链枢纽，物联网的大规模、分布式、多业务类型特点使物联网平台层安全面临新的挑战，比如平台层面所管理的设备分散、繁多，设备的升级过程和安全状态等难以管理；新的通信协议可能带来应用层的安全问题和漏洞，比如畸形攻击、泛洪攻击等；新平台自身漏洞和API开放等容易引入新的风险；越权访问导致隐私和安全凭证等重要数据有被泄露的风险；应用丰富、数据中心出口多，DDoS等网络攻击风险高。

物联网平台面临的威胁面非常广泛，基本上互联网、云计算、大数据等面临的威胁都会被物联网处理应用层系统继

承，主要安全威胁包括以下几点。

(1)平台易遭受攻击：物联网的各种应用数据分布存储在云计算平台、大数据挖掘与分析平台以及各业务分析平台中进行计算和分析，由于其用户信息资源高度集中，容易成为黑客攻击的目标，导致数据泄露、恶意代码攻击等安全问题。

(2)虚拟化安全威胁：物联网平台通过在其部署的服务器、存储、网络等基础设施之上搭建虚拟化软件系统以实现高强的计算能力，虚拟化和弹性计算技术的采用，使得用户的边界模糊，带来一系列比在传统方式下更突出的安全风险，如虚拟机逃逸、虚拟机镜像文件泄露、虚拟网络攻击、虚拟化软件漏洞等安全问题。

(3)平台系统可用性：用户的数据和业务应用处于云平台系统中，其安全性依赖于平台的可用性，对平台的服务连续性、SLA和IT流程、安全策略、事件处理和分析等提出了挑战。另外，当发生系统故障时，如何保证系统快速恢复也成为一个重要问题。

(4)平台漏洞：物联网应用系统平台本身的漏洞，例如云平台的漏洞、大数据平台的漏洞等，导致平台被非法攻击和利用。物联网平台会采用很多的组件，操作系统、平台组件和服务程序自身漏洞和设计缺陷易导致未授权的访问、数据破坏和泄露，数据结构的复杂性将带来数据处理和融合的安全风险，存在破坏数据融合的攻击、篡改数据的重编程攻击、错乱定位服务的攻击、破坏隐藏位置目标攻击等。

(5)数据安全：用户的数据存储、处理、网络传输等都与云计算系统有关，包括如何有效存储数据以避免数据丢失或损坏，如何对多租户应用进行数据隔离，如何避免数据服务被阻塞等，以及发生故障后，数据能快速恢复。此外，黑客可能向物联网的大数据平台注入脏数据，导致系统误判，产生数据污染问题。

2.4 应用层安全风险分析

应用层为用户提供丰富的服务，物联网的应用领域非常广泛，覆盖智能交通、智能家居、智能物流、环境保护、农业生产、工业监控、医疗保健、政府工作、公共安全等行业和领域。应用安全主要指运行在主机系统上各种不同功能的应用系统的安全性。应用安全主要体现在Web安全上。

Web安全包括两个方面：一是Web应用本身的安全，即利用Web应用漏洞（如SQL注入、跨站脚本漏洞、目录遍历漏洞、敏感信息泄露等漏洞）获取用户信息、损害应用程序，以及得到Web服务器的控制权限等；二是内容安全，即利用漏洞篡改网页内容，植入恶意代码，传播不正当内容等一系列问题。针对Web应用漏洞，应注重Web应用系统全生命周期的安全管理，针对系统生命周期不同阶段的特点采

用不同的方法提高应用系统的安全性。Web应用形式多种多样,其防护也是一个复杂问题,可采取网页过滤、反间谍软件、邮件过滤、网页防篡改、Web应用防火墙等防护措施,同时加强安全配置,如定期检查中间件版本及补丁安装情况,账户及口令策略设置,定期检查系统日志和异常安全事件等,解决Web应用的主要隐患和问题。

3 物联网安全防护体系架构

针对物联网安全风险,文中提出了“4+1”物联网安全防护体系,如图1所示,其中“4”指的是感知层安全、网络层安全、平台层安全、应用层安全;“1”指的是统一安全管理平台。每个层面采用多级防护,各层间并不是独立存在,而是在统一安全管理平台的管理下相互作用,形成统一联动、智能化的主动防御体系。

3.1 感知层安全防护

感知层安全的设计中需要考虑物联网设备的计算能力、通信能力、存储能力等受限,不能直接在物理设备上应用复杂的安全技术。

物联网的移动化特性打破了传统的网络边界,但在每个终端微点之间实际上还是存在着一条新的无形边界——微边界。微边界上聚集着数以百万千万计的终端微点,一个感知终端的安全漏洞会沿着微边界横向纵向扩展,并在物联网上被级数放大,由单个微点最终导致的安全风险损失不可估

量。因此,要将安全泛在化于每个微边界点上,使每个终端微点都具备安全防护及抗攻击能力,可采取的防护技术和措施包括以下几点。

(1)物理安全:采取防水、防尘、防震、防电磁干扰、防盗窃、防破坏的措施。

(2)接入安全:通过轻量级易集成的安全应用插件进行终端异常分析和加密通信等,实现终端入侵防护,从而防止终端成为跳板、攻击关键网络节点,同时需要轻量化的强制认证机制。

(3)硬件安全:确保芯片内系统程序、终端参数、安全数据和用户数据不被篡改或非法获取。在硬件安全方面将主要解决物联网终端芯片的安全访问、可信赖的计算环境、加入安全模块的安全芯片以及加密单元的安全等。将身份识别、认证过程“固化”到硬件中,以硬件来生成、存储和管理密钥,并把加密算法、密钥及其他敏感数据存放于安全存储器中,可增强物联网终端的硬件安全防护。

(4)操作系统安全:使用轻量级安全操作系统,实现操作系统对系统资源调用的监控、保护、提醒,确保涉及安全的系统行为总是在受控的状态下,不会出现用户在不知情情况下某种行为的执行,或者用户不可控行为的执行,另外,操作系统还要保证自身的升级是受控的。在操作系统安全方面将主要解决安全调用控制和操作系统的更新来确保操作系统的能力,通过对系统资源调用的监控、保护、提醒,确保涉及安全的系统行为总是在受控的状态下,不会出现用户在不知情情况

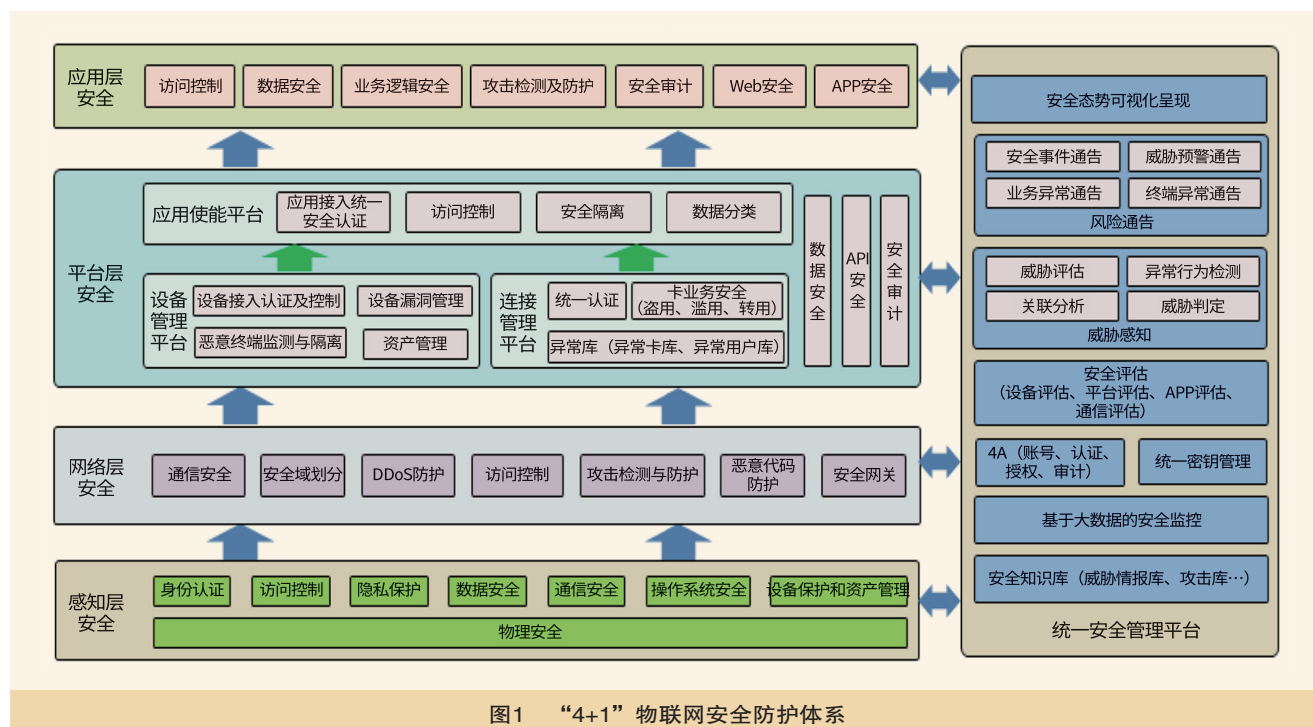


图1 “4+1” 物联网安全防护体系

下某种行为的执行，或者用户不可控行为的执行。

(5)应用安全：保证终端对要安装在其上的应用软件进行来源识别，对已经安装在其上的应用软件进行敏感行为的控制，还要确保预置在终端中的应用软件无恶意吸费行为，无未经授权的修改、删除、窃取用户数据的行为。在应用软件安全方面主要解决应用软件认证签名机制和敏感API管控技术。

(6)DDoS攻击防护：主要分为两种，一种是对设备进行攻击，如一直给电子标签发送恶意请求信息，使标签无法响应合法请求，另一种是控制很多物联网设备对其他系统进行攻击。针对第一种攻击，物联网远端设备需要嵌入式系统抵抗拒绝服务攻击。针对第二种攻击，一方面加强对节点的保护，防止节点被劫持，另一方面需要提供有效地识别被劫持节点的方法。

(7)数据安全：主要解决包括移动智能终端的密码保护、文件类用户数据的授权访问、用户数据的加密存储、用户数据的彻底删除、用户数据的远程保护等问题。

(8)统一安全管理：可信的身份认证、安全的固件更新、Internet服务访问权限管控和加解密及密钥管理等功能。

综上，物联网终端的安全需要从硬件到软件综合考虑，包括硬件芯片级的安全、操作系统的安全和操作系统层以上的终端安全加固。在具体防护时，要依据数据的敏感程度、终端的智能程度和不同的网络架构特点，平衡引入安全机制所带来的资源消耗和成本，甄选各种终端安全技术来适配复杂的海量物联网终端。

终端安全在物联网安全防护中，是重中之重，除了做好上述的安全措施外，还应加强终端的全生命周期管控，在上线前，做好终端设备的严格入网，保障终端具备防护能力要求；上线后，做好终端设备激活、身份认证、安全存储、软件升级，同时对终端设备进行安全监控，及时发现安全威胁，做好应急响应；退网后，做好终端数据的安全擦除，做好生命周期全程防护。

3.2 网络层安全防护

大部分传统网络层安全机制依然适用于物联网，此外还要基于物联网网络层特征，采取特殊防护机制。主要防护技术和措施包括以下几点。

(1)通用网络防护：包括网络结构安全，合理划分网络安全域，加强安全边界隔离，避免安全问题的扩散。访问控制，网络边界部署防火墙，制定访问规则、访问控制策略，实现系统内外网边界的访问控制。网络入侵防护：部署入侵监测设备，对网络攻击进行监控和报警，具备端口扫描、暴力破解、缓冲区溢出攻击、IP碎片攻击、网络蠕虫、病毒、木马、IP重用防护、DDoS等攻击的监控检测能力。网络安

全审计：通过统一日志管理系统或安全管理平台，对网络设备运行状况、网络流量、用户行为等进行日志审计。

(2)接入防护：防火墙/网关要求能处理百万并发连接，支持海量接入的加密能力；实现白名单过滤技术，包括自定义协议能力；需要对终端资源消耗攻击和基于多行业应用流量攻击特征的自动防护；网络安全产品还需要提供基于物联网特征的病毒和高级威胁的防护功能。

(3)加密传输：固网和无线网络加密传输。物联网需要充分利用无线移动通信的物理层传输特性，通过认证、加密和安全传输等技术的应用，在保证用户通信传输质量的同时，防止未知位置的窃听和增加中间人攻击的难度。空中接口层面，终端和网络基于无线标准进行双向认证，确保经过验证的合法终端接入合法的网络。同时终端和网络之间建立安全通道，对终端数据提供加密和完整性保护，防止信息泄露、通信内容被篡改和窃听。

(4)安全路由协议：物联网的路由要跨越多类网络，有基于IP地址的互联网路由协议，有基于标识的移动通信网和传感网的路由算法，因此要至少解决两个问题：一是多网融合的路由问题；二是传感网的路由问题。前者可以考虑将身份标识映射成类似的IP地址，实现基于地址的统一路由体系；后者是由于传感网的计算资源的局限性和易受到攻击的特点，要设计抗攻击的安全路由算法。

(5)跨网攻击：由于物联网在感知层所采集的数据格式多样，来自各种各样感知节点的数据是海量的，并且是多源异构数据，带来的网络安全问题将更加复杂。在物联网网络层，重点关注点之一是建立完善异构网络统一、兼容、一致的跨网认证机制，完善网络安全协议，加强密钥管理，完善机密性算法，加强数据传输过程机密性、完整性、可用性的保护。

(6)识别并过滤物联网专有协议和应用：物联网终端采用了大量的专有接口，如KNX、ModBus、CANBus等，被接入到工控网络中，这些终端和网络大多都是设计在孤立环境中运行的，安全机制相对薄弱。随着物联网的逐步发展，这些终端和网络将被逐步接入到互联网中，这会引入新的安全问题。为解决这些问题，需要物联网防火墙或安全网关等设备支持对工业协议和各行业应用的深度识别和自动过滤；处理百万并发连接，支持海量接入的加密能力；实现白名单过滤技术，包括自定义协议能力；需要对终端资源消耗攻击和基于多行业应用流量攻击特征的自动防护；网络安全产品还需要提供基于物联网特征的病毒和高级威胁的防护功能。

3.3 平台层安全防护

平台层安全主要保障信息和数据在计算和存储中的安

全,云平台必须采取适当的安全策略来保证物联网中数据的完整性、保密性和不可抵赖性。云平台安全包括平台基础环境安全、云存储安全、云应用安全。

(1)平台基础环境安全

主要是保证平台数据计算与运行环境的安全,特别是基于虚拟化技术的云计算安全。重点应考虑虚拟化管理程序安全和虚拟服务器安全。

虚拟机管理程序(VMM)安全:VMM安全是保证客户虚拟机在多租户环境下相互隔离的重要层次,必须严格限制任何未经授权的用户访问虚拟化软件层,限制对于Hypervisor和其他形式的虚拟化层次的物理和逻辑访问控制。对于VMM的安全防护手段主要是VMM的安全部署和安全配置。在VMM部署时采用强口令进行鉴权,做好物理访问控制和网络访问控制,防止非授权人员访问VMM,启用VMM中的安全选项等。目前针对VMM的安全漏洞发掘是安全研究的热点方向之一。主流的虚拟化平台都出现过虚拟机逃逸的案例,但目前针对VMM的安全漏洞扫描工具还很少,对于安全漏洞的发现和修补目前主要采用官方公布的安全补丁通告和升级版本的方式。

虚拟服务器安全:虚拟服务器位于虚拟化软件之上,对于物理服务器的安全原理与实践也可以被运用到虚拟服务器上,同时需要兼顾虚拟服务器的特点,包括选择具有TPM安全模块的物理服务器、使用支持虚拟技术的CPU、安装虚拟服务器时分配独立的硬盘分区、使用VLAN和不同的IP网段、在防火墙中为虚拟服务器做相应的安全设置等,以对其进行保护和隔离,并与其他安全防范措施一起构成多层次防范体系。

(2)数据安全

数据安全隔离为了实现不同用户间数据信息的隔离,可以根据应用的需求,采用物理隔离、虚拟化等方案实现不同租户之间数据和配置信息的安全隔离,以保护每个租户数据的安全与隐私。

数据访问控制在数据的访问控制方面,可以采用基于身份认证的权限控制方式,进行实时的身份监控、权限认证,防止用户间的非法越权访问。在虚拟应用环境下,可设置逻辑边界安全访问控制策略,如通过加载虚拟防火墙等方式实现虚拟机间、虚拟机组内部精细化的数据访问控制策略。

数据处理安全确保数据在汇聚与存储、融合与处理、挖掘与分析过程的安全性,常采用的安全机制包括数据隔离与交换、数据库安全防护、数据备份、数据检错纠错、文件系统安全性、访问控制和身份鉴别、统一安全管理等。云计算与存储安全通过数据隔离与交换、冗余备份数据,将数据存放在不同的数据中心中,以保证个别存储设备的故障不影响

整个存储系统的可用性;通过数据库防护技术满足数据库的数据独立性、数据安全性、数据完整性、并发控制、故障恢复的要求;通过采用检错和纠错技术使系统迅速发现错误并找寻备份数据来完成数据存取访问,保证数据的正确读写;通过文件系统加密实现存储系统安全。

(3)接入安全

对所有接入设备提供设备与平台双向验证,进行证书授权认证及权限管理,确保接入的终端设备与传输的信息安全可靠。消息传输使用加密传输,确保链路上传输消息的安全可靠性和数据完整性,保障用户信息安全。在接入设备使用了MQTT或CoAP等不安全协议的情况下,支持连接保护的能力,如使用TLS或DTLS;在接入设备使用Wi-Fi连接的情况下,采用安全协议,如WAP2;接入设备使用Wi-Fi连接的情况下,禁用不安全协议,如WPA和TKIP。

(4)API安全

加强API调用的访问控制,防止未授权访问,调用前进行用户鉴别和鉴权,验证用户凭据,对请求做身份认证,并且防止篡改、重放攻击,对敏感的数据做加密,防范数据被篡改。做好API过载保护,实现不同服务等级用户间业务的公平性和系统整体处理能力的最大化,并对API的调用进行日志记录。

3.4 应用层安全防护

应用安全主要指运行在云计算主机系统上各种不同功能的应用系统的安全性。由于云计算是一种全新的Web服务模式,推动了Internet的Web化趋势,应用安全主要体现在Web安全上。

Web安全包括两个方面:一是Web应用本身的安全,即利用Web应用漏洞(如SQL注入、跨站脚本漏洞、目录遍历漏洞、敏感信息泄露等漏洞)获取用户信息、损害应用程序,以及得到Web服务器的控制权限等;二是内容安全,即利用漏洞篡改网页内容,植入恶意代码,传播不正当内容等一系列问题。

针对Web应用漏洞,应注重Web应用系统全生命周期的安全管理,针对系统生命周期不同阶段的特点采用不同的方法提高应用系统的安全性。Web应用形式多种多样,其防护也是一个复杂问题,可采取网页过滤、反间谍软件、邮件过滤、网页防篡改、Web应用防火墙等防护措施,同时加强安全配置,如定期检查中间件版本及补丁安装情况,账户及口令策略设置,定期检查系统日志和异常安全事件等,解决Web应用的主要隐患和问题。

物联网应用层,在某行业或某应用中必然会收集用户大量隐私数据,例如其健康状况、通信簿、出行线路、消费习

惯等，因此必须针对各行业或各应用考虑其特定或通用隐私保护问题。

主要是保障各类应用在使用过程安全，包括对用户的身份鉴别、访问控制、密钥管理等一系列技术措施。

(1)身份和访问控制：应用访问时进行强制认证和业务权限控制，应尽可能采用双因素身份验证机制。加强权限管理、端口控制、敏感信息访问等。

(2)应用安全漏洞：防范因应用本身漏洞而导致的数据被窃取或系统攻击。应用层安全漏洞检测主要通过应用漏洞扫描系统来实现。另外还包括渗透测试、代码审计等技术手段。应用层的安全漏洞修补主要通过应用中间件安全配置和应用程序安全代码整改来实现。

为了极大地减少Web应用程序的漏洞，应当加强应用系统全生命周期管理。在设计阶段，将安全防护设计与系统设计相融合；在系统开发阶段，进行代码安全评估，测试阶段同期进行安全测试；在建设阶段进行安全管理；在验收阶段同时进行风险评估和测评；在运营和维护阶段，定期对应用系统进行安全评估和加固，及时更新Web应用系统的安全补丁，定期对应用系统进行安全评估和加固；在系统废弃阶段做好残余信息的消除等工作，保障系统保障全生命周期的系统安全。

(3)外部攻击防护

通过部署Web防火墙、IPS等设备，监控并过滤恶意的外部访问，能够对SQL注入、XSS等已知应用漏洞攻击以及应用层DoS攻击起到防护作用。并对恶意访问进行统计记录，作为安全工作决策及处置的依据。

(4)Web状态监测

持续地检测被保护应用页面的当前状态，判断页面是否被攻击者加入恶意代码。同时通过检测Web访问日志及Web程序的存放目录，检测是否存在文件篡改及是否被加入Web Shell一类的网页后门。

(5)隐私保护

应用层在各行业或应用中必然会收集用户大量隐私数据，因此必须针对各行业或各应用考虑其特定或通用隐私保护问题，主要是面向用户提供一些安全手段来保证用户数据在传输、交换和使用过程中的安全性，防止用户数据被非法访问和泄露，常采用的安全机制包括存储加密、交换加密、身份认证与访问控制、接口安全、自我销毁等技术措施。这其中最关键的安全因素是个人数据保护，大量的个人数据会从分散的终端传输到某个物联网应用平台，个人数据需要得到充分的保护，并符合相关国家和地区的隐私保护法律的要求。

3.5 统一安全管理平台

除了各层安全防护外，还需要建立一个全面、统一、高

效的安全管理平台。

基于资产与身份标识体系将4层设备纳入统一管理体系中，实现对不同层次不同种类的全面安全管理，为各种物联网业务应用提供一种公共、开放、普适的信息安全支撑，促进信息孤岛的相互融合。主要包括以下安全功能。

资产管理：实现对物联网设备的统一管理，建立物联网统一资产库。按照资产信息、漏洞、补丁与备件分类导入或登记入库，并为其他安全运行管理模块提供信息接口。

密钥证书：为物联网业务、应用提供统一的密钥与证书的生成、发放和管理。

安全策略配置管理：为全网安全运行提供统一的安全策略，及策略的统一下发、补丁统一更新。

运行状态监控：监控终端、主机、网络设备、安全设备、应用系统的运行状态，流量监控和资源使用情况，为网络安全管理人员提供统一的运行状态信息，并可根据自定义的阈值报警，结合设备的拓扑显示，能够准确定位设备运行状态事件，保证网络和业务系统的稳定、可靠运行。

风险评估：对物联网的终端、主机、网络设备、安全设备、应用系统安全事件的收集和管理，资产的脆弱状态信息收集和管理，结合事件、脆弱状态信息进行综合关联分析和风险管理。

安全事件管理：通过安全代理（Agent）和引擎（Engine）的部署，在物联网各层上的不同安全信息采集点，通过安全通信方式，集中收集安全事件到安全管理服务器进行处理，从而实现了针对全网的安全事件的集中收集和分析处理。

能力开放：部分信息安全能力进行封装形成API，为物联网业务应用开放，以降低其信息安全的实现成本。

安全态势感知：万物互联时代带来了海量的联接，物联网复杂度日趋提升，终端多、网络多、应用多，针对物联网的未知攻击、APT攻击也急剧上升，安全威胁日益严峻，安全威胁无处不在，不但需要每个层面的多重安全防护，还需要有端云协同的智能大数据安全分析能力，实现整网的智能安全态势感知，可视化和安全防护，防御被动转主动、静态变动态，知彼知己，防患未然，物联网安全态势感知平台必将是物联网安全的发展方向。物联网态势感知系统主要功能包括以下几点。

(1)数据采集

通过采集业务日志、设备日志以及网络流量，用分布式任务调度引擎，自动采集相关安全数据，通过基于缓存的分布式消息队列进行实时处理，根据规则引擎以及决策引擎，针对安全数据进行识别、转换、处理和传输。

(2)风险评估

通过主动探测方式，及时获得网络上设备、系统和应

用的运行状态以及资产信息,既能够时刻知晓最新的安全防护范围,有效调整安全防护策略,更可以结合外部的威胁情报,完成对物联网设备、网络的安全分析,包括设备状态、漏洞风险评估、入侵检测、外发攻击检测等。

(3) 关联分析

使用机器学习和数据挖掘技术,基于各种安全数据实现对网络行为、主机行为、应用行为的特征学习,通过大数据构建出网络环境中的各种行为模型,从而识别出正常和异常、趋势和对比等信息,实现自动学习、自动适应和自动规则生成,降低人员操作失误风险,提高安全响应速度。

(4) 态势感知

采用安全模型和算法对多源异构数据从时间、空间、协议等多个方面进行关联和识别,通过大数据平台能力,对网络安全状况进行综合分析评估,形成网络安全综合态势图,借助态势可以精确定位网络脆弱部位并进行威胁评估,发现潜在攻击,预测未知风险,提高全局网络安全防御能力和反击能力。

(5) 联动防护

基于深度学习的专家分析和准确及时的威胁情报支持,将严重安全事件、高危安全威胁、重大损失等进行预判,通过安全通告、实时信息推送等方式提供安全警报,并提醒用户采取相应的防范应对措施。联合管理平台,对各种漏洞风险进行加固,对各种安全事件及时下发流控等防护策略。

物联网态势感知系统通过对各类物联网数据进行采集和主动探测,利用安全大数据分析和建模技术,从多个维度进行安全分析,全面感知物联网各类安全风险,事前准确预警、事

中快速处置、事后全面溯源,形成智能化主动防御体系,匹配物联网云管端协同,保障物联网业务可持续健康发展。

4 结束语

文中分析了物联网面临的安全风险,给出了物联网安全防护体系,希望可以给业界有益的参考。同时,物联网安全是一个非常复杂的系统工程,除了技术防护外,还需要产业链各方协同合作,共同构建安全防护体系,形成安全生态,构建一个可信的、可管的、安全的物联网世界。

参考文献

- [1] 桂小林,张学军,赵建强等.物联网信息安全[M].北京:机械工业出版社,2014
- [2] 绿盟科技创新中心.物联网安全白皮书[Z]
- [3] INCIBE,Red.es,华为.华为物联网白皮书[Z]
- [4] 北京匡思网络科技有限责任公司.2016年度物联网安全研究报告[EB/OL].

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

唐洪玉

现就职于中国电信股份有限公司北京研究院,现任安全研发部总工程师兼产品总监,主要研究方向为软件定义安全、物联网安全、云安全、威胁情报。

薄明霞

现就职于中国电信股份有限公司北京研究院,主要研究方向为物联网安全、云安全、威胁情报。

(上接23页)

题。使用MR大数据多维度分析可以实现覆盖问题点精确化定位,并结合投资规模对价值区域进行优先级排序,按场景、分频段采取多层次差异化治理手段,通过对比分析对MR提升效益进行科学评估,为网络优化及站点规划等提供参考依据,以改善网络质量,提升客户感知,全面支撑新业务、新网络、新体验。

参考文献

- [1] 张振刚,金瑞.基于MR和信令数据的LTE网络覆盖评估及盲区识别[J].山东通信技术,2016(9)
- [2] 吕杨锦.MR弱覆盖的保障方式探讨[J].中国新通信,2017(2)

- [3] 梁金山,马宁,赵明峰.基于多维度的LTE室内分布MR弱覆盖小区优化方法[J].移动通信,2017(5)

- [4] 于仰源,孙宜军,王磊,等.基于MR的LTE网络站间距研究[J].移动通信,2017(6)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

阳波

硕士,毕业于重庆邮电大学,注册咨询工程师(投资),现任湖南省邮电规划设计院有限公司技术经理,研究方向为无线网络设计、规划与优化。

山区高铁公网移动通信覆盖方案浅析

向涛¹ 辛明²

1.中国铁塔股份有限公司陕西省分公司

2.北京中网华通设计咨询有限公司

摘要

针对高铁新型列车对铁路公网通信和专网通信提出的要求,分别给出高铁隧道内、隧道口和隧道外的无线网络覆盖方案,并给出了切换设置建议以及电源建设方案建议。

关键词

山区高铁 隧道 覆盖

1 引言

高铁新型列车对铁路专网通信和公网通信提出更为苛刻的要求。以下通过山区高铁建设的实例,分别对高铁隧道内、隧道口和隧道外无线通信网络覆盖方案进行研究。

2 高铁隧道内无线网络覆盖方案

2.1 隧道内方案设置建议

(1)基站建议采用BBU+RRU方式,运营商BBU均设于红线外,便于统一管理与维护。RRU设备设置于红线内。

(2)隧道内覆盖采用合路器+漏缆方式,用合路器将运营商的信源合路,用泄漏电缆沿隧道壁布放,根据运营商提出的LTE的MIMO要求,隧道需要按双缆布放,宜分别设置在距离轨面2.1m和2.6m处。泄漏电缆安装如图1所示。

2.2 隧道覆盖典型场景建议

(1)无避车洞短隧道覆盖方案

考虑到铁路一般每500m左右设置一个避车洞,无避车洞的短隧道大多在500m以内。

对于视距可直通的短隧道,可选择利用隧道两端宏站交叉重叠对打,也可在隧道一端附近建设站点。无法选取合适杆塔的视通短隧道,可采用RRU拉远+泄漏电缆的覆盖方式,实现对隧道的覆盖。

对于视距不可直通的短隧道,采用RRU拉远+泄漏电缆的覆盖方式,实现对隧道的覆盖。

隧道内覆盖应与隧道外采用同小区设置,避免切换引起的掉话。隧道较短时可增加漏缆末端天线,将隧道内信号延伸至隧道外。

(2)长隧道及隧道群覆盖方案

采用RRU+泄漏电缆的覆盖方式,实现对长隧道的覆盖。通过线性布放RRU等设备,实现对隧道及隧道外延伸区域的覆盖。隧道内覆盖优选与隧道外采用同小区设置,避免切换引起的掉话;受小区合并能力限制而无法避免隧道内外切换的,隧道口宜采用外接天线延伸覆盖,以保证足够的切换带。

在隧道间采用布放定向天线,保证隧道间的覆盖。

3 高铁隧道口无线网络覆盖方案

隧道口场坪站的建设方式应因地制宜,采用隧道口双桅杆(隧道口场坪位置如有建设条件,可建设三桅杆,每家运营商一根)、单桅杆、护坡护壁安装桅杆、配重桅杆、隧道壁安装对数周期天线等不同方式解决,确保无线网络覆盖。基站间采用透传合路器,保证无线网络覆盖的无缝切换。

场坪站方案主要如下。

(1)隧道口双桅杆场坪站建设方案

清凉山隧道是高铁进入秦岭山区的第一个隧道,清凉山隧道入口场坪站方案为在隧道口新建两根9m桅杆,其中中国移动单独使用一根,中国电信与中国联通合用一根;采用运营板块状天线(需注意不同系统间的水平和垂直隔离度要求),可有效解决隧道内和隧道外手机信号切换问题及红线外的无线信号延伸覆盖问题。清凉山隧道入口场坪站方案如图2所示。

(2)隧道口单桅杆场坪站建设方案

清凉山隧道出口与纸坊一号隧道入口明区间长度为78m,由于清凉山隧道出口两侧为峭壁,无法安装天线,因

此该方案采用在纸坊一号隧道入口新建一根9m桅杆；采用合路天线，其中中国移动单独使用一副合路天线，中国电信与中国联通共用一副合路天线，可有效解决山区隧道明区间的连续覆盖问题。清凉山隧道出口如图3所示。纸坊一号隧



图1 泄漏电缆安装



图2 清凉山隧道入口场坪站方案



图3 清凉山隧道出口

道入口场坪站方案如图4所示。

(3)利用泄漏电缆剩余信号布放尾巴天线，如场坪建设位置受限，立一根杆三家运营商共用，漏缆末端接两副合路天线，单杆上安装；若无场坪建设位置，漏缆末端接两副对数周期天线，隧道口侧壁安装。

隧道口尾巴天线单侧天线最远覆盖距离测算见表1。

根据以上链路预算结果如下。

(1)隧道间距离小于220m时，根据链路预算（参考漏缆链路预算）计算天线覆盖范围，若满足覆盖条件便采用隧道口漏缆加天线进行覆盖；若不能满足覆盖条件，需采用RRU设备+天线一侧覆盖或两侧对打方式覆盖。

(2)隧道间距离在220~500m时，计算隧道口漏缆末端功率，采用两侧RRU+天线对打方式覆盖或采用漏缆末端加天线对打方式覆盖。

(3)两隧道口间距离大于500m的明区间（非隧道区域）由红线外站点进行覆盖设计。

如在高铁的纸坊一号隧道出口与二号隧道入口明区间为64m，且两个隧道两侧都是山区峭壁，无建设场坪站的合理位置，通过上面的计算结果，覆盖方案为只在纸坊二号隧道入口隧道壁外侧，利用漏缆末端接两副合路天线，可实现建设条件比较困难的隧道明区间的有效覆盖。纸坊二号隧道入口建设方案如图5所示。

4 高铁隧道外无线网络覆盖方案

(1) 站点布局

对于直线轨道，相邻站点宜交错分布于铁路的两侧，形



图4 纸坊一号隧道入口场坪站方案

表1 隧道口尾巴天线单侧天线最远覆盖距离测算

场景	郊区、农村F频段
计算公式	$Tx+G-L-Cs-Rs\leq Rx$
路径损耗L (dB)	119.479021
工作频率F (MHz)	1900
发射天线高度ht (m)	9
接收天线高度hr (m)	2.1
天线口功率Tx (dBm)	12.2
天线增益G (dBi)	20
人体损耗Rs (dB)	3
边缘场强Rx (dBm)	-113
车体损耗Cs (dB)	26
天线覆盖距离d (km)	0.22



图5 纸坊二号隧道入口建设方案

成“之”字型布局，有助于改善切换区域，有利于车厢内两侧信号质量的均衡。在传输和电力引入条件允许的情况下，尽量在切换带采用“之”字型布局；对于铁路弯道，站址宜设置在弯道的内侧，可提高入射角，保证覆盖的均衡性。

(2) 基站到铁轨的距离

基站到铁轨的距离应该控制在100~200m为宜。

(3) 天线挂高

综合考虑天线挂高对站间距、基站对铁轨的垂直距离及天线对于车厢掠射角等因素，建议天线对铁轨的相对挂高为20~30m。

(4) BBU集中设置方案

运营商BBU均建议设于红线外，根据运营商通信设备

的BBU-RRU拉远距离，在隧道口红线外区域及其余明区间合理设置BBU，集中设置机房，便于统一管理与维护。

5 其他需注意的问题与建议

5.1 切换设置建议

(1)长/大隧道需要在隧道内进行切换，设置好切换重叠区域，可确保从正常的基站蜂窝边界点到切换区域没有信号场强的突变。

(2)通过在网络中设置相应参数和调整各隧道的覆盖场强，使切换更加平滑。

5.2 电源建设方案建议

(1)总体供电分级结构：铁路箱变→总配电箱→分配电箱（洞室配电箱/场坪站配电箱/红线外基站配电箱）→通信设备。建议优先采用两回铁路电力贯通线及铁路建设的箱式变电站/变电所，为沿线公网覆盖站点通信负荷供电，对不满足供电要求的供电设施进行适当改造。

(2)公网覆盖站点通信设备按三级负荷采用单路电源供电，红线内RRU采用交流供电方式，红线外RRU采用直流供电。

参考文献

- [1] 陈锐标.隧道内高铁无线信号覆盖方案分析[J].电脑与电信,2013(8)
- [2] 戴凯.高铁无线通信系统中LTE技术的应用探讨[J].中国科技博览,2013(21)
- [3] 王海武.采用LTE技术下高速铁路的覆盖方案[J].中国电子商务,2013(17)
- [4] 袁树翀.关于无线通信LTE技术及应用研究[J].中国新通信,2013(20)
- [5] 唐艳超.LTE高铁覆盖解决方案研究[J].邮电设计技术,2014(12)

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

向涛

硕士，现任中国铁塔陕西省分公司总经理、中国铁塔陕西省分公司创新委员会主任，从事公司网络规划、优化等方面的创新与研究工作。

辛明

本科，中级工程师，现就职于北京中网华通设计咨询有限公司，主要从事无线网络规划与设计管理工作。

基于用户感知的LTE无线扩容研究及应用

徐青 张义 唐纪

中国联合网络通信有限公司四川省分公司

摘要

通过探讨不同业务场景下感知模型对无线容量的影响,构建基于用户感知的LTE网络精细化扩容评估三层指标体系,在经济效能和业务处理能力上找到合理的平衡点,达到合理利用无线资源投资的目的。

关键词

LTE 无线资源 KPI+KQI 三层指标体系

1 前言

在数据业务爆发性增长的今天,需要不断对网络进行扩容、新建站等,以满足日益增长的容量需求。网络建设者资源投入的经济压力日益增大,投资效能已经成为当前网络优化工作中值得探讨的课题。业界提出了不同的基于KPI判断的标准。文中结合实际工作,摸索出一套基于用户感知的LTE网络无线扩容的方法,既保证了业务感知,又提高了对资源使用的判断精准度,实现资源合理有效利用。在应用实践中取得良好的效果,节省35%的效益。

2 设计三层指标体系

把影响无线承载能力的因素划分为三层,分别是承载层、传输层、应用层,用于构建精细化的容量评估模型。三层指标包含因素从下往上贴近用户实际感知。之所以做此划分,就是因为不同应用要求的服务保障不一样。比如:即时通信对时延中度敏感,对速率不敏感;视频对速率敏感;游戏对时延高度敏感,对速率不敏感;网页浏览对时延、速率中度敏感。因此,一个以即时通信业务为主的小区和一个以视频业务为主的小区有不同的感知需求目标。影响无线承载能力的因素三层划分如图1所示。

承载层是最基本的决定因素,其体现指标是无线RRC连接数、E-RAB业务等KPI,能够真实反映无线口的负荷情况。

传输层在承载层的基础上进行连接管理,主要的业务形式是TCP、HTTP等连接协议。体现指标是连接成功率、包时延和包速率。传输层指标(KQI)比较贴近用户直接感知。

应用层包含了各种APP私有协议的交互,指标和用户感知直接相关,比如:视频卡顿率、游戏卡顿率、支付成功率、网页浏览时延等。

3 业务分类

LTE网络主要承载数据业务,按照应用分类,有:即时通信、浏览、导航、视频、支付等;按照用户面数据分类,有文件、网页、流、交互、背景等。不同类型的业务对无线资源的消耗可以归结为平均数据包的大小值(以下简称包值)和流量,对用户感知的影响体现在包传输时延及速率。采用基站小区的包值和流量做散点图分析,在小区流量小于10GB时,其包值在2000kB以内分布较广,如图2(a)所示。但当小区流量大于10GB后分布就趋于集中,包值分布在800kB以内,如图2(b)所示。简单扩容是流量8GB以上的小区,包值分布近似集中在800kB以内,如图2(c)所示。

用Level为6的HCluster算法,对流量和包值聚类,如图3所示,可见1、2、6类样本少,3、4、5类样本集中,区别是流量不同。流量不影响包值的分布特性,可以用包值作为基站小区分类的标准。

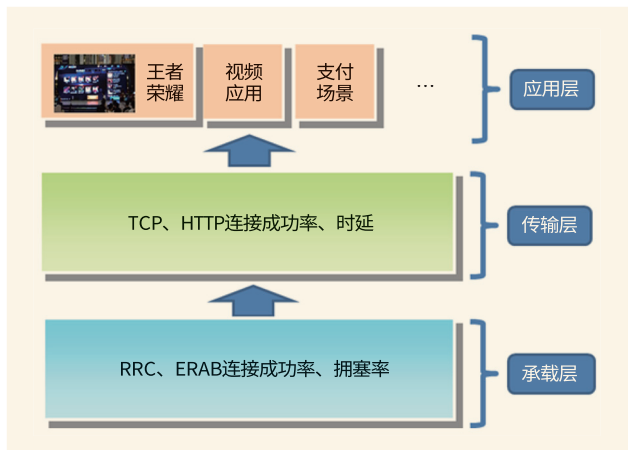


图1 影响无线承载能力的因素三层划分

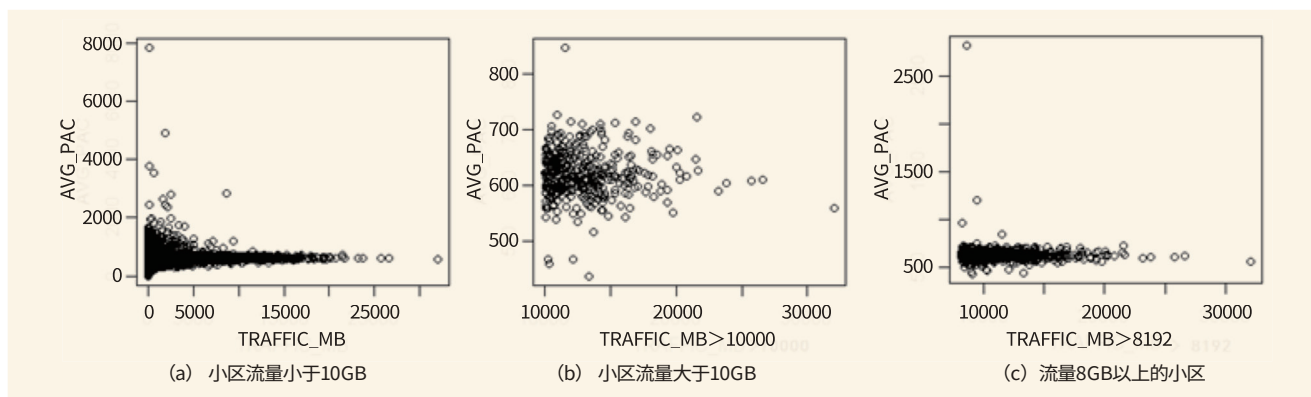


图2 包值分布情况

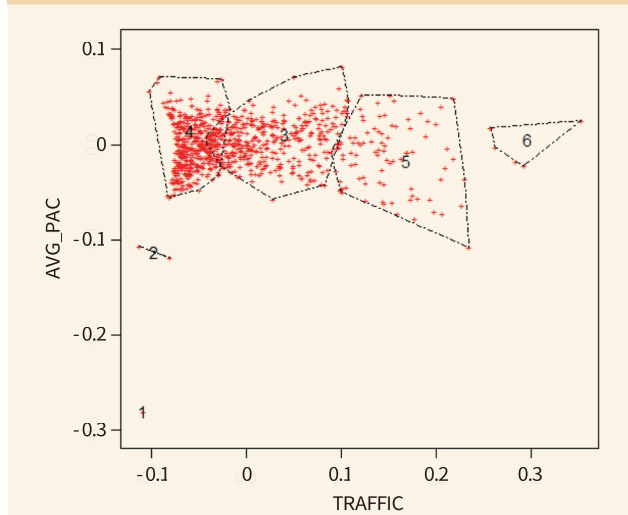


图3 用Level为6的HCluster算法对流量和包值聚类示意

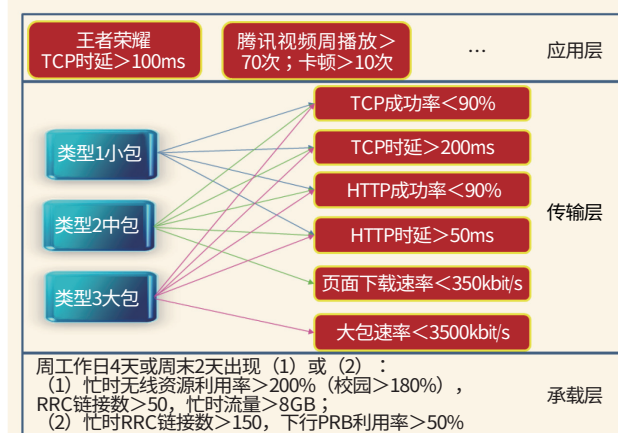


图4 针对三种包值类型的小区，分别采用的算法示意

通过分类细化传输层模型，形成一套精细化容量判断规则。传输层针对三种包值类型的小区，分别采用三种不同的算法，如图4所示。

指标计算采用自忙时，部分指标（应用层）按照周累计。承载层采用现有的无线扩容标准。传输层算法分三种类型，类型1以时延为主；类型3考虑时延和速率；类型2考虑时延和页面下载。应用层目前采用了王者卡顿和视频卡顿指标，游戏以100ms时延为标准，视频卡顿以周累计10次为标准，均能满足考核要求。

4 应用及效果

通过三层指标体系区别对待不同小区，既能保障用户感知和考核指标，又能节省扩容投入。在实际生产中试点，经过7周，累计对195个符合简单扩容条件的小区做三层指标评估后，共发现80个小区不需要扩容。同时对这类小区进行现场感知测试和投诉跟踪，感知良好，且没有发现因此有投诉增加的情况，最终为公司在该专项节省大约35%的投入。

5 结束语

文中在网络优化工作实践中，通过构建“KPI+KQI+APP指标”的组合方法，以保证用户感知为根本，区别对待不同业务模型组合小区扩容需求。在实际应用中获得良好效果。实际上如何对LTE无线网络及未来5G网络进行容量规划值得进一步深入研究。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

大数据背景下传输精确派单平台架构研究

陈 麓

中国电信江苏公司徐州分公司

摘要

通信运营商通过工单管控实现障碍调度,当前集约化平台受限于数据能力和精确化派单策略,始终无法进行精准障碍定位。以传输专业为例,提出传输大数据平台的应用方向和架构设计,并对大数据平台中的关键实现技术进行研究。

关键词

大数据 传输系统 精确派单

1 引言

随着信息技术的发展,全球范围内的数据产业呈现爆炸式增长。据《2018-2023年中国大数据产业市场前景及投资机会研究报告》,2017年中国大数据产业规模达到4700亿元,同比增长30%,预计2018年大数据产业规模将达到6200亿元,这标志着人们的生活已经进入了大数据时代。在数据时代,工程师可以分析更多的数据而不再依赖于随机采样;可以更好地掌握大体的发展方向,而不必过分追求精确度;可以更倾向于找寻事物之间的联系,而不必太过关心事物之间的因果关系。大数据技术的发展对经济发展、社会治理、国家管理、人民生活都产生了巨大的影响。

传输网作为电信基础网络,是各种业务网络的承载网络,业务涉及数据、无线、管线、动环专业,当传输网管产生告警时,或会影响其他专业,或由其他专业告警引发,由于传输专业的特殊性,文中以传输专业告警信息为分析对象,建立大数据平台,此外集约化平台的搭建也为传输大数据平台提供了数据资源。

2 集约化模式下传输派单现状

2.1 传输网派单现状

传输网按网络类型可以分为SDH、OTN、PTN、ASON、IP RAN,所承载业务类型涵盖政企客户业务、无线业务、数据业务、交换中继业务、动环业务,设备机型涉及华为OSN系列、METRO系列、ATN+CX系列、中兴ZXMP-S系列、ZX-CTN系列等。

传输网作为基础网,目前采用三级告警处理模式,首先由专业网管进行告警采集并上传至传输综合网管;再由综合

网管进行告警分类和重定义,去解决不同厂商之间告警命名不统一的问题;最后将标准告警发送至综合告警平台,由综合告警平台按照派单策略完成工单的定向派发,如图1所示。

在集约化模式下,建立以云平台为基础的原始数据采集、分析平台,整合了传输专业现有专业网管,实现了基于B/S架构的网管系统和统一的告警标准定义,也实现了无需人工的全自动化派单系统的设计与应用。但集约化模式下的派单基于告警触发策略,即告警产生时触发工单,依然会出现告警定位不准确、工单多且管控力度差等问题。

2.2 集约化的派单问题分析

按照中国电信集团《传输网集约化指导意见》要求,逐步建成集团和省两级NOC集中监控,集约化平台的建成实现了网络监控系统从人工派单到电脑模式的转变,节约了人力资源成本,提高了运维效率,但很多问题也随着集约化的不断深入慢慢凸显出来。

首先,自动派单系统基于告警触发的基本原则,但网管系统的告警对于计算机而言目前尚不具备学习能力,无法像人脑一样根据拓扑信息结合告警关系进行分析;其次,跨专业告警信息之间没有关联,当传输设备故障时其承载业务也会出现问题,目前集约化平台尚不具备可以根据传输设备告警判断时隙所承载业务是否受影响,以及关联其他专业所产生的告警的功能,如传输板卡故障告警发生时,交换专业应该有中继链路故障的告警,无线专业应该有基站断链告警;最后,工单派发后由各专业闭环完成的工单调度和管控,当前维护人员多侧重于本专业知识和代维人员技能水平参差不齐,始终无法进行全业务调度,经常造成工单流转时间过

长，障碍处理效率低下，因此工单需要精确定位障碍点，减少维护人员的人工干预。

当前集约化平台已实现对光缆专业的跨专业工单关联，并以OSS资源数据为基础建立管线关联设备的信息，以网管时间作为派单依据，以相同时间下产生的线路关联告警归并派单为一张障碍单，但依然存在一些问题。其一，各专业网管时间同步存在偏差，各专业告警产生时间也不同步；其二，OSS数据资源无法实时更新到集约化平台以实现数据的动态管理，因此会出现关联错误，或者没有关联仅仅因为同时发生而触发跨专业工单；第三，跨专业派单系统目前应用范围有限，仅为光缆障碍，由于电源故障的告警与光缆故障极其相似，跨专业工单系统已无法进一步判断。

3 基于大数据分析的工单派单系统设计

3.1 大数据平台派单系统

当前跨专业派单平台受限于存储与运算能力，始终无法实现工单的精确化派单，借助大数据平台，建设基于大数据分析的精确派单系统更有利于集约化的进程，进一步解放资源，提高效率。大数据平台建设应首先考虑是否具有以下能力：海量数据存储能力、基于算法的大数据运算能力、数据动态管理

能力。大数据背景下精确化派单系统平台架构如图2所示。

如图2所示，精确化派单系统由4个子系统构成，其中数据采集、元数据存储、数据分析子系统构成大数据平台，最终由工单派单子系统完成派单。在基于大数据的精确化派单系统中，核心问题是如何设计元数据存储平台。

3.2 元数据存储平台的设计

元数据又称中继数据，元数据是一种描述其他数据的数据，用来支持如指示存储位置、历史数据、资源查找、文件记录等功能。元数据是大数据分析的核心和基础，虽然原始数据采集集中，信息呈碎片化分布，但元数据设计时还应遵循“适可而止”的设计思路。

元数据管理范围涵盖数据采集、数据存储、数据加工和展现等各个环节的数据描述信息，按其描述对象的不同可以划分为三类元数据：技术元数据、业务元数据和管理元数据。

元数据的采集过程如图3所示，原始数据必须经过适配器处理，再封装至元数据库中存储。目前，集约化平台已经将各专业告警进行统一命名和定义，元数据平台搭建时，可以直接从原始数据中采集并封装至业务适配器；而工单类数据则需要导入元数据适配器前进行数据重定义，再通过采集适配器进行数据提取、采集、分类，最终导入元数据存储单元。

元数据存储采用HDFS即分布式管理元数据，由于数据量大且需要持续更新，Hadoop分布式文件系统可以解决性能和容量扩展上限的问题。此外，多个节点同时提供元数据查询服务，也可以提升系统性能。

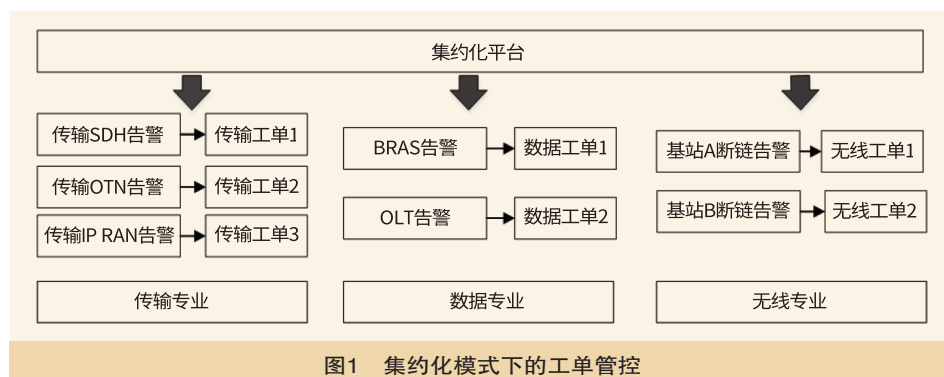


图1 集约化模式下的工单管控

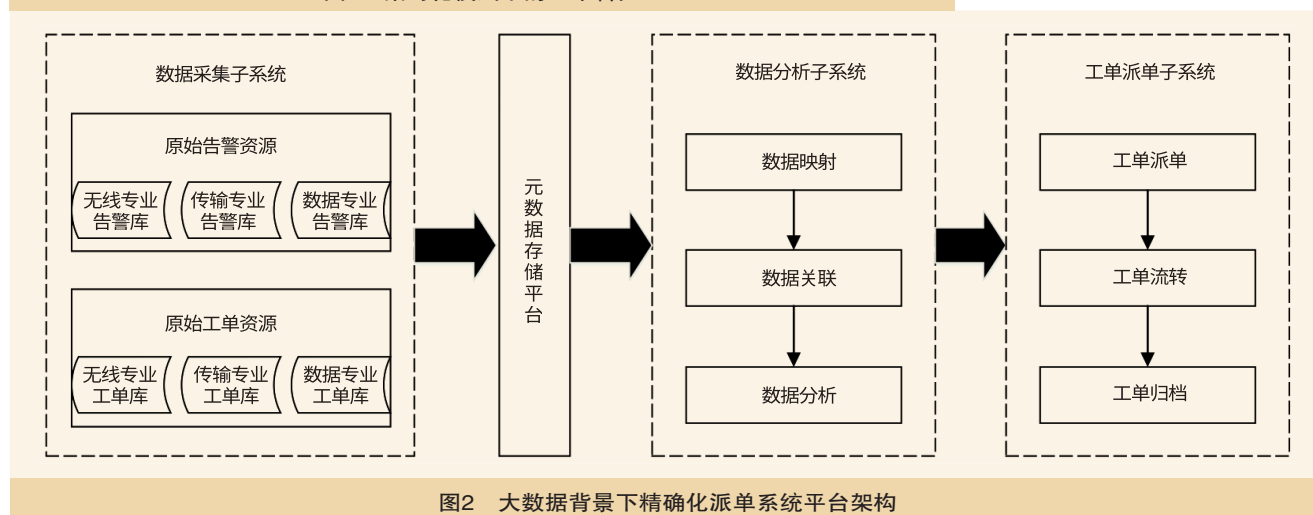


图2 大数据背景下精确化派单系统平台架构

4 大数据传输平台派单流程设计与应用展望

4.1 大数据传输平台派单流程设计

大数据平台数据分析的本质是基于告警关联的信息处理,告警存在的意义在于更好地对传输系统进行监控和管理,快速定位故障,排查并解决问题。不论是SDH还是OTN,都

有极其丰富的开销资源,这些资源为了更方便维护人员监控被设计为告警信息。

大数据的基础在于数据,根据中国电信省公司集约化平台统计数据,某地市传输专业当月告警量为211755条,全省传输专业告警量将超过500万条。目前平台运行超过三年,其所涵盖

的告警信息将达上亿条,在此基础上其他专业告警都纳入数据分析平台,并对海量告警信息进行处理,将可以实现工单的精确化派单。

图4为基于告警关联算法的派单流程,同专业的告警关联算法由程序员将告警关联信息赋予系统,如OTN中LOS告警,相同局向设备板卡之间会透传这种告警;不同专业的告警关联必须借助大数据平台,将碎片化的信息进行处理,最终建立起新的告警关联关系。

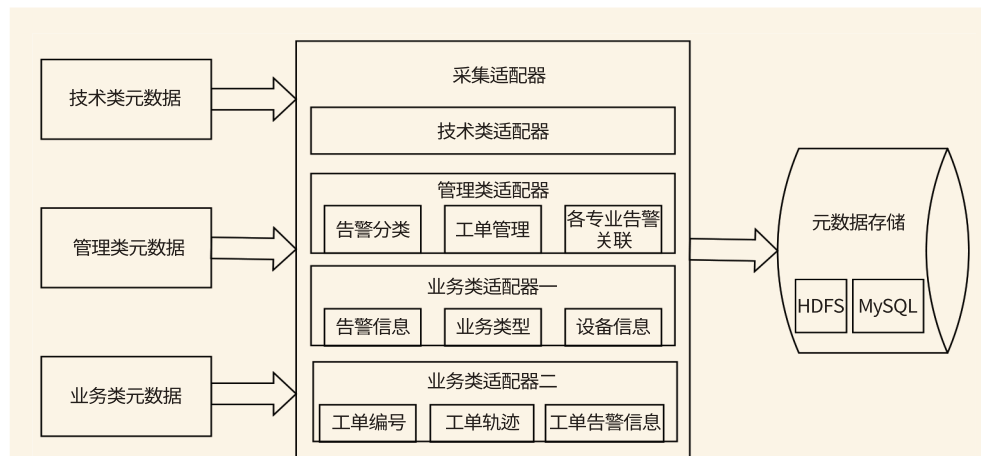


图3 元数据的采集与存储

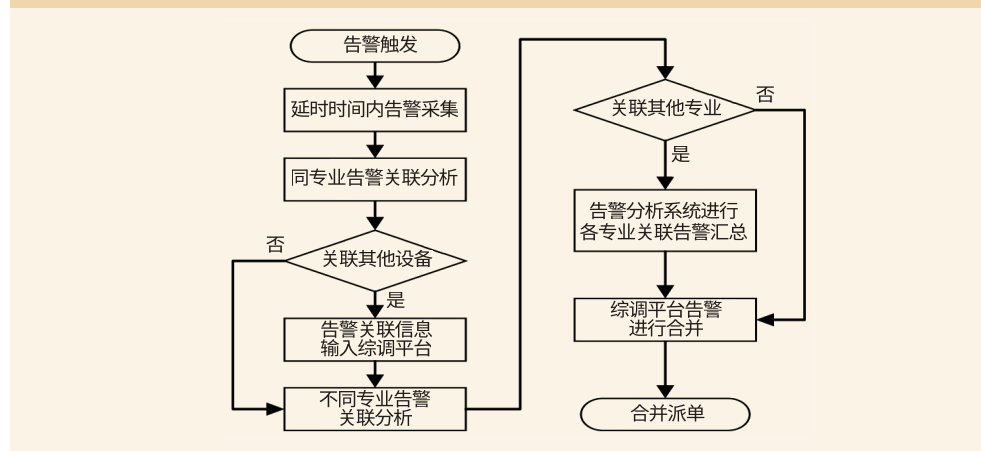


图4 基于告警关联的派单流程设计

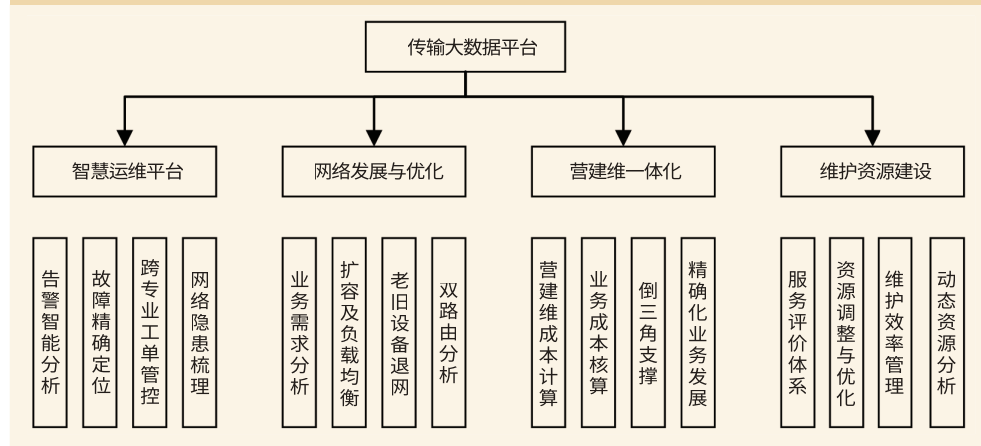


图5 传输大数据平台功能

4.2 传输大数据平台应用展望

传输网作为基础网,与其他专业关系密切,当传输告警与其他专业告警建立起关联关系时,以传输告警为基础关联,管线、动环、数据、无线等专业建立大数据平台,不仅可以实现精确化派单,还可以延展到其他服务,具体如图5所示。

(1)智慧运维服务,提供智能监控、工单调度、故障精准定位以及隐患排查服务。

(2)推动网络发展与优化,在大数据分析基础上实现动态业务负载均衡、设备双路由调整、业务扩容与业务需求分析。

(3)实现营销建设维护一

(下转44页)

油机一次突加带载能力与通信电源瞬时全量输出规模不匹配导致油机发电失败的原因分析及对策研究

赖世能¹ 赖勇辉² 孙文波¹ 范永聪¹ 李学楠¹ 郑超文¹

1. 中国电信股份有限公司广州研究院

2. 中国电信股份有限公司广州分公司

摘要

深入挖掘通信用240V高压直流电源系统内在特征,确定其恢复来电瞬间因初始输出电压设置模式是导致蓄电池以大电流充电,造成整流器存在瞬间全量输出的源头;而高压直流电源输入端恒功率特性,又加剧了油机一次性突加带载能力的劣化,并据此进行一系列改进优化措施,提出根本性解决问题的对策。

关键词

油机 高压直流 恒功率负载 蓄电池 全量输出

1 问题来源

大型油机在数据中心和通信枢纽机楼大量使用,为通信保障提供了稳定可靠的后备电源。通信领域采用240V直流(有时也简称为高压直流)电源供电是我国一个重要技术创新,其核心价值得到了国家的高度肯定。各种240V直流电源系统已经在众多数据中心得到了广泛应用,其中大型240V直流电源系统的推广使用,有效扭转了长期以来交流不间断电源频频发生故障甚至爆炸起火的严重局面。但近年出现了多起大型油机为多套集中使用的大型高压直流电源做后备电源却无法正常运转供电的故障,引起了业界高度重视。是通信机楼供电系统设计问题还是油机设备本身的质量问题或高压直流电源系统存在问题,急需诊断,并彻底解决。

2 油机带多套大型高压直流系统失败案例

案例1:新建大型IDC园区加载测试场景

2015年5月某大型IDC园区做工程竣工验收,一台额定功率为2500kW的进口品牌大型油机对应19套容量为900~1000A的240V直流电源系统,每套电源系统所带IT负载154kW,且配套600Ah蓄电池,电源最大输出功率应在蓄电池均衡充电时,按蓄电池均充标准计算,限流充电最大电流为60A(相当于14.4kW)。由于17套电源系统中14套为2N系统供电模式,另外三套为一路市电+一路240V直流供电模式,因此需要油机正常带载的总负荷应为10套电源系统的IT负荷+17套电源系统蓄电池充电负荷,共1784kW,明显小于该油机的额定

输出功率(带载率为71%)。

油机对应的低压配电系统的两台变压器T1/T2分别用一个ATS进行市油切换,两个ATS均已做好不同步延时,但验收测试中把市电停电,投入油机时,仍然出现ATS投入至油机带载失败的情况。为了摸清油机带载失败原因,攻关小组做了下列旨在重现上述故障的试验性测试研究工作。

第一次试验:全部高压直流电源系统在相对轻载情况下分两次投切至油机带载,结果正常。

油机启动后,首先投入T2的交流600A负载,油机输出电压稳定、正常;接着50s后,再投入T1的交流800A负载,油机输出电压仍然稳定、正常。油机电压、电流波形如图1所示。可见每次投入相对较轻的负载(相对于油机额定容量20%左右),效果良好。

第二次试验:全部高压直流电源系统在相对重载情况下分两次投切至油机带载,结果失败。

首先投入T2带载约900A,电流投入后,油机输出电压约拉低10V,从220V被拉低至210V(值相电压有效值,下同),但油机处于可回调范围内,经2s调整过渡后,油机电压恢复正常;50s后,再投入T1带载约1200A,电流投入后,油机电压立即迅速下降,由于油机不能在短时间内做出足够的电压回调,导致油机电压进一步拉低,直至161V(此时负载电流已经是额定电流的2~3倍),配电开关的失压线圈动作。油机电压、电流波形如图2所示。可见,第一次投入油机额定容量23%的负载时就有一定影响,再继续投入油机额定容量32%的负载(总比例达55%)就立即不行了。

案例2：在用通信枢纽停电发电场景

该枢纽机楼有1900kW油机，对应6套容量为1200A的240V直流电源系统，2套48V开关电源系统及48台机房精密空调，实际通信电源供电负载约为222kW，加上空调及其他辅助设备，实测总负载功率约514kVA。按通常标准看，这个负载水平对于1900kW油机应该是轻载状态。

在2018年5月发生突发外市电停电12h，油机自动启动、自动带载，结果没有成功，油机因过载自动停机。工作人员赶到现场后，尝试重新启动油机，仍然未能成功带载。

经调取当时动环监控系统历史数据，油机投入带载后，油机声音不正常，时高时低，转速不均，不能正常带载，很快油机电压突降至165V，而电流突升至2119A，导致立即过载停机，随后人工重复启动多次，都出现类似结果。后来采取了低配系统人工分阶段投入不同负载方式，才勉强实现油机正常带载供电。

该油机在故障发生前一个多月还做了一次带全局负载测试，测试结果正常。在2018年5月故障发生前实际负载量没有明显变化。2018年5月故障过程和3月测试过程监控数据详见表1。

从表1可以看出，相对于油机例行带载测试，真实停电带载过程的负载电流、油机电压、转速均发生了明显劣化，油机过载停机难以避免。

3 高压直流带载启动时的瞬间全量输出和恒功率输入特性

3.1 瞬间全量输出特性问题

240V直流电源系统的蓄电池直接挂在直流母线上并行工作，当蓄电池在放出一定电量后输入恢复供电时，所有整流器一般都是恢复直流输出，同时给通信负载供电和蓄电池充电。该局所使用的某型号高压直流电源系统，恢复供电时整流器首先以额定电压240V输出，随后根据蓄电池充电电流大小，反馈调整直流输出电压，确保充电电流保持在0.1C10水平，这个调整过程所需时间为20~30s。但是，当蓄电池放电量比较大时，蓄电池电压可能比240V低不少，整流器将以很大电流向蓄电池充电。蓄电池充电电流调整过程的电流变化曲线如图3所示，充电电流一开始立即升高整流器所能提供的最大值（即整流器以全量满容输出，除去通信负载电流后，可以分配到该组蓄电池的最大电流为430A），该值是蓄电池充电限流标准150A的3倍左右，从蓄电池开始充电到限流到位所花费时间为30s左右。

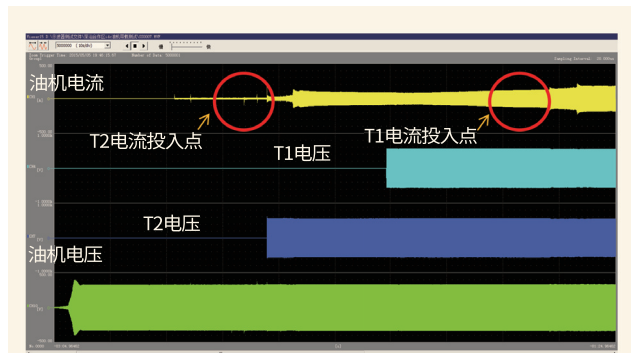


图1 高压直流负载相对轻的情况下，T2、T1依次投入至油机带载时电压、电流变化曲线

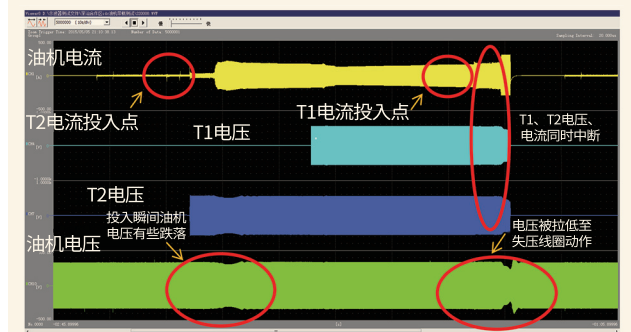


图2 高压直流负载相对重的情况下，T2、T1依次投入至油机带载时电压、电流变化曲线

表1 油机例行测试和应急发电带载过程启动电压和电流监测数据

对比项	状态	运行模式	转速 (r/min)	A相电压 (V)	B相电压 (V)	C相电压 (V)	A相电流 (A)	B相电流 (A)	C相电流 (A)
2018年5月带载失败过程监控数据	分闸冷却	自动	831	165	165	165	1809	1818	1848
	分闸冷却	自动	831	165	165	165	1809	1818	1848
	分闸冷却	自动	831	165	165	165	1809	1818	1848
	GCB分闸	自动	852	181	183	183	1809	1835	1866
	分闸冷却	自动	852	181	183	183	1809	1835	1866
2018年3月例行测试过程监控数据	MCB合闸	自动	1497	403	401	400	775	793	813
	GCB分闸	自动	1497	403	401	400	778	793	810
	GCB合闸	自动	1506	406	405	404	222	201	230
	MCB分闸	自动	1494	404	403	402	172	162	197

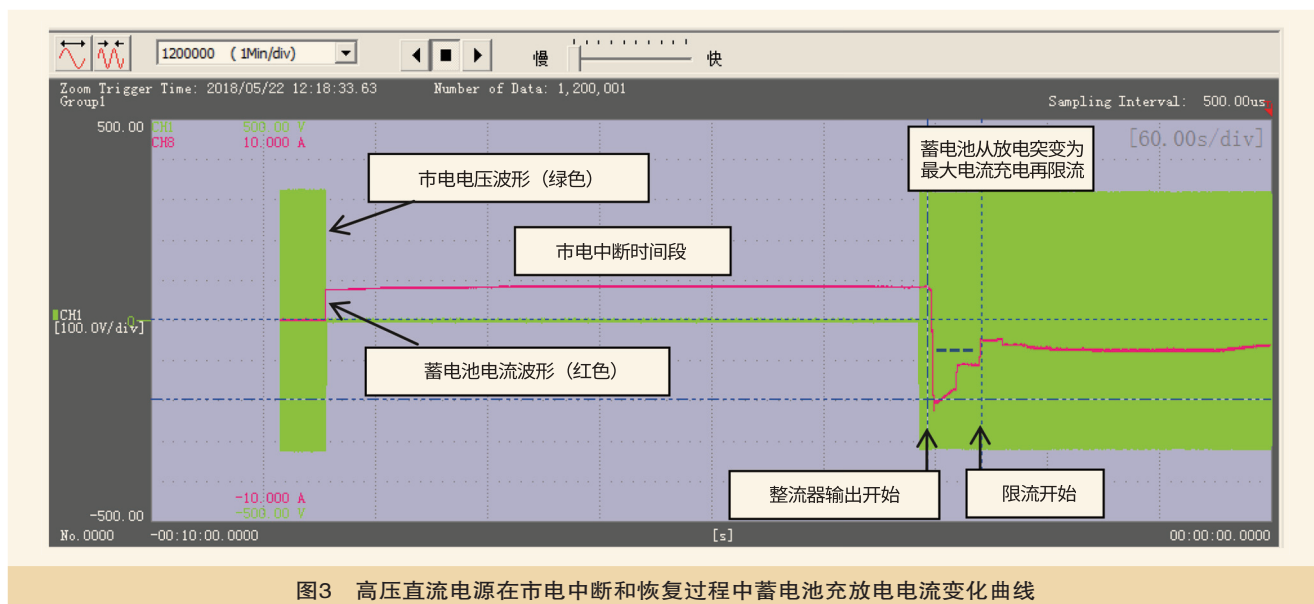


图3 高压直流电源在市电中断和恢复过程中蓄电池充放电电流变化曲线

3.2 恒功率输入特性问题

240V直流电源系统是开关电源电路原理，输入端具有宽电压特性，普遍都可以在相电压154~308V_{rms}范围内工作。同时开关电源输入端具有恒功率特性，即 $P=V \times I$ ，当输入电压下降时，需要的输入电流将相应增大，如图4所示。这种恒功率特性对于输出能力瞬时弹性变化很强的大电网和大型变压器的带载影响很小，但对于供电能力限制较死、输出稳定性比较差的电源（比如油机、稳压器）会带来很大冲击，严重时还可能将上级电源拖死。

4 大型油机一次性突加带恒阻抗负载与恒功率负载的能力差别问题

4.1 油机一次性突加负载能力问题

油机带一次性突加负载和分阶段增加负载的能力有很大不同，主要是因为内燃机的压力提高、扭矩加大，都需要一定时间去调整。图5给出了分三步带载的最大突加负载功率曲线，根据内燃机工作机理，在平均有效压力（BMEP）小于16kg/cm²条件下，一步加载功率不得超过50%额定功率，即相当于升功率不得大于20kW/L。

4.2 油机带恒阻抗负载与恒功率负载的能力差别问题

目前我国油机的产品标准GB/T 2820.6《往复式内燃机驱动的交流发电机组第6部分：试验方法》中6.7.4.4带电气负载的验收试验规定，通常采用功率因素为1.0的负载进行带载能力试验。在现实中，基于制作其他大功率负载的难度，基本上是采用电阻型负载进行带载能力测试。恒阻抗负载的特性是电压与电流成正比，即 $I=V/R$ ，而负载功率 $P=V \times I=V^2/R$ ，可见负

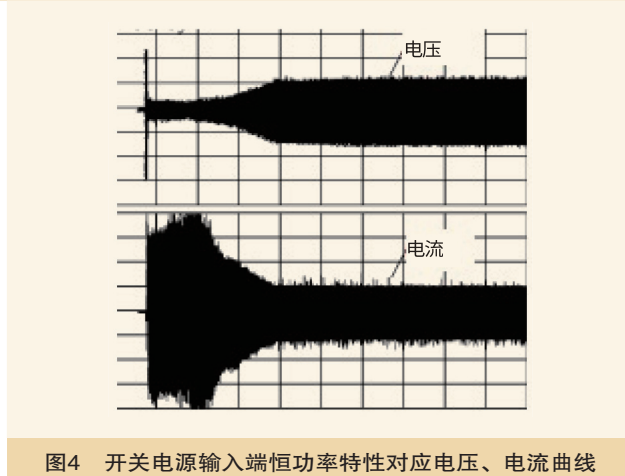


图4 开关电源输入端恒功率特性对应电压、电流曲线

载功率会以更快的速度变化。采用恒阻抗负载进行油机带载试验时，电压降低，输出电流也相应下降，进而使得油机带载压力也快速下降。当油机带比较重的突发负载时，一旦电压有所降低，负载功率则以更快速度下降，使得油机带载压力瞬时变小，顺利过渡到正常工作状态。

而通信局站中高压直流电源系统对于上级电源而言，为恒功率负载。当输入电压降低时，负载电流反而要增大，因此造成油机带载压力比开始时还大。上述分析表明，油机带恒阻抗负载与带恒功率负载的能力之间存在很大差距。可见按国标规定的测试方法做油机带载能力验收试验，无法反映出通信局站油机带载的真实情况。文中几个故障案例均显示，即使是功率大小处于油机标准规定允许范围内的通信负载，油机也未必带得起。反过来说，带恒功率通信负载时，油机功率的富余量要比带恒阻抗负载更大才行。

发电机组一步带载能力

- 发电机组的一步带载能力由发动机的平均有效压力BMEP和增压器性能决定
- 相同的额定转速和额定功率的机组，排气量越大，发动机的扭矩越大，一步带载能力也越强
- 根据ISO8528一步带载能力与平均有效压力曲线可以查出要满足一步带载>50%额定功率的机组，BMEP<16kg/cm²，即机组的升功率<20kW/L。

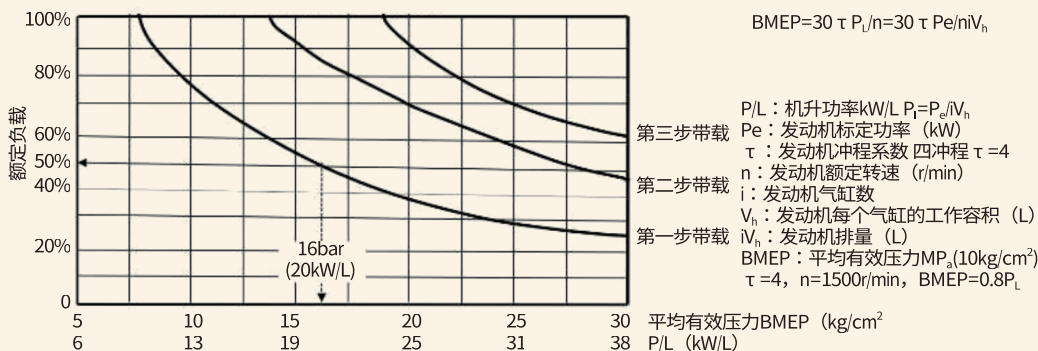


图5 相关标准给出的油机一步带载能力曲线

5 有效解决大型油机带大型高压直流的方案对策

5.1 问题聚焦

基于对上述问题大量数据和现象的深入分析，得出如下基本判断：

(1) 该型号高压直流电源系统在市电停电后油机发电时，由于整流器初始直流电压是以额定电压240V输出，与蓄电池电压差距过大，必然导致蓄电池以系统能提供的最大充电电流充电。而且负载越轻，初始充电电流占系统总输出电流比例越高，也代表高压直流开始输出瞬间需要油机带载负荷比平时正常工作负荷大得多；

(2) 在高压直流电源监控模块得到蓄电池充电电流过大的反馈后，开始逐步调低整流器输出电压，以实现蓄电池充电电流处于0.1C10水平。这个反馈调节时间仅需要30s左右；

(3) 高压直流电源系统相对于上级电源而言，就是一个恒功率负载，与传统恒阻抗负载有很大区别；

(4) 大型油机的一次性突增负载量指标方面，存在带恒阻抗负载与带恒功率负载的区别，满足带一次性额定容量50%的恒阻抗负载的油机，在带恒功率负载时，基于目前的通信局站现场测试结果，带载30%左右就有不良反应，到40%应该是很困难。

5.2 应急解决方案

为了尽快解决上述问题，相应做出一整套对策方案。首先，对高压直流电源系统做针对性优化措施，联合相关单位研发walk-in功能软件，包括两个措施：一个是电源启动由原来的来电即启动改为延时0~30s启动；另一个是将输出电压

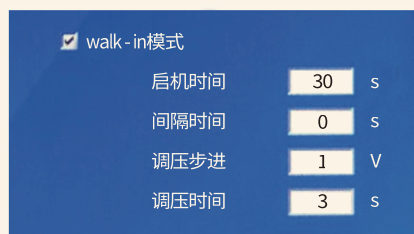


图6 高压直流电源启用walk-in功能参数设置说明

起点由原来240V改为追踪蓄电池电压+5V，然后以1V/3s的速率缓慢升高，直至充电电流达到0.1C10的限流条件，然后按限流充电逻辑进行正常充电，详细参数设置如图6所示。

采用了walk-in设置的高压直流电源系统蓄电池充电电流调整过程电流变化曲线如图7所示，充电电流一开始整流器只抬高一点点电压，所产生电流仅起到减少蓄电池为通信负载供电电流的作用，随着整流器电流逐步提高，才进入蓄电池充电状态，直至充电电流达到0.1C10的限流条件，然后按限流充电逻辑进行正常充电。从蓄电池开始充电上升到限流所花费时间为80s。

由此可见，高压直流电源系统未设置walk-in模式的瞬间供电负荷比设置了walk-in模式大得多。在该案例中，2018年3月油机例行带载试机时还能正常带载，而在4、5月增加了一些一次性投入负载后，就无法带载发电了，可见油机负荷率是处于带得起与带不起之间。应急发电时机楼实际供电负荷和蓄电池在限流和不限流两种充电模式下，导致油机负荷变化情况的对比分析见表2。

5.3 效果验证情况

(1) 某大型IDC园区的验证试验

第一次尝试：仅改变高压直流电源的投入时间间隔。

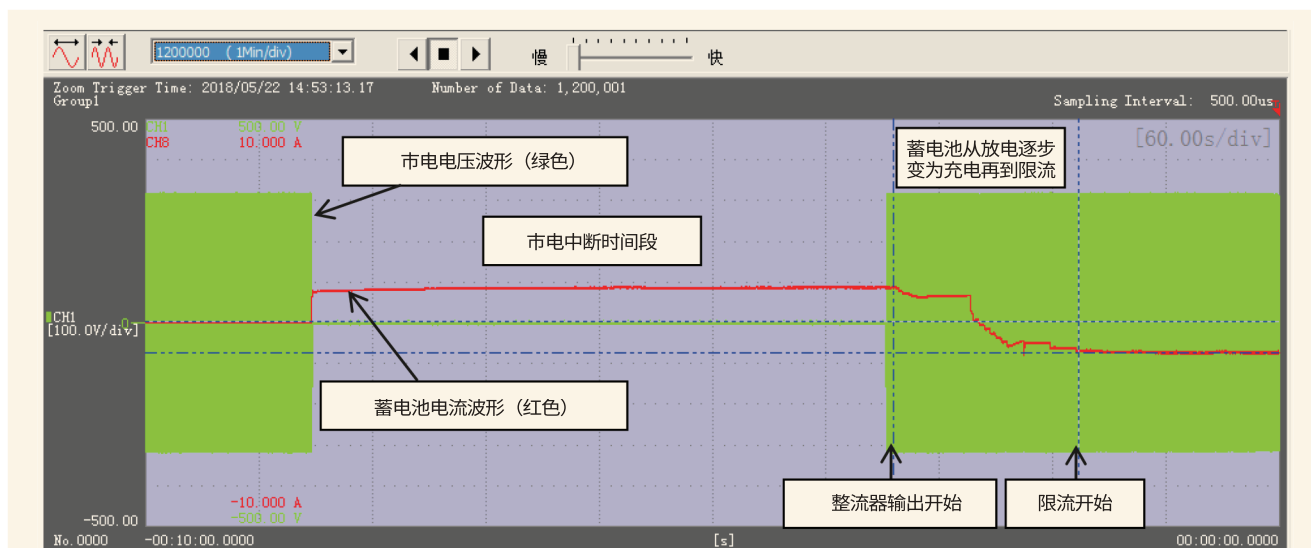


图7 高压直流电源做了walk-in设置后,在市电中断恢复过程中蓄电池充放电电流变化曲线

表2 应急发电时机楼供电负荷及蓄电池不同充电模式下油机负荷对比

负荷类型	重要通信负荷	一般通信负荷	按限流标准蓄电池充电负荷	电源不限流蓄电池充电负荷	按限流标准充电开始瞬间油机带全载计算	按电源不限流充电开始瞬间油机带全载计算
负荷功率 (kW)	222	294	306	612	528	833
油机负荷率	-	-	-	-	28%	44%

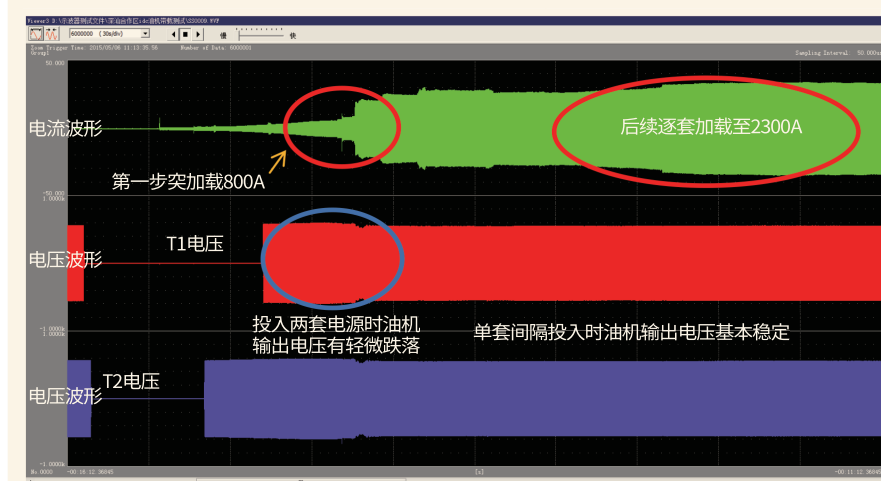


图8 高压直流电源按间隔试验依次投入、逐步增加负载,油机稳定运行

将该园区的两套高压直流电源系统率先一次性投入,然后剩下的高压直流电源系统依次按15s间隔投入,记录的油机输出电压、电流波形如图8所示。除第一次投入两套电源有一点电压跌落外,后续所加电源均不对油机带载造成伤害,直至2300A也保持油机输出电压稳定。实践证明,该改进方案有较好的效果。

第二次尝试:在高压直流电源系统中添加walk-in功能(修改高压直流电源的投入时间间隔和输出电压变化规则)。

通过软件设置,修改每套电源系统启动时间,每套错开15s,避免所有系统同时启动。调整模块输出电压模式,采用跟踪直流母线电压方式,启动时输出直流电压比蓄电池高5V,后续输出电压按1V/s进行调压,避免系统启动输出瞬间产生大电流。

采用上述修改后,进行了全负荷油机带载测试,油机采用自动投入模式,油机加载过程如图9所示,从图9可以看出,通过修改系统启动模式,油机输出电流不会瞬间加载,整个带载过程约3min,和

未改之前的图2相比较,没有了瞬间增加电流的情形,输出功率缓慢增加,油机带载至约2000kW,仍能正常运行。

(2)某通信枢纽楼的验证试验

将通信枢纽楼的6套高压直流电源系统依次按15s顺延方式进行非同步设置;同时按1V/3s做了步进升压设置后,断开市电输入,油机自动启动,高压直流电源自动逐级加载,由于消除了高压直流电源启动瞬间的过流,加上采取了不同步延时启动设置,非正常通信负载的耗电功率分解到了整个

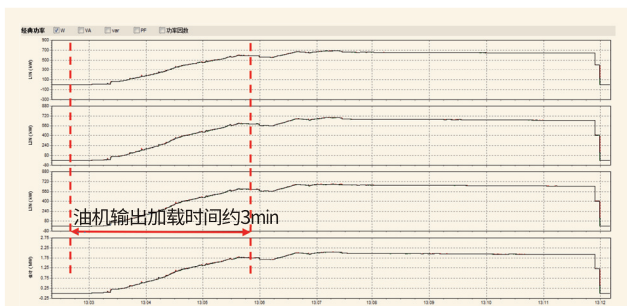


图9 市电停电后,油机带载,负载率从0逐步增加到100%过程的功率上升曲线

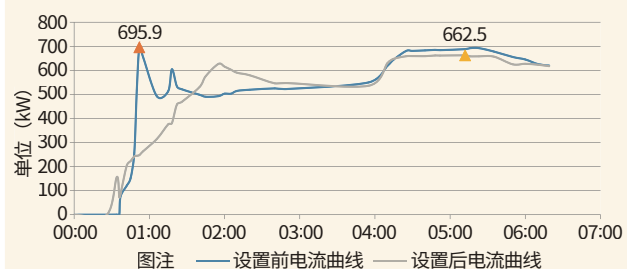


图10 某枢纽楼设置walk-in前、后启动油机带载总电流曲线

负载投入过程中,实现了整个启动过程油机所带负荷以安全速度逐步爬升至最大负荷626kW(相当于32%负载率)。图10显示了该机楼所有高压直流电源系统设置walk-in前后进行油机启动带载过程的总电流曲线情况,可以看出,投入负载瞬间,油机总电流上升速度有很大区别,设置walk-in的效果是非常明显的。现场实践证明,增加walk-in设置后,油机投入带载瞬间非常顺利,工况非常稳当,全无原来那种

(上接38页)

体化发展,精准定位业务需求和成本计算,提供倒三角支撑。

(4)持续维护资源建设,服务评价体系发展、资源再调整与优化、维护效率管理以及动态资源分析。

传输大数据平台搭建以实现精确化派单为主要功能,后期将市场分析数据、网络建设数据纳入系统,通过完善数据分析模型,为企业转型提供一体化服务,解决企业内部各部门之间数据不统一、业务发展不协调、资源利用不合理等问题。

5 结束语

中国电信已明确了3.0转型战略,未来将着重推进网络智能化、业务生态化、运营智慧化,引领数字生态,大数据平台的建设将会更充分地挖掘企业内部数据,加快企业转型,实现网络、业务、管理、运营的智能化重构。虽然数据平台的搭建时间不长,但数据资源建设却非朝夕可以完成,需要一个过程实现数据的积累,只有当数据量达到应用门限时才可以真正利用数据完成数据开发和应用。

转速突快突慢、声音时高时低的艰难现象。根据前面失败案例推理,假如这个负载率是一次性突加到油机,仍可能造成油机被拖死。

从上述对高压直流电源系统优化改进的案例可以看出,把原来同时投入的一次性突加负载改为分散投入,大大缓解了油机一次性突加负载压力,有效解决了因高压直流带来的一次性突加负载过大造成通信局站油机发电失败的难题。

5.4 根本解决方案

现场修改高压直流电源系统的设置是一个应急性措施,虽然有效,但不能保证没有其他一次性突加负载继续存在,造成油机启动带载仍然困难。比如,大型空调水泵、大型UPS集中使用都可能成为一次性大容量突加负载。

为了从根本上解决大型油机带多套大容量高压直流电源或其他一次性大容量突加负载的难题,可以考虑采取如下几个方面的措施:

- (1)修改通信用高压直流电源系统产品标准,将延时启动和输出电压步进提高作为内置标配功能;
- (2)工程设计文件将多套大型高压直流电源系统或其他大容量设备的延时启动时间和顺序作为设计内容之一;
- (3)修改通信用大型油机产品标准,将恒功率负载作为带载能力测试的标准负载;
- (4)工程设计中有多台油机时,尽量把大型高压直流电源系统和其他类型负载混搭,尽量减少一次性突加负载的容量。

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

参考文献

- [1] 中商产业研究院.2018-2023年中国大数据产业市场前景及投资机会研究报告[Z]
- [2] 茶洪旺.中国大数据产业发展研究[J].中州学刊,2018(4)
- [3] 严盛辉.互联网技术发展当前中国经济发展互动效能分析[J].科技经济导刊,2018(7)
- [4] 杨勇.广西广电系统变配电设备运行状态监测大数据分析平台的研究[J].广播电视信息,2018(7)
- [5] 黄海峰.中国电信2018年规划转型第二年深化改革[J].通信世界,2018(1)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

陈旻

硕士,毕业于中国矿业大学,工程师,现就职于徐州电信。

基于信令消息的移动分组业务计费策略研究与应用

史鹏利¹ 李明生² 刘亚玲¹

1.中国联合网络通信有限公司河北省分公司

2.中国联合网络通信有限公司广西壮族自治区分公司

摘要

结合电信运营商移动分组业务在线计费和离线计费现状,围绕支撑融合业务开展,提高流量余额短信提醒实时性,提出一种基于信令消息计费的移动分组业务融合计费解决方案,详细阐述其组网原理和优势,并给出现网改造注意事项和总结建议,具有较高的推广应用价值。

关键词

移动分组 消息计费 DCC 在线信控 短信提醒

1 研究背景

对于手机用户上网业务的计费,电信运营商目前广泛采用的方式有两种:预付费和后付费,在技术实现上分别对应在线计费和离线计费。在线计费是指当用户使用业务时,由GGSN/PGW判断用户是否是在线计费用户,对在线计费用户通过DCC(Diameter Credit Control,信用控制应用)协议转发到OCS(Online Charging System,在线计费系统)进行计费鉴权,OCS将计费鉴权结果发送给GGSN/PGW,实现对用户数据业务流量使用的控制,在线计费由于实时性好,费用易控制,能避免高额欠费,一度受到饱受“清欠”之苦的电信运营商的青睐。离线计费是指用户上网和计费彼此独立、相互分离,用户上网过程中没有计费系统实时地费用监测和干预,计费仅通过后期累加用户上网期间生成的CDR(Call Detail Record,呼叫详细记录,也指上网详单)来完成。由于后付费“离线”的特点,加之采集、累加处理这些CDR需要一定的时间周期,因此离线计费这种方式难免会出现“高额欠费”和流量短信提醒延迟的情况,但是在当前电信业“实名制”管理的大背景下,离线计费由于其部署简单、投资少等显著优势仍在被广泛采用。

按理说,在线计费和离线计费两种计费方式已经能满足电信业务的计费需要了,侧重欠费控制就选择在线计费,处于计费投入成本考虑可以选择离线计费。事实上,电信行业过往几十年的发展经验已证实了这一点,但是随着电信市场竞争的加剧和4G/5G网速的大幅提升,现有的两种单一计费模式遇到了新的挑战:首先是电信市场竞争下出现的融合业务(固移网业务融合、主副卡业务融合等)对OCS在线计费的挑战,融合业务要求计费能支撑固网、移网业务及主副卡

等业务绑定计费或任意组组合计费,现有OCS基于单卡单用户的固定计费模式显然无法支撑融合业务的发展需求;再者是4G/5G网络网速大幅提升对用户要求“流量余额”短信提醒加速的挑战,现有的离线计费处理机制,从CDR生成到话单采集、累账再到短信下发,平均耗时在15min左右,这就意味着客户收到的“短信提醒”提醒的其实是其账户15min前的情况,2G/3G时代15min的确消耗不了多少流量,短信提醒内容和用户实际感知基本一致,用户因流量提醒不及时导致的“超套餐”扣费投诉并不多;但是在4G网络下情况就不同了,以4G网络现有的速率,如果用户观看在线视频的话,15min消耗1GB以上的流量是很容易的,由此出现高额欠费的概率也是很大的。实际上,4G网络开通以来,客服中心针对上网业务用户投诉定责类型做统计分析时发现,短信下发延迟类型投诉占比竟超过60%,这也从侧面印证了现有离线计费模式短信提醒延迟的严重程度。

面对在线计费和离线计费在移动分组业务计费中出现的窘境,寻找一种新的方式或者结合现有两种计费的优缺点从中寻找一种平衡,来应对融合业务和短信提醒加速对4G/5G时代的计费挑战,是一个很迫切也很有意义的课题。

2 基于DCC协议的移动分组业务消息计费策略

既然在线计费和离线计费都不能很好地满足当前移动分组业务对融合计费和流量余额实时短信提醒的要求,那么就不得不另外寻找新的计费方式或优化现有的计费方式。受OCS在线计费原理和大数据处理思维模式的启发,可以设想构建这么一套系统:基于OCS的计费原理,融合在线计费功能,同时支持在线计费和话单文件计费两种模式,通过这

种计费达到缩短计费周期,提高信控、短信提醒的实时性功能,其实这种计费模式就是消息计费的概念,也称为热计费、信令消息计费。

2.1 实现原理

消息计费实现的主要原理是用户上网过程中GGSN/PGW与计费消息控制节点通过DCC协议实时交互消息,使得计费消息控制节点可以实时获取用户的上网流量和时长等信息。然后再将获取的用户上网情况通过异步方式传递给统一计费平台,由统一计费平台按照大数据处理模式完成基于单用户或多用户的流量话单集中采集、统一计费及在线信控等工作,当用户流量消耗达到一定阈值时触发“流量余额”短信提醒功能。具体组网原理如图1所示。

具体业务处理流程主要分为5步。

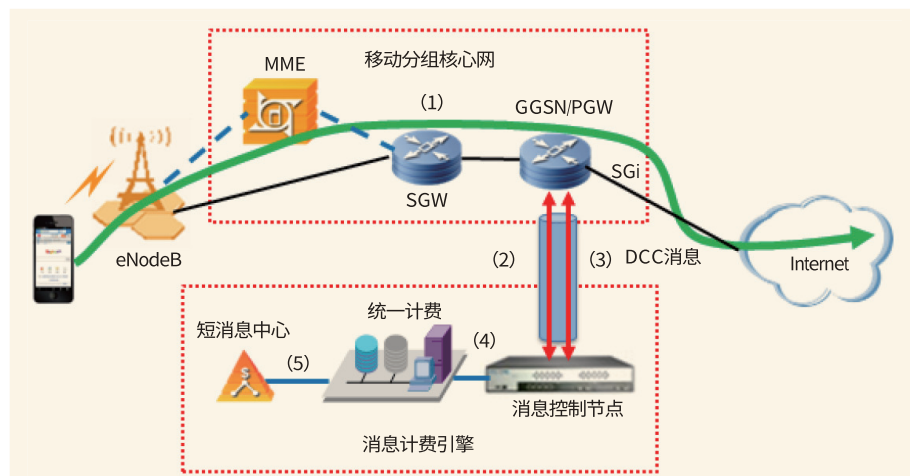


图1 基于DCC协议的移动分组业务消息计费实现原理

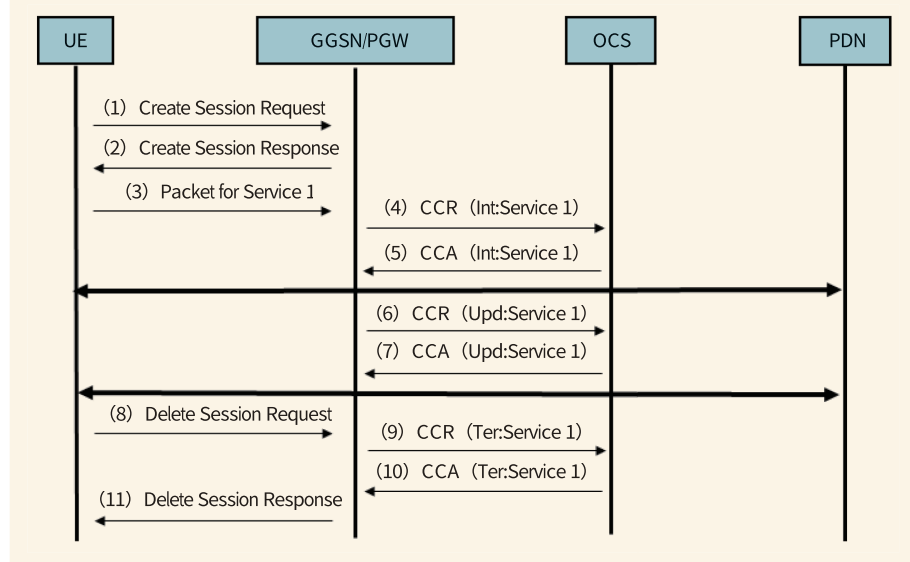


图2 DCC协议计费流程

(1)分组业务属性HSS签约为“Prepaid”的手机用户PDP上下文激活或默认承载建立后发起上网过程,触发信令消息计费流程。

(2)GGSN/PGW向计费消息控制节点发送CCR (Credit Control Request, 信用控制请求)消息,申请业务配额(流量或时间等)。

(3)计费消息控制节点向GGSN/PGW返回CCA (Credit Control Answer, 信用控制响应)消息,如果判断用户处于停机状态则拒绝配额申请,非停机状态则下发允许用户使用的业务配额信息(流量或时间等)并保存记录。

(4)计费消息控制节点将从GGSN/PGW网元接收到的DCC信令消息计费信息(MSISDN、IMSI及上下行流量等)异步发送至统一计费平台,由统一计费平台完成融合计费,统一生成清单并入库。

(5)统一计费平台后续可以完成在线、离线的融合计费,并根据用户流量消耗情况实现信用控制或通过对接短消息中心发送“流量余额”短信提醒等。

2.2 DCC协议计费流程

DCC协议包含CCR/CCA、RAR/RAA、CER/CEA、DWR/DWA、DPR/DPA、ASR/ASA等消息,可用于OCS系统(也可以是消息控制节点)与SACP、GGSN/PGW以及IMS等网元间的接口,其中最重要的是CCR/CCA消息。DCC协议计费流程如图2所示。

具体消息流程如下:

(1)手机终端向GGSN/PGW发送会话创建请求;

(2)手机终端收到返回的会话创建响应;

(3)手机终端向GGSN/PGW发送1号业务报文;

(4)CCR (Initial), GGSN/PGW向OCS申请对1号业务的配额(流量或时间等);

(5)CCA (Initial), OCS向GGSN/PGW返回允许用户使用的1号业务配额信息,然后用户根据所获配额开始上网;

表1 常用消息计费CCA应答结果码与GGSN/PGW网元动作对照

场景	CCA外层结果码	CCA内层结果码	场景描述	GGSN/PGW网元动作	备注
会话正常	2001	2001	请求正常处理	正常接续	-
系统异常	3002	无	消息解析失败、关键字段缺失、系统内部处理异常	失败处理（缺省模式：会话接续，出应急话单）	-
后端繁忙	3004	无	系统过载、消息处理超时等	失败处理（缺省模式：会话接续，出应急话单）	-
无应答	无	无	超时没有发送应答消息	失败处理（缺省模式：会话接续，出应急话单）	超时8~10s

(6)CCR（Update），GGSN/PGW向OCS再次申请对1号业务的配额；

(7)CCA（Update），OCS向GGSN/PGW返回再次允许用户使用的1号业务配额信息，用户根据所获配额继续上网；

(8)手机终端向GGSN/PGW发起会话删除请求（下线请求）；

(9)CCR（Termination），GGSN/PGW向OCS上报1号业务的配额使用情况；

(10)CCA（Termination），OCS向GGSN/PGW响应信用控制结束请求；

(11)GGSN/PGW收到OCS返回的信用控制结束响应后，向手机终端发起会话删除响应，手机终端上网结束。

通过以上GGSN/PGW与OCS（或计费消息控制节点）之间的CCR/CCA消息交互，OCS系统便可实时掌控手机终端的流量或时间消耗情况，从而灵活地实现实时扣费。

2.3 消息计费中的“离线”机制

为了保证GGSN/PGW与OCS（或计费消息控制节点）之间的CCR/CCA消息交互出现异常或计费消息控制节点出现故障时，手机用户的上网业务免受影响或少受影响，消息计费必须设计有“离线”应急策略工作机制。即当GGSN/PGW网元发送的DCC消息无法到达计费消息控制节点时，GGSN/PGW会采取先“放通”用户正常使用上网业务，同时在CG（Charging Gateway，计费网关）话单文件服务器上生成应急离线话单，后续再通过采集离线话单走后付费话单文件处理流程完成计费。消息计费“离线”机制下，常用的不同场景下的CCA消息中应答结果码与GGSN/PGW网元的动作对应关系见表1。

3 消息计费在现网计费改造中的应用效果及注意事项

消息计费由于融合了在线计费功能，同时支持在线计费和话单文件计费两种模式，并且能很好地支撑融合业务开展，因此受到运营商的普遍关注。目前，像河北、河南等一些改造项目开展比较早的省份基本已经完成了消息计费在移

表2 移动分组业务消息计费改造前后测试效果对比

对比项\类型	在线计费	离线计费	消息计费
业务范围	预付费	后付费	全业务
计费时延	实时	>15min	<1min
信控时延	<200ms	>15min	<1min
停机类型	软停机	硬停机	软硬停机
短信提醒	秒级	>15min	<1min

动分组业务领域的“上线”工作。从目前的应用效果来看，与之前的在线计费和离线计费两种单一的计费模式相比较，优势还是非常明显的，不仅实现了预付费和后付费产品的融合计费，还统一了批价信控，解决了跨系统用户感知差异比较大的问题；另外，还显著降低了离线计费模式下由于停机或短信提醒不及时导致的用户高额欠费投诉量，尤其是“流量余额”短信提醒的实时性由原来的15min左右提速为不超过10s，客户的NPS指数和忠诚度得到显著提升。消息计费改造前后具体应用效果对比见表2。

移动分组业务现网上的消息计费改造毕竟是一项全新的工作，并无现成的经验可循，在改造过程及系统上线试运行期间发现了一些始料未及的情况，在此进行总结并提醒大家注意。

(1)由于消息计费改造目前只针对移动分组业务，因此在做手机用户由离线计费向消息计费“迁移”时，要注意HSS中的用户签约属性，用户PS域属性修改为预付费属性（签约为“Prepaid”，CC字段（Charging Characteristics，计费属性）赋值为4），用户CS域签约仍然为后付费属性（签约为“Normal”），保持不变，并一定注意同一用户的2G/3G/4G业务中的签约属性要保持一致。

(2)由于消息计费支持全业务计费（预付费和后付费），加之消息计费设计有“离线”应急策略机制，为了对融合业务计费或回收“应急话单”补计费，需要提前做好预付费标识RG（Rating Group，费率组）和后付费标识SID（Service Identifier，业务标识）的统一工作，避免给后续的话单累计造成困难，重点是完成某些预付费业务缺失RG值的补齐工作（RG需与SID配置保持一一对应关系）。

（下转51页）

安徽联通移动核心网组网隐患研究

王 平

中国联合网络通信有限公司安徽省分公司

摘要

新建MGW和接入CE不合理的掩码配置产生非最优路由，新建CE与原汇聚CE不合理的BGP邻居关系导致网络出现掉话、单通现象，通过分析网元设备接入方式，合理配置掩码，分析BGP通告原则，合理配置BGP邻居关系，解决上述问题。

关键词

BGP 掉话 单通 非最优路由

1 概述

安徽联通新建华为关口局MGW，并新增一对接入CE，割接当晚进行倒换测试，在MGW上联中断测试中发现MGW业务地址存在非最优路由现象，在汇聚DCE上联中断测试中存在单通、掉话、Ping测丢包现象，现就倒换测试中发现的问题、处理方式进行分析研究并剖析阐述。

2 组网

安徽联通移动网有两台汇聚CE（DCE1/DCE2），本次新建一套关口局MGW，并为该MGW配置一对接入CE（CE3/CE4），CE3/CE4与原DCE1/DCE2呈口字型组网，采用ISIS+IBGP运行MPLS VPN，具体如图1所示。

3 新建MGW和接入CE不合理的掩码配置产生了非最优路由

为提高网络健壮性，保障设备入网后业务运行正常，在入网前实施了各场景链路中断对业务影响情况的测试验证。在业务调测组网进行MGW至CE3链路中断测试中，发现业务地址存在非最优路由现象，具体如图2所示。

倒换过程中业务测试正常，信令面出现偶联告警（正常，信令面通过MGW自身的SCTP保护，端到端有多对SCTP偶联，设备会进行联通性测试并选择一条可达的SCTP偶联承载业务）。从远端Ping MGW媒体面业务地址（1.1.1.2、1.1.1.6）测试正常，业务地址均可达，从远端tracert MGW业务地址对比倒换前后路由路径变化，发现在正常情况下CE3到MGW路由产生了绕行（如图3所示，红色为绕行路径，蓝色为正常路径），MGW A平面业务地址1.1.1.2不是通过

CE3与MGW的直连路由到达MGW，而是绕到CE4后再送往MGW，因此产生了非最优路由。

查看路由表，CE3上的1.1.1.2路由不是CE3和MGW的直连路由，而是从CE4学到一条1.1.1.2/32的主机路由，再检查发现CE4有一条1.1.1.2/32的静态路由下一条指到1.1.1.6，由此发现问题所在。华为MGW的接入方式是：将接口地址作为业务地址使用，为保证业务地址永远在线，CE除了配置本平面的直连路由外，还需将另一平面的直连地址以静态路由方式指向MGW，以保证MGW任何一侧上联中断时两侧的业务地址都始终可达，具体如图4所示。

由于CE4在配置静态路由时将1.1.1.2业务地址掩码设置为32bit主机地址，导致CE3上有一个1.1.1.2/30的直连路由，还从CE4上学到一个32bit的1.1.1.2/32路由。根据路由原则，优先匹配明细路由，因此在CE3上看到1.1.1.2的下一跳不是MGW而是CE4，将静态路由掩码由32bit改为30bit即可解决问题，再次测试没有发现问题。正常情况路由直上直下（蓝色路径），只有在MGW一侧上联中断时才会绕行保护（红色路径）。

4 新建CE与原汇聚CE不合理的BGP邻居关系引起倒换测试出现掉话、单通现象

在DCE1上联中断测试（图5）中，出现话务单通、掉话、Ping测丢包、偶联中断现象。

在DCE1上联中断测试中出现单通、掉话现象（异常），信令面出现偶联告警（异常，汇聚CE是双平面保护，一侧上联中断是不影响业务的）。从媒体面进行分析，从MGW Ping远端业务地址，A平面不通、B平面正常，鉴于MGW是负荷

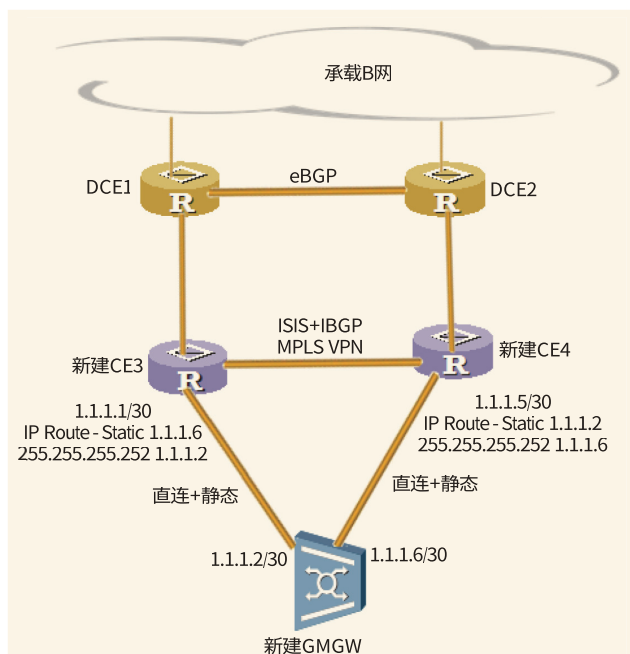


图1 组网架构

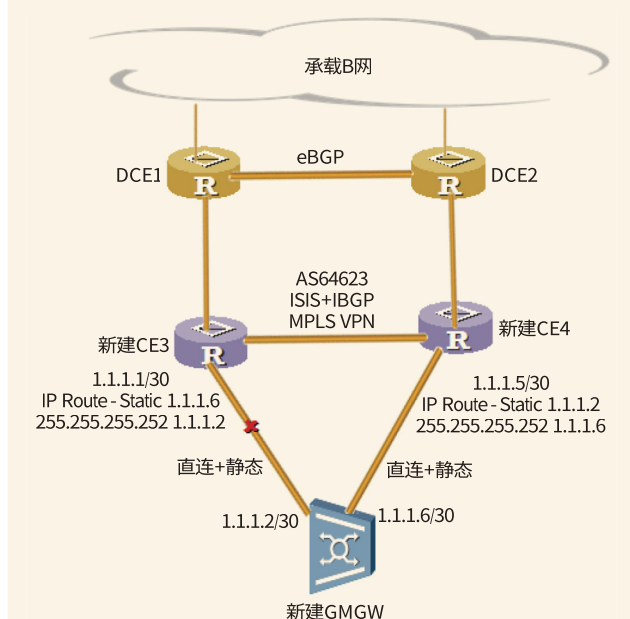


图2 MGW至CE3链路中断测试

分担工作，判断当DCE1上联中断时有50%业务受影响（与拨打测试出现单通、掉话现象吻合）。检查MGW数据正常，数据包已送往各自网关CE3/CE4，检查CE3/CE4发现CE4正常，而CE3上没有外部路由，且在CE3上也无法Ping通外部业务地址，检查CE3设备硬件、协议均正常无告警，CE3已和邻居建立了稳定的BGP邻居关系（Established），由此判断问题不是由设备自身的软硬件故障引起，着重检查路由传递过程中有

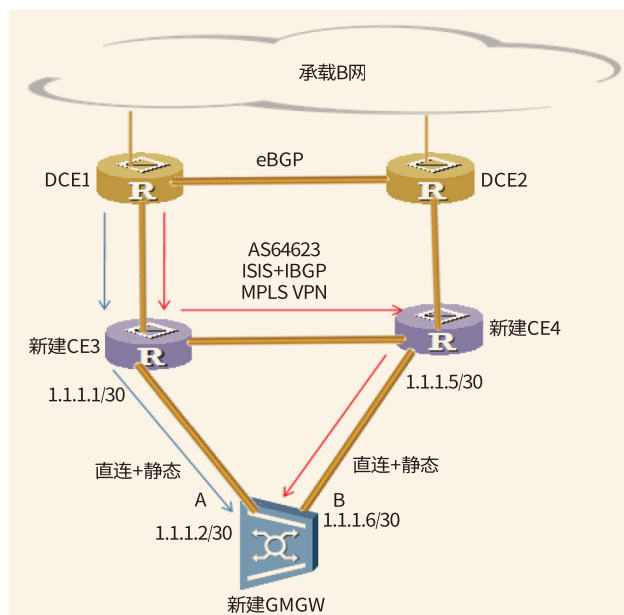


图3 非最优路由分析

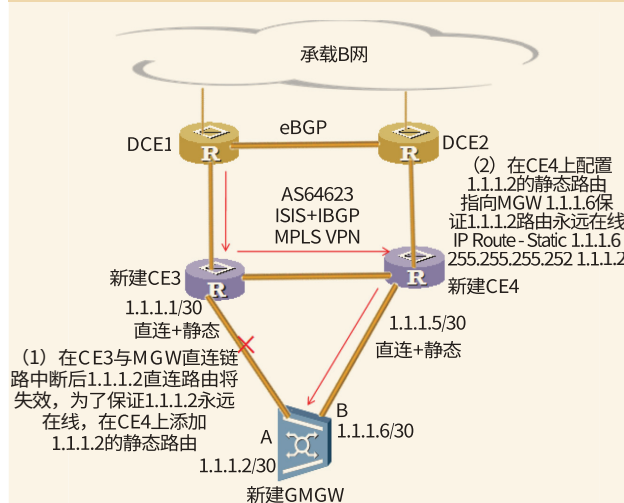


图4 华为MGW接入方式

无异常（BGP负责业务路由的传递）。BGP邻居关系如图6所示，CE和自己的上联、互联建立了BGP邻居关系。

DCE1上联中断（不影响4台CE之间的邻居关系），检查发现DCE1、DCE2、CE4上均有完整的外部路由，只有CE3上没有外部路由，而MGW是通过静态路由设置CE3/CE4为自己的网关，外部网络发生变化时MGW并不感知，数据包仍负荷分担送往CE3/CE4。当数据包送到CE3时，由于CE3上无去往目的网段的外部路由，直接丢弃数据包，导致一半业务受阻，因此问题就在CE3上。对于为什么CE3在邻居关系不变的情况下无法学到外部路由，先来看看BGP通告原则。

(1)从eBGP邻居学习的路由，可以通告给eBGP邻居或IBGP。

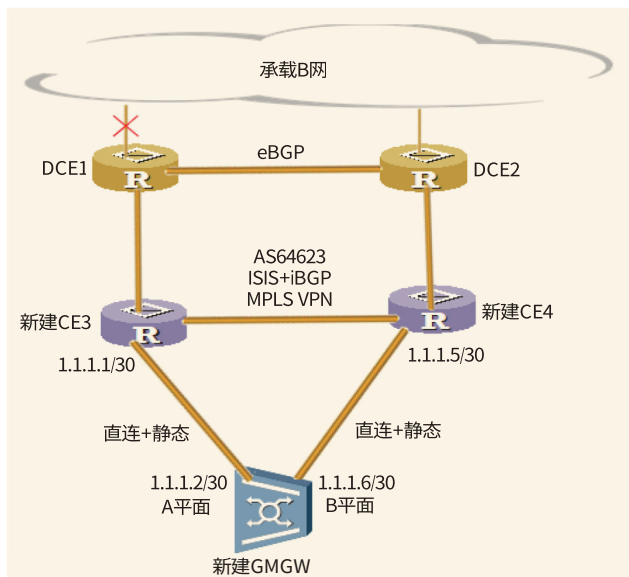


图5 DCE1上联中断测试

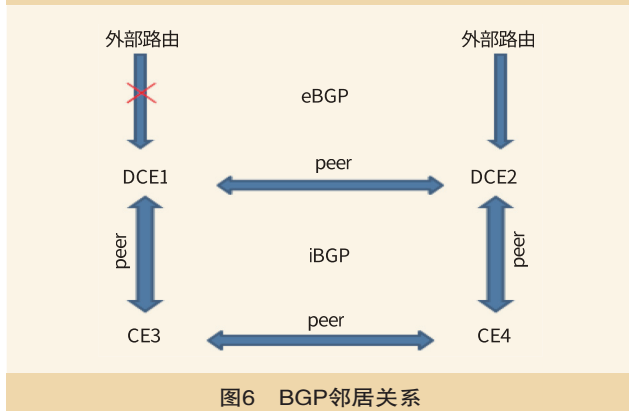


图6 BGP邻居关系

(2)从iBGP邻居学习的路由，不能通告给iBGP邻居（水平分割原则，用来避免环路）。

(3)从iBGP邻居学习的路由，是否能够通告给eBGP邻居、是否能够被选择为最优路由，取决于同步原则。

①若同步原则开启，则必须满足同步条件才能通告；若不满足同步条件，则不能通告。

②若同步原则关闭，则可以通告（在实际应用中，同步原则都应该是关闭的）。

根据通告原则“从iBGP邻居学习的路由，不能通告给iBGP邻居（水平分割原则，用来避免环路）”来分析当DCE1上联中断后CE3无法获得外部路由的原因，具体如图7所示。

(1)DCE1 eBGP邻居中断，无法从eBGP获取外部路由。

(2)DCE2从上联eBGP获取外部路由，根据BGP通告原则：“从eBGP邻居学习的路由，可以通告给eBGP邻居或iBGP邻居”，DCE2将外部路由分别通告给自己的iBGP邻居DCE1/CE4，这样DCE2/DCE1/CE4均学到了外部路由。

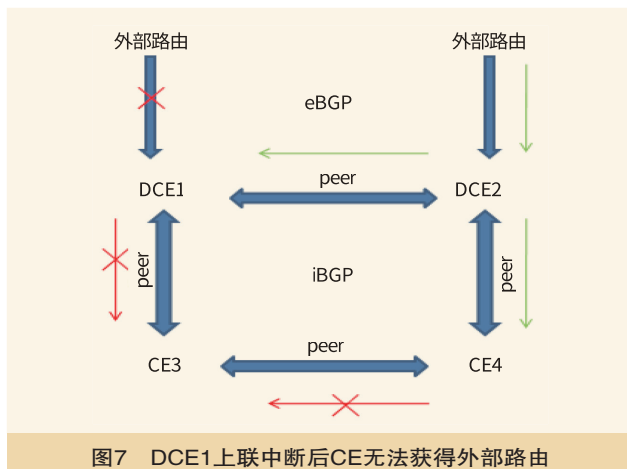


图7 DCE1上联中断后CE无法获得外部路由

(3)着重分析CE3。虽然DCE1/CE4均是CE3的iBGP邻居，但根据BGP通告原则：“从iBGP邻居学习的路由，不能通告给iBGP邻居（水平分割原则，用来避免环路）”，所以当DCE1上联中断时，DCE1/CE4不会把从iBGP邻居DCE2学来的路由通告给自己的iBGP邻居CE3，因此CE3上没有外部路由。

(4)既不能改变BGP的通告原则（防环），又要使CE3在DCE1失去外部eBGP路由时仍能从iBGP邻居学到外部路由，一般可采用三种方法：iBGP建立全互联的Full Mesh邻居关系、路由反射器、联邦。

①依据BGP通告原则：“从eBGP邻居学习的路由，可以通告给eBGP邻居或iBGP邻居”，可以让DCE1/DCE2/CE3/CE4建立全互联Full Mesh的邻居关系，这样当DCE1上联中断时，CE3可以直接从iBGP邻居DCE2获得来自eBGP的外部路由（图8）。但这种方式适用于小型网络（不多的路由设备组网）。如果有 n 台路由器，那么要建立的IBGP连接数就为 $n(n-1)/2$ 。当IBGP对等体数目很多时，对网络资源和CPU资源的消耗都很大，也不利于维护。

②使用路由反射器的技术（有条件地打破BGP的水平分割）设置其中两台路由器作为路由反射器RR（Route Reflector），其他路由器作为客户机（Client），客户机只与路由反射器RR建立IBGP连接，客户机之间不需要建立BGP连接，路由反射器在客户机之间传递（反射）路由信息，具体如图9所示。

为了网络的扩展性，采用设置路由反射器的方式，将DCE1/DCE2设置为路由反射器RR，CE3/CE4设置为客户端，外部路由和CE3/CE4之间的路由均通过路由反射器进行传递（反射），这样CE3/CE4就能通过两台路由反射器获得全网路由，两台路由反射器互为备份，任何一台故障都不会影响路由传递（反射）。配置完成后再次进行DCE1上联中断测试，一切正常，业务未受影响。

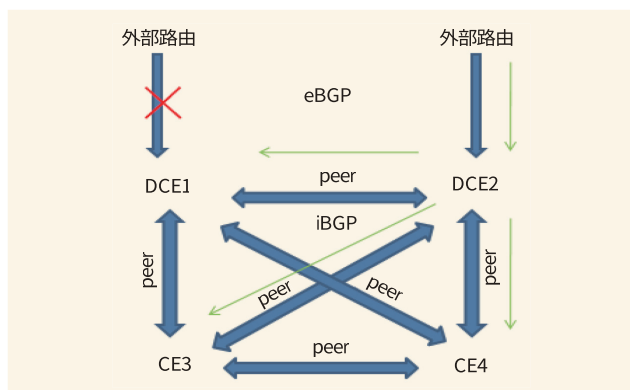


图8 全互联的Full Mesh邻居关系

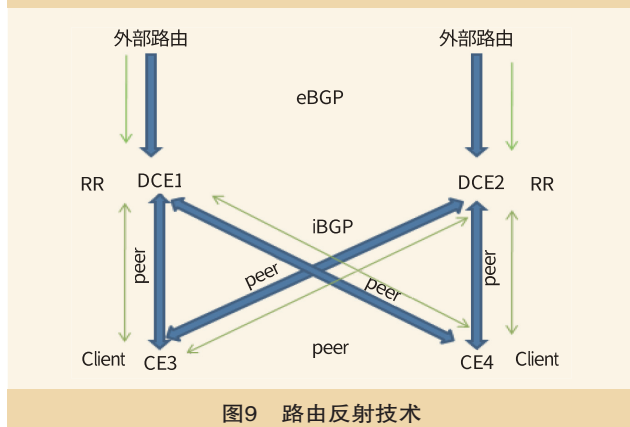


图9 路由反射技术

5 分析总结

对于不合理的掩码设置导致出现非最优路由这种场景，目前网络中主要是华为的MGW接入时易产生这种问题。因为华为MGW的接入方式是将接口地址做业务地址使用，为保证业务地址永远在线，CE除了配置本平面的直连路由外，还需将另一平面的直连地址以静态路由方式指向MGW，以保证MGW任何一侧上联中断时两侧的业务地址都始终可达。在配置静态路由时一定要配置和直连路由相同的掩码。

不合理的BGP邻居关系使网络中存在风险极高的单点隐患，在新建CE使用BGP连接组网时，不能想当然地按实际物理连接配置BGP邻居关系，要从TCP连接属性（可跨网络的端到端连接）及BGP属性、通告原则出发充分考虑设备的双平面保护。

但任何一个看似完美的割接方案，在实施过程中一点细节上的疏忽都会给网络埋下巨大的安全隐患，而这些隐患通过简单的拨打测试、Ping测试是很难发现的，从上述案例就可以看出割接完成后的拨打测试、Ping测试都是正常的，并没有发现网络中的潜在隐患。这就需要通过全面的倒换测试来验证网络的安全性，实践是检验真理的唯一标准，只有经得起倒换测试的网络才是真正安全可靠的网络。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

（上接47页）

(3)对于有数据副卡产品的业务区，在HSS上批量修改用户消息计费属性时，必须要做到主卡和数据副卡的签约属性同步修改，避免主副卡计费属性不一致导致累加用户流量时出现漏计费情况。

(4)消息计费用户转“离线”后回切在线的时间设置：消息计费系统返回3002、3004等异常结果码时，GGSN/PGW网元“放通”用户业务使用，用户转入离线计费模式，当GGSN/PGW网元开启用户“超时”切回在线功能时，切回时间间隔不宜设置太短，以免出现大量频繁切回信令冲击消息计费系统形成“信令风暴”，导致消息计费系统瘫痪的事件。为了保证有较好的用户感知，建议回切时间间隔配置在30min或以上。

4 结束语

基于信令消息的移动分组业务计费策略堪称是一种“完美”的计费模式，既继承了在线计费实时性的显著优点，也

能灵活地支撑各类融合业务，这代表了未来通信业务计费的发展方向。由于将现有网络的计费模式改造为消息计费模式，几乎牵扯全网手机用户，涉及计费“迁移”的用户量数以亿计，工程工作量巨大，这就意味着全网手机用户信令计费改造将会是一个持续漫长的过程。改造过渡期内，将出现纯OCS用户、BSS（Business Support System，业务支撑系统）用户及cBSS（center BSS，集中业务支撑系统）用户与消息计费用户长时间“共存”的局面，用户计费属性不同带来相关业务触发流程上的不同，无疑会增加网络排障和用户业务分析的复杂性，这就要求运维人员加强学习，熟悉各种计费策略下的用户业务触发流程，妥善应对各类投诉，做好网络服务工作。

随着消息计费的有序改造推进，最终会实现全网用户的“一体化”计费体系，这将为电信运营商实现全网的互联网化运营目标奠定坚实基础。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

基于4G技术的集客业务无线容灾方案

那 锋

中国移动通信集团青海有限公司

摘要

首先分析集团客户业务发展存在的困难; 然后对集团客户需求场景进行分类, 并给出各场景的接入方案; 最后对集客业务无线容灾方案的应用效果进行分析。

关键词

4G技术 集客业务 无线容灾

1 引言

在集团客户业务的施工过程中, 经常由于管道、市政、物业、工程进度等原因导致最后一段传输无法到位。由于最后一公里光纤无法到达而流失, 所以“最后一公里”成为阻碍集团客户发展的重要原因。此外, 集团客户业务还存在光缆被挖断问题, 抢修存在一定困难, 即面临复杂的协调程序, 极大地拖延了业务修复时效。为给集团客户提供丰富的传输解决方案, 避免局部传输线路问题, 借助4G无线回传方式实施集客业务无线容灾方案, 以满足占领市场先机和应急救灾备份的市场需求。

2 技术方案

2.1 集团客户需求场景分类

基于4G技术的集客业务无线容灾方案采用4G无线路由器向集团客户提供无线一体化综合临时应急接入解决方案, 集网络构建、网络安全、数据通信、语音多媒体通信为一体, 为集团客户搭建易于灵活配置、安全可靠、专业高效的电信级网络和服务平台。

根据不同的客户服务要求, 将目标客户整合分为专线容灾、应急抢修、线路暂时不可达三类场景, 不同目标客户的组网需求各不相同, 具体见表1。

2.2 场景接入方案

(1) 线路暂时不可达场景

线路暂时不可达主要是指光缆资源由于各种原因导致暂时无法接入目标集团客户, 或者目标客户工作场景处于不停移动、变化、变更中。这类群体对语音、互联网、WLAN、

表1 不同目标客户的需求

目标市场	客户类别	业务特点	客户特点
线路暂时不可达	中小企业/行业市场/商务楼宇/集团客户	语音、数据、互联网、监控、POS	移动办公, 按需建立无线通道, 快速开通业务
应急抢修	中小企业/聚类市场/特殊行业	数据、语音、视频、监控	紧急建立无线通道, 快速恢复、抢通业务
专线容灾	金融证券/中小企业/公共服务	数据、互联网、监控、ATM	自动建立无线通道, 无感知恢复业务

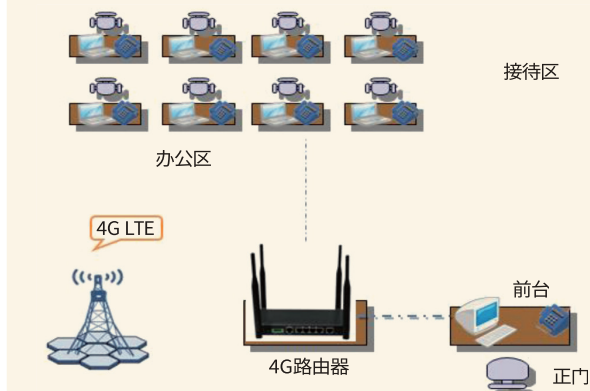


图1 组网拓扑 (一)

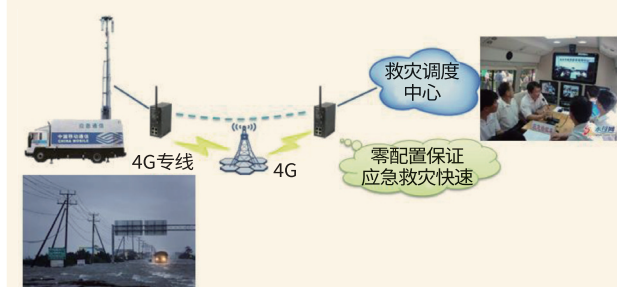


图2 组网拓扑 (二)

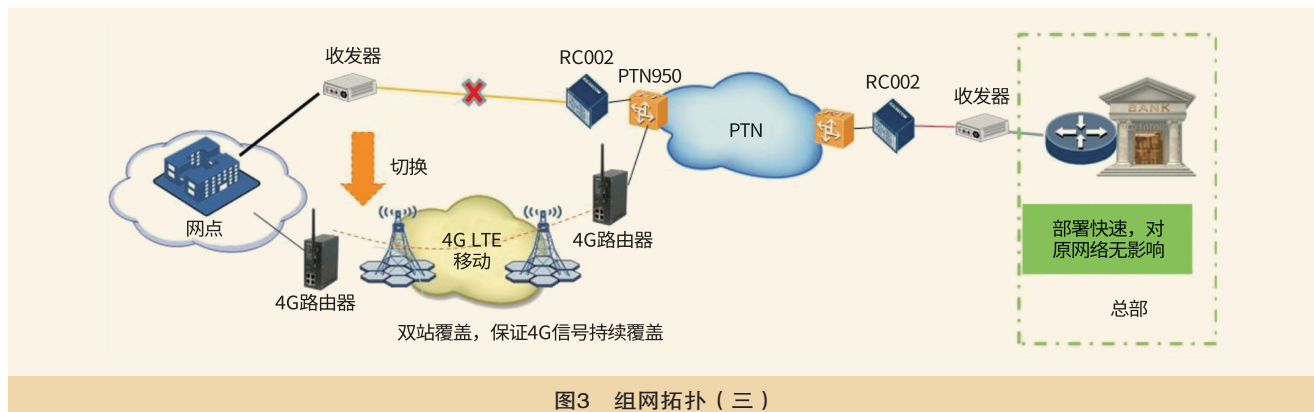


图3 组网拓扑(三)

移动OA等功能需求明确,对网络安全、稳定、可靠性、增值服务等没有额外需求。其组网拓扑如图1所示。

数据流向过程:客户办公OA等集团业务通过连接4G无线路由器提供的Wi-Fi接入热点,然后连接到移动运营商提供的4G无线网络。此接入热点是移动运营商为客户专设的接入场景。

(2) 应急抢修场景

应急抢修场景主要是指当光缆资源突然因人为、自然灾害或市政工程施工,造成光缆物理中断,而客户业务十分紧急,需要快速恢复的场景。基于4G的集客业务无线容灾方案能够快速恢复用户业务,为链路抢修提供充足时间,减少客户投诉,提高用户满意度。这类群体对业务功能要求不高,但是对时延、业务恢复时间等要求明确。其组网拓扑如图2所示。

数据流向过程:灾害现场通过摄像头连接4G无线路由器,然后连接到移动运营商提供的4G无线网络,并将信号、数据及文件等信息传回调度中心。此接入方案是移动运营商提供的云监控紧急现场展示场景。

(3) 专线容灾场景

专线容灾场景主要针对类似于银行、证券这类业务实时性极强的客户群体。基于4G的集客业务无线容灾方案能够无缝恢复用户业务,为物理链路抢修提供充足的时间,减少客户投诉,提高用户满意度。这类群体对业务功能要求不高,但是对时延、业务恢复时间等要求明确。其组网拓扑如图3所示。

数据流向过程:网点设备通过4G无线路由器把数据传输到移动4G无线网络,4G无线网络通过专线把数据传输到银行路由器,然后通过该路由器路由到银行的服务器上。

3 应用效果

从目前已经实施的反馈来看,从施工到运营情况都反馈良好,集团客户都很认可这种传输方式,认为其施工简便、快捷,且能保证业务需求,进一步提升了客户对移动集客业务品牌的认知度,品牌效应得到显著扩大和提升,具有显著的社会效益。

4 结束语

通过4G技术进行集客专线临时接入,不但能够有效提升4G网络的利用率,还能不受施工条件和地理环境的制约,更便于开展业务,抢占市场。随着城市建设逐步加快,以及4G网络全面普及,在建筑环境越来越密集的各大主城区,受“最后一公里”制约及应急抢修的需求将会越来越多,在如此庞大的潜在市场群体中,相信基于4G技术的集客业务无线容灾方案将成为优先抢占此类市场的一个重要砝码。

参考文献

- [1] 黄荣,王坦.关于4G移动通信的核心技术探究[J].中国新通信,2014,16(12)
- [2] 黄静,朱欣远.4G移动通信关键技术及其展望探究[J].中国新通信,2014,16(3)
- [3] 韩苏丹.4G移动通信网络技术的发展现状及前景分析[J].电信快报(网络与通信),2014(2)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

基于统一建模的北向数据自动化分析平台设计与实现

吕良栋

中国移动通信集团设计院有限公司

摘要

针对中国移动等运营商北向数据的规范核查要求,通过对规范的分析 and 建模,设计和实现了一种基于统一建模的北向数据自动化分析平台,减少了人工核查数据的复杂度和繁琐度,极大地提高了效率和质量。

关键词

数据模型 北向接口 测试平台

1 引言

在无线网、核心网、传输网和IP网等通信网络中,OMC北向接口是OMC系统与网络管理系统(NMS)间的接口,各运营商制定了相关的北向数据规范,以保证各厂商上报给NMS系统的数据格式符合规范定义,数据内容准确。

为了保证不同的网管系统之间能进行互联、互通和互操作,运营商运维人员一般要对网络管理接口进行一致性测试,同时定期对现网数据进行抽查分析。仅靠人工手动核查不但耗时耗力,而且难以保证测试的质量。

近年来,自动化运维工具作为基础设施越来越受到业内的重视,各企业通过自动化、AI技术构建自动化平台来提升运维效率。文中通过对规范的分析,抽取出统一模型,设计并实现了一种基于统一模型的北向数据自动化分析平台,提高了运维工作智能化水平,极大地降低了运维工作量。

2 系统设计

2.1 整体框架

整体框架可以定义为5个层次,分别是系统接入层、模型提取层、数据资源层、数据分析层和平台展现层。整体框架如图1所示。

系统接入层:该平台可接入无线网、核心网、传输网等网络管理系统,自动获取北向数据文件。

模型提取层:是该平台设计的关键部分,即对运营商规范进行解析、数据预处理,然后通过模型解析器自动生成模型,包括模型原数据库和XML模型文件库。

数据资源层:对获取的北向数据,包括资源数据和性能数据,进行预处理。

数据分析层:是该平台的核心部分,基于提取的模型和规则引擎的设计,进行数据分析。

平台展现层:本系统采用MVC模式,即模型、视图和控制器三者之间合理分工,同时又以控制器为核心相互关联,保证其具有较高的灵活性和复用性。

2.2 数据ETL

平台通过系统接入层实时或者离线采集来自不同通信专业网的北向数据,进行实时数据处理、过滤、校验等,为海量北向大数据提供高质量的数据接入通道。

北向数据文件一般为XML或者CSV文件,XML文件采用基于事件驱动的SAX解析方式,并不需要解析完整的文档,在按内容顺序解析文档的过程中,SAX会判断当前读到的字符是否符合XML语法中的某部分,如果符合就会触发事件。CSV文件以逐行读取的方式进行,且每满1000行解析一次。

获取数据解析后,在数据资源层,通过数据ETL技术对数据进行抽取、转换、清洗、融合后,供数据分析。

2.3 规范建模

北向数据的分析依据是基于运营商定义的一系列规范,但这些规范分布在很多文档中。该平台模型提取层通过对各规范文档的分析,提取出统一的数据字典。

XML是一种允许用户自己定义自己的元语言,可以用来定义和描述结构化数据对于北向数据文件的格式分析。从北向规范中提取XML Schema形成统一模型。对于文件名和数据文件中采用的一些公共定义,对相关文档进行解析,形成平台的字典。该字典可扩展,比如对OMC厂商编码、专

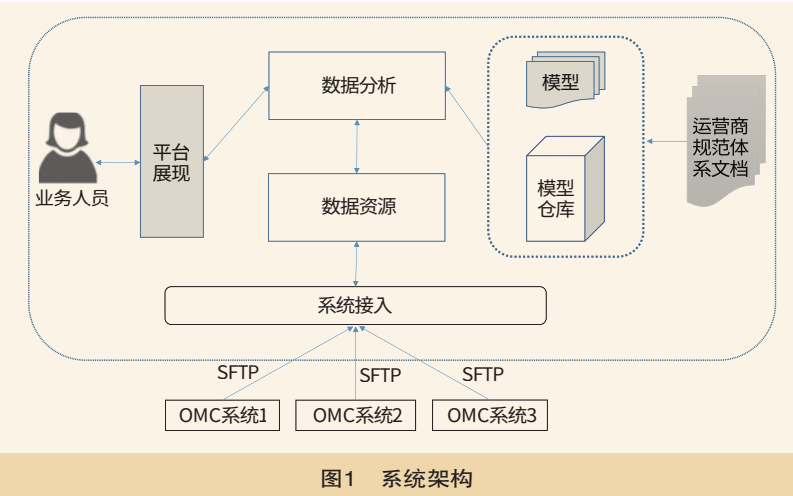


图1 系统架构

表1 规范属性定义

属性编码	重要度	英文名称	中文名称	定义	数据类型
ENBAA01	B	ID	标识符	命名属性	字符串
ENBAA02	B	UserLabel	用户友好名	用户友好名，由EMS厂商指定，作为其内部标识，并可被NMS修改	字符串
ENBAA03	C	DnPrefix	DN的前缀	只有该实例为本地MIB树的根节点时有效，其他为空	字符串
ENBAA04	A	VendorName	厂商名称	厂商名称，取值长度不大于64B，不限制字符类型。通过该属性取值应可明确识别厂商名称	字符串

表2 Model表

mid	NetworkType	DataType	Version
1	WX	NRM	V2.7.0
2	WX	PM	V2.7.0

表3 moAttribute表

ID	moid	Index	EName	CName	Level	Type
3087	2963	SBCA01	ID	设备标识	A	String
3089	2963	SBCA02	DnPrefix	DN前缀	B	String
3090	2963	SBCA03	Usetlabel	用户名	B	String
3091	2963	SBCA04	Version	设备版本号	A	String

表4 mo表

mold	moIndex	moEName	MoCName	mid
2963	AA	ManagedElement	管理网元	6
2964	AB	SbcFunction	-	6

业编号、数据类别建立数据字典。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/
```

XMLSchema"

```
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema-instance"
OMC厂商编码=HW|ZTE|FH|Eric|NSN
|ASB|DT|PT||
OMC专业编号=WX|HX|CS|IP
数据类别=CM|FM|PM
</xs:schema
```

除了文件格式和数据字典定义外，运营商规范主要定义了具体数据属性各维度的要求，这是导入数据分析比对的源头。表1是中国移动某规范中对具体属性的定义。

考虑到稳定性和持久性，使用数据库进

行规范的存储，同时考虑到导入规范的数据量大小、占用内存及处理效率等情况，采用SQLite轻量级的数据库存储规范模型。具体设计如下。

- (1)Model表，存放模型的硬件、类型和版本信息，具体见表2。
- (2)moAttribute表，存放规范的各个属性的具体信息，具体见表3。
- (3)Mo表，存放模型的基本信息，是Model表和moAttribute表的中间表，起着连接这两个表的作用，具体见表4。

2.4 数据分析

采用并发线程处理，实现各个线程间共享代码和数据，主要处理逻辑如图2所示。

AnalysisXml和csvParser分别是解析XML和CSV文件后结果，是数据解析后的源头。首先对经targetAnalyze和DataCompare处理解析后的数据，分别进行相关核查项的核查；然后将单个文件的处理结果提供给SupplyData，多个文件的处理结果提供给Result；最终在ResultWriter中执行最终结果的展现和输出。

对北向数据的分析可按照不同层次和维度进行。最基本的分析包含文件名称是否符合规范定义，文件格式是否符合XML Schema定义。对文件内容分析，包括检查数据记录的完整性、数据的非0非空判定分析，以及属性的完整性等。同时，也可进行数据一致性的分析，比如分析资源数据、性能数据、告警数据中对象的一致性。

2.5 平台展现

界面的设计采用“精简体验路径，快速到达目标”的设计理念，做到用户一键式操作即可进行数据分析。实现采用Swing关键技术，其是建立在AWT基础上的一种Java GUI组

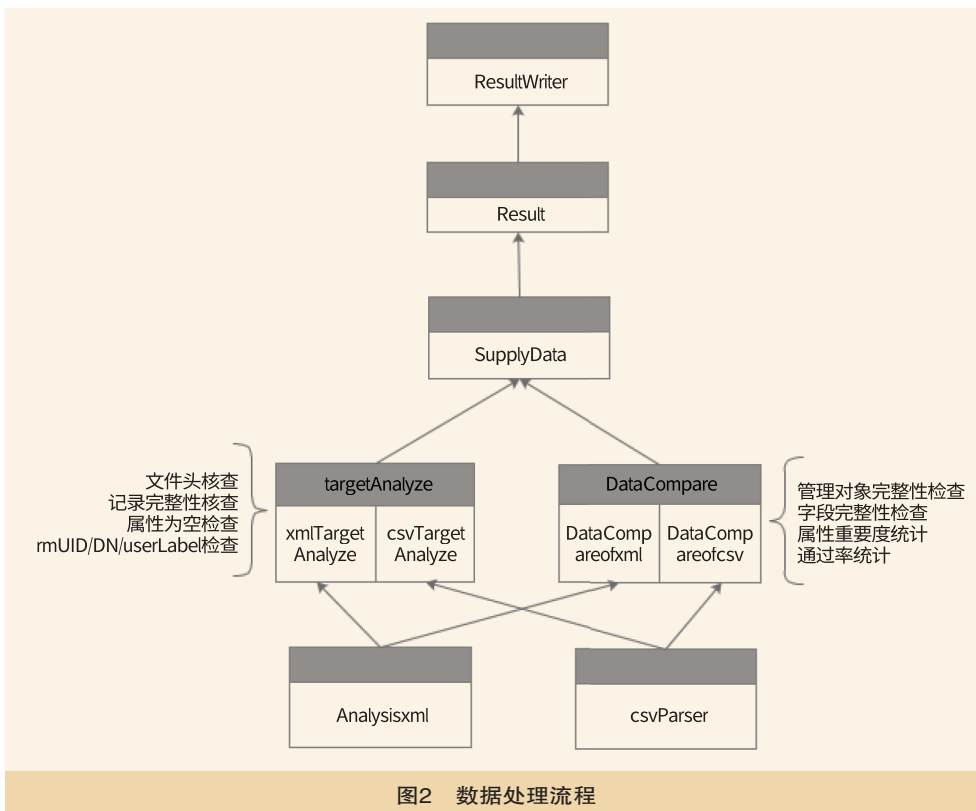


表5 使用该平台自动核查前后对比

事件	手工核查 (h)	自动核查 (min)
资源数据核查 (500网元)	5	1
性能数据核查 (500网元, 7h数据)	8	5
资源数据核查 (1000网元)	16	3
性能数据核查 (1000网元, 24h数据)	32	8

件和工具集，不依赖操作系统的支持，最明显的优势是呈现出的效果更丰富、功能更强。分析报告通过poi的方式，依次创建XSSFWorkbook对象、XSSFSheet、第一行标题信息的HSSFRow、标题行中的HSSFCeIl数组和标题数据，然后通过HSSFCeIl对象的setCeIlValue()方法对每个单元格进行赋值，对数据进行分析后，再写入到Excel中。

3 部署结构和关键实现

3.1 部署结构

该平台易于部署，通过SFTP在线从OMC系统获取资源、性能和告警数据。同时，也支持离线手工导入数据。在系统运

行前，手工部署测试规范文档到系统conf/目录下，接着系统自动加载形成数据字典和模型数据库。系统自动获取或者得到导入的离线数据后，进行数据分析。

3.2 关键实现

实现关键的Java类设计如下。

CsvTargetAnalyze: CSV文件的统计，是TargetAnalyze的子类。

DataCompare: DataCompareOfCsv和DataCompareOfXml的父类，对比版本号，属性缺失和重要度统计。

DataCompareOfCsv: DataCompare的子类。

DataCompareOfXml: DataCompare的子类。

IExcelModel: 模型文件的解析。

ModelImportFactory: 模型导入。

NrmExcelModel nrm: 模型处理。

OtnExcelModel otn: 模型处理。

PmExcelModel pm: 模型处理。

Result: 启动线程，获得文件统计对比结果。

ResultWriter: 将结果输出到Excel中。

XmlTargetAnalyze: TargetAnalyze的子类。

4 结束语

通过该北向数据自动化分析平台，用户只需要导入对应的数据规范定义文档和现网北向数据，就可自动解析生成对应模型文件，根据用户设定的核查规则进行数据分析。使用该平台自动核查前后对比见表5。

通过指标对比，自动化北向数据分析平台为运营商日常的北向数据核查带来新的转变，极大地提升了效率。未来可结合企业的新需求对该系统的功能进行扩展，丰富数据核查内容。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

互联网支付与影视交互营销场景设计

项晓宇 赵宇超 黄斐斐 李座伐

中国电信股份有限公司四川分公司

摘要

通过以互联网支付与IPTV用户偏好关联关系为前提,暂抛开以传统的宽带、流量和语音业务为主的营销思路,设计新型交互式业务营销场景。旨在打破电信行业传统营销思路,探索生态业务新型发展模式,为引导构建互联网支付、IPTV交互式营销场景模式提供新的思路。

关键词

交互式业务营销 IPTV 互联网支付

1 绪论

1.1 需解决的问题

(1)IPTV用户规模大但价值低,用户行为较固定。互联网支付有交易的用户占比较低,持续消费情况不佳,需要有针对性地激活用户、培养用户消费及观影习惯。

(2)传统营销场景中往往根据用户语音、流量、短信等传统业务的使用情况选择目标用户推送活动。现需突破传统的营销模式寻找新的营销模型。

1.2 研究目的

通过对用户偏好的分析,探究影视包订购营销策略与互联网支付运营策略的关联性,设计有助于同时提升互联网支付、IPTV价值的新型交互式产品或营销场景,探索互联网支付用户与IPTV用户之间互相拉新、迁转的模式,实现互联网支付、IPTV的业务融合、创新和提质,更好地推动互联网支付与天翼高清生态圈的发展。

1.3 研究内容

文中通过对互联网支付和IPTV影视包的数据梳理,探究互联网支付和IPTV业务之间的交互模式,通过对业务交互的理解,设计出融合互联网支付和IPTV业务的新产品或新的营销模式。

第一部分对IPTV当下影视包订购及互联网支付业务营销模式进行分析,探究影视包与互联网支付营销方式贯穿融合的可行性。

第二部分以X市用户为样本,提取互联网支付用户的消费行为,如连续消费比、一定时期内消费金额及消费次数等特征,并进行聚类分析,对用户活跃程度进行划分。提取

IPTV用户行为,对用户的观影活跃程度进行划分。提取中高等活跃用户的互联网支付消费偏好,并与其订购影视包行为进行关联规则探索,找出频繁项集。

第三部分营销场景设计。总结全文的研究结论:提出影视包订购与互联网支付消费偏好的关联关系,根据研究结果设计全新的营销场景。

1.4 研究方法

在研究过程中,以数据挖掘理论为基础,主要采取以下挖掘技术:其一,聚类分析,通过聚类分析,对互联网支付用户及IPTV用户活跃程度进行划分;其二,关联分析,通过关联分析,挖掘用户订购影视包行为与互联网支付消费偏好的频繁项集。

2 互联网支付消费偏好与用户观影行为关联规则探索的实证分析

取X市IPTV用户,首先对互联网支付用户消费等级、观影活跃程度进行分级,再取等级较高的用户探索其偏好的关联规则,寻找频繁项集。

2.1 数据准备

考虑到数据完整性,选取2017年11月状态正常的X市电信用户,对互联网支付消费、IPTV观影数据进行分析,提取用户消费次数、消费金额、消费日期、影视点播次数和影视包订购次数进行用户活跃等级聚类;提取用户消费行业、观影类型、观影时间,梳理出用户偏好。

2.1.1 建立互联网支付消费与IPTV观影指标体系

IPTV用户基础信息指标5项,用户付费行为指标2项,

基础观影行为指标22项, 用户观影偏好55项。

互联网支付用户基础信息指标3项, 用户消费行为4项, 消费偏好2项。

2.1.2 互联网支付与IPTV用户关联

在数据库中互联网支付用户以手机号码作为用户唯一编码, IPTV用户以IPTV_serv_id作为唯一编码, 找到IPTV同一套餐下对应的手机c_serv_id, 匹配手机号码关联互联网支付用户。

2.1.3 特征选择

(1) 互联网支付用户特征筛选

前期对互联网支付用户是否持续消费以及RFM得分进行综合考量以确定用户价值, 以该用户价值为被解释变量, 互联网支付指标体系为解释变量, 用逐步回归法筛选用户活跃程度的影响因素。

通过回归模型逐步筛选变量后, 5个变量显著, 其中交易次数、交易金额、连续消费比和消费偏好覆盖率可作为分群特征, 具体见表1。

(2) IPTV用户特征筛选

由于IPTV指标维度过高, 将IPTV除点播次数、订购次数及直播次数基础观影行为的其他指标, 采用因子分析进行综合评价。

由于指标数据计量单位存在差异, 将指标数据取自然对数进行无量纲化处理, 再进行适用性检验, 检验样本是否能够进行因子分析, 需要对样本进行KMO抽样的充足性检验和巴特尼特球形检验。KMO检验结果为0.563; 巴特尼特检验近似卡方值为525.017, 对应显著性概率为0, 所以样本数据符合因子分析的要求。

将IPTV观影偏好得分以极差法将数据控制在0~1范围内, 再转化为百分制, 具体计算方法见公式(1)。

$$RFR_{ij} = (FR_{ij} - \min(FR_{ij})) / (\max(FR_{ij}) - \min(FR_{ij})) \times 100 \quad (1)$$

由于因子分析导入指标为正向指标, 通过计算可以得到观影偏好的百分制综合得分, 得分越高表示观影行为越活跃; 得分越低表示观影行为活跃程度越低。

综上, 后续聚类分析与关联规则分析的特征见表2。

连续消费比=有消费行为的天数/最后有消费的日期与第一次消费日期间隔天数。

表1 逐步回归参数估计

变量	模型参数估计值	P值
交易次数	0.32	0
交易金额	0.231	0
连续消费比	0.21	0
消费偏好覆盖率	0.068	0

商户行业: 互联网支付用户消费商户所属行业, 包括线上消费及线下消费商户。

2.1.4 偏好梳理

本文梳理用户偏好共105项, 其中用户行为偏好4项, 一级消费偏好9项, 二级消费偏好46项, 观影偏好46项。因互联网支付线上消费无法识别, 故按用户使用APP频率进行补充, 例如无法识别用户使用互联网支付滴滴打车功能, 若用户该月使用滴滴打车APP大于三次, 每次时长超过3min, 则认定该用户具有打车偏好。

2.2 用户活跃等级划分

因用户量较大, 不同活跃程度的用户具有不同的行为偏好, 为降低营销成本, 针对不同活跃等级的用户需要设计相对应的营销场景, 故有必要对用户划分活跃等级。

2.2.1 IPTV用户分群

选取IPTV用户直播次数、点播次数和订购次数进行用户分群, 由于用户量较大, dbscan算法运行速度较慢, 在现有条件下暂不适用于具有一定规模数据量的聚类工作, 故选用k-means算法进行聚类。

图1为第一次聚类结果, 在第一次聚类结果的基础上, 剔除1.52%的离群点, 再次聚类, 多次调整中心点后得到的聚类结果如图2所示。

表2 特征选择

互联网支付	消费行为	消费次数	X1
		消费金额	X2
		连续消费比	X3
	消费偏好	互联网支付用户消费偏好	X4
		消费偏好覆盖率	X5
IPTV	观影行为	点播次数	X6
		订购次数	X7
		直播次数	X8
	观影偏好	IPTV用户观影偏好	X9
		用户观影偏好综合得分	X10

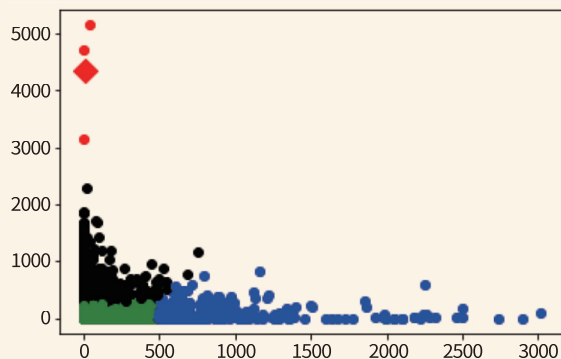


图1 第一次聚类结果

根据第二次聚类结果，整理出每一类用户特征及每一类用户占比，见表3。

根据第二次分类结果，沉默用户占比偏高，针对沉默用户再次聚类，并进行调整，得到第三次聚类结果（图3），多次选择中心点后得到第4次聚类结果（图4）。

对第二次聚类的聚类2再次聚类后得到的聚类特征见表4。

合并两次聚类结果得到IPTV用户分群聚类结果及用户占比：IPTV用户共分为5类，沉默用户48.49%，低活跃用户26.22%，直播型活跃用户16.03%，订购型活跃4.63%，点播型活跃4.63%。

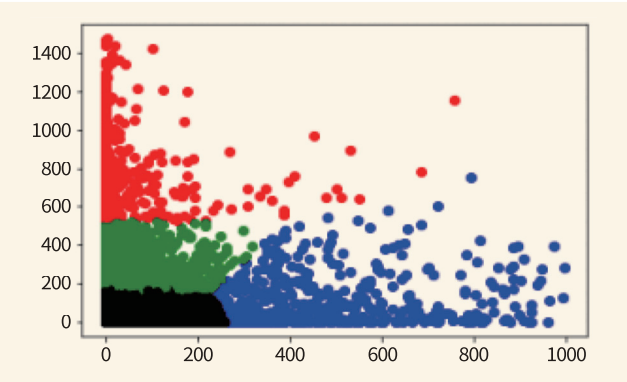


图2 第二次聚类结果

表3 分群描述统计

用户分群	描述统计	点播次数	直播次数	订购次数
聚类1 直播型活跃 用户16.23%	平均	22.24	521.46	0.03
	中位数	0.00	456.00	0.00
	众数	0.00	310.00	0.00
	最小值	0.00	288.00	0.00
	最大值	454.00	1474.00	1.00
聚类2 沉默用户 74.29%	平均	16.94	58.70	0.00
	中位数	0.00	15.00	0.00
	众数	0.00	0.00	0.00
	最小值	0.00	0.00	0.00
	最大值	259.00	290.00	0.00
聚类3 订购型活跃 用户4.65%	平均	65.35	87.76	1.14
	中位数	17.00	42.00	1.00
	众数	0.00	0.00	1.00
	最小值	0.00	0.00	1.00
	最大值	434.00	535.00	5.00
聚类4 点播型活跃 用户4.83%	平均	488.11	125.23	0.17
	中位数	439.00	61.00	0.00
	众数	367.00	0.00	0.00
	最小值	250.00	0.00	0.00
	最大值	997.00	1156.00	2.00

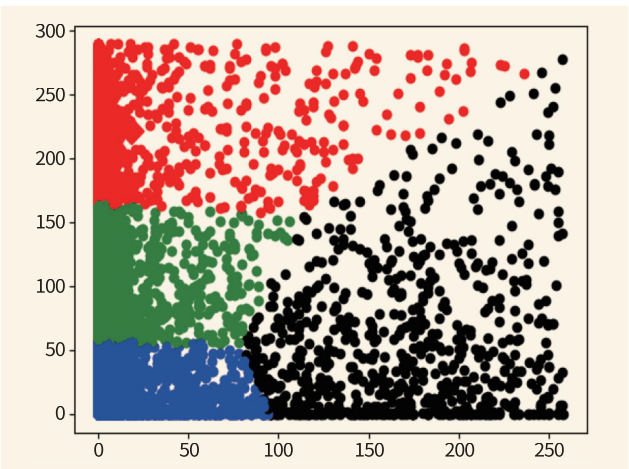


图3 第三次聚类结果

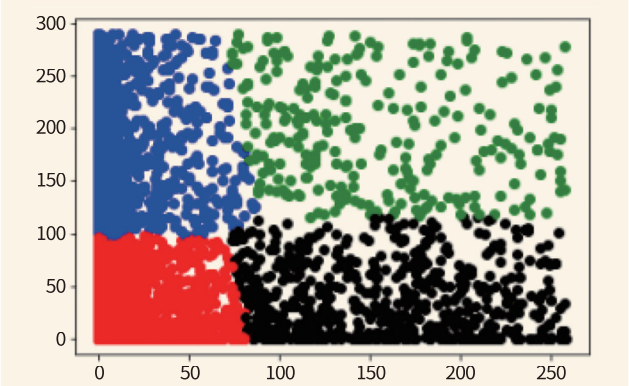


图4 第四次聚类结果

表4 聚类2再次聚类结果

用户分群	描述统计	点播次数	直播次数	订购次数
低活跃 聚类2-4 6.3%	平均	86.43	34.75	0
	中位数	82.00	22.00	0
	众数	56.00	0.00	0
	最小值	28.00	0.00	0
	最大值	158.00	139.00	0
低活跃 聚类2-3 23.32%	平均	11.52	183.46	0
	中位数	0	179.00	0
	众数	0	112.00	0
	最小值	0	100.00	0
	最大值	154.00	289.00	0
低活跃 聚类2-2 25.1%	平均	194.40	78.89	0
	中位数	192.00	57.50	0
	众数	183.00	0.00	0
	最小值	114.00	0.00	0
	最大值	258.00	286.00	0
沉默 聚类2-1 45.28%	平均	2.44	16.80	0
	中位数	0	0	0
	众数	0	0	0
	最小值	0	0	0
	最大值	74.00	100.00	0

2.2.2 互联网支付用户分群

选取互联网支付有交易的用户，根据业务规则去除营业厅消费、线上无法识别商户的消费情况，提取用户线下消费次数、消费金额、连续消费比，选用k-means算法进行聚类，分群描述性统计见表5。

将互联网支付用户自入网以来无线下消费的用户定义为完全沉默用户，2017年11月无线下消费但历史有消费的用户为沉默老用户。

互联网支付用户分群结果及占比分别如图5、图6所示。完全沉默用户78%，沉默老用户12%，低活跃用户5%，中等活跃用户2%，高等活跃用户3%。

2.3 用户关联规则探索

选取互联网支付中等活跃及高活跃用户、IPTV活跃用户，进行消费偏好及观影偏好的关联规则探索。

(1)提取互联网支付中高活跃且使用代金券的用户，对该用户群消费及观影偏好进行关联规则分析，得到频繁项集，具体见表6。

结论如下。

- 代金券用户与非代金券用户均有线上民生缴费行为，但代金券用户线上民生缴费行为的概率高。
- 代金券用户线上理财概率远高于非代金券用户。
- 代金券用户中，悬疑类点播、动作类点播与线上理财存在较强关联，但非代金券用户点播内容与理财不存在强关联。
- 代金券用户中，观看了动作类点播与惊悚类点播的用户，有48%会选择购买线上理财。

表5 分群描述统计

用户分群	描述统计	交易次数	交易金额	连续交易比
聚类1 高活跃	平均	119.09	5654.42	0.38
	中位数	82.00	5377.36	0.32
	众数	25.00	8832.00	1.00
	最小值	2.00	923.95	0.07
	最大值	496.00	10000.00	1.00
聚类2 中等活跃	平均	21.36	517.79	0.99
	中位数	6.00	186.25	1.00
	众数	2.00	40.00	1.00
	最小值	2.00	1.04	0.65
	最大值	260.00	4050.90	1.00
聚类3 低活跃	平均	6.64	276.93	0.25
	中位数	2.00	70.00	0.22
	众数	1.00	72.00	0.20
	最小值	1.00	0.01	0.00
	最大值	161.00	7209.00	0.60

• 代金券用户中，购买了线上理财的用户，超过40%会选择点播动作类或悬疑类视频内容。

• 代金券用户与非代金券用户中，在线上民生缴费的用户，在观看动作类、悬疑类视频内容的概率无明显差异。

• 代金券用户中，购买了线上理财并观看了恐怖惊悚类视频的用户，观看冒险悬疑类或动作类视频的概率超过85%。

(2)互联网支付线下购物用户频繁项集结果见表7。

结论如下。

• 在有线下购物行为的活跃互联网支付用户中，线下购物与用户周末观影行为有较强的关联关系，其中对周末点播、周末回看和花儿点播偏好的用户，有57.83%的可能性在连锁超市购物。

• 点播警匪谍战类和都市情感类影片的用户有55.68%的可能在连锁超市购物。

• 在连锁超市购物的用户分别有53.01%、52.34%的可能性点播冒险悬疑类影片和都市情感类影片。

(3)提取IPTV活跃用户和互联网支付活跃用户，得到频繁项集，具体见表8。

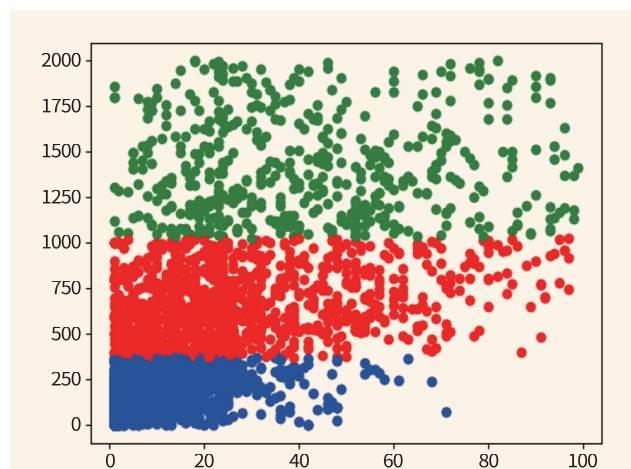


图5 互联网支付交易用户分群结果

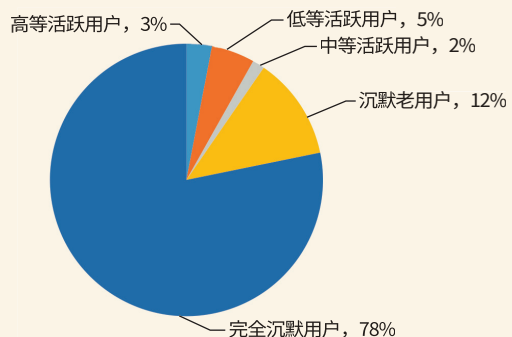


图6 互联网支付用户分群占比

表6 区分代金券用户关联规则结果

前项	后项	代金券用户		非代金券用户	
		支持度	置信度	支持度	置信度
冒险悬疑类点播	线上理财	23.0%	48.3%	-	-
动作功夫类点播	线上理财	19.4%	47.5%	-	-
冒险悬疑类点播	线上民生缴费	16.9%	35.5%	13.8%	30.0%
动作功夫类点播	线上民生缴费	14.1%	34.6%	11.9%	30.0%
动作功夫类点播、恐怖惊悚类点播	线上理财	10.60%	48.20%	-	-
线上理财	动作功夫类点播	19.4%	40.40%	-	-
线上理财	冒险悬疑类点播	23.0%	48.70%	-	-
线上民生缴费	动作功夫类点播	14.1%	39.90%	11.9%	40.10%
线上民生缴费	冒险悬疑类点播	16.9%	47.70%	13.8%	46.80%
线上理财、恐怖惊悚类点播	冒险悬疑类点播	15.80%	85.40%	-	-
线上理财、恐怖惊悚类点播	动作功夫类点播	10.60%	87%	-	-

表7 互联网支付线下购物用户关联规则结果

前项	后项	支持度	置信度
周末点播、周末回看	线下购物	10.15%	64.63%
周末点播、周末回看	连锁超市购物	10.15%	57.83%
警匪谍战类点播、都市情感类点播	连锁超市购物	5.89%	55.68%
连锁超市购物	冒险悬疑类点播	49.01%	53.01%
连锁超市购物	都市情感类点播	49.01%	52.34%

表8 IPTV活跃用户关联规则结果

前项	后项	支持度	置信度
点播型活跃	订购影视包、ppv点播	17.85%	39.53%
订购影视包用户	线上民生缴费	6.91%	69.18%
PPV点播用户	线上理财	2.57%	66.37%
恐怖惊悚类点播、抗战历史类点播、励志类点播	订购影视包	4.86	31.07%

结论如下。

- 用户的观看行为、订购影视包和PPV与互联网支付理财和线上民生缴费存在一定的关联关系。
- 点播活跃性和线上理财用户有22.84%的可能性会选择订购影视包。
- PPV点播的用户有66.37%的可能性会选择线上理财。

3 营销场景设计

根据关联规则结论，点播型用户有32.54%的可能性向付费用户迁转，因此IPTV付费用户规模提升可以以点播习惯的培养作为桥梁。

3.1 互联网支付理财、民生交费用户与IPTV观影用户相互迁转

(1)互联网支付理财、互联网支付民生交费用户向IPTV影视点播订购用户迁转。

(2)IPTV影视点播用户向互联网支付理财、互联网支付民生交费用户迁转。

3.2 IPTV影视点播用户与互联网支付线下消费用户相互迁转

(1)IPTV影视点播用户向互联网支付线下消费用户迁转。

周末有点播/回看偏好且有花儿剧场点播行为的IPTV用户，可在用户点播影视节目推送互联网支付广告，通过电视屏幕扫描二维码领取附近连锁超市代金券，培养用户线下消费习惯。

(2)互联网支付连锁超市用户向IPTV点播用户迁转。

在连锁超市使用互联网支付购物的用户可在互联网支付APP购物结算页面赠送都市情感类/冒险悬疑类IPTV观影券，以培养用户点播观影行为。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

项晓宇

本科，毕业于成都电子科技大学，工程师，主要从事大数据挖掘工作。

赵宇超

硕士，毕业于四川大学，主要从事大数据挖掘工作。

黄斐斐

本科，毕业于中央财经大学，主要从事大数据挖掘工作。

李座伐

硕士，毕业于厦门大学，主要从事大数据挖掘工作。

FTTx工程管理及挂测系统设计与实现

张 坤¹ 张 琳²

1. 中国电信股份有限公司河北分公司

2. 中国移动通信集团设计院有限公司河北分公司

摘要

首先对FTTx工程建设存在的问题进行分析;然后提出FTTx工程管理及挂测系统,从多个角度分析系统的应用;最后对FTTx工程管理及挂测系统的应用效果进行总结并展望未来。

关键词

FTTx 工程管理 挂测 系统

1 前言

FTTx (Fiber To The X, 光纤接入) 是新一代的光纤用户接入网,把光纤用于接入层网络,用于连接电信运营商和终端用户。

近年来,人们的网络需求已经由单纯的语音通信向多媒体通信转变。随着IPTV、OTT、在线视频直播、数字家庭等业务的兴起,传统接入方式已经无法满足日益攀升的带宽要求,而FTTx接入速率为10~1000Mbit/s,FTTx凭借其无法比拟的带宽优势成为必然选择。

2 FTTx工程建设存在的问题

FTTx接入网工程建设具有点多面广、资金投入大的特点,特别是近两年随着居民生活水平的提高,宽带上网需求急剧增长,为满足业务需求,各运营商的光网络建设正大面积铺开,工程建设量大批量增加,这就给工程质量管理带来诸多挑战。

(1) 建设需求审批环节多、周期长,无法快速应对市场需求。

(2) 工程建设缺乏整体管控,省公司对工程建设流程、资金、质量、进度无法进行统一的监督、管理。

(3) 建设后难以评估工程质量。工程施工建设完成后,缺乏必要的手段检测工程建设质量,新建或改造工程线路质量是否达标,端口是否可用无数据支撑,导致一些工程阶段应该解决的问题,在业务放装阶段才发现,给客户服务带来负面影响,影响客户感知。

(4) 建设后难以验证工程建设资料交资的准确性。目前工程建设资料是由工程队手工填写提交,提交的资料与现场

是否一致,难以判定。人工填写资料时由于填写疏忽难免出现错误的资源数据,造成后续业务开通过程中出现因找不到对应资源导致开通失败的情况。

当前,开通效率、开通准确率是各运营商服务竞相关注的焦点,各运营商提出的全业务服务标准中对此均有明确的要求。同时实现业务的实时开通也是提升客户感知的重点,这就要求在FTTx接入网络建设过程中,要对建设的各环节进行有效管控,在业务放装前解决资源可用性及资源准确性问题,坚决杜绝因工程建设质量问题导致的客户投诉情况。

3 系统设计

3.1 系统概述

FTTx工程管理及挂测系统旨在通过对建设流程、资金、进度、质量的有效管控,为建设单位提供工程建设整体管控工具;对工程建设端口质量进行挂测,为工程施工人员、工程验收人员提供工程质量管控工具,以此来提高工程建设效率、质量及工程资料准确性,最终提高客户服务水平。该系统功能架构如图1所示。

投资管理:对光网建设的资金进行整体管理,包括资金池管理和MSS预算管理。

项目管理:对光网建设总体需求进行管理,包括行政区域规划管理、MSS打包立项及专项管理。

建设管理:工程建设流程管理、考核管理等。

工程挂测:工程资料挂测、线路质量挂测、宽带感知测速,工程挂测作弊判定,挂测一体机。

现网数据管理:实现对分光箱、端口等ODN现有网络

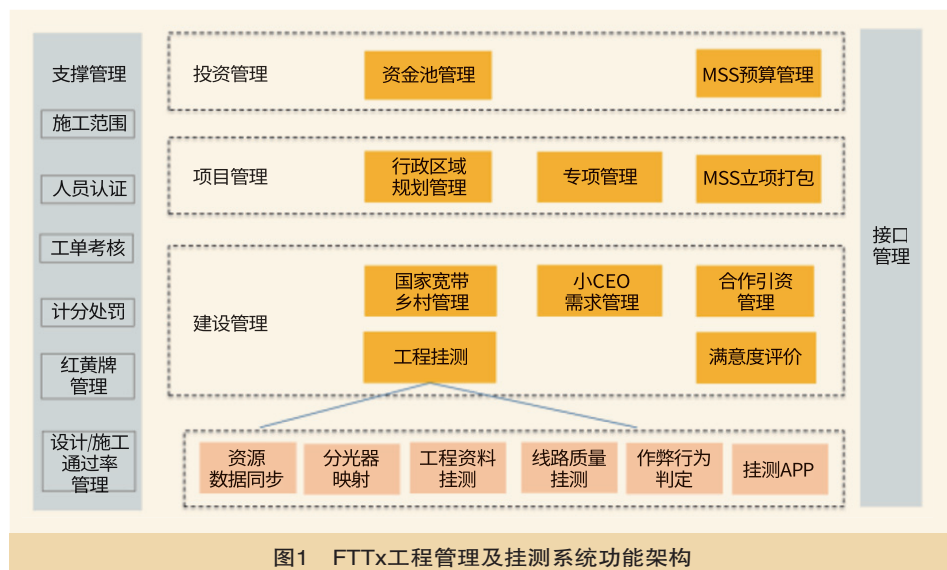


图1 FTTx工程管理及挂测系统功能架构

数据的管理。

权限管理：行政区划、机构管理、支撑单位、角色管理、账号管理、支撑认证、联系电话。

系统管理：公告、操作日志等。

周边系统接口管理：负责对与其他系统交互的接口进行管理。

3.2 投资管理

3.2.1 资金池管理

系统将投资通过资金池按区县（分支局或营业部）划小，对资金进行有效管控，有效控制需求质量，实现投资效益最大化。市公司按预先制定的切块原则，将资金分配到各区县公司（分支局或营业部），通过资金池进行管理，同时可预留一定的激励资金。

系统通过资金池反映建设进度和施工能力，方便定期开展效益后评估。

3.2.2 MSS预算管理

系统通过与MSS系统的预算导入、导出，实现系统对资金池的管理。

3.3 项目管理

3.3.1 行政区域规划管理

系统实现所有行政区域的清单式台账管理，将所有建设需求与行政区域关联，按行政区域维度显示统计资源和业务数据。

3.3.2 MSS打包立项

系统将零散的需求与MSS系统中的立项关联起来，按项目对需求实行清单级管理，规范项目的管理，并可实现对账

外工程的可控可管。

3.3.3 专项管理

为配合市场部门不定期开展地业务活动的需要，系统可将满足此类业务的光网建设与公司用于专项建设资金关联，并提供对专项建设资金的有效监管。

3.3.4 应急项目管理

为快速响应市场竞争、抗震救灾等应急项目的建设需求，系统提供对应急项目快速建设的管理能力。

3.4 建设管理

该功能可为工程项目管理、

工程竣工质量及资料准确性提供检测手段。确保建设质量达标，工程竣工资料与设计、施工保持一致。

3.4.1 建设流程管理

建设流程如图2所示。

(1)发起需求

需求可由各部门发起，需求发起的最小部门单位为营销网格。需求信息应尽量准确和完整，需求应按小区提出，如果小区分期建设则应分期发起需求。每个需求必须确定营销单位和分支局或营业部，以方便按不同维度进行效益分析追踪。

(2)勘察设计

设计人员现场查勘完成后制作预算和图纸，以附件形式上传系统，并填入关键信息，包括关键物资的配置、投资预算、覆盖住户数、设计全程光衰，并在地图上划定覆盖的区域。

(3)设计会审

正常提交后进入到设计会审环节，该环节有三个并行环节：属地网络会审设计、市网络部门会审设计、属地营销会审设计。如果因设计质量问题被退回，系统会自动生成处罚单。

(4)工程实施

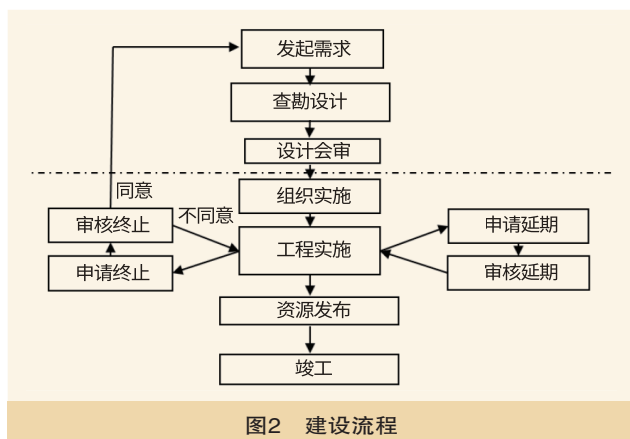
施工单位接单后安排工程实施，按要求期限完工后提交竣工资料。因特殊原因不能按期交付的可发起延期申请；不具备条件无法施工的可以申请终止。

(5)工程挂测

由施工单位到施工现场对分光器质量进行拨号上网测试，验证全程光衰和资源准确性以及全程距离。

(6)资源发布

工程挂测合格后，系统通知资源中心或建设管理人员对



光网箱和分光器的挂测结果进行确认并发布。

(7)验收及满意度评价

监理人员在规定要求时限内对工程质量进行现场检查打分，上传打分表照片并提交。质量得分低于合格分的，系统会自动生成对施工单位的扣分单。

如果监理未在要求时限内验收，系统将会对监理生成超时验收扣分单。

(8)竣工

竣工后，系统将每天计算更新端口占用数和用户数，方便随时跟踪发展效果。

3.4.2 考核管理

系统在建设流程的各环节嵌入对支撑单位的考核管理，通过记分处罚方式将设计、施工、监理等环节的进度和质量纳入考核范畴，具体实现如下。

设计进度考核：未在要求时限内提交设计的，扣分。

设计质量考核：设计质量存在问题导致在设计会审环节被退回的，扣分。

施工进度考核：施工单位未在要求时限内进行资源发布的，扣分。

施工质量考核：监理对施工质量打分，低于合格分的，扣分。

验收进度考核：监理未在要求时限内完成验收打分的，扣分。

3.5 工程挂测

通过工程挂测功能可实现工程资料稽核、线路质量测试、宽带感知测速，以实现对FTTx工程建设质量的严格把控，为后期的资源管理、自动开通及自动故障派单提供高质量的工程资源信息。

3.5.1 资源数据同步

FTTx系统需与资源管理系统同步相关数据，包括但不

限于：OLT IP地址、OLT网管标识、OLT端口网管标识、BRAS上行端口、QINQ-VLAN、内层VLAN等数据，用于关联工程建设的锁定及后续光衰的采集。

3.5.2 数据关联映射

FTTx系统提供分光器与光网箱的映射、与建设需求的映射以及资金池占用映射等功能，在分光器挂测通过后，即可完成地址的映射和交付发布。

FTTx提供分光器与经营单位、分支局或营业部等建设单元的映射，后续通过地址即可定位到对应的分光器所属分支局或营业部。

3.5.3 工程资料挂测

(1)工程资料获取

可实现FTTx工程竣工资料的接收、格式检查、工程资料的入库等操作。同时可获取接口送来的工程资料字符串，解析得到工程设备端口信息，并保存。

(2)工程资料管理

提供工程资料管理功能，通过列表的方式展示全部当前工程资料，并可以查看每个工程的详细设备端口信息。

(3)工程资料挂测

通过AAA宽带认证平台接口返回的BRAS上行端口、内层VLAN、QINQ VLAN等稽核导入的工程资料的准确性。

(4)挂测数据分析

实现对AAA宽带认证平台返回字符串的分析处理，获取用户当前上网认证信息及用户内外层VLAN信息。

(5)线路质量挂测

测试人员通过测试端口上网，系统获取当前线路端口的质量指标，展示线路端口质量信息。FTTx线路质量指标包括：光衰，OLT的发送光功率、接收光功率，家庭网关的发送光功率、接收光功率，上下行光衰。

主要功能为：通过系统获取当前OLT、家庭网关的发送光功率、接收光功率。解析获取到的光功率信息，计算出光衰值，通过预设门限值判断当前线路质量，展示分析结果。

• 线路质量挂测分析

根据对当前获取到的线路光衰与预设的门限值进行比对，判断当前线路质量是否达标，并给出结果说明。

主要功能为：解析获取到的光功率信息，计算出光衰值，通过预设门限值判断当前线路质量，展示分析结果。

• FTTx线路质量阈值设置

提供线路质量光衰门限值的管理页面，实现对光衰门限值的设置操作。

(6)宽带感知测速

测试人员通过测试端口上网，挂测系统调用宽带自助测速系统的接口，获取当前速率信息，并展示测试结果。

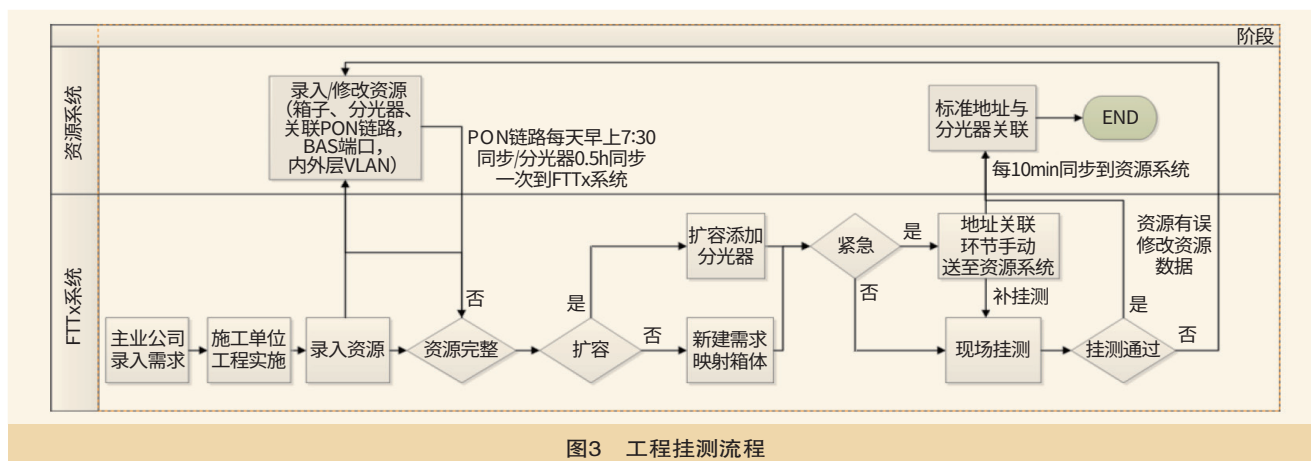


图3 工程挂测流程

(7)作弊行为的判定

需要具备能够防范挂测人员在机房OLT上直接接入分光器挂测的作弊行为。

综上，工程挂测的流程如图3所示。

3.6 现网数据管理

(1)光网箱

提供光网箱管理方案，可通过“是否映射”的筛选条件将未建立映射的箱体筛选出来。能通过箱体查看上级箱体和下级箱体，能按各种维度统计数据。

(2)一级预警

随着FTTx覆盖范围不断扩大，分光器扩容越来越多，一级分光器应该保持一定数量的空闲端口，端口不足时应主动预警并启动扩容。

(3)分光器

显示所有分光器信息，包含端口数和占用数、预占数，方便查询。

3.7 报表管理

报表切换：每个页面可定制多个报表，多个报表可通过下拉框进行切换。

查询：进行关键字精确匹配、模糊匹配查询，查询方式有下拉框查询、下拉多选、日期范围、日期按天、日期按周、日期按月、弹出单选、弹出多选等多种查询手段。

自定义报表：用户自定义报表。

导出：将数据导出为标准的Excel格式文件。

3.8 系统接口管理

(1)与接入网网管系统的接口

挂测系统通过接入网网管系统的接口获取当前的OLT收发光功率、光猫收发光功率信息。

(2)与AAA认证平台的接口

通过AAA认证平台获取当前上网用户日志，验证用户宽带上网业务是否可用及工程资料的准确性。

(3)与宽带自助测速系统的接口

挂测系统调用宽带自助测速接口，并获取当前速率信息。

(4)与工程管理系统接口

工程挂测系统通过工程管理系统获取工程资料信息。工程实施完成后，由建设单位进行竣工资料准确性挂测，挂测完成后，将竣工资料送至工程管理系统。

(5)与资源管理系统的接口

工程挂测系统每天定期导入与资源管理系统工程相关的资源设备信息。

4 结论与展望

FTTx工程管理及挂测系统上线后，已100%实现对所有FTTx工程项目的管理和挂测，从根本上保证了FTTx工程的管控和竣工质量，同时通过比对采用FTTx工程管理及挂测系统前后因资源不可用及不准确导致的业务开通错误工单数量，发现该项数值由之前的10.15次/万户大幅下降至3.52次/万户。

随着该系统在FTTx工程建设中的成功应用，后期可扩展至电路专线等工程的建设管理中，为前端业务的快速发展提供坚实的系统支撑基础，同时，可为公司的工程建设项目提供强有力的评估管控工具和手段。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

张坤

硕士，工程师，从事IPTV及云网融合工作。

张琳

硕士，工程师，从事网络规划、设计及优化工作。

Session化IPoE技术在IPTV承载网中的应用

沈 平 张 正 徐良红 束 栋

中国电信股份有限公司江苏分公司

摘要

总结IPoE接入下非Session化和Session化技术的优缺点,结合未来视频业务网络转控分离架构的需求,提出一种逆向认证的Session化IPoE技术,为传统IPTV网络接入改造提供一种新思路,同时也为视频业务的网络重构奠定技术基础。

关键词

IPoE Session 组播复制点 转控分离

1 引言

视频业务作为未来的基础性业务,成为继语音和数据之后的又一种基础网络能力。伴随4K等终端的普及和内容的丰富,4K业务已经成为提升运营商竞争力的关键手段。网络需要进行相应的端到端优化和改造,以实现最佳的视频体验。

IPTV业务主要提供点播和直播两种业务方式,根据组播复制点位置的不同,IPTV业务的接入方式分为PPPoE和IPoE接入两种。早期IPTV业务的发展主要以PPPoE接入方式为主,组播复制点在BRAS/SR业务控制层设备,但随着业务的快速发展,接入层带宽的压力越来越大。当IPTV用户发展到一定规模或本地网出现IPTV业务密集区域时,业务流量大增,这时通过引入IPoE技术实现组播复制点下移到DSLAM/OLT等二层设备,实现组播流在二层设备的分流,可以极大节约接入层的带宽投资。

网络重构主要技术特征是网络架构的变革,即从垂直封闭架构转向水平开放架构,体现在网络控制与转发分离、网元软硬件的解耦和虚拟化、网络的云化和IT化等多个方面,代表性技术有SDN、NFV和云计算。

针对视频业务的网络重构,需要考虑到视频业务具有低时延、高带宽、大流量、高突发的现实特征,这就需要网络具备很强的弹性能力,具备带宽的弹性分配和调度能力,要能以用户或流为粒度,进行流量控制。

2 传统IPoE技术

2.1 传统非Session化IPoE接入技术

目前IPTV业务较为常用的IPoE接入认证为非Session化IPoE接入,如图1所示。其中的MSE设备只需要具备报文透

传转发能力即可,终端上线后发送DHCP Discovery报文,通过Option60携带加密的用户名和密码,Option82携带接入信息,报文到达MSE设备后透传转发给DHCP Server,然后由DHCP Server完成与RADIUS的交互认证流程。该方式的优点是MSE设备要求简单,但缺点也很明显:

(1)MSE和RADIUS认证服务器之间增加了DHCP Server,MSE设备和RADIUS无法直接交互,RADIUS扩展性受限;

(2)没有用户Session,对用户的业务管理、控制、策略的调整变更能力差;

(3)对DHCP Server的地址分配算法、Option60中用户信息提取的能力要求很高;

(4)从运维角度,在MSE和RADIUS之间的DHCP Server成为一个影响全局的故障风险点,提高了运维的成本。

因此,为了解决上述问题,引入Session化IPoE认证接入,实现对用户业务的精确管控具有很重要的意义。尤其是随着视频业务网络的云化发展和在CU分离的网络架构下,若不能实现对用户业务的精确识别和控制,针对视频业务,vBRAS-C将失去其控制面的意义。

2.2 传统Session化IPoE接入技术

目前常用的Session化IPoE接入认证上线流程如图2所示。

终端用户上线后发起DHCP Discovery报文,通过Option60携带加密的用户名和密码,Option82携带接入信息。

MSE收到用户请求报文,提取请求报文中的相关信息,构造RADIUS认证报文格式,通过Access Request报文送给RADIUS进行认证。

RADIUS认证通过后返回MSE Access Accept报文;认证

不通过返回Access Reject报文，并携带用户的相关业务策略属性，包含用户Session信息、速率等。

MSE将用户的DHCP请求，Relay到DHCP Server，请求地址。

DHCP Server通过DHCP Offer报文携带分配的用户地址发送给MSE。

MSE获得用户地址后，返回ACK报文，用户完成接入上线流程。

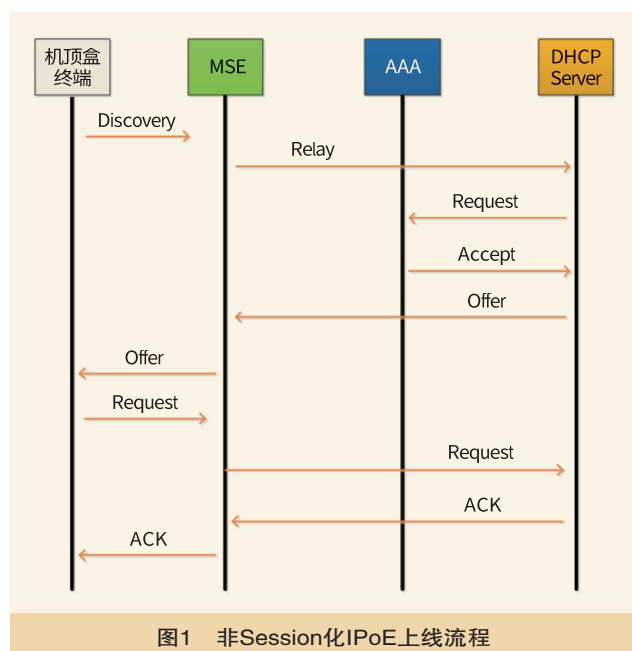


图1 非Session化IPoE上线流程

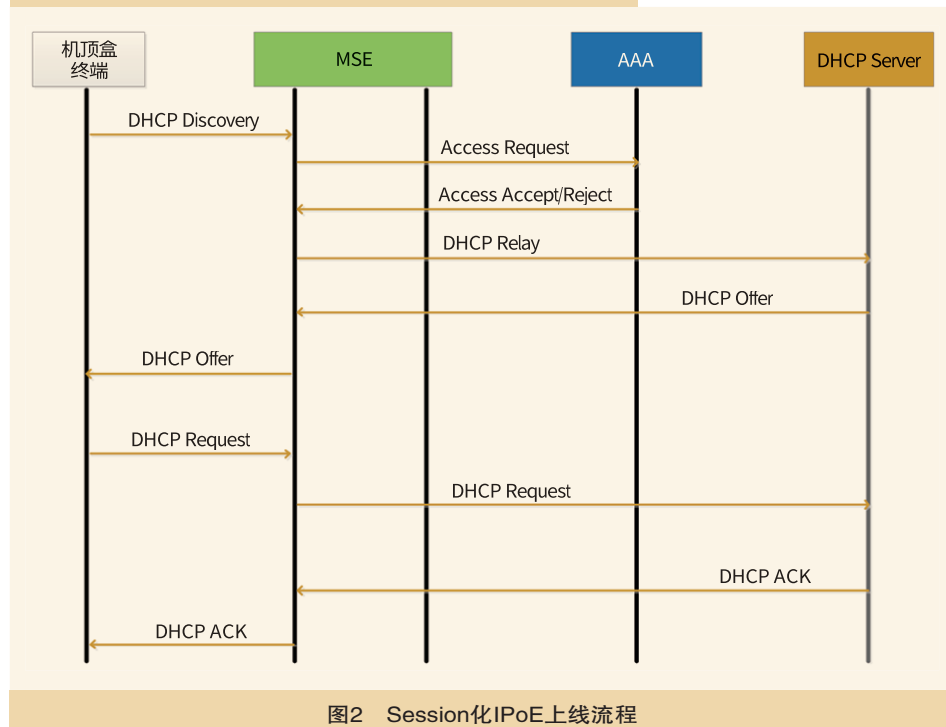


图2 Session化IPoE上线流程

3 逆向认证的Session化IPoE技术及其在IPTV承载网中的应用

相比于PPPoE接入，IPoE技术实现了组播复制点下沉，为企业的接入网建设节省了大量的投资。

相比于非Session化的IPoE技术，Session化的IPoE技术使MSE与RADIUS之间建立了直接的关联，可以通过RADIUS为用户下发相关业务属性并建立Session信息，实现用户业务的可控可管。

传统的Session化IPoE技术仍保留了独立的DHCP Server服务器，在IPTV网络的实际应用中也经常发生因DHCP平台引发故障的情况。

在实际的DHCP接入环境下，用户接入账号是通过3DES+MD5方式进行加密，而MSE设备作为路由器无法对其进行解密，所以传统的Session化IPoE技术下，RADIUS和DHCP Server承担了解密的功能，RADIUS通过对MSE上报的加密后的用户名密码进行解密并实现账号的认证，DHCP Server通过对加密的Option60信息解密，并进行用户业务识别和分配相应的地址段。

视频业务属于大流量场景，经过长期探索，视频网络以转控分离方式最佳重构路径，这就需要控制面实现对视频用户的管理和接入协议的处理。在这样的场景下，非Session化IPoE接入技术因无Session信息，已无法满足网络演进的需要，而若采用传统的Session化IPoE技术会造成网络架构层级更加复杂，也不符合网络扁平化的演进方向。

针对传统Session化IPoE接入认证的不足，文中提出一种逆向认证的Session化IPoE部署策略，具体方案如图3所示。

终端用户上线后发起DHCP Discovery报文，通过Option60携带加密的用户名和密码，Option82携带接入信息。

MSE收到Discovery报文之后，触发RADIUS认证流程，截取Discovery报文中的相关信息上报RADIUS，将nas-port-id属性设置为端口号+Option82字段的形式，username属性以终端mac@Option60字段的形式，加入Access-Request报文上报到RADIUS服务器。

RADIUS服务器收到Request报文，解析出Option60字段中的用户名和密码，结合Option82检

查客户的合法性。

RADIUS返回给MSE认证结果，若认证通过，需要在Access-Accept报文中返回解密后的username属性和建立Session用的相关属性。

MSE收到认证通过的报文后，将Discovery报文发送给自身的DHCP Server模块。

DHCP Server分配地址回复DHCP Offer报文给MSE控制面，并插入Option125属性。

MSE将DHCP Offer报文转发给终端。

终端获取地址并发送Request报文。

MSE收到之后将Request报文本播发送给自身的DHCP Server，并发送Accounting-Request的Start报文给RADIUS，并携带username参数。

DHCP Server模块给终端回复ACK报文。

RADIUS服务器收到Accounting-Request报文之后回复MSE Accounting-Response报文完成终端上线过程。

终端下线时，发起DHCP Release报文。

MSE收到后，发送Release报文到自身的DHCP Server模块，同时上报Accounting-Request的Stop报文。

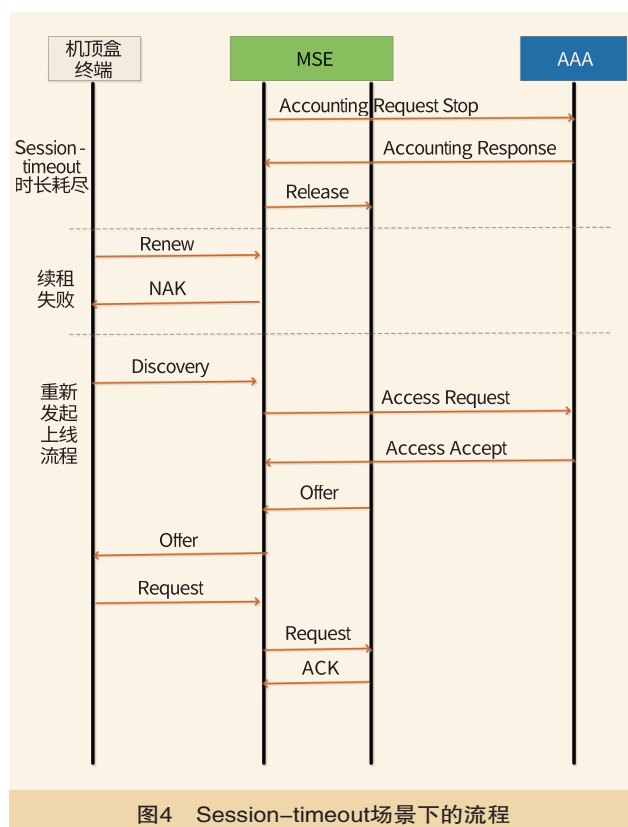
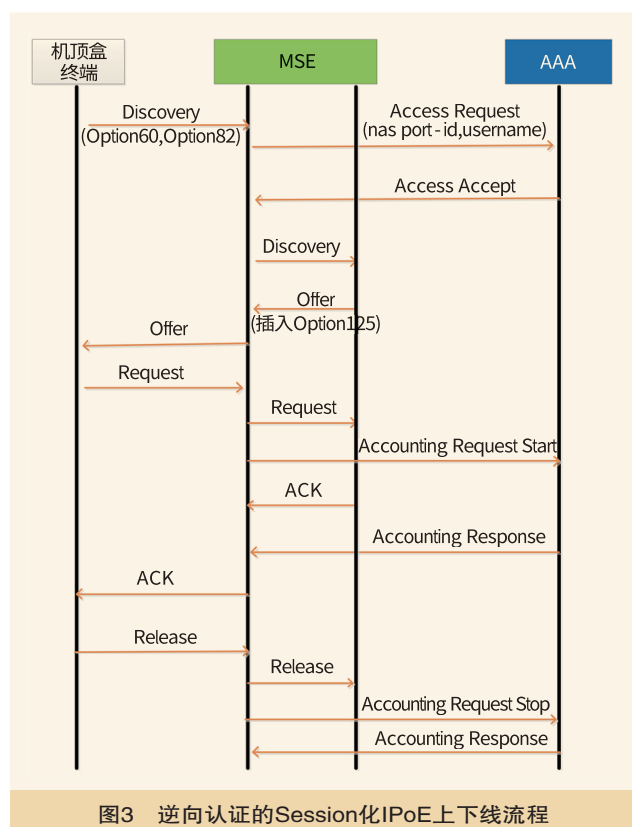
RADIUS服务器回复Accounting-Response报文回复MSE完成终端下线。

在IPTV业务接入实际部署场景下，用户认证成功后，

现网RADIUS会下发给MSE设备一个48h的Session-timeout属性（用于计费），会造成用户每48h被MSE设备踢下线。针对该问题，文中将用户的续租周期设置为Session-timeout的整除数（例如4h），这样Session-timeout时长到了触发MSE设备清除用户在线信息的同时，MSE设备收到机顶盒终端的续租报文，通过回复NAK报文重新触发机顶盒上线流程，不仅解决实际应用中的计费问题，也实现了用户“不断线”的需求，流程如图4所示。

同时，在实现传统IPTV网络Session化IPoE承载的基础上，文中进一步提出了在视频业务网络云化和CU分离的网络架构下，通过引入上述逆向认证的Session化IPoE策略，实现对用户业务的精确识别和控制，转控分离下业务认证、业务流的处理流程如图5所示。

针对视频大流量的CU分离场景，采用VxLAN隧道将业务引流至vBRAS承载。vBRAS-C强于计算能力、IP资源等的分配调度能力、功能扩展性以及可靠性，非常适用于取代传统的DHCP Server功能。用户认证报文到达vBRAS-U后封装进VxLAN并传递给vBRAS-C，vBRAS-C识别并提取Option60/82属性，构造RADIUS协议报文，完成与AAA间的直接交互，并且完成Option125属性的构造，完成与终端之间的合法性验证。认证通过后，vBRAS-C的DHCP Server模块分配地址，加载用户Session信息，并通过OpenFlow协议给



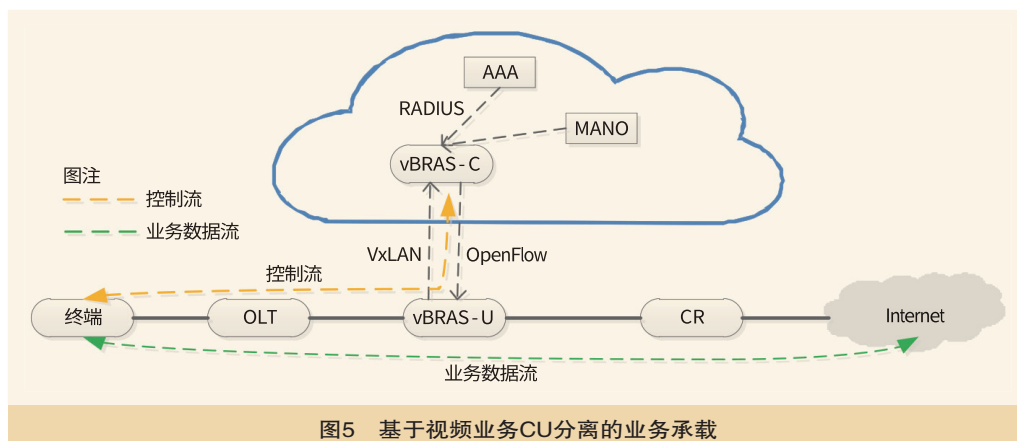


图5 基于视频业务CU分离的业务承载

vBRAS-U下发用户流表，vBRAS-U负责视频业务流的转发。

相比于传统的Session化IPoE技术，文中提出的逆向认证的Session化IPoE接入方法具有如下优势：

(1)实现业务认证的网络架构从4级变为3级，简化业务上线的流程；

(2)降低DHCP Server平台的故障风险点和维护成本，提高运维能力；

(3)满足视频业务网络重构CU分离的必备条件，充分利用vBRAS-C高可靠、可扩展、高效率、高弹性的能力，实现视频用户的管理和接入协议的处理，符合网络演进的方向；

(4)该方案只需要对RADIUS系统和vBRAS-C或者传统的MSE做少量改造，且不需要vBRAS/MSE支持对Option60的解密。

4 结束语

IPTV业务近年来已经实现了高速发展，目前的用户数已接近1.5亿，同时随着视频码率从标清、高清、4K、VR的成倍增长，业务接入从传统的PPPoE向IPoE转变已经成为不可逆趋势。

文中充分比较了IPoE接入方式下非Session化和Session化接入的优缺点，同时在实际应用场景下，针对现有Session化IPoE技术的不足进行了优化，提出逆向认证的

Session化IPoE接入技术，vBRAS-C/MSE无需对加密的Option60报文进行解密，通过mac@Option60格式报文报送RADIUS，由RADIUS将解密后的用户名等信息反向推送至vBRAS-C/MSE设备，实现用户Session信息上线，同时由vBRAS-C/MSE设备完成用户的地址分配，为IPTV网络的快速IPoE化

改造提供思路和方法，同时，也为视频业务网络转控分离的架构重构奠定了技术基础。

参考文献

- [1] 桂忠.IP城域网云化BRAS平滑演进方案探讨[J]. 电信技术, 2018(3)
- [2] 陈鼎, 张涛, 刘可兰, 等. 网络重构城域网数据中心化解决方案[J].

电信科学, 2018(7)

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

沈平

硕士，现就职于中国电信江苏公司，主要研究方向为IP网络架构和技术优化。

张正

硕士，现就职于中国电信江苏公司，主要研究方向为IP网络架构和技术优化。

徐良红

硕士，现就职于中国电信江苏公司，主要研究方向为IP网络架构和技术优化。

束栋

本科，现就职于中国电信江苏公司，主要研究方向为IP网络架构和技术优化。

面向5G的业务汇聚机房指标加权评估方法

陈奎雄 郝 瑞 廖艳娟 高远鹏 程广展 王师克

中国移动通信集团设计院有限公司广东分公司

摘要 提出面向5G的业务汇聚机房指标加权评估方法，主要用于锁定机房优先建设区域及评估分步实施的顺序。并以广东某地市作为测算案例，证明该评估方法具有可行性。文中提出的业务汇聚机房指标加权评估方法对以后传输基础资源建设提供一定的参考。

关键词 机房总体架构 指标加权评估方法 微网格

1 引言

未来若干年内，预计城域传送网的主要业务需求来源于5G的大规模建设，以及宽带网络的快速发展及提速，这对传输基础资源机房提出了更多的需求。业务汇聚机房属于战略性基础资源，应在满足近远期各种业务、网络需求的同时，结合未来网络演进，有重点有节奏地开展资源储备，保证网络长期稳定发展。那么，面临庞大的机房建设需求，应该如何综合考虑未来业务需求、已有机房问题、网络演进、网络安全等多种因素，合理统筹安排机房的规划建设，文中将分析汇聚机房的各个影响因素，提出一个综合评估方法，并以实例介绍相应的建设方案及实施建议。

2 传输机房总体架构

城域传送网的汇聚机房用于区域业务收敛，是传送网设备系统、光缆组网中承上启下的枢纽，对应城域传送网多层多区的网络架构如图1所示。

重要汇聚机房：对应区县行政区。重要汇聚机房是机楼的延伸，是面向未来网络的大区业务收敛及终结点，主要用于大区域业务的汇聚，并实现与核心机楼互通。作为骨干

机楼的补充，主要部署大容量OTN、PTN、BNG、CDN等设备，未来考虑作为5G CU集中及MEC下沉部署节点。

普通汇聚机房：对应综合业务汇聚区。覆盖及收敛单个综合业务汇聚区内所有综合业务接入区的各类业务，实现与重要汇聚机房或核心机楼互联。此类机房主要部署SDH、PTN、OTN、BNG、OLT等设备。

业务汇聚机房：对应微网格或综合业务接入区。用于单个或多个微网格内业务收敛，作为无线C-RAN BBU的集中部署节点、家集客OLT的部署节点，便于各类业务需求的快

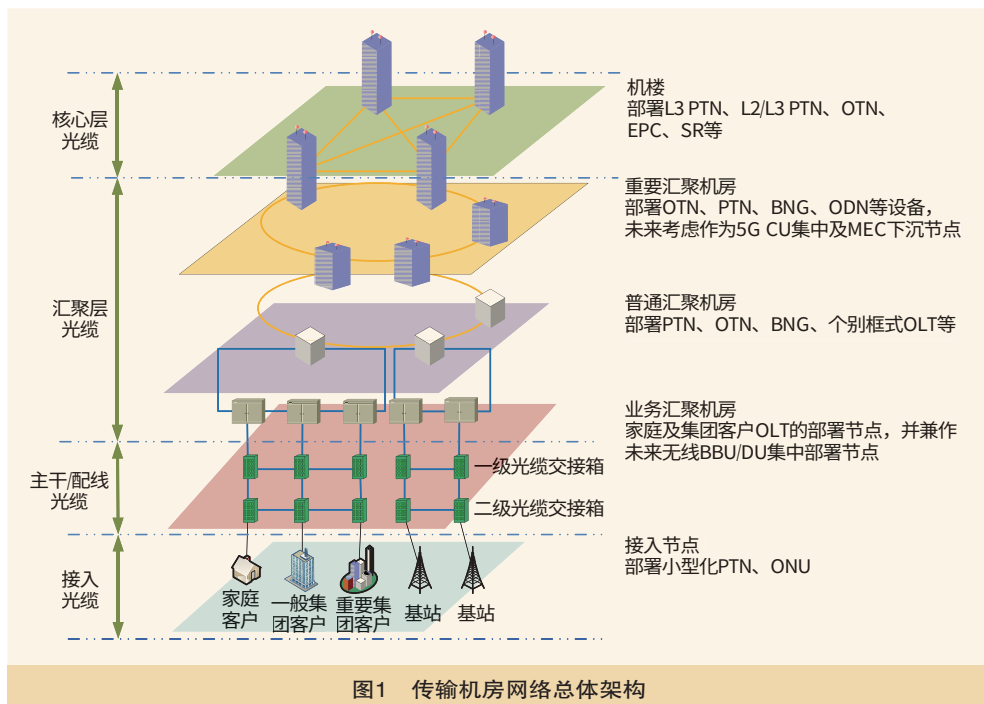


图1 传输机房网络总体架构

速接入。向下主要采用星型结构，实现末端物理点接入。

综上，前期省内的网络管理单元以“汇聚区+综合业务接入区”为主，后续转向以“汇聚区+微网格”为主。因此，汇聚机房的网络架构相应转变，从“骨干汇聚机房+普通汇聚机房”转向“普通汇聚机房+业务汇聚机房”。

3 业务汇聚机房现状

广东某运营商目前在全省共有约18000个微网格，但业务汇聚机房仅有约2500个，无法满足1~2个微网格有1个业务汇聚机房的要求。前期省内已启动业务汇聚机房布局，优先改造现有的普通汇聚机房、基站、自有物业等，其数量及机房条件可满足短期业务需求，却难以满足中远期微网格布局，微网格内的业务需跨区接入到其他业务汇聚机房。同时5G将大规模建设，对超密布局、抗干扰要求高。因此，业务汇聚机房已有规模相比目标网络的缺口极大，需重点建设。现网业务汇聚机房存在的各类问题，都将影响机房网络的长

期稳定，影响区域内业务的快速接入，需通盘考虑现网机房的各类限制因素，制定有针对性的规划建设方案。

4 业务需求分析

城域网的用户侧业务需求来自移动用户、固网用户，相应的网络设备包括无线网的BBU、CU、DU，传送网的

表1 各类网络设备占用的机房资源

网络类别	设备类别	部署位置	机柜需求 (600mm×600mm)	满配功耗 (W)
无线网	TD-LTE BBU	业务汇聚机房	1/8机柜	550
	FDD BBU	业务汇聚机房	1/8机柜	550
	5G DU	业务汇聚机房	1/8机柜	1000
传送网	PTN	业务汇聚机房	1/9机柜	800
	SPN	业务汇聚机房	1/3机柜	1200
	OLT	业务汇聚机房	1/3机柜	1200
	小型化OTN	业务汇聚机房	1/3机柜	1500

表2 业务汇聚机房指标加权评估模型

机房维度	维度权重	机房指标	指标权重	评判标准
网络结构安全	覆盖20 扩容10	a微网格内机房个数	100	城区：≥2个，100分；1个，95分；本微网格0个，紧邻微网格至少2个机房，90分；0个，紧邻微网格1个机房，85分；本微网格及紧邻微网格皆无机房，0分 非城区：≥2个，100分；1个，70分；0个，0分
区域业务形态	覆盖30 扩容25	b区域业务密集度	40	稀疏，100分；一般，80分；一般密集，50分；密集，30分
		c区域业务价值	40	微网格场景：公共绿地未发展区域，100分；工业园区/城中村，80分；专业市场/住宅小区/超大型住宅小区/大专院校，50分；商业区，30分
		d区域面积	20	覆盖半径≤100m，100分；100~600m，100~30线性计分；≥600m，30分
		小计	100	
动力环境	覆盖15 扩容25	e机房面积	20	≥50m ² ，100分；30~50m ² ，90~100线性计分；15~30m ² ，0~90线性计分；≤15m ² ，0分
		f外电容量	15	≥25kW，100分；10~25kW，0~100线性计分；≤10kW，0分
		g电池后备时长	15	≥8h，100分；4~8h，60~100线性计分；≤4h，0分
		h电力扩容难易程度	20	容易，100分；一般，60分；较难，25分；不能，0分
		i电力提供方	10	供电局或者自有楼宇供电，100分；业主提供，50分
		j机房使用率	20	≤40%，100分；70%~40%，80~100线性计分；100%~70%，0~80线性计分
		小计	100	
位置权属	覆盖10 扩容15	k所有权	15	购买/自建：100分；内部租赁：80分；社会租赁：50分
		l进站难易程度	25	容易，100分；较难，50分；进不去，0分
		m所在楼层	10	1层，100分；B1或F2，90分；B2，50分；F3~F10，50~0线性计分；高于10层或者B2以下，0分
		n到期倒计时	25	≥18个月，100分；6~18个月，0~100线性计分；≤6个月，0分
		o续约几率	25	容易，100分；较难，50分；无法续约，0分；介于中间线性计分
		小计	100	
出局光缆	覆盖10 扩容15	P路由方式	20	双路由由管道/管道+架空双路由：100分；单路由由管道：90分；双路由由架空：80分；单路由由架空：60分
		q出局管孔数量	20	6孔，100分；4孔，95分；2孔以上及架空，80分；架空，70分
		r出局光缆使用率	20	分母为预估满配光缆纤芯数；≤40%，100分；70%~40%，80~100线性计分；100%~70%，0~80线性计分
		s出局路由扩容难易程度	25	容易，100分；一般，60分；较难，25分；不能，0分
		t出局产权单位	15	自有产权(自建、共建或购买)：100分；易租（广电、电力、政府）：70分；难租（中国联通、中国电信）：20分
		小计	100	
区域内机房分布	覆盖15 扩容10	u机房分布合理性	100	机房在区域地理中心或业务中心，100分；机房在区域边缘，20分；介于中间线性计分
合计	100			

OTN、SPN、PTN、OLT、SDH等。因此用户业务需求带来网络设备的需求,网络设备的需求由业务汇聚机房承载满足,业务汇聚机房需提供各类设备所需的空、动力等。

未来若干年是我国成为互联网引领者的关键窗口期,业务需求将发生新的跨越,城域网中将实现5G、千兆家庭宽带、大带宽政企、城市深度覆盖,推进乡村电信普遍服务。其中,各类需求以4G到5G的影响最为深刻,5G基站微小化、高密度、网络架构的变革,都对包括业务汇聚机房在内的基础设施提出了更高要求。下面以5G的发展为标志,将未来业务发展及其设备需求划分为三个阶段。

(1)后4G/前5G时代(2018–2020年):4G网络深度覆盖。

(2)5G时代(2020–2025年):新业务涌现、5G网络规模部署。

(3)后5G时代(2025–):5G网络深度覆盖。

其中,各类网络设备占用的机房资源见表1。

5 建立业务汇聚机房指标加权评估方法

下面从网络结构安全、区域业务形态、动力环境、位置权属、出局光缆、机房分布等方面建立一个业务汇聚机房指标加权评估方法,主要用于锁定机房优先建设区域及评估分步实施的顺序。各个指标的评判标准及权重见表2。

用业务汇聚机房指标加权评估方法来分析机房基础信息,评估区域对机房的需求:

(1)以机房评估指标为参照,梳理统计现网机房的基础信息;

(2)根据评估指标及评判准则,定量评估机房情况,测算评估分值;

(3)对地市全部机房定量评估,按分值从小到大排序,分值越低代表该区域对机房需求度越高。

6 案例应用效果分析

(1)测算业务汇聚机房目标网规模

以广东某地市为例,在1809个微网格区域内,5G DU采用C-RAN组网。梳理现网各微网格内4G BBU数量,按照4G基站数量的2.4倍预估5G规模,依据不同场景DU集中个数的标准,测算机房数量。目标网共需3148个业务汇聚机房。某个地市业务汇聚机房目标网规模测算见表3。

(2)确定各年分步实施的机房顺位

以微网格为单位,利用业务汇聚机房指标加权评估方法定量评估,并按分值从小到大排序,前1/4第一年建设,中1/4第二年建设,中后1/4第三年建设,后1/4第四年建设,按此优先级得出规划期内分步实施的业务汇聚机房顺位。

因此,某地市的业务汇聚机房前787个在2018年建设,

表3 某个地市业务汇聚机房目标网规模测算

地市的微网格场景	4G BBU数 (个)	预估5G DU数 (个)	机房目标网数 (个)
商业区/大专院校	1539	3767	314
住宅小区/超大型 住宅小区/城中村	10171	24899	2264
专业市场/工业园区	2331	5706	571
合计	14041	34372	3148

表4 业务汇聚机房评估分值及建设年份安排

序号	机房	分值	建设年份
1	猎德安置房区天河海濱花园微网格-机房	20.44	2018年
2	和睦村区名城御景绿洲微网格-机房1	20.58	2018年
...	...	...	2018年
787	神山工业区恒芳工业大厦微网格-机房1	40.6	2018年
788	和睦村区名城御景绿洲微网格-机房2	41.44	2019年
...	...	...	2019年
1574	神山工业区恒芳工业大厦微网格-机房2	60.1	2019年
1575	康乐西路区晓南花园微网格-机房2	61.08	2020年
...	...	...	2020年
2361	维多利广场区-机房	80.4	2020年
2362	解放中区怡乐路小区微网格-机房2	81.13	2021年
...	...	...	2021年
3148	石北工业区大石微网格-机房1	98.84	2021年

中787个在2019年建设,中后787个在2020年建设,后787个在2021年建设。其中,因该城市的微网格平均面积较大,89%的微网格内需建设两个机房,这两个机房应分在不同年份规划建设。业务汇聚机房评估分值及建设年份安排见表4。

7 结束语

5G商用,承载先行,作为5G网络的基础设施,业务汇聚机房等传输基础资源必须要提前通盘考虑。文中通过分析业务汇聚机房现状情况,结合将来的业务需求,建立一套业务汇聚机房指标加权评估方法。该方法可以适用于不同地市,结合不同业务场景的特点对业务汇聚机房进行综合评估。

参考文献

[1] 胡勇.城域网汇聚机房的规划方法及能力衡量指标探讨[J].广东通信技术,2015(9)

[2] 张利奇,莫勇明,杜刚亭.本地传输网汇聚机房的规划研究[J].中国新通信,2016,18(9)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

陈奎雄

硕士,工程师,长期从事传输光网络、数据承载网等研究、咨询和规划设计工作。

基于核心网感知的流量管控方案

李冬晔 郑 伟

中国电信股份有限公司江苏分公司

摘要 为解决用户体验下降,甚至上不了网的问题,提出一种基于核心网感知对热点小区流量进行管控的解决方案。PGW通过周期性检测用户报文头中的RTT字段,判断某一区域是否为热点区域,进而利用PRA技术进行速率管控,PCRF对进入PRA管控区域内的用户下发相应的管控策略,从而解决热点小区拥塞的问题。

关键词 流量管控 RTT PRA

1 引言

随着移动互联网的迅速发展和智能终端的普及,流量正逐渐成为社会必不可少的公共资源。相关预测显示,全球移动数据流量在2016年至2021年间将增长7倍,而“不限流量”套餐的推出极大刺激了用户对于流量的需求。目前,“不限流量”套餐已经成为市场的主流选择,越来越多的用户使用流量进行视频播放、手机游戏和移动客户端APP购物等多种活动。然而海量数据的集中爆发对运营商网络的承载能力提出了巨大挑战。工业与信息化部发布的数据显示,在“不限流量”套餐上线这一年中,2018年1-5月通过手机上网的流量达到206亿GB,同比增长98.1%。随着“不限流量”套餐的持续快速发展,热点区域某些时段存在着高话务量的场景,网络容量的瞬时不足将直接导致用户体验下降,并大大增加运营商被投诉的风险。

2 常见流量管控的手段

当前运营商对“不限流量”套餐的管控手段较为简单。按照通用的流程,计费系统负责统计用户流量信息,当发现用户总流量达到约定条件时,将降速指令下发给PCRF;PCRF完成策略控制决策功能,为用户下发低速率策略;PGW/SGW负责策略的具体执行。通过降低用户上网速率,减轻网络负荷至合理范围内。

这种方案只能针对单用户进行管控,不能根据网络实际情况进行因时因地的调整,具有较大的局限性。在某些热点区域,如高校、商圈的忙时,月初该区域下的用户均未达到约定的降速条件,保持着高速率上网,大流量致使小区拥塞,导致用户上网感知极差,易给用户造成运营商恶意限速

的误解。这种误解给运营商带来了投诉的风险,同时也增加了运营商投诉处理的人工成本。且传统方式下,运营商网络侧缺乏高效灵活的管控手段,不能充分发挥核心网侧网元的控制作用,不能有选择性地对部分用户或者对部分业务进行带宽控制,解除/减缓小区拥塞状态,进而提升用户感知。

3 基于核心网感知的流量管控基本原理及实现

3.1 基于RTT检测机制

目前,移动网绝大部分应用都是基于TCP的。TCP使用重传机制保障报文的可达性,并可根据网络情况动态地调整发包速度,从而保证整个网络的稳定性。移动核心网可以利用TCP重传机制,解决“不限流量”套餐带来的网络负荷大、拥塞等问题,提升用户感知。

TCP每发送一个报文段,就为该报文段设置一次计时器,只要在计数器设置的重传时间前未收到确认信息,就重传该报文段。TCP采用一种自适应算法,这种算法记录每一个报文段发出的时间,以及收到的相应的确认报文段时间,并将各个报文段的往返时延样本加权平均,得出报文段的平均往返时延RTT(Round-Trip Time),计时器的设置依赖于具体的RTT值。RTT由三个部分组成:链路的传输时间、对端系统的处理时间、路由器缓存中的排队和处理时间。前两个部分在一个TCP连接中相对固定,路由器的缓存中排队和处理时间会随着整个网络拥塞程度的变化而变化,所以RTT的变化在一定程度上反映了网络拥塞程度的变化。

当前运营商在月初时,对于“不限流量”套餐无任何管控手段,用户都保持着高速率上网,极易导致小区拥塞,用户感知严重受损,从而引发投诉。针对此问题,核心网网元

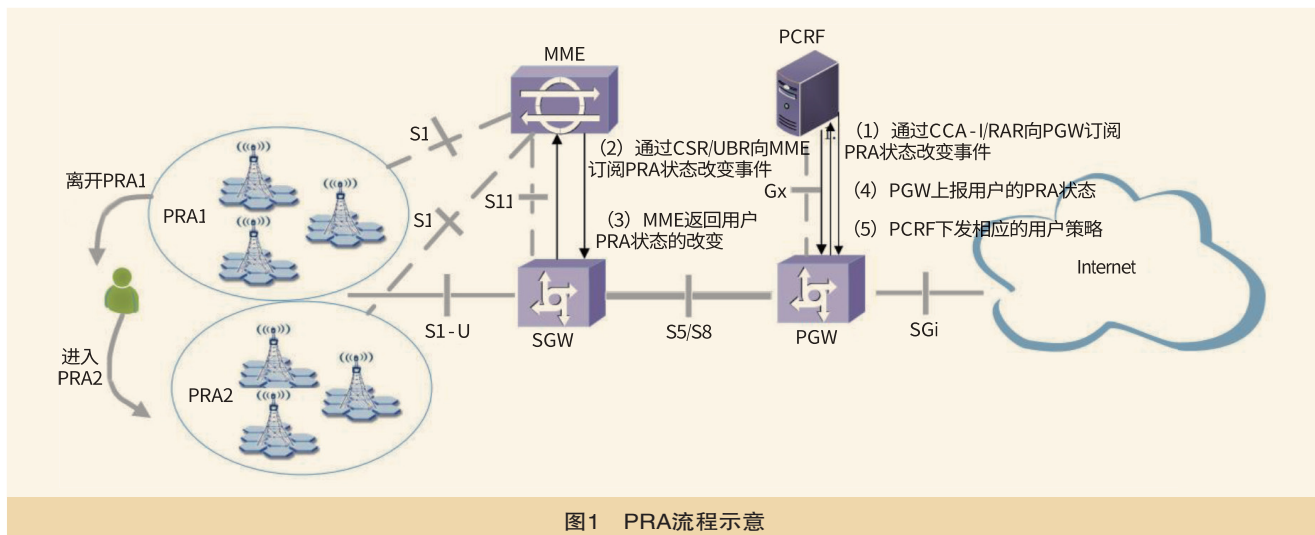


图1 PRA流程示意

可以利用RTT的特性,实现对拥塞小区的感知,从而有选择性地对部分用户或者对指定业务进行带宽控制,以达到解除/缓解小区拥塞状态的目的,将有限的资源向高价值用户和业务倾斜,提升无线资源的利用率和效益,有效地提升用户感知,降低投诉风险。

PGW可以通过深度包解析获取到TCP报文头中的RTT字段。基于此,可实现核心网对于拥塞小区的感知。当大量高速率用户进入热点区域后,瞬间涌入的大流量造成该区域拥塞,此时PGW提取出到达的下行报文数据RTT值,记为 RTT_A ,并将该报文打上标记,转发给UE。UE收到数据报文后,返回确认消息给PGW,PGW记录该响应报文中的 RTT_B 。此时PGW完成了一个RTT样本采集: $\Delta RTT = RTT_B - RTT_A$ 。PGW本地还需配置RTT基准值学习周期,获得某一段时间内RTT的基准值,将在此时间内采集到的 ΔRTT 与基准值进行比较,若 ΔRTT 大于基准值,可认为当前网络拥塞,需要进行管控。某一时刻内某区域下 $\Delta RTT = 0.013s$ 变为基准值 $RTT = 0.007s$ 的两倍,可以认为该区域下瞬时涌入大流量造成拥塞。

3.2 R12版本新增功能PRA的优势

3GPP在R12的版本中发布了PRA（Presence Reporting Area）的功能，PRA可为用户指定一个位置区域列表，该列表中包含的位置粒度可以是一个或者多个TAI、eNodeB ID、ECGI，或者这三种位置粒度的组合。PCRF根据用户不同的PRA状态（进入或者离开指定区域）给用户下发不同的策略。PRA流程示意如图1所示。

PRA功能的实现，首先要在MME上将需要管控的区域位置信息：相邻或不相邻的一系列TAI、eNodeB、ECGI配置到一个PRA列表中，且给此PRA列表分配一个标识：

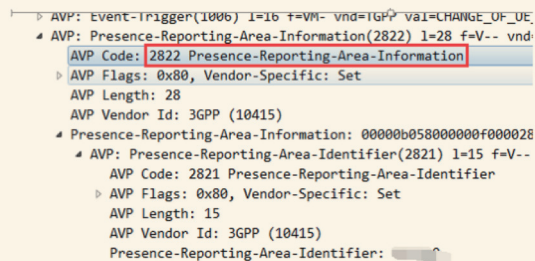


图2 CCA-I中下发的PRA状态AVP

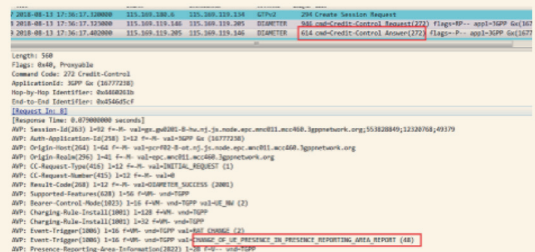


图3 PCRf订阅的PRA上报Event

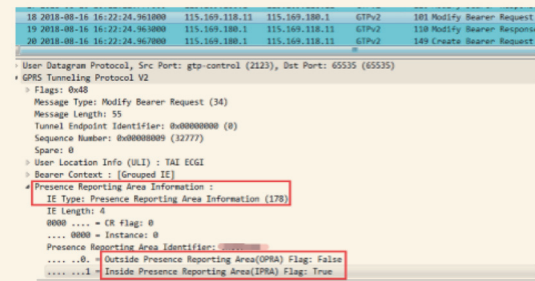


图4 MME上报用户PRA状态变化

PRA-ID。PCRf也要配置该PRA-ID，并依此判断用户的PRA状态（in/out）。

对于初始附着的用户, PCRF在CCA-I消息中给PGW下

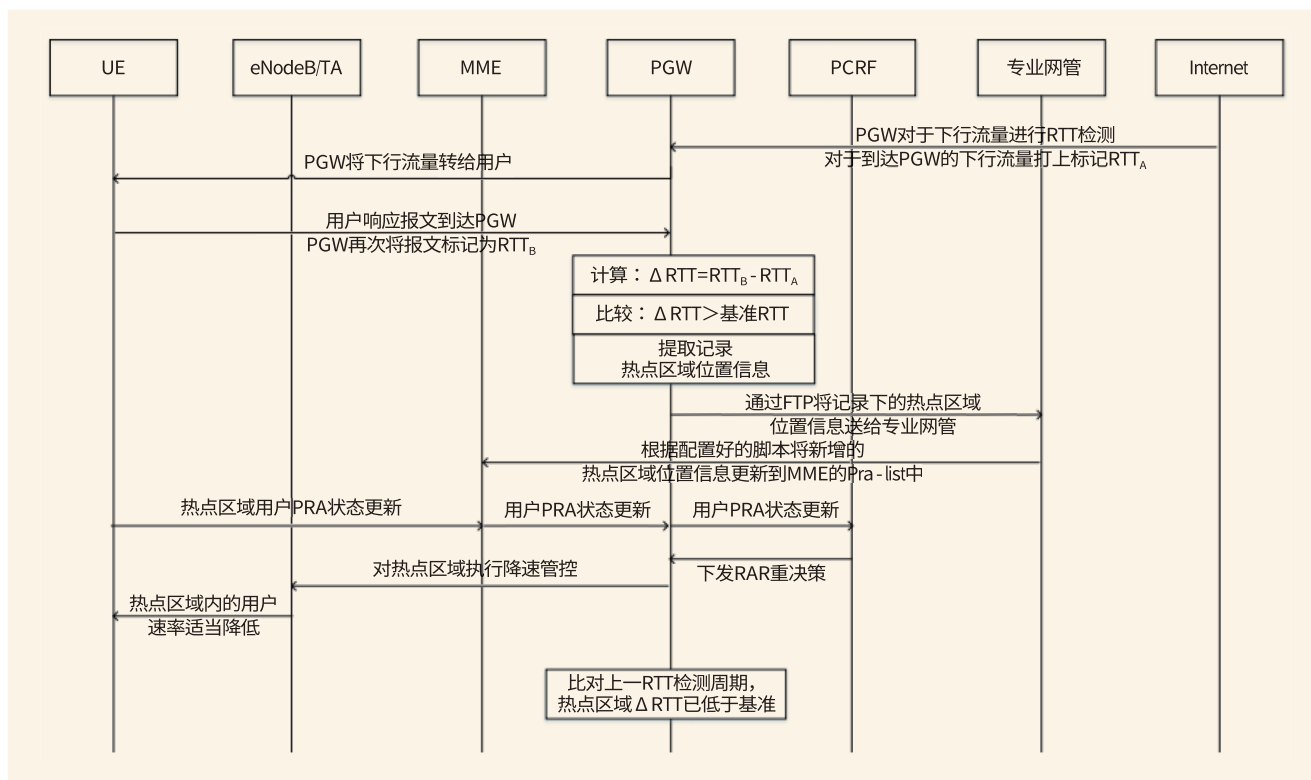


图5 流量降速管控过程

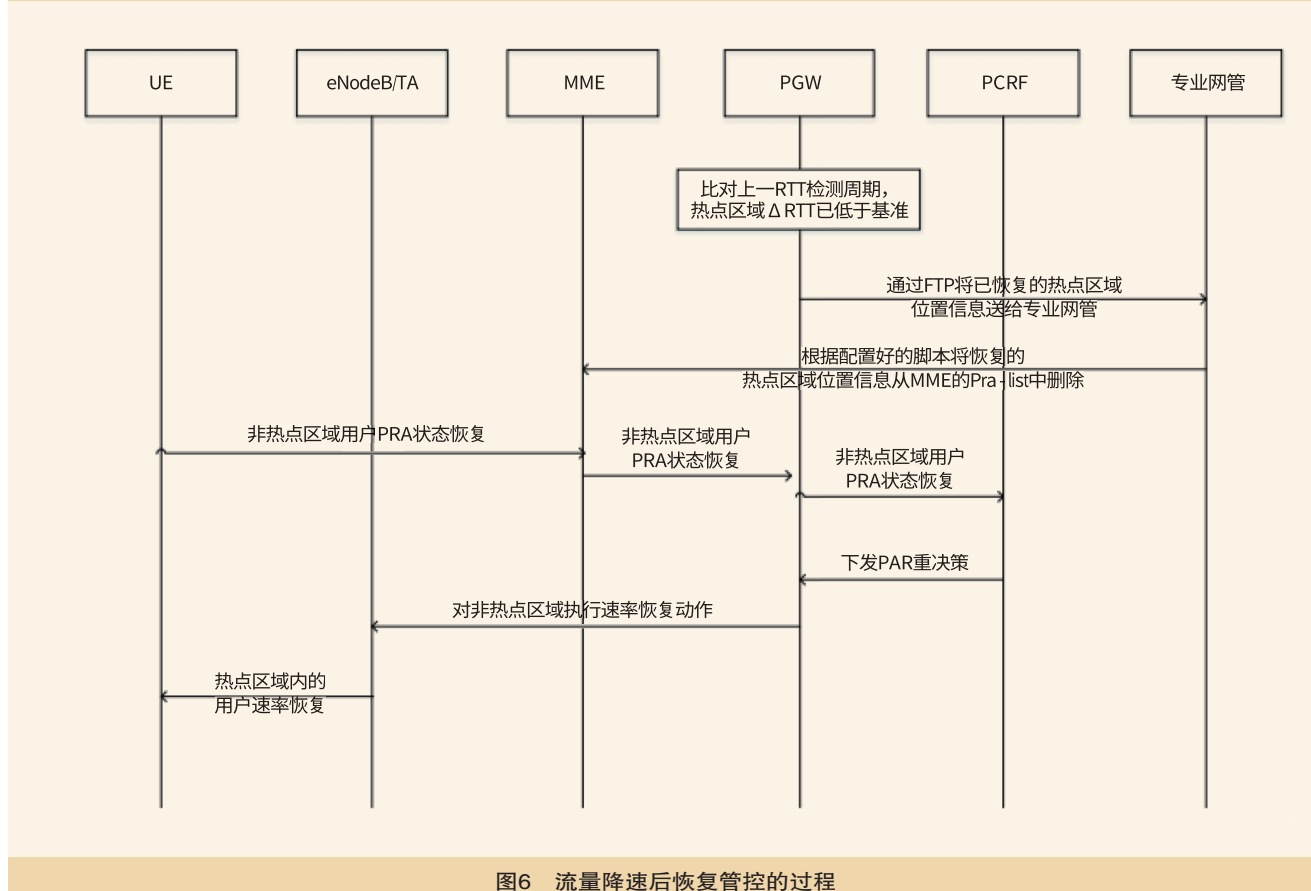


图6 流量降速后恢复管控的过程

发一个PRA状态AVP (Presence-Reporting-Area-Information)。CCA-I中下发的PRA状态AVP如图2所示。

为了获取到用户PRA的实时状态, PCRF向PGW订阅事件: CHANGE_OIF_UE_PRESENCE_IN_PRESENCE_REPORTING_AREA_REPORT(48), PCRF订阅的PRA上报Event如图3所示。

对于在线用户, PCRF在RAR消息中下发这两个字段。

S/PGW将这个订阅事件转给MME, MME完成对用户PRA状态的判断, 当发现用户PRA状态发生改变时, MME立即上报给S/PGW。MME上报用户PRA状态变化如图4所示。

PGW将用户的当前PRA状态报给PCRF后, PCRF则给不同PRA状态下的用户下发相应的PCC策略。

3.3 流量管控的实施方案

结合基于RTT的检测机制和PRA管控策略, 提出一种灵活的流量管控机制, 当PGW检测出某一时刻下某一区域的 ΔRTT 大于基准RTT时, 立即触发管控流程。PGW从用户的在线会话中提取用户的位置信息 (ECGI/TAI等), 记录这些突变热点区域的位置, 并通过FTP发送给第三方服务器 (专业网管)。第三方服务器根据上报的位置, 将变化的热点区域新增进MME的PRA列表中。此时, 用户就处于PRA的管控区域内, PCRF根据用户上报的PRA状态对该拥塞小区下的用户进行策略决策, 并发起策略更新, 将用户速率调整至合理的区间, 完成对热点区域的管控。流量降速管控过程如图5所示。

对PGW记录下的当前突变热点区域位置进行RTT比对, 当检测到 ΔRTT 等于或低于RTT基准值时, 认为该热点区域的流量恢复至闲时水平, 将恢复后的位置信息发送给第三方服务器 (专业网管), 预配置脚本会将这些流量恢复正常的区域从MME的PRA列表中删除。PRA列表更新后,

PCRF根据PGW重新上报的用户PRA状态, 恢复用户速率。流量降速后恢复管控的过程如图6所示。

4 结束语

在“不限流量”套餐愈发成为主流的今天, 运营商单一的流量管控手段已明显不能满足网络维护的需求。只能对已达量的用户进行管控, 缺乏热点区域忙时段下对未达量用户的管控手段, 文中提出的基于核心网RTT检测的灵活PRA方案可以弥补这种缺陷。该方案充分发挥核心网对于网络流量调节的核心控制功能, 最大程度地利用网络的优势, 无需借助无线侧网管即能感知忙小区, 对于网络自主优化有指导意义, 有效提升了无线资源的利用率和效益, 将有限的资源向高价值用户和业务倾斜, 极大改善了用户的体验。同时, 能大大降低用户因为感知差而带来的投诉风险, 节省运营商维护的成本。本方案需用户上报位置信息, 若颗粒度配置不当会给网络带来信令开销的压力, 该问题有待后续进一步的研究。

参考文献

- [1] 何宇峰, 林奕琳, 张琳峰. 容器技术在移动核心网的应用[J]. 移动通信, 2018. 42(3)
- [2] 李淑萍. 不限量套餐发展趋势[J]. 通信企业管理, 2018(7)
- [3] 姚丽萍, 牟燕华, 张社华, 等. 基于位置的精细化流量计费研究与应用[J]. 山东通信技术, 2016(2)

如对本文内容有任何观点或评论, 请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

李冬晔

现就职于江苏电信, 从事移动核心网维护工作。

郑伟

现就职于江苏电信, 从事移动核心网维护工作。

互联网式迭代建设的管理模式

胡雅静 王 珏 乌恩奇

北京电信规划设计有限公司

摘要 主要从提升电信运营商投资效益的目标出发,聚焦能力建设,对快速响应市场发展的需要展开研究。积极打造互联网式迭代建设的模式,进一步推进投资的动态调整,给出不同专业的迭代建设及投资管理措施。

关键词 投资效益 聚焦 迭代建设

1 前言

积极打造互联网式迭代建设管理模式,进一步推进投资的动态调整,对现有建设流程进行再造,推进小型项目快速迭代,大型项目分批迭代,基础类项目按需迭代的措施。改善项目精细化、规范化的管理水平,全面提升投资有效性。加强项目效果后评价工作,实现网络规划建设闭环管理。主动服务、快速响应,以业务和投诉双轮驱动建设,以投资促进降本及收益,全力支撑运营商企业发展。

2 投资分批投放策略

建议运营商根据年度投资情况,制定分批投放计划,在综合考虑地市、专业资源投放计划的基础上,制定投资分批投放原则,投资向重点地市、重点专业倾斜。

2.1 投资倾斜原则

例如2018年运营商投资向能力专业倾斜,根据业务发展,主要集中在4G、创新型业务等领域,重点保障4G(尤其2I2C)、家庭宽带(2H)、政企创新(2B)等业务的能力建设需求。尤其倾向投资收益明显的4G网络扩容、深度覆盖,以及宽带接入新建改造、视频业务平台、集团客户,如云基地、大数据、物联网等。

在投资分配原则下,各专业制定项目启动条件,必须满足投资回收期、扩容门限、投诉积分、网络收益承诺、资源利用率等相关指标。

2.2 分专业分批投放原则

投资按批次安排,要充分考虑投资效益、网络布局、项

目重要性统筹安排,投资安排拟按以下顺序进行专业优先级安排。

(1)重大项目类:如党组会批准重点项目。

(2)客户驱动类:如宽带项目、政企客户项目、无线扩容工程、投诉驱动类项目。

(3)效益驱动类:如重点政企客户项目,无线室内分布系统项目,IPTV、IDC相关专业项目,城域网扩容工程,支撑无线、宽带建设的配套传送网工程。对于支撑划小承包的投资优先保证。

(4)服务支撑类:支撑效益类投资的相关专业,如支撑基站接入项目、宽带接入所需的传送网、数据网项目。

(5)战略布局类:如网络架构改造相关专业,基础设施类项目等。

(6)部分工期较长的专业:如机房类项目,为了保证年内竣工,适度优先安排。

3 资源动态投放迭代原则

3.1 分地市投资迭代

运营商省级分公司落实资源在专业、地市进行投资的原则、思路和机制。投资随项目效果随时进行动态调整,称为资源动态投放迭代方法,具体包括如下几种。

(1)分专业投资迭代周期,宽带接入、政企客户、无线扩容等与市场紧密相关的投资需求迭代周期应该更短。

(2)地市间投资动态配置原则、办法。

(3)专业间投资动态调整办法。

对省内各地市按照经济发展等指标分开档次,分为A类地市、B类地市、C类地市,分别进行投资迭代安排。

A类地市：投资配置可以适当加快，分4个季度进行投资安排，比例为4:3:2:1，每期非能力投资不能超过10%，投资上限开放。

B类地市：投资配置适度控制，4个季度按照3:3:3:1进行安排，非能力投资不能超过9%。

C类地市：严控增量投资，控制投资配置进度，4个季度按照2:3:3:2进行安排，非能力投资不能超过8%。

省总管项目节省投资根据盟市需求和财务绩效情况动态调整到A类地市。

3.2 快速启动项目条件

分专业安排快速启动项目条件如下。

(1) 无线网项目

无线资源利用率、流量达到扩容门限时可启动扩容项目；对于新建基站项目，投资回收期和业务量水平需要达标。

(2) 宽带接入项目

限定新建、光改类项目的投资回收期，如新建类项目投资回收期<2.3年，扩容类项目需符合光口实占率>70%且投资回收期<1年。

(3) 集团客户项目

对于运营商已与集团客户签订协议，项目收益比=项目静态（动态）收入/项目静态（动态）投资≥1.2。

4 资源动态投放迭代措施

4.1 分专业投资迭代投放

(1) 无线网新建站投资迭代投放措施

运营商无线网络建设实行规划、建设、维护、优化一体化，多专业协同互联网运营。

在实行深化聚焦、迭代建设、快速响应的基础上，完善4G网络结构布局，聚焦区域覆盖率达到90%；专项保障212C业务，及时满足需求；借助900MHz低频重耕，以目标网为蓝图，根据VoLTE、NB-IoT部署需要，结合2G减频退网，建设900MHz打底网络；以投诉驱动建设，精准提升用户感知和网络竞争力。

建设、维护专家将借助周期性大数据进行分析，将分析结果开放给地市分公司，支撑地市的投资方向、建设方案制定。并根据地市需要，开展现场方案支撑工作。

无线网所有启动站点必须满足三年投资回收期，分批、分梯队确定启动比例，全年分两批。例如，宏站第一批于3月底完成立项；第二批于7月底完成立项。宏站第一批工程进度建设完成比例高于90%，新建站利用率95%以上、流量不低于周边站点（城区最近3~5个同类型站点、农村半径3km）均值时，启动第二批工程。室内分布工程进度建设完

成比例高于90%，90%新建室内分布站点日均流量高于10GB时，启动第二批工程。

(2) 无线网扩容站投资迭代投放措施

提高3G叠加4G扩容门限，其他不变，优先建设视频流量高卡顿基站。根据地市分公司投资决策体制，结合优化部门每月提出的扩容需求，由投资决策管理委员会决策，明确启动规模。

(3) 投诉驱动基站投资迭代投放措施

投诉驱动的基站按需建设。由客服、网优部门对投诉工单进行评分，达到积分门限的推送给网络建设部，分公司建设部门依据建设价值积分进行计算，按照积分值和相应处理流程，实施建设或退回客服等部门解决。客户服务部负责全渠道移动网络质量客户投诉在线解决，对需核处理的问题按照相应的流程派发，负责未解决工单的跟进及改善效果的客户评估。网络建设部、网络优化中心为移动通信网络质量投诉工单处理质量及网络工单管理的责任主体，负责对网络工单的解决方案及扩容需求的审核，地市分公司对满足积分的站点在时限内立项解决。

(4) 900MHz重耕及NB投资迭代投放措施

2G退网：市场先行，2G网络根据用户转网情况以先退载频、再退单站，先退GSM 1800MHz网络、再退GSM 900MHz网络，先退城区、再退农村的节奏部署。确保于2018年年底完成20%的2G设备退网，2019年6月完成60%的2G设备退网，2019年年底全部退网。密切配合市场转网策略进行适度的3G补点建设。

低频网部署：2018~2020年规划LTE 900MHz站点5800个，2018年优先呼包乌海城区部署，后续结合2G退网、频率申请和物联网业务发展按需部署。借助低频网布局，获取商务优惠，简化网络设备布局，重点对3G/4G异厂商区域，现网运行能耗大、质量差的业务区进行调整。

(5) 室内分布系统投资迭代投放措施

以室内分布系统总包为例，采用施工总承包模式建设。总承包商负责室内覆盖（含微站、WLAN、小区深度覆盖）项目的新建、扩容及整治（器件及辅材采购、工程安装、工程优化、工程质保期维保、包括站址获取，不包含信源主设备）。工程按照天线点位折算定价。

4.2 专业间投资动态配置规则

按季滚动计算移动基站、宽带接入、政企项目的效能指标，若达到90%，不进行调整；超过90%，按照专业补充资金的方案补充后续投资项目；低于90%，每低10%，调减10%。在专业投资不足的情况下，在网络建设相关专业内调整投资。

（下转82页）

带状光缆施工中断纤及大衰耗故障分析和处理

吕宣铭

中国联合网络通信有限公司北京市分公司

摘要

北京联通结合实际情况,对施工过程中出现的带状光缆断纤及大衰耗问题进行摸索、细致研判,并制定具体的解决方案,为日后类似问题的解决提供宝贵的经验。

关键词

带状光缆 光时域反射仪 断纤 大衰耗 故障分析

1 概述

北京联通光缆网经过多年长期的工程建设和扩容,已经形成一定的规模,成为北京联通各种电信业务的公共传输平台,为北京联通的发展壮大和国民经济的增长做出了巨大的贡献。但随着电信市场的重新整合,各运营商之间的竞争愈加激烈,用户对运营商的网络安全性和可靠性要求越来越高,为了在市场竞争中抢占有利的地位,北京联通需要不断地对现有传输网进行优化和完善,才能提高传输网的可靠性并提升网络竞争力。

现有中继光缆网的规模,基本上能够与通信网的发展相适应,但是由于近年来各种业务的迅速发展,光纤利用率有较大幅度的提高,而且随着大带宽通信需求的激增,对光缆芯数的需求越来越大,目前核心层、骨干层及局间中继光缆多为144芯、288芯带状光缆。

在历年的带状光缆施工布放过程中,都会出现光纤带中个别光纤断纤及大衰耗的问题,以往对这些问题的责任各方颇有争议。文中主要针对工程实施中出现的光纤断纤及大衰耗问题,联系实际,分别从理论分析、实地测试、现场比对等角度入手,最终成功地找出故障原因,并制定具体的处理方案,为日后类似问题的解决提供经验借鉴。

2 研究背景

2.1 带状光缆的优缺点

近年来,随着大带宽通信需求的激增,对光缆芯数的需求越来越大,核心层、骨干层及局间中继光缆多为144芯、288芯或576芯更大芯数的带状光缆。带状光缆是指以多个单根光纤通过着色、堆叠成带和二次套塑的光纤带为单元加工

成的光缆。光纤带有两种:包封型和边粘型,前者能承受横向压力,后者厚度较薄。每带内可有4、8、12或16根光纤。带内光纤间距为0.28mm(对于4、8根光纤)和0.3mm(对于12、16根光纤),整齐排列,垂直方向上有平面度,即偏离度要求不得大于30/40/50 μ m(依带内光纤数而定),以便于集群(熔接)接续。带内光纤有序地使用色谱,利于检修和接续时辨识无误。光纤带体积小,可提高光缆中光纤的集装密度,可构成芯数很大的光缆,如320~3456芯。适用于当前发展迅速的光纤接入网。

光缆缆芯的色谱:由于各光缆厂商不同,目前维护的光缆线路的芯线排列顺序也不相同,如12芯为蓝、橙、绿、棕、灰、白、红、黑、黄、紫、本色、粉红(天蓝)。

带状光缆的优点是光纤容量大、接续速度快,但同时弊端也出现了:在实际施工中,由于光纤带中所有的光纤同时接续,个别光纤的衰耗指标会偏高,这就要将整带光纤掐断进行重新熔接。由于光纤带断面的切割质量原因,有时会出现之前大衰耗的指标经二次熔接后指标合格了,而原本指标正常的又超标了,所以往往要经过几次熔接才能达到所有光纤接续指标合格的效果。

2.2 光缆线路常见的故障现象和原因

光缆的芯数越多,对施工质量要求也就越高。目前,北京联通光缆工程主要采用人工穿放塑料子管、敷设管道光缆方式。有时放缆不当会造成光缆外皮划伤破损,光纤受压损耗变大,甚至断纤。光纤光缆的断纤可分为两大类:已明原因断纤和不明原因断纤。下面是北京联通处理这类断纤故障的一点体会,仅供参考。

首先要查明断纤的原因,判别是已明原因还是不明原因断纤。已明原因断纤是指那些在布放光缆的过程中不小心人为把光缆外皮划伤、碰破、死弯,甚至背扣,可回忆在放缆过程中光缆有无异常现象发生,如有无鼓包现象或车辆碾压等,也有极少数情况是不法分子人为破坏(如恶意剪断),这些从光缆外护层就可直接看到。若均无上述异常,就属于不明原因断纤故障,不明原因断纤是指在布放光缆过程中没有发生任何异常现象,光缆布放一段时间后,在接头监测时才发现断1~2根光纤。查找这类故障必须谨慎小心。

分清故障类别后,就可以用光时域反射仪(OTDR—Optical Time Domain Reflectometer)进行故障点的测试,测试故障点必须考虑到各种因素。实践证明,在施工中已明原因断纤可通过传统的故障定位方法,即对故障点进行探测并记录测试数据,将真实断纤位置与传统测试方法测得的数据进行比较,以证明判断的正确性,这种方法非常准确,而且工程技术人员都能处理这类故障。而对于那些不明原因断纤,处理起来就不那么容易了。光缆线路常见的故障现象和原因见表1。

2.3 故障点的查找

在线路终端或中继站使用OTDR测试判断光缆线路故障点的方法步骤大致如下。

(1)用OTDR测试出故障点到测试端的大致距离。

(2)当受到自然灾害或外界施工等外力影响造成光缆阻断时,线路维护人员根据测试人员提供的故障距离进行现场巡查判断故障地点。如非上述情况,则巡线人员就不容易从路面异样直接找到故障地点。此时,就必须按照OTDR测出的故障点到测试端的距离,同原始测试资料进行核对,查出故障点大概是处于哪两个接头之间,采用逐步延伸试探法,查找故障点位置,通过必要的换算后,再精确丈量其间地面长度,便可找出故障点的具体位置。

(3)倘若断纤是由于光缆结构缺陷或光纤老化所致,用OTDR难以精确测出其断点,只能测出故障段落,则采取更换一段光缆的方式(建议500m以上)解决。

表1 光缆线路常见的故障现象和可能的原因

故障现象	故障的可能原因
一根或几根光纤原接续点损耗增大	光纤接续点保护管安装问题或接头盒漏水
一根或几根光纤衰减曲线出现台阶	光缆受机械力扭伤,部分光纤断裂但尚未断开
一根光纤出现衰减台阶或断纤,其他完好; 原接续点衰减台阶水平拉长	光缆受机械力影响或由于光缆制造原因造成;在原接续点附近出现断纤障碍
通信全部阻断	光缆受外力影响挖断、炸断或塌方拉断;供电系统中断

3 光缆断纤和大衰耗的分析和处理

3.1 断纤问题的以往解决方式

自北京联通使用带状光缆以来,在历年的施工布放过程中,都会出现光纤带中个别光纤断纤的问题。以往在处理这类问题时,由于责任不好界定,而且光缆缺陷是一个相当敏感的话题,不是施工方或建设方说它有问题就一定存在问题,而是必须要有一个专业的鉴定委员会,通过试验方法来验证,同时出具相应的鉴定报告才能下最终结论。鉴于建设方、施工方怕麻烦,而且耽误施工进度,光缆供货厂商担心影响日后的采购订单,最后往往采取息事宁人的方式处理。通俗地讲,就是“各打五十大板”,即由光缆厂商负责提供光缆主材,施工单位承担由此造成的撤除、二次敷设以及光缆接头产生的相关费用。只要能够顺利通过后续维护单位的验收,就不再追究各方的责任。

3.2 本次断纤问题的出现

今年为避免日后出现类似的扯皮问题,在中继光缆工程实施前,作为建设单位,北京联通召开了各参建方参加的开工协调会。会议重点强调:施工企业务必在收到货后逐盘进行光缆复测,严格按照要求对每一芯测试并存盘。如在复测过程中发现有断纤或大衰耗,布放过程中发现光缆外皮有损伤,施工单位应及时通知监理方、建设方、供货方,并停止作业等待各方到达现场解决。严格意义上讲,光缆厂商出厂有检测报告,施工方收到货后经过逐纤复测,敷设过程中经过外观检查,若在光缆接续测试中发现有断纤或大衰耗,应当认定为由施工过程中采取措施不当(如拖拽时用力不均等)的原因造成。

虽然经常反复强调,但是在今年的施工过程中又发生了断纤的情况。施工单位不认为问题出在自身,怀疑是光缆本身存在缺陷。

具体情况如下:在幸福大街——亦庄局的288芯光缆新建工程中,288芯光缆采用的是GYDTA-288B1.3(武汉烽火),内部结构为4根束管,每管6带,每带12芯(全色谱顺序排列)。问题均出现在第4管(棕色束管)中,第3带第3芯、第6带第2芯在距离亦庄局11.1km附近断纤(距离接头点800m左右);第3带第8芯在距离亦庄局16.2km附近断纤(距离接头点50m左右)。

3.3 分析及解决处置

首先,建设方召集施工、监理、厂商人员到亦庄机房进行测试,然后到距离断纤最近的接头点,打开接头盒进行复核测试。由于OTDR测试仪存在误差(根据选择的测试量程及脉宽,拨动仪表转盘一小格会产生10m左右的偏差),

初步判断为断纤位于距离接头点780~800m位置处。经现场掐断光缆并撤除后，在尺码带796m处发现有明显的光缆折痕（图1），剖开该段近2m的光缆外皮，将问题光纤带取出，去除涂覆层，可看到第3带第3芯（绿色光纤）已经断裂（图2），由此可判断是由外力损伤造成的断纤。

由于16.2km处距离接头点很近，即使加上2km的测试假纤仍然不能准确判断出断纤点位置。但由于接头井离下一段人孔超过50m，因此在下一段人孔处将光缆截断撤出，使用OTDR仪表往幸福大街局方向测试，第4带中其余光纤均正常显示测试曲线，唯独第8芯无法测出，基本断定断纤点就在这50余米范围之内。在接头点处将光缆截断，使用可视红光仪从一侧发出红光，仅第8芯（黑色光纤）见不到光。经过观察光缆外皮，发现在尺码带68m处外皮有损伤（手能摸到），将该段左右各0.5m的光缆截断，剖开外皮将问题光纤带取出，去除涂覆层，并未发现有断纤。这时采取逐节掐断方式判断，每隔2~3m截断（图3），观察是否有红光泄露。一直截到27m处时，发现第8芯处有微弱的红光泄露，



图1 796m处发现有明显的光缆折痕

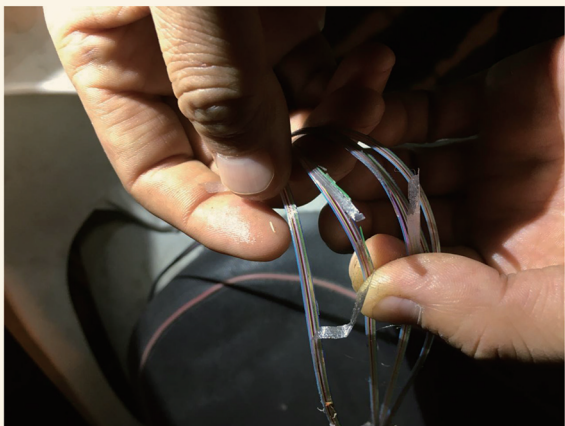


图2 第3带第3芯（绿色光纤）已经断裂

但相比其他光纤强度要弱很多（图4）。仔细观察光缆外皮，发现距离截断点仅几厘米处有压痕，剖开外皮将光纤带取出，去除涂覆层，断纤位置果然就在几厘米处，刚才看到的红光是因为距离端点太近，只反射出一点光（图5）。

处理意见：考虑到带状光缆单位造价较高（如288芯光缆每米价格约30元），若更换一整盘光缆（平均盘长2km），费用较高，经与维护单位沟通，同意采取增加接头方式，原则上应超过500m才可增加接头。

最终确定解决方案如下：由施工企业自行提供800m以上光缆，将第一断点处光缆撤出，更换为新光缆，增加一个光缆接头；出于降低造价考虑，将第二断点光缆撤出500m以上，同时对第一段撤除光缆进行复测，确认完好无损后，更换到第二断点处，增加一个光缆接头。

3.4 不明原因大衰减处理案例

数北大厦——潘家园局288芯中继光缆工程，第206芯光



图3 逐段剪断，分段测试

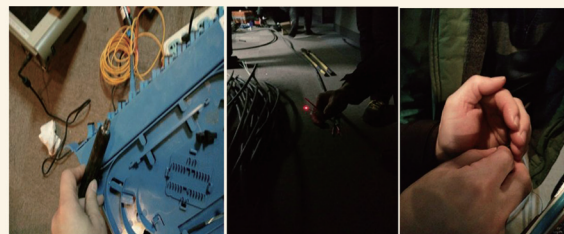


图4 发出可见红光，其余光纤发光正常，问题光纤看不到红光



图5 断纤处的光缆外护套明显受到外力挤压

纤出现大衰耗,衰耗点位置为距离潘家园局16km处,接续衰耗0.9dB。此损耗点施工单位在之前熔接时是边接续边测试的,测试过程中发现有衰耗过大的现象。

后续采取的整改措施如下。

第一步,将接续损耗点掐断后经过反复熔接,损耗值无变化。

第二步,通知现场施工人员将光缆余留从两侧人孔倒至接续点,在接口两端各截断20m,然后再进行熔接。局端测试人员反馈的信息是未修复好,此时的损耗值依然是0.9dB,未见有任何变化。

第三步,与光缆厂商进行沟通,经过厂商的电话指导及技术交流,并建议接口两端再截断一段光缆,将12芯光纤带分成单芯,使用单芯熔接机进行熔接测试,其衰耗结果仍不见好转。

修复工作前后进行4个昼夜,通过采取以上弥补措施均不能使接头衰耗达到验收标准,既不能判断是由光缆缺陷造成,也不能判断是因施工因素而引起。最终由建设单位另行采购一段500m光缆,由施工单位将问题光缆段落撤除并替换为新购光缆,增加一个光缆接头。

4 结束语

通过这次建设单位组织监理公司、供货厂商、施工单位

(上接78页)

基站效能=(入网基站日均流量达标小区数÷当期入网总小区数)×100%,小区日均流量按照场景分权重计算。

宽带效能=(预期资源能效达标项目投资额÷交维项目总投资额)×100%,按照新建/扩容、改造以及开通时间分别确定端口实占率达标值并进行计算。

政企效能=(预期资源能效达标项目投资额÷完工项目总投资额)×100%,按照电路开通完成率及完成时间计算。

年中计算移动网及宽带网项目的相对成本收益率,根据收益率预测下一阶段的项目投资,减少收益率低的地区或专业投资用于战略型及基础设施项目的建设。

相对成本收益率=((当期完工项目占用资源×资源单价)÷当期完工项目建设成本)×100%。

5 结束语

在投资紧缩、注重效益的今天,运营商积极打造互联网式迭代建设的管理模式,进一步推进投资的动态调整,不同专业的迭代建设及投资管理措施,能有效改善项目精细化、

的现场联合行动,逐步分析判断故障点,成功消除了光缆断纤及大衰耗质量隐患。使施工单位能够心服口服,从中吸取教训,同时为日后的断纤及大衰耗故障的分析与处置提供宝贵的经验借鉴。

参考文献

- [1] 宋常武.光缆线路故障分类及处理方法[J].中国有线电视,2010(5)
- [2] 刘世春.城域管道光缆线路工程施工中需要注意的问题[J].电信工程技术与标准化,2002(3)
- [3] 廖世雄.光缆施工过程中不明原因断纤故障分析及查找[J].光通信研究,1998(1)
- [4] 崔怀永.光缆施工过程中有关问题探讨[J].中国新技术新产品,2010(21)
- [5] 周学东,胡勇.普通层绞式光缆施工问题探讨[J].邮电设计技术,2008(11)

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

吕宣铭

硕士,毕业于北京工业大学,现就职于中国联合网络通信有限公司北京市分公司。

规范化管理水平,全面提升投资有效性。

参考文献

- [1] 韩斌杰.GSM原理及其网络优化第2版[M].北京:机械工业出版社,2009
- [2] 张威,汤炳富,李志明,等.GSM交换网络维护与优化第1版[M].北京:人民邮电出版社,2005
- [3] William C.Y.Lee.移动通信工程理论与应用第1版[M].北京:人民邮电出版社,1982

如对本文内容有任何观点或评论,请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

作者简介

胡雅静

本科,高级工程师,从事无线通信工作。

王珏

硕士,高级工程师,从事无线通信工作。

乌恩奇

本科,工程师,从事无线通信工作。

LTE网络4×4 MIMO理论分析及现阶段应用探索

姜东玉

中国移动通信集团河南有限公司郑州分公司

摘要

阐述4×4 MIMO技术的实现原理、配置方式、产业链发展情况等内容，结合郑州移动网络特征，选择小范围的率先应用，总结TM4、TM9配置特征、感知提升增益、大范围开启建议等内容。

关键词

空分复用 4×4 MIMO 多流资源频谱使用效率

1 概述

随着“不限量”套餐的持续推广，用户业务模型随之变化，在线游戏、高清视频等大带宽业务占比以及LTE业务量不断提升，刷新流量峰值。而且VR、AR、全息图像等准5G高流量高宽带数据业务也在快速发展，对移动4G网络能力提出越来越高的要求。在这样的背景下，如何在不对网络做出大改造的前提下，提升单UE速率，保障高带宽需求业务的良好感知，是现阶段4G网络运营中面临的重要课题之一。

4×4 MIMO技术是目前可快速提升单UE速率和小区吞吐量的关键技术之一。该技术利用空间信道的独立性，采用空分多流复用方式提升频谱资源利用效率，有效改善网络性能和用户体验，理论下行速率可以提升100%。郑州移动选取高负荷、高价值区域做了率先应用，分别开启了TM4和TM9两种配置方式，4×4 MIMO特性功能开通后，DT速率增益提升明显，平均下载速率由原来的14.34Mbit/s（TM3）提升至19.97Mbit/s（TM9）和32.03Mbit/s（TM4）。

2 4×4 MIMO实现原理

2.1 MIMO工作模式

MIMO系统可以根据不同的系统条件、变化的无线环境，采用各种不同的工作模式；基站根据终端上报的所在网络环境质量决定对某一终端采用什么传输模式，并通过RRC信令通知终端；同小区的不同终端可以有不同的传输模式。不同传输模式见表1。

现网采用主要采用TM2/TM3/TM7/TM8自适应传输模式，4×4 MIMO复用技术采用TM4或TM9传输模式。

TM4和TM9属于闭环技术，在视距、静止等信道相对稳定的场景下性能较开环好。

同为闭环MIMO技术，TM4的峰值更高，但是要求服务小区必须配置4端口CRS；而TM9应用在2端口CRS小区，可以后向兼容不支持4端口CRS的终端。

2.2 4×4 MIMO技术原理

(1)4×4 MIMO：多个空间正交信道复用，提升频谱效率

原理：基站和终端需支持≥4天线的发射和接收，各个收发天线之间的无线信道可以形成多个两两正交的信道通道，在相同时频上并行发射多个下行数据流，提升用户下行频谱效率和峰值速率。

(2)4×4 MIMO-TM9：基于小区状态信息（CSI-RS）解调

优点：TM9长期演进能力强，利于后续性能提升。

表1 不同传输模式

传输模式	应用场景	传输通道数
TM1	单天线端口传输：主要应用于单天线传输的场合	单流
TM2	开环发送分集模式：适合于小区边缘信道情况比较复杂，干扰较大的情况，有时候也用于高速的情况，分集能够提供分集增益	
TM3	开环空间复用：适用于终端高速移动的情况	双流
TM4	闭环空间复用：适合于信道条件较好的场合，用于提供高的数据率传输	四流
TM5	多用户空间复用（MU-MIMO）：主要用来提高小区的容量	双流
TM6	Rank1闭环发射分集：主要适合于小区边缘的情况	单流
TM7	Port5单流Beamforming模式：主要也是小区边缘，能够有效对抗干扰	
TM8	双流Beamforming模式：可以用于小区边缘也可以应用于其他场景	双流
TM9	LTE中新增加的一种模式，可以支持最大到8层的传输，主要为了提升数据传输速率	四流/八流

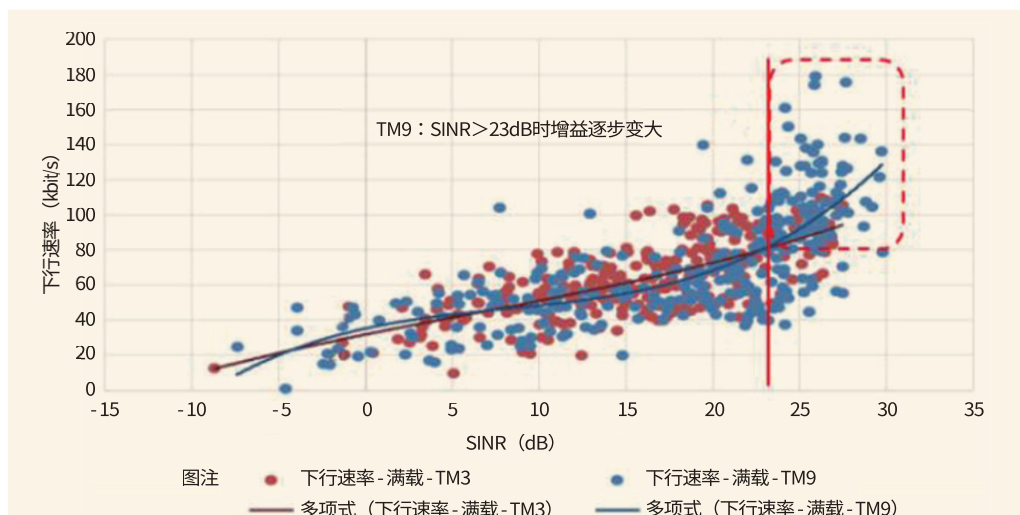


图1 SINR VS下行速率 (TM9)

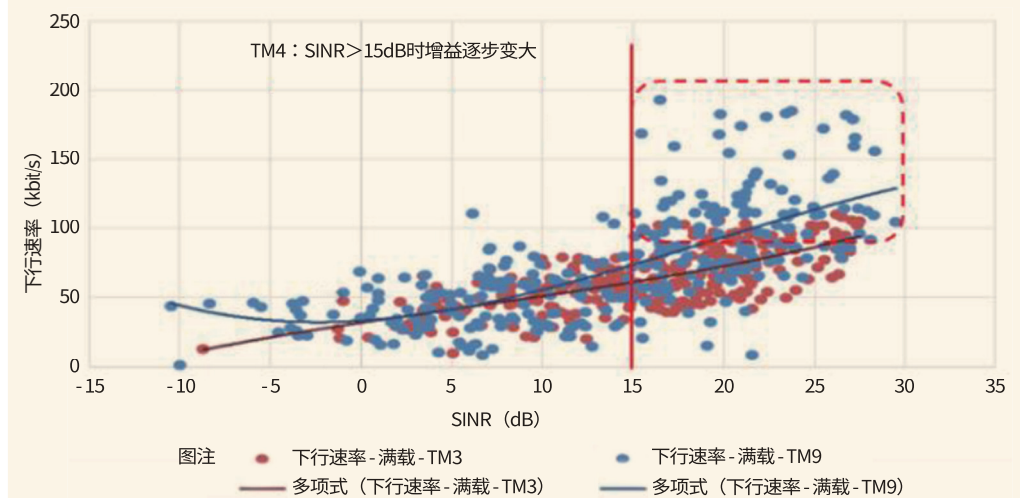


图2 SINR VS下行速率 (TM4)

表2 拉网测试数据

传输模式	Serving SINR (dB)	平均下载速率 (Mbit/s)	平均每秒占用RB数量	每RB承载的数据量 (kB)
TM3双流	15.6	14.34	20405	0.70
TM9四流	18.1	19.97	26365	0.76
TM4四流	13.66	32.03	38809	0.83

TM9最多支持 8×8 MIMO, TM4最多支持 4×4 MIMO。
TM9闭环码本反馈能力强, 支持8端口2级码本反馈。
TM9为2端口CRS配置, 对现网覆盖无影响。

(3) 4×4 MIMO-TM4: 基于小区参考信号 (CRS) 解调

优点: TM4峰值速率比TM9高20%。

TM4采用全带的CRS进行信道估计, 相比TM9采用子带

的DMRS (解调参考信号) 导频开销减少5%。

TM4为4端口CRS配置, 每端口发射功率会下降3dB。

2.3 产业链分析

目前, TDD网络设备已具备开通 4×4 MIMO特性功能, 且支持 4×4 MIMO功能的终端逐步增多, 已经成为各厂商高端手机的标配; 随着4R终端产业链的加速发展, 正在向中低端产品下探 (比如: 小米Max2, 目前仅售1200元)。

3 郑州移动试点应用

郑大一附院作为亚洲最大医院, 人流量较大, 属于高流量、高负荷热点区域, 选取周边基站为试验区域, 共涉及13个基站、73个小区, 主要覆盖医院和主干道。

4×4 MIMO特性功能开通后, DT速率增益提升明显, 平均下载速率由原

来的14.34Mbit/s (TM3) 提升至19.97Mbit/s (TM9) 和32.03Mbit/s (TM4)。拉网测试数据见表2。

通过对拉网测试数据的分析, 相同SINR下:

TM9在SINR > 23dB时增益开始体现, 随着SINR的提高增益越明显;

TM4在SINR > 15dB时就有明显增益, 但TM4为4端口配置, 相比TM9/TM3两端口配置在相同发射功率下覆盖会收缩3dB。SINR VS 下行速率 (TM9) 如图1所示, SINR VS 下行速率 (TM4) 如图2所示。

在试点区域的现场验证, 4×4 MIMO特性功能的应用对网络质量无影响, 开通前后KPI平稳、现场测试下载速率提升明显, 应用效果符合预期。

(下转88页)

模块化DC舱技术理念及应用思路

董 宏¹ 赖世能¹ 程 沂²

1. 中国电信股份有限公司广州研究院

2. 中国电信股份有限公司广东分公司

摘要

根据中国电信网络重构对传统通信机楼和数据中心演进为DC机房的需求,结合中国电信现有机房特点,提出模块化DC舱技术理念,并介绍模块化DC舱贴近电信应用需求的特征,以及实际应用场景的验证效果,确保模块化DC舱能满足核心DC和边缘DC的基础设施建设需要。

关键词

DC舱 DC机房 基础设施 模块化 标准化

1 概述

随着中国电信转型升级战略的推进,传统网络设备基本已经退网,传统电信网络向SDN/NFV变革演进,由此带来更高的机架功率密度,更加灵活的供电和冷却容量“弹性”,与业务协同的智能电力与冷却调度能力,快速部署与扩容能力及更低的运营TCO等要求,这对传统通信机房电力、空调、布线、监控等关键基础设施的建设、运行模式带来巨大挑战。业界以新建IDC机房为使用场景定义的标准微模块(模块化机房),因为针对新建基础设施场景和标准配置机柜及设备,难以适合通信网络机房多种环境条件、设备形态、业务种类的变化需求,特别是无法满足各种TDM退网机房向新型DC化机房演进的需求。

中国电信为了能全面、有效地解决DC化机房建设、智慧化维护、集约化管理等问题,提出模块化DC舱概念,突出体现了中国电信关键基础设施的基本特征,并提出针对多种DC化机房演进场景的应用思路。

1.1 通信机房的场景多样性

中国电信发展多年,跨越几十年,随着不同时间我国通信局站建设标准的变化,已经建造了多种基础条件不同的机房,这些机房可以满足传统通信网络设备的使用需求,但很难满足未来新型网络的需要。在网络重构过程中,打造DC化机房是终极目标,但很多情况下都是旧网络退网与新设备进场并存,以部分区域保留、局部区域改造的方式推进,所以必然会存在多种形态迥异的现场环境。

场景一:整个局站网络设备都退网,整体重新规划,要么继续做通信机房用,全面做DC化改造;要么改造成

IDC;要么改为他用。

场景二:某个机房的设备退网,整个机房重新规划,做DC化改造或改为IDC用途。

场景三:某个机房的部分设备退网,部分区域保留,部分区域重新规划并做DC化改造。

场景四:某个机房的设备退网,但未来进场设备类型、业务发展不明朗,宜采用整体规划、分阶段建设的方式推进。

场景五:机房现有条件能满足大部分机柜设备要求,但满足不了少数机柜设备的业务等级保障,必须有针对性地增加其电源、空调保障等级。

1.2 现有的微模块与通信机房基础条件多样化现状相矛盾

微模块是互联网公司主导的模块化数据中心的简称,其基本特征是不间断电源、蓄电池和行间空调都采用标准化机柜方式纳入微模块内,属于微模块不可或缺的一部分内容,如图1所示。而且要求按高功率密度,至少按中功率密度配置电源、空调容量。这种微模块在新建数据中心应该是基本可行的,但也有不少与现有通信机房基础条件多样化的现状不相适应的地方,例如蓄电池纳入微模块,就需要放置微模块的机房楼面承重不小于 $1\text{t}/\text{m}^2$,而通信网络机房楼面承重标准一般在 $400\sim 600\text{kg}/\text{m}^2$;假如把冷冻水行间空调纳入微模块,相当于把水带进了通信网络机柜区,导致防水泄漏的安全要求更高。

1.3 模块化DC舱以多种组合形态去应对通信机房多样化

鉴于现有通信机房基础条件多样化特点,中国电信研究

人员通过深入研究和实践验证，形成了以具备冷通道为核心理念、以组合形态多样化为展现方式的模块化DC舱，去应对通信机房多样化的思路。

模块化DC舱的核心理念之一就是封闭冷通道或者称之为冷池化，不管电源、空调、电池如何配、如何摆，冷通道封

闭始终是不能缺少的。而电源、空调、电池等关键资源的布局则可以灵活多变，既可在模块化DC舱内，也可以在模块化DC舱外。这个理念的形成，考虑到冷通道封闭是刚需，模块化DC舱是基础条件。只有满足通道封闭的条件，才能实现冷热分离，制冷能力和散热效果才有所保证。采用模块化结构、标准化物理空间，安装、使用和维护的效率 and 便捷性有了充分保证。在此基础上，电源、空调、电池的布局问题，走线、监控、消防、安防问题及统一资源管理问题都可以根据机房的基础条件灵活解决，选择最优组合方案取得最佳投入产出比。

根据中国电信技术规范，按电源、空调、蓄电池等关键基础设施出舱或者入舱布局方式的不同，可将模块化DC舱分为6大类，具体见表1。其中第五、第六类是以分布式电源（即一种19英寸的模块式电源，简称DPS）和锂电池代替机柜式电源和铅酸蓄电池。

表1 DC舱关键基础设施布局与分类

DC舱类型	空调	电源	蓄电池	与标准微模块的区别
第一类	入舱	出舱	出舱	电源柜、蓄电池均在模块外
第二类	入舱	入舱	出舱	蓄电池在模块外
第三类	入舱	入舱	入舱	等同标准微模块
第四类	出舱	出舱	出舱	空调柜、电源柜、蓄电池全在模块外
第五类	出舱	入舱(DPS)	入舱(锂电池)	空调在模块外，电源和电池在模块内但采用分布在网络机柜
第六类	入舱	入舱(DPS)	入舱(锂电池)	空调、电源、电池均在模块内，但电源和电池采用分布在网络机柜

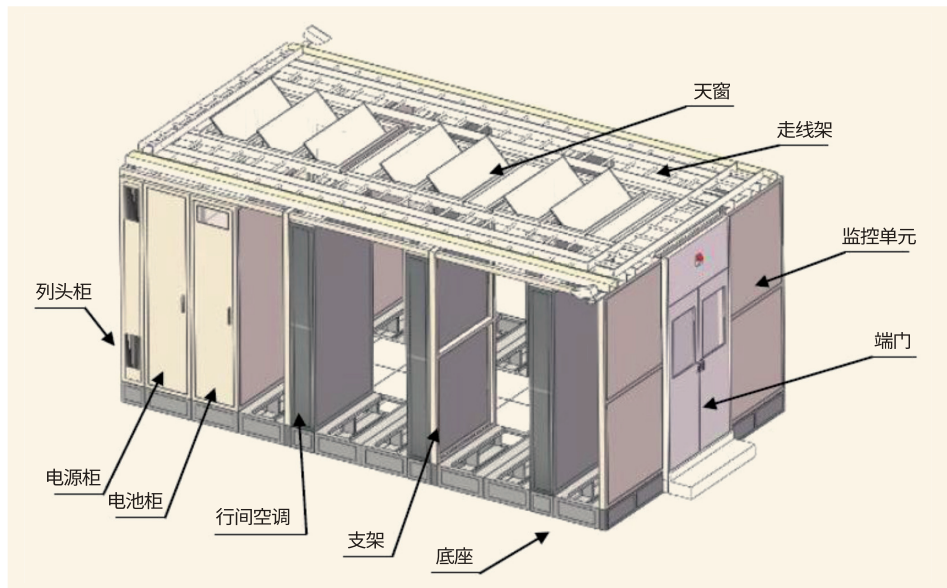


图1 标准微模块产品外形结构示意图

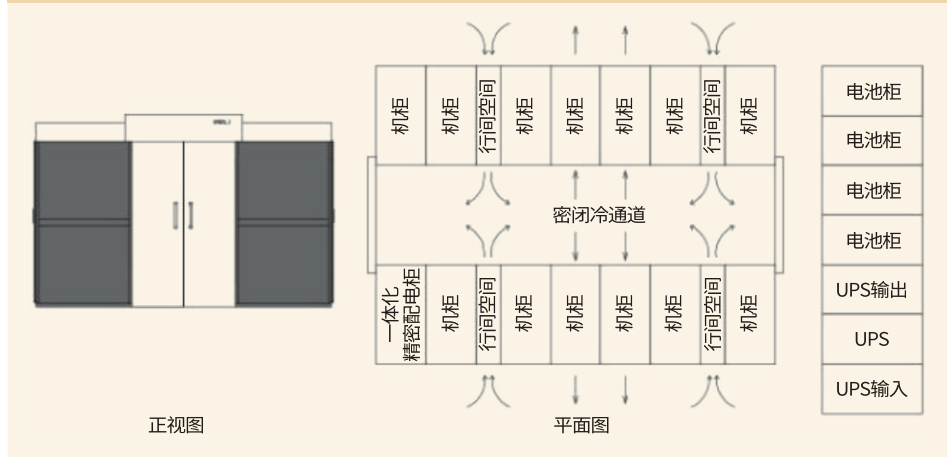


图2 第一类模块化舱关键基础设施组合示意图

图2以第一类模块化DC舱为例，采用末端空调在舱内、不间断电源和蓄电池在舱外的经典组合方式。

1.4 模块化DC舱的独特要求

中国电信模块化DC舱技术规范中，对一些与安全性、灵活性有关的问题，根据自身机房条件和运维需要，提出了独特要求。

(1)主推蓄电池出舱部署。

蓄电池集中部署的DC舱类型中有三大类都是蓄电池出舱部署，其理由如下。

- 蓄电池在舱内维护检查困难，难以承担最后一道防线之责。
- 蓄电池在舱内一旦起火，难以断电灭火。
- 蓄电池柜重量远高于其他机柜，人为提高了整体楼面承重需求。
- 蓄电池安装相对简单，在舱外安装对微模块安装速度无不良影响。

当必须采用蓄电池入舱安装方式时，需增加与传统蓄电池安装、维护方式不同的要求。

- 应支持安装铅酸电池或锂电池，柜体四周应敷设阻燃材料，每个蓄电池底座还应放置有沿绝缘托盘。

- 应具备独立的维护开关，输出直流断路器应具备脱扣控制功能，具备回路故障时可通过DC舱管理系统控制切断功能。

- 应配置纳入DC舱监控系统统一管理的电池管理系统，可检测单体电池电压、内阻、极柱温度等参数并能获取完整的放电过程参数；电池管理系统宜具备计算单体电池、电池组SOC或SOH功能。

(2)对空调出/入舱部署也有独特要求。

假如入舱的是冷冻水行间空调，意味着冷冻水在舱内，万一有水管或阀门爆裂，对本层和下层设备有一定危险。

假如入舱的是压缩机类空调，意味着冷凝水在舱内，万一冷凝水泄漏，对下层设备有一定风险。

在用机房内已有不少大容量的机房精密空调存在，在功率密度相对低的DC舱场景，可以在空调出舱模式下继续使用这些空调。

(3)把分布式电源（DPS）和锂电池纳入DC舱规范。

鉴于中国电信正在大力推进网络重构，需要有面向机柜颗粒度的电源快速调整能力，而整机式不间断电源只能按整列进行电源调整，不大适合未来按机柜进行弹性化调整的能力；DPS机柜式电源可以做到按机柜对容量、后备时间进行弹性化调整，因此把DPS机柜式电源也作为DC舱的分类维度。

2 模块化DC舱应用场景

2.1 DC舱应用地点选择

DC舱可选择在以下地点进行使用。

(1)可选择将外市电条件具备的工业区厂房改造成数据中心。

(2)可选择TDM退网后留下的大中型旧机房（可以采用机房精密空调的机房），TDM退网后留下的大中型旧机房或预留了发展楼层的现有中国电信IDC，单机柜功率密度为3~25kW。

(3)可选择外市电、大型油机、大型中央空调已经建好，还预留了发展楼层的现有中国电信IDC，模块化DC舱可提供独立的工作空间和维护空间，可解决机房局部的热点问题，实现机房的节能改造。

(4)针对特殊客户，也可以建设不需要配置大型油机、大型中央空调的可采用快速就近部署的中小型模块化DC舱数据中心。

2.2 应用场景案例

(1)退网机房改造成数据中心场景

无锡电信在退网机房改造成数据中心的工程中大量使

用模块化DC舱，实现快速复制部署，如图3所示。该机楼虽然有不少退网机房，但仍有大量网络业务设备在运行，而且未来网络重构的布局还没有成型，加上老旧机楼建筑条件不理想，净空不高、承重不足，所以在改造为数据中心时，如果采用传统土建工程化的刚性建设工程，肯定不能适应设备网络灵活多变的需要，很可能会影响未来网络业务的发展布局。相反，采用模块化DC舱，由于是工厂化定制、现场快速拼装，电源分散配置，因而可以很好地解决这个问题。该机楼采用DPS分布式电源和锂电池、空调入舱的第六种类型，在一层楼安装7个模块化DC舱，摆放232个网络机柜，取得了良好的效果，PUE低于1.5，节省大量能耗。

(2)枢纽楼网络升级场景

广州电信在某枢纽机楼中的退网机房升级改造为移动核心网机房时，采用模块化DC舱，主要原因是核心网内设备种类多，同时存在48V和交流220V的负载，发热量大小不一，而且不是一次性部署到位，而是随网络规模发展逐步扩容填充。该机房在采用模块化DC舱时做了如下考虑。

- DC舱同时具备48V直流和交流220V两种列头柜，以满足舱内两种电压制式通信负载需要。

- 考虑到很多后续进场的设备机柜类型情况不明，只能先做好微模块的架体，留出机柜空位供未来设备进场使用，但DC舱必须封闭冷通道（冷池化）才能确保空调运行效率，因此在预留的机柜空位用盲板进行通道封闭。

- 考虑到电源种类多，配电类型也多，48V直流电源和220V交流UPS电源设备及相应蓄电池组均放在电源机房。



图3 退网机房改造为数据中心的模块化DC舱应用场景

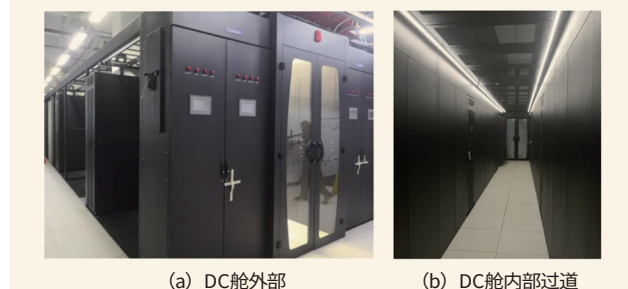


图4 核心网用模块化DC舱部署现场

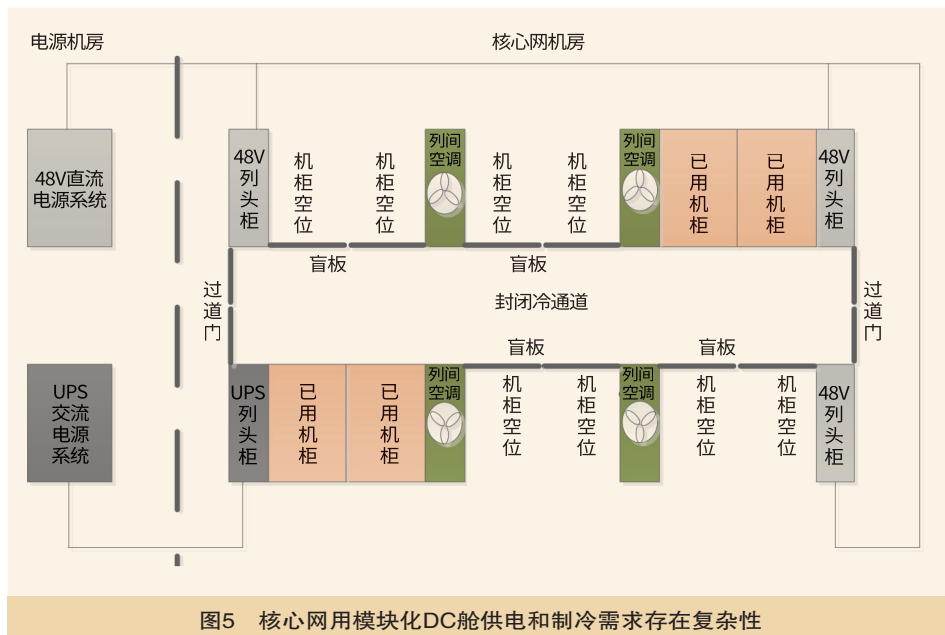


图5 核心网用模块化DC舱供电和制冷需求存在复杂性

核心网用模块化DC舱实物如图4所示，从外面看，机柜位置是空的，但从内部看，过道又是密封的。该案例充分体现了核心网使用模块化DC舱供电和制冷的复杂性，图5是该场景使用的模块化DC舱结构原理。通过该枢纽楼的试验验证，模块化DC舱方案可以很好地解决核心网机房建设难题。

(3)新建数据中心场景

在大量新建数据中心已经部署了各种类型的模块化DC舱。相对于其他互联网公司，中国电信在新建数据中心采

用模块化DC舱场景中，还是把安全摆在更重要位置，比如对冷冻水进机房问题、消防灭火采用水喷淋问题、电池入舱问题、舱外环境建设标准问题等，都有不同的要求。

3 结束语

模块化DC舱方案引入了新的技术理念，根据中国电信特色需求，重新定义了模块化DC机房，解决了通信网络机房复杂多变、快速部署、高效运营的问题。但作为基础运营商，通信局站建设还包括高低压配电、变压器、中央空调系统、柴油发电机组、消防系统等大型基础设施，

应充分利用电信运营商的资源优势建设电信级模块化DC机房，并关注投入产出比、性价比，追求机柜供电、制冷安全及快速部署。

因此，充分利用电信运营商的现有资源，建设节能、高效、投资少、收益高同时又满足业务需求的电信级DC舱是模块化DC机房的发展方向之一。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。

(上接84页)

TM4模式为4端口配置，在相同发射功率下覆盖会收缩3dB，由于现网中并非所有RRU都有功率余量，对于个别没有功率余量的基站会影响现网覆盖效果。

TM9模式增益虽然没有TM4高，但为2端口配置，和现网配置保持一致，对现网覆盖无影响且长期演进能力强，有利于后续性能提升，建议在高流量、高负荷热点区域推广应用。

4 结束语

中国移动TDD-LTE网络宏站多采用8通道天线，已具

备全量开启的条件，中国电信、中国联通以两通道天线为主，若开通需要全网改造。随着4G终端产业链加速升级，4×4 MIMO技术已成为旗舰机标配，技术已被大部分终端厂商掌握，该技术的终端渗透率将持续走高，全网普及应用指日可待，届时现有的8通道TDD网络，无需新增、改造任何硬件，即可实现单UE速率翻倍，对网络性能和用户业务体验带来极大提升。

如对本文内容有任何观点或评论，请发E-mail至ttm@bjxintong.com.cn。